

POLSKA AKADEMIA NAUK
MUZEUM I INSTYTUT ZOOLOGII

Dominika Mierzwa-Szymkowiak

**Czynniki środowiskowe wpływające na rozwój
muszli i rozprzestrzenienie ślimaka
Caucasotachea vindobonensis w Polsce**



Rozprawa doktorska wykonana w Muzeum i Instytucie Zoologii Polskiej Akademii Nauk
pod kierunkiem prof. dr hab. Jarosława Stolarskiego

Warszawa 2021

Pracę dedykuję mężowi Andrzejowi

Podziękowania

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania dyrekcji Muzeum i Instytutu Zoologii PAN: Panu dr hab. Tomaszowi Mazgajskiemu i Pani prof. dr hab. Wioletcie Tomaszewskiej za merytoryczną pomoc udzieloną w trakcie przygotowywania rozprawy doktorskiej.

Wyrażam głęboką wdzięczność Panu prof. dr hab. Wiesławowi Bogdanowiczowi, Pani prof. dr hab. Joannie Gliwicz, Panu prof. dr hab. Mieczysławowi Wolsanowi i Pani dr hab. Marii Sterzyńskiej z Muzeum i Instytutu Zoologii PAN, Panu prof. dr hab. Grzegorzowi Pieńkowskiemu i Panu dr Leszkowi Krzemińskiemu z Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB za wskazówki, które wpłynęły na ostateczny kształt pracy.

Wspominam Pana prof. dr hab. Adolfa Riedla z Muzeum i Instytutu Zoologii PAN i Pana prof. dr hab. Andrzeja Wiktora z Uniwersytetu Wrocławskiego, którym jestem wdzięczna za cenne rady dotyczące prowadzenia badań terenowych, opracowywania materiałów i redagowania prac naukowych, które z życzliwością przekazali początkującemu malakologowi.

Serdeczne podziękowania składam promotorowi, Panu prof. dr hab. Jarosławowi Stolarskiemu z Instytutu Paleobiologii im. R. Kozłowskiego PAN za opiekę merytoryczną nad pracą oraz nieocenioną pomoc w planowaniu i realizacji wszystkich etapów badań. Dziękuję za dyskusje nad problematyką pracy, a szczególnie zawiłymi kwestiami z pogranicza różnych dyscyplin naukowych. Wyrażam wdzięczność za poświęcony czas, przekazaną wiedzę i okazaną życzliwość.

Bardzo dziękuję Pani prof. dr hab. Beacie Pokryszko i Panu dr hab. Tomaszowi Maltzowi z Uniwersytetu Wrocławskiego, Pani dr hab. Ewie Stworzewicz z Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, Panu prof. dr hab. Jerzemu Błoszykowi z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Panu prof. dr hab. Andrzejowi Piechockiemu i Pani dr hab. Annie Sulikowskiej-Drozd z Uniwersytetu Łódzkiego oraz Panu mgr Jarosławowi Maćkiewiczowi, których spostrzeżenia i rady były niezwykle cenne przy prowadzeniu badań naukowych.

Podziękowania składam Pani dr Joannie Zdunek z Politechniki Warszawskiej, Pani dr Annie Gajewskiej-Midzialek i Pani dr Ewie Osuchowskiej z Instytutu Mechaniki Precyzyjnej, Pani dr Aleksandrze Kozłowskiej, Panu dr Dariuszowi Lechowi i Panu Leszkowi Giro z Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Pani dr Magdalenie Kowalewskiej-Groszkowskiej i Panu dr Bartoszowi Walterowi z Muzeum i Instytutu Zoologii PAN za przekazaną wiedzę i wymianę doświadczeń w zakresie technik laboratoryjnych.

Serdecznie dziękuję Koleżankom i Kolegom z Muzeum i Instytutu Zoologii PAN oraz innym osobom, które przy różnych okazjach pomagały i wspierały moje badania.

Bardzo dziękuję Rodzinie za motywację i nieustające wsparcie.

Spis treści

Streszczenie	8
Abstract	9
Wprowadzenie	10
Piśmiennictwo do wprowadzenia	15
1. Rozmieszczenie i charakterystyka siedlisk <i>Caucasotachea vindobonensis</i>	
na podstawie materiałów źródłowych	21
1.1. Wstęp	21
1.2. Metodyka i materiały	23
1.3. Wyniki	24
1.3.1. Rozmieszczenie w Polsce	24
1.3.2. Charakterystyka siedlisk w Polsce	29
1.3.3. Rozmieszczenie w Europie	32
1.4. Dyskusja	40
1.5. Piśmiennictwo	49
Załączniki (nr 1–2)	83
2. Czynniki środowiskowe a struktura, rozwój i charakterystyka fizyko-chemiczna	
muszli <i>Caucasotachea vindobonensis</i>	103
2.1. Wstęp	103
2.2. Teren badań	106
2.3. Metodyka i materiały	108
A. Badania właściwości gleby	108
B. Badania muszli	110
C. Metody statystyczne	113
2.4. Wyniki	114
2.4.1. Charakterystyka stanowisk	114

2.4.2. Struktura i parametry morfometryczne muszli	116
2.4.3. Skład chemiczny i identyfikacja fazy krystalicznej muszli	134
2.4.4. Mikrotwardość muszli	143
2.4.5. Dynamika wzrostu muszli (eksperyment)	146
2.5. Dyskusja	151
2.6. Piśmiennictwo	166
Załączniki (nr 1–7)	174

3. Czynniki środowiskowe a zagęszczenie i rozprzestrzenianie

<i>Caucasotachea vindobonensis</i>	185
3.1. Wstęp	185
3.2. Teren badań	187
3.3. Metodyka i materiały	188
A. Badania terenowe	188
B. Badania właściwości gleby	190
C. Metody statystyczne	191
3.4. Wyniki	192
3.4.1. Zagęszczenie <i>Caucasotachea vindobonensis</i>	193
3.4.2. Malakofauna na stanowiskach <i>Caucasotachea vindobonensis</i>	206
3.5. Dyskusja	216
3.6. Piśmiennictwo	229
Załączniki (nr 1–14)	237

Konkluzje

Wykaz załączników

Rozdział 1

1. Wykaz lokalizacji w Polsce	83
A. Wykaz lokalizacji na podstawie piśmiennictwa	83
B. Wykaz lokalizacji na podstawie kolekcji muzealnych i informacji ustnych	90
2. Wykaz siedlisk w Polsce	95

Rozdział 2

1. Zestawienie materiałów badawczych	174
2. Parametry czynników środowiskowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	176

3. Parametry muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4	178
4. Grubość ścian muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4	180
5. Skład chemiczny muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4	181
6. Skład chemiczny muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4 sumarycznie dla poszczególnych kategorii	183
7. Mikrotwardość muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4	184

Rozdział 3

1. Zestawienie materiałów badawczych	237
2. Zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> na stanowiskach z kategorii nr 1–4	239
3. Zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> na stanowiskach z kategorii nr 1–4 w podziale na wyodrębnione sezony	240
4. Udział dorosłych i młodych osobników <i>C. vindobonensis</i> na stanowiskach z kategorii nr 1–4	242
5. Zawartość Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnione odległości od koryta rzeki	243
6. Zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnione odległości od koryta rzeki	243
7. Wykaz gatunków wraz z liczbą osobników zebranych na stanowiskach z kategorii nr 1–4 podczas 4 sezonów	244
8. Średnia liczba gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	246
9. Zagęszczenie ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	247
10. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera dla prób zbiorczych o łącznej powierzchni 1 m ² zebranych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	248
11. Stałość (C) i dominacja (D) występowania gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	249
12. Struktura stałości (C) i dominacji (D) zespołów ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4	251
13. Podział gatunków ślimaków lądowych stwierdzonych na stanowiskach z kategorii nr 1–4 na grupy: ekologiczne, wyodrębnione wg rodzaju podłoża i zoogeograficzne	253
14. Udział grup: ekologicznych, wyodrębnionych wg rodzaju podłoża i zoogeograficznych na stanowiskach z kategorii 1–4	255

Streszczenie

Czynniki środowiskowe wpływające na rozwój muszli i rozprzestrzenienie

Caucasotachea vindobonensis w Polsce

Praca przedstawia wyniki badań nad czynnikami środowiskowymi warunkującymi rozwój muszli, występowanie i rozprzestrzenienie *Caucasotachea vindobonensis* w Polsce. Zasięg geograficzny i typy siedlisk tego gatunku scharakteryzowano na podstawie materiałów źródłowych. Warunki siedliskowe, w jakich żyje *C. vindobonensis*, określono, opierając się na terenowych pomiarach nasłonecznienia, temperatury i odczynu gleby uzupełnionych o laboratoryjne badania wilgotności i zawartości węglanu wapnia w glebie (metoda suszarkowa i Scheiblera). W pracach tych uwzględniono próby gleb z siedlisk kserotermicznych i łągowych zasięgu ciągłego i wyspowego tego gatunku. Muszle *C. vindobonensis* pochodzące z tych siedlisk wykorzystano do badań morfometrycznych, strukturalnych, chemicznych, fazowych i mechanicznych przeprowadzonych za pomocą różnych metod i technik analitycznych (np. SEM, EDS, XRD, badanie mikrotwardości metodą Vickersa). Wpływ czynników środowiskowych związanych z podłożem na cechy muszli *C. vindobonensis*, a także wpływ diety na tempo wzrostu muszli (eksperyment laboratoryjny) zbadano z wykorzystaniem analizy statystycznej danych. Zagęszczenia populacji *C. vindobonensis* oraz skład jakościowy i ilościowy malakofauny, z którą współwystępuje ten gatunek we wskazanych wyżej typach siedlisk, zbadano metodą kwadratów. Opisano strukturę wiekową populacji *C. vindobonensis* oraz strukturę asocjacji zespołów mięczaków. W siedliskach łągowych położonych w dolinie Wisły (poza zasięgiem ciągłym) zbadano zagęszczenia populacji *C. vindobonensis* w zależności od odległości od koryta rzeki oraz zawartości pierwiastków: Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie. Zawartości tych pierwiastków określono metodą ICP-OES. Wpływ czynników środowiskowych związanych z podłożem na zagęszczenia populacji *C. vindobonensis* zbadano z wykorzystaniem analizy statystycznej danych.

Zasięg ciągły *C. vindobonensis* w Polsce obejmuje przede wszystkim pas wyżyn, natomiast zasięg wyspowy doliny: Wisły, Warty, Noteci i Odry. Efektem biernego przemieszczania się gatunku drogą wodną jest obecność w różnych siedliskach (odpowiednio zasobnych i ubogich w wapń). Dostępność wapnia w podłożu oraz warunki termiczne i wilgotnościowe tych siedlisk wpływają na rozwój muszli i zagęszczenie *C. vindobonensis*. W dolinach rzecznych (w obrębie zasięgu wyspowego) chemizm podłoża a szczególnie deficyt wapnia powoduje ograniczenie rozprzestrzenienia tego gatunku na tereny sąsiednie. Sprawia to – przy nietrwałym charakterze siedlisk nadrzecznych – że jedynymi ostojami *C. vindobonensis* są zasobne w wapń siedliska wyżynne południowo-wschodniej Polski.

Abstract

Environmental factors affecting shell development and the distribution of the snail *Caucasotachea vindobonensis* in Poland

This dissertation presents the results of research on the environmental factors that determine shell development, occurrence and spread of *Caucasotachea vindobonensis* in Poland. The geographical range and habitat types of this species were characterised on the basis of source materials. The habitat conditions in which *C. vindobonensis* lives were determined based on field measurements of insolation, temperature and soil pH, supplemented by laboratory tests of moisture and calcium carbonate content in soil (using gravimetric and Scheibler's methods). These studies included soil samples from xerothermic habitats and riparian forest sites of the continuous range and the insular range of this species. *C. vindobonensis* shells from these habitats were used for morphometric, structural, chemical, phase and mechanical studies carried out using various analytical methods and techniques (e.g. SEM, EDS, XRD, Vickers hardness test method). The impact of substrate-related environmental factors on the characteristics of *C. vindobonensis* shells as well as the effect of diet on shell growth rate (laboratory experiment) were studied using statistical analysis of the data. The population density of *C. vindobonensis* and the qualitative and quantitative composition of the malacofauna with which this species coexists in the above habitat types were examined using the squares method. The age structure of *C. vindobonensis* population and the structure of associations of mollusc groups were described. In riparian forest habitats situated in the Vistula valley (outside the continuous range), the population density of *C. vindobonensis* was studied depending on the distance from the riverbed and the contents of the following elements in soil: Ca, Fe, Mg, Sr and Mn. The contents of these elements were determined using the ICP-OES method. The impact of substrate-related environmental factors on *C. vindobonensis* population density was investigated using a statistical analysis of the data.

The continuous range of *C. vindobonensis* in Poland covers, among others, the belt of uplands, while the insular range includes the valleys of the Vistula, the Warta, the Noteć and the Oder. The effect of the passive movement of the species through the waterway is its presence in different habitats (sufficiently rich and poor in calcium). The availability of calcium in the substrate and the thermic and humidity-related conditions of these habitats affect shell growth and *C. vindobonensis* population density. In river valleys (within the insular range), the substrate chemistry and, especially, the calcium deficit limit the spread of this species to neighbouring areas. With the impermanent nature of riverside habitats, this means that the only refuge for *C. vindobonensis* are the calcium-rich upland habitats of south-eastern Poland.

Wprowadzenie

Mięczaki (Mollusca) obok stawonogów (Arthropoda) stanowią jeden z najbogatszych w gatunki typów zwierząt (Piechocki 2008). Liczba współcześnie żyjących gatunków szacowana jest na 70–100 tysięcy, zaś wymarłych (liczba z pewnością mocno niedoszacowana) na 60–100 tysięcy (najstarsze znane od kambru) (Taylor i Lewis 2005; Rosenberg 2014; Bouchet i in. 2016). Współczesne mięczaki dzieli się na 8 gromad: bruzdobrzuchy (Solenogastres), tarczkonogie (Caudofoveata) i chitony (Polyplacophora) należące do podtypu igłoskórych (Aculifera) oraz jednotarczowce (Monoplacophora), ślimaki (Gastropoda), walconogi (Scaphopoda), małże (Bivalvia) i głowonogi (Cephalopoda) należące do podtypu muszlowców (Conchifera) (Błaszak 2009). Mięczaki są szeroko rozpowszechnione na świecie, zasiedlają różnorodne typy środowisk wodnych i lądowych (Piechocki 2008).

Wśród mięczaków, podtyp muszlowce (Conchifera) charakteryzuje się obecnością szkieletu zewnętrznego w postaci muszli (istnieje jednak wiele form, u których szkielet uległ częściowej lub całkowitej redukcji). Szkielety są wytwarzane w procesie biomineralizacji, który zachodzi w fałdzie skórnym zwanym płaszczem. Proces ten polega na wytwarzaniu i precyzyjnej kontroli struktury oraz składu elementów mineralnych (określanych jako biominerały) powstających zwykle w celu utwardzenia lub usztywnienia tkanek. Powszechnie występującym biominerałem w szkieletach muszlowców jest węglan wapnia (w odmianach polimorficznych takich jak trygonalny kalcyt i rombowy aragonit) w osnowie organicznej nazywanej macierzą. Węglan wapnia, główny składnik szkieletu, stanowi 95–99% całkowitej masy, zaś macierz organiczna 1–5%. Szkielety mięczaków wykazują strukturę warstwową. Zewnętrzna warstwa organiczna (periostrakum) zbudowana jest przede wszystkim z białek i wielocukrów. Warstwy wewnętrzne nazywane odpowiednio warstwą perłową, porcelanową i pryzmatyczną składają się z aragonitu i/lub kalcytu. Warstwy wykazują różny sposób ułożenia kryształów, tworząc mikrostruktury (Hołubowicz i in. 2015). Główne typy mikrostruktur to: (1) homogeniczna (np. szkielety części Bivalvia); (2) pryzmatyczna podzielona na podtypy: prosta, włóknista, sferolityczna i kompozytowa (np. szkielety części Bivalvia); (3) skrzyżowanych płytek (np.

szkielety części Bivalvia, Scaphopoda i Gastropoda); (4) sferolityczna (np. szkielety części Bivalvia, Cephalopoda i Gastropoda); (5) perłowa (np. szkielety części Bivalvia, Cephalopoda i Gastropoda) (Falniowski 1980; Checa i in. 2005; Kobayashi i Samata 2006; Liang i in. 2008; De Paula i Silveira 2009; Liang i in. 2010; Nishida i in. 2011; Rodríguez-Navarro i in. 2012; Brom i in. 2015).

Muszlowce pełnią ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów lądowych, słodkowodnych i morskich. Ślimaki lądowe biorą udział w rozkładzie materii organicznej, uwalnianiu pierwiastków oraz użyźnianiu gleby. Stanowią pokarm dla wielu bezkręgowców (np. chrząszczy, błonkówek, pająków) i kręgowców (np. płazów, gadów, ptaków, ssaków). Są żywicielami pośrednimi niektórych nicieni i przywr. Dla wielu gatunków ptaków puste muszle stanowią źródło wapnia wykorzystywanego do budowy skorupki jaj. Ślimaki lądowe mają znaczenie przy zapylaniu, rozsiewaniu nasion i stymulacji kiełkowania roślin (Urbańska i in. 2013). Muszlowce morskie (np. ślimaki, małże) stanowią pokarm dla bezkręgowców (np. rozgwiazd, pancerzowców) i kręgowców (np. ryb, ptaków, ssaków) (Gutiérrez i in. 2003; Piechocki 2009; Parker i in. 2013). Małże spełniają rolę biologicznych filtrów wody przydennej, oczyszczając zbiorniki z nadmiaru substancji organicznych (Parker i in. 2013; Sharma i in. 2013; Fortunato 2015). Puste muszle ślimaków i małży tworzą podłoże dla organizmów epibiontycznych (np. pąkli), ponadto zapewniają schronienie dla bezkręgowców (np. sikwiaków i pancerzowców) przed drapieżnikami (Stolarski i in. 2001; Gutiérrez i in. 2003). Muszlowce służą także do celów gospodarczych. Wymienia się tutaj m.in. ślimaki, małże, takie jak ostrygi, oraz kalmary czy ośmiornice wykorzystywane do celów konsumpcyjnych (Santhiya i in. 2013; Urbańska i in. 2013). Puste muszle stosuje się do wyrobu nawozów oraz w przemyśle budowlanym do wyrobu cementu i zapraw (Santhiya i in. 2013). Wykorzystuje się je także w farmacji, włókiennictwie, galanterii, technice, jubilerstwie, sztuce, są przedmiotem kolekcjonerstwa (Lipiński 2009; Piechocki 2009; Santhiya i in. 2013).

Muszlowce, ze względu na wielość gatunków, kosmopolityczne rozmieszczenie, różnorodność zajmowanych siedlisk oraz wrażliwość na czynniki środowiskowe, są szeroko wykorzystywane jako bioindykatory (Urbańska i in. 2013; Fortunato 2015; Twaddle i in. 2016). Szkielety i tkanki miękkie muszlowców posiadające zdolność kumulowania wielu zanieczyszczeń dostarczają cennych informacji o stopniu skażenia środowiska w obszarach ich występowania (Tynan i in. 2005; Rahman i in. 2016). Wykazano na przykładzie małży *Velesunio ambiguus* z rzeki Murray w Australii, *Saccostrea cucullata* z Morza Południowochińskiego, *Lamellidens corrianus* i *L. marginalis* z rzeki Godawari w Indiach,

ślimaków wodnych *Reishia clavigera* i *Nerita chamaeleon* z Morza Południowochińskiego, *Phorcus turbinatus* z Morza Śródziemnego, a także ślimaków lądowych *Helix pomatia*, *Cepaea nemoralis* i *Arianta arbustorum* występujących w Polsce, że gromadziły one w muszlach, wieczkach i tkankach szereg metali (m.in. Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Cd, Hg i Pb) dostępnych w otoczeniu (Tynan i in. 2005; Kowalczyk-Pecka 2009; Barga-Więcławska 2011; Kowalczyk-Pecka i Czepiel-Mil 2011; Waykar i Deshmukh 2012; Duysak i Ersoy 2014; Rahman i in. 2016). Wieloletnie projekty badawcze, takie jak *Mussel Watch Program*, potwierdzają użyteczność tej grupy zwierząt w monitorowaniu środowiska.

Charakterystyka szkieletów, tkanek miękkich oraz stadiów rozwoju muszlowców dostarcza wielu informacji o warunkach, w jakich rozwijały się poszczególne gatunki, oraz zmianach zachodzących w środowisku w czasie ich życia (Brom i Brachaniec 2014; Milano i in. 2017). Wykazano na przykładzie małża *Crassostrea virginica* żyjącego u wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych, że obniżone tempo wzrostu muszli, a także ich zmniejszona twardość i odporność na pęknięcie, wynikało z lokalnego wzrostu zakwaszenia wody (Beniash i in. 2010). Ten sam czynnik w przypadku małża *Pinctada margaritifera* badanego u zachodnich wybrzeży Polinezji Francuskiej powodował zaburzenia w formowaniu się masy perłowej, zaś ślimaka *Turbo cornutus* występującego wzdłuż wschodniego wybrzeża Japonii, obniżenie tempa rozwoju larw (Onitsuka i in. 2014; Le Moullac i in. 2016). Z kolei, na podstawie badań przeprowadzonych na małżach *Mytilus edulis* z Morza Irlandzkiego, *Limecola balthica* z Morza Wattowego, czy też *Saccostrea glomerata* z Wielkiej Zatoki Australijskiej stwierdzono, że obniżone tempo reprodukcji wynikało ze wzrostu zasolenia i temperatury wody (Le Moullac i in. 2016). Wielu informacji o zmianach środowiskowych dostarczają także badania nad wspomnianymi wyżej tkankami miękkimi muszlowców. Na przykładzie małży wykazano, że poziom kwasów tłuszczowych w tkankach może odzwierciedlać zmiany zasolenia i zakwaszenia wód, poziom aminokwasów – zmiany temperatury wód, zaś poziom białek, lipidów i węglowodanów (glikogenu) – zmiany zasobności wód w pokarm roślinny (Sadjadi 2018).

Muszlowce, szczególnie ślimaki i małże, znajdują szerokie zastosowanie w interpretacji środowisk istniejących w przeszłości rozumianej w sensie geologicznym oraz w rekonstrukcji warunków środowiskowych i klimatycznych (Yanes 2015; Milano i in. 2017). Stanowią podstawę wielu badań ze względu na to, że większość gatunków notowanych w osadach kopalnych jest obecna także we współczesnej faunie. W interpretacji istniejących w przeszłości zmian klimatycznych uwzględnia się współczesne zasięgi poszczególnych gatunków,

natomiast wnioskowanie o warunkach środowiskowych opiera się na współcześnie badanej tolerancji gatunków na czynniki środowiskowe (Alexandrowicz 1999). Wielu informacji o środowisku dostarcza również analiza morfometryczna, strukturalna, chemiczna, mineralna i krystalograficzna szkieletów muszlowców kopalnych w zestawieniu ze współczesnymi (Milano i in. 2017). Także linie przyrostowe widoczne na muszlach wielu gatunków małży, często interpretowane jako sezonowe lub roczne, informują o zmianach warunków środowiskowych. Spowolniony lub zahamowany wzrost oznacza zazwyczaj warunki niekorzystne, zaś przyspieszony – warunki optymalne (Brom i Brachaniec 2014; Twaddle i in. 2016). Ponadto, często wykorzystuje się pomiary trwałych izotopów np. tlenu i węgla ze szkieletów muszlowców morskich do odtwarzania warunków środowiskowych istniejących w czasie wytrącania się węglanu wapnia, czyli w czasie powstawania szkieletów (Fenger i in. 2007; Carroll i in. 2009; Fortunato 2015; Twaddle i in. 2016). Analiza izotopów np. tlenu i węgla w muszlach ślimaków lądowych może natomiast służyć rekonstrukcji okresów deszczowych, roślinności, a w konsekwencji diety ślimaków (Yanes i in. 2008; Yanes 2015).

Zmiany zachodzące w środowisku, zarówno te naturalne, jak i antropogeniczne, wywołują różne reakcje mięczaków jak spadek liczebności, obniżenie reprodukcji, zahamowanie wzrostu, opóźnienie procesu wapnienia szkieletów (Allison i in. 2011; Gupta i in. 2015). W przypadku zmian naturalnych, które są na ogół długotrwałe, mięczaki stopniowo przystosowują się do nich. Natomiast w przypadku zmian wynikających z działalności człowieka zachodzących zazwyczaj w krótkim czasie, mięczaki często są pozbawione szansy przystosowania się do nowych warunków, a tym samym przetrwania. Szacuje się, że liczba mięczaków krytycznie zagrożonych wyginięciem obejmuje obecnie ponad 370 gatunków. Wśród nich dominują ślimaki lądowe z rodzin Amastridae, Endodontidae, Partulidae, Achatinellidae, Charopidae, słodkowodne z rodzin Hydrobiidae, Pleuroceridae, Unionidae i morskie z rodziny Conidae (Peters i in. 2013; Cowie i in. 2017). Niektóre gatunki zajmują nisze ekologiczne, w których niewielkie zmiany np. temperatury, wilgotności, składu chemicznego podłoża mogą spowodować ich wymieranie. Niezależnie od zamieszkiwanego przez mięczaki środowiska, wiele zagrożeń wynika z działalności człowieka. Mięczakom lądowym zagraża m.in.: urbanizacja; rozwój i chemizacja rolnictwa; fragmentacja i degradacja siedlisk; wylesianie terenów; rozwój przemysłu i transportu; eksploatacja zasobów naturalnych; zbiory do celów gospodarczych; obecność gatunków nierodzimych i inwazyjnych. W przypadku mięczaków wodnych głównymi zagrożeniami są: zmiany stosunków wodnych; przekształcanie siedlisk, szczególnie wzdłuż wybrzeży; zanieczyszczenia wód; emisja gazów cieplarnianych

powodująca zmiany temperatury, odczynu i natlenienia wód; powstawanie budowli hydrotechnicznych (np. zapory, hydroelektrownie); funkcjonowanie portów i rafinerii; katastrofy ekologiczne (np. wycieki ropy); przełowienie; zbiory do celów gospodarczych; obecność gatunków nierodzimych i inwazyjnych; rozwój turystyki (Chiba i Roy 2011; Parker i in. 2013; Peters i in. 2013; Cowie i in. 2017).

Współczesne i kopalne muszlowce dostarczają wielu cennych informacji na temat lokalnych i globalnych zmian środowiskowych zachodzących zarówno w ekosystemach lądowych, jak i wodnych (Fortunato 2015). Postrzegane jako swoiste „archiwa środowiskowe” i „wskaźniki zmian środowiska” pozwoliły w różnych częściach świata udokumentować takie procesy, jak pustynnienie lądów, a także ocieplenie, zakwaszenie i odtlenienie wód oceanicznych (Brom i Brachaniec 2014; Fortunato 2015; Amr i in. 2018). Badania nad mięczakami skorelowane z ważnymi wydarzeniami wpływającymi na środowisko prowadzą do lepszego zrozumienia otaczającego nas świata, tworzenia skutecznych strategii ochrony przyrody oraz zarządzania jej zasobami.

Wiele z omówionych powyżej aspektów dotyczących związków pomiędzy zmieniającym się środowiskiem a funkcjonowaniem populacji mięczaków dotyczy organizmów występujących na terenie Polski. Wyjątkowo interesującym obiektem badań w tym kontekście jest ślimak lądowy *Caucasotachea vindobonensis* z rodziny Helicidae. Zasięg występowania tego gatunku, jako jedynego przedstawiciela rodzaju *Caucasotachea* powszechnie występującego w rejonie Kaukazu i Gór Elbrus, sięga do południowej i centralnej Europy (Neubert i Bank 2006; Welter-Schultes 2012). Na obszarze Polski zasięg ciągły *C. vindobonensis* obejmuje przede wszystkim pas wyżyn, zasięg wyspowy zaś doliny Wisły, Warty, Odry i Noteci. Położenie geograficzne stanowisk i charakterystyka siedlisk *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego wskazują na możliwość powiązania występowania tego gatunku z rozmieszczeniem utworów zasobnych w węglan lub siarczan wapnia oraz płytów muraw kserotermicznych. W przypadku stanowisk i zajmowanych przez ten gatunek siedlisk położonych w obrębie zasięgu wyspowego powiązania te nie są już tak wyraźne. Dzieje się tak przede wszystkim ze względu na nieregularność występowania i różną proveniencję utworów zawierających związki wapnia, a także rzadkość muraw kserotermicznych w dolinach rzecznych. Opisany w pracy zasięg geograficzny *C. vindobonensis* skłonił do rozważań nad mechanizmami rozprzestrzeniania oraz czynnikami warunkującymi obecność gatunku w różnych regionach i typach siedlisk. Tym samym, głównym celem poznawczym stała się próba

oceny wpływu czynników środowiskowych na rozwój muszli i rozprzestrzenienie *C. vindobonensis* w Polsce.

Praca składa się z trzech rozdziałów, każdy zawiera wstęp, opis materiałów i zastosowanych metod, wyniki dyskusję oraz zestawienie piśmiennictwa. Do każdego z nich dołączono także załączniki zawierające wyniki istotne dla przeprowadzonych badań.

W rozdziale pierwszym przedstawiono dotychczasowy stan wiedzy na temat zasięgu geograficznego *C. vindobonensis* w Polsce i Europie, a także dróg rozprzestrzeniania i zajmowanych typów siedlisk na obszarze naszego kraju.

W rozdziale drugim skupiono się na uściśleniu roli czynników środowiskowych (zarówno określonych w warunkach naturalnych, jak i uwzględnionych w prowadzonych badaniach eksperymentalnych) i ich wpływu na rozwój muszli.

Badania omówione **w rozdziale trzecim** skupiają się na odszukaniu zależności między czynnikami środowiska (szczegółowo rozpatrzonymi w rozdziale 2) a rozprzestrzenieniem (i zagęszczeniem) tego gatunku w Polsce (dane zawarte w rozdziale 1).

Pracę zamykają konkluzje w których zawarto nowe kierunki badań i propozycje dalszych studiów nad *C. vindobonensis*.

Piśmiennictwo do wprowadzenia

- Alexandrowicz S. W. 1999.** *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) as an indicator of age and deposition environment of quaternary sediments. *Folia Malacologica*, 7: 79–88.
- Allison E. H., Badjeck M.-C., Meinhold K. 2011.** The implications of global climate change for molluscan aquaculture. W: S. E. Shumway (red.). *Shellfish Aquaculture and the Environment*. John Wiley & Sons, 461–490.
- Amr Z. S., Najajreh M. H., Zawahrah M., Neubert E., Handal E. N., Abu Baker M. A., Qumsiyeh M. B. 2018.** Diversity and ecology of the land snails of the Palestinian Territories of the West Bank. *Zoology and Ecology*, 28: 25–35.
- Barga-Więclawska J. A. 2011.** Malakocenozy w strefach nieciągłości tektonicznych na terenie Kielc w rejonach Karczówka, Brusznia, Niewachłów, Gruchawka. *Kieleckie Towarzystwo Naukowe*, 71 s.

- Beniash E., Ivanina A., Lieb N. S., Kurochkin I., Sokolova I. M. 2010.** Elevated level of carbon dioxide affects metabolism and shell formation in oysters *Crassostrea virginica*. Marine Ecology Progress Series, 419: 95–108.
- Błaszak Z. 2009.** Zoologia. Bezkręgowce. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, t. 3, 801 s.
- Bouchet P., Bary S., Héros V., Marani G. 2016.** How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them? W: V. Héros, E. Strong, P. Bouchet (red.). Tropical Deep-Sea Benthos. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, t. 29: 9–24.
- Brom K. R., Brachaniec T. 2014.** Historia zapisana w muszlach. Wszechświat, 115: 269–271.
- Brom K. R., Salomon M. A., Skreczko S. 2015.** Właściwości strukturalne muszli mięczaków jako inspiracja inżynierii bionicznej. Kosmos, 64: 365–375.
- Carroll M. L., Johnson B. J., Henkes G. A., McMahon K. W., Voronkov A., Ambrose W. G. Jr., Denisenko S. G. 2009.** Bivalves as indicators of environmental variation and potential anthropogenic impacts in the southern Barents Sea. Marine Pollution Bulletin, 59: 193–206.
- Checa A. G., Rodríguez-Navarro A. B., Esteban-Delgado F. J. 2005.** The nature and formation of calcitic columnar prismatic shell layers in pteriomorphian bivalves. Biomaterials, 26: 6404–6414.
- Chiba S., Roy K. 2011.** Selectivity of terrestrial gastropod extinctions on an oceanic archipelago and insights into the anthropogenic extinction process. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108: 9496–9501.
- Cowie R. H., Régnier C., Fontaine B., Bouchet P. 2017.** Measuring the sixth extinction: what do mollusks tell us? The Nautilus, 131: 3–41.
- De Paula S. M., Silveira M. 2009.** Studies on molluscan shells: Contributions from microscopic and analytical methods. Micron, 40: 669–690.
- Duysak Ö., Ersoy B. 2014.** A biomonitoring study: heavy metals in *Monodonta turbinata* (Mollusca: Gastropoda) from Iskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean. Pakistan Journal of Zoology, 46: 1317–1322.

- Falniowski A. 1980.** Z zagadnień budowy i wytwarzania muszli u ślimaków. *Przegląd Zoologiczny*, 24: 275–280.
- Fenger T., Surge D., Schöne B., Milner N. 2007.** Sclerochronology and geochemical variation in limpet shells (*Patella vulgata*): A new archive to reconstruct coastal sea surface temperature. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, <https://doi.org/10.1029/2006GC001488>.
- Fortunato H. 2015.** Mollusks: Tools in environmental and climate research. *American Malacological Bulletin*, 33: 1–15.
- Gupta K., Nandy A., Banerjee K., Talapatra S. N. 2015.** Biomonitoring of river Ganga bank by identifying mollusc species as an indicator. *International Letters of Natural Sciences*, 37: 71–77.
- Gutiérrez J. L., Jones C. G., Strayer D. L., Iribarne O. O. 2003.** Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos*, 101: 79–90.
- Hołubowicz R., Porębska A., Poznar M., Różycka M., Dobryszyci P. 2015.** Biomineralizacja – kontrolowana przez białka precyzja kształtu, struktury i właściwości. *Postępy Biochemii*, 61: 364–380.
- Kobayashi I., Samata T. 2006.** Bivalve shell structure and organic matrix. *Materials Science and Engineering C*, 26: 692–698.
- Kowalczyk-Pecka D. 2009.** Rola naturalnej populacji *Arianta arbustorum* (Gastropoda: Pulmonata) w transferze i bioakumulacji metali ciężkich w ekosystemach zurbanizowanych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 41: 22–31.
- Kowalczyk-Pecka D., Czepiel-Mil K. 2011.** Synantropijne ślimaki nieoskorupione z rodzaju *Arion* i *Deroceras* (Gastropoda: Pulmonata) jako biokoncentratory metali ciężkich. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 49: 126–134.
- Le Moullac G., Soyez C., Latchere O., Vidal-Dupiol J., Fremery J., Saulnier D., Lo-Yat A., Belliard C., Mazouni-Gaertner N., Gueguen Y. 2016.** *Pinctada margaritifera* responses to temperature and pH: Acclimation capabilities and physiological limits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182(B): 261–269.

- Liang Y., Zhao J., Wang L., Li F. 2008.** The relationship between mechanical properties and crossed-lamellar structure of mollusk shells. *Materials Science and Engineering A*, 483–484: 309–312.
- Liang Y., Zhao J., Wu Ch. 2010.** The micro/nanostructure characteristics and the mechanical properties of *Hemifusus tuba* conch shell. *Journal of Bionic Engineering*, 7: 307–313.
- Lipiński M. R. 2009.** Gromada: głowonogi – Cephalopoda. W: Z. Błaszak (red.). *Zoologia. Bezkręgowce*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, t. 3, 553–596.
- Milano S., Nehrke G., Wanamaker A. D. Jr., Ballesta-Artero I., Brey T., Schöne B. R. 2017.** The effects of environment on *Arctica islandica* shell formation and architecture. *Biogeosciences*, 14: 1577–1591.
- Neubert E., Bank R. A. 2006.** Notes on the species of *Caucasotachea* C. Boettger 1909 and *Lindholmia* P. Hesse 1919, with annotations to the Helicidae (Gastropoda: Stylommatophora: Helicidae). *Archiv für Molluskenkunde*, 135: 101–132.
- Nishida K., Nakashima R., Majima R., Hikida Y. 2011.** Ontogenetic changes in shell microstructures in the cold seep-associated bivalve, *Conchocele bisecta* (Bivalvia: Thyasiridae). *Paleontological Research*, 15: 193–212.
- Onitsuka T., Kimura R., Ono T., Takami H., Nojiri Y. 2014.** Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, *Turbo cornutus*. *Marine Biology*, 161: 1127–1138.
- Parker L. M., Ross P. M., O'Connor W. A., Pörtner H. O., Scanes E., Wright J. M. 2013.** Predicting the response of molluscs to the impact of ocean acidification. *Biology (Basel)*, 2: 651–692.
- Peters H., O'Leary B. C., Hawkins J. P., Carpenter K. E., Roberts C. M. 2013.** *Conus*: First comprehensive conservation Red List assessment of a marine gastropod mollusc genus. *PLoS ONE*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083353>.
- Piechocki A. 2008.** Mięczaki (Mollusca). W: W. Bogdanowicz, E. Chudzicka, I. Pilipiuk, E. Skibińska (red.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, t. 3: 365–366.

- Piechocki A. 2009.** Gromada: małże – Bivalvia. W: Z. Błaszak (red.). Zoologia. Bezkręgowce. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, t. 3, 508–552.
- Rahman M. M., Miskon F., Yunus K., Shazili N. A. M. 2016.** Biomonitoring of heavy metals using intertidal mollusks in East Johor coastal waters. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20: 491–499.
- Rodríguez-Navarro A. B., Checa A., Willinger M.-G., Bolmaro R., Bonarski J. 2012.** Crystallographic relationship in the crossed lamellar microstructure of the shell of the gastropod *Conus marmoreus*. *Acta Biomaterialia*, 8: 830–835.
- Rosenberg G. 2014.** A new critical estimate of named species-level diversity of the recent Mollusca. *American Malacological Bulletin*, 32(2): 308–322.
- Sadjadi N. 2018.** Chemical ecology of biocompounds in molluscs. W: S. Ray (red.). *Biological Resources of Water*, Calcutta University, 231–245, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72741>.
- Santhiya N., Baskara Sanjeevi S., Gayathri M., Dhanalakshmi M. 2013.** Economic importance of marine molluscs. *Research in Environment and Life Sciences*, 6: 129–132.
- Sharma K. K., Bangotra K., Saini M. 2013.** Diversity and distribution of Mollusca in relation to the physico-chemical profile of Gho-Manhasan stream, Jammu (J & K). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5: 240–249.
- Stolarski J., Zibrowius H., Löser H. 2001.** Panchronism of the sipunculid-scleractinian symbiosis. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46: 309–330.
- Taylor P. D., Lewis D. N. 2005.** Fossil invertebrates. Harvard University Press, Cambridge-Massachusetts, 208 s.
- Twaddle R. W., Ulm S., Hinton J., Wurster C. W., Bird M. I. 2016.** Sclerochronological analysis of archaeological mollusc assemblages: Methods, applications and future prospects. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 8: 359–379.
- Tynan S., Eggins S., Kinsley L., Welch S. A., Kirste D. 2005.** Mussel shells as environmental tracers: an example from the Loveday Basin. W: I. C. Roach (red.), *Regolith 2005 – Ten*

years of CRC LEME: proceedings of the CRC LEME Regional Regolith Symposia, November 2005, Adelaide-Canberra: 314–317.

Urbańska M., Gierszal H., Andrzejewski W., Żolnierowicz K., Przybylska K. 2013.

Dlaczego i w jaki sposób chronić ślimaki? *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, z. 36: 287–295.

Waykar B., Deshmukh G. 2012. Evaluation of bivalves as bioindicators of metal pollution in freshwater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88: 48–53.

Welter-Schultes F. 2012. European non-marine molluscs, a guide for species identification. Planet Poster Editions, Göttingen, 679 s. + 78 tabl.

Yanes Y. 2015. Stable isotope ecology of land snails from a high-latitude site near Fairbanks, interior Alaska, USA. *Quaternary Research*, 83: 588–595.

Yanes Y., Delgado A., Castillo C., Alonso M. R., Ibáñez M., De la Nuez J., Kowalewski M.

2008. Stable isotope ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, and δD) signatures of recent terrestrial communities from a low-latitude, oceanic setting: Endemic land snails, plants, rain, and carbonate sediments from the eastern Canary Islands. *Chemical Geology*, 249: 377–392.

1. Rozmieszczenie i charakterystyka siedlisk *Caucasotachea vindobonensis* na podstawie materiałów źródłowych

1.1. Wstęp

Caucasotachea vindobonensis jest gatunkiem ślimaka lądowego z rodziny Helicidae, obejmującej największe formy oskorupione Europy (Sulikowska-Drozd 2008). Charakteryzuje się kulistawą muszlą ze stożkowato uniesioną skrętką (szer. 20–26 mm, wys. 17–24 mm). Muszla jest biała lub żółtawa ze zmienną liczbą brązowych lub czarnych pasków (maksymalnie 5 na ostatnim skręcie). Dołek osiowy muszli jest zakryty różową wargą (Wiktor 2004, Ryc. 1).



Ryc. 1. *Caucasotachea vindobonensis* (fot. D. Mierzwa-Szymkowiak)

C. vindobonensis opisano w 1821 roku jako *Helix sylvatica* var. *Vindobonensis* Férussac, 1821, następnie w 1828 roku jako *Helix vindobonensis* (łac. *Vindobona* – Wiedeń) Pfeiffer, 1828 (Férussac 1821; Pfeiffer 1828). Przez wiele lat gatunek klasyfikowano w obrębie rodzaju *Cepaea* Held, 1838 (Held 1838). Na podstawie badań molekularnych prowadzonych w

ostatnich latach *C. vindobonensis* włączono do rodzaju *Austrotachea* Pfeffer, 1930 (Korábek i in. 2015), a następnie *Caucasotachea* Boettger, 1909 (Neiber i Hausdorf 2015; Neiber i in. 2016).

C. vindobonensis występuje od północnego Kaukazu poprzez Ukrainę, Białoruś, Mołdawię, Półwysep Bałkański aż do wschodniej Austrii, Czech i Polski. Gatunek ten notowany jest także na izolowanych stanowiskach w europejskiej części Rosji, na Łotwie i w zachodnich Niemczech (Welter-Schultes 2012). Pod względem zoogeograficznym i ekologicznym *C. vindobonensis* zaliczono do grupy gatunków pontyjsko-kaspijskich i bałkańskich występujących w siedliskach o charakterze stepu i lasostepu (Ložek 1964; Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

Historia badań współczesnego rozmieszczenia *C. vindobonensis* w Polsce sięga lat 50. XIX wieku. W nawiązaniu do obecnych granic kraju i podziału na regiony fizycznogeograficzne (Kondracki 2014), najwcześniejsze dane dotyczyły obecności tego gatunku w makroregionach Nizina Śląska i Wyżyna Krakowsko-Częstochowska (Scholtz 1852, 1853; Waga 1857). Kilka lat później pojawiły się doniesienia o obecności *C. vindobonensis* w makroregionach: Pobrzeże Szczecińskie, Pobrzeże Gdańskie i Pojezierze Południowopomorskie (Dohrn 1862; von Martens 1870; Dohrn 1871; Lehmann 1873; Schumann 1881; Clessin 1884; Protz 1896, 1897). Występowanie *C. vindobonensis* na Pobrzeżu Szczecińskim wynikało przede wszystkim ze sztucznego wprowadzenia gatunku do parków miejskich, natomiast na Pobrzeżu Gdańskim zostało uznane za niepewne (Dohrn 1862, 1871; Lehmann 1873; Schumann 1881; Urbański 1956a; Riedel 1988). Kolejne lokalizacje *C. vindobonensis* stwierdzono w makroregionach: Wyżyna Woźnicko-Wieluńska, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska, Wyżyna Śląska, Wyżyna Lubelska, Kotlina Sandomierska i Pogórze Środkowobeskidzkie (Jachno 1870a, 1870b; Ślósarski 1872, 1873; Król 1879; Bąkowski 1880; Stobiecki 1886). Do końca XIX wieku opisano ponad 20 lokalizacji tego gatunku.

W pierwszej połowie XX wieku opisano około 60 nowych lokalizacji *C. vindobonensis* położonych przede wszystkim w makroregionach: Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka, Pojezierze Południowopomorskie, Pojezierze Lubuskie, Nizina Północnomazowiecka, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska i Wyżyna Lubelska. W tym czasie powstały mapy zasięgu *C. vindobonensis* w Polsce (Poliński 1919, 1924; Romer 1934). Ukazały się także opracowania podsumowujące dotychczasową wiedzę o rozmieszczeniu tego gatunku i zajmowanych przez niego siedliskach (Poliński 1919, 1924). Późniejsze prace ze względu na ich regionalny charakter były uzupełnieniem opracowań W. Polińskiego. W drugiej połowie XX wieku

opisano około 30 nowych lokalizacji *C. vindobonensis* położonych przede wszystkim w makroregionach: Wyżyna Krakowsko-Częstochowska, Wyżyna Kielecka i Wyżyna Woźnicko-Wieluńska.

Badania prowadzone w ostatnich latach pozwoliły na wskazanie ponad 50 nowych lokalizacji *C. vindobonensis* w Polsce. Większość z nich znajdowała się w makroregionach: Nizina Środkowomazowiecka i Wyżyna Lubelska (Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016).

Łącznie od połowy XIX wieku opisano ponad 200 lokalizacji *C. vindobonensis* w Polsce. Znane są one z piśmiennictwa i kolekcji muzealnych przechowywanych w placówkach naukowych (Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Uniwersytet Łódzki, Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, Muzeum i Instytut Zoologii PAN) (zał. 1). Zebrany materiał pozwala stwierdzić, że zasięg ciągły *C. vindobonensis* w Polsce obejmuje przede wszystkim pas wyżyn, natomiast zasięg wyspowy doliny Wisły, Warty, Odry i Noteci (Mierzwa 2009a). W obrębie zasięgu ciągłego wykazano ponad 120 lokalizacji tego gatunku. Na uwagę zasługuje jednak wysoka (w porównaniu z zasięgiem ciągłym) liczba lokalizacji – około 80 – w obrębie zasięgu wyspowego. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* w Polsce skłoniło do rozważań nad czynnikami determinującymi proces przemieszczania się tego gatunku oraz zajmowania przez niego różnych typów siedlisk.

Celem badań w niniejszym rozdziale była analiza zasięgu, dróg rozprzestrzeniania oraz siedlisk zajmowanych przez *C. vindobonensis* w Polsce na podstawie materiałów źródłowych. Hipoteza, którą weryfikowano brzmiała: Zasięg ciągły *C. vindobonensis* w Polsce pokrywa się z obszarami zasobnymi w wapń. Proces rozprzestrzeniania gatunku poza granice zasięgu ciągłego zachodzi przede wszystkim wzdłuż cieków wodnych na drodze przemieszczania biernego.

1.2. Metodyka i materiały

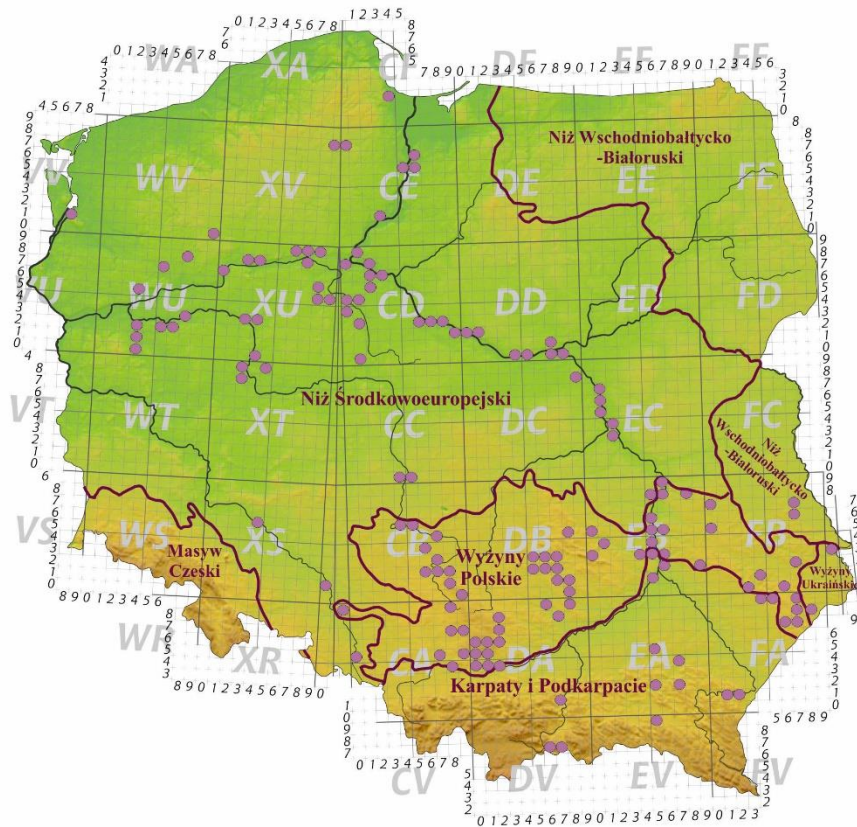
Rozmieszczenie *Caucasotachea vindobonensis* w Polsce opisano, opierając się na danych geograficznych pochodzących z piśmiennictwa, kolekcji muzealnych i przekazów ustnych. Uwzględniono kolekcje zdeponowane w następujących ośrodkach naukowych: Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN (ISEZ PAN), Muzeum i Instytut Zoologii PAN (MiIZ

PAN), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza (UAM), Uniwersytet Łódzki (UŁ) i Uniwersytet Wrocławski (UWr). Lokalizacje *C. vindobonensis* przypisano do jednostek fizycznogeograficznych Polski (Kondracki 2014) na podstawie danych pochodzących z internetowego Geoserwisu Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (<http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>). Dane naniesiono na siatkę UTM na podkładzie mapy hipsometrycznej (Ryc. 2). Wykaz lokalizacji *C. vindobonensis* w Polsce przedstawiono w załączniku 1. Charakterystykę siedlisk gatunku w Polsce opracowano na podstawie danych ekologicznych pochodzących z piśmiennictwa i wyżej wymienionych kolekcji muzealnych. Nazwiska zbieraczy (kolekcjonerów) cytowane w tekście oznaczono gwiazdką (*). Analizowano informacje dotyczące rzeźby terenu, ekspozycji, podłoża i roślinności. Dane ekologiczne jakościowe zestawiono w załączniku 2, dane ilościowe przedstawiono na wykresach kołowych (Ryc. 3–7). Rozmieszczenie *C. vindobonensis* w Europie opracowano na podstawie danych geograficznych pochodzących z piśmiennictwa. Lokalizacje tego gatunku przypisano do jednostek fizycznogeograficznych Europy (Kondracki 1965, 1995, 1996, 1997). W opisie wykorzystano nazewnictwo regionalizacji fizycznogeograficznej Europy i geografii poszczególnych państw. Rozmieszczenie gatunku w Europie przedstawiono na mapie hipsometrycznej (Ryc. 8).

1.3. Wyniki

1.3.1. Rozmieszczenie w Polsce

Zasięg ciągły *Caucasotachea vindobonensis* (1) obejmuje południową i południowo-wschodnią Polskę, w tym prowincje: Niż Wschodniobałtycko-Białoruski (podprowincja Polesie), Wyżyny Ukraińskie (Wyżyna Wołyńsko-Podolska), Wyżyny Polskie (Wyżyna Lubelsko-Lwowska, Wyżyna Małopolska, Wyżyna Śląsko-Krakowska), Karpaty i Podkarpacie (Północne Podkarpacie, Zewnętrzne Karpaty Zachodnie i Centralne Karpaty Zachodnie) (Ryc. 2). W obrębie prowincji Niż Środkowoeuropejski (podprowincje: Niziny Środkowopolskie, Pojezierza Południowobałtyckie i Pobrzeża Południowobałtyckie) gatunek jest rozmieszczony wyspowo (2), przede wszystkim w dolinach: Wisły, Warty, Noteci i Odry. Wykaz lokalizacji *C. vindobonensis* w Polsce przedstawia załącznik 1.



Ryc. 2. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* na tle prowincji fizycznogeograficznych Polski. Opracowanie własne na podstawie załącznika 1.

(1) Wschodnia granica zasięgu ciągłego *C. vindobonensis* przebiega przez podprowincje: Polesie i Wyżyna Wołyńsko-Podolska. W podprowincji Polesie obecność tego gatunku stwierdzono w Chełmie i Rezerwacie Przyrody Stawska Góra niedaleko wsi Staw (mezoregion Pagóry Chełmskie), a także w Karolinówce (mezoregion Obniżenie Dubieńskie) (Poliński 1924; Kuntze i Noskiewicz 1938; Urbański 1958). W podprowincji Wyżyna Wołyńsko-Podolska *C. vindobonensis* notowano w Hrubieszowie (mezoregion Kotlina Hrubieszowska) i Machnowie (mezoregion Równina Belska) (Piechocki 1989*; Ożgo i Komorowska 2009).

Północna część zasięgu ciągłego obejmuje obszary podprowincji: Wyżyna Lubelsko-Lwowska i Wyżyna Małopolska. Na Wyżynie Lubelsko-Lwowskiej *C. vindobonensis* stwierdzono w mezoregionach: Wzniesienia Urzędowskie, Płaskowyż Nałęczowski oraz Małopolski Przełom Wisły. Gatunek jest tam znany z licznych miejscowości położonych w dolinie Wisły od Annopola do okolic Kazimierza nad Wisłą (Poliński 1924; Riedel 1954; Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa i Szymkowiak 2009; Mierzwa 2010a, 2010b, 2010c;

Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b). Najdalej na północ wysunięte stanowiska na Wyżynie Lubelsko-Lwowskiej znajdują się w Nasiłowie koło Puław (Małopolski Przełom Wisły), a także Nałęczowie i Lublinie (Płaskowyż Nałęczowski) (Poliński 1912; Błędowski i Demel 1913; Poliński 1917; Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2009a, 2010b, 2010c). Poza tym pojedyncze lokalizacje *C. vindobonensis* na Wyżynie Lubelsko-Lwowskiej znajdują się w mezoregionach: Wyniosłość Giełczewska (w Rezerwacie Przyrody Podzamcze w Bychawie), Działy Grabowieckie (w Świdnikach), Wzniesienia Urzędowskie (w Kamiennej Górze) i Padół Zamojski (w Niedzieliskach) (Fiałkowski 1958*; Puchyr 1989*; Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2008a, 2010b, 2010c, 2011; Mierzwa-Szymkowiak i Szymkowiak 2011). W południowo-wschodniej części wyżyny gatunek ten wykazano w mezoregionach: Roztocze Środkowe (m.in. w Zwierzyńcu, Majdanie i Tarnawatce) i Roztocze Wschodnie (m.in. w Hucie Złomy i Mrzygłodach Lubyckich) (Bąkowski i Łomnicki 1892; Urbański 1949; Skuratowicz i Urbański 1953; Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004).

Na zachód od doliny Wisły *C. vindobonensis* występuje w podprovincji Wyżyna Małopolska. W jej północnej części gatunek notowano w mezoregionie Przedgórze Iłżeckie. Znane są tu stanowiska w Podszynie, Janikowie i Raju (zlokalizowane wzdłuż doliny Wisły) oraz w Starachowicach (Barga-Więcławska i in. 2002; Mierzwa i Szymkowiak 2010*; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c). W środkowej części Wyżyny Małopolskiej gatunek ten jest rozpowszechniony przede wszystkim w mezoregionie Góry Świętokrzyskie. Liczne stanowiska wymieniane są od okolic Nowej Słupi i Klonowa poprzez Kielce, Czerwoną Górę, Chęciny, aż do okolic Miedzianki i Jedlnicy (Sokulska 1979; Piechocki 1972*, 1981; Barga-Więcławska 1989, 1997). Na południe od Gór Świętokrzyskich obecność tego gatunku stwierdzono w mezoregionach: Pogórze Szydłowskie (między Morawicą i Maleszową), Garb Pińczowski (w Busku-Zdroju), Niecka Solecka (w Gackach i Skorocicach), Dolina Nidy (w Skowronnie i Pińczowie) oraz Wyżyna Miechowska (w Maszkowie i Rzeżuśni) (Urbański 1937; Szymczakowski 1962*; Stworzewicz 1989*; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013).

Zachodnia część zasięgu ciągłego *C. vindobonensis* obejmuje obszar podprovincji Wyżyna Śląsko-Krakowska. Gatunek ten stwierdzono w Kamyku, Działoszynie i Rezerwacie Przyrody Węże niedaleko Bobrownik w mezoregionie Wyżyna Wieluńska (Berger 1958, 1961; Mierzwa-Szymkowiak 2013*). Na południe od Wyżyny Wieluńskiej liczne stanowiska znajdują się w mezoregionach: Wyżyna Częstochowska (m.in. w

Mirowie, Olsztynie, Złotym Potoku), Wyżyna Olkuska (m.in. w Olkuszu, Jerzmanowicach i Ojcowie) oraz Garb Tenczyński (m.in. w rezerwatach przyrody Skała Kmity w Zabierzowie oraz Kajasówka koło Przegini Duchownej) (Poliński 1914, 1917; Grzelak 1976*; Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995; Stworzewicz 2008; Mierzwa i Szymkowiak 2009*). Najdalej na zachód wysunięte stanowisko na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej podawano z Gogolina w mezoregionie Chełm (Boettger 1926b; Geyer 1927; Ehrmann 1933).

Południowa część zasięgu ciągłego obejmuje obszar podprowincji: Północne Podkarpacie, Zewnętrzne Karpaty Zachodnie i Centralne Karpaty Zachodnie. Najdalej na północ wysunięte stanowiska *C. vindobonensis* w podprowincji Północne Podkarpacie są znane z Hamerni i Józefowa (mezoregion Równina Biłgorajska) (Poliński 1913, 1924; Wiktor 1964*; Matusiak 1989*). Inne północne stanowiska na Północnym Podkarpaciu są zlokalizowane w Sandomierzu, Zawichoście i Piotrowicach (mezoregion Nizina Nadwiślańska) (Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004; Ożgo i Komorowska 2009; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c). W południowej części tej podprowincji gatunek stwierdzono w Krakowie (mezoregion Pomost Krakowski), Rzeszowie i Czarnej Sędziszowskiej (mezoregion Pradolina Podkarpacka) (Alexandrowicz 2004*; Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004; Maćkiewicz 2011*; Liana 2014*).

W podprowincji Zewnętrzne Karpaty Zachodnie *C. vindobonensis* wymienia się z mezoregionów: Pogórze Bukowskie (z Równego), Pogórze Przemyskie (z Prałkowic), Pogórze Dynowskie (z Przemyśla, Rzeczpola i Błazowa), Pogórze Strzyżowskie (ze Strzyżowa) oraz Pogórze Rożnowskie (z Rożnowa) i Beskid Sądecki (z Piwnicznej-Zdroju) (Kotula 1882; Jurczyk 1958*; Krauze 1965*; Piechocki 1968*; Wiktor 1968*; Sulikowska-Drozd 1998*; Pokryszko i in. 2004; Mierzwa i Szymkowiak 2005*). W podprowincji Centralne Karpaty Zachodnie opisano izolowane stanowisko w okolicach Kornajów w Pieninach (Pokryszko i in. 2004).

- (2) W obrębie zasięgu wyspowego obejmującego podprowincje: Niziny Środkowopolskie, Pojezierza Południowobałtyckie i Pobrzeża Południowobałtyckie gatunek *C. vindobonensis* jest obecny przede wszystkim w dolinach Wisły, Warty, Noteci i Odry.

W dolinie Wisły – na północ od Puław – występuje na licznych stanowiskach położonych między Skurczą (mezoregion Dolina Środkowej Wisły) i Białą Górą (mezoregion Dolina Kwidzyńska) (Ciechanowski i in. 2004; Mierzwa 2010c, 2011; Mierzwa-Szymkowiak 2012c). Poza doliną Wisły gatunek ten stwierdzono w Przyłuku koło Zwolenia (mezoregion

Równina Radomska) oraz między Olpuchem i Wdzydzami (mezoregion Bory Tucholskie) (Wiktor 1973*; Huflejt 2008*). Stanowiska w okolicach Gdańska uznano za niepewne (Riedel 1988; Wiktor 2004).

W dolinie Warty – na północny zachód od Działoszyna – *C. vindobonensis* stwierdzono w Wielkiej Wsi B i Burzeninie (mezoregion Kotlina Szczercowa) (Mierzwa-Szymkowiak 2013*). Kolejne stanowiska są znane z Ludwikowa (mezoregion Pojezierze Poznańskie), okolic Poznania (mezoregion Poznański Przełom Warty), Starczanowa i Łukowa (mezoregion Pojezierze Gnieźnieńskie) (Wodziczko i in. 1938; Dziabaszewski 1967; Koralewska-Batura i Dziabaszewski 2000; Dzięciołowski i Janyszek 2002). Najdalej na zachód wysunięte stanowiska w dolinie Warty są znane ze Skwierzyny (mezoregion Kotlina Gorzowska) (Jaeckel jun. 1950). Poza doliną Warty wymieniane są stanowiska w Międzyrzeczu i Kęszycy (mezoregion Bruzda Zbąszyńska) (Jaeckel jun. 1950; Dziabaszewski 1967).

W dolinie Noteci istnieją liczne stanowiska zlokalizowane między Jeziorem Gopło i Jeziorem Dużym Żnińskim (mezoregion Pojezierze Gnieźnieńskie). Podzielono je na trzy grupy, biorąc za podstawę system hydrologiczny Pojezierza Gnieźnieńskiego (Kondracki 2014). Pierwsza grupa obejmuje stanowiska położone nad Jeziorem Gopło i Jeziorem Mikorzyńskim (Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Kuntze i Noskiewicz 1938). Do drugiej zaliczono stanowiska skupione w okolicach Jeziora Pakoskiego w miejscowościach: Pakość, Janikowo, Trląg i Kołuda Mała (Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Urbański 1935; Kaźmierski 1972; Drozdowski 1978). Trzecia grupa obejmuje stanowiska w Żninie, Jaroszewie i Wilczkowie nad Jeziorem Dużym Żnińskim, a także w Chomiąży Księżej i w okolicach Jeziora Ostrowieckiego (Urbański 1938, 1956b; Kaźmierski 1972; Drozdowski 1978).

Znane są również stanowiska *C. vindobonensis* nad Kanałem Bydgoskim między Bydgoszczą i Nakłem nad Notecią (mezoregion Kotlina Toruńska) (Berger 1958; Drozdowski 1978; Kadulski 1982). Kolejne stanowiska istnieją w dolinie Noteci – od miejscowości Samostrzel (mezoregion Dolina Środkowej Noteci), poprzez Miasteczko Krajeńskie (mezoregion Pojezierze Krajeńskie), Radolinek (mezoregion Kotlina Gorzowska) aż do Strzelec Krajeńskich (mezoregion Pojezierze Dobiegniewskie) (Urbański 1935; Dziabaszewski 1967; Koralewska-Batura i Dziabaszewski 2000). Stanowiska zlokalizowane na północ od doliny Noteci znajdują się w Wołogoszczy (mezoregion

Równina Drawska) oraz nad Jeziorem Zamkowym w Wałczu i Jeziorem Załom niedaleko Człopy (mezoregion Pojezierze Wałeckie) (Geyer 1927; Arndt 1931; Jaeckel jun. 1950).

W dolinie Odry *C. vindobonensis* stwierdzono w Raciborzu (mezoregion Kotlina Raciborska), Wrocławiu i Opolu (mezoregion Pradolina Wrocławska) (Merkel 1894; Poliński 1919, 1924; Boettger 1926a, 1926b; Ehrmann 1933). Obecność gatunku w Szczecinie wynika z wprowadzenia go przez ogrodników do parków miejskich w XIX wieku (Dohrn 1862, 1871; von Martens 1870; Lehmann 1873; Urbański 1933; Riedel 1988).

1.3.2. Charakterystyka siedlisk w Polsce

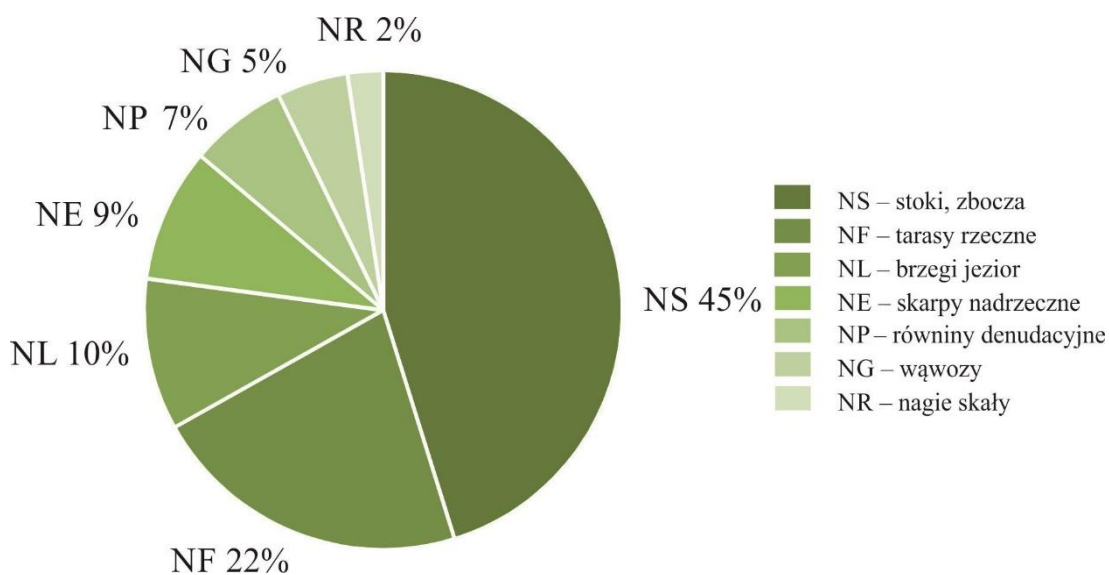
Grupowanie gatunków mięczaków według ich tolerancji ekologicznej, piętrowego rozmieszczenia oraz rodzaju i właściwości podłoża przedstawili Alexandrowicz i Alexandrowicz (2011). Przynależność *C. vindobonensis* do jednostek klasyfikacyjnych wymienionych typów grupowań przedstawia Tabela 1.

Tabela 1. Przynależność *C. vindobonensis* do grup klasyfikacyjnych różnych typów grupowań mięczaków.

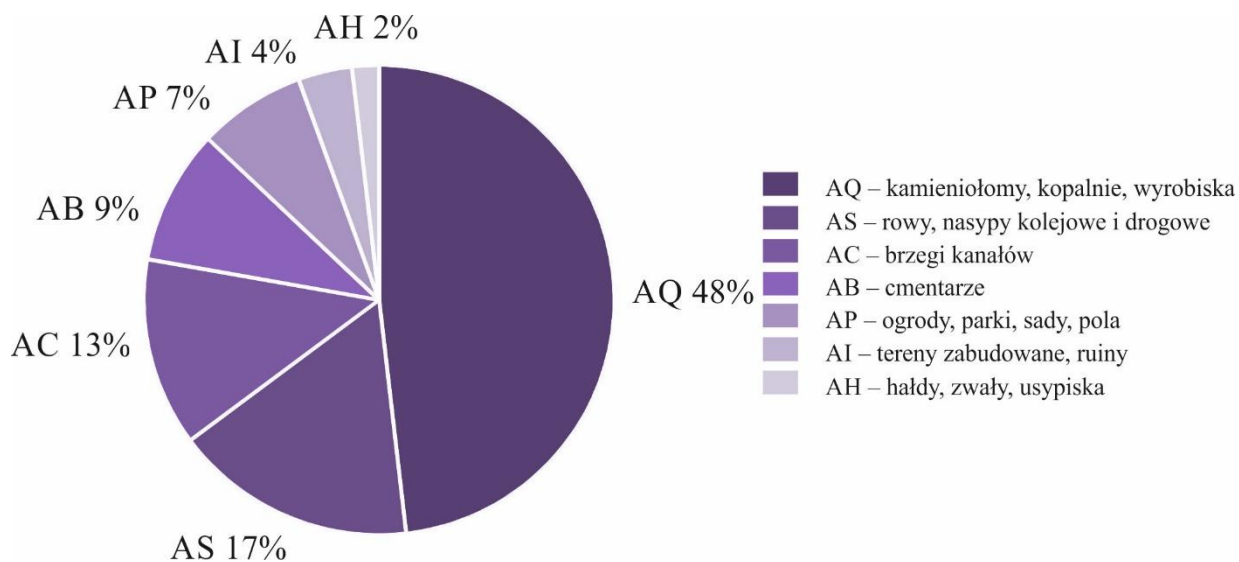
Typy grupowań mięczaków	Oznaczenie i opis jednostki klasyfikacyjnej charakterystycznej dla <i>C. vindobonensis</i>
I. Grupy ekologiczne (podział podstawowy) – podział obejmuje 12 grup ekologicznych oznaczonych symbolami od 1 do 12	Grupa 4 – kserofilne gatunki stepowe, występujące w siedliskach suchych i nasłonecznionych, na skalistych stokach o ekspozycji południowej, zwłaszcza na obszarach krasowych, także na łąkach
II. Grupy/typy ekologiczne – podział obejmuje 5 podstawowych grup taksonów oznaczonych symbolami: F, O, M, H i W, oraz 2 dodatkowe grupy: B i X	Grupa X – gatunki kserofilne
III. Grupowanie według rodzaju podłoża – podział obejmuje 4 grupy oznaczone symbolami: Br, Ba, Bp i Bi	Grupa Bi – gatunki indyferentne (o szerokim zakresie tolerancji)
IV. Grupowanie według wilgotności podłoża – podział na 6 grup oznaczonych symbolami literowymi i cyfrowymi: Hh (5), Hm (4), Ht (3), Hd (2), Hx (1), Hi (0)	Grupa Hx (1) – gatunki kserofilne żyjące na suchym podłożu w siedliskach kserotermicznych
V. Piętrowe rozmieszczenie ślimaków – podział na 5 grup oznaczonych symbolami od A1 do A7	Grupa A3 – gatunki występujące na wysokości 400–700 m n.p.m.

Na podstawie danych z piśmiennictwa i kolekcji muzealnych wyróżniono 220 stanowisk *C. vindobonensis*, dla których określono typ siedliska (zał. 2). Większość (75%) stanowisk opisano w siedliskach naturalnych, pozostałe 25% w siedliskach antropogenicznych (Ryc. 3 i 4). Aż 45% spośród stanowisk w siedliskach naturalnych znajdowało się na stokach i zboczach

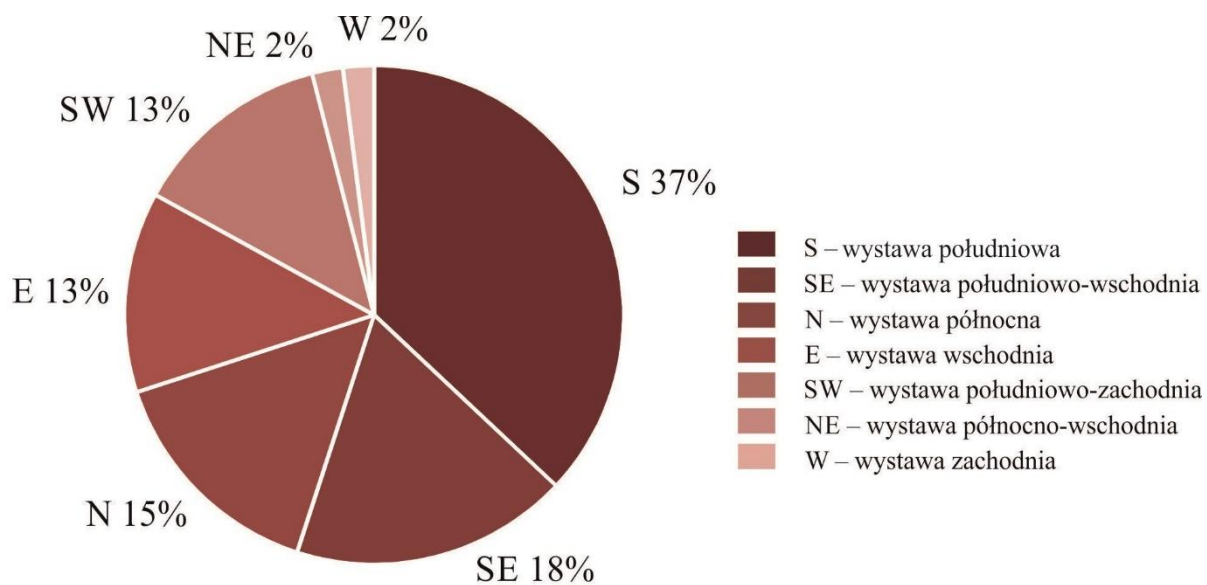
wzgórz oraz gór (NS). Jednak 55% stanowisk było zlokalizowanych w innych typach siedlisk, nawet bardzo odmiennych, jak np. tarasy rzeczne (NF), brzegi jezior (NL) oraz skarpy nadrzeczne (NE). Niemal połowa (48%) spośród stanowisk w siedliskach antropogenicznych znajdowała się w kamieniołomach, kopalniach i wyrobiskach (AQ). Pozostałe 52% przypadło na inne typy siedlisk, wśród których znaczny udział procentowy osiągały stanowiska zlokalizowane w rowach, na nasypach kolejowych i drogowych (AS) oraz na brzegach kanałów (AC). Grupowanie stanowisk według wystawy w stosunku do kierunków świata przedstawia rycina 5. Dominują stanowiska nasłonecznione (81%), w tym stanowiska o wystawie południowej, południowo-wschodniej, wschodniej i południowo-zachodniej. Pozostałe 19% przypada na stanowiska zacienione, w tym o wystawie północnej, północno-wschodniej i zachodniej. Podział stanowisk *C. vindobonensis* według rodzaju podłoża i szaty roślinnej przedstawiono na rycinach 6 i 7. Najczęściej gatunek ten dokumentowano na podłożu węglanowym (86% ogólnej liczby stanowisk), rzadziej na podłożu ewaporatowym i klastycznym. W większości stanowiska *C. vindobonensis* są porośnięte roślinnością trawiastą (PG) – stanowią one 54% wszystkich notowań, w tym 39% przypada na roślinność kserotermiczną (PG(X)).



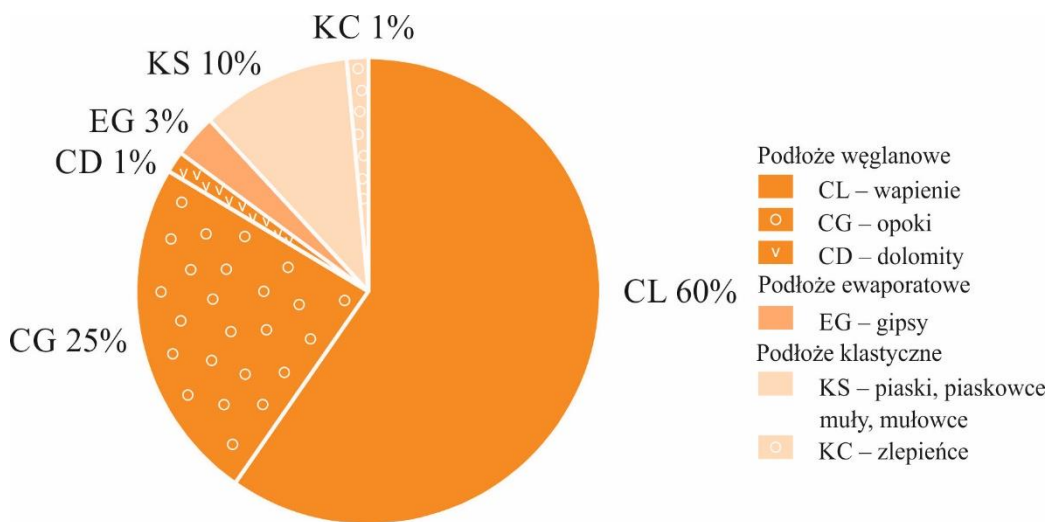
Ryc. 3. Podział siedlisk naturalnych *C. vindobonensis*



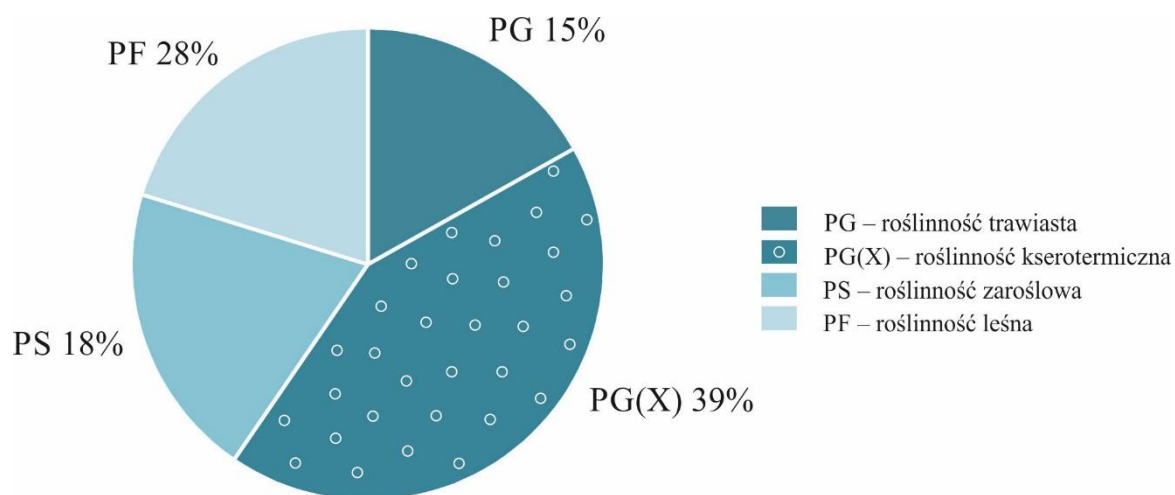
Ryc. 4. Podział siedlisk antropogenicznych *C. vindobonensis*



Ryc. 5. Podział siedlisk *C. vindobonensis* według wystawy względem stron świata



Ryc. 6. Podział siedlisk *C. vindobonensis* według rodzaju podłoża



Ryc. 7. Podział siedlisk *C. vindobonensis* według roślinności

1.3.3. Rozmieszczenie w Europie

Zasięg geograficzny *Caucasotachea vindobonensis* obejmuje południowo-wschodnią i centralną Europę (Ryc. 8). Gatunek występuje od północnego Kaukazu, poprzez Ukrainę, Białoruś, Mołdawię, Półwysep Bałkański aż do wschodniej Austrii, Czech i Polski (Welter-Schultes 2012). Notowany także na izolowanych stanowiskach w europejskiej części Rosji, na Łotwie i w zachodnich Niemczech. Poniżej zamieszczony opis uwzględnia podział zasięgu na 5 części: (1) wschodnią (europejska część Rosji, Ukraina, Białoruś, Łotwa, Mołdawia), (2)

północną (Polska), (3) zachodnią (Czechy, Niemcy, Austria, Słowenia, Włochy), (4) centralną (Słowacja, Węgry, Rumunia) i (5) południową (państwa bałkańskie). W opisie wykorzystano nazewnictwo regionalizacji fizycznogeograficznej Europy według Kondrackiego (1965, 1995, 1996, 1997).



Ryc. 8. Rozmieszczenie *Caucasothea vindobonensis* w Europie. Opracowanie własne na podstawie: Lisický 1991; Kutzenberger 1996; Pintér i Suara 2004; Sniegin 2005a; Welter-Schultes 2012; Dvořák i Hlaváč 2013.

(1) Wschodnia część zasięgu.

Wschodnia granica zasięgu *C. vindobonensis* przebiega przez europejską część Rosji. Gatunek występuje na Wyżynie Środkoworosyjskiej (w obwodzie orłowskim, gdzie sięga do miejscowości Orzeł, i w obwodzie biełgorodzkim) oraz na Przedkaukaziu (w Kraju Krasnodarskim i w Dagestanie) (Sniegin 2005b; Kurtajew i in. 2012). W obwodzie biełgorodzkim notowany w dolinach rzek Oskoł (w Rezerwacie Przyrody Stenki-Izgorja w okolicach Starego Oskoła) i Wałuj (w miejscowości Wałujki). Stwierdzony również wzdłuż rzek Worskła (między miejscowościami Gołowczino i Chotmyżsk) i Nieżegol (w

miejsowościach Nieżegol i Wozniesienowka, w pobliżu Pomnika Przyrody Biekarjukowskiej bor we wsi Małomichajłowka) oraz na obszarze chronionym Ostrasiewy Jary niedaleko wsi Sołochi (Sniegin 2005b, 2011; Sniegin i in. 2011). Rozproszone stanowiska znajdują się w obwodach: moskiewskim (w miejscowościach Trojce-Sielco i Łobnia), penzeńskim (w mieście Penza) i tambowskim (w miejscowościach Tambow i Inżawino) (Buławkina i Stojko 2007, 2009; Jegorow 2014). W Dagestanie podawany z obszarów położonych nad Jeziorem Ak-Gel w Machaczkałe oraz z okolic miejscowości Madżalis w rejonie kajtag skim (Magomiedowa i Arutjunowa 2014).

Na Ukrainie jest rozpowszechniony przede wszystkim na Polesiu, Wyżynie Wołyńsko-Podolskiej, Wyżynie Besarabskiej, Nizinie Czarnomorskiej, Półwyspie Krymskim, Nizinie Zadnieprzańskiej i Wyżynie Donieckiej (Bajdasznikow 1992; Swierłowa i in. 2000; Swierłowa 2001; Swierłowa i in. 2006; Gural-Swierłowa i Gural 2011). Na Polesiu występuje od obwodu wołyńskiego do obwodu sumskiego (m.in. w Łucku, nad rzeką Horyń w Bereźnem, nad rzeką Teterew w Żytomierzu oraz w Kijowie) (Kirpan i in. 2002; Gural-Swierłowa 2012; Gural-Swierłowa i Gural 2012). Stwierdzony również w białoruskiej części Polesia (Welter-Schultes 2012; Ziemogładczuk i Rabczuk 2014).

Na Wyżynie Wołyńsko-Podolskiej w południowo-zachodniej części Ukrainy notowany w miejscowościach obwodu lwowskiego (m.in. w Czerwonogrodzie, Rawie Ruskiej, Lwowie, Chomcu, Mikołajowie) (Swierłowa i Kirpan 2004; Swierłowa i Gural 2005; Swierłowa 2007; Gural-Swierłowa i Gural 2011, 2013). Podawany także ze stanowisk położonych w obwodzie iwanofrankińskim, m.in. w Haliczu, Iwano-Frankińsku i Kołomyi (Swierłowa 2007, 2008; Gural-Swierłowa i Gural 2012). Ponadto stwierdzony w obwodach: tarnopolskim (w Rezerwacie Przyrody Medobory koło Postołówki), chmielnickim (w miejscowościach Hrechany, Iwachniwci, Adamówka, Kamieniec Podolski, Kasztaniwka) i winnickim (w miejscowościach Kuryłówka i Samczyńce oraz Uljanivka w dolinie rzeki Murafa i Jampol w dolinie rzeki Rusawa) (Kirpan i in. 2002; Chłus i Swierłowa 2004; Chłus 2009; Gural-Swierłowa i Gural 2010; Bałaszow i Bajdasznikow 2012; Bałaszow i in. 2013). Za Karpatami notowany w obwodzie zakarpackim (w miejscowościach Użhorod i Pasika) (Gural-Swierłowa i Gural 2012; Magomiedowa i Arutjunowa 2014). Na Wyżynie Besarabskiej istnieją stanowiska w granicach obwodu czerniowieckiego m.in. w miejscowościach Czerniowce, Chocim (w dolinie Dniestru) i Komariw (Chłus 2009; Gural-Swierłowa i Gural 2014).

Na Nizinie Czarnomorskiej występuje w obwodach: odeskim (w Białogrodzie i Odessie oraz w północno-wschodnich rejonach ujścia Dniestru), mikołajowskim (w Mikołajowie), chersońskim (w Chersoniu i przy ujściu rzeki Ingulec do Dniepru) i zaporoskim (w Zaporozżu i Kamionce Dnieprowskiej oraz na wyspie Chortyca na Dnieprze) (Kramarienko i Swierłowa 2001; Kirpan i in. 2002; Swierłowa 2006; Kramarienko i in. 2007; Chłus 2010; Sniegin 2011; Gural-Swierłowa 2014). W południowej części Niziny Zadnieprzańskiej notowany w obwodzie dnepropietrowskim w miejscowościach Żółte Wody i Dniepropietrowsk (Swierłowa i in. 2006; Andrusiewicz 2013).

W południowo-wschodniej Ukrainie *C. vindobonensis* występuje na Wyżynie Donieckiej. Liczne stanowiska są zlokalizowane w obwodzie donieckim (m.in. w miejscowościach Swiatohirsk, Kramatorsk, Donieck, Dokuczajewsk, Samsonowe – w Rezerwacie Przyrody Chomutows'kyj step – i Starobeszewe) oraz w obwodzie ługańskim (m.in. w miejscowościach Wysznewe, Uljaniwka, Prowała – w Rezerwacie Przyrody Prowals'kyj step – i Swerdłowski) (Swierłowa i in. 2006; Gural-Swierłowa i Martinow 2007; Poliszczuk i in. 2009; Chłus 2010; Gural-Swierłowa i Gural 2012; Gural-Swierłowa i Martinow 2012; Gural-Swierłowa i in. 2012; Bałaszow 2013). Na północ od Ukrainy znane jest izolowane stanowisko w Rydze na Łotwie (Stalažs i in. 2008).

W Mołdawii podawany ze stanowisk położonych w rejonie Ocnia w północno-wschodniej części Wyżyny Besarabskiej. Ponadto stwierdzony nad rzekami Prut (między miejscowościami Duruitoarea Noua w rejonie Rîșcani i Nemțeni w rejonie Hîncești) i Ikel (w okolicach Kiszyniowa) (Begu i in. 2008; Begu 2011; Liogchii i in. 2011; Pelin i Coadă 2011; Liogchii i in. 2012; Coadă i Pelin 2013).

(2) Północna część zasięgu *C. vindobonensis* obejmuje obszar Polski (opis został zamieszczony w podrozdziale 1.3.1).

(3) Zachodnia część zasięgu.

W Czechach wyróżniono trzy główne obszary występowania *C. vindobonensis*:

- Pierwszy obszar obejmuje północno-zachodnią i środkową część kraju: fragment Podgórze Rudawskiego, Płyty Północnoczeskiej, Płyty Środkowoczeskiej, Wyżyny Środkowoczeskiej oraz Region Brdy. Obecność tego gatunku stwierdzono na obszarach chronionego krajobrazu Czeskie Średniogórze (w kraju usteckim) i Czeski Kras (w kraju środkowoczeskim i Pradze) (Ložek 1954, 1956a, 1974). W kraju środkowoczeskim notowano go w miejscowościach: Krivoklátsko, Mlčehvosty, Žehuň (Narodowy Pomnik Przyrody Žehuňský rybník), Kamýk nad Vltavou, Petrovice (Ložek 1956b, 1970, 1975;

Peltanová i Novák 2015). W Pradze obecny w rezerwatach przyrody Prokopské údolí i Radotínské údolí oraz w dzielnicy Zbraslav na lewym brzegu Wełtawy (Peltanová i Novák 2015). W kraju południowoczeskim wymienia się wysunięte na południe stanowisko we wsi Nerestce (Pech i Juříčková 2011). Na zachodzie Czech znane są dwa izolowane stanowiska w miejscowościach Mariánské Lázně w kraju karlowarskim i Štítary w kraju pilzneńskim (Dvořák i Hlaváč 2013).

- Drugi obszar występowania *C. vindobonensis* znajduje się w północnych Czechach i obejmuje fragment Płyty Wschodnioczeskiej i Sudetów Środkowych. Gatunek ten jest podawany z miejscowości: Opočno (w kraju hradeckim), Choceň (z rezerwatów przyrody Peliny i Hemže-Mýtkov) i Litomyšl (w kraju pardubickim) (Ložek 1956a; Juříčková i in. 2006; Myšák 2009; Dvořák i Hlaváč 2013).
- Trzeci obszar zlokalizowany we wschodnich Czechach obejmuje część Masywu Czesko-Morawskiego, Wyżyny Brneńskiej, Podkarpacia Zachodniego i Zewnętrznych Karpat Zachodnich. Stwierdzono liczne stanowiska w krajach: ołomunieckim w miejscowościach Mohelnice (w Rezerwacie Przyrody Moravičanské jezero), Olomouc (nieдалеко Pomnika Przyrody Geologické varhany), Plumlov, Radvanice i Kojetín; zlińskim w miejscowościach Chropyně, Vizovice, Strání, Roštín oraz południowomorawskim w miejscowościach Jedovnice, Nová Lhota, Valtice i Štítary (Dvořáková i in. 2011; Dvořák i Hlaváč 2013; Peltanová i Novák 2015). Spotykany również w krajach południowomorawskim i zlińskim (na obszarach chronionego krajobrazu Moravský kras i Bílé Karpaty) (Dvořáková i in. 2011; Peltanová i Novák 2015).

W Niemczech występuje na izolowanym stanowisku w Pasawie w Lasie Bawarskim (Frank 1992, 2000).

W Austrii znane są stanowiska w granicach Krainy Szumawskiej, Kotliny Zachodniopanońskiej, Przedgórze Austriackiego, Zewnętrznych Alp Wschodnich i Centralnych Alp Wschodnich (Kutzenberger 1996). W Górnej Austrii stwierdzony w miejscowościach: Linz, Neuzeug i Steyr (w Rezerwacie Przyrody Staninger Leiten) (Paget 1962; Thaler 1967; Seidl 2000). Znany jest także ze stanowisk zlokalizowanych w dolinach rzek: Dunaj, Traun, Steyr i Aniza (Kutzenberger 1996, 2008). W Dolnej Austrii i Wiedniu obecny na obszarze parków narodowych Thayatal i Donau-Auen oraz w Lesie Wiedeńskim (Tröstl 1999; Fischer 2002; Reischütz 2008; Duda i Sattmann 2010; Fischer 2011). Występuje tam również w dolinach Dunaju, Morawy i Litawy (Kutzenberger 1996;

Wittmann i Gundacker 1999). W Styrii notowany m.in. w miastach: Kindberg, Graz, Leibnitz, Riegersburg, Voitsberg oraz w dolinie rzeki Mury (Frank 1975; Klemm 1976; Kutzenberger 1996; Frank 1997). W Karyntii spotykany przede wszystkim wzdłuż Drawy (Kutzenberger 1996).

W Słowenii wymieniany z centralnej i zachodniej części kraju (Šmarna gora w Lublanie, Park Regionalny Jaskinie Szkocjańskie na płaskowyżu Kras) (Bole 1977; Slapnik 2005). We Włoszech zajmuje wschodnią część Niziny Padańskiej, gdzie sięga do rzek Isonzo i Tagliamento (stanowiska w miejscowościach Monfalcone i Bibione w regionie Friuli-Wenecja Julijska) (Sacchi 1984, 1985).

(4) Centralna część zasięgu.

Na północy i północnym zachodzie Słowacji *C. vindobonensis* występuje w Beskidzie Sądeckim, Białych Karpatach (przede wszystkim w dolinie rzeki Wag) i Małych Karpatach (w Rezerwacie Przyrody Šúr oraz w okolicach wzgórza Devínska Kobyla) (Šteffek 1985; Lisický 1991; Bába 2004; Šteffek 2005; Čejka i Dvořák 2007; Holienková i Čačaný 2014). Liczne stanowiska wymienia się z Niziny Naddunajskiej z dolin rzek: Morawa, Dunaj, Mały Dunaj, Wag i Nitra (Lisický 1991; Šteffek 1997; Čejka 2005; Kalivodová i in. 2006). Nad Dunajem gatunek stwierdzony został w Bratysławie (w kraju bratysławskim), Gabčíkovie na Obszarze Chronionego Krajobrazu Dunajské luhy (w kraju trnawskim) i Čičovie (w kraju nitrańskim) (Dvořák i Čejka 2004; Čejka i in. 2008; Čejka i Hamerlík 2009; Čejka i in. 2012). W centralnej części Słowacji obecny na Średniogórzu Słowackim, Obniżeniu Południowosłowackim (w dolinach rzek Hron, Ipola i Hornad) oraz w Rudawach Słowackich (na obszarze Krasu Słowacko-Węgierskiego i w dolinie rzeki Muráň) (Lisický 1991; Šteffek 2000; Šteffek i in. 2005, 2008; Čačaný 2008). Na wschodzie kraju występuje przede wszystkim na Nizinie Wschodniosłowackiej (nad rzekami Ondava, Topl'a, Laborec i Cisa) (Lisický 1991; Šteffek 2007).

Na Węgrzech powszechny na Średniogórzu Północnowęgierskim (w pasmach górskich Börzöny, Mátra, Czerhat i Góry Bukowe) (Varga 1977, 2000; Pintér i Suara 2004; Farkas 2005, 2008, 2009; Sólymos i in. 2009). Na Małej Nizinie Węgierskiej stwierdzony w obrębie komitatu Győr-Moson-Sopron w miejscowościach położonych w dolinach rzek: Dunaj (Rajka, Dunakiliti, Ásványráró), Masoni-Duna (Feketeerdő, Dunaszentpál, Győr), Raba (Rábaszentmihály, Bodonhely, Árpás) i Marcal (Koroncó, Mórachida) (Pintér i Suara 2004). Na Średniogórzu Zadunajskim obecny w górach: Zakola Dunaju, Wertesz i Las Bakoński (Pintér i Suara 2004; Páll-Gergely 2006). Notowany na wielu stanowiskach nad Jeziorem

Balaton (Domokos 2004; Pintér i Suara 2004; Páll-Gergely 2006). Na Wysoczyznach Zadunajskich i Równinie Mezőföld wymieniany z miejscowości: Samogyfajsz, Kaposvár (w komitacie Somogy) i Paks (w komitacie Tolna) oraz z okolic Jeziora Velencei-tó (w komitacie Fejér) (Christl i in. 2003; Pintér i Suara 2004). W południowej części Kraju Zadunajskiego występuje w Górach Baranya (stwierdzony w miejscowościach Komló, Pécs i Siklós w komitacie Baranya) (Sólymos 2000; Pintér i Suara 2004). Na Wielkiej Nizinie Węgierskiej opisywany ze stanowisk zlokalizowanych w dolinach rzek: Drawa (w miejscowości Vejtí w komitacie Pécs), Dunaj (w miejscowościach Dunaújváros, Baja i Hóduna w komitacie Bács-Kiskun oraz w Budapeszcie) i Cisa (w miejscowościach Tokaj i Tiszadob w komitacie Szabolcs-Szatmár-Berg, Kőtelek i Szolnok w komitacie Jász-Nagykun-Szolnok oraz Algyő w komitacie Csongrád) (Bába 1988, 1998; Pintér i Suara 2004; Bába 2006a, 2006b). Ponadto stwierdzony w dolinach rzek Szamos i Keresz (Deli i in. 1995; Domokos 1996, 2001; Pintér i Suara 2004).

W Rumunii rozpowszechniony w Wewnętrznych Karpatach Wschodnich, Karpatach Południowych, Górach Zachodniorumuńskich, na Wyżynie Transylwańskiej i Równinach Południoworumuńskich (Dvořák 2002; Amza i in. 2011). Notowany m.in. w Karpatach Marmaroskich (w Parku Natury Góry Marmaroskie), Górach Banackich (w dolinie rzeki Temesz między miejscowościami Bucsoșița i Teregova w okręgu Caraș-Severin), Górach Kereszu (w miejscowościach Soimi, Borz i Criștioru de Jos w okręgu Bihor) i Górach Maruszy (w mieście Lipova w dolinie rzeki Marusza w okręgu Arad) (Bába i Kondorossy 1995; Popa i in. 2006; Domokos i Lennert 2007; Gheoca i in. 2008; Gheoca 2013). W centralnej części kraju występuje przede wszystkim na Równinie Transylwańskiej (w dolinie rzeki Târnava Mică między miejscowościami Sovata i Târnăveni w okręgu Marusza), w Dolinie Maruszy (wzdłuż rzek Târnava Mică i Marusza, m.in. w miejscowościach Blaj i Alba Iulia w okręgu Alba), w Kotlinie Fogaraskiej (w dolinie rzeki Aluta między miejscowościami Dridif w okręgu Braszów i Avrig w okręgu Sybin) (Gheoca 2005, 2009). Na południu kraju obecny w dolinie Dunaju. Notowany od okolic miasta Moldova Nouă (w okręgu Caraș-Severin), przez Celefat (w okręgu Dolj) i Oltenița (w okręgu Călărași), aż do delty Dunaju (Dvořák 2002; Popa 2005; Dobrin i in. 2013).

(5) Południowa część zasięgu obejmuje Półwysep Bałkański.

W Chorwacji *C. vindobonensis* występuje w dolinach rzek Drawa (między miejscowościami Legrad w żupanii kopriwnicko-križewczyńskiej i Detkovac w żupanii virowiticko-podrawskiej) i Dunaj (w okolicach miejscowości Batina w żupanii osijecko-barańskiej) (Héra

i Uherkovich 2008; Uherkovich i in. 2008). Gatunek stwierdzono również w pasmach górskich Medvenica (w okolicach Zagrzebia w żupanii zagrzebskiej) i Welebit (w dolinie rzeki Lika w okolicach miasta Gospić w żupanii licko-seńskiej) (Jones 1974; Štamol 1989, 1991). Puste muszle tego gatunku znaleziono na wyspie Dugi otok (Štamol i Kletečki 2005).

W północnej Serbii *C. vindobonensis* występuje w paśmie górskim Fruška gora (w miejscowościach Beočin i Petrovaradin w okręgu południowobackim oraz Sremska Kamenica i Neradin w okręgu sremskim) (Sólymos i in. 2004; Karaman 2012). W południowo-zachodniej części kraju stwierdzony u podnóża gór Berkovska Planina i Suva Planina (w miejscowościach Krupac i Babušnica w okręgu pirockim) (Simič i in. 2012).

W Czarnogórze wymieniany z Parku Regionalnego Piva położonego w gminie Plužine przy granicy z Bośnią i Hercegowiną (Zavod za zaštitu prirode Crne Gore 2011). Ponadto na zachodzie Czarnogóry notowany w Parku Regionalnym Komovi położonym w gminach: Andrijević i Podgorica (Zavod za zaštitu prirode Crne Gore 2013).

Na obszarze zachodniej Albanii występuje w okolicach Jeziora Szkodreskiego w okręgu Szkodra oraz na obszarze położonym między deltą rzeki Wjosa i Laguną Narta w okręgu Wlora (Dhora 2002; Miho i in. 2013).

W Macedonii stwierdzony w gminach Skopje i Sztip wzdłuż dolin rzek: Treska, Wardar i Bregalnica. Obecny także w okolicach jezior: Ochrydzkiego (w gminie Ochryda), Prespa (w gminie Resen) oraz Dojran (w gminie Dojran) (Ministry of Environment and Physical Planning 2003).

W Bułgarii notowany w dolinie Dunaju (w Rezerwacie Przyrody Srebyrna w obwodzie Silistra) (Dedov i Antonova 2015) oraz w pasmach górskich Stara Planina i Sredna Gora, gdzie występuje w granicach obwodów: Gabrovo (w Centralnym Bałkańskim Parku Narodowym), Sliwen (w miejscowości Kotel), Pazardżik (w mieście Panagjurište) i Płowdiw (w miejscowościach Krăstevič i Hisarja) (Georgiev i Stoycheva 2007; Hubenov 2007; Georgiev i Stoycheva 2009). W zachodniej części Bułgarii zajmuje obszary Masywu Witosza położonego na obrzeżach Sofii (Penev i in. 2008). Na południu kraju zasięg *C. vindobonensis* obejmuje pasma górskie Piryn (obszar Parku Narodowego Piryn) i Rodopy (przede wszystkim doliny rzek uchodzących do rzeki Maricy i obszar obwodu Chaskovo) oraz Masyw Sakar (Irikov i Dedov 2004; Georgiev 2005; Irikov i Mollov 2006; Hubenov 2007; Georgiev i Stoycheva 2013).

W Grecji występuje w regionie Macedonia-Tracja w okolicach miejscowości Koufovouno i Drama (Reischütz 1988). Ponadto notowany w Rodopach (w

miejsowościach Echinós i Kentavros), wzdłuż rzek: Struma (w okolicach Jeziora Kerkini), Gallikos (nieдалeko Salonik) i Wardar (w miejscowości Aksiós) oraz w pobliżu miasta Edessa (Staikou 1998, 1999; Apostolidou i Staikou 2007). Najdalej na południe sięga do regionu Tesalia-Grecja Środkowa (Frank 1988).

W Turcji (od strony Bułgarii i Grecji) sięga do Sztambułu (Schütt 1993, 2001).

1.4. Dyskusja

Od XIX wieku rozmieszczenie *Caucasotachea vindobonensis* w Polsce jest przedmiotem studiów wielu badaczy. Od tego czasu wykazano około 200 lokalizacji tego gatunku w kraju (zał. 1). W XX i XXI wieku powstały mapy zasięgu *C. vindobonensis* w Polsce (Poliński 1912, 1924; Romer 1934; Wiktor 2004). Na ich podstawie przyjmuje się, że zasięg ciągły *C. vindobonensis* obejmuje przede wszystkim pas wyżyn, natomiast zasięg wyspowy – doliny rzeczne pojezierzy i nizin w centralnej i północno-zachodniej części kraju (Ryc. 2).

Zasięg ciągły i wyspowy *C. vindobonensis* w Polsce znajduje się w strefie klimatu określanego jako umiarkowany o cechach przejściowych. Średnia roczna temperatura w regionach zajmowanych przez ten gatunek wynosi ok. 7°C, a średnia roczna suma opadów ok. 600 mm. Zasięg ciągły zachodzi na regiony najcieplejsze, czyli Nizinę Śląską i Kotlinę Sandomierską. Nieliczne stanowiska tego gatunku lub ich całkowity brak jest typowy dla regionów górskich oraz północno-wschodnich uznawanych za najchłodniejsze. Zasięg wyspowy *C. vindobonensis* na nizinach związany jest z klimatem względnie cieplejszym w porównaniu z wyżynami, przede wszystkim w związku z niższym położeniem terenu (Richling i Ostaszewska 2005).

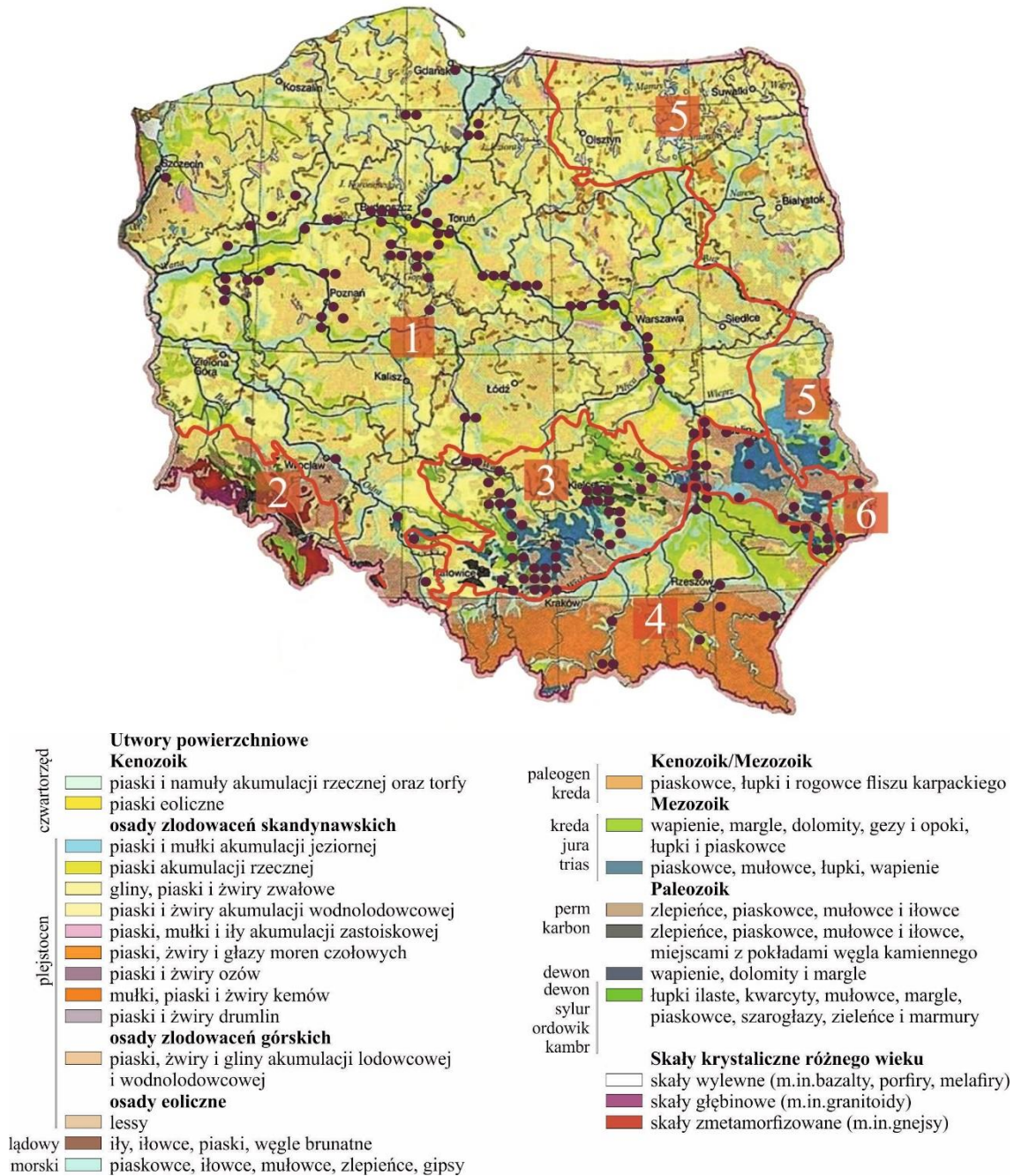
C. vindobonensis opisano jako „kserofilny gatunek stepowy, występujący w siedliskach suchych i nasłonecznionych, na skalistych stokach o ekspozycji południowej, zwłaszcza na obszarach krasowych, także na hałdach”, „kserofilny gatunek żyjący na suchym podłożu w siedliskach kserotermicznych”, „gatunek występujący na wysokości 400–700 m n.p.m.” oraz „gatunek indyferentny” (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). Powyższe określenia wskazują, że dogodne dla *C. vindobonensis* siedliska to suche, ciepłe, dobrze nasłonecznione, naturalne (rzadziej antropogeniczne) skaliste stoki, położone na wysokości dochodzącej do 700 m n.p.m., porośnięte roślinnością kserotermiczną i zbudowane z utworów zasobnych w wapń, czyli przede wszystkim z wapieni, dolomitów, margli oraz gipsów często ulegających

krasowieniu (Ryc. 3–7). Określenie „gatunek indyferentny” podkreśla szeroki zakres tolerancji *C. vindobonensis* w stosunku do podłoża.

Charakterystyka siedlisk *C. vindobonensis* oraz prezentowane poniżej odwzorowania kartograficzne wskazują na powiązanie występowania tego gatunku z rozmieszczeniem utworów zasobnych w węglan lub siarczan wapnia oraz muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* (Ryc. 6, 7, 9 i 10). Potwierdza to, że siedliska kserotermiczne zasobne w wapń stwarzają warunki sprzyjające występowaniu *C. vindobonensis*.

Murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* to ciepłolubne zbiorowiska trawiaste o charakterze stepowym. Określane są jako „kalcyfilne”, czyli zależne od zawartości wapnia w podłożu. Najczęściej rozwijają się na pararędzinach, rędzinach i czarnoziemach wykształconych przede wszystkim na podłożu skał węglanowych (wapienie, margle, dolomity, kreda), węglanowo-krzemionkowych (gezy, opoki), ewaporatowych (gipsy) i klastycznych (lessy) (Richling i Ostaszewska 2005; Łuszczczyńska 2010). Na takim podłożu notuje się także obecność *C. vindobonensis* (Ryc. 6). Murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* są charakterystyczne dla południowo-wschodniej i północno-zachodniej Polski. W tych częściach kraju szczególnie widoczne jest zachodzenie na siebie obszarów występowania utworów zasobnych w wapń i wykształconych na tym podłożu muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* oraz stanowisk *C. vindobonensis* (Ryc. 10).

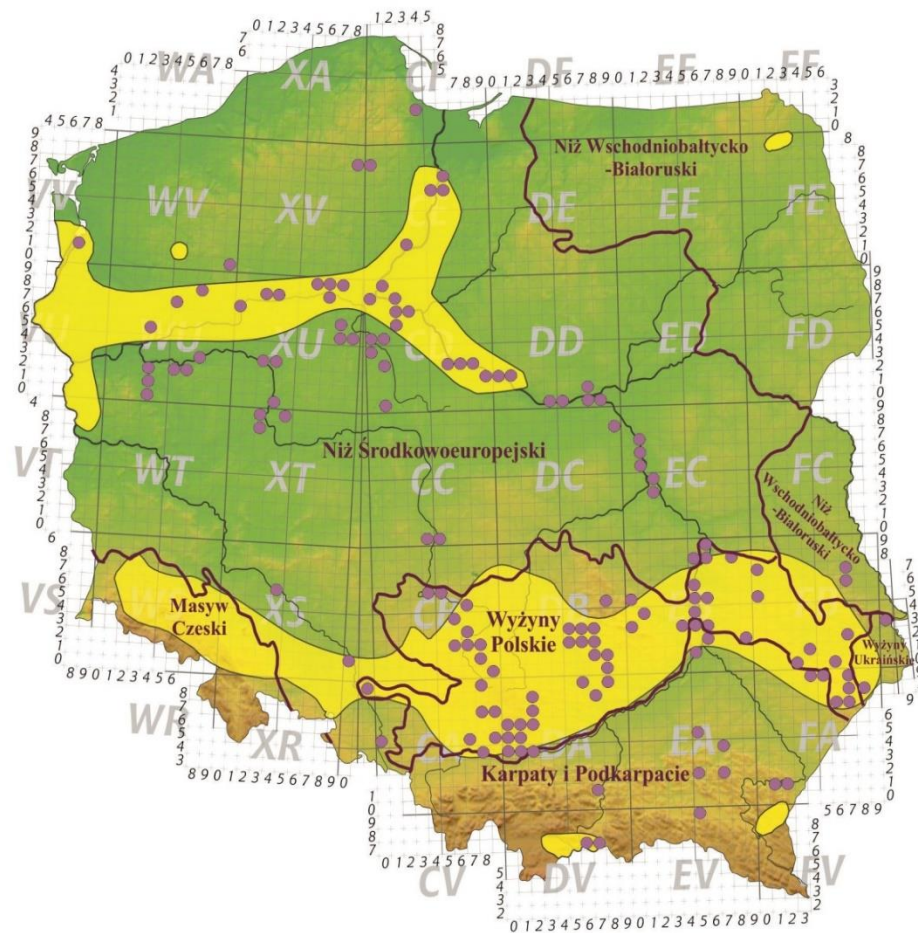
Murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* występują przede wszystkim na Wyżynie Lubelskiej, Rostoczu, Wyżynie Kieleckiej, Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, w Niece Nidziańskiej, na Nizinie Śląskiej, Przedgórzu Sudeckim oraz w Sudetach Środkowych. Ponadto obecne są w dolinach Wisły, Odry i Noteci, gdzie lokalnie podłoże wyróżnia się podwyższoną zawartością wapnia (Perzanowska i Kujawa-Pawlaczyk 2000; Heise 2010; Paul 2010). Te lokalne koncentracje wapnia w utworach skalnych pomagają wyjaśnić występowanie *C. vindobonensis* poza regionami wyżynnymi. Murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* zajmują siedliska o szczególnych warunkach mikroklimatycznych, takich jak wysokie temperatury gleby i powietrza, mała wilgotność oraz duże nasłonecznienie. Najczęściej występują na zboczach wzgórz, wąwozów i dolin rzecznych o wystawie południowej lub zachodniej, rzadziej wschodniej (Heise 2010; Łuszczczyńska 2010; Maciejczak 2010; Rutkowski 2010; Trąba 2010). Spotykane są także m.in. na eksponowanych najczęściej ku południowi antropogenicznych zboczach nasypów, wykopów lub hałd. Są to zarazem siedliska na których notowano *C. vindobonensis* (Barga-Więcławska 1997; zał. 2).



Ryc. 9. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* na tle mapy geologicznej zakrytej Polski. Podprowince fizycznogeograficzne: 1 – Niż Środkowoeuropejski, 2 – Masyw Czeski, 3 – Wyżyny Polskie, 4 – Karpaty i Podkarpacie, 5 – Niż Wschodniobałtycko-Białoruski, 6 – Wyżyny Ukraińskie (Kondracki 2014).

Należy wspomnieć, że murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* w dużej mierze są związane z gospodarczą działalnością człowieka. Istotne znaczenie dla rozprzestrzenienia tego typu roślinności miał proces wylesiania, prowadzony na glebach przydatnych w rolnictwie, zasobnych w węglan wapnia oraz dalsza, długotrwała gospodarka rolna i pasterska

(np. koszenie, wypasanie) (Czarnecka 2010; Paul 2010). Powstawanie otwartych siedlisk o charakterze stepowym sprzyjało rozprzestrzenianiu się *C. vindobonensis* (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2010b). Do powstania odpowiednich siedlisk dla roślinności kserotermicznej przyczyniła się również eksploatacja skał, m.in. wapieni, opok i gipsów. Na skalistych stokach nieczynnych kamieniołomów i wyrobisk, przede wszystkim o ekspozycji południowej, południowo-zachodniej i wschodniej, murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* znalazły odpowiednie warunki rozwoju (Maciejczak 2010). W efekcie miejsca te stopniowo stawały się siedliskami dla *C. vindobonensis* (Barga-Więćławska 1997).



Ryc. 10. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* na tle zasięgów muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* (kolor żółty) w Polsce. Opracowanie własne na tle mapy występowania muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* (Perzanowska i Kujawa-Pawlaczyk 2000).

Istotne znaczenie dla rozprzestrzenienia się muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* w Polsce miał także rozwój niektórych linii kolejowych, przy których budowie wykorzystywano skały węglanowe. Nasypy i skarpy utworzyły szlaki umożliwiające rozprzestrzenienie się roślinności kserotermicznej w towarzystwie roślinności ruderalnej. Te

same drogi rozprzestrzeniania wykorzystują także ślimaki lądowe, w tym *C. vindobonensis* (Gańko 2005). Przykładem jest XIX-wieczna linia kolejowa Bydgoszcz–Berlin poprowadzona wzdłuż Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Podczas jej budowy wykonano nasypy kolejowe oraz dokonano ścięcia skarp pradoliny, odsłaniając utwory zasobne w węglan wapnia. Do dnia dzisiejszego na skarpach wykonanych w tym regionie notuje się liczne gatunki kserotermiczne (Heise 2010) oraz stwierdza obecność *C. vindobonensis* (obserwacje własne). Ograniczenie, a nawet zaprzestanie użytkowania muraw kserotermicznych w wielu regionach Polski przyczynia się do utraty ich pierwotnego charakteru. Widoczne tam naturalne przemiany sukcesyjne powodują ich stopniowe przekształcanie w zbiorowiska zaroślowe, a następnie leśne (Czarnecka 2010; Heise 2010; Prajs 2010; Waldon i Rapacka-Gackowska 2010). Może to wpłynąć na zmianę zagęszczenia omawianego gatunku, a w konsekwencji jego wycofanie się z wielu stanowisk.

C. vindobonensis występuje przede wszystkim w południowo-wschodniej Polsce, czyli w obrębie największego obszaru występowania muraw kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea* i utworów zasobnych w wapń. Stanowiska tego gatunku położone w dolinach rzecznych w centralnej i północno-zachodniej Polsce, czyli poza zasięgiem ciągłym, stanowią pewne geograficzne odstępstwo od tej zasady. Występowanie *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych w tych częściach Polski można tłumaczyć wspomnianą wyżej lokalną obecnością siedlisk o podłożu węglanowym z murawami kserotermicznymi z klasy *Festuco-Brometea*, zachowanymi najczęściej w postaci niewielkich płatów (Perzanowska i Kujawa-Pawlaczyk 2000). Stanowiska gatunku w takich siedliskach są notowane zwłaszcza w dolnym biegu Wisły oraz wzdłuż doliny Noteci.

Innym odstępstwem, tym razem siedliskowym, jest występowanie *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych, przede wszystkim Wisły, Warty i Noteci, na zacienionych i wilgotnych tarasach lub równiach zalewowych z niską zawartością wapnia w podłożu (Mierzwa 2010c). Siedliska te najczęściej są porośnięte nadrzecznymi łąkami wierzbowymi z zespołu *Salicetum albo-fragilis* i topolowymi z zespołu *Populetum albae* z warstwą krzewów i runem ziołoroślowym. Łęgi wierzbowe dominują na młodych piaszczystych utworach aluwialnych, natomiast łągi topolowe na utworach starszych, sporadycznie zalewanych. Miejscami mogą na tych siedliskach występować nadrzeczne zarośla wierzbowe, murawy piaszkowe oraz zarośla nawłoci (Mierzwa 2009a; Kołaczkowska 2010; Kowalska 2012). Występowanie *C. vindobonensis* w odmiennym typie siedlisk jest szczególnie interesujące poza obszarami zasięgu ciągłego, gdzie dominuje także inny rodzaj podłoża.

Najważniejszym czynnikiem determinującym istnienie wyżej wspomnianych odstępstw jest transport *C. vindobonensis* drogą wodną (Mierzwa-Szymkowiak i Szymkowiak 2011). Naturalny proces redepozycji polega na przemieszczaniu materiału z punktu A do B. Decydujące w tym procesie są zjawiska warunkujące uruchomienie, transport i depozycję materiału (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). W przypadku *C. vindobonensis* redepozycja jest związana z procesami erozji środowisk wyżynnych rozcinanych przez ciekłi wodne (Mierzwa 2009a, 2010c).

Największy udział w redepozycji zarówno pustych muszli, jak i żywych osobników *C. vindobonensis* mają rzeki w czasie okresowych wezbrań i powodzi (Poliński i Demel 1921; Jankowski 1933; Drozdowski 1980; Mierzwa 2008b, 2010b, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a). W zależności od energii przepływu materiał jest transportowany na mniejszą lub większą odległość. Skala procesu zależy również od morfologii doliny rzecznej i porastającej ją roślinności (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). W czasie opadania poziomu wód po wezbraniach stopniowo następuje depozycja przeniesionego materiału. Muszle i żywe osobniki mogą być gromadzone na tarasach zalewowych, równiach zalewowych, skarpach, odsypach, stożkach napływowych, ale także w zakolach i meandrach. Ilość deponowanego materiału zależy od kształtu i przebiegu koryta, usytuowania nurtu, wysokości i szerokości wcześniej powstałych tarasów zalewowych, wykształcenia wałów brzegowych, łach meandrowych, a także od obecności antropogenicznych przegród, takich jak podpory mostowe, obmurowania, ostrogi i nagromadzenia bloków skalnych (Čejka i in. 2008; Ilg i in. 2009; Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). W wyniku procesu redepozycji osobniki tego gatunku mogą zostać przeniesione poza tereny zasięgu ciągłego do całkowicie odmiennych siedlisk (Mierzwa 2010c).

Przemieszczanie żywych osobników *C. vindobonensis* może odbywać się również na stokach w wyniku oddziaływania opadów atmosferycznych. Głównym czynnikiem transportu w tym przypadku są tworzące się spływy błotne lub rumoszowo-błotne. Intensywność spłukiwania jest uzależniona przede wszystkim od intensywności opadów, rodzaju i zagęszczenia szaty roślinnej, nachylenia i długości stoków oraz budowy geologicznej podłoża. Spłukiwany materiał jest odkładany m.in. u podnóży lub w dolnych partiach stoków (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). Redepozycja w takich środowiskach powoduje przenoszenie materiału na stosunkowo niewielkie odległości w porównaniu do uprzednio omówionych środowisk rzecznych. Jednak mogą zaistnieć dalsze konsekwencje tego procesu, szczególnie w przełomach rzek (Małopolski Przełom Wisły, przełom Warty), gdzie osobniki

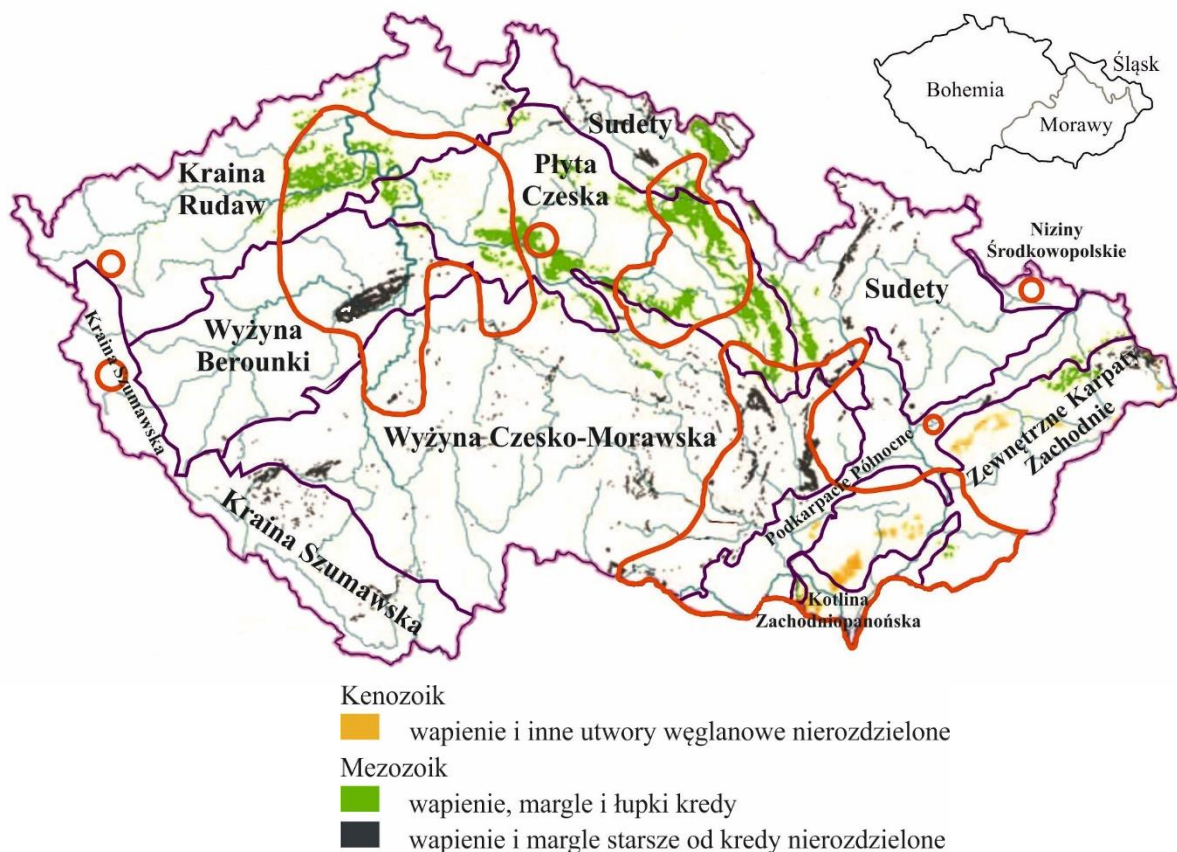
C. vindobonensis zgromadzone u podnóży skalnych stoków mogą zostać zabrane i przeniesione podczas wysokich stanów wód na tereny w dolnych biegach rzek. Taką sytuację obserwuje się na przykład na stokach skalnych leżących w bezpośrednim sąsiedztwie tarasów erozyjno-akumulacyjnych w okolicach Janowca i Nasiłowa, które są okresowo zalewane przez Wisłę (Mierzwa 2010c).

Do rozprzestrzenienia *C. vindobonensis* przyczynia się także działalność człowieka – zarówno w obrębie zasięgu ciągłego, jak i poza nim – i stanowi swego rodzaju uzupełnienie procesu redepozycji. Na uwagę zasługują przemiany, w wyniku których intensywnemu przekształceniu ulegają naturalne środowiska. Polegają one przede wszystkim na powiększaniu powierzchni terenów otwartych (np. w wyniku wylesiania) (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2010b). Intensyfikacja eksploatacji surowców skalnych, wielkopowierzchniowe prace budowlane i inżynierskie, czy budowy szlaków komunikacyjnych to tylko niektóre przykłady działań, przy których wraz z materiałem budowlanym może zostać przetransportowany ten gatunek, zarówno drogą lądową, jak i wodną. Rozprzestrzenianiu *C. vindobonensis* może też sprzyjać powstawanie sztucznych siedlisk, jak ruiny zamków, opuszczone cmentarze, nasypy drogowe i kolejowe, hałdy pokopalniane czy skarpy nieczynnych kamieniołomów (Barga-Więcławska 1997; Gańko 2005; Mierzwa 2009a; Paul 2010; Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011). Niewykluczone jest także rozprzestrzenianie się tego gatunku w wyniku przenoszenia przez zwierzęta, zwłaszcza ptaki (Mierzwa 2009a).

Rozmieszczenie *C. vindobonensis* w innych częściach Europy potwierdza powiązania tego gatunku z podłożem zasobnym w wapń i z roślinnością o charakterze stepowym. Analogie można zauważyć np. w Czechach.

Zasięg *C. vindobonensis* w Czechach obejmuje głównie regiony nizinne i wyżynne. Znajduje się on w strefie klimatu określanego jako umiarkowany o cechach przejściowych. Średnia roczna temperatura w regionach zajmowanych przez ten gatunek wynosi tam 8–9,5°C (najwyższa w Pradze i Hodoninie), a średnia roczna suma opadów jest notowana na poziomie 400–600 mm (Chytrý 2012).

C. vindobonensis występuje w Czechach na obszarach węglanowych północnej, centralnej i wschodniej Bohemii oraz centralnych i południowych Moraw, w tym na obszarach krasowych takich jak kras Bohemii, Morawski Kras i Wzgórza Pawłowskie (Ryc. 11).



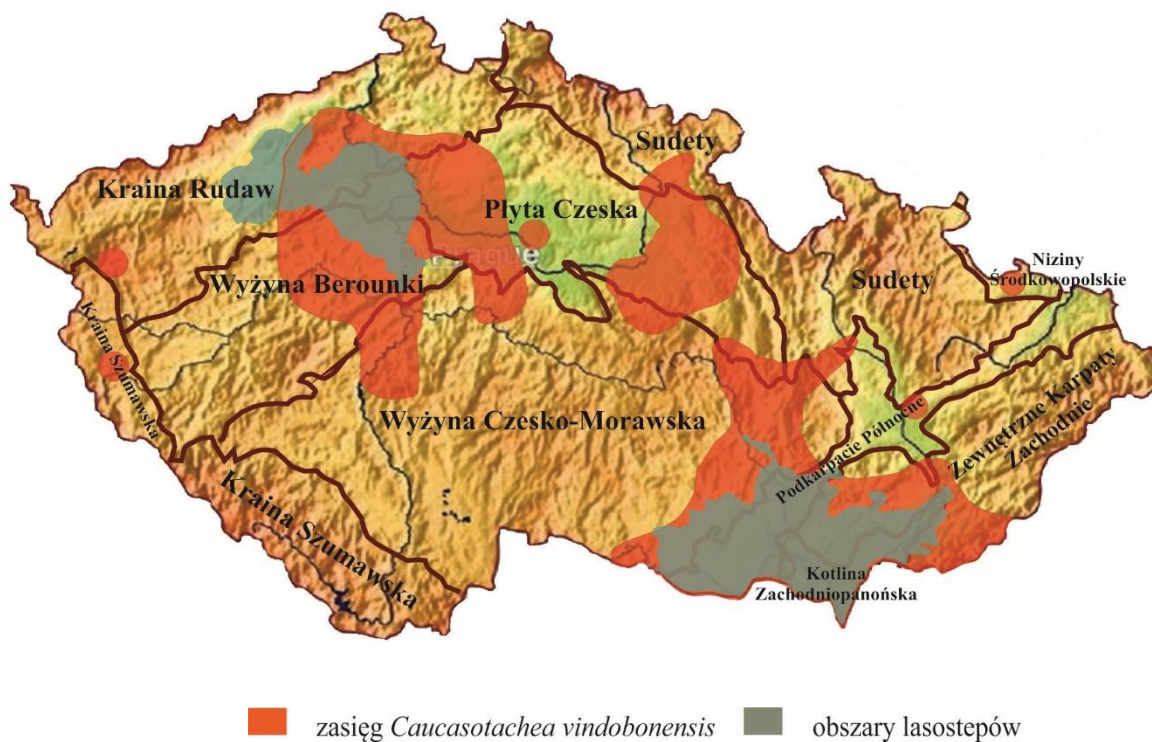
Ryc. 11. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* (obszary obwiedzione czerwoną linią) na tle utworów węglanowych w Czechach. Opracowanie własne na tle mapy występowania utworów węglanowych w Czechach (Chytrý 2012). Zaznaczono podprovincje fizycznogeograficzne według Kondrackiego (2014).

W północnej i centralnej Bohemii oraz w południowych Morawach występuje roślinność o charakterze lasostepów. Rozwija się ona najczęściej na rędzinach i czarnoziemach wykształconych na różnowiekowych wapieniach (Chytrý 2012). Podobnie jak roślinność stepowa występująca na terenie Polski, lasostepy w Czechach są również związane z działalnością człowieka. Obecnie zajmują one niewielką powierzchnię i są stopniowo wypierane przez lasy mieszane (Chytrý 2012). Zasięg *C. vindobonensis* pokrywa się z obszarami węglanowymi w dużej mierze zajmowanymi przez ten typ roślinności (Ryc. 12) (Ložek 1956b; Juříčková i Kučera 2005; Dvořáková i in. 2011; Pech i Juříčková 2011).

Lasostepy Bohemii i Moraw stanowią mozaikę lasów, zarośli i muraw. *C. vindobonensis* występuje tam głównie wśród bezleśnej roślinności stepowej czyli zarośli i muraw (Ložek 1956b; Pech i Juříčková 2011). Zasięg tego gatunku obejmuje m.in. zarośla stepowe zaliczane do związków zespołów *Prunion fruticosae*, *Berberidion vulgaris* oraz *Aegopodio podagrariae-Sambucion nigrae*. Zarośla te występują na skalistych stokach, nieużytkach, skrajach lasów i gruntów ornych. Na terenach otwartych występują przede wszystkim murawy kserotermiczne

ze związku *Bromion erecti* (klasa *Festuco-Brometea*) oraz murawy o charakterze stepowym ze związku *Festuco-Stipion* (Chytrý 2012; Dvořák i Hlaváč 2013).

Obszary zajmowane przez *C. vindobonensis* są erozyjnie rozcinane przez rzeki, takie jak Łaba, Wełtawa, Berounka, Ochrza i Morawa. W nizinnych odcinkach tych rzek dominują lasy łąkowe, murawy szczotlichowe ze związku *Corynephorion canescentis* oraz murawy piaskowe ze związku *Armerion elongatae* (Chytrý 2012). Przemieszczanie się *C. vindobonensis* drogą wodną opisane dla populacji żyjących w Polsce sprzyja zajmowaniu terenów położonych w dolinach rzecznych (Ložek 1956a, 1956b; Dvořák i Hlaváč 2013). Stanowiska na takich terenach mają odmienny typ podłoża i roślinności w porównaniu ze stanowiskami na podłożu węglanowym z roślinnością kserotermiczną.



Ryc. 12. Rozmieszczenie *C. vindobonensis* na tle zasięgów lasostepów (kolor szary) w Czechach. Opracowanie własne na podstawie mapy roślinności Czech (Chytrý 2012).

Z powyższych rozważań wynika, że *C. vindobonensis* zasiedla przede wszystkim: (1) suche murawy lub zarośla kserotermiczne wykształcone najczęściej na podłożu zasobnym w wapń w południowej i południowo-wschodniej Polsce; (2) wilgotne lasy łąkowe powstałe na ubogich w wapń utworach aluwialnych w dolinach rzecznych. Tendencja do zajmowania przez ten gatunek różnych typów środowisk notowana w Polsce, widoczna jest także w innych krajach

Europy (np. Czechy). *C. vindobonensis* zasiedla doliny rzeczne (poza zasięgiem ciągłym) przede wszystkim w wyniku redepozycji tego gatunku drogą wodną. Populacje mogą się tu utrzymywać przez kilka lat (obserwacje własne). Sugeruje to, że *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych znajduje dogodne warunki środowiskowe. Jednak duży wpływ na takie populacje mają epizody wezbrania wód w rzekach. Przyczyniają się one do przenoszenia osobników tego gatunku na duże odległości i zajmowania nowych terenów. Jednocześnie mogą one obniżać szanse populacji już istniejących w dolinach rzek na przetrwanie przez dłuższy czas. Odbywa się to przede wszystkim w wyniku okresowego zalewania zajmowanych przez nie terenów. Na tej podstawie można sądzić, że doliny rzeczne stanowią tylko okresowe ostoje *C. vindobonensis* (Mierzwa i Kowalewska 2008). Biorąc pod uwagę jednoczesne przekształcanie się i zanikanie siedlisk o charakterze stepowym przede wszystkim w wyniku naturalnej sukcesji, gatunek ten w Polsce może stopniowo zanikać. Pierwszym sygnałem o tym świadczącym było wpisanie *C. vindobonensis* na Światową Czerwoną Listę Gatunków Zagrożonych (IUCN 2013) w kategorii LC (najniższej troski). Dodatkowo gatunek ten ujęto w czerwonych księgach niektórych państw (np. Czechy, Austria, Rosja) (Beran i in. 2005; Sniegin 2005a; Reischütz i Reischütz 2007).

1.5. Piśmiennictwo

Abraszewska-Kowalczyk A., Kowalczyk J. K., Hejduk J., Przybylski M., Tuszewicki W.

2002. Świat zwierząt Brudzeńskiego Parku Krajobrazowego, Mantis, Olsztyn, 101 s. + 16 tabl.

Alexandrowicz S. W. 1994. Perspektywy ochrony współczesnej i subfosylnej malakofauny województwa krakowskiego. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 50(5): 43–53.

Alexandrowicz S. W. 1996. Współczesna i subfosylna malakofauna na skałce wapiennej w Bolęcinie koło Chrzanowa. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 52(6): 27–40.

Alexandrowicz S. W. 1997. Malakofauna jako motyw waloryzacji obiektów przyrody nieożywionej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 53(5): 46–56.

Alexandrowicz S. W. 2000. Współczesna i subfosylna malakofauna wzgórza Kajasówka na Wyżynie Krakowskiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 56(1): 83–101.

- Alexandrowicz S. W., Alexandrowicz W. P. 2011.** Analiza malakologiczna – metody badań i interpretacji. Polska Akademia Umiejętności, Rozprawy Wydziału Przyrodniczego, t. 3, 302 s.
- Alexandrowicz S. W., Alexandrowicz Z. 2010a.** Skalki wapienne w Dolinie Brzoskwinki koło Chrosnej na Wyżynie Krakowskiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 66: 3–14.
- Alexandrowicz W. P., Alexandrowicz S. W. 2010b.** Expansive migrations of molluscs during the historic period. W: Z. Mirek (red.). *Biological invasions in Poland*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, t. 1: 23–48.
- Alexandrowicz Z., Alexandrowicz S. W. 1995.** Waloryzacja geologiczna i malakologiczna rezerwatu „Skała Kmity” na Wyżynie Krakowskiej. *Ochrona Przyrody*, 52: 95–110.
- Amza M. C., Petrovici M., Gheoca V. 2011.** Preliminary study of the terrestrial gastropods diversity (Gastropoda: Stylomatophora) from Cefa Nature Park (NW of Romania). *Advances in Environmental Sciences – International Journal of the Bioflux Society*, 3: 17–22.
- Andrusiewicz J. W. 2013.** Малакофауна участка рекультивации Никопольского марганцево-рудного бассейна. W: Материалы VI Международной конференции молодых ученых «Биоразнообразие. Экология. Адаптация. Эволюция.», посвященная 150-летию со дня рождения известного ботаника В. И. Липского (Одесса, 13–17 мая 2013). Одесса, Печатный дом, 72–73.
- Apostolidou M., Staikou A. 2007.** Variation of spermatheca morphology in populations of the land snail *Cepaea vindobonensis* from north Greece. *Proceedings of the 29th Scientific Conference of Hellenic Association for Biological Sciences*, Kavala, May 17–19, 2007: 21.
- Arndt P. 1931.** Beitrag zur Molluskenfauna des Kreises Deutsch Krone. *Abhandlungen und Berichte der Naturwissenschaftlichen Abteilung der Grenzmarkischen Gesellschaft zur Erforschung und Pflege der Heimat (E. V.)*, 6: 145–150.
- Bába K. 1988.** Az Alsó-Tiszavidék és a Pusztaszeri Tájvédelmi Körzet puhatestű faunája. *Malakológiai Tájékoztató*, 8: 27–30 + 1 mapa + 2 tab.

- Bába K. 1998.** The malacofauna of the Tisza Valley: inhabitation and subsequent impoverishment. *Tiscia*, 31: 47–54.
- Bába K. 2004.** Újabb adatok a Kis-Kárpátok Mollusca faunájához. *Malakologiai Tájékoztató*, 22: 61–64.
- Bába K. 2006a.** Antropogén hatások Szeged környéki gyűjtőhelyeken. *Malakologiai Tájékoztató*, 24: 41–44.
- Bába K. 2006b.** The terrestrial malacofauna of the valley of river Tisza and its tributaries. *Tiscia*, 35: 27–35.
- Bába K., Kondorossy P. 1995.** Snail assemblages of gallery forests between Lippa (Lipova) and Makó. W: J. Hamar, E. Sárkány-Kiss (red.). *The Maros/Mureş river valley. A study of the geography, hydrobiology and ecology of the river and its environment*, TISCIA monograph series, Tisza Klub for Environment and Nature, Szolnok – Szeged – Tîrgu Mureş, 255 s.
- Bajdasznicow A. A. 1992.** Наземная малакофауна Украинского Полесья. Сообщение 1. Видовой состав и связь моллюсков с растительным покровом. *Вестник зоологии*, 4: 13–19.
- Balaszow I. A. 2013.** *Elia novorossica* (Stylommatophora, Clausiliidae) in Ukraine: description, habitats, conservation status, concomitant terrestrial molluscs. *Ruthenica*, 23: 69–77.
- Balaszow I. A., Bajdasznicow A. A. 2012.** Наземные моллюски (Gastropoda) Винницкой области и их биотопическая приуроченность. *Вестник зоологии*, 46: 19–28.
- Balaszow I. A., Bajdasznicow A. A., Romanow G. A., Gural-Swierłowa N. W. 2013.** Наземные моллюски Хмельницкой области (Подольская возвышенность, Украина). *Зоологический журнал*, 92: 154–166.
- Barga-Więclawska J. 1989.** *Helix lutescens* Rossmässler, 1837 (Gastropoda: Helicidae) in the Holy Cross Mountains National Park and its vicinity. *Folia Malacologica*, 3: 23–33.
- Barga-Więclawska J. 1990.** The occurrence of snails (Gastropoda) of the dumps of the Ostrówka and Ołowianka quarries. *Folia Malacologica*, 4: 39–45.

- Barga-Więclawska J. 1997.** Sukcesja ślimaków na hałdach Regionu Świętokrzyskiego. Wyższa Szkoła Pedagogiczna im. Jana Kochanowskiego, Kielce, 153 s.
- Barga-Więclawska J. 2007.** Kamieniołomy surowców węglanowych w Regionie Świętokrzyskim przykładem korytarzy ekologicznych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 31: 53–63.
- Barga-Więclawska J. 2009.** Ślimaki lądowe Świętokrzyskiego Parku Narodowego – zagrożenia i warunki ochrony. W: A. Andrzejewska, A. Lubański (red.). *Trwałość i efektywność ochrony przyrody w polskich parkach narodowych*, Kampinoski Park Narodowy, 397–408.
- Barga-Więclawska J., Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska-Broda T. 2002.** Monitoring przestrzeni pohutniczej Zespołu Wielkopiecowego w Starachowicach z wykorzystaniem glonów i ślimaków jako biowskaźników stanu środowiska przyrodniczego. *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, 3: 71–74.
- Barga-Więclawska J., Koszyk B. 1993.** Antropogeniczne uwarunkowania zmian malakofauny na hałdach kamieniołomów Ostrówki i Ołowianki oraz w Rezerwacie Świnia Góra w województwie kieleckim. *Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego*, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, 1: 123–128.
- Bąkowski J. 1878.** Ślimaki i małże z okolic Strzyżowa zebrane w r. 1876. Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1877, oraz materiały do fizyografii Galicyi, część II, Akademia Umiejętności w Krakowie, 12: 15–23.
- Bąkowski J. 1880.** Mięczaki zebrane w r. 1879 w okolicy Rzeszowa. Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1879 oraz materiały do fizyografii Galicyi, część II, Akademia Umiejętności w Krakowie, 14: 254–257.
- Bąkowski J. 1884.** Mięczaki galicyjskie. *Kosmos*, Polskie Towarzystwo Przyrodników imienia Kopernika, 9: 376–391.
- Bąkowski J., Łomnicki A. M. 1892.** Mięczaki (Mollusca). Muzeum imienia Dzieduszyckich we Lwowie, Lwów, 264 s. + 13 tabl.

- Begu A. 2011.** The particularities of chemical pollutants accumulation in different components of forest ecosystems in Moldova. W: S. Dursun, M. Zuchetti, F. K. Vosniakos, H. Mankolli (red.). Proceeding Book. International Conference on Ecosystems (ICE) Tirana, Albania, June 4–6, 2011: 210–215.
- Begu A., Obuh P., Liogchii P., Sandu M., Păgânu V. 2008.** The monitoring of water quality through bioindication (Moldavia). *Acta Oecologica Carpatica*, 1: 163–170.
- Beran L., Juříčková L., Horsák M. 2005.** Mollusca (měkkýši), W: J. Farkač, D. Král, M. Škorupík (red.). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 69–74.
- Berger L. 1958.** Mało znany rezerwat koło Węzów w powiecie wieluńskim. *Przyroda Polski Zachodniej*, 1(1958): 69–73.
- Berger L. 1961.** Mięczaki pogranicza Wielkopolski, Śląska i Jury Krakowsko-Wieluńskiej. *Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk*, 25(1): 1–124.
- Błędowski R., Demel K. 1913.** Mięczaki Ojcowa. Cz. I. Pulmonata geophila. *Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, Wydz. III*, 6: 918–941.
- Boettger C. R. 1926a.** Die Verbreitung der Landschneckenart *Cepaea* Held in Deutschland. *Archiv für Molluskenkunde als Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 58: 11–24.
- Boettger C. R. 1926b.** Untersuchungen über die Entstehung eines Faunenbildes. Zur Zoogeographie der Weichtiere Schlesiens. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*, 6: 333–414.
- Bole J. 1977.** Mehkužci Šmarne gore. *Varstvo Narave*, 10: 57–62.
- Brzęk G. 1933.** Ślimaki lądowe skorupowe z okolic Błazowej w pow. rzeszowskim. *Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1932 oraz materiały do fizjografji kraju*, Polska Akademia Umiejętności w Krakowie, 67: 1–11.

- Buławkina O. W., Stojko T. G. 2007.** Дополнения к фауне наземных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) Среднего Поволжья (Пензенская область). Поволжский экологический журнал, 3: 245–249.
- Buławkina O. W., Stojko T. G. 2009.** Наземные моллюски заповедника «Воронинский». W: В. В. Емельянов, А. Н. Гудина, А. А. Егоров, Л. Е. Самодурова (red.). Труды государственного природного заповедника «Воронинский». Тамбов: Изд-во Першина Р.В., т.1: 157–168.
- Čačaný J. 2008.** Prehľad výskumov suchozemských malakocenóz v slovenskej časti Karpatského oblúka. Praca licencjaska. Univerzita Komenského v Bratislave, 30 s.
- Čejka T. 2005.** The mollusc fauna changes along a moisture gradient across the lower Morava River floodplain SW Slovakia. Malakologiai Tájékoztató, 23: 159–167.
- Čejka T., Čačaný J., Dvořák L. 2012.** Zvyšky bratislavských lužných lesov – významné refúgium podunajskej malakofauny. Malacologica Bohemoslovaca, 11: 29–38.
- Čejka T., Dvořák L. 2007.** Súhrn výsledkov malakologických výskumov v NPR Šúr (1918–2005). Malacologica Bohemoslovaca, 6: 22–28.
- Čejka T., Hamerlík L. 2009.** Land snails as indicator of soil humidity in Danubian woodland (SW Slovakia). Polish Journal of Ecology, 57: 741–747.
- Čejka T., Horsák M., Némethová D. 2008.** The composition and richness of Danubian floodplain forest land snail faunas in relation to forest type and flood frequency. Journal of Molluscan Studies, 74: 37–45.
- Chlus Ł. M. 2009.** Часові аспекти конхологічної мінливості локальної популяції *Cerpea vindobonensis* із м. Ямпіль. W: Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали V Міжнародної наукової конференції «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах». Дніпропетровськ: Ліра, ДНУ, 178–180.
- Chlus Ł. M. 2010.** Морфометрическая структура популяций *Cerpea vindobonensis* Fér. в урболандшафте степной зоны Украины (факторный анализ). W: Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики. Материалы XI Международной научно-

практической экологической конференции (Белгород, 20–25 сентября 2010).
Белгород: ИПЦ Политекра, 194–195.

Chlus L. M., Swierłowa N. W. 2004. Наземная малакофауна Прут-Днестровского междуречья. W: Матер. конф. «Интегрированное управление природными ресурсами трансграничного бассейна Днестра». Кишинев: Есо-TIRAS, 352–355.

Christl W., Rubenster H., Wiesinger U. B., Sage W., Schnell P. 2003. Exkursion vom 17.05. - 23.05.2002 zu Naturschutzgebieten in der Nähe des Plattensees, Ungarn. Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau, 8: 353–364.

Chytrý M. 2012. Vegetation of the Czech Republic: diversity, ecology, history and dynamics. Preslia, 84: 427–504.

Ciechanowski M., Kowalczyk J. K., Błażuk J. 2004. Waloryzacja rezerwatów roślinności kserotermicznej „Biała Góra”, „Kwidzyńskie Ostnice” i „Małachowo” (woj. pomorskie) w oparciu o wybrane elementy fauny (Insecta, Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia). Przegląd Przyrodniczy, 15(3–4): 83–108.

Clessin S. 1884. Deutsche Excursions-Mollusken-Fauna. Wyd. 2. Verlag von Bauer & Raspe, Nürnberg, 663 s.

Coadă V., Pelin A. 2013. Preliminary survey of the molluscs (Mollusca, Gastropoda, Bivalvia) from the lower basin course of the Ichel River. W: I. Toderaş, L. Ungureanu, A. Munteanu, V. Derjanschi, A. David, E. Zubcov, M. Usatîi, V. Nistreanu, D. Erhan (red.). Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity: 8-th International Conference of Zoologists, 10–12 oct. 2013: Book of Abstract. Chişinău, 202–203.

Czarnecka B. 2010. Wpływ przemian zbiorowisk kserotermicznych na losy populacji długowiecznej byliny stepowej *Senecio macrophyllus* M. BIEB. (Biała Góra, Roztocze Tomaszowskie). W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 301–316.

Czubiński Z., Urbański J. 1933. Szczątki zespołów pontyjskich na Wietrzni koło Kielc. Ochrona Przyrody, 13: 186–188.

- Czubiński Z., Urbański J. 1950.** Świat żywej przyrody. W: M. Sczaniecki, S. Zajchowska (red.). Ziemia Lubuska. Instytut Zachodni, Poznań, 33–56.
- Dedov I., Antonova V. 2015.** Terrestrial gastropods of Srebarna Nature Reserve, North-Eastern Bulgaria (Gastropoda). Biodiversity Data Journal, 3: <https://doi:10.3897/BDJ.3.e4306>.
- Deli T., Dobó T., Kiss J., Sümegi P. 1995.** Hinweise über die Funktion eines "Grünen Korridors" entlang der Tisza (Theiß) auf Grund der Molluskenfauna. Malakologiai Tájékoztató, 14: 29–32.
- Dhora D. 2002.** Studime mbi molusqet e Shqipërisë. Camaj – Pipa, Shkodër, 210 s.
- Dobrin I., Săndulescu E. B., Stavrescu-Bedivan M.-M. 2013.** Summer field trip to Sfântu Gheorghe branch at Ilganii de Jos (Tulcea County, Romania): a naturalistic approach. AgroLife Scientific Journal, 2(2): 79–82.
- Dohrn H. 1862.** Miscellen. Malakozoologische Blätter, 9: 208–215.
- Dohrn H. 1871.** Miscellen. Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft, 3: 17–18.
- Domokos T. 1996.** Adatok Bélmegyér környékének malakológiai viszonyaihoz. A Békés Megyei Múzeumok Közleményei, 16: 17–28.
- Domokos T. 2001.** Adatok a Cserebökényi-puszta (Szentés – DS57,58) malakofaunájához egy „aridus” klímaperiódusban (1998–2000). Malakologiai Tájékoztató, 19: 67–79.
- Domokos T. 2004.** Adatok Ábrahámhegy település (XM 98–Veszprém megye) malakofaunájához. Malakologiai Tájékoztató, 22: 65–72.
- Domokos T., Lennert J. 2007.** Standard faunistical work on the molluscs of Codru-Moma Mountains (Romania). Nymphaea. Folia naturae Bihariae, XXXIV: 67–95.
- Drozdowski A. 1975.** Uwagi o zespole ślimaków kserotermicznego stoku w Kulinie koło Włocławka. Przegląd Zoologiczny, 19: 206–209.
- Drozdowski A. 1978.** Rozmieszczenie lądowych ślimaków skorupowych na obszarze województw bydgoskiego, toruńskiego i włocławskiego. Studia Societatis Scientiarum Torunensis, sekcja E, 10(49): 89–112.

- Drozdowski A. 1980.** Ślimaki (Gastropoda) obszaru kujawsko-pomorskiego. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Biologia, 23: 25–36.
- Duda M., Sattmann H. 2010.** Vorkommen der Molluskengattung *Vertigo* im Nationalpark Donau-Auen (Wiener Teil) – Endbericht mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union, 20 s.
- Dvořák L. 2002.** Contribution to the knowledge of snails (Gastropoda) of limestone caves near Moldova Noua (SW Romania, Banat). Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft, 10: 43–47.
- Dvořák L., Čejka T. 2004.** Malakofauna hřbitovů Bratislavy a některých přilehlých měst a obcí. Folia faunistica Slovaca, 9: 1–14.
- Dvořák L., Hlaváč J. Č. 2013.** Páskovka *Cepaea vindobonensis* (Pulmonata: Helicidae) v západních Čechách. Malacologica Bohemoslovaca, 12: 99–104.
- Dvořáková J., Ložek V., Horský M., Pechanec V. 2011.** Atlas rozšíření suchozemských plžů v CHKO Bílé Karpaty. Acta Carpathica Occidentalis, supplement 1, 124 s.
- Dyrdowska M. 1926.** Les Mollusques terrestres testacés de Posnanie et les particularités de leur distribution géographique. Bulletin de la Société des Amis des Sciences de Poznań, ser. B, 2: 60–72 + 4 mapy.
- Dziabaszewski B. 1967.** Ślimak austriacki (*Cepaea vindobonensis* Fér.) w Poznaniu. Przyroda Polski Zachodniej, 8(1964): 101–102.
- Dzięciółowski R., Janyszek S. 2002.** Walory przyrodnicze poznańskich fortyfikacji. W: J. Wiesiołowski (red.). Wśród zwierząt i roślin. Kronika Miasta Poznania, 3: 291–300.
- Dzięczkowski A. 1972.** Badania ilościowe ślimaków buczyn południowo-zachodniej Polski. Studium ekologiczno-faunistyczne. Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 35(5): 1–89.
- Ehrmann P. 1933.** Mollusken (Weichtiere). W: P. Brohmer, P. Ehrmann, G. Ulmer (red.). Die Tierwelt Mitteleuropas. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig, t. 2, cz. 1, 364 s. + 13 tab.

- Farkas R. 2005.** Adatok az Aggteleki-karszt, a Cserehát és a Putnoki-dombság Mollusca faunájához I. Malakologiai Tájékoztató, 23: 177–202.
- Farkas R. 2008.** Adatok az Aggteleki-karszt, a Cserehát és a Putnoki-dombság Mollusca faunájához II. Malakologiai Tájékoztató, 26: 43–80.
- Farkas R. 2009.** Adatok a Tiszántúl csigafaunájához III. A Szamos hullámtere és a Tisza hullámterének Tiszabecs és Tizsakóród közötti szakasza. A Békés Megyei Múzeumok Közleményei, 33: 7–47.
- Feliksiak S. 1933.** Die Molluskenfauna der Filter- und der Rohwasserpumpstation der Warschauer Wasserleitungsanlagen. Fragmenta Faunistica Musei Zoologici Polonici, 2: 27–62.
- Férussac A. E. J. P. F. d’Audebard de 1821.** Tableaux systématiques des animaux mollusques classés en familles naturelles, dans lesquels on a établi la concordance de tous les systèmes; suivis d'un prodrome général pour tous les mollusques terrestres ou fluviatiles, vivants. Paris-Londres (Bertrand, Sowerby), 110 s.
- Fischer W. 2002.** Beiträge zur Kenntnis der Molluskenfauna Österreichs VI. Bemerkungen zu *Ceruella neglecta* (Draparnaud 1805) und *Cepaea vindobonensis* (Ferussac 1821) im südwestlichen Marchfeld (NÖ) sowie in Donaustadt (Wien). Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft, 10: 23–25.
- Fischer W. 2011.** Beiträge zur Molluskenfauna Österreichs XXIII. Zwei unterschiedliche Biotope in Wien – Donaustadt als Lebensraum für die streng geschützte *Cepaea vindobonensis* (C. Pfeiffer 1828). Nachrichtenblatt der Ersten Vorarlberger Malakologischen Gesellschaft, 18: 47–49.
- Frank C. 1975.** Zur Biologie und Ökologie mittelsteirischer Landmollusken. Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 105: 225–263.
- Frank C. 1988.** Beitrag zur Kenntnis der Molluskenfauna der östlichen Mittelmeerländer. Teil III (2). Zusammenfassung der Sammelergebnisse der Jahre 1982–1985 vom kontinentalen Griechenland, dem Peloponnes, dem Nördlichen Sporaden sowie einigen Inseln des Ionischen und des Ägäischen Meeres. Malakologische Abhandlungen, 13(1): 13–22.

- Frank C. 1992.** Malakologisches aus dem Ostalpenraum. Linzer biologische Beiträge, 24: 383–662.
- Frank C. 1997.** Über Gastropoden-Gemeinschaften mittelsteirischer Höhlenportale. Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum, 10: 191–213.
- Frank C. 2000.** Mollusca (Gastropoda et Bivalvia): eine historische Sammlung aus Hollabrunn (Niederösterreich). Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum, 13: 47–167.
- Frase R. 1930.** Kleine Mitteilungen. – *Cepaea vindobonensis* C. Pfeiffer – *Helix pomatia* L. Abhandlungen und Berichte der Naturwissenschaftlichen Abteilung der Grenzmärkischen Gesellschaft zur Erforschung und Pflege der Heimat (E.V.), 5: 117–118.
- Friedel E. 1885.** Zur Weichthierkunde Westpreussens. Malakozoologische Blätter, Nowa Seria 7: 49–53.
- Gańko K. E. 2005.** Pozatransportowe funkcje terenów kolejowych. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – Polska Akademia Nauk, Oddział w Lublinie, 216–225.
- Georgiev D. 2005.** The mollusks (Mollusca: Gastropoda et Bivalvia) of Sakar Mountain (Southern Bulgaria): A Faunal Research. Animalia, 41: 5–12.
- Georgiev D., Stoycheva S. 2007.** A new record of *Soosia diodonta* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicodontidae) in Bulgaria. Malacologica Bohemoslovaca, 6: 35–37.
- Georgiev D., Stoycheva S. 2009.** The molluscs and their habitats in Sashtinska Sredna Gora Mts. (Southern Bulgaria). Malacologica Bohemoslovaca, 8: 1–8.
- Georgiev D., Stoycheva S. 2013.** First records of *Cecilioides tumulorum* (Gastropoda: Ferussaciidae) in Bulgaria. ZooNotes, 46: 1–6.
- Geyer D. 1909.** Unsere Land- und Süßwasser-Mollusken. Einführung in die Molluskenfauna Deutschlands. Nebst einem Anhang über das Sammeln der Mollusken. Wyd. 2, zmienione. K. G. Lutz' Verlag, Stuttgart, 155 s. + 18 tabl.

- Geyer D. 1917.** Zur Molluskenfauna Polens. *Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 49: 80–85.
- Geyer D. 1927.** Unsere Land- und Süßwasser-Mollusken. Einführung in die Molluskenfauna Deutschlands. Wyd. 3, zmienione. K. G. Lutz' Verlag, Stuttgart, 224 s. + 33 tabl.
- Gheoca V. 2005.** Preliminary note concerning the terrestrial mollusk fauna of the Târnava River hydrographic basin (Transylvania, Romania). *Transylvanian Review Systematical Ecological Research "The Târnava River Basin"*, 2: 61–66.
- Gheoca V. 2009.** Terrestrial snail communities in southern Transylvanian alluvial forests (Romania). *Transylvanian Review Systematical Ecological Research "The Wetlands Diversity"*, 8: 73–86.
- Gheoca V. 2013.** Considerations regarding the land snails from the upper Timiș River Valley (Banat, Romania). *Transylvanian Review Systematical Ecological Research "The Timiș River Basin"*, 15 – wyd. specjalne: 117–122.
- Gheoca V., Sîrbu M., Sîrbu I. 2008.** Data concerning the terrestrial gastropod fauna of the Maramureș Mountains Nature Park (Maramureș, Romania). *Transylvanian Review Systematical Ecological Research "The Maramureș Mountains Nature Park"*, 5: 53–58.
- Gostyńska M. 1959.** Projektowany rezerwat stepowy w Kulinie nad Wisłą koło Włocławka. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę*, 15(1): 14–19.
- Górka M. 2005.** The invasion continues – a new locality of *Monacha cartusiana* (O. F. Müller) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in the Świętokrzyskie Mts (Central Poland). *Folia Malacologica*, 13: 153–155.
- Gural-Swierłowa N. W. 2012.** Наземні молюски (Gastropoda, Pulmonata) Західного Полісся. *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки*, 2: 25–30.
- Gural-Swierłowa N. W. 2014.** Наземні малакокомплекси паркових і лісопаркових біотопів Львова та загальні тенденції їх антропогенних змін. *Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів*, 30: 3–22.

- Gural-Swierłowa N. W., Gural R. I. 2010.** Червоногі молюски (Gastropoda) природоохоронних територій заходу України в малакологічному фонді Державного природознавчого музею НАНУ. Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє. Матеріали міжнародної конференції (Гримайлів, 26–28 травня 2010). Тернопіль: Підручники і посібники, 638–642.
- Gural-Swierłowa N. W., Gural R. I. 2011.** Червоногі молюски Gastropoda західної частини Малого Полісся і Волинської височини. Подільський природничий вісник. Аксіома, Кам'янець-Подільський, 52–65.
- Gural-Swierłowa N. W., Gural R. I. 2012.** Наукові колекції Державного природознавчого музею. Малакологічний фонд, Львів, 253 s.
- Gural-Swierłowa N. W., Gural R. I. 2013.** 50 найпомітніших молюсків Львова та околиць. Державний природознавчий музей НАН України, Львів, 67 s.
- Gural-Swierłowa N. W., Gural R. I. 2014.** Молюски східної частини Прут-Дністровського межиріччя у фондовій колекції Державного природознавчого музею. W: Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції "Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень" (Хотин, 10–12 квітня 2014). Чернівці: Друк Арт, 321–324.
- Gural-Swierłowa N. W., Martinow W. W. 2007.** Конхологические особенности популяций *Serpea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на территории Донецкой области. W: С. В. Беспалова (red.). Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных работ. Донецк: ДонНУ, 7: 85–92.
- Gural-Swierłowa N. W., Martinow W. W. 2012.** Наземные моллюски "Каменных Могили" и других заповедных территорий на востоке Украины. W: Кам'яні Могили – минуле та сучасність: Матеріали науково-практичної конференції. Донецьк: Ноулідж., cz. 1: 225–230.
- Gural-Swierłowa N. W., Martinow W. W., Martinow O. W. 2012.** Наземні та прісноводні молюски НПП "Святі Гори" та його найближчих околиць. W: Роль природоохоронних установ у збереженні біорозмаїття, етнокультурної спадщини

та збалансованому розвитку територій: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Косів, 18–19 травня 2012). Косів: ПП Павлюк М. Д., 120–124.

Heise W. 2010. Murawy kserotermiczne doliny Kanału Bydgoskiego – rozmieszczenie wybranych gatunków rzadkich, zarys historii użytkowania i perspektywy zachowania. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 171–183.

Held F. 1838. Notizen über die Weichthiere Bayerns. (Fortsetzung). Isis (Leipzig), 1837(12): 902–921.

Héra Z., Uherkovich A. 2008. Malacological data (Mollusca) from the Croatian Drava region (N Croatia). W: J. Purger (red.). Biodiversity studies along the Drava river. University of Pécs, Pécs, 121–130.

Holienková B., Čačány J. 2014. Malakofauna mokradí Bielych Karpát. Malacologica Bohemoslovaca, 13: 116–123.

Hubenov Z. 2007. Distribution and zoogeographical characteristics of mollusks (Mollusca) from Bulgarian national parks. Historia naturalis bulgarica, 18: 127–159.

Ilg C., Foeckler F., Deichner O., Henle K. 2009. Extreme flood events favour floodplain mollusc diversity. Hydrobiologia, 621: 63–73.

Irikov A., Dedov I. 2004. Contribution to the knowledge of the terrestrial gastropod fauna (Mollusca: Gastropoda) of the Eastern Rhodopes (Bulgaria). W: P. Beron, A. Popov (red.). Biodiversity of Bulgaria. 2. Biodiversity of Eastern Rhodopes (Bulgaria and Greece). Pensoft & National Museum Natural History, Sofia, 787–790.

Irikov A., Mollov I. 2006. Terrestrial gastropods (Mollusca: Gastropoda) of the Western Rhodopes (Bulgaria). W: P. Beron (red.). Biodiversity of Bulgaria. 3. Biodiversity of Western Rhodopes (Bulgaria and Greece) I. Pensoft & National Museum Natural History, Sofia, 753–832.

- IUCN. 2013.** Światowa Czerwona Lista Gatunków Zagrożonych, <https://www.iucnredlist.org/species/156371/4934517>.
- Jachno J. 1870a.** Materiały do fauny malakozoologicznej galicyjskiej. Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 104 + 15 s.
- Jachno J. 1870b.** Die Fluss- und Land Conchylien Galiziens. Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, 20: 45–58.
- Jaekel S. jun. 1950.** Zur Molluskenfauna der Neumark und Grenzmark. Verhandlungen der Deutschen Zoologen, 43(1949): 84–95.
- Jankowski A. 1933.** Mięczaki Warszawy. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu w ciągu roku 1932 oraz materiały do fizjografji kraju, Polska Akademia Umiejętności, 67: 99–114.
- Jankowski A. 1935.** Flood-débris in Poland. Journal of Conchology, 20: 152–153.
- Jegorow R. 2014.** The first record of *Cepaea vindobonensis* (Pfeiffer, 1828) (Stylommatophora: Helicidae) in the central part of European Russia. Malacologica Bohemoslovaca, 13: 110–113.
- Jones J. S. 1974.** Environmental selection in the snail *Cepaea vindobonensis* in the Lika area of Yugoslavia. Heredity, 32: 165–170.
- Juříčková L., Horsák M., Hrabáková M. 2006.** Měkkýši PR Peliny u Chocně. Malacologica Bohemoslovaca, 5: 10–13.
- Juříčková L., Kučera T. 2005.** Ruins of medieval castles as refuges for endangered species of molluscs. Journal of Molluscan Studies, 71: 233–246.
- Kadulski S. 1982.** Dolina Dolnej Wisły. Zarys faunistyczny. W: B. Augustowski (red.). Dolina dolnej Wisły. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław, 201–218.
- Kalivodová E., David S., Šteffek J., Kalivoda H. 2006.** Xerothermné biotopy Slovenska. Biosféra, Séria vedeckej literatúry, Bratislava, t. A3, 89 s.

- Karaman B. J. 2012.** Fauna of gastropoda (Mollusca) in Fruška Gora Mountain, Vojvodina (Serbia). *Natura Montenegrina*, 11: 7–34.
- Kaznowski K. 1938.** Materiały do fauny malakozoologicznej Gór Świętokrzyskich. Sprawozdania współpracowników Sekcji zoologicznej. Komisja spoza ośrodka krakowskiego. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1936 oraz materiały do fizjografii kraju, *Polska Akademia Umiejętności*, 71: 32–33.
- Kaznowski K. 1939.** Materiał mięczaków z mało pod tym względem zbadanego terenu Gór Świętokrzyskich. Sprawozdanie Sekcji zoologicznej Oddziału Krakowskiego. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1937 oraz materiały do fizjografii kraju, *Polska Akademia Umiejętności*, 72: 19.
- Kaźmierski J. 1972.** Ślimak austriacki *Cepaea vindobonensis* na Pałukach. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 28(3): 56–57.
- Kirpan S. P., Kramarienko S. S., Swierłowa N. W., Son M. O., Szklaruk A. N. 2002.** К изучению наземной малакофауны в городах Украины. *Вісник Житомирського державного університету імені І. Франка*, 10: 93–96.
- Klemm W. 1976.** Die Mollusken-Sammlung des Steiermärkischen Landesmuseums Joanneum in Graz: Gastropoda von steirischen Fundorten. *Mitteilungen der Abteilung für Zoologie am Landesmuseum Joanneum*, 5: 81–110.
- Kończowska E. 2010.** Obce inwazyjne gatunki roślin w krajobrazie doliny Świdra i Rządzy. *Krajobrazy Kulturowe Dolin Rzecznych. Potencjał i wykorzystanie. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, nr 13: 152–163.
- Kondracki J. 1965.** W sprawie fizycznogeograficznego podziału Europy w klasyfikacji dziesiętnej. *Przegląd Geograficzny*, 37: 539–547.
- Kondracki J. 1995.** Fizycznogeograficzna regionalizacja Europy Wschodniej w układzie dziesiętnym. *Przegląd Geograficzny*, 67: 349–354.

- Kondracki J. 1996.** Fizycznogeograficzna regionalizacja Czech, Słowacji, Węgier i Rumunii w układzie dziesiętnym. *Przegląd Geograficzny*, 68: 457–466.
- Kondracki J. 1997.** Fizycznogeograficzna regionalizacja Niemiec i terenów przyległych w układzie dziesiętnym. *Przegląd Geograficzny*, 69: 141–148.
- Kondracki J. 2014.** Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, 441 s. + 2 mapy + 23 tabl.
- Korábek O., Petrussek A., Neubert E., Juříčková L. 2015.** Molecular phylogeny of the genus *Helix* (Pulmonata: Helicidae). *Zoologica Scripta*, 44: 1–18.
- Koralewska-Batura E., Dziabaszewski A. 2000.** New localities of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in Wielkopolska (W Poland). *Folia Malacologica*, 8: 229–231.
- Kotula B. 1882.** O pionowém rozsiedleniu ślimaków tatrzańskich. Sprawozdanie Komisji Fizyjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1883, oraz materyjały do fizyjografii krajowej, część II, Akademia Umiejętności w Krakowie, 18: 139–203.
- Kowalska A. 2012.** Kompleksy roślinności i krajobrazy roślinne Doliny Środkowej Wisły. *Prace Geograficzne, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Polska Akademia Nauk*, nr 232, 109 s.
- Kramarienko S. S., Chochutkin I. M., Griebennikow M. E. 2007.** Specific features of phenetic structure of the terrestrial snail *Cepaea vindobonensis* (Pulmonata: Helicidae) in urbanized and natural populations. *Russian Journal of Ecology*, 38: 39–45.
- Kramarienko S. S., Swierłowa N. W. 2001.** Наземная малакофауна (Gastropoda: Pulmonata) Николаевской области. *Вестник зоологии*, 35(2): 75–78.
- Krause A. 1874.** Verzeichnis von Mollusken bei Bromberg, gesammelt in den Monaten September und October 1873. *Jahrbücher der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft*, 1: 59–63.
- Król J. 1879.** Beitrag zur Kenntnis der Mollusken-Fauna Galiziens. *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien*, 28: 1–10.

- Kuntze R., Noskiewicz J. 1938.** Zarys zoogeografii polskiego Podola. Prace Naukowe. Wydawnictwo Towarzystwa Naukowego we Lwowie, t. 4, 538 s.
- Kurtajew M. G.-K., Dżamalutdinowa T. M., Magomiedowa M. Z. 2012.** Terrestrial Molluscs of Samur Mountain range. Proceedings of the XIV International Conference on “Biodiversity of the South Caucasus and Russia” dedicated to the 70th anniversary of Gayirbega Magomedovicha Abdurahmanova (Makhachkala, 5–7 November 2012). Typography IPA RD, Makhachkala: 153–154.
- Kutzenberger H. 1996.** Die trockenen Dammböschungen an der Traun als Lebensraum für Schneckenarten. ÖKO-L, 18/2: 19–25.
- Kutzenberger H. 2008.** Threats for Danube region biodiversity – global trends and local impacts and changes in biogeographical patterns. Transylvanian Review Systematical and Ecological Research “The Wetlands Diversity”, 6: 149–154.
- Lehmann R. 1873.** Die lebenden Schnecken und Muscheln der Umgegend Stettins und in Pommern mit besonderer Berücksichtigung ihres anatomischen Baues. Theodor Fischer, Cassel, 328 s. + 22 tabl.
- Liana A. 1997.** Świat zwierząt. W: A. Liana (red.). Na pograniczu regionów. Monografia przyrodnicza gminy Modliborzyce. Towarzystwo Fizjograficzne, Warszawa, 65–122 + 5 pl. + 3 tabl.
- Lindholm W. A. 1908.** Materialien zur Molluskenfauna von Südwestrussland, Polen und der Krim. Записки Новоросійського Общества Естествоиспытателей, 31: 199–232.
- Liogchii N., Begu A., Brega V., Donica A. 2011.** Conservation of valuable landscape from the basin of the Prut River (the Republic of Moldova). Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii, 27(2): 171–177.
- Liogchii N., Begu A., Brega V., Roșca I. 2012.** Preliminary considerations concerning the role of Stânca forest ecosystem in the conservation of biological diversity. Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii, 28(1): 173–178.
- Lisický M. J. 1991.** Mollusca Slovenska. Veda, Bratislava, 344 s.
- Ložek V. 1954.** Měkkýši rezervace Milá u Loun. Ochrana přírody, 9: 310.

- Ložek V. 1956a.** Klíč československých měkkýšů. Vydavatelství Slovenskej akademie vied, Bratislava, 437 s.
- Ložek V. 1956b.** Hlemýžď *Cepaea vindobonensis* (Fér.) u Skoupého na Sedlčansku. Časopis Národního muzea, 125(2): 202–203.
- Ložek V. 1964.** Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Verlag der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praha, 374 s. + 22 tabl.
- Ložek V. 1970.** Stepní plži *Chondrula tridens* (Müller) a *Helicella obvia* (Hartmann) v jižních Čechách. Sborník Jihočeského Muzea, Přírodní vědy, 10: 73–79.
- Ložek V. 1974.** Měkkýši Českého krasu z hlediska ochrany přírody. Bohemia centralis, 3: 163–174.
- Ložek V. 1975.** Přehled měkkýšů Křivoklátska. Bohemia centralis, 4: 104–131.
- Luszczyńska B. 2010.** Charakterystyka ekologiczna flory kserotermicznej Garbu Pińczowskiego w Niecce Nidziańskiej. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 373–384.
- Maciejczak B. 2010.** Gatunki muraw kserotermicznych we florze naczyniowej kamieniołomów Pasma Kadzielniańskiego (Góry Świętokrzyskie). W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 415–424.
- Magomedowa M. Z., Arutjunowa L. D. 2014.** К экологии и распространению некоторых видов наземных моллюсков Республики Дагестан. W: Материалы международной научной конференции «Биологическое разнообразие и проблемы охраны фауны Кавказа – 2» (23–26 сентября 2014), Ереван, Армения, 223–227.
- Martens E. von. 1870.** Zur Literatur der Mollusken Deutschlands. III. Norddeutschland. Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft, 2: 137–148.
- Mazaraki M. 1979.** Ślimaki i małże Ziemi Chrzanowskiej zebrane w latach 1969–1976. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, 7: 165–177.

- Merkel E. 1894.** Molluskenfauna von Schlesien. J. U. Kern Verlag, Breslau, 293 s.
- Michejda J., Urbański J. 1958.** Biochemical bases for the taxonomy of snails. II. An attempt at a chromatographic analysis of some species of snails. Bulletin de la Société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznań, ser. D, 14(1956/57): 345–358 + 6 ryc.
- Mierzwa D. 2008a.** Chemical composition and structure of the shell of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). Folia Malacologica, 16: 17–20.
- Mierzwa D. 2008b.** Distribution of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) on alluvial deposits of Poland. Abstracts of the 24th Polish Malacological Seminar, Gdynia 2008. Folia Malacologica, 16: 242.
- Mierzwa D. 2009a.** *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in central, northwestern and western Poland. Folia Malacologica, 17: 185–198.
- Mierzwa D. 2009b.** The effect of geochemical character of rock on the occurrence and distribution of *Cepaea vindobonensis* in Poland. Abstracts of the 25th Polish Malacological Seminar, Boszkowo 2009. Folia Malacologica, 17: 81–82.
- Mierzwa D. 2010a.** *Cepaea vindobonensis* in the Nida River Valley. Abstracts of the 26th Polish Malacological Seminar, Kudowa-Zdrój 2010. Folia Malacologica, 18: 138.
- Mierzwa D. 2010b.** The occurrence of the terrestrial snail *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in the Middle Vistula Valley. W: K. H. Dyguś (red.). Natural environment of transfrontier river catchments in Poland and Ukraine. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 115–123.
- Mierzwa D. 2010c.** Związki pomiędzy malakologią i geologią w badaniach ślimaka lądowego *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). Przegląd Zoologiczny, 52–54: 185–192.
- Mierzwa D. 2011.** Chemical composition of shells of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) from localities with different substrata. Folia Malacologica, 19: 97–101.

- Mierzwa D., Kowalewska M. 2007.** Use of Roentgen microanalyser EDS in malacological studies – example of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821). Abstracts of the 23rd Polish Malacological Seminar, Serpelice 2007. *Folia Malacologica*, 15: 134.
- Mierzwa D., Kowalewska M. 2008.** Rivers of the Baltic Basin and the distribution of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821). Abstracts of the 24th Polish Malacological Seminar, Gdynia 2008. *Folia Malacologica*, 16: 242.
- Mierzwa D., Szymkowiak A. 2009.** Z wizytą w Janowcu i nie tylko... [...czyli o niektórych tajemnicach przyrody, a szczególnie o pięciu ciekawych ślimakach bytujących w okolicy Janowca – red.]. *Notatnik Janowiecki*, 16: 216–220.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2012a.** *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in the Gorge of the Vistula River in the Małopolska Region – new data. W: K. H. Dyguś (red.). *Natural human environment. Dangers, protection, education.* Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 249–258.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2012b.** *Cepaea vindobonensis* in the Małopolska Gap of the Vistula River. Abstracts of the 27th Polish Malacological Seminar, Tleń 2012. *Folia Malacologica*, 20: 59.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2012c.** Occurrence of *Cepaea vindobonensis* in Poland – new data. Abstracts of the 27th Polish Malacological Seminar, Tleń 2012. *Folia Malacologica*, 20: 59–60.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2013.** Stanowisko ślimaka lądowego *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) w Gackach koło Pińczowa. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 32(1): 112–117.
- Mierzwa-Szymkowiak D., Maćkiewicz J. J. 2016.** Niepublikowane dane o stanowiskach *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) w Polsce. W: T. K. Maltz, T. Kałuski, A. Sulikowska-Drozd (red.). *Problemy współczesnej malakologii. XXXII Krajowe Seminarium Malakologiczne*, 13–15 października 2016, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, Stowarzyszenie Malakologów Polskich, 51.
- Mierzwa-Szymkowiak D., Szymkowiak A. 2011.** Wstężyk austriacki w Małopolskim Przełomie Wisły. *Wodne wędrówki ślimaka lądowego. Ogólnopolska Konferencja*

Naukowa Geoparki-Georóżnorodność-Geoturystyka, Instytut Nauk o Ziemi UMCS, 6–8 czerwca 2011: 64–65.

Mierzwa-Szymkowiak D., Szymkowiak A., Nowak M. 2012. Stanowisko *Cepaea vindobnensis* (Férussac) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) w Rezerwacie Przyrody Skorocice. Forum Faunistyczne, 2: 5–8.

Miho A., Kashta L., Beqiraj S. 2013. Between the Land and the Sea – Ecoguide to discover the transitional waters of Albania. Julvin 2, Tirana, 462 s.

Ministry of Environment and Physical Planning. 2003. Country Study for Biodiversity of the Republic of Macedonia (First National Report), Skopje, 213 s.

Młodzianowska-Dyrdowska M. 1928. Ślimaki lądowe skorupowe w Poznańskim i właściwości ich rozmieszczenia. Prace Komisji Matematyczno-Przyrodniczej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauki, ser. B, 4: 1–95.

Müller E. 1920. Beiträge zur Kenntnis der Weichtierfauna von Nakel an der Netze und Umgegend. Archiv für Molluskenkunde als Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft, 52: 183–190.

Müller E., Torca V. 1927. Mollusken-Fauna der Gegend von Nakel (Nakło), gesammelt von V. Torca in der Jahren 1916 und 1917. Deutsche Wissenschaftliche Zeitschrift für Polen, 9: 111–114.

Myšák J. 2009. Malakofauna PR Hemže-Mýtkov. Malacologica Bohemoslovaca, 8: 56–62.

Neiber M. T., Hausdorf B. 2015. Molecular phylogeny reveals polyphyly of the snail genus *Cepaea* (Gastropoda: Helicidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 93: 143–149.

Neiber M. T., Sagorny C., Hausdorf B. 2016. Increasing the number of molecular markers resolves the phylogenetic relationship of '*Cepaea*' *vindobonensis* (Pfeiffer 1828) with *Caucasotachea* Boettger 1909 (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). Journal of Systematics and Evolutionary Research, 54: 40–45.

Ożgo M., Komorowska A. 2009. Shell banding polymorphism in *Cepaea vindobonensis* in relation to habitat in southeastern Poland. Malacologia, 51: 81–88.

- Ożgo M., Zięba K. 2004.** Polimorfizm muszli wstężyka austriackiego *Cepaea vindobonensis* (Fér.) w południowo-wschodniej Polsce. *Przeгляд Zoologiczny*, 48: 109–112.
- Paget O. E. 1962.** Die Molluskenfauna von Lunz a. See und Umgebung. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 65: 183–203.
- Páll-Gergely B. 2006.** Adatok a Déli-Bakony és a Balaton-felvidék Mollusca-faunájához. *Malakologiai Tájékoztató*, 24: 53–60.
- Paul W. 2010.** Szlaki holocenijskich migracji roślin kserotermicznych na ziemię Polski – przegląd ustaleń i hipotez oraz perspektywy badań. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). *Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony*. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 55–65.
- Pech P., Juříčková L. 2011.** Suchozemští plži, W: R. Tropek, J. Řehounek (red.). *Bezobratlí postindustriálních stanovišť: význam, ochrana a management*. Entomologický ústav BC AV ČR a Calla, České Budějovice, 27–36.
- Pelin A., Coadă V. 2011.** Specific diversity from the lower basin of the River Ichel. W: I. Toderaş, L. Ungureanu, A. Munteanu, V. Derjanschi, A. David, E. Zubcov, M. Usafii, V. Nistoreanu, D. Erhan (red.). *Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity. International Conference of Zoologists dedicated to the 50th anniversary from the foundation of Institute of Zoology of ASM, Chisinau*, 130–131.
- Peltanová A., Novák J. 2015.** Map of distribution of *Cepaea vindobonensis* in the Czech Republic. W: O. Zicha (red.). *Biological Library – BioLib*, <http://www.biolib.cz/en/taxonmap/id185/>.
- Penev L., Stoyanov I., Dedov I., Antonova V. 2008.** Patterns of urbanisation in the City of Sofia as shown by carabid beetles (Coleoptera, Carabidae), ants (Hymenoptera, Formicidae), and terrestrial gastropods (Mollusca, Gastropoda Terrestria). W: L. Penev, T. Erwin, T. Assmann (red.). *Back to the Roots and Back to the Future. Towards a New Synthesis amongst Taxonomic, Ecological and Biogeographical Approaches in Carabidology. Proceedings of the XIII European Carabidologists Meeting, Blagoevgrad, August 20-24, 2007*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 483–509.

- Perzanowska J., Kujawa-Pawlaczyk J. 2000.** Murawy kserotermiczne (*Festuco-Brometea*). W: J. Herlich (red.). Murawy, łąki, ziołorośla, wrzosowiska, zarośla. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, t. 3: 117–121.
- Pfeiffer C. 1828.** Naturgeschichte deutscher Land- und Süßwasser-Mollusken, Landes-Industrie-Comptoir. Weimar, t. 3, 84 s. + 8 tabl.
- Piechocki A. 1981.** Współczesne i subfossylne mięczaki (Mollusca) Gór Świętokrzyskich. Rozprawa habilitacyjna, Acta Universitatis Lodzianis, 175 s. + 6 map.
- Pintér L., Suara R. 2004.** Magyarországi puhatestűek katalógusa hazai malakológusok gyűjtései alapján. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 547 s.
- Pokryszko B. M., Maltz T. K. 2005.** Unexpected snails – supplements to the distribution of terrestrial snails of Poland. Abstracts from 21st Polish Malacological Seminar, Ciechocinek 2005. Folia Malacologica, 13: 131.
- Pokryszko B. M., Maltz T. K., Cameron R. A. D. 2004.** *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) in the Pieniny Mts. Folia Malacologica, 12: 153–156.
- Poliński W. 1912.** Mięczaki okolic Nałęczowa w Królestwie Polskim. Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1911 oraz materiały do fizyografii krajowej, część II, Akademia Umiejętności w Krakowie, 46: 111–122.
- Poliński W. 1913.** Ślimaki i małże zebrane w Ordynacji Zamojskiej w Lubelskiem. Pamiętnik Fizyograficzny, Zoologia, 21: 83–91.
- Poliński W. 1914.** Ślimaki Ojcowa. Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1913 oraz materiały do fizyografii kraju, część II, Akademia Umiejętności w Krakowie, 48: 16–50.
- Poliński W. 1917.** Materiały do fauny malakozoologicznej Królestwa Polskiego, Litwy i Polesia. Prace Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, 27(1917): 1–130.
- Poliński W. 1919.** Rozsiedlenie geograficzne Helicidów w Polsce. (Szkic zoogeograficzny z mapką). Przegląd Geograficzny, 1: 269–280.

- Poliński W. 1924.** Anatomisch-systematische und zoogeographische Studien über die Heliciden Polens. Bulletin de l' Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, ser. B, 2: 131–279 + 2 mapy + 12 tab. + 8 ryc.
- Poliński W., Demel K. 1921.** Notatki z wycieczki zoologicznej na jeziora kujawskie. Pamiętnik Fizyograficzny, Zoologja, 26: 1–9.
- Poliszczuk J. W., Agiejewa L. A., Gural-Swierłowa N. W. 2009.** Эколого-фаунистический обзор наземных моллюсков г. Дружковка и окрестностей (Донецкая область). W: Матер. Всеукр. наук. конф. «Зоологічна наука у сучасному суспільстві» (Київ-Канів, 15–18 вересня 2009), Київ-Канів, 379–383.
- Popa O. P. 2005.** Contributions to the knowledge of the mollusks from the Romanian sector of the Danube between Calafat and Oltenița. Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa», XLVIII: 7–19.
- Popa O. P., Popa L. O., Pisciă E. I. 2006.** Preliminary data of the terrestrial Gastropods fauna of Maramureș Mountains and surrounding area. Brukenthal, Acta Musei, I 3: 89–93.
- Prajs B. 2010.** Rezerваты kserotermiczne w dolinie Płoni – problemy ochrony siedlisk kserotermicznych na terenach rolniczych. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 260–273.
- Protz A. 1896.** Bericht über meine vom 11. Juni bis zum 5. Juli 1894 ausgeführte zoologische Forschungsreise im Kreise Schwetz. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 9(1): 254–268.
- Protz A. 1897.** Bericht über die vom 22. Juni bis 19. Juli 1895 den Kreisen Schwetz, Tuchel, Konitz und Pr. Stargard von mir unternommenen zoologischen Excursionen. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 9(2): 100–110.
- Reischütz A. 2008.** Untersuchungen zur Landschneckenfauna (Mollusca: Gastropoda) des Nationalparks Thayatal. Praca dyplomowa. Universität Wien, 49 s.

- Reischütz A., Reischütz P. L. 2007.** Rote Liste der Weichtiere (Mollusca) Österreichs. W: K. P. Zulka (red.). Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Kriechtiere, Lurche, Fische, Nachtfalter, Weichtiere. Grüne Reihe, Böhlau Verlag, Wien-Köln-Weimar, 14/2: 363–433.
- Reischütz P. L. 1988.** Beiträge zur Molluskenfauna Thrakiens und Ostmakedoniens, II. Annalen Naturhistorischen Museums in Wien, 90: 341–356 + 2 tabl.
- Richling A., Ostaszewska K. (red.) 2005.** Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa, 345 s. + 2 mapy + 23 tabl.
- Riedel A. 1954.** Mięczaki okolic Kazimierza nad Wisłą. Fragmenta Faunistica, 7: 147–185.
- Riedel A. 1988.** Ślimaki lądowe. Gastropoda terrestria. Katalog Fauny Polski. PWN, Warszawa, t. 1, cz. XXXVI, 316 s. + 1 mapa.
- Romer E. 1934.** Powszechny Atlas Geograficzny. Książnica-Atlas, Lwów-Warszawa, VII + 35 s. + 57 map.
- Rutkowski L. 2010.** Murawy kserotermiczne regionu kujawsko-pomorskiego jako miejsca występowania rzadkiej i cennej flory. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 44–54.
- Sacchi C. F. 1984.** Population ecology of *Cepaea nemoralis* and *C. vindobonensis* along the north Adriatic coasts of Italy. Malacologia, 25: 315–323.
- Sacchi C. F. 1985.** Ecologie et polymorphisme chez «*Cepaea nemoralis*» (L.) et «*Cepaea vindobonensis*» (Fer.) («Gastr. Pulmonata») sur le littoral Nord-Adriatique Italien. Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, 37: 103–131.
- Scholtz H. 1852.** Verzeichnis der bis jetzt in Schlesien aufgefundenen Land- und Süßwasser-Mollusken. Zeitschrift für Malakozoologie, 9: 33–43.
- Scholtz H. 1853.** Schlesien's Land- und Wasser-Mollusken: systematisch geordnet und beschrieben. Zeitschrift für Malakozoologie, supplement 9, 17 s.
- Schottmüller E. 1912.** Weichtierfunde aus dem Regierungsbezirk Bromberg. Zeitschrift der Naturwissenschaftlichen Abteilung (der Naturwissenschaftlichen Vereins), 19: 92–93.

- Schumann E. 1881.** Die Binnen-Mollusken der Umgebung von Danzig. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 5(3): 321–330.
- Schumann E. 1905.** Verzeichnis der Weichtiere der Provinz Westpreussen. Bericht des Westpreussischen Botanisch-Zoologischen Vereins, 26/27: 26–42.
- Schütt H. 1993.** Türkische Landschnecken. Prodrömus faunae Anatolicae molluscorum terrestrium viventium testaceorumque. Hemmen, Wiesbaden, 433 s.
- Schütt H. 2001.** Die türkischen Landschnecken 1758-2000. Acta Biologica Bendoris, suplement 4, 548 s.
- Seidl F. 2000.** Die Gastropodenfauna der Staninger Leiten in Steyr. Beiträge zur Naturkunde Oberösterreichs, 9: 729–737.
- Simič J., Pavšič J., Pristovšek U., Rajh Vilfan N., Vinko D. 2012.** Poročilo o delu skupine za mehkužce ali ko je mekan dole južno? W: R. Marić (red.). Ekosistemi Balkana – Srbija 2012. Društvo študentov biologije, Ljubljana, 49–54.
- Skuratowicz W., Urbański J. 1953.** Rezerwat leśny na Bukowej Górze koło Zwierzyńca w województwie lubelskim i jego fauna. Ochrona Przyrody, 21: 193–216.
- Slapnik R. 2005.** Mehkužci (Mollusca) v Parku Škocjanske Jame. Annales, Series Historia Naturalis, 15: 265–276.
- Sniegin E. A. 2005a.** *Cerpea vindobonensis*. W: A. B. Присный (red.). Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, 431.
- Sniegin E. A. 2005b.** Популяционно-генетическая структура реликтового вида *Cerpea vindobonensis* заповедных участков лесостепи. Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах: Матеріали ІІІ Міжнародної наукової конференції. Днепропетровск, Вид-во ДНУ, 218–220.
- Sniegin E. A. 2011.** Оценка жизнеспособности популяций особо охраняемого вида *Cerpea vindobonensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) в условиях юга лесостепи Среднерусской возвышенности. Вестник КрасГАУ, 11: 142–148.

- Sniegin E. A., Nienaszewa E. S., Artemczuk O. J. 2011.** Оценка жизнеспособности популяций особо охраняемого вида *Cepaea vindobonensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) в условиях юга лесостепи Среднерусской возвышенности. Научные Ведомости БелГУ, 21: 26–30.
- Sokulska E. 1979.** Uwagi o malakofaunie rezerwatu roślinności stepowej „Dąbie”. Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 35(6): 39–42.
- Sólymos P. 2000.** Data on the recent mollusc fauna of the western part of the Villány Hills, S Hungary. Malakologiai Tájékoztató, 18: 105–108.
- Sólymos P., Farkas R., Kemencei Z., Páll-Gergely B., Vilisics F., Nagy A., Kisfali M., Hornung E. 2009.** Micro-habitat scale survey of land snails in dolines of Alsó-hegy, Aggtelek National Park, Hungary. Mollusca, 27: 167–171.
- Sólymos P., Gaudényi T., Deli T., Nagy A. 2004.** Data on the land snail fauna of the Fruska Gora Mountain (Serbia) with some biogeographical remarks. Malakológiai Tájékoztató, 22: 149–153.
- Stach J. 1924.** Charakterystyka fauny okolic Ojcowa. Ochrona Przyrody, 4: 82–85.
- Staikou A. E. 1998.** Aspects of life cycle, population dynamics, growth and secondary production of the pulmonate snail *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) in northern Greece. Journal of Molluscan Studies, 64: 297–308.
- Staikou A. E. 1999.** Shell temperature, activity and resistance to desiccation in the polymorphic land snail *Cepaea vindobonensis*. Journal of Molluscan Studies, 65: 171–184.
- Stalažs A., Šteffek J., Dreijers E. 2008.** *Cepaea vindobonensis* (C. Pfeiffer, 1828) in Latvia. Acta Universitatis Latviensis, ser. Biology, 745: 199–203.
- Štamol V. 1989.** Contribution to the study of the land snails (Gastropoda) of Medvenica Mountain (NW Croatia, Yugoslavia). Scopolia, 17: 1–17.
- Štamol V. 1991.** Coenological study of snails (Mollusca: Gastropoda) in forest phytocoenoses of Medvednica mountain (NW Croatia, Yugoslavia). Vegetatio, 95: 33–54.

- Štamol V., Kletečki E. 2005.** Terrestrial snails (Mollusca: Gastropoda terrestria) of Dugi otok (Croatia). *Natura Croatica*, 14: 1–28.
- Šteffek J. 1985.** Výsledky z výskumu recentnej malakofauny okresu Stará Ľubovňa. W: M. Budaj, Z. Bašistová (red.). Prehľad odborných výsledkov VIII. Východoslovenský Tábor ochrancov prírody, Kamienka, 26 July – 3 August 1985. ONV, KÚŠPSOP, OV SZOPK Stará Ľubovňa, ÚV SZOPK Bratislava, Stará Ľubovňa, 24–31.
- Šteffek J. 1997.** Molluscs (Mollusca) of the Morava river basin in Slovakia: Present state of the mollusc fauna. *Malakológiai Tájékoztató*, 16: 61–71.
- Šteffek J. 2000.** Mäkkýše (Mollusca) Zvolenskej kotliny. *Folia faunistica Slovaca*, 5: 63–68.
- Šteffek J. 2005.** Spoločenstvá suchozemských mäkkýšov severnej časti Devínskej Kobyly (Malé Karpaty). *Malacologica Bohemoslovaca*, 4: 26–38.
- Šteffek J. 2007.** Rieka, médium šírenia sa zástupcov biodiverzity s akcentom na mäkkýše (Mollusca). W: D. Daniš, P. Bahula (red.). *Ekológia a environmentalistika 2007*. Zb. z Medzinár. vedec. konf. k 15. výr. založenia FEE TU vo Zvolene a 55. výr. vzniku TU vo Zvolene (Zvolen, 22-23.V.2007), Zvolen, 214–222.
- Šteffek J., Falniowski A., Szarowska M. 2005.** Príspevok k topografickému výskumu malakofauny okresu Levice. *Malacologica Bohemoslovaca*, 4: 21–25.
- Šteffek J., Lučivjanska V., Vavrová Ľ. 2008.** A study of successional processes on travertines in the Hornádska kotlina valley (Slovak Republic) on the basis of Molluscs (Mollusca). *Ekológia (Bratislava)*, 27: 168–188.
- Šteffek J., Szarowska M., Falniowski A. 1990.** Contribution to the knowledge of the malacofauna of the Ojców National Park. *Folia Malacologica*, 4: 163–172.
- Stępczak K. 1981.** Badania mięczaków (Mollusca) województwa gorzowskiego. W: L. Agapow, B. Wiatr (red.). *Zasoby przyrody województwa gorzowskiego*. Ośrodek Badań i Konsultacji TWWP, Gorzów Wielkopolski, 153–156.
- Stobiecki S. A. 1886.** Materyjały do fauny W. Ks. Krakowskiego. Sprawozdanie Komisji Fizyjograficznej obejmujące pogląd na czynności dokonane w ciągu roku 1885 oraz materyjały do fizyjografii krajowej, *Akademia Umiejętności w Krakowie*, 20: 120–161.

- Stworzewicz E. 2008.** Mięczaki Ojcowskiego Parku Narodowego. W: A. Klasa, J. Partyka (red.). Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Ojcowski Park Narodowy, Muzeum im. Prof. Władysława Szafera, Ojców, 505–518.
- Sulikowska-Drozd A. 2008.** Ślimakowate (*Helicidae*). W: W. Bogdanowicz, E. Chudzicka, I. Pilipiuk, E. Skibińska (red.). Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, t. 3: 399–400.
- Swierłowa N. W. 2001.** Наземна малакофауна (Gastropoda, Pulmonata) Розточчя і Опілля та її зміни за останні 100 років. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 16: 117–123.
- Swierłowa N. W. 2006.** Анализ видового разнообразия наземных моллюсков в степной зоне Украины (без Крыма). W: Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища: Зб. наук. праць., Житомир, 2: 252–256.
- Swierłowa N. W. 2007.** Вплив урбанізації на конхологічні параметри *Seraea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на заході України. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 23: 85–94.
- Swierłowa N. W. 2008.** Наземна малакофауна Передкарпаття та її антропогенні зміни протягом ХХ століття. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 24: 127–144.
- Swierłowa N. W., Gural R. I. 2005.** Визначник наземних моллюсків заходу України. ДПМ НАНУ, Львів, 216 с.
- Swierłowa N. W., Kirpan S. P. 2004.** Фенетична структура популяцій *Seraea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на заході України. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 19: 107–114.
- Swierłowa N. W., Kramarienko S. S., Szklaruk A. N. 2000.** Наземная малакофауна Северо-Западного Причерноморья: основные результаты и перспективы исследований. W: Матеріали міжнародної конференції “Чтения памяти А. А. Браунера”, Одесса: АстроПринт, 29–34.

- Swierłowa N. W., Martinow W. W., Martinow O. W. 2006.** До вивчення наземної малакофауни (Gastropoda, Pulmonata) південно-східної частини України. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 22: 35–46.
- Ślósarski A. 1872.** Materyały do fauny malakologicznej Królestwa Polskiego. Drukiem K. Kowalewskiego, Warszawa, 17 s.
- Ślósarski A. 1873.** Matériaux pour la faune malacologique du Royaume de Pologne. Bulletin de la Société Zoologique de France, 1: 291–299.
- Thaler E. 1967.** Neues zur Gastropodenfauna des Gebietes von Lunz am See (Niederösterreich). Annalen Naturhistorischen Museums in Wien, 70: 277–292.
- Trąba C. 2010.** Różnorodność florystyczna i stan zachowania muraw kserotermicznych w okolicach Czumowa koło Hrubieszowa. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 446–457.
- Tröstl R. A. 1999.** Faunistisch-ökologische Betrachtungen der Schneckengemeinschaften des Wienerwaldes. 7. Synoptische Schlußbetrachtung. Verhandlungen Zoologisch-Botanischen Gessellschaft in Österreich, 136: 127–147.
- Uherkovich Á., Purger D., Csiky J. 2008.** First find of *Pomatias rivularis* (Eichwald, 1829) (Mollusca: Pomatiidae) in Croatia. Natura Croatica, 17: 183–192.
- Urbański J. 1932.** Godne ochrony gatunki i zespoły mięczaków województwa poznańskiego. Ochrona Przyrody, 12: 37–44.
- Urbański J. 1933.** Beiträge zur Kenntnis der Molluskenfauna der Wojewodschaft Poznań. Fragmenta Faunistica Musei Zoologici Polonici, 2: 63–95.
- Urbański J. 1935.** Dwa ciekawe gatunki ślimaków w Wielkopolsce. Wydawnictwo Okręgowego Komitetu Ochrony Przyrody na Wielkopolskę i Pomorze w Poznaniu, 5: 108–114.
- Urbański J. 1937.** Bemerkenswerte Weichtierfunde aus Polen. Fragmenta Faunistica Musei Zoologici Polonici, 3: 11–20.

- Urbański J. 1938.** Beiträge zur Kenntnis der Molluskenfauna der Wojewodschaft Poznań, II. Fragmenta Faunistica Musei Zoologici Polonici, 3: 439–467.
- Urbański J. 1939.** Mięczaki Pienin ze szczególnym uwzględnieniem terenu polskiej części parku narodowego. Prace Komisji Matematyczno-Przyrodniczej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, ser. B, 9(3): 1–240 [265–504] + 2 tabl.
- Urbański J. 1947.** Z przyrody Wielkopolskiego Parku Narodowego pod Poznaniem. Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 3(1–2): 4–25.
- Urbański J. 1948.** Reliktowe mięczaki ziem polskich i niektórych krajów przyległych. Ochrona Przyrody, 18: 66–95.
- Urbański J. 1949.** W sprawie ochrony szczątków zespołów kserotermicznych na Tartacznej Górze koło Zwierzyńca (Zamojszczyzna). Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 5(1–3): 62–66.
- Urbański J. 1954.** Przyroda Wielkopolskiego Parku Narodowego. Przegląd Zachodni, 10: 164–180.
- Urbański J. 1955.** Wielkopolski Park Narodowy. PWN, Poznań, 147 s.
- Urbański J. 1956a.** Dziesięć lat badań zoologicznych w projektowanym Wolińskim Parku Narodowym. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Biologia, z. 1(1956): 173–200.
- Urbański J. 1956b.** Rezerwat „Buki” nad Jeziorem Lutomskim. Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 12(6): 22–30.
- Urbański J. 1957.** Z badań nad mięczakami (Mollusca) Parku Narodowego na wyspie Wolin. Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, 19(1955): 328–331.
- Urbański J. 1958.** Poczwarówka *Abida frumentum* Drap. (Gastrop., Pulm.) w rezerwacie Stawska Góra koło Chełma Lubelskiego. Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 19(1): 25–31.
- Urbański J. 1961.** Świat zwierzęcy. W: F. Barciński, B. Krygowski, S. Zajchowska (red.). Województwo Zielonogórskie – Monografia geograficzno-gospodarcza. Instytut Zachodni, Poznań, 133–163.

- Urbański J. 1977.** Mięczaki. Przyroda Ojcowskiego Parku Narodowego. *Studia Naturae*, ser. B, 28: 299–318.
- Varga A. 1977.** A Bükk-hegység Mollusca-faunája. *Folia historico-naturalia Musei Matraensis*, 4: 37–62.
- Varga A. 2000.** Adatok a Cserehát és környékének Mollusca faunájához I. *Folia historico-naturalia Musei Matraensis*, 24: 315–353.
- Waga A. 1857.** Sprawozdanie z podróży naturalistów odbytej w r. 1854 do Ojcowa. (Dokończenie). *Biblioteka Warszawska*, 2: 161–227.
- Waldon B., Rapacka-Gackowska A. 2010.** Stan zachowania i problemy ochrony muraw kserotermicznych w dolinach Wisły i Noteci. W: H. Ratyńska, B. Waldon (red.). *Ciepłolubne murawy w Polsce. Stan zachowania i perspektywy ochrony*. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 110–127.
- Welter-Schultes F. 2012.** *European non-marine molluscs, a guide for species identification*. Planet Poster Editions, Göttingen, 679 s. + 78 tabl.
- Wiktor A. 2004.** Ślimaki lądowe Polski, Mantis, Olsztyn, 302 s.
- Wittmann K. J., Gundacker C. 1999.** *Artenportraits der geschützten Mollusken Wiens*. Projektbericht im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien, MA 22 – Umweltschutz, Wien, 56 s.
- Wodziczko A., Krawiec F., Urbański J. 1938.** *Pomniki i zabytki przyrody Wielkopolski*. Wydawnictwo Okręgowego Komitetu Ochrony Przyrody na Wielkopolskę i Pomorze, Poznań, z. 8: 1–472.
- Zavod za zaštitu prirode Crne Gore. 2011.** *Studija zaštite za Regionalni park „Piva“ (Ranije Regionalni park Bioč, Maglić i Volujak) u opštini Plužine – Stručna podloga*. Podgorica, 120 s.
- Zavod za zaštitu prirode Crne Gore. 2013.** *Studija zaštite za Regionalni park „Komovi“ – Stručna podloga*. Podgorica, 140 s.

Ziemogladczuk K. W., Rabczuk W. P. 2014. Видовой состав наземных моллюсков фауны Бреста. В: Природнае асяроддзе Палесся: зборнік навуковых прац. Нацыянальная акадэмія навук Беларусі, Палескі аграрна-экалагічны інстытут, Брэст, 7: 225–227.

Załączniki

Załącznik 1. Wykaz lokalizacji w Polsce.

A. Wykaz lokalizacji na podstawie piśmiennictwa

Wykaz obejmuje lokalizacje przypisane do regionów fizycznogeograficznych i kwadratów UTM, nazwiska autorów i rok wydania publikacji. Poszczególnym lokalizacjom przypisano jedną jednostkę fizycznogeograficzną. Objasnienie symboli: nawias kwadratowy „[]” – nazwa miejscowości dodana na podstawie lokalizacji stanowiska.

<i>Prowincja:</i>	Niż Środkowoeuropejski
<i>Podprowincja:</i>	Pobrzeża Południowobałtyckie
<i>Makroregion:</i>	Pobrzeże Szczecińskie
<i>Mezoregion:</i>	Dolina Dolnej Odry
<i>Lokalizacja:</i>	Szczecin (VV71): Dohrn 1862 ¹ ; von Martens 1870; Dohrn 1871 ¹ ; Lehmann 1873 ¹ ; Geyer 1909 ¹ ; Boettger 1926a ¹ ; Urbański 1956a ¹ , 1957 ¹ . Uwagi: ¹ okolice Szczecina.
<i>Makroregion:</i>	Pobrzeże Gdańskie
<i>Mezoregion:</i>	Żuławy Wiślane
<i>Lokalizacja:</i>	Gdańsk (CF42): Schumann 1881 ¹ ; Clessin 1884 ¹ ; Riedel 1988 ¹ . Uwagi: ¹ okolice Gdańska.
<i>Podprowincja:</i>	Pojezierza Południowobałtyckie
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Wschodniopomorskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Starogardzkie
<i>Lokalizacja:</i>	Gniew (CE56): Mierzwa-Szymkowiak 2012a.
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Południowopomorskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Dobiegniewskie
<i>Lokalizacja:</i>	Strzelce Krajeńskie (WU35): Dziabaszewski 1967.
<i>Mezoregion:</i>	Równina Drawska
<i>Lokalizacja:</i>	Wologoszcz (WU57): Jaeckel jun. 1950.
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Waleckie
<i>Lokalizacja:</i>	Człopa (WU78): Jaeckel jun. 1950 ¹ . Wałcz (WV90): Geyer 1927. Zalóm (WU78): Frase 1930 ² ; Arndt 1931 ² . Uwagi: ¹ okolice Człopy; ² okolice Załomia.
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Krajeńskie
<i>Lokalizacja:</i>	Brzostowo (XU38): Urbański 1932 ¹ , 1933 ¹ , 1935 ¹ ; Dziabaszewski 1967 ¹ . Dziembowo (XU28): Urbański 1935 ² , 1938 ² . Miasteczko (XU38): Urbański 1932 ¹ , 1933 ¹ , 1935 ¹ ; Dziabaszewski 1967 ¹ . Morzewo (XU28): Urbański 1935 ² , 1938 ² . Strzelewo (XU89): Młodzianowska-Dyrdowska 1928 ³ ; Urbański 1935 ³⁻⁴ . Ślesin (XU89): Müller i Torka 1927 ⁵ ; Urbański 1935 ³ . Uwagi: ¹ między Brzostowem i Miasteczkiem; ² między Dziembowem i Morzewem; ³ między Ślesinem i Strzelewem; ⁴ okolice Strzelewa; ⁵ okolice Ślesina.
<i>Mezoregion:</i>	Bory Tucholskie

- Lokalizacja:* **Sartowice** (CE32): Protz 1896, 1897; Schumann 1905; Geyer 1909¹; Błędowski i Demel 1913; Geyer 1917; Poliński 1924; Boettger 1926a; Geyer 1927; Urbański 1935; Drozdowski 1978; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012.
Uwagi: ¹okolice Sartowic.
- Makroregion:* **Dolina Dolnej Wisły**
- Mezoregion:* Dolina Kwidzyńska
- Lokalizacja:* **Biała Góra** (CE67): Ciechanowski i in. 2004.
- Mezoregion:* Dolina Fordońska
- Lokalizacja:* **Mozgowina** (CD19): Schottmüller 1912; Müller 1920. **Świecie** (CE32): Müller 1920¹; Kadulski 1982; Riedel 1988; Wiktor 2004¹; Mierzwa 2009b.
Uwagi: ¹okolice Świecia.
- Makroregion:* **Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie**
- Mezoregion:* Pojezierze Chełmińskie
- Lokalizacja:* **Waldowo Królewskie** (CD19): Schottmüller 1912.
- Mezoregion:* Pojezierze Dobrzyńskie
- Lokalizacja:* **Biskupice** (DD02): Abraszewska-Kowalczyk i in. 2002¹. **Cierszewo** (DD02): Abraszewska-Kowalczyk i in. 2002¹. **Dobrzyń nad Wisłą** (CD83): Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Murzynowo** (CD92): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Szpetal** (CD73): Poliński 1924.
Uwagi: ¹między Biskupicami i Cierszewem.
- Makroregion:* **Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka**
- Mezoregion:* Kotlina Gorzowska
- Lokalizacja:* **Oborniki** (XU23): Urbański 1938. **Radolinek** (XU07): Koralewska-Batura i Dziabaszewski 2000. **Sieraków** (WU73): Urbański 1935¹, 1938¹; Wodziczko i in. 1938¹; Urbański 1956b². **Skwierzyna** (WU32): Jaeckel jun. 1950.
Uwagi: ¹okolice Sierakowa; ²między Sierakowem i Jaroszewem.
- Mezoregion:* Kotlina Toruńska
- Lokalizacja:* **Bydgoszcz** (BD99): Krause 1874¹; Schumann 1905¹; Schottmüller 1912¹; Müller 1920¹; Poliński 1924; Boettger 1926a¹; Dyradowska 1926¹; Geyer 1927; Młodzianowska-Dyradowska 1928²; Frase 1930¹; Ehrmann 1933; Kuntze i Noskiewicz 1938¹; Wodziczko i in. 1938¹; Berger 1958²; Drozdowski 1978¹; Kadulski 1982³. **Nakło nad Notecią** (XU79): Poliński 1924; Boettger 1926a⁴; Geyer 1927; Młodzianowska-Dyradowska 1928²; Ehrmann 1933; Berger 1958². **Ostromecko** (CD19): Schottmüller 1912; Müller 1920. **Smolno** (CD28): Drozdowski 1978. **Toruń** (CD37): Friedel 1885; Poliński 1919⁵, 1924⁵; Boettger 1926a; Młodzianowska-Dyradowska 1928⁶; Kuntze i Noskiewicz 1938⁵; Jaeckel jun. 1950⁵; Kadulski 1982³. **Występ** (XU78): Müller 1920.
Uwagi: ¹okolice Bydgoszczy; ²między Bydgoszczą i Nakłem nad Notecią; ³między Bydgoszczą i Toruniem; ⁴okolice Nakła nad Notecią; ⁵okolice Torunia; ⁶między Toruniem i Gniewkowem.
- Mezoregion:* Kotlina Płocka
- Lokalizacja:* **Kulin** (CD73): Gostyńska 1959; Drozdowski 1975, 1978, 1980. **Płock** (DD12): Błędowski i Demel 1913; Geyer 1917; Poliński 1917, 1924; Michejda i Urbański 1958; Mierzwa 2010c. **Włocławek** (CD63): Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012c.
- Makroregion:* **Pojezierze Lubuskie**
- Mezoregion:* Bruzda Zbąszyńska
- Lokalizacja:* **Kęszycza** (WU30): Frase 1930; Jaeckel jun. 1950. **Międzyrzecz** (WU31): Dziabaszewski 1967.
- Makroregion:* **Pojezierze Wielkopolskie**

- Mezoregion:* Pojezierze Poznańskie
Lokalizacja: **Jaroszewo** (WU73): Wodziczko i in. 1938¹; Urbański 1938¹, 1956b². **Ludwikowo** (XT28): Wodziczko i in. 1938. **Międzychód** (WU62): Urbański 1938³. **Zielomyśl** (WU52): Czubiński i Urbański 1950; Urbański 1961; Stępczak 1981.
 Uwagi: ¹okolice Jaroszewa; ²między Jaroszewem i Sierakowem; ³okolice Międzychodu.
- Mezoregion:* Poznański Przełom Warty
Lokalizacja: **Poznań** (XU30): Boettger 1926a; Dyrdowska 1926¹; Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Urbański 1933, 1935, 1938¹; Wodziczko i in. 1938; Urbański 1954¹, 1955¹; Dziabaszewski 1967; Koralewska-Batura i Dziabaszewski 2000; Dzieciolowski i Janyszek 2002. **Puszczkowo** (XT29): Urbański 1933, 1935, 1938; Wodziczko i in. 1938; Urbański 1947², 1955; Dziabaszewski 1967.
 Uwagi: ¹okolice Poznania; ²okolice Puszczykowa.
- Mezoregion:* Pojezierze Gnieźnieńskie
Lokalizacja: **Chomiąza Księża** (XU95): Urbański 1932, 1933¹, 1935, 1948¹; Jaeckel jun. 1950¹; Dziabaszewski 1967¹; Kaźmierski 1972¹; Drozdowski 1978¹. **Janikowo** (CD05): Młodzianowska-Dyrdowska 1928²; Urbański 1938; Drozdowski 1978. **Kołuda Mała** (CD04): Dyrdowska 1926; Młodzianowska-Dyrdowska 1928²; Urbański 1935, 1938; Wodziczko i in. 1938³; Drozdowski 1978. **[Kruszwica]** (CD13): Młodzianowska-Dyrdowska 1928⁴; Kuntze i Noskiewicz 1938⁴. **Łukowo** (XU23): Urbański 1933⁵, 1935⁵; Wodziczko i in. 1938⁵; Dziabaszewski 1967⁵. **Mikorzyn** (CD10): Poliński i Demel 1921⁶; Poliński 1924⁶; Dyrdowska 1926⁶; Młodzianowska-Dyrdowska 1928⁶. **Pakość** (CD05): Dyrdowska 1926; Młodzianowska-Dyrdowska 1928⁷; Urbański 1935⁷. **Starczanowo** (XU33): Urbański 1933⁵, 1935⁵; Wodziczko i in. 1938⁵; Dziabaszewski 1967⁵. **Trląg** (CD04): Urbański 1935, 1938; Drozdowski 1978. **Wilczkowo** (XU86): Urbański 1935; Drozdowski 1978. **Żnin** (XU85): Urbański 1935⁸, 1938⁸.
 Uwagi: ¹okolice Chomiąży Księżej; ²między Janikowem i Kołudą Małą; ³okolice Kołudy Małej; ⁴okolice [Kruszwicy]; ⁵między Łukowem i Starczanowem; ⁶okolice Mikorzyna; ⁷okolice Pakości; ⁸okolice Żnina.
- Mezoregion:* Równina Inowrocławska
Lokalizacja: **Gniewkowo** (CD26): Młodzianowska-Dyrdowska 1928¹. **Inowrocław** (CD15): Urbański 1938². **Suchatówka** (CD36): Młodzianowska-Dyrdowska 1928.
 Uwagi: ¹między Gniewkowem i Toruniem; ²okolice Inowrocławia.
- Mezoregion:* Równina Wrzesińska
Lokalizacja: **Kórnik** (XT49): Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Urbański 1932¹, 1935¹, 1938¹, 1954¹, 1955¹; Dziabaszewski 1967¹.
 Uwagi: ¹okolice Kórnika.
- Podprowincja:* **Niziny Środkowopolskie**
Makroregion: **Nizina Południow Wielkopolska**
Mezoregion: Kotlina Szczercowska
Lokalizacja: **Burzenin** (CC40): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Wielka Wieś B** (CC50): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016.
- Makroregion:* **Nizina Śląska**
Mezoregion: Pradolina Wrocławska
Lokalizacja: **Opole** (YS01): Poliński 1919, 1924. **Wrocław** (XS46): Merkel 1894; Mierzwa-Szymkowiak 2012a.
Mezoregion: Kotlina Raciborska

- Lokalizacja:* **Racibórz** (CA05): Scholtz 1852¹, 1853¹; Clessin 1884¹; Boettger 1926a, 1926b; Ehrmann 1933¹.
Uwagi: ¹okolice Raciborza.
- Makroregion:* **Nizina Północnomazowiecka**
- Mezoregion:* Wysoczyzna Płońska
- Lokalizacje:* **Modlin** (DD71): Poliński 1924. **Wyszogród** (DD40): Mierzwa-Szymkowiak 2012c; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Zakroczym** (DD70): Mierzwa 2010c, 2011; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016.
- Makroregion:* **Nizina Środkowomazowiecka**
- Mezoregion:* Kotlina Warszawska
- Lokalizacje:* **Czerwińsk nad Wisłą** (DD50): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Izabelin-Dziekanówek** (DD80): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Łomna** (DD80): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Łomna-Las** (DD80): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Wilkówiec** (DD50): Mierzwa-Szymkowiak 2012c.
- Mezoregion:* Dolina Środkowej Wisły
- Lokalizacje:* **Góra Kalwaria** (EC15): Jankowski 1933. **Górki** (EC17): Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012b, 2012c. **Ostrówek** (EC16): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Otwock** (EC17): Lindholm 1908; Błędowski i Demel 1913; Geyer 1917; Poliński 1924. **Otwock Wielki** (EC16): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Puławy** (EB69): Kaźmierski 1972; Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012. **Skurcza** (EC23): Mierzwa 2010c, 2011; Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Warszawa** (DC98): Feliksiak 1933; Jankowski 1933; Kuntze i Noskiewicz 1938; Gańko 2005; Mierzwa 2010c, 2011. **Wilga** (EC24): Mierzwa 2010c.
- Makroregion:* **Wzniesienia Południowomazowieckie**
- Mezoregion:* Równina Radomska
- Lokalizacja:* **Przyłęk** (EB58): Mierzwa-Szymkowiak 2012c.
- Prowincja:* **Wyżyny Polskie**
- Podprowincja:* **Wyżyna Śląsko-Krakowska**
- Makroregion:* **Wyżyna Śląska**
- Mezoregion:* Chełm
- Lokalizacja:* **Gogolin** (BA89): Poliński 1917¹; Boettger 1926b; Geyer 1927; Ehrmann 1933.
Uwagi: ¹okolice Gogolina.
- Mezoregion:* Pagóry Jaworznickie
- Lokalizacje:* **Chelmek** (CA75): Bąkowski 1884; Stobiecki 1886. **Chrzanów** (CA85): Mazaraki 1979.
- Makroregion:* **Wyżyna Woźnicko-Wieluńska**
- Mezoregion:* Wyżyna Wieluńska
- Lokalizacje:* **Działoszyn** (CB56): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Kamyk** (CB64): Berger 1961. **Węże** (CB46): Berger 1958, 1961.
- Mezoregion:* Obniżenie Górnej Warty
- Lokalizacje:* **Częstochowa** (CB62): Waga 1857¹; Kuntze i Noskiewicz 1938; Kaźmierski 1972. **Zawiercie** (CA89): Ślósarski 1873.
Uwagi: ¹między Częstochową i Krakowem.
- Makroregion:* **Wyżyna Krakowsko-Częstochowska**
- Mezoregion:* Wyżyna Częstochowska
- Lokalizacje:* **Kielniki** (CB72): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Olsztyn** (CB72): Poliński 1917. **Złoty Potok** (CB81): Waga 1857; Błędowski i Demel 1913; Poliński 1917.

- Mezoregion:* Wyżyna Olkuska
Lokalizacje: **Jerzmanowice** (DA16): Poliński 1914. **Łączki** (DA05): Alexandrowicz 1994. **Ojców** (DA16): Waga 1857; Ślósarski 1873; Poliński 1912; Błędowski i Demel 1913; Poliński 1914; Stach 1924¹; Urbański 1939; Dzieczkowski 1972¹; Urbański 1977¹; Šteffek i in. 1990; Alexandrowicz 2000; Pokryszko i in. 2004; Stworzewicz 2008. **Olkusz** (CA97): Ślósarski 1872², 1873²; Poliński 1917. **Sołuszowa** (DA06): Šteffek i in. 1990. **Wierzchowie** (DA15): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016.
 Uwagi: ¹okolice Ojcowa; ²okolice Olkusza.
- Mezoregion:* Garb Tenczyński
Lokalizacje: **Bolęcín** (CA95): Alexandrowicz 1996¹. **Brzoskiwnia** (DA04): Alexandrowicz i Alexandrowicz 2010a². **Czulówek** (DA04): Alexandrowicz 2000³. **Piła Kościelecka** (CA95): Alexandrowicz 1996¹. **Plaża** (CA95): Alexandrowicz 1996¹. **Przebinia Duchowna** (DA04): Alexandrowicz 2000³. **Tenczynek** (DA05): Jachno 1870a, 1870b. **Zabierzów** (DA15): Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995. **Zagórze** (CA84): Mazaraki 1979.
 Uwagi: ¹między Bolęcínem, Plażą i Piłą Kościelecką; ²okolice Brzoskwinii; ³między Przebiną Duchowną i Czulówkiem.
- Podprowincja:* **Wyżyna Małopolska**
- Makroregion:* **Wyżyna Przedborska**
- Mezoregion:* Wzgórze Łopuszańskie
Lokalizacje: **Piekoszów** (DB63): Barga-Więcławska 1997, 2007.
- Makroregion:* **Niecka Nidziańska**
- Mezoregion:* Wyżyna Miechowska
Lokalizacje: **Maszków** (DA26): Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013. **Rzeżuśnia** (DA27): Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013.
- Mezoregion:* Dolina Nidy
Lokalizacje: **Pińczów** (DA69): Urbański 1937¹; Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012¹; Mierzwa-Szymkowiak 2013¹. **Skowronno** (DA69): Urbański 1937¹; Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012¹; Mierzwa-Szymkowiak 2013¹.
 Uwagi: ¹między Skowronnem i Pińczowem.
- Mezoregion:* Niecka Solecka
Lokalizacje: **Gacki** (DA78): Mierzwa-Szymkowiak 2012c; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013. **Skorocice** (DA78): Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013.
- Mezoregion:* Garb Pińczowski
Lokalizacje: **Busko-Zdrój** (DA89): Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013. **Łagiewniki** (DB80): Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013.
- Makroregion:* **Wyżyna Kielecka**
- Mezoregion:* Przedgórze Ilżeckie
Lokalizacje: **Raj** (EB56): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Starachowice** (EB05): Barga-Więcławska i in. 2002.
- Mezoregion:* Góry Świętokrzyskie
Lokalizacje: **Baszowice** (EB03): Barga-Więcławska 1989. **Chęciny** (DB62): Kaznowski 1938¹, 1939¹; Piechocki 1981¹; Barga-Więcławska 1990; Alexandrowicz 1997; Mierzwa 2010b. **Czerwona Góra** (DB62): Piechocki 1981; Alexandrowicz 1997; Barga-Więcławska 1997, 2007. **Kielce** (DB73): Czubiński i

Urbański 1933; Piechocki 1981; Barga-Więclawska 1990; Barga-Więclawska i Koszyk 1993²; Alexandrowicz 1997; Barga-Więclawska 1997; Górka 2005; Barga-Więclawska 2007; Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2010b, 2010c, 2011. **Klonów** (DB85): Sokulska 1979. **Miedzianka** (DB53): Alexandrowicz 1997; Barga-Więclawska 1997³, 2007. **Nowa Słupia** (EB03): Barga-Więclawska 1989⁴, 2009⁴. **Radkowice** (DB62): Barga-Więclawska 1997, 2007. **Rudki** (EB03): Barga-Więclawska 1989.

Uwagi: ¹Chęciny i okolice; ²okolice Kielc; ³okolice Miedzianki; ⁴okolice Nowej Słupi.

Mezoregion: Wyżyna Sandomierska

Lokalizacja: **Kunów** (EB14): Piechocki 1981.

Podprowincja: **Wyżyna Lubelsko-Lwowska**

Makroregion: **Wyżyna Lubelska**

Mezoregion: Małopolski Przełom Wisły

Lokalizacje: **Biedrzychów** (EB53): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Ciszycza Górna** (EB55): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Dębno** (EB53): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Dobre** (EB68): Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016. **Dorotka** (EB55): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Janowiec** (EB68): Riedel 1954; Mierzwa i Szymkowiak 2009; Mierzwa 2010b, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b. **Kaliszany** (EB55): Mierzwa-Szymkowiak 2012b, 2012c. **Kazimierz nad Wisłą** (EB68): Poliński 1917; Riedel 1954; Mierzwa 2010b, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b. **Nasilów** (EB68): Poliński 1917; Mierzwa 2010b, 2010c, 2011; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b. **Nowe** (EB54): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Piotrawin** (EB56): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Słupia Nadbrzeżna** (EB54): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Słupia Nadbrzeżna Kolonia** (EB54): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c.

Mezoregion: Płaskowyż Nałęczowski

Lokalizacje: **Bochotnica** (EB68): Riedel 1954; Mierzwa i Szymkowiak 2009; Mierzwa 2010b, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b. **Lublin** (FB07): Kaźmierski 1972; Pokryszko i in. 2004¹; Mierzwa-Szymkowiak 2012a. **Nałęczów** (EB88): Poliński 1912; Błędowski i Demel 1913; Mierzwa i Kowalewska 2007.

Uwagi: ¹okolice Lublina.

Mezoregion: Wzniesienia Urzędowskie

Lokalizacje: **Annopol** (EB63): Poliński 1924; Mierzwa-Szymkowiak 2012b. **Józefów** (EB55): Jankowski 1935. **Kluczkowice** (EB65): Mierzwa-Szymkowiak 2012b, 2012c. **Wolica Pierwsza** (EB92): Liana 1997.

Mezoregion: Wyniosłość Gielczewska

Lokalizacja: **Bychawa** (FB05): Mierzwa i Kowalewska 2007; Mierzwa 2008a, 2010b, 2010c, 2011.

Makroregion: **Roztocze**

Mezoregion: Roztocze Środkowe

Lokalizacje: **Majdan** (FA67): Ożgo i Zięba 2004. **Tarnawatka** (FB60): Bąkowski i Łomnicki 1892. **Zwierzyniec** (FB30): Urbański 1949; Skuratowicz i Urbański 1953¹.

Uwagi: ¹okolice Zwierzyńca.

Mezoregion: Roztocze Wschodnie

Lokalizacje: **Huta-Złomy** (FA67): Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004. **Mrzyglody Lubyckie** (FA77): Ożgo i Zięba 2004.

Prowincja: **Karpaty i Podkarpacie**

Podprowincja: **Północne Podkarpacie**

- Makroregion:* **Brama Krakowska**
- Mezoregion:* Pomost Krakowski
- Lokalizacja:* **Kraków** (DA24): Scholtz 1852¹, 1853; Waga 1857²; Jachno 1870a, 1870b; Król 1879; Bąkowski 1884; Bąkowski i Łomnicki 1892; Merkel 1894; Poliński 1924¹.
Uwagi: ¹okolice Krakowa; ²między Krakowem i Częstochową.
- Makroregion:* **Kotlina Sandomierska**
- Mezoregion:* Nizina Nadwiślańska
- Lokalizacje:* **Piotrowice** (EB53): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012b, 2012c. **Podgórze** (EB62): Mierzwa-Szymkowiak 2012c. **Sandomierz** (EB51): Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004; Ożgo i Komorowska 2009. **Zawichost** (EB62): Mierzwa-Szymkowiak 2012a, 2012c.
- Mezoregion:* Równina Biłgorajska
- Lokalizacja:* **Hamernia** (FA59): Poliński 1913, 1924.
- Mezoregion:* Pradolina Podkarpacka
- Lokalizacja:* **Rzeszów** (EA74): Bąkowski 1880¹, 1884; Bąkowski i Łomnicki 1892; Ożgo i Zięba 2004; Pokryszko i in. 2004.
Uwagi: ¹Rzeszów i okolice.
- Podprowincja:* **Zewnętrzne Karpaty Zachodnie**
- Makroregion:* **Pogórze Środkowobeskidzkie**
- Mezoregion:* Pogórze Strzyżowskie
- Lokalizacja:* **Strzyżów** (EA52): Bąkowski 1878¹; Król 1879; Bąkowski 1884; Bąkowski i Łomnicki 1892; Pokryszko i in. 2004.
Uwagi: ¹okolice Strzyżowa.
- Mezoregion:* Pogórze Dynowskie
- Lokalizacja:* **Błażowa** (EA72): Brzęk 1933¹; Pokryszko i in. 2004. **Przemysł** (FA21): Kotula 1882; Bąkowski 1884; Bąkowski i Łomnicki 1892; Pokryszko i in. 2004.
Uwagi: ¹okolice Błażowej.
- Mezoregion:* Pogórze Przemyskie
- Lokalizacja:* **Pralkowice** (FA21): Kotula 1882.
- Podprowincja:* **Centralne Karpaty Zachodnie**
- Makroregion:* **Obniżenie Orawsko-Podhalańskie**
- Mezoregion:* Pieniny
- Lokalizacja:* [**Kornaje**] (DV67): Pokryszko i in. 2004; Pokryszko i Maltz 2005.
- Prowincja:* **Niż Wschodniobałtycko-Białoruski**
- Podprowincja:* **Polesie**
- Makroregion:* **Polesie Wołyńskie**
- Mezoregion:* Pagóry Chełmskie
- Lokalizacja:* **Chełm** (FB76): Poliński 1924; Kuntze i Noskiewicz 1938; Urbański 1958¹.
Uwagi: ¹okolice Chełma.
- Prowincja:* **Wyżyny Ukraińskie**
- Podprowincja:* **Wyżyna Wołyńsko-Podolska**
- Makroregion:* **Wyżyna Wołyńska**
- Mezoregion:* Kotlina Hrubieszowska
- Lokalizacja:* **Hrubieszów** (GB03): Ożgo i Komorowska 2009.

B. Wykaz lokalizacji na podstawie kolekcji muzealnych i informacji ustnych

Wykaz obejmuje lokalizacje przypisane do regionów fizycznogeograficznych i kwadratów UTM, nazwiska i inicjały imion zbieraczy materiałów, lata zbioru materiałów, ośrodki naukowe, w których zdeponowano materiały, wskazanie lokalizacji pochodzących z przekazu ustnego. Poszczególnym lokalizacjom przypisano jedną jednostkę fizycznogeograficzną.

Objaśnienia skrótów: ISEZ PAN – Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN; MiIZ PAN – Muzeum i Instytut Zoologii PAN; UAM – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza; UŁ – Uniwersytet Łódzki (kolekcja prof. dr hab. Andrzeja Piechockiego); UWrocław – Uniwersytet Wrocławski; inf. ustna – dane pochodzące z przekazu ustnego; kreska „-” – brak danych; X – brak inicjału imienia; nawias kwadratowy „[]” – nazwa miejscowości dodana na podstawie lokalizacji stanowiska lub nazwisko zbieracza dodane na podstawie inicjałów.

<i>Prowincja:</i>	Niż Środkowoeuropejski
<i>Podprowincja:</i>	Pojezierza Południowobałtyckie
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Wschodniopomorskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Starogardzkie
<i>Lokalizacje:</i>	Gniew (CE56): Kołodziej S. 1969 (UAM). Tymawa (CE56): Kołodziej S. 1969 (UAM).
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Południowopomorskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Krajeńskie
<i>Lokalizacje:</i>	Miasteczko Krajeńskie (XU38): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). Ślesin (XU89): Wiktor A. 1952 (UWr).
<i>Mezoregion:</i>	Bory Tucholskie
<i>Lokalizacje:</i>	Olpuch (CE08): Wiktor A. 1973 ¹ (UWr). Wdzydze (XV98): Wiktor A. 1973 ¹ (UWr). Uwagi: ¹ między Olpuchem i Wdzydzami.
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Chelmińsko-Dobrzyńskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Dobrzyńskie
<i>Lokalizacje:</i>	Dobrzyń nad Wisłą (CD83): Mierzwa D. 2008; Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). Murzynowo (CD92): Huflejt T. 2006; Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN).
<i>Makroregion:</i>	Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka
<i>Mezoregion:</i>	Dolina Środkowej Noteci
<i>Lokalizacja:</i>	Samostrzel (XU69): Wiktor A. 1952 (UWr).
<i>Mezoregion:</i>	Kotlina Toruńska
<i>Lokalizacja:</i>	Toruń (CD37): Liana A. 2008 (MiIZ PAN).
<i>Mezoregion:</i>	Kotlina Płocka
<i>Lokalizacje:</i>	Kulin (CD73): Riedel A. 1954 (MiIZ PAN). Płock (DD12): Skobejko R. 1938 (MiIZ PAN). Włocławek (CD63): Mierzwa D. 2008; Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN).
<i>Makroregion:</i>	Pojezierze Wielkopolskie
<i>Mezoregion:</i>	Pojezierze Gnieźnieńskie
<i>Lokalizacja:</i>	Mikorzyn (CD10): Poliński W. 1918 ¹ (MiIZ PAN). Uwagi: ¹ okolice Mikorzyna.
<i>Podprowincja:</i>	Niziny Środkowopolskie
<i>Makroregion:</i>	Nizina Południowowielkopolska
<i>Mezoregion:</i>	Kotlina Szczercowska

- Lokalizacje:* **Burzenin** (CC40): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). **Wielka Wieś B** (CC50): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN).
- Makroregion:* **Nizina Północnomazowiecka**
- Mezoregion:* Wysoczyzna Płońska
- Lokalizacje:* **Modlin** (DD71): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). **Wyszogród** (DD40): Huflejt T. i Liana A. 2006; Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). **Zakroczym** (DD70): Różycki J. 1926; Wienlich M. 1931; Huflejt T. i Liana A. 2006; Mierzwa D. 2006 (MiIZ PAN).
- Makroregion:* **Nizina Środkowomazowiecka**
- Mezoregion:* Kotlina Warszawska
- Lokalizacje:* **Czerwińsk nad Wisłą** (DD50): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN). **Izabelin-Dzieskanówek** (DD80): Mierzwa-Szymkowiak D. 2015 (MiIZ PAN). **Łomna** (DD80): Eibich A. 2006 (MiIZ PAN). **Łomna-Las** (DD80): Mierzwa D. 2006 (MiIZ PAN). **Wilkówiec** (DD50): Huflejt T. i Liana A. 2006 (MiIZ PAN).
- Mezoregion:* Dolina Środkowej Wisły
- Lokalizacje:* **Górki** (EC17): Mierzwa D. 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 (MiIZ PAN). **Ostrówek** (EC16): Mierzwa D. 2008 (MiIZ PAN). **Otwock Wielki** (EC16): Mierzwa D. 2008 (MiIZ PAN). **Skurcza** (EC23): Mierzwa D. 2006, 2008, 2010 (MiIZ PAN). **Warszawa** (DC98): Janikowski A. 1928; Goljan A. 1939; Mierzwa D. 2008 (MiIZ PAN).
- Makroregion:* **Wzniesienia Południowomazowieckie**
- Mezoregion:* Równina Radomska
- Lokalizacje:* **Przyłęk** (EB58): Huflejt T. 2008 (MiIZ PAN).
- Prowincja:* **Wyżyny Polskie**
- Podprowincja:* **Wyżyna Śląsko-Krakowska**
- Makroregion:* **Wyżyna Śląska**
- Mezoregion:* Garb Tarnogórski
- Lokalizacje:* **Sławków** (CA87): Jurczyk B. 1959 (UAM).
- Mezoregion:* Pagóry Jaworznickie
- Lokalizacje:* **Byczyna** (CB75): Jurczyk B. 1959 (UAM).
- Makroregion:* **Wyżyna Woźnicko-Wieluńska**
- Mezoregion:* Wyżyna Wieluńska
- Lokalizacje:* **Działoszyn** (CB56): Mierzwa-Szymkowiak D. 2013 (MiIZ PAN).
- Makroregion:* **Wyżyna Krakowsko-Częstochowska**
- Mezoregion:* Wyżyna Częstochowska
- Lokalizacje:* **Mirów** (CB90): Poliński W. 1921; Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2010 (MiIZ PAN). **Olsztyn** (CB72): Poliński W. 1920, 1926¹ (MiIZ PAN); Sulikowska-Drozd A. 2006¹ (inf. ustna); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009 (MiIZ PAN). **Przymilowice** (CB82): –1976 (UŁ); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009 (MiIZ PAN). **Siedlec** (CB73): Poliński W. 1920 (MiIZ PAN). **Złoty Potok** (CB81): Grzelak E. 1976 (UŁ).
- Uwagi: ¹okolice Olsztyna.
- Mezoregion:* Wyżyna Olkuska
- Lokalizacje:* **Biały Kościół** (DA15): [Poliński] W. 1918¹ (MiIZ PAN); Maćkiewicz J. 2011 (inf. ustna). **Gacki** (DA15): Poliński W. 1918¹ (MiIZ PAN). **Grodzisko** (DA16): Poliński 1917 (MiIZ PAN). **Ojców**

(DA16): – 1873; Bielawski R. 1952 (MiIZ PAN); Wiktor A. 1956 (UWr). **Psary** (CA95): Jurczyk B. 1958 (UAM). **Soluszowa** (DA06): Jaczewski H. 1925 (MiIZ PAN).

Uwagi: ¹między Gackami i Białym Kościołem.

Mezoregion: Rów Krzeszowicki

Lokalizacje: **Bolechowice** (DA15): Poliński W. – (ISEZ PAN). **Kobylany** (DA15): Bieniasz F. 1876¹ (ISEZ PAN).

Uwagi: ¹okolice Kobylan.

Mezoregion: Garb Tenczyński

Lokalizacje: **Balice** (DA14): Bieniasz F. 1883 (ISEZ PAN). **Mników** (DA04): Stworzewicz E. 1971 (ISEZ PAN). **Piekary** (DA14): Alexandrowicz S. W. 2004 (inf. ustna). **Zabierzów** (DA15): Bieniasz F. 1878 (ISEZ PAN); Alexandrowicz S. W. 2004 (inf. ustna).

Podprowincja: **Wyżyna Małopolska**

Makroregion: **Niecka Nidziańska**

Mezoregion: Wyżyna Miechowska

Lokalizacje: **Maszków** (DA26): Stworzewicz E. 1989 (ISEZ PAN). **Rzeżuśnia** (DA27): Szymczakowski X 1962 (ISEZ PAN).

Mezoregion: Niecka Solecka

Lokalizacja: **Skorocice** (DA78): Sulikowska-Drozd A. 2002 (UŁ).

Mezoregion: Garb Pińczowski

Lokalizacje: **Busko-Zdrój** (DA89): Czarnocki J. 1922¹ (MiIZ PAN). **Łagiewniki** (DA89): Czarnocki J. 1922 (MiIZ PAN).

Uwagi: ¹okolice Buska-Zdroju.

Makroregion: **Wyżyna Kielecka**

Mezoregion: Przedgórze Ilżeckie

Lokalizacje: **Janików** (EB43): Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2010 (MiIZ PAN). **Podszyń** (EB53): Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2010 (MiIZ PAN).

Mezoregion: Góry Świętokrzyskie

Lokalizacje: **Chęciny** (DB62): Piechocki A. 1971¹, 1973¹, 1978¹ (UŁ); Maltz T. 1992 (UWr); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009 (MiIZ PAN). **Czerwona Góra** (DB62): Piechocki A. 1978 (UŁ); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009 (MiIZ PAN). **Jedlnica** (DB52): Piechocki A. 1972 (UŁ). **Kielce** (DB73): – 1880 (ISEZ PAN); Piechocki A. 1978 (UŁ); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009 (MiIZ PAN). **Miedzianka** (DB53): Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2009. **Skiby** (DB62): Czarnocki J. 1921 (MiIZ PAN).

Uwagi: ¹okolice Chęcin.

Mezoregion: Wyżyna Sandomierska

Lokalizacja: **Kunów** (EB14): Piechocki A. –, 1963, 1977 (UŁ).

Mezoregion: Pogórze Szydłowskie

Lokalizacje: **Brudów** (DB71): Czarnocki J. 1926 (MiIZ PAN). **Maleszowa** (DB81): Czarnocki J. 1926 (MiIZ PAN). **Morawica** (DB72): Czarnocki J. 1926 (MiIZ PAN). **Strzelczyce** (DB81): Czarnocki J. 1926 (MiIZ PAN). **Wola Morawicka** (DB71): Mierzwa D. 2009 (MiIZ PAN).

Podprowincja: **Wyżyna Lubelsko-Lwowska**

Makroregion: **Wyżyna Lubelska**

Mezoregion: Małopolski Przełom Wisły

- Lokalizacja:* **Dobre** (EB68): Mierzwa-Szymkowiak D. i Szymkowiak A. 2012 (MiIZ PAN). **Janowiec** (EB68): Mierzwa D. 2007, 2009 (MiIZ PAN). **Kazimierz nad Wisłą** (EB68): Minkiewicz R. 1934; Bielawski R. 1949; Pisarski B. 1950; Riedel A. 1950, 1951 (MiIZ PAN). **Nasilów** (EB 68): Zaborski X –; Mierzwa D. 2007, 2009 (MiIZ PAN).
- Mezoregion:* Płaskowyż Nałęczowski
- Lokalizacja:* **Bochotnica** (EB68): Riedel A. 1950; Mierzwa D. 2007, 2009 (MiIZ PAN). **Lublin** (FB07): Latyński A. 1916¹ (MiIZ PAN). **Nałęczów** (EB88): – 1908; – 1910; Kremky J. 1927 (MiIZ PAN).
Uwagi: ¹okolice Lublina.
- Mezoregion:* Wzniesienia Urzędowskie
- Lokalizacja:* **Kamienna Góra** (EB92): Mierzwa-Szymkowiak D. i Szymkowiak A. 2011 (MiIZ PAN).
- Mezoregion:* Wyniosłość Giełczewska
- Lokalizacja:* **Bychawa** (FB05): Mierzwa D. 2005, 2007, 2009 (MiIZ PAN).
- Mezoregion:* Działy Grabowieckie
- Lokalizacja:* **Świdniki** (FB72): Fiałkowski 1958 (UAM).
- Mezoregion:* Padół Zamojski
- Lokalizacja:* **Niedzieliska** (FB41): Puchyr M. 1989¹ (UŁ).
Uwagi: ¹okolice Niedzielisk.
- Makroregion:* **Roztocze**
- Mezoregion:* Roztocze Środkowe
- Lokalizacja:* **Kąty Drugie** (FB41): Piechocki A. 1989¹ (UŁ). **Tomaszów Lubelski** (FA79): Fiałkowski X – (UAM).
Uwagi: ¹okolice Kątów Drugich.
- Mezoregion:* Roztocze Wschodnie
- Lokalizacja:* **Korhynie** (FA78): Piechocki A. 1989 (UŁ).
- Prowincja:* **Karpaty i Podkarpacie**
- Podprowincja:* **Północne Podkarpacie**
- Makroregion:* **Brama Krakowska**
- Mezoregion:* Pomost Krakowski
- Lokalizacja:* **Kraków** (DA24): Poliński W. 1918, 1921 (MiIZ PAN); Alexandrowicz S. W. 2004 (inf. ustna); Maćkiewicz J. 2011 (inf. ustna).
- Makroregion:* **Kotlina Sandomierska**
- Mezoregion:* Nizina Nadwiślańska
- Lokalizacja:* **Sandomierz** (EB51): Kierych E. 1956¹ (MiIZ PAN).
Uwagi: ¹okolice Sandomierza.
- Mezoregion:* Równina Biłgorajska
- Lokalizacja:* **Hamernia** (FA59): Lorec Z. 1910; Tenenbaum S. 1912 (MiIZ PAN). **Józefów** (FA49): Wiktor A. 1964 (UWr); Matusiak E. 1989 (UŁ).
- Mezoregion:* Pradolina Podkarpacka
- Lokalizacja:* **Czarna Sędziszowska** (EA55): Liana A. 2014 (MiIZ PAN).
- Podprowincja:* **Zewnętrzne Karpaty Zachodnie**
- Makroregion:* **Beskidy Zachodnie**
- Mezoregion:* Beskid Sądecki
- Lokalizacja:* **Piwniczna Zdrój** (DV77): Jurczyk B. 1958 (UAM); Krauze D. 1965 (UAM).
- Makroregion:* **Pogórze Środkowobeskidzkie**

Mezoregion: Pogórze Rożnowskie
Lokalizacja: **Rożnów** (DA71): Wiktor A. 1975 (UWr); Mierzwa D. i Szymkowiak A. 2005 (MiIZ PAN).

Mezoregion: Pogórze Strzyżowskie
Lokalizacja: **Strzyżów** (EA52): Bąkowski J. – (ISEZ PAN).

Mezoregion: Pogórze Dynowskie
Lokalizacje: **Przemysł** (FA21): Kotula X – (ISEZ PAN). **Rzeczpol** (FA11): Piechocki A. 1968 (UŁ).

Mezoregion: Pogórze Bukowskie
Lokalizacja: **Równe** (EV59): Sulikowska-Drozd A. 1998 (inf. ustna).

Prowincja: **Niż Wschodniobałtycko-Białoruski**

Podprowincja: **Polesie**

Makroregion: **Polesie Wołyńskie**

Mezoregion: Obniżenie Dubieńskie
Lokalizacja: **Karolinówka** (FB77): Maltz T. K. 1993 (UWr).

Prowincja: **Wyżyny Ukraińskie**

Podprowincja: **Wyżyna Wołyńsko-Podolska**

Makroregion: **Kotlina Pobuża (Małe Polesie)**

Mezoregion: Równina Bełska
Lokalizacja: **Machnów** (FA88): Piechocki A. 1989 (UŁ).

Załącznik 2. Wykaz siedlisk w Polsce.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Barga-Więclawska 1989	Baszowice	NS	SW		PS
Ciechanowski i in. 2004	Biała Góra	NS		KS	PG(X)
Maćkiewicz 2011*	Biały Kościół	NS		CL	PG
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Biedrzychów	AQ		CG	PG(X)
Riedel 1950*, 1954; Mierzwa 2007*, 2009*, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Bochotnica	AQ	S	CG	
Alexandrowicz 1997	Bolęcín	NS		CL	PG(X)
Alexandrowicz i Alexandrowicz 2010a	Brzoskwinia	NS		CL	
Alexandrowicz i Alexandrowicz 2010a	Brzoskwinia	NS		CL	
Mierzwa-Szymkowiak 2013*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Burzenin	NS		CL	PG(X)
Czarnocki 1922*	okolice Buska-Zdroju	NS		CL	
Mierzwa 2005*, 2007*, 2008a, 2009*	Bychawa	NS		CG	PG(X)
Jurczyk 1959*	Byczyna	AS		CL	
Polínski 1924	Bydgoszcz	AC			
Schottmüller 1912	okolice Bydgoszczy	AC			
Müller 1920	okolice Bydgoszczy	AC			
Młodzianowska-Dyrdowska 1928	między Bydgoszczą i Nakłem nad Notecią	AC			
Kuntze i Noskiewicz 1938; Kadulski 1982	między Bydgoszczą i Toruniem	NF			
Urbański 1958	Chełm Lubelski	NS		CG	PG(X)
Maltz 1992*	Chęciny	AB			PG
Piechocki 1971*, 1981	Chęciny	NS			
Piechocki 1978*, 1981; Mierzwa i Szymkowiak 2009*; Mierzwa 2010b	Chęciny	NS	S	CL	PG(X)
Alexandrowicz 1997	Chęciny	AQ			
Piechocki 1981	okolice Chęcín	AQ			
Piechocki 1981	okolice Chęcín	NS			PF
Piechocki 1981	okolice Chęcín	NS	N		
Urbański 1933	Chomiąza Księża	NL	S		PG
Urbański 1932, 1935, 1948; Jaeckel jun. 1950; Dziabaszewski 1967; Kaźmierski 1972	okolice Chomiąży Księżej	NL	SE		PG
Drozdowski 1978	okolice Chomiąży Księżej	NL			
Abraszewska-Kowalczyk i in. 2002	między Cierszewem i Biskupicami	NP			PG(X)
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Ciszycza Górna	AQ		CG	PG(X)

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Mierzwa-Szymkowiak 2013*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Czerwińsk nad Wisłą	NE			
Piechocki 1978*, 1981; Mierzwa i Szymkowiak 2009*	Czerwona Góra	NS			PF
Alexandrowicz 1997; Barga-Więclawska 1997, 2007	Czerwona Góra	AQ	N, S	KC	PG(X)
Jaekel jun. 1950	okolice Człopy	NL			
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Dębno	AQ		CG	
Mierzwa-Szymkowiak i Szymkowiak 2012*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Dobre	NS			PG(X)
Mierzwa 2008*, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Dobrzyń nad Wisłą	NF			
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Dorotka	NS		CG	
Mierzwa-Szymkowiak 2013*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Działoszyn	NE		CL	(PS)
Mierzwa-Szymkowiak 2013	Gacki	AQ	E, SE	EG	
[Poliński] 1918*	między Gackami i Białym Kościołem	NG		CL	
Clessin 1884	okolice Gdańska	AI			PS
Kołodziej 1969*	Gniew	NF			
Jankowski 1933	Góra Kalwaria	AB			
Mierzwa 2005*, 2006*, 2008*, 2009*, 2010*, 2010c	Górki	NF			
Poliński 1913	Hamernia	NS		CL	
Ożgo i Zięba 2004	Huta Żłomy	NP			PG(X)
Mierzwa-Szymkowiak 2015*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Izabelin-Dziekanówek	NF			
Mierzwa i Szymkowiak 2010*	Janików	AQ		CL	
Mierzwa 2007*, 2009*, 2010c	Janowiec	AQ	SE	CG	PG(X)
Wodziczko i in. 1938	Jaroszewo	AS			
Urbański 1938	okolice Jaroszewa	AS			
Wiktor 1964*	Józefów	NS	SE		PG(X)
Mierzwa-Szymkowiak i Szymkowiak 2011*	Kamienna Góra	NE			PG
Berger 1961	Kamyk	NS		CL	PF
Maltz 1993*	Karolinówka	AS			
Poliński 1917; Riedel 1954	Kazimierz nad Wisłą	NS		CG	PG(X)
Pisarski 1950*	Kazimierz nad Wisłą	NG			
Riedel 1951*	Kazimierz nad Wisłą	NG			
Riedel 1954	Kazimierz nad Wisłą	NS		CG	PG(X)

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Riedel 1954	Kazimierz nad Wisłą	NF		CG	PF
Pisarski 1950*; Riedel 1950*, 1954; Mierzwa 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Kazimierz nad Wisłą	AQ			PG(X)
Piechocki 1989*	Kąty Drugie	NS			
Czubiński i Urbański 1933; Alexandrowicz 1997; Barga-Więclawska 1997; Górka 2005; Barga-Więclawska 2007; Mierzwa 2010c, 2011	Kielce	AQ		CL	PG(X)
Piechocki 1978*; Piechocki 1981; Mierzwa i Szymkowiak 2009*	Kielce	NS	S, SE		PF
Barga-Więclawska i Koszyk 1993; Barga-Więclawska 1997	okolice Kielc	AQ		CL	PG
Barga-Więclawska 1997	okolice Kielc	AQ		CL	
Sokulska 1979	Klonów	NS	S, SW		PS
Wodziczko i in. 1938	okolice Kołudy Małej	NL			
Pokryszko in. 2004; Pokryszko i Maltz 2005	[Kornaje]	NR	S		PF
Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Urbański 1932, 1935, 1938, 1955	Kórnik	NP			PF
Dziabaszewski 1967	okolice Kórnika	NL			
Poliński 1918*; Alexandrowicz 2004*	Kraków	NS		CL	
Poliński 1921*	Kraków	NS		CL	
Alexandrowicz 2004*	Kraków	NS			
Alexandrowicz 2004*; Maćkiewicz 2011*	Kraków	NF		CL	
Młodzianowska-Dyrdowska 1928; Kuntze i Noskiewicz 1938	okolice [Kruszwicy]	NL			
Riedel 1954*	Kulin	NE			
Gostyńska 1959	Kulin	NE	SW, S, SE		PG(X)
Drozdowski 1975	Kulin	NS			PG(X)
Piechocki 1963*, 1977*	Kunów	NE	S		
Piechocki 1981	Kunów	NG			
Latyński 1916*	okolice Lublina	NG			
Czarnocki 1922*	Łagiewniki	NS		CL	
Alexandrowicz 1994	Łączki	NS		CL	
Eibich 2006*	Łomna	NF			
Mierzwa 2006*	Łomna-Las	NF			
Urbański 1935; Wodziczko i in. 1938	między Łukowem i Starczanowem	NP			PF
Ożgo i Zięba 2004	Majdan	NP			PG(X)

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Stworzewicz 1989*	Maszków	NF			
Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Miasteczko-Krajeńskie	NS			
Urbański 1932, 1933	między Miasteczkiem Krajeńskim i Brzostowem	NS			
Barga-Więclawska 1997; Mierzwa i Szymkowiak 2009*	Miedzianka	AQ	SE	CL	PG(X)
Barga-Więclawska 2007	Miedzianka	AQ	N		PS
Urbański 1938	okolice Międzyzychodu	NS			
Poliński 1918*; Poliński i Demel 1921; Poliński 1924; Dyrdowska 1926; Młodzianowska-Dyrdowska 1928	Mikorzyn	NL			
Poliński 1921*; Mierzwa i Szymkowiak 2010*	Mirów	NS		CL	
Stworzewicz 1971*	okolice Mnikowa	NR			
Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Modlin	NE			
Urbański 1938	między Morzewem i Dziembowem	NF			
Ożgo i Zięba 2004	Mrzygłody Lubyckie	NP			PS
Huflejt 2006*; Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Murzynowo	NF			
Boettger 1926a	okolice Nakła nad Notecią	AC			
Poliński 1912	Nałęczów	NS			
Kremky 1927*	Nałęczów	NG			
Mierzwa 2007*, 2009*, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Nasiłów	AQ		CG	PG(X)
Puchyr 1989*	okolice Niedzielisk	NS			
Barga-Więclawska 1989, 2009	okolice Nowej Słupi	NS		KS	PF
Błędowski i Demel 1913	Ojców	NS			
Wiktor 1956*	Ojców	NR		CL	
Dzięczkowski 1972	Ojców	NS			PF
Wiktor 1973*	między Olpuchem i Wdzydzami	NL			
Poliński 1920*	Olsztyn	NS			
Poliński 1926*; Sulikowska-Drozd 2006*; Mierzwa i Szymkowiak 2009*	okolice Olsztyna	NS		CL	
Poliński 1919, 1924	Opole	NF			
Schottmüller 1912	Ostromecko	NF			
Mierzwa 2008*	Ostrówek	NF		KS	
Błędowski i Demel 1913	Otwock	NS			

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Geyer 1917	Otwock	NF			
Poliński 1924	Otwock	NF			
Mierzwa 2008*	Otwock Wielki	NF		KS	
Młodzianowska-Dyrdowska 1928	okolice Pakości	NL			
Alexandrowicz 2004*	Piekary	NF			
Barga-Więclawska 1997, 2007	Piekoszów	AQ	S, N	CL	PG(X)
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Piotrawin	AQ		CG	
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Piotrowice	AQ	E	CG	
Krauze 1965*	Piwniczna Zdrój	NF			
Błądowski i Demel 1913; Poliński 1917	Płock	NS			
Skobejko 1938*	Płock	NF			
Mierzwa 2010c	Płock	NF			
Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Płock	NE			
Mierzwa i Szymkowiak 2010*	Podszyn	NG			
Młodzianowska-Dyrdowska 1928	Poznań	NS			PF
Młodzianowska-Dyrdowska 1928	Poznań	NF			PF
Dziabaszewski 1967; Dzieciołowski i Janyszek 2002	Poznań	AI			PG
Koralewska-Batura i Dziabaszewski 2000	Poznań	NF			PG
Alexandrowicz 2000	między Przeginią Duchowną i Czulówkiem	AQ		CL	PG(X)
Alexandrowicz 2000	między Przeginią Duchowną i Czulówkiem	AQ		CL	PS
Alexandrowicz 2000	między Przeginią Duchowną i Czulówkiem	AQ		CL	
Kotula 1882	Przemyśl	NS			
Mierzwa i Szymkowiak 2009*	Przymiłowice	NS		CL	
Jurczyk 1958*	Psary	NS			
Mierzwa 2010c	Puławy	NF			
Urbański 1933; Dziabaszewski 1967	Puszczkowo	AS			
Urbański 1955	Puszczkowo	NP			PF
Barga-Więclawska 1997, 2007	Radkowice	AQ	S, N	CD	PG(X)
Wiktor 1975*	Rożnów	AS			
Mierzwa-Szymkowiak 2005*	Rożnów	NS			

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Sulikowska-Drozd 1998*	Równe	AQ			
Piechocki 1968*	Rzeczpol	NE			PG(X)
Piechocki 1968*	Rzeczpol	NF			PF
Piechocki 1968*	Rzeczpol	NS			PG(X)
Bąkowski 1880	Rzeszów	NP			
Ożgo i Zięba 2004	Rzeszów	NP			PS
Bąkowski 1880	okolice Rzeszowa	NP			
Wiktor 1952*	Samostrzel	NS			PF
Kierych 1956*	Sandomierz	NS			
Ożgo i Zięba 2004	Sandomierz	NS			PS
Geyer 1909	okolice Sartowic	NE			PS
Poliński 1920*	Siedlec	NS			
Urbański 1935, 1938	Sieraków	NL	SW		PG(X)
Wodziczko i in. 1938	Sieraków	NL	NE		PS
Urbański 1956b	między Sierakowem i Jaroszewem	AS			
Czarnecki 1921*	Skiby	NS		CL	
Sulikowska-Drozd 2002*; Mierzwa 2010a; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012	Skorocice	NS		EG	PG(X)
Urbański 1937	między Skowronnem i Pińczowem	NS			PG
Mierzwa 2006*, 2008*, 2010*, 2010c	Skurcza	NF			
Jurczyk 1959*	Sławków	AB			
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Słupia Nadbrzeżna	NS	S	CG	PF
Mierzwa-Szymkowiak 2012a	Słupia Nadbrzeżna Kolonia	AS	E, W	CG	
Jaczeński 1925*	Sołuszowa	NS			
Barga-Więclawska i in. 2002	Starachowice	NR		CL	PF
Barga-Więclawska i in. 2002	Starachowice	AH			PF
Barga-Więclawska i in. 2002	Starachowice	NG			PF
Urbański 1935	okolice Strzelewa	AC			
Młodzianowska-Dyradowska 1928	między Strzelewem i Ślesinem	NL	E		
Bąkowski 1878	okolice Strzyżowa	AP			
Bąkowski 1878	okolice Strzyżowa	AP			

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Dohrn 1862, 1871; Geyer 1909; Boettger 1926a	okolice Szczecina	AP			
Boettger 1926a	okolice Szczecina	NF			
Urbański 1956a	okolice Szczecina	AP			
Wiktor 1952*	Ślesin	NS			PF
Fiałkowski 1958*	Świdniki	NS			PF
Riedel 1988	Świecie	NF			
Fiałkowski –*	Tomaszów Lubelski	NS			
Poliński 1919, 1924	okolice Torunia	NF			
Urbański 1935	Trląg	NL			
Geyer 1927	Wałcz	NL			
Schottmüller 1912	Wałdowo Królewskie	AC			
Jankowski 1928*	Warszawa	NE			
Feliksiak 1933	Warszawa	NF			
Jankowski 1933	Warszawa	NS			
Jankowski 1933	Warszawa	AB			
Jankowski 1933	Warszawa	AB			
Jankowski 1933; Kuntze i Noskiewicz 1938	Warszawa	NF		KS	
Goljan 1939*; Mierzwa 2008*	Warszawa	NF			
Gańko 2005	Warszawa	AS			PG
Mierzwa 2010c	Warszawa	NF			
Mierzwa-Szymkowiak 2013*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Wielka Wieś B	NS		CL	PG(X)
Mierzwa 2010c	Wilga	NF			
Huflejt i Liana 2006*	Wilkówiec	NE			
Mierzwa 2008*, 2010c; Mierzwa-Szymkowiak 2013*	Włocławek	NE			
Liana 1997	Wolica Pierwsza	AQ			
Huflejt i Liana 2006*; Mierzwa-Szymkowiak 2013*; Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Wyszogród	NE			PS
Bieniasz 1878*; Alexandrowicz 2004*	Zabierzów	NS			
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS	S	CL	PS
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS		CL	
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS	SW	CL	

Załącznik 2. c.d.

Autor/kolekcjoner*, rok	Lokalizacja siedliska	Typ	Wystawa	Podłoże	Roślinność
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS	E	CL	PS
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS		CL	PS
Alexandrowicz i Alexandrowicz 1995	Zabierzów	NS		CL	PF
Wienlich 1931*; Mierzwa 2006*	Zakroczym	NS		KS	PG
Huflejt i Liana 2006*; Mierzwa 2006*, 2010c	Zakroczym	NF		KS	
Mierzwa-Szymkowiak i Maćkiewicz 2016	Zakroczym	NF			
Frase 1930; Arndt 1931	okolice Żalomia	NL			
Urbański 1961	Zielomyśl	NP			PG
Grzelak 1976*	Złoty Potok	NS			PF
Urbański 1949	Zwierzyniec	NS			PS
Skuratowicz i Urbański 1953	Zwierzyniec	NS			
Urbański 1935, 1938	okolice Żnina	NL	S, N		

Objaśnienia skrótów:

Typy siedlisk naturalnych: NS – stoki, zbocza; NR – nagie skały; NP – równiny denudacyjne; NG – wąwozy; NF – tarasy rzeczne; NE – skarpy nadrzeczne; NL – brzegi jezior.

Typy siedlisk antropogenicznych: AQ – kamieniołomy, kopalnie, wyrobiska; AH – hałdy, zwały, usypiska; AS – rowy, nasypy kolejowe i drogowe; AI – tereny zabudowane, ruiny; AB – cmentarze; AP – ogrody, parki, sady, pola; AC – brzegi kanałów.

Wystawa: N – północna; S – południowa; E – wschodnia; W – zachodnia; NE – północno-wschodnia; SE – południowo-wschodnia; SW – południowo-zachodnia.

Podłoże węglanowe: CL – wapienie; CG – opoki; CD – dolomity.

Podłoże ewaporatowe: EG – gipsy.

Podłoże klastyczne: KS – piaski, piaskowce, muły, mułowce; KC – zlepieńce.

Roślinność: PG – trawiasta, w tym PG(X) – kserotermiczna; PS – zaroślowa; PF – leśna.

Autor/kolekcjoner*, rok: „-” – brak daty zbioru materiałów muzealnych.

2. Czynniki środowiskowe a struktura, rozwój i charakterystyka fizyko-chemiczna muszli *Caucasotachea vindobonensis*

2.1. Wstęp

W Polsce zasięg ciągły *Caucasotachea vindobonensis* obejmuje przede wszystkim pas wyżyn, natomiast zasięg wyspowy doliny Wisły, Warty, Odry i Noteci. Gatunek występuje w odmiennych środowiskach – na obszarach zasobnych w wapń oraz ubogich w ten pierwiastek, porośniętych przeważnie roślinnością o charakterze stepowym, ale także ruderalnym i łągowym, w zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych i termicznych (Mierzwa 2009). *C. vindobonensis*, podobnie jak inne gatunki z rodziny Helicidae (np. *Cepaea hortensis*, *C. nemoralis*, *Arianta arbustorum*), charakteryzuje zmienność muszli w różnych środowiskach. Dotyczy ona takich cech jak barwa tła i wzoru w postaci pasków oraz ich liczby. Badania nad zmiennością muszli tego gatunku prowadzili m.in. Schilder (1923), Rotarides (1926), Jones (1973, 1974, 1975), Jones i Parkin (1977), Sacchi (1984), Dhora (1985), Staikou (1999), Honek (2003), Ożgo i Zięba (2004), Swierłowa i Kirpan (2004), Kramarienko i in. (2007), Ożgo i Komorowska (2009), Kramarienko (2016). Najwięcej uwagi poświęcono zmienności barwy pasków na muszli. Stwierdzono, że wpływają na nią różne czynniki mikro- i makroklimateczne (Ożgo i Zięba 2004). Badania nad *C. vindobonensis* prowadzone w górach Welebit w Chorwacji wykazały związek pomiędzy topografią terenu i temperaturą powietrza, a częstością występowania osobników z jasnymi i ciemnymi paskami. Na stromych zboczach górskich pospolite były osobniki z muszlami o jasnych wzorach, podczas gdy w dolinach górskich częstsze były osobniki z muszlami o ciemnych wzorach (Jones 1973, 1974). Z kolei badania prowadzone w północnej Grecji wykazały wpływ temperatury na częstość występowania osobników *C. vindobonensis* z muszlami o jasnych lub ciemnych paskach. Osobniki z muszlami o ciemnych wzorach częstsze były w Logos (gdzie temperatura była niższa) niż w dolinie rzeki Wardar (Staikou 1999). Na przykładzie populacji badanych w Czechach

stwierdzono, że częstość występowania osobników z muszlami o ciemnych i jasnych paskach była związana ze stopniem nasłonecznienia terenu. Na stanowiskach otwartych z roślinnością trawiastą pospolite były osobniki z muszlami o jasnych wzorach, podczas gdy na stanowiskach zacienionych z wysoką roślinnością zielną, osobniki z muszlami o ciemnych wzorach (Honek 2003). Nie wszystkie prowadzone badania wykazały zależności między uwzględnianymi czynnikami a częstością występowania osobników *C. vindobonensis* o muszlach z różną barwą wzoru. Za przykład mogą posłużyć badania przeprowadzone w Rumunii, które nie potwierdziły zależności od takich czynników jak szata roślinna, wysokość n.p.m., ekspozycja stanowiska, odległość od morza (Jones 1975).

Problem czynników kształtujących zmienność muszli u *C. vindobonensis* podejmowali w ramach badań ekogenetycznych m.in. Jones (1973, 1974, 1975), Honek (2003), Swierłowa i Kirpan (2004), Kramarienko i in. (2007), Ożgo (2008), Ożgo i Komorowska (2009). Stwierdzono, że zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi a częstością występowania osobników z muszlami o jasnych lub ciemnych wzorach są efektem selekcji środowiskowej (Jones 1974, 1975; Ożgo 2008; Ożgo i Komorowska 2009). Z kolei brak zależności wskazuje na działanie procesów losowych jak dryf genetyczny lub istnienie innych dotychczas nieopisanych czynników środowiskowych mających wpływ na zmienność muszli (Jones 1974, 1975; Swierłowa i Kirpan 2004; Kramarienko i in. 2007). Może to być także efekt opóźnionej reakcji populacji w stosunku do nowo skolonizowanych siedlisk lub zmian w nich zachodzących. Czasami reakcja gatunku na zmiany środowiskowe może zachodzić wolno, innym razem bardzo szybko (Ożgo 2008).

Zmienność muszli *C. vindobonensis* była także rozpatrywana w kontekście przystosowań do środowiska (Ożgo i Zięba 2004). Podczas badań prowadzonych w Chorwacji i Grecji porównano populacje tego gatunku z muszlami o ciemnych wzorach z populacjami z muszlami o jasnych wzorach pod względem adaptacji do środowiska. Stwierdzono, że w przypadku słabego nasłonecznienia terenu osobniki z muszlami o ciemnych paskach wykazują lepsze przystosowanie, ponieważ szybciej się nagrzewają, więc wymagają krótszego czasu do osiągnięcia temperatury ciała koniecznej do przejścia ze stanu spoczynku (lub estywacji) do aktywności (Jones 1973, 1974, 1975; Ożgo i Komorowska 2009). Zachowanie aktywności ma duże znaczenie dla ślimaków lądowych, ponieważ wpływa na ich cykl rozwojowy. Reguluje m.in. tempo wzrostu i osiągnięcie dojrzałości (Staikou 1999). Z kolei w przypadku silnego nasłonecznienia terenu to osobniki z muszlami o jasnych wzorach były lepiej przystosowane. Pomiarzy prowadzone wczesnym rankiem wykazały, że osobniki z muszlami o jasnych paskach

później osiągały stan aktywności w porównaniu z osobnikami z muszlami o ciemnych paskach, ale dłużej ten stan utrzymywały pomimo wzrostu temperatury i spadku wilgotności. Ponadto w pełnym słońcu osobniki z muszlami o jasnym wzorze utrzymywały niższą temperaturę ciała. Tym samym okazały się mniej narażone na przegrzanie i bardziej odporne na suszę. Mniejsze ujścia i grubsze ściany muszli charakterystyczne dla tych osobników zinterpretowano jako adaptacje poprawiające regulację gospodarki wodnej w suchych środowiskach (Goodfriend 1986; Staikou 1999).

Dotychczasowe badania wskazują na zależności między czynnikami środowiskowymi a cechami muszli *C. vindobonensis* takimi jak barwa tła i pasków, grubość ścian, wielkość ujścia. W badaniach nad ślimakami lądowymi podkreśla się, że czynniki środowiskowe mogą również wpływać na mikrostrukturę muszli oraz skład materiału, z którego są zbudowane. Zależności między rodzajem podłoża a mikrostrukturą muszli wykazano na przykładzie ślimaka lądowego *Notodiscus hookeri* (Charrier i in. 2013). Z kolei badania nad *C. vindobonensis* prowadzone w Rumunii i Polsce sugerują zależności między rodzajem podłoża a składem chemicznym materiału, z którego zbudowane są muszle (Lázár 2002; Mierzwa 2011).

Na tle badań nad czynnikami środowiskowymi wpływającymi na zmienność muszli ślimaków lądowych, *C. vindobonensis* należy do gatunków słabo poznanych. Na potrzebę rozwijania tego typu badań w Polsce wskazuje m.in. zasiedlanie przez ten gatunek siedlisk, w których notuje się różną zawartość związków wapnia w glebie. Stąd w niniejszym rozdziale wyznaczono następujące cele: (1) Określenie warunków środowiskowych na wybranych stanowiskach zasięgu ciągłego i wyspowego *C. vindobonensis*. (2) Określenie zależności między wybranymi czynnikami środowiskowymi związanymi z podłożem a cechami muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach zasięgu ciągłego i wyspowego, a także ocena wielkości różnic pomiędzy cechami muszli ślimaków z analizowanych zasięgów oraz grup porównywanych w eksperymencie. Hipoteza, którą weryfikowano brzmiała: Efektem procesu rozprzestrzenienia populacji *C. vindobonensis* z obszarów zasięgu ciągłego na obszary zasięgu wyspowego jest obecność tego gatunku w różnych warunkach siedliskowych (o odpowiednio wysokiej i niskiej zawartości węgla wapnia w podłożu), co wpływa na wykształcenie muszli o odmiennych parametrach, w porównaniu z muszlami zasięgu ciągłego.

2.2. Teren badań

Badania terenowe przeprowadzono na 12 stanowiskach *Caucasotachea vindobonensis* podzielonych na 4 kategorie.

Kategoria nr 1 – stanowiska kserotermiczne zasięgu ciągłego:

- 1) **Janowiec** (51°19'24"N 21°54'12"E), mezoregion Małopolski Przełom Wisły, skarpy porośnięte zaroślami kserotermicznymi o ekspozycji S i SE, wysokości około 25 m i nachyleniu około 50° (Ryc. 1A);
- 2) **Chęciny** (50°47'44"N 20°28'1"E), mezoregion Góry Świętokrzyskie, zbocze Góry Zamkowej (365 m n.p.m.) porośnięte murawami kserotermicznymi o ekspozycji S i nachyleniu około 40°;
- 3) **Olsztyn** (50°44'16"N 19°16'17"E), mezoregion Wyżyna Częstochowska, zbocza Góry Biakło (340 m n.p.m.) porośnięte murawami kserotermicznymi o ekspozycji SW i NE i nachyleniu około 30°.

Kategoria nr 2 – stanowiska kserotermiczne zasięgu wyspowego:

- 1) **Włocławek** (52°39'53"N 19°8'18"E), mezoregion Kotlina Płocka, skarpa porośnięta zaroślami kserotermicznymi o ekspozycji S, wysokości około 25 m i nachyleniu około 30° (Ryc. 1B);
- 2) **Płock** (52°32'47"N 19°40'44"E), mezoregion Kotlina Płocka, skarpa porośnięta zaroślami kserotermicznymi o ekspozycji SW, wysokości około 30 m i nachyleniu około 40°;
- 3) **Wyszogród** (52°23'2"N 20°10'39"E), mezoregion Wysoczyzna Płocka, skarpa porośnięta zaroślami kserotermicznymi o ekspozycji S, wysokości około 14 m i nachyleniu około 30°.

Na stanowiskach badawczych należących do kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) stwierdzono murawy i zarośla kserotermiczne z dużym udziałem takich gatunków jak: *Dianthus carthesianorum*, *Euphorbia cyparissias*, *Scabiosa canescens*, *Centaurea scabiosa*, *Sedum acre*, *Jovibarba sobolifera*, *Rosa canina* i *Prunus spinosa*. Gleby określone na podstawie map Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego (IUNG-PIB) w Puławach są klasyfikowane jako rędziny. Na stanowiskach należących do kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) dominują natomiast zarośla kserotermiczne z dużym udziałem takich gatunków jak: *Rosa canina*, *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa* i *Rhamnus catharticus*. Roślinność ta rozwija się na zróżnicowanych

litologicznie glinach morenowych oraz luźnych utworach piaszczysto-mułowcowo-ilastych skarp i stoków doliny Wisły. Gleby rozwinięte na wyżej wymienionych utworach klasyfikowane są na podstawie map IUNG-PIB jako gleby brunatne.



Ryc. 1. Przykładowe stanowiska badawcze *C. vindobonensis*. A – Janowiec (kategoria nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego). B – Włocławek (kategoria nr 2 – kserotermy zasięgu wyspowego) (fot. D. Mierzwa-Szymkowiak).

Kategoria nr 3 – stanowiska łąkowe zasięgu ciągłego:

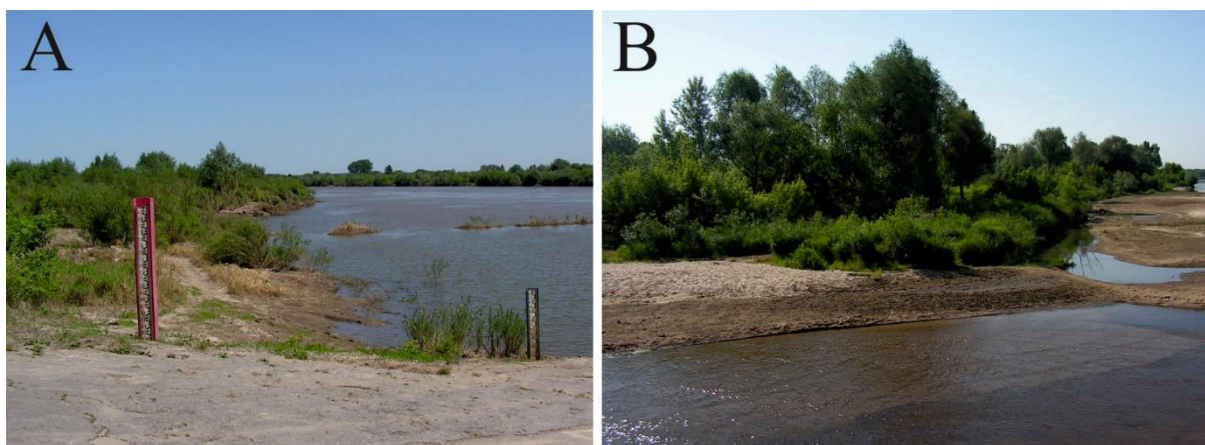
- 1) **Kazimierz nad Wisłą** ($51^{\circ}19'2''N$ $21^{\circ}55'21''E$), mezoregion Małopolski Przełom Wisły, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji NW i W;
- 2) **Słupia Nadbrzeżna** ($50^{\circ}56'58''N$ $21^{\circ}48'26''E$), mezoregion Małopolski Przełom Wisły, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji SE i E;
- 3) **Zawichost** ($50^{\circ}48'25''N$ $21^{\circ}51'49''E$), mezoregion Nizina Nadwiślańska, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji E (Ryc. 2A).

Kategoria nr 4 – stanowiska łąkowe zasięgu wyspowego:

- 1) **Zakroczym** ($52^{\circ}25'45''N$ $20^{\circ}39'9''E$), mezoregion Wysoczyzna Płońska, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji S i SW;
- 2) **Górki** ($52^{\circ}5'48''N$ $21^{\circ}13'1''E$), mezoregion Dolina Środkowej Wisły, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji SW (Ryc. 2B);
- 3) **Warszawa** ($52^{\circ}14'5''N$ $21^{\circ}2'40''E$), mezoregion Dolina Środkowej Wisły, tarasy zalewowe porośnięte łągami o ekspozycji SW.

Stanowiska badawcze należące do kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) położone na tarasach zalewowych Wisły są porośnięte łągami wierzbowo-topolowymi z dużym udziałem *Salix* spp. i *Populus* spp. Łągi wierzbowe dominują na młodych piaszczystych utworach aluwialnych, natomiast łągi topolowe na utworach aluwialnych

starszych i rzadziej zalewanych. Gleby określone na podstawie map IUNG-PIB są klasyfikowane jako mady.



Ryc. 2. Przykładowe stanowiska badawcze *C. vindobonensis*. A – Zawichost (kategoria nr 3 – łęgi zasięgu ciągłego). B – Górki (kategoria nr 4 – łęgi zasięgu wyspowego) (fot. D. Mierzwa-Szymkowiak).

2.3. Metodyka i materiały

A. Badania właściwości gleby

1. Oznaczenie stopnia nasłonecznienia terenu, temperatury i pH gleby

Pomiary nasłonecznienia terenu i temperatury gleby na badanych stanowiskach wykonano za pomocą elektronicznego miernika Conrad Q1100. Urządzenie mierzy nasłonecznienie w dziewięcioprzędziałowej skali, na której poszczególnym przedziałom przypisano wartości w punktach: Low– (1 pkt), Low (2 pkt), Low+ (3 pkt), Nor– (4 pkt), Nor (5 pkt), Nor+ (6 pkt), High– (7 pkt), High (8 pkt), High+ (9 pkt), gdzie Low– (1 pkt) oznacza najniższe nasłonecznienie, a High+ (9 pkt) najwyższe nasłonecznienie. Miernik ten mierzy temperaturę w zakresie od -9°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Oznaczenie pH wykonano za pomocą pH-metru mikroprocesorowego Slandi SP300 wyposażonego w sondę do badania gleby. Pomiary nasłonecznienia terenu, temperatury i pH gleby przeprowadzono 4 razy w ciągu 2 lat (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). Łącznie wykonano 1440 pomiarów na 12 stanowiskach (120 pomiarów na każdym stanowisku) w obrębie płatów roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk (zał. 1).

2. Badania wilgotności gleby metodą suszarkową

Oznaczenie wilgotności gleby przeprowadzono metodą suszarkową. Próby gleby suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 105°C do chwili ustabilizowania się ich masy. Wilgotność obliczono ze stosunku ilości wody usuniętej w procesie suszenia do całkowitej masy suchej gleby. Wielkość tę wyrażono w [%] według zależności:

$$w = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\%$$

gdzie:

w – wilgotność gleby [%],

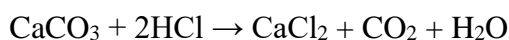
m – masa gleby wilgotnej [kg],

m_s – masa gleby wysuszonej [kg].

Badania przeprowadzono 4 razy w ciągu 2 lat (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). Łącznie pobrano 1440 prób na 12 stanowiskach (120 prób na każdym stanowisku) w obrębie pól roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk (zał. 1).

3. Oznaczenie zawartości węglanu wapnia w glebie metodą Scheiblera

Oznaczenie zawartości węglanu wapnia w glebie wykonano metodą objętościową Scheiblera. W badaniach wykorzystano aparat Scheiblera z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Metoda polega na objętościowym oznaczeniu dwutlenku węgla wydzielonego pod wpływem reakcji próbek gleby przesianych na sicie (1 próbka o masie 10 g) z 10% kwasem solnym. Reakcja przebiega następująco:



Procentową zawartość węglanu wapnia obliczono według wzoru:

$$\text{CaCO}_3[\%] = \frac{Q \cdot a}{m} \times 100$$

gdzie:

Q – objętość wydzielonego CO₂ odczytana na aparacie Scheiblera [cm³],

a – współczynnik odczytany z tabeli określający ilość miligramów CaCO₃ jaka jest potrzebna, aby w określonych warunkach ciśnienia i temperatury wydzielić 1 cm³ CO₂ [mg],

m – naważka gleby [g] pomnożona przez 1000.

Badania prowadzono 4 razy w ciągu roku (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). Łącznie pobrano 1440 prób na 12 stanowiskach (120 prób na każdym stanowisku) w obrębie płatów roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk (zał. 1).

B. Badania muszli

1. Biometryczne pomiary muszli

Biometryczne pomiary muszli wykonano za pomocą suwmiarki. Uwzględniono następujące cechy muszli: wysokość (H), szerokość (B), wysokość skrętki (S), wysokość ostatniego zwoju (W), wysokość ujścia (h), szerokość ujścia (b). Obliczono także wskaźniki kształtu: stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B), stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H), stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H), stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b). Pomiary obejmowały 360 muszli dorosłych osobników z 12 stanowisk (po 30 muszli z każdego stanowiska) zebranych w obrębie płatów roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk (zał. 1). Muszle zbierano w okresie sezonów wiosenno-letnich (180 muszli w pierwszym roku i 180 muszli w drugim roku). W miejscach zbioru muszli dokonano pomiarów parametrów gleby oraz pobrano próby do badań laboratoryjnych. Po dokonaniu pomiarów biometrycznych muszle przecięto na pół (cięcie podłużne) za pomocą piły z tarczą diamentową. Fragmenty muszli użyto do pomiarów grubości ścian ostatniego zwoju. W badaniach wykorzystano mikroskop cyfrowy Keyence VHX-5000 udostępniony przez firmę Keyence Polska w Muzeum i Instytucie Zoologii PAN.

2. Badania struktury muszli za pomocą mikroskopów optycznych

W badaniach wykorzystano płytki cienkie wykonane z muszli zalanych w żywicy epoksydowej Araldit 2020, następnie cięte i polerowane do grubości 0,2 mm. Obrazowanie periostrakum i barwnych wzorów muszli przeprowadzono kolejno za pomocą mikroskopu cyfrowego Keyence VHX-5000 w Muzeum i Instytucie Zoologii PAN, mikroskopu epifluorescencyjnego Nikon Eclipse 80i w Instytucie Paleobiologii PAN i mikroskopu polaryzacyjnego Nikon Eclipse E600 POL w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym. Do obserwacji wykorzystano 24 płytki cienkie z muszli dorosłych osobników z 12 stanowisk (po 2 muszle z każdego stanowiska) (zał. 1). Wyniki prezentowane w podrozdziale 2.4 obejmują przykładowe obrazy.

3. Badania struktury muszli za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM)

W badaniach wykorzystano płytki cienkie wykonane metodą opisaną w pkt 2. Poddano je trawieniu 5% kwasem mrówkowym przez 30 s w celu lepszego uwidocznienia wewnętrznej struktury muszli. Obserwacje przeprowadzono za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego Hitachi S-3400N w Muzeum i Instytucie Zoologii PAN. Mikroskop wyposażony w detektor elektronów wstecznie rozproszonych (Backscattered Electron Detector – BSE) pracował w trybie niskiej próżni (Low Vacuum) służącej do obrazowania materiałów nieprzewodzących. Do obserwacji wykorzystano 24 płytki cienkie z muszli zebranych na 12 stanowiskach należących do 4 kategorii (po 2 muszle z każdego stanowiska) (zał. 1). Wyniki prezentowane w podrozdziale 2.4 obejmują przykładowe obrazy z 4 stanowisk (po 1 stanowisku z każdej kategorii).

4. Określenie składu chemicznego muszli metodą spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS)

W badaniach wykorzystano zgłądy w postaci fragmentów muszli zalanych w żywicy epoksydowej Araldit 2020. Zastosowano elektronowy mikroskop skaningowy Hitachi S-3400N w Muzeum i Instytucie Zoologii PAN wyposażony w mikroanalizator rentgenowski EDS. Analizy ilościowe pierwiastków (Ca, C, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn, Sr) w mikroobszarach przeprowadzono za pomocą detektora promieniowania rentgenowskiego SuperDry II. Analizy te wykonano z dokładnością 0,5%. Wyniki analizowano przy użyciu programu Noran SIX System z wykorzystaniem metody Proza (Phi-Rho-Z). Pomiary obejmowały 120 fragmentów muszli z 12 stanowisk (po 10 muszli z każdego stanowiska) (zał. 1).

5. Identyfikacja fazy krystalicznej muszli metodą dyfraktometrii rentgenowskiej (XRD)

Muszle skruszono w prasie, a następnie roztarto w moździerzu. Otrzymane próbki w postaci proszku badano za pomocą wysokorozdzielczego dyfraktometru Bruker D8 Advance na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, pracującego w geometrii typu Bragg-Brentano. W badaniach zastosowano lampę z anodą miedzianą z charakterystycznym dla niej promieniowaniem ($\text{CuK}\alpha$) o długości $\lambda=0,15406\text{\AA}$ w zakresie kątowym $2\theta=25^\circ\text{--}45^\circ$. Dyfraktometria rentgenowska pozwoliła na identyfikację fazy krystalicznej oraz oszacowanie wielkości kryształitów w badanych próbkach. Identyfikacja fazy polegała na dopasowaniu otrzymanego rentgenowskiego widma dyfrakcyjnego na podstawie refleksów i ich intensywności do bazy ICDD (International Centre for Diffraction Data). Do analizy fazy wykorzystano karty identyfikacji faz JCPDS (Joint Committee for

Powder Diffraction Standards) dla aragonitu (karty nr 01-070-9854 lub 00-041-1475). Widma dyfrakcji rentgenowskiej posłużyły do oszacowania wielkości kryształitów. Wielkość kryształitów obliczono z szerokich pików XRD, opierając się na wzorze Scherrera:

$$D = \frac{K\lambda}{FWHM \cos \theta}$$

gdzie:

D – średnia wielkość kryształitu [nm],

K – współczynnik kształtu [$\approx 0,9$],

λ – długość fali użytego promieniowania rentgenowskiego [nm] ($\lambda=0,0154$ nm dla promieniowania $K\alpha$ lampy z anodą miedzianą),

FWHM – szerokość połówkowa refleksu dyfrakcyjnego [radian],

θ – kąt dyfrakcji pod którym obserwowany jest przyjęty do obliczeń refleks [$^{\circ}$].

Badania wykonano na 4 próbach proszkowych (po 1 próbie z 15 muszli; po 5 muszli z każdego stanowiska) dla 4 kategorii stanowisk (zał. 1).

6. Badania mikrotwardości muszli metodą Vickersa

Badania mikrotwardości przeprowadzono metodą Vickersa na zgładach muszli opisanych w pkt 4, używając twardościomierza Wilson-Hardness. Metoda Vickersa polega na wgnieceniu wgłębnika w postaci foremnego, czworokątnego ostrosłupa diamentowego o kącie dwuściennym $\alpha=136^{\circ}$ w płaską powierzchnię ściany ostatniego zwoju badanej muszli pod obciążeniem $F=0,025HV$ prostopadłym do tej powierzchni, a następnie zmierzeniu przekątnych powstałego odcisku w kształcie kwadratu. Pomiaru obejmowały 120 fragmentów muszli z 12 stanowisk (po 10 muszli z każdego stanowiska) (zał. 1). Do analizy wyników zastosowano oprogramowanie dokonujące automatycznego pomiaru twardości na podstawie algorytmów rozpoznawania odcisków. Badania przeprowadzono w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej.

7. Określenie tempa wzrostu muszli (eksperyment)

Do przeprowadzenia eksperymentu wykorzystano komorę termiczną ST 500 TopPlus firmy Pol-Eko w Muzeum i Instytucie Zoologii PAN. W czasie eksperymentu trwającego 10 tygodni w komorze utrzymywano następujące parametry: temperatura $20^{\circ}C$, wentylacja 40%, wilgotność w przedziale 40–50%, oświetlenie 12h na dobę od godziny 7 do 19 (dwie lampy 13 W w oprawkach TL5012). Młode osobniki *C. vindobonensis* zebrano na stanowisku w Górkach (kategoria nr 4 – łęgi zasięgu wyspowego) o niskim poziomie $CaCO_3$ w glebie.

Osobniki podzielono na dwie grupy: kontrolną (30 osobników) i eksperymentalną (30 osobników), a następnie umieszczono pojedynczo w przezroczystych, plastikowych pojemnikach tej samej wielkości (zał. 1). Dno pojemników wyłożono wilgotną ligniną. Tygodniowa waga pożywienia wynosiła 10 g i obejmowała: 5 g sałaty, 2 g marchwi, 2 g ziemniaka i 1 g jabłka. Przed rozpoczęciem eksperymentu przez 2 tygodnie podawano ten sam pokarm w dwóch grupach. Po upływie 2 tygodni pokarm w grupie eksperymentalnej wzbogacono w węglan wapnia (0,5 g) w postaci proszku kalcytowego. Raz w tygodniu mierzono szerokość i wysokość muszli ślimaków za pomocą suwmiarki, myto pojemniki oraz wymieniano ligninę i pokarm.

C. Metody statystyczne

W celu sprawdzenia, czy istnieją istotne statystycznie związki pomiędzy zmiennymi oraz jaka jest siła i kierunek tych związków zastosowano analizę korelacji rang Spearmana. W jego interpretacji zastosowano określenia: $0 < r_s < 0,2$ korelacja bardzo niska; $0,2 \leq r_s < 0,4$ korelacja niska; $0,4 \leq r_s < 0,6$ korelacja umiarkowana; $0,6 \leq r_s < 0,8$ korelacja wysoka; $0,8 \leq r_s \leq 1$ korelacja bardzo wysoka. W celu sprawdzenia, czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy: (1) dwiema kategoriami stanowisk tzn. nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie parametrów gleby i muszli; (2) dwiema grupami tzn. kontrolną i eksperymentalną w zakresie parametrów muszli zastosowano test U Manna-Whitneya dla prób niezależnych. Wybrano ten test, ponieważ rozkład parametrów gleby i muszli nie był zgodny z rozkładem normalnym. W celu zbadania istotności statystycznej różnic w zakresie szerokości i wysokości muszli pomiędzy kolejnymi tygodniami tzn. 2 i 1, 3 i 2, 4 i 3 itd. osobno w grupie kontrolnej i eksperymentalnej zastosowano test Wilcoxon dla prób zależnych. Wybrano ten test, ponieważ rozkład parametrów muszli również nie był zgodny z rozkładem normalnym. W analizie statystycznej wyników dla zmiennych ilościowych podano średnią (M), minimum (Min), maksimum (Max) oraz odchylenie standardowe (SD). Za poziom istotny statystycznie przyjęto wartość $\alpha=0,05$. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics 24.

2.4. Wyniki

Na 12 stanowiskach *Caucasotachea vindobonensis* podzielonych na 4 kategorie (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego i 4 – łągi zasięgu wyspowego) zbadano warunki środowiskowe oraz zależności pomiędzy wybranymi czynnikami środowiskowymi a cechami muszli tego gatunku. Uwzględniono takie czynniki jak: zawartość węglanu wapnia w glebie, odczyn, wilgotność i temperatura gleby oraz nasłonecznienie terenu. Do badań gleby i muszli zastosowano metody laboratoryjne. Następnie porównano stanowiska z kategorii nr 1 i 2 oraz 3 i 4 w zakresie parametrów gleby i muszli. Do sprawdzenia, czy istnieją korelacje pomiędzy zmiennymi, jaka jest siła i kierunek tych korelacji oraz czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi kategoriami zastosowano testy statystyczne. Dodatkowo przeprowadzono eksperyment laboratoryjny w celu zbadania wzrostu muszli *C. vindobonensis* w zależności od składu diety. Do sprawdzenia, czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy grupą kontrolną i eksperymentalną w zakresie szerokości i wysokości muszli, a także jakie jest tempo wzrostu w kolejnych tygodniach osobno dla tych dwóch grup, zastosowano testy statystyczne.

2.4.1. Charakterystyka stanowisk

Na podstawie parametrów czynników środowiskowych (zał. 2) scharakteryzowano 4 kategorie stanowisk *Caucasotachea vindobonensis*:

- 1. suche, zasobne w węglan wapnia, kserotermiczne** (nazywane kserotermami zasięgu ciągłego): Janowiec, Chęciny, Olsztyn;
- 2. suche, ubogie w węglan wapnia, kserotermiczne** (nazwane kserotermami zasięgu wyspowego): Włocławek, Płock, Wyszogród;
- 3. wilgotne, zasobne w węglan wapnia, łągowe** (nazwane łągami zasięgu ciągłego): Kazimierz nad Wisłą, Słupia Nadbrzeżna, Zawichost;
- 4. wilgotne, ubogie w węglan wapnia, łągowe** (nazwane łągami zasięgu wyspowego): Zakroczym, Górki, Warszawa.

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy:

a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w zakresie parametrów wszystkich zmiennych środowiskowych (Tab. 1):

- zawartość CaCO_3 w glebie, $Z=-23,222$; $p<0,001$;
- pH gleby, $Z=-22,171$; $p<0,001$;

- nasłonecznienie terenu, $Z=-4,333$; $p<0,01$;
- temperatura gleby, $Z=-3,063$; $p<0,001$;
- wilgotność gleby, $Z=-12,703$; $p<0,001$.

Tabela 1. Statystyki opisowe dotyczące parametrów gleby na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego).

Zmienna	Numer kategorii stanowisk					
	1			2		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	7,5	5,87–11,18	0,96	2,3	1,12–4,83	0,72
pH gleby	7,29	6,46–7,87	0,3	6,44	5,67–7,09	0,31
Nasłonecznienie terenu [pkt]	7,63	6–9	0,68	7,43	6–9,5	0,72
Temperatura gleby [°C]	19,57	15,5–24	2,55	19,05	14,5–24	2,44
Wilgotność gleby [%]	19,9	16,56–23,72	1,49	22,14	17,97–28,16	2,34

Zawartość CaCO₃ w glebie, pH, nasłonecznienie i temperatura dla stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) były istotnie wyższe, a wilgotność istotnie niższa w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego).

b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie parametrów wszystkich zmiennych środowiskowych (Tab. 2):

- zawartość CaCO₃ w glebie, $Z=-23,222$; $p<0,001$;
- pH gleby, $Z=-18,047$; $p<0,001$;
- nasłonecznienie terenu, $Z=-4,531$; $p<0,001$;
- temperatura gleby, $Z=-3,636$; $p<0,001$;
- wilgotność gleby, $Z=-3,838$; $p<0,001$.

Tabela 2. Statystyki opisowe dotyczące parametrów gleby na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego).

Zmienna	Numer kategorii stanowisk					
	3			4		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	8,01	6,31–10,52	1,08	2,09	0,29–5,39	1,15
pH gleby	7,31	6,12–7,92	0,43	6,6	5,86–7,25	0,33
Nasłonecznienie terenu [pkt]	4,37	3–6,5	0,83	4,65	3,5–6	0,67
Temperatura gleby [°C]	18,25	16–21	1,09	18,46	16,5–21	0,91
Wilgotność gleby [%]	41,77	31,55–51,38	4,44	40,17	29,89–50,41	4,38

Stanowiska z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) charakteryzowała istotnie wyższa zawartość CaCO₃, wyższe pH oraz wilgotność, natomiast istotnie niższe nasłonecznienie i temperatura w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego).

2.4.2. Struktura i parametry morfometryczne muszli

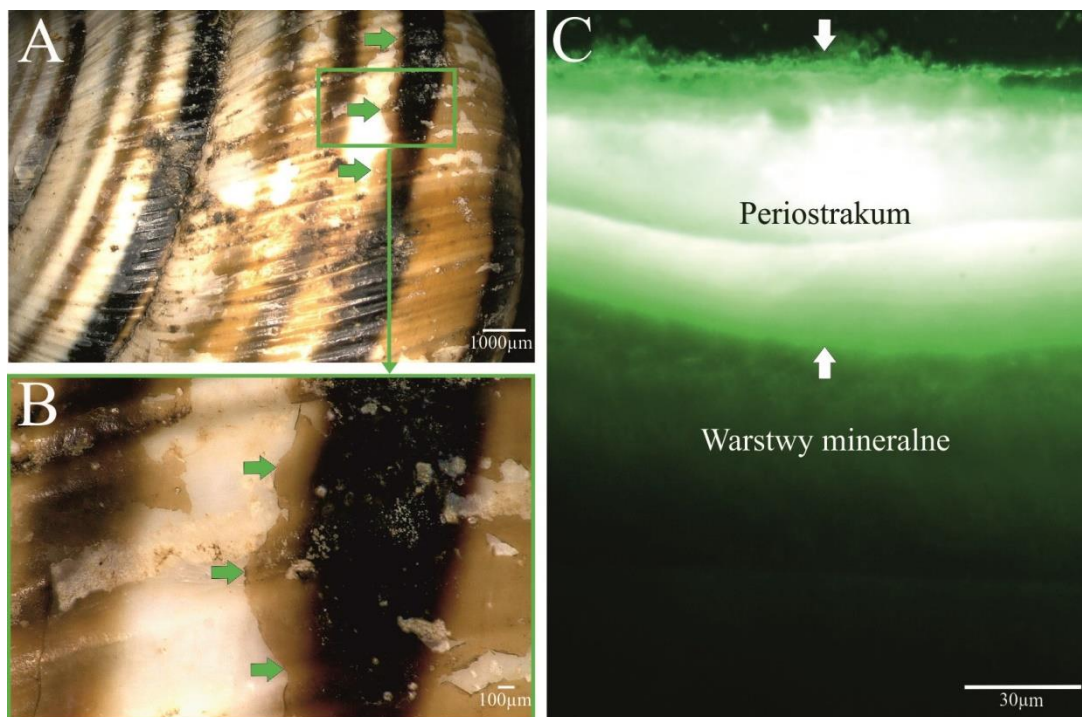
Morfologia muszli

Muszla *Caucasotachea vindobonensis* jest stożkowa o uniesionych i szeroko zachodzących na siebie skrętach. Według Wiktora (2004) szerokość muszli w stadium dorosłym wynosi 20–26 mm, wysokość 17–24 mm, a liczba skrętów 5–5,5. Muszle mierzone w ramach niniejszych badań miały odpowiednio parametry 18,6–23,9 mm i 16,1–23,1 mm. Barwa muszli jest jasna, najczęściej biała lub kremowożółta ze wzorem barwnym w postaci pasków. Paski ciemne, brunatne lub jasne o żółtawym zabarwieniu. Na najmłodszych skrętach 5 pasków, natomiast na starszych widoczne 1–3 paski. Warga różowa (Ryc. 3).



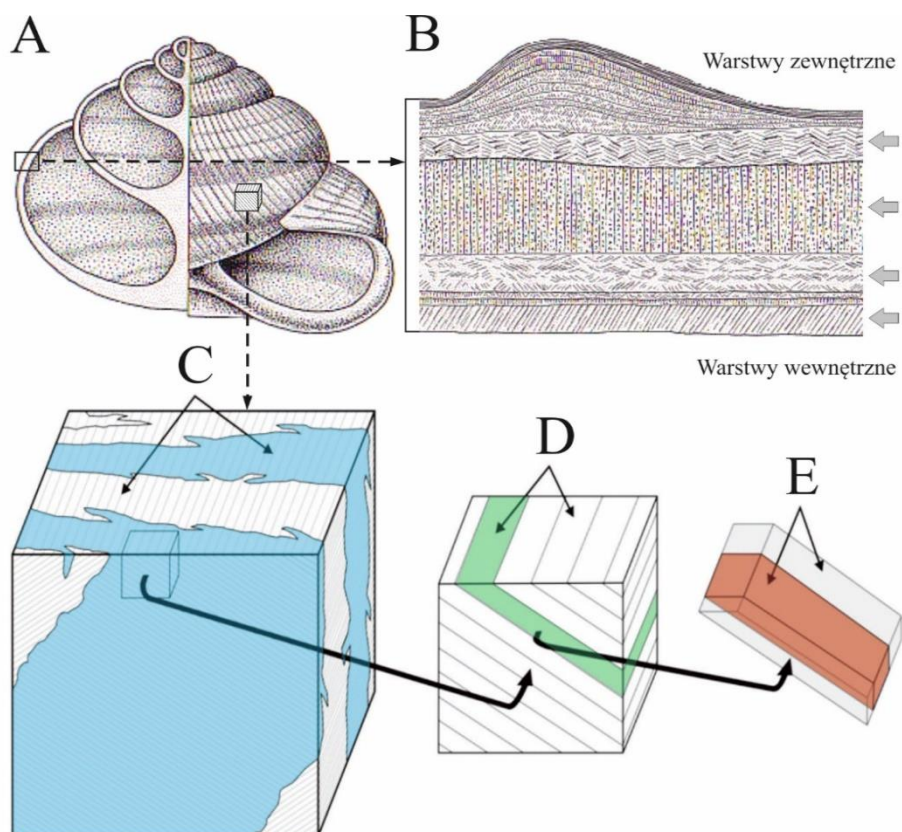
Ryc. 3. Muszla *C. vindobonensis*. A – Rzut boczny. B – Rzut dolny. C – Przekrój podłużny (opracowanie własne).

Najbardziej zewnętrzną warstwą muszli *C. vindobonensis* jest organiczne, jednowarstwowe i przezroczyste periostrakum o grubości ok. 60 µm (Ryc. 4). Warstwa ta może być u osobników dorosłych zachowana na całej powierzchni muszli (okazy ciemniejsze i lśniące głównie ze stanowisk z kategorii nr 2 – kserotermy zasięgu wyspowego i 4 – łągi zasięgu wyspowego), lub w różnym stopniu zdegradowana, aż do całkowitego braku (okazy jaśniejsze i matowe głównie ze stanowisk z kategorii nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego i 3 – łągi zasięgu ciągłego). Powierzchnia protokonchy jest niemal gładka, natomiast powierzchnia skrętów definitywnych urzeźbiona w postaci delikatnych radialnych żeberek.



Ryc. 4. Typowy obraz periostrakum muszli *C. vindobonensis* – ze stanowiska w Janowcu (kategoria nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego). A i B – Fragmenty periostrakum – zielone strzałki (obrazy z cyfrowego mikroskopu Keyence VHX-5000) (opracowanie własne). C – Przekrój podłużny przez ścianę muszli. Luminescencja zewnętrznej części muszli (między białymi strzałkami) jest charakterystyczna dla organicznego periostrakum, warstwy mineralne – poniżej – nie wykazują wydatnej fluorescencji (mikroskop epifluorescencyjny Nikon Eclipse 80i, filtr B-2A) (opracowanie Stolarski).

Pod periostrakum muszla tego gatunku wykazuje strukturę skrzyżowanych płytek (ang. *cross lamellar structure*) (Ryc. 5–7). Struktura ta zbudowana jest z elementów przypominających kształtem płytki (Bøggild 1930; Taylor i in. 1969; Yates 1986). Tworzą one 4 warstwy o zmiennej grubości. Miejscami liczba warstw jest mniejsza lub większa. Najwięcej (5 warstw) występowało w najmłodszych skrętach muszli, najmniej (3 warstwy) w skrętach starszych oraz w pobliżu szwów łączących poszczególne skręty. Wszystkie warstwy mają podobną budowę, zmienia się tylko orientacja tworzących je płytek. Płytki I-rzędowe mają kształt zbliżony do prostokątów i są ułożone równoległe do siebie. Zbudowane są z płytek II-rzędowych, a te kolejno z płytek III-rzędowych. Płytki II-rzędowe mają kształt płatów i w dwóch sąsiednich płytkach I-rzędowych są ustawione względem siebie pod kątem około 82° lub 98° (Bøggild 1930; Taylor i in. 1969; Pramatarova 2003). Płytki III-rzędowe mają kształt zbliżony do prętów. W dwóch sąsiednich płytkach II-rzędowych wykazują względem siebie różną orientację (Dauphin i in. 2003).



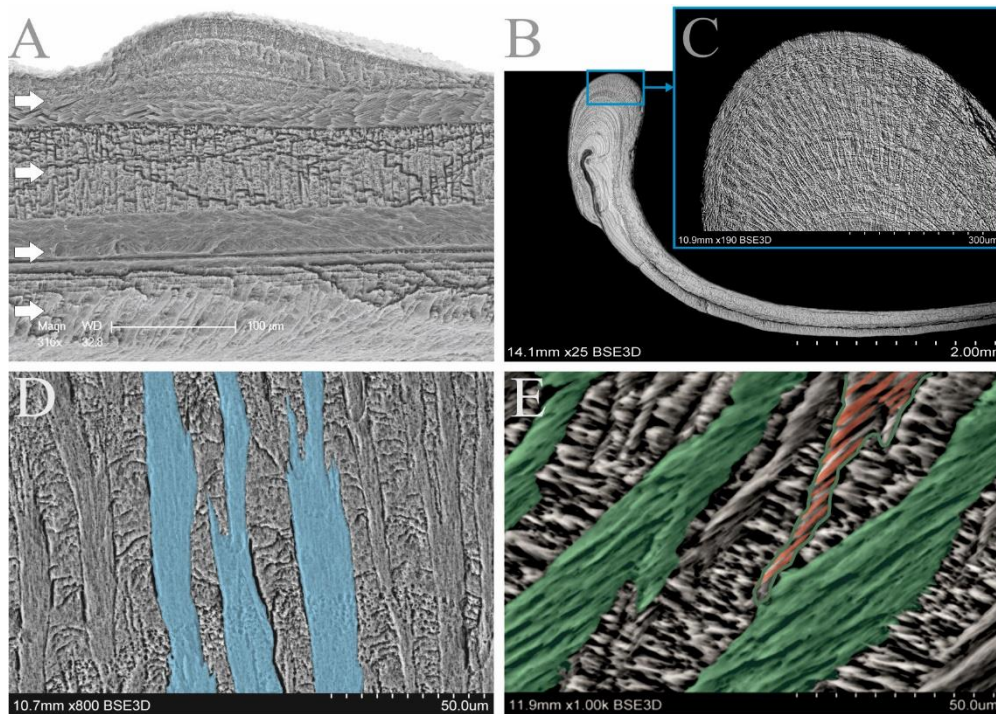
Ryc. 5. Schemat struktury skrzyżowanych płytek muszli *C. vindobonensis*. A – Przekrój podłużny przez fragment muszli. B – Przekrój podłużny przez ścianę muszli. Zaznaczono cztery warstwy mineralne (szare strzałki) (opracowanie Stolarski i Mierzwa-Szymkowiak). C–E – Kolejno płytki I-, II-, III-rzędowe (wg: Rodríguez-Navarro i in. 2012, zmienione).

Pigmenty w muszli *C. vindobonensis* koncentrują się w postaci: brunatnych (rzadziej żółtawych) pasków biegnących wzdłuż skrętów oraz różowej smugi na wardze. Mogą one występować na niemal całej szerokości muszli lub jej części (Ryc. 8).

W załączniku 3 zestawiono parametry muszli *C. vindobonensis* pochodzących z 12 stanowisk. Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała istotne statystycznie zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi a parametrami muszli na stanowiskach należących do wszystkich czterech kategorii (Tab. 3–6).

a) Stanowiska z kategorii nr 1 (kserotermi zasięgu ciągłego)

W przypadku stanowisk z kategorii nr 1 stwierdzono następujące, istotne statystycznie korelacje (Tab. 3):



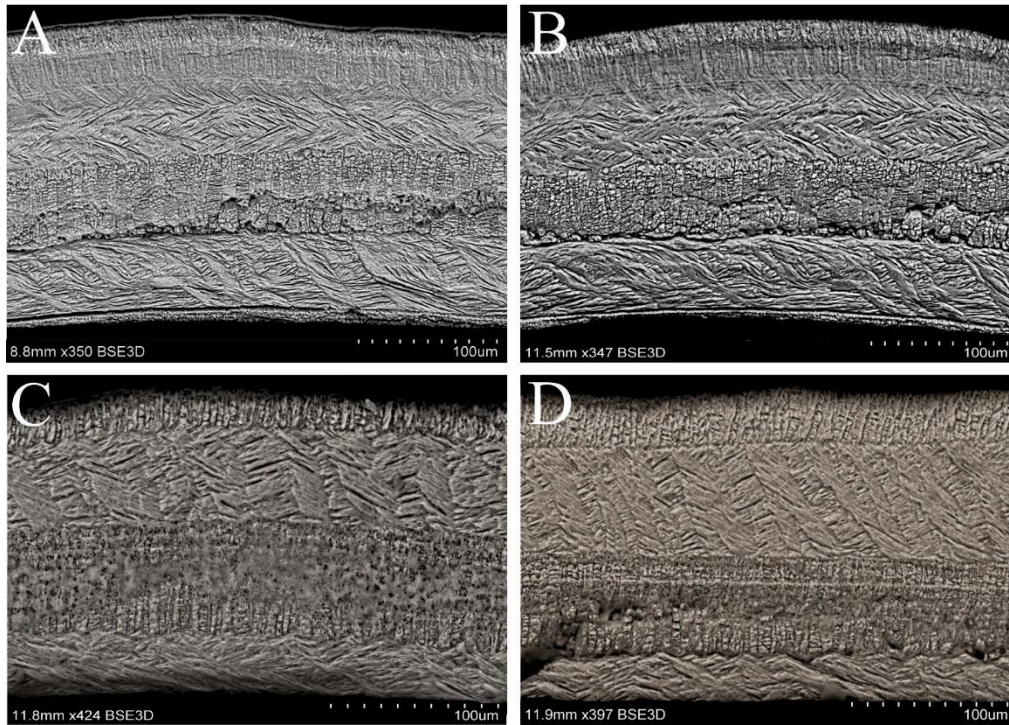
Ryc. 6. Struktura skrzyżowanych płytek muszli *C. vindobonensis* ze stanowiska w Janowcu (kategoria nr 1 – kserotermi zasięgu ciągłego) (obrazy SEM). A – Przekrój podłużny przez ścianę muszli. Widoczne cztery warstwy mineralne (białe strzałki). B – Przekrój podłużny przez ścianę i wargę muszli. C – Na powiększeniu widoczne promieniste ułożenie płytek I-rzędowych w wardze. D – Przykładowe płytki I-rzędowe ściany muszli (kolor niebieski). E – Przykładowe płytki II- i III-rzędowe ściany muszli (kolejno kolor zielony i czerwony) (opracowanie własne).

1) wyższej zawartości CaCO_3 w glebie towarzyszyły:

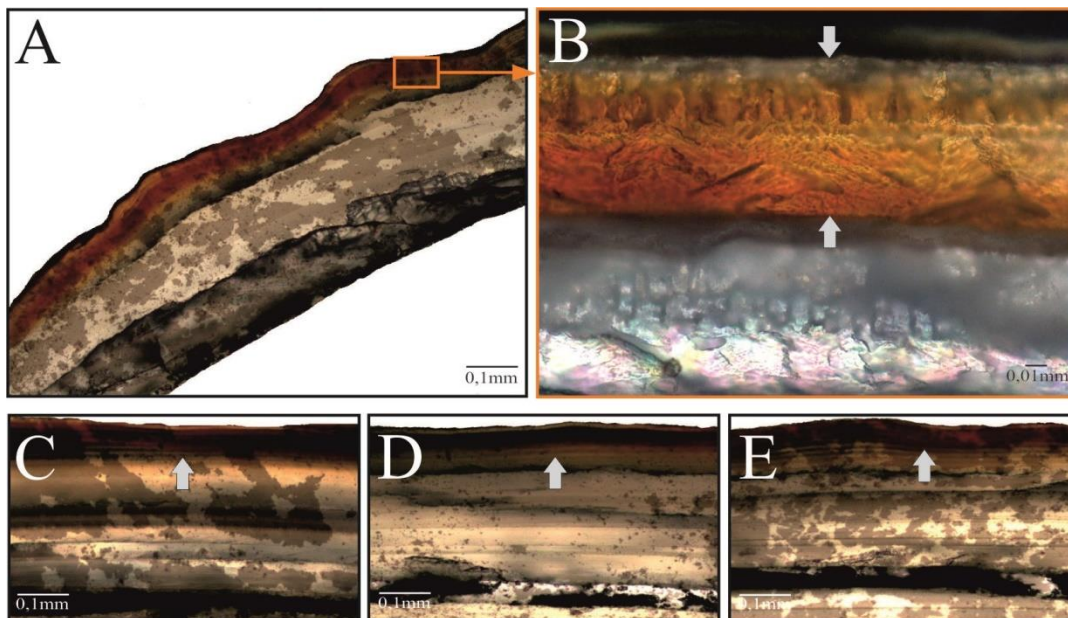
- większa wysokość muszli (H),
- większa wysokość skrętki (S),
- większa szerokość ujścia (b),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);

2) wyższemu pH gleby towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa wysokość skrętki (S),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);



Ryc. 7. Struktura skrzyżowanych płytek muszli *C. vindobonensis* (obrazy SEM). A–D – Kolejno przekrój podłużny przez ścianę muszli ze stanowiska w Janowcu (kategoria nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego), Włocławku (kategoria nr 2 – kserotermy zasięgu wyspowego), Kazimierzu nad Wisłą (kategoria nr 3 – łęgi zasięgu ciągłego) i Zakroczymiu (kategoria nr 4 – łęgi zasięgu wyspowego) (opracowanie własne).



Ryc. 8. Pigmentacja muszli *C. vindobonensis* (obrazy z mikroskopu polaryzacyjnego Nikon Eclipse E600 POL). Przekrój podłużny przez ścianę muszli ze stanowiska: A–B – w Janowcu (kategoria nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego), C – we Włocławku (kategoria nr 2 – kserotermy zasięgu wyspowego), D – w Kazimierzu nad Wisłą (kategoria nr 3 – łęgi zasięgu ciągłego) i E – w Zakroczymiu (kategoria nr 4 – łęgi zasięgu wyspowego). B–E – Brunatny wzór muszli (szare strzałki) (opracowanie własne).

3) większej wilgotności gleby towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa szerokość muszli (B),
- większa wysokość skrętki (S),
- większa wysokość ostatniego zwoju (W),
- większa wysokość ujścia (h);

4) wyższej temperaturze gleby towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza szerokość muszli (B),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);

5) wyższemu nasłonecznieniu terenu towarzyszyły:

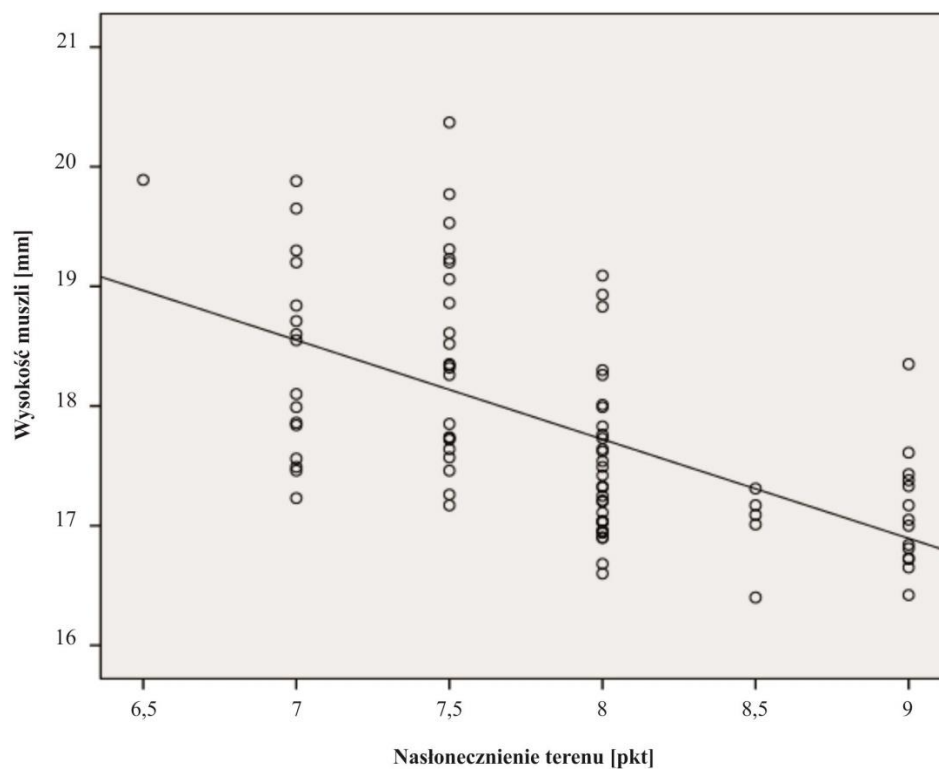
- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza szerokość muszli (B),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- mniejsza szerokość ujścia (b),
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H).

Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy nasłonecznieniem terenu a wysokością muszli (H) (Ryc. 9).

Tabela 3. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a parametrami muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	pH gleby	Wilgotność gleby [%]	Temperatura gleby [°C]	Nasłonecznienie terenu [pkt]
H [mm]	0,41**	0,4**	0,48**	-0,5**	-0,64**
B [mm]	0,1	0,01	0,32**	-0,26*	-0,33**
S [mm]	0,37**	0,36**	0,35**	-0,4**	-0,47**
W [mm]	0,17	0,16	0,36**	-0,32**	-0,44**
h [mm]	0,12	0,01	0,32**	-0,27**	-0,37**
b [mm]	0,22*	0,01	0,1	-0,11	-0,24*
H/B	0,32**	0,33**	0,15	-0,23*	-0,3**
S/H	0,31**	0,28**	0,19	-0,25*	-0,3**
W/H	-0,35**	-0,27**	-0,19	0,24*	0,33**
h/b	-0,11	0,01	0,1	-0,06	-0,04

Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.



Ryc. 9. Wysokość muszli *C. vindobonensis* w zależności od nasłonecznienia terenu na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego). Widoczna jest ujemna korelacja: $rs=-0,64$; $p<0,01$ (zaznaczono linię regresji).

b) Stanowiska z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)

W przypadku stanowisk z kategorii nr 2 stwierdzono następujące, istotne statystycznie korelacje (Tab. 4):

- 1) wyższej zawartości CaCO_3 w glebie towarzyszyły:
 - większa wysokość muszli (H),
 - większa wysokość skrętki (S),
 - większa wysokość ostatniego zwoju (W),
 - większa wysokość ujścia (h),
 - większa szerokość ujścia (b),
 - wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B);
- 2) wyższemu pH gleby towarzyszyły:
 - większa wysokość muszli (H),
 - większa szerokość muszli (B),
 - większa wysokość skrętki (S),
 - większa wysokość ostatniego zwoju (W),
 - większa wysokość ujścia (h),
 - większa szerokość ujścia (b),
 - wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
 - wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
 - niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);
- 3) większej wilgotności gleby towarzyszyły:
 - większa wysokość muszli (H),
 - większa wysokość skrętki (S),
 - większa wysokość ostatniego zwoju (W),
 - wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B);
- 4) wyższej temperaturze gleby towarzyszyły:
 - mniejsza wysokość muszli (H),
 - mniejsza wysokość skrętki (S),
 - mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
 - mniejsza wysokość ujścia (h),
 - niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
 - niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
 - wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);

5) wyższemu nasłonecznieniu terenu towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H).

Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy temperaturą gleby a wysokością muszli (H).

Tabela 4. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a parametrami muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	pH gleby	Wilgotność gleby [%]	Temperatura gleby [°C]	Nasłonecznienie terenu [pkt]
H [mm]	0,4**	0,44**	0,39**	-0,54**	-0,52**
B [mm]	0,15	0,23*	0,08	-0,2	-0,15
S [mm]	0,26*	0,33**	0,29**	-0,46**	-0,44**
W [mm]	0,3**	0,28**	0,21*	-0,28**	-0,3**
h [mm]	0,42**	0,36**	0,17	-0,23*	-0,18
b [mm]	0,28**	0,28**	0,11	-0,17	-0,15
H/B	0,31**	0,22*	0,32**	-0,37**	-0,42**
S/H	0,11	0,24*	0,19	-0,34**	-0,28**
W/H	-0,11	-0,24*	-0,19	0,34**	0,28**
h/b	-0,01	-0,03	-0,04	0,01	0,1

Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.

c) Stanowiska z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego)

W przypadku stanowisk z kategorii nr 3 stwierdzono następujące, istotne statystycznie korelacje (Tab. 5):

1) wyższej zawartości CaCO₃ w glebie towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa wysokość skrętki (S),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H),
- wyższy stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b);

2) wyższemu pH gleby towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa wysokość skrętki (S),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);

3) większej wilgotności gleby towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa wysokość skrętki (S),
- większa wysokość ostatniego zwoju (W),
- większa wysokość ujścia (h),
- większa szerokość ujścia (b),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H);

4) wyższej temperaturze gleby towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza szerokość muszli (B),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- mniejsza szerokość ujścia (b),
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);

5) większemu nasłonecznieniu terenu towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- mniejsza szerokość ujścia (b),
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H).

Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy nasłonecznieniem terenu a wysokością muszli (H).

Tabela 5. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a parametrami muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	pH gleby	Wilgotność gleby [%]	Temperatura gleby [°C]	Nasłonecznienie terenu [pkt]
H [mm]	0,43**	0,45**	0,42**	-0,44**	-0,51**
B [mm]	0,1	0,15	0,16	-0,23*	-0,09
S [mm]	0,34**	0,38**	0,32**	-0,39**	-0,42**
W [mm]	0,19	0,12	0,34**	-0,25*	-0,27**
h [mm]	0,2	0,07	0,36**	-0,22*	-0,25*
b [mm]	-0,16	-0,02	0,31**	-0,36**	-0,38**
H/B	0,34**	0,3**	0,29**	-0,26*	-0,37**
S/H	0,25*	0,29**	0,21*	-0,31**	-0,32**
W/H	-0,29**	-0,33**	-0,19	0,32**	0,33**
h/b	0,37**	0,1	-0,02	0,13	0,16

Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.

d) Stanowiska z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego)

W przypadku stanowisk z kategorii nr 4 stwierdzono następujące, istotne statystycznie korelacje (Tab. 6):

1) wyższej zawartości CaCO₃ i pH w glebie towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa szerokość muszli (B),
- większa wysokość ostatniego zwoju (W),
- większa wysokość ujścia (h);

2) większej wilgotności gleby towarzyszyły:

- większa wysokość muszli (H),
- większa szerokość muszli (B),
- większa wysokość skrętki (S),
- większa wysokość ostatniego zwoju (W),
- większa wysokość ujścia (h),
- wyższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B),

- wyższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H),
- niższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H),
- wyższy stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b);

3) wyższej temperaturze gleby towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza szerokość muszli (B),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- niższy stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b);

4) wyższemu nasłonecznieniu terenu towarzyszyły:

- mniejsza wysokość muszli (H),
- mniejsza szerokość muszli (B),
- mniejsza wysokość skrętki (S),
- mniejsza wysokość ostatniego zwoju (W),
- mniejsza wysokość ujścia (h),
- niższy stosunek wysokości muszli do szerokości muszli (H/B).

Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy wilgotnością gleby a wysokością muszli (H).

Tabela 6. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a parametrami muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	pH gleby	Wilgotność gleby [%]	Temperatura gleby [°C]	Nasłonecznienie terenu [pkt]
H [mm]	0,29**	0,36**	0,55**	-0,3**	-0,34**
B [mm]	0,34**	0,36**	0,27*	-0,34**	-0,2*
S [mm]	0,13	0,19	0,45**	-0,06	-0,2*
W [mm]	0,4**	0,42**	0,39**	-0,49**	-0,39**
h [mm]	0,27**	0,26**	0,42**	-0,38**	-0,41**
b [mm]	-0,01	0,11	-0,05	0,07	0,01
H/B	0,01	0,01	0,34**	0,01	-0,21*
S/H	-0,04	0,01	0,28**	0,16	-0,03
W/H	0,05	0,01	-0,27**	-0,16	0,02
h/b	0,16	0,05	0,29**	-0,24*	-0,18

Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.

Ponadto stwierdzono, że:

- 1) najczęściej istotnych statystycznie korelacji notowano na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (35), a najmniej na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (28) (Tab. 5 i 6);
- 2) na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego), 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) i 3 (łągi zasięgu ciągłego) wykazano jednakową liczbę istotnych statystycznie zależności od zawartości węgla wapnia w glebie (po 6), podczas gdy na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) było ich mniej (4) (Tab. 3–6);
- 3) na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) wykazano najczęściej istotnych statystycznie zależności od pH gleby (9) (Tab. 4);
- 4) na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) wykazano najczęściej istotnych statystycznie zależności od wilgotności gleby (9) (Tab. 6);
- 5) na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) wykazano najczęściej istotnych statystycznie zależności od temperatury gleby (9) (Tab. 5);
- 6) na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) wykazano najczęściej istotnych statystycznie zależności od nasłonecznienia terenu (9) (Tab. 3);
- 7) wysokość muszli (H) była parametrem, który najczęściej korelował z czynnikami środowiskowymi (20 razy) (Tab. 3–6);
- 8) szerokość muszli (B) najsilniej korelowała z pH gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (współczynnik r_s wynosił 0,36; $p < 0,01$) (Tab. 6);
- 9) wysokość skrętki (S) najsilniej korelowała z nasłonecznieniem gleby na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) (współczynnik r_s wynosił $-0,47$; $p < 0,01$) (Tab. 3);
- 10) wysokość ostatniego zwoju (W) najsilniej korelowała z temperaturą gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (współczynnik r_s wynosił $-0,49$; $p < 0,01$) (Tab. 6);
- 11) wysokość ujścia (h) najsilniej korelowała z zawartością CaCO_3 w glebie na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (Tab. 4) i wilgotnością gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (w obu przypadkach współczynnik r_s wynosił 0,42; $p < 0,01$) (Tab. 6);
- 12) szerokość ujścia (b) najsilniej korelowała z nasłonecznieniem terenu na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (współczynnik r_s wynosił $-0,38$; $p < 0,01$) (Tab. 5);

- 13) stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B) najsilniej korelował z nasłonecznieniem terenu na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (współczynnik rs wynosił $-0,42$; $p < 0,01$) (Tab. 4);
- 14) stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H) najsilniej korelował z temperaturą gleby na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (współczynnik rs wynosił $-0,34$; $p < 0,01$) (Tab. 4);
- 15) stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H) najsilniej korelował z zawartością CaCO_3 w glebie na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) (współczynnik rs wynosił $-0,35$; $p < 0,01$) (Tab. 3);
- 16) stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b) najsilniej korelował z zawartością CaCO_3 w glebie na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (współczynnik rs wynosił $0,37$; $p < 0,01$) (Tab. 5).

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy:

a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w zakresie następujących zmiennych (Tab. 7):

- wysokość muszli (H), $Z = -6,387$; $p < 0,001$;
- wysokość skrętki (S), $Z = -5,619$; $p < 0,001$;
- wysokość ostatniego zwoju (W), $Z = -3,253$; $p < 0,01$;
- wysokość ujścia (h), $Z = -4,026$; $p < 0,001$;
- szerokość ujścia (b), $Z = -4,343$; $p < 0,001$;
- stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B), $Z = -6,343$; $p < 0,001$;
- stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H), $Z = -4,575$; $p < 0,001$;
- stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H), $Z = -4,981$; $p < 0,001$.

Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy stanowiskami z tych kategorii w zakresie (Tab. 7):

- szerokości muszli (B), $Z = -1,259$; $p > 0,05$;
- stosunku wysokości ujścia do jego szerokości (h/b), $Z = -1,636$; $p > 0,05$.

Tabela 7. Parametry muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego).

Zmienna	Numer kategorii stanowisk					
	1			2		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
H [mm]	17,84	16,4–20,37	0,91	18,88	16,67–23,12	1,12
B [mm]	20,72	18,87–23,6	0,95	20,82	18,6–22,83	0,93
S [mm]	6,84	5,4–10,49	0,87	7,57	5,82–10,83	0,91
W [mm]	11,07	9,89–12,38	0,46	11,31	9,55–12,72	0,51
h [mm]	10,56	9,31–11,9	0,56	10,91	9,87–12,16	0,51
b [mm]	9,73	8,28–11,87	0,7	10,12	8,57–12,29	0,62
H/B	0,86	0,77–0,96	0,04	0,9	0,77–1,02	0,04
S/H	0,38	0,31–0,59	0,03	0,41	0,32–0,47	0,02
W/H	0,62	0,56–0,68	0,02	0,59	0,52–0,67	0,02
h/b	1,09	0,86–1,32	0,08	1,08	0,97–1,25	0,05

Na stanowiskach zaliczonych do kategorii nr 1 stwierdzono istotnie:

- mniejszą wysokość muszli (H);
- mniejszą wysokość skrętki (S);
- mniejszą wysokość ostatniego zwoju (W);
- mniejszą wysokość ujścia (h);
- mniejszą szerokość ujścia (b);
- niższy stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B);
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H);
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H).

b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie następujących zmiennych (Tab. 8):

- wysokość muszli (H), $Z=-2,624$; $p<0,01$;
- szerokość muszli (B), $Z=-4,618$; $p<0,001$;
- wysokość ostatniego zwoju (W), $Z=-5,592$; $p<0,001$;
- wysokość ujścia (h), $Z=-7,662$; $p<0,001$;
- stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H), $Z=-2,489$; $p<0,05$;
- stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H), $Z=-2,732$; $p<0,01$;
- stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b), $Z=-6,234$; $p<0,001$.

Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy stanowiskami z tych kategorii w zakresie (Tab. 8):

- wysokości skrętki (S), $Z=-0,322$; $p>0,05$;
- szerokości ujścia (b), $Z=-1,561$; $p>0,05$;
- stosunku wysokości muszli do jej szerokości (H/B), $Z=-0,933$; $p>0,05$.

Tabela 8. Parametry muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego).

Zmienna	Numer kategorii stanowisk					
	3			4		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
H [mm]	18,66	16,46–21,51	0,93	18,24	16,13–21,51	1,1
B [mm]	21,17	19,1–23,94	0,91	20,49	18,68–23,39	1,03
S [mm]	7,29	5,35–10,49	0,92	7,31	5,76–10,2	0,92
W [mm]	11,43	10,43–12,49	0,47	10,93	9,72–12,22	0,56
h [mm]	10,97	9,23–12,73	0,6	10,14	8,45–11,81	0,67
b [mm]	9,91	8,54–11,47	0,64	10,17	8,64–12,31	0,93
H/B	0,88	0,77–0,96	0,04	0,89	0,79–1,04	0,05
S/H	0,38	0,3–0,56	0,03	0,39	0,33–0,49	0,03
W/H	0,61	0,54–0,69	0,02	0,6	0,5–0,66	0,03
h/b	1,1	0,97–1,28	0,07	1	0,76–1,35	0,11

Na stanowiskach zaliczonych do kategorii nr 3 stwierdzono istotnie:

- większą wysokość muszli (H);
- większą szerokość muszli (B);
- większą wysokość ostatniego zwoju (W);
- większą wysokość ujścia (h);
- niższy stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H);
- wyższy stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H);
- wyższy stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b).

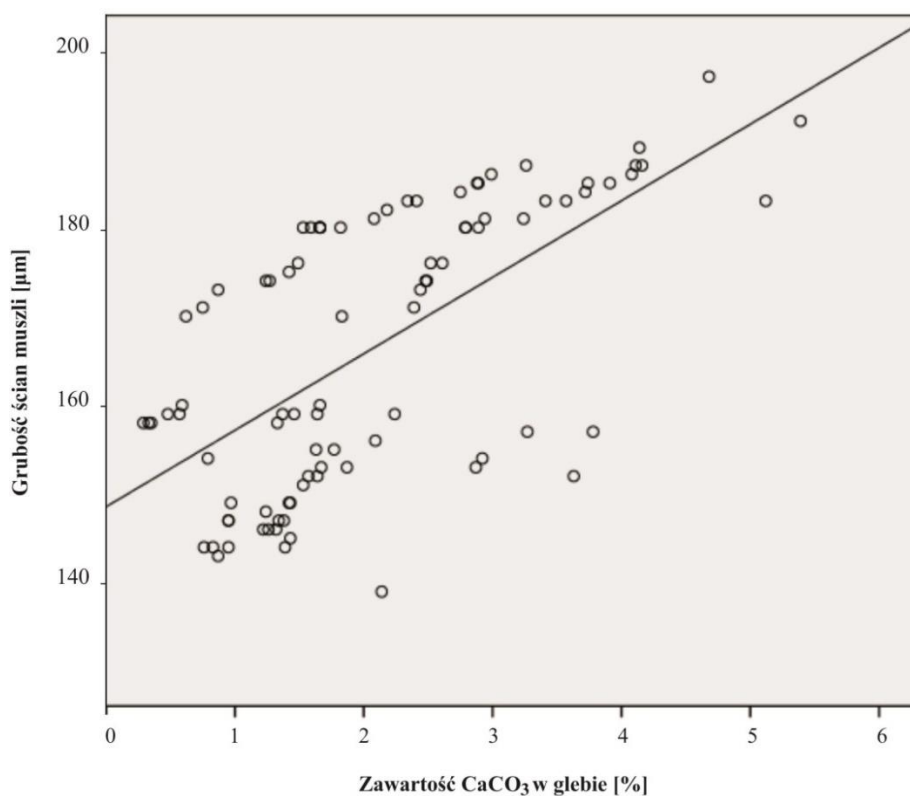
W załączniku 4 zestawiono pomiary grubości ścian muszli *C. vindobonensis* pochodzących z 12 stanowisk. Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała istotne statystycznie zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi a grubością ścian muszli na stanowiskach z wszystkich czterech kategorii. Wyższymi zawartościami węgla wapnia i wyższemu pH gleby, a także niższej wilgotności gleby zawsze towarzyszyły grubsze ściany muszli (Tab. 9), przy

czym najsilniejsze korelacje występowały w wypadku zawartości węgla wapnia oraz pH gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Ryc. 10 i 11).

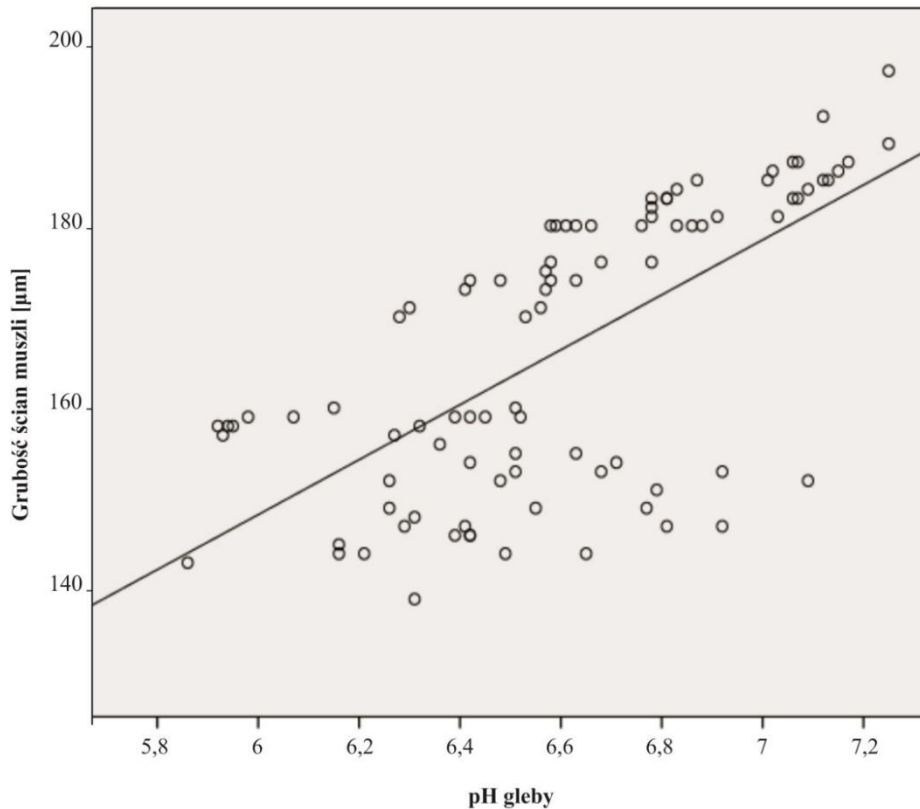
Tabela 9. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a grubością ścian muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (r_s) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Grubość ścian muszli [μm]			
	Numer kategorii stanowisk			
	1	2	3	4
Zawartość CaCO_3 w glebie [%]	0,38**	0,54**	0,45**	0,66**
pH gleby	0,39**	0,6**	0,47**	0,68**
Wilgotność gleby [%]	-0,27**	-0,41**	-0,43**	-0,43**
Temperatura gleby [$^{\circ}\text{C}$]	-0,02	-0,14	0,03	-0,18
Nasłonecznienie terenu [pkt]	-0,12	-0,17	-0,19	-0,14

Poziom istotności: ** $p < 0,01$.



Ryc. 10. Grubość ścian muszli *C. vindobonensis* w zależności od zawartości CaCO_3 w glebie na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Widoczna jest dodatnia korelacja: $r_s=0,66$; $p < 0,01$ (zaznaczono linię regresji).



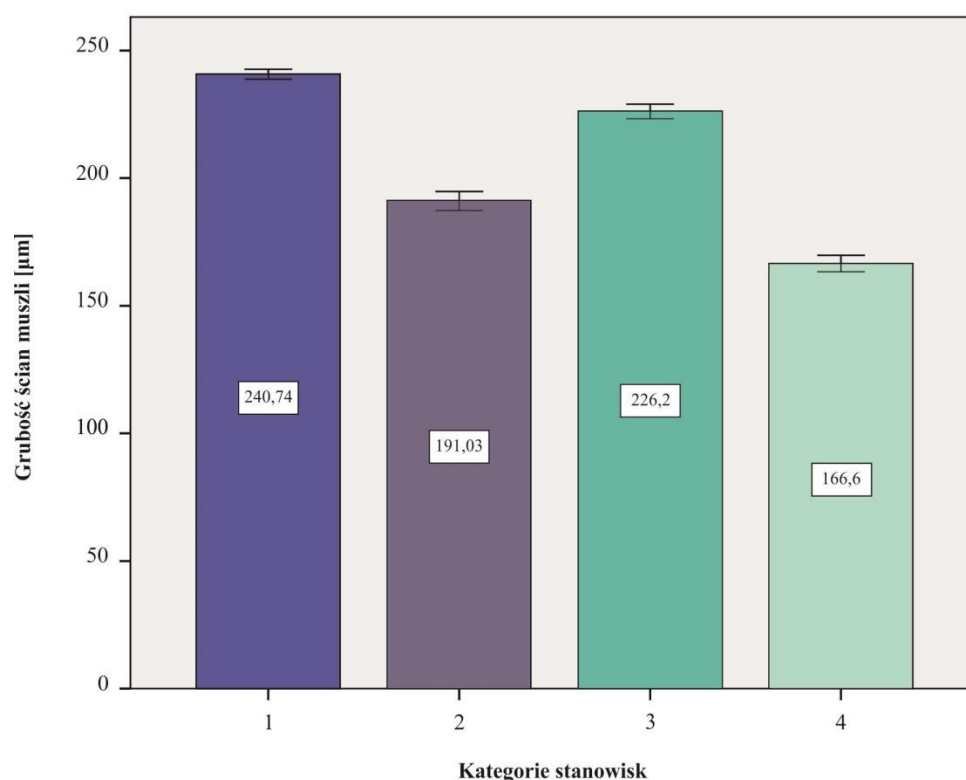
Ryc. 11. Grubość ścian muszli *C. vindobonensis* w zależności od pH gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Widoczna jest dodatnia korelacja: $r_s=0,68$; $p<0,01$ (zaznaczono linię regresji).

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie grubości ścian muszli pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) – $Z=-11,592$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie grubsze ściany muszli w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 10, Ryc. 12);
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) – $Z=-11,592$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie grubsze ściany muszli w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 10, Ryc. 12).

Tabela 10. Grubość ścian muszli *C. vindobonensis* [μm] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Grubość ścian muszli [μm]		
	M	Min–Max	SD
1	240,74	226–258	9,2
2	191,03	158–225	17,77
3	226,2	200–247	13,64
4	166,6	139–197	15,54



Ryc. 12. Grubość ścian muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błęd).

2.4.3. Skład chemiczny i identyfikacja fazy krystalicznej muszli

W załączniku 5 przedstawiono skład chemiczny muszli *C. vindobonensis* z 12 stanowisk należących do wszystkich 4 kategorii. W odniesieniu do poszczególnych kategorii stwierdzono:

a) Stanowiska z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego)

Średnia zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach wyniosła łącznie 99,15% wag.

Pozostałe 0,85% wag. przypadło łącznie na pierwiastki: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe,

Zn i Sr, przy czym zawartość każdego z 4 następujących pierwiastków (w kolejności od najwyższej): Al, Fe, Sr i Mg przekraczała 0,1% wag. (zał. 6).

b) Stanowiska z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)

Średnia zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach wyniosła łącznie 98,26% wag. Pozostałe 1,74% wag. przypadło łącznie na pierwiastki: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr, przy czym zawartość każdego z 8 następujących pierwiastków (w kolejności od najwyższej): Al, Na, P, Sr, Cl, Mg, K i Si przekraczała 0,1% wag. (zał. 6).

c) Stanowiska z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego)

Średnia zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach wyniosła łącznie 99,13% wag. Pozostałe 0,87% wag. przypadło łącznie na pierwiastki: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr, przy czym zawartość każdego z 3 następujących pierwiastków (w kolejności od najwyższej): Al, P i Sr przekraczała 0,1% wag. (zał. 6).

d) Stanowiska z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego)

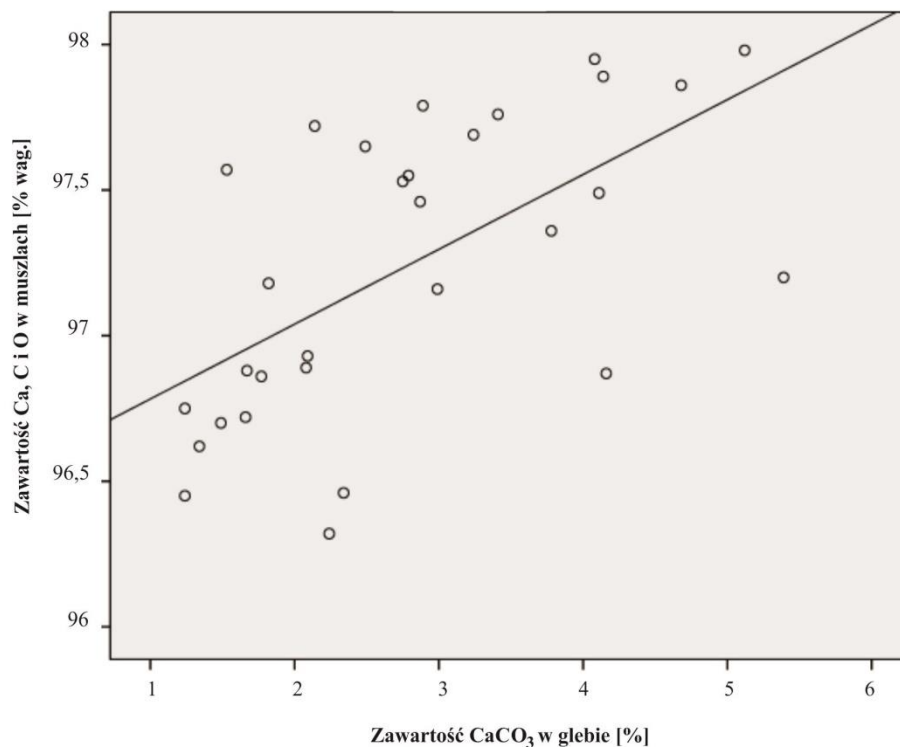
Średnia zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach wyniosła łącznie 97,27% wag. Pozostałe 2,73% wag. przypadło łącznie na pierwiastki: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr, przy czym zawartość każdego z 10 następujących pierwiastków (w kolejności od najwyższej): Al, Na, Cl, Mg, P, Si, K, Sr, Mn i Fe przekraczała 0,1% wag. (zał. 6).

Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała występowanie istotnych statystycznie związków pomiędzy zawartością węglanu wapnia w glebie (Tab. 1 i 2) a łączną zawartością pierwiastków Ca, C i O w muszlach we wszystkich kategoriach stanowisk (Tab. 11). Z wyższą zawartością węglanu wapnia w glebie była związana wyższa łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach. Najsilniejsza korelacja występowała na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 11, Ryc. 13).

Tabela 11. Korelacje pomiędzy zawartością CaCO₃ w glebie a łączną zawartością pierwiastków Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Numer kategorii stanowisk	Łączna zawartość Ca, C i O w muszlach [% wag.]
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	1	0,51**
	2	0,54**
	3	0,47**
	4	0,64**

Poziom istotności: **p<0,01.



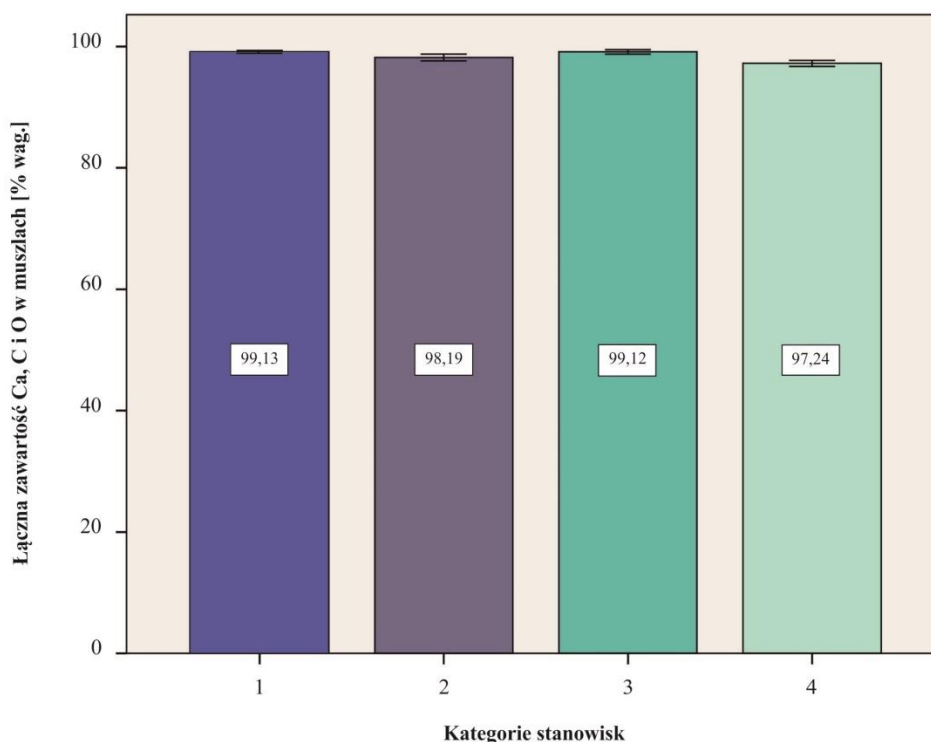
Ryc. 13. Łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* w zależności od zawartości CaCO₃ w glebie na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Widoczna jest dodatnia korelacja: $r_s=0,64$; $p<0,01$ (zaznaczono linię regresji).

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie łącznej zawartości pierwiastków Ca, C i O w muszlach pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)** – $Z=-6,314$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie wyższą łączną zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 12, Ryc. 14);
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego)** – $Z=-6,654$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższą łączną zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 12, Ryc. 14).

Tabela 12. Łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* [% wag.] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach [% wag.]		
	M	Min–Max	SD
1	99,13	98,75–99,41	0,2
2	98,19	96,65–99,25	0,56
3	99,12	98,34–99,87	0,36
4	97,24	96,32–97,98	0,5



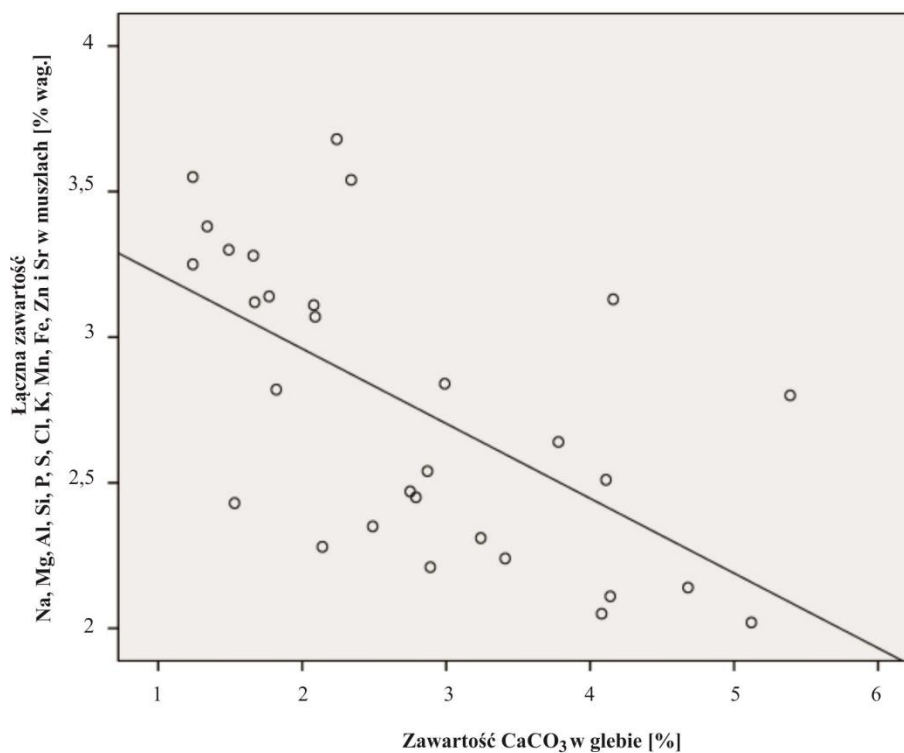
Ryc. 14. Łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błęd).

Jak się można było spodziewać, odwrotna zależność – potwierdzona metodą korelacji rang Spearmana – zachodziła pomiędzy zawartością węgla wapnia w glebie a łączną zawartością pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach we wszystkich kategoriach stanowisk (Tab. 13). Z wyższą zawartością węgla wapnia w glebie była związana niższa łączna zawartość Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach. Najsilniejsza korelacja występowała na stanowiskach z kategorii nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego) (Ryc. 15).

Tabela 13. Korelacje pomiędzy zawartością CaCO₃ w glebie a łączną zawartością pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Numer kategorii stanowisk	Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach [% wag.]
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	1	-0,51**
	2	-0,54**
	3	-0,47**
	4	-0,64**

Poziom istotności: **p<0,01.



Ryc. 15. Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* w zależności od zawartości CaCO₃ w glebie na stanowiskach z kategorii nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego). Widoczna jest ujemna korelacja: rs=-0,64; p<0,01 (zaznaczono linię regresji).

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie łącznej zawartości pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach pomiędzy:

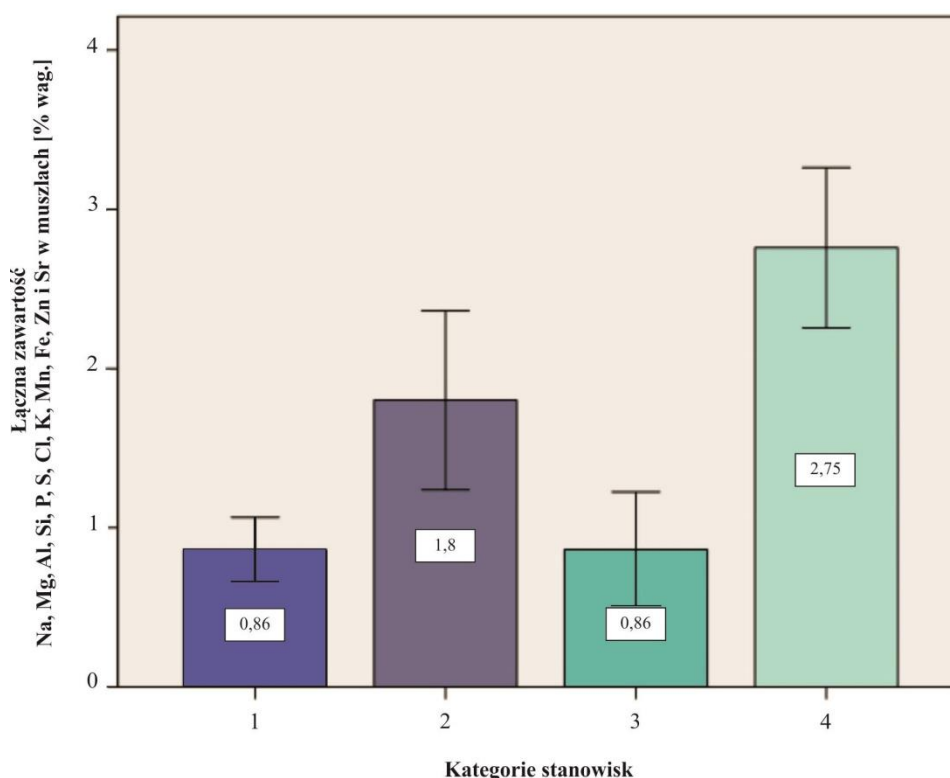
a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) – Z=-6,314; p<0,001; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie

wyższą łączną zawartość wymienionych pierwiastków w muszlach w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 14, Ryc. 16);

b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) – $Z=-6,654$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższą łączną zawartość wymienionych pierwiastków w muszlach w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 14, Ryc. 16).

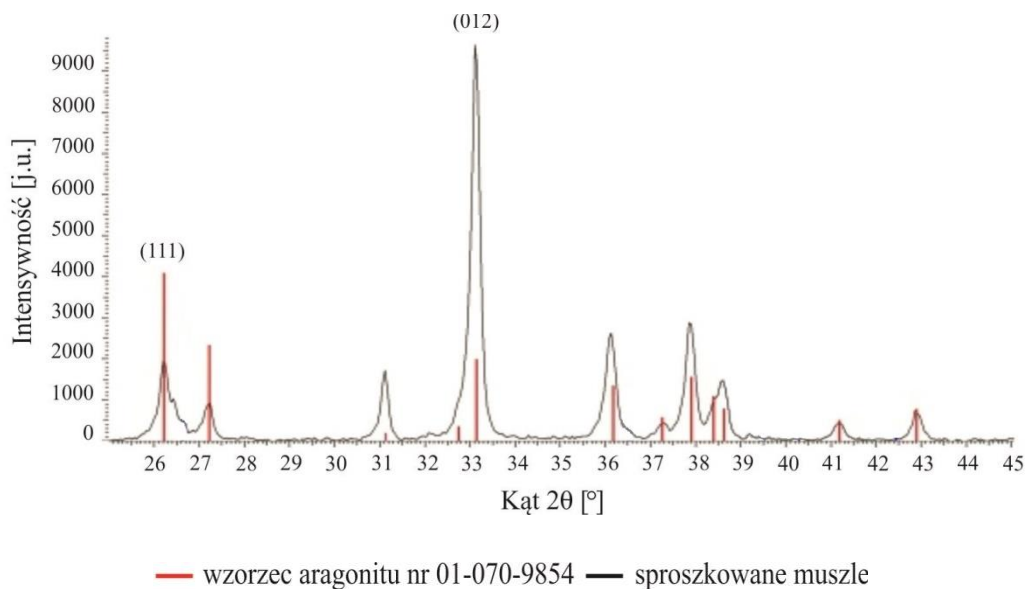
Tabela 14. Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* [% wag.] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach [% wag.]		
	M	Min–Max	SD
1	0,86	0,59–1,25	0,2
2	1,8	0,75–3,35	0,56
3	0,86	0,13–1,66	0,36
4	2,75	2,02–3,68	0,5

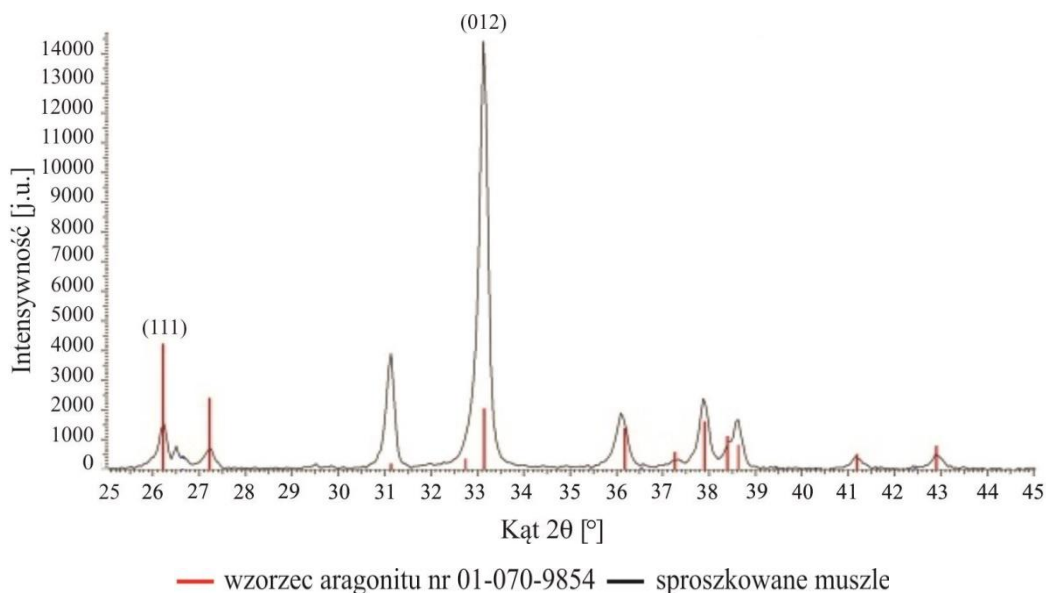


Ryc. 16. Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błędów).

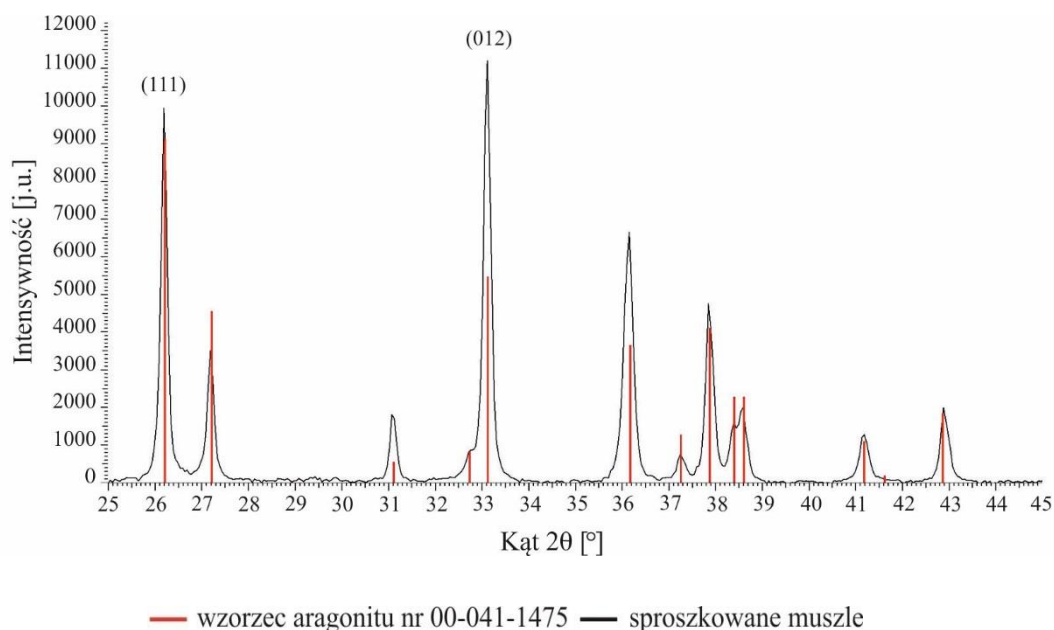
Analiza fazy krystalicznej muszli *C. vindobonensis* wykazała, że są one zbudowane z aragonitu. Refleksy i ich intensywność na dyfraktogramach próbek muszli ze stanowisk wszystkich kategorii pokrywały się z wzorcami JCPDS 01-070-9854 lub 00-041-1475 dla aragonitu. Najbardziej intensywnymi refleksami okazały się dwa refleksy przyporządkowane do płaszczyzn (012) i (111) (Ryc. 17–20).



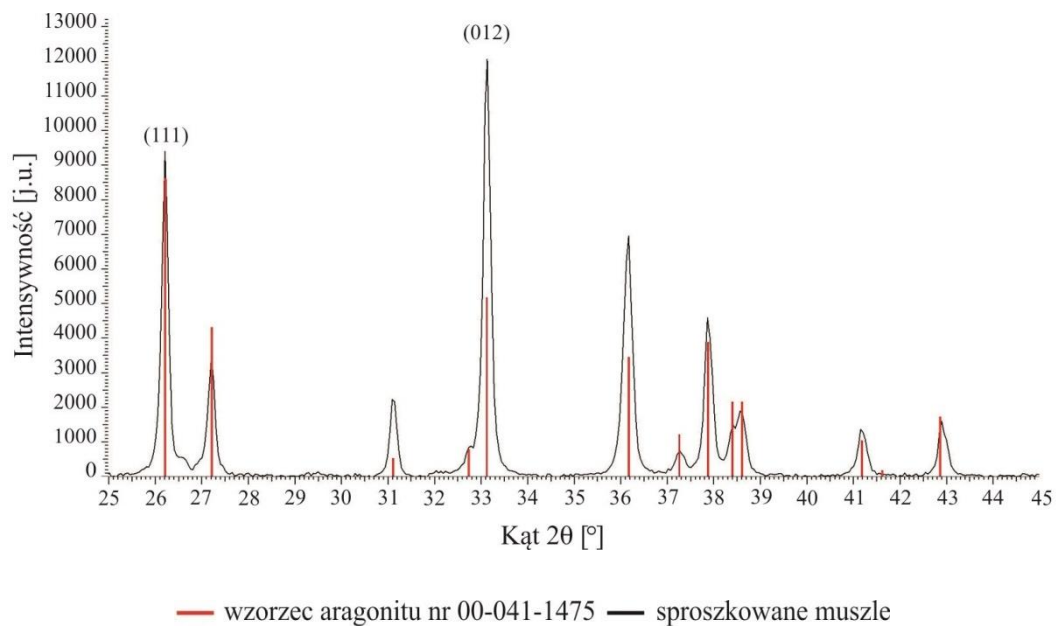
Ryc. 17. Dyfraktogram dla sproszkowanej próbki muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk zaliczanych do kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) w zakresie 2θ (25° – 45°).



Ryc. 18. Dyfraktogram dla sproszkowanej próbki muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk zaliczanych do kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w zakresie 2θ (25° – 45°).



Ryc. 19. Dyfraktogram dla sproszkowanej próbki muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk zaliczanych do kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) w zakresie 2θ (25° – 45°).



Ryc. 20. Dyfraktogram dla sproszkowanej próbki muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk zaliczanych do kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie 2θ (25° – 45°).

Wykaz refleksów charakterystycznych dla aragonitu, które użyto do określenia wielkości kryształitów w próbkach muszli *C. vindobonensis* zestawiono w Tab. 15 i 16.

Analiza testem U Manna-Whitneya nie wykazała występowania istotnych statystycznie różnic pomiędzy stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy

zasięgu wyspowego) – $Z=-1,048$; $p>0,05$ oraz 3 (łęgi zasięgu ciągłego) i 4 (łęgi zasięgu wyspowego) – $Z=-0,104$; $p>0,05$ w zakresie wielkości krystalitów (Tab. 17).

Tabela 15. Wielkość krystalitów w próbach proszkowych muszli *C. vindobonensis* [nm] ze stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego).

Polozenie refleksu przy kącie 20	Szerokość połówkowa refleksu dyfrakcyjnego [radian]		Wielkość krystalitów w muszlach [nm]	
	Numer kategorii stanowisk		Numer kategorii stanowisk	
	1	2	1	2
31,122	0,187	0,202	49,1	45,3
36,851	0,259	0,278	35,8	33,4
41,180	0,264	0,247	35,7	38,1
42,916	0,241	0,278	39,4	34,1
45,858	0,266	0,268	35,9	35,7

Tabela 16. Wielkość krystalitów w próbach proszkowych muszli *C. vindobonensis* [nm] ze stanowisk z kategorii nr 3 (łęgi zasięgu ciągłego) i 4 (łęgi zasięgu wyspowego).

Polozenie refleksu przy kącie 20	Szerokość połówkowa refleksu dyfrakcyjnego [radian]		Wielkość krystalitów w muszlach [nm]	
	Numer kategorii stanowisk		Numer kategorii stanowisk	
	3	4	3	4
31,121	0,177	0,163	56,4	51,8
36,157	0,225	0,236	39,4	41,2
41,196	0,218	0,228	41,4	43,3
42,914	0,224	0,212	44,7	42,4
45,874	0,236	0,229	41,9	40,6

Tabela 17. Wielkość krystalitów muszli *C. vindobonensis* [nm] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Wielkość krystalitów w muszlach [nm]		
	M	Min–Max	SD
1	39,2	35,7–49,1	5,76
2	37,3	34,1–45,3	4,81
3	44,8	39,4–56,4	6,77
4	43,9	40,6–51,8	4,56

2.4.4. Mikrotwardość muszli

W załączniku 7 przedstawiono wyniki badania mikrotwardości muszli *C. vindobonensis* z 12 stanowisk. Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała występowanie istotnych statystycznie związków pomiędzy zawartością węgla wapnia w glebie a mikrotwardością muszli *C. vindobonensis* we wszystkich kategoriach stanowisk. Wyższej zawartości węgla wapnia w glebie towarzyszyła mniejsza mikrotwardość muszli. Najsilniejsza korelacja zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 18).

Tabela 18. Korelacje pomiędzy zawartością CaCO₃ w glebie a mikrotwardością muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Numer kategorii stanowisk	Mikrotwardość muszli [HV]
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	1	-0,55**
	2	-0,57**
	3	-0,6**
	4	-0,56**

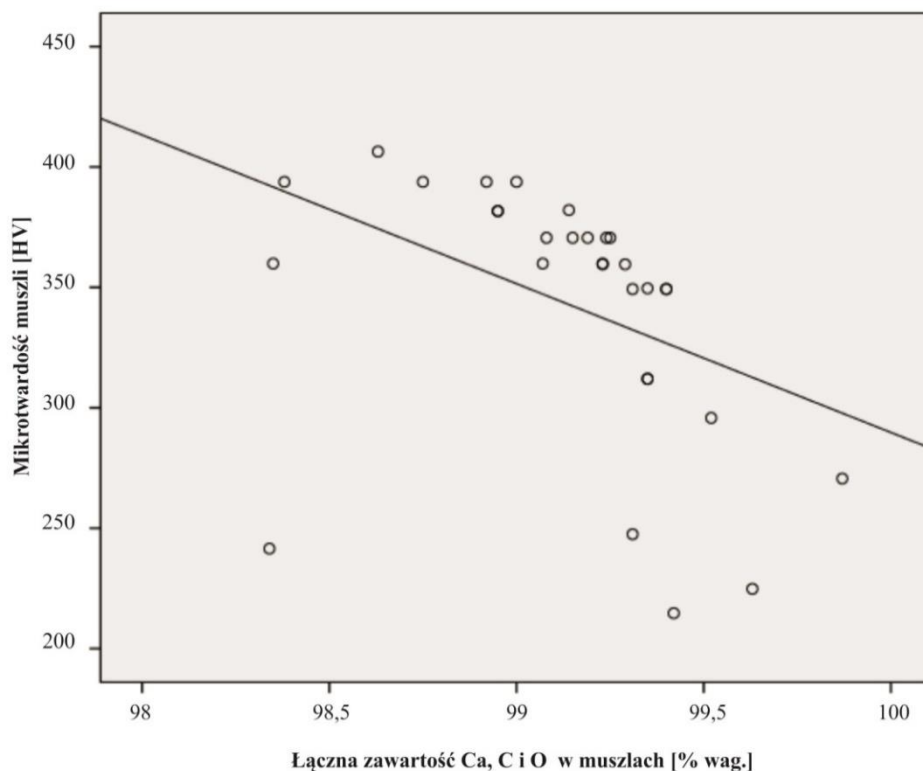
Poziom istotności: **p<0,01.

Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała także występowanie istotnych statystycznie związków pomiędzy łączną zawartością pierwiastków Ca, C i O w muszlach a ich mikrotwardością we wszystkich kategoriach stanowisk (Tab. 19). Wyższej zawartości tych pierwiastków w muszli towarzyszyła mniejsza mikrotwardość muszli. Najsilniejsza korelacja występowała na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 19, Ryc. 21).

Tabela 19. Korelacje pomiędzy łączną zawartością pierwiastków Ca, C i O w muszlach a mikrotwardością muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Numer kategorii stanowisk	Mikrotwardość muszli [HV]
Łączna zawartość pierwiastków Ca, C i O w muszli [% wag.]	1	-0,5**
	2	-0,64**
	3	-0,72**
	4	-0,56**

Poziom istotności: **p<0,01.



Ryc. 21. Mikrotwardość muszli w zależności od łącznej zawartości pierwiastków Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego). Widoczna jest ujemna korelacja: $r_s = -0,72$; $p < 0,01$ (zaznaczono linię regresji).

Jak się można było spodziewać, odwrotna zależność – potwierdzona metodą korelacji rang Spearmana – zachodziła pomiędzy łączną zawartością pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach a ich mikrotwardością we wszystkich kategoriach stanowisk (Tab. 20). Wyższej zawartości tych pierwiastków towarzyszyła większa mikrotwardość muszli. Najsilniejsza korelacja zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 20, Ryc. 22).

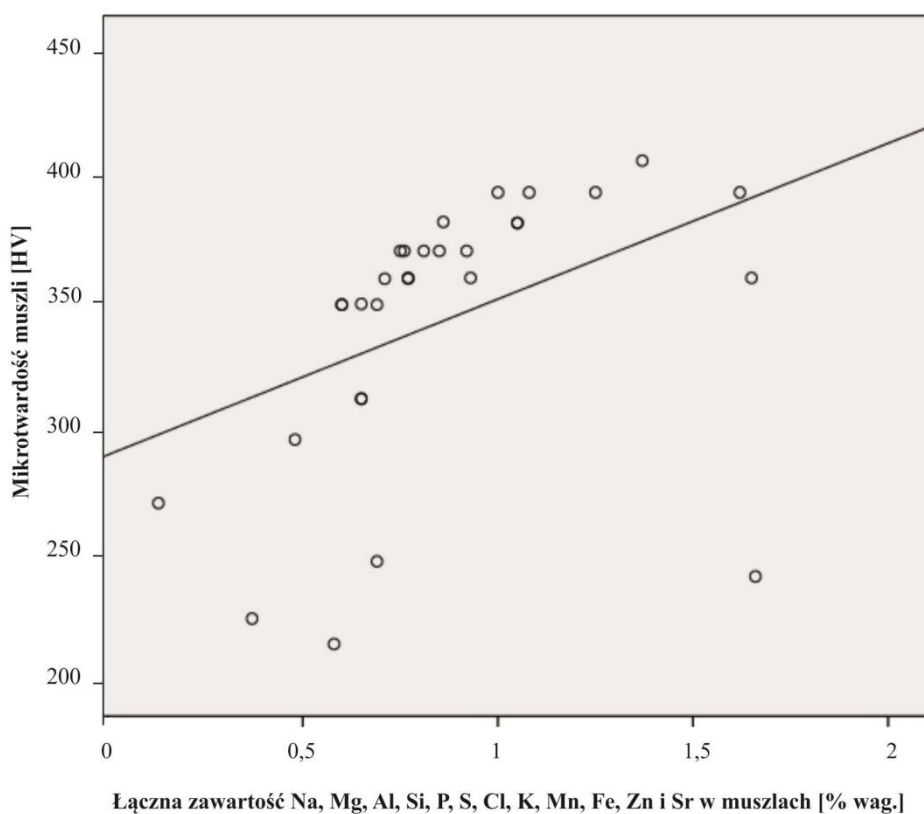
Analiza testem U Manna-Whitneya:

- a) nie wykazała występowania istotnych statystycznie różnic pomiędzy stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w zakresie mikrotwardości muszli – $Z = -1,257$; $p > 0,05$ (Tab. 21, Ryc. 23);
- b) wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie mikrotwardości muszli – $Z = -4,976$; $p < 0,001$; średnia mikrotwardość muszli na stanowiskach z kategorii nr 4 była istotnie wyższa od mikrotwardości muszli na stanowiskach z kategorii nr 3 (Tab. 21, Ryc. 23).

Tabela 20. Korelacje pomiędzy łączną zawartością pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach a mikrotwardością muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (r_s) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Numer kategorii stanowisk	Mikrotwardość muszli [HV]
Łączna zawartość pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszli [% wag.]	1	0,5**
	2	0,64**
	3	0,72**
	4	0,56**

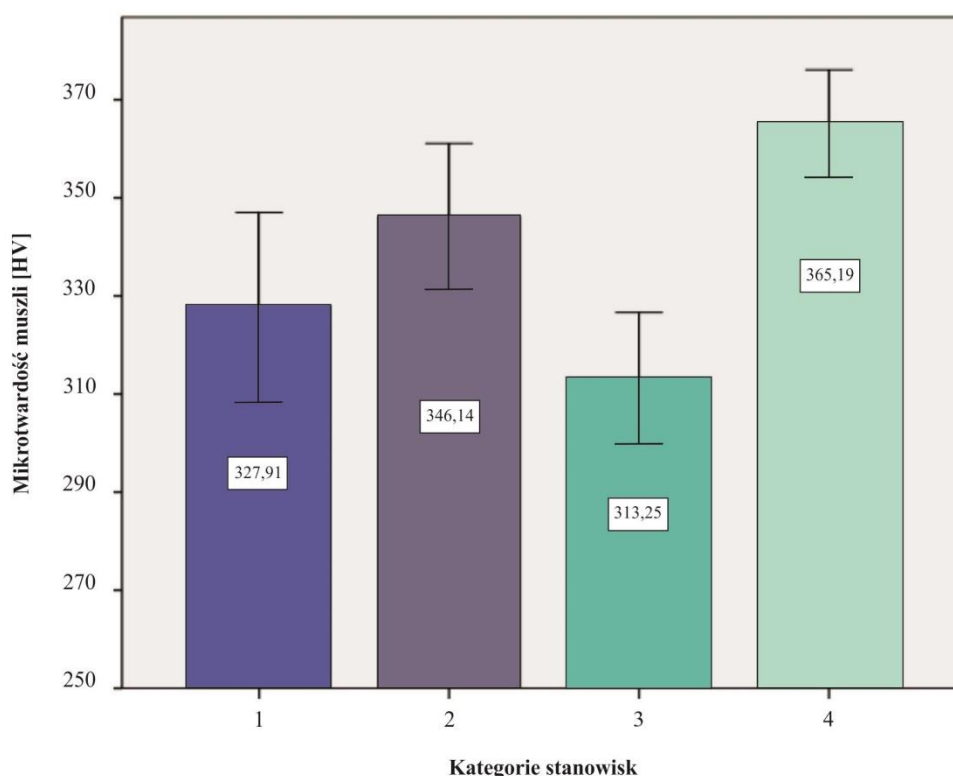
Poziom istotności: ** $p < 0,01$.



Ryc. 22. Mikrotwardość muszli w zależności od łącznej zawartości pierwiastków Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego). Widoczna jest dodatnia korelacja: $r_s=0,72$; $p < 0,01$ (zaznaczono linię regresji).

Tabela 21. Mikrotwardość muszli *C. vindobonensis* [HV] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Statystyki opisowe		
	M	Min–Max	SD
1	327,91	230,5–406,7	51,41
2	346,14	247,4–419,6	40,09
3	313,25	230–370,6	35,89
4	365,19	303,8–419,3	29,24



Ryc. 23. Mikrotwardość muszli *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błędne).

2.4.5. Dynamika wzrostu muszli (eksperyment)

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy:

a) grupą kontrolną (z dietą bez węglanu wapnia) i grupą eksperymentalną (z dietą z węglanem wapnia) od 2 do 10 tygodnia badań w zakresie wysokości muszli *C. vindobonensis* (Tab. 22, Ryc. 24):

– tydzień 2, $Z = -5,661$; $p < 0,001$;

- tydzień 3, $Z=-6,381$; $p<0,001$;
- tydzień 4, $Z=-4,051$; $p<0,001$;
- tydzień 5, $Z=-5,486$; $p<0,001$;
- tydzień 6, $Z=-6,301$; $p<0,001$;
- tydzień 7, $Z=-6,252$; $p<0,001$;
- tydzień 8, $Z=-6,653$; $p<0,001$;
- tydzień 9, $Z=-6,123$; $p<0,001$;
- tydzień 10, $Z=-6,194$; $p<0,001$.

Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą kontrolną i eksperymentalną w 1 tygodniu badań w zakresie wysokości muszli:

- tydzień 1, $Z=-0,187$; $p>0,05$.

Tabela 22. Wysokość muszli *C. vindobonensis* w grupie kontrolnej i eksperymentalnej w podziale na poszczególne tygodnie.

Zmienna	Tydzień	Grupa					
		Kontrolna			Eksperymentalna		
		M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Wysokość muszli [mm]	1	5,05	5,02–5,07	0,01	5,05	5,02–5,07	0,01
	2	5,3	5,26–5,32	0,01	5,32	5,27–5,34	0,01
	3	5,56	5,52–5,6	0,02	5,63	5,57–5,65	0,02
	4	5,84	5,82–5,9	0,02	5,92	5,79–6,01	0,06
	5	6,14	5,94–6,2	0,05	6,28	6,15–6,37	0,07
	6	6,41	6,32–6,63	0,08	6,64	6,58–6,8	0,05
	7	6,81	6,75–7,08	0,08	7,08	6,88–7,25	0,09
	8	7,26	7,16–7,41	0,08	7,56	7,39–7,67	0,08
	9	7,79	7,63–7,89	0,08	8,07	7,69–8,16	0,1
	10	8,34	8,18–8,44	0,09	8,62	8,27–8,69	0,08

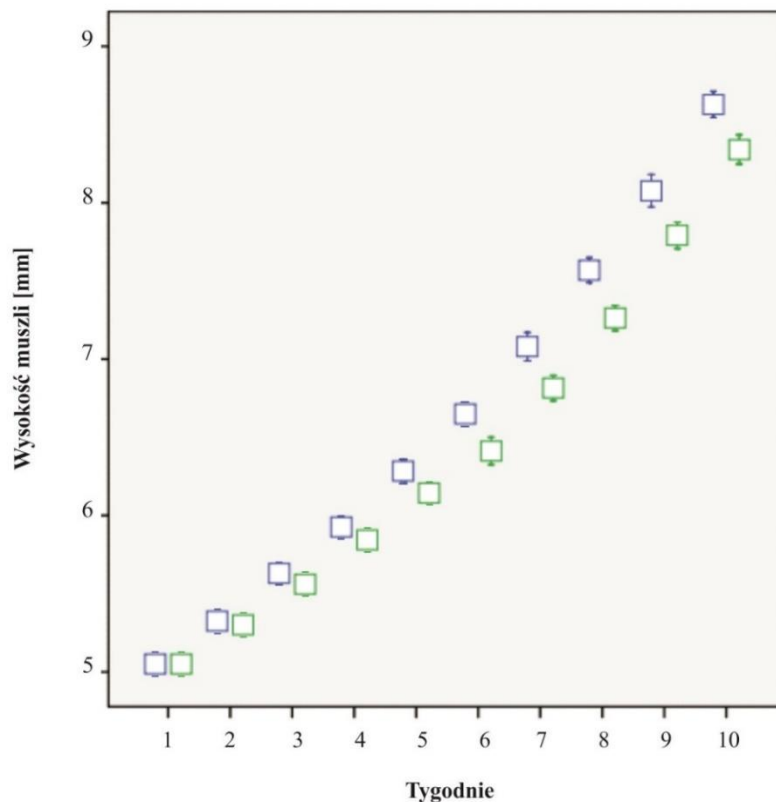
b) grupą kontrolną (z dietą bez węgla wapnia) i grupą eksperymentalną (z dietą z węglem wapnia) od 2 do 10 tygodnia badań w zakresie szerokości muszli *C. vindobonensis* (Tab. 23, Ryc. 25):

- tydzień 2, $Z=-4,082$; $p<0,001$;
- tydzień 3, $Z=-6,270$; $p<0,001$;
- tydzień 4, $Z=-4,590$; $p<0,001$;
- tydzień 5, $Z=-5,269$; $p<0,001$;

- tydzień 6, $Z=-6,320$; $p<0,001$;
- tydzień 7, $Z=-6,299$; $p<0,001$;
- tydzień 8, $Z=-6,657$; $p<0,001$;
- tydzień 9, $Z=-6,300$; $p<0,001$;
- tydzień 10, $Z=-6,399$; $p<0,001$.

Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą kontrolną i eksperymentalną w 1 tygodniu badań w zakresie szerokości muszli:

- tydzień 1, $Z=-0,187$; $p>0,05$.



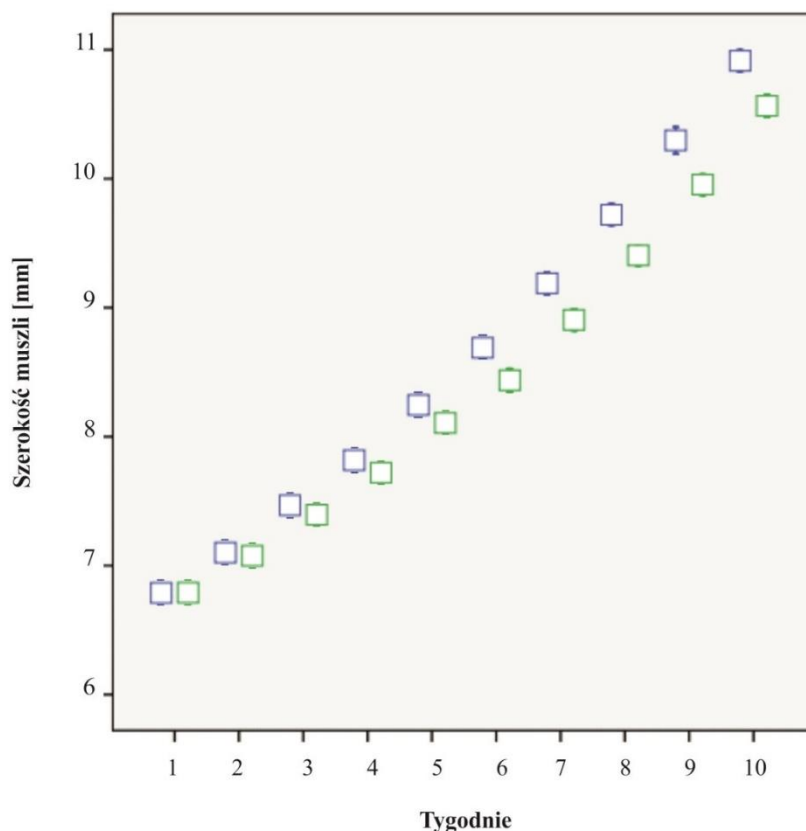
Ryc. 24. Wysokość muszli *C. vindobonensis* w grupie kontrolnej (kolor zielony) i grupie eksperymentalnej (kolor niebieski). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błędów).

Wysokość i szerokość muszli od 2 do 10 tygodnia była istotnie wyższa w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną.

Analiza testem Wilcoxon wykazała istotne statystycznie różnice w tempie wzrostu wysokości i szerokości muszli *C. vindobonensis* pomiędzy kolejnymi tygodniami tzn. nr 2 i 1, 3 i 2 itd. zarówno w grupie kontrolnej jak i eksperymentalnej (Tab. 24). W obu grupach wskazuje się dwie fazy wzrostu. Pierwsza od 1 do 6 tygodnia trwania eksperymentu charakteryzowała się niższym tempem wzrostu, natomiast druga od 7 do 10 wyższym tempem.

Tabela 23. Szerokość muszli *C. vindobonensis* w grupie kontrolnej i eksperymentalnej w podziale na poszczególne tygodnie.

Zmienna	Tydzień	Grupa					
		Kontrolna			Eksperymentalna		
		M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Szerokość muszli [mm]	1	6,79	6,76–6,82	0,01	6,78	6,71–6,81	0,02
	2	7,07	7,02–7,11	0,01	7,1	7,03–7,14	0,02
	3	7,39	7,35–7,43	0,02	7,46	7,4–7,5	0,02
	4	7,72	7,67–7,8	0,03	7,81	7,68–7,89	0,06
	5	8,1	7,91–8,17	0,05	8,24	8,1–8,34	0,07
	6	8,43	8,32–8,67	0,08	8,69	8,61–8,84	0,06
	7	8,9	8,83–9,18	0,08	9,19	8,98–9,38	0,09
	8	9,4	9,3–9,53	0,07	9,72	9,55–9,84	0,08
	9	9,95	9,79–10,05	0,08	10,3	9,91–10,4	0,1
	10	10,56	10,41–10,67	0,09	10,91	10,56–10,98	0,08



Ryc. 25. Szerokość muszli *C. vindobonensis* w grupie kontrolnej (kolor zielony) i grupie eksperymentalnej (kolor niebieski). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błęd).

Tabela 24. Różnica w wysokości i szerokości muszli pomiędzy poszczególnymi tygodniami.

Pary Lp.	Czas	Wysokość muszli				Szerokość muszli			
		Statystyki opisowe		Test Wilcoxona		Statystyki opisowe		Test Wilcoxona	
		M	SD	Z	Poziom istotności	M	SD	Z	Poziom istotności
Grupa kontrolna									
1	Tydzień 2–Tydzień 1	0,25	0,01	−4,962	p<0,001	0,29	0,02	−4,815	p<0,001
2	Tydzień 3–Tydzień 2	0,26	0,02	−4,804	p<0,001	0,32	0,02	−4,793	p<0,001
3	Tydzień 4–Tydzień 3	0,28	0,02	−4,803	p<0,001	0,33	0,03	−4,791	p<0,001
4	Tydzień 5–Tydzień 4	0,3	0,06	−4,872	p<0,001	0,38	0,06	−4,791	p<0,001
5	Tydzień 6–Tydzień 5	0,27	0,09	−4,786	p<0,001	0,33	0,09	−4,784	p<0,001
6	Tydzień 7–Tydzień 6	0,4	0,06	−4,821	p<0,001	0,47	0,07	−4,795	p<0,001
7	Tydzień 8–Tydzień 7	0,49	0,05	−4,797	p<0,001	0,5	0,08	−4,787	p<0,001
8	Tydzień 9–Tydzień 8	0,53	0,07	−4,806	p<0,001	0,55	0,07	−4,784	p<0,001
9	Tydzień 10–Tydzień 9	0,55	0,05	−4,960	p<0,001	0,61	0,06	−4,793	p<0,001
Grupa eksperymentalna									
1	Tydzień 2–Tydzień 1	0,27	0,01	−4,963	p<0,001	0,31	0,03	−4,810	p<0,001
2	Tydzień 3–Tydzień 2	0,3	0,01	−4,874	p<0,001	0,36	0,02	−4,834	p<0,001
3	Tydzień 4–Tydzień 3	0,29	0,06	−4,788	p<0,001	0,35	0,07	−4,788	p<0,001
4	Tydzień 5–Tydzień 4	0,35	0,06	−4,889	p<0,001	0,42	0,07	−4,802	p<0,001
5	Tydzień 6–Tydzień 5	0,36	0,06	−4,805	p<0,001	0,44	0,06	−4,785	p<0,001
6	Tydzień 7–Tydzień 6	0,43	0,08	−4,794	p<0,001	0,49	0,08	−4,791	p<0,001
7	Tydzień 8–Tydzień 7	0,48	0,05	−4,871	p<0,001	0,53	0,07	−5,791	p<0,001
8	Tydzień 9–Tydzień 8	0,5	0,07	−4,830	p<0,001	0,57	0,08	−4,787	p<0,001
9	Tydzień 10–Tydzień 9	0,55	0,05	−4,801	p<0,001	0,61	0,05	−4,790	p<0,001

2.5. Dyskusja

Zasięg ciągły *Caucasotachea vindobonensis* obejmuje obszary południowo-wschodniej Polski, zasięg wyspowy zaś doliny Wisły, Warty, Noteci i Odry (Mierzwa 2009). Badania terenowe przeprowadzono na 12 stanowiskach tego gatunku, które podzielono na 4 kategorie (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego i 4 – łągi zasięgu wyspowego). Zasięg ciągły *C. vindobonensis* reprezentowały stanowiska kserotermiczne z kategorii nr 1 (Janowiec, Chęciny, Olsztyn) oraz łąkowe z kategorii nr 3 (Kazimierz nad Wisłą, Słupia Nadbrzeżna i Zawichost) (Ryc. 1A i 2A). Stanowiska z kategorii nr 3 powstały w wyniku rozcięcia erozyjnego terenów zasięgu ciągłego przez ciek wodny i sedimentacji utworów aluwialnych. Zasięg wyspowy tego gatunku reprezentowały stanowiska kserotermiczne z kategorii nr 2 (Włocławek, Płock, Wyszogród) oraz łąkowe z kategorii nr 4 (Zakroczym, Górki, Warszawa) (Ryc. 1B i 2B). Stanowiska z kategorii nr 2 i 4 są położone na tarasach zalewowych oraz innych utworach przykorytowych w dolinie Wisły.

Stanowiska z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) charakteryzowały się glebą o wyższej temperaturze, wyższej zawartości węglanu wapnia, wyższym pH, większym nasłonecznieniu oraz niższej wilgotności (Tab. 1, zał. 2). Stanowiska z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) wyróżniały się glebą o wyższej zawartości węglanu wapnia, wyższym pH i wyższej wilgotności oraz niższym nasłonecznieniu i niższej temperaturze (Tab. 2, zał. 2). Z badań wynika, że *C. vindobonensis* żyje w różnych środowiskach – na obszarach o glebach zasobnych lub ubogich w węglan wapnia, zasadowych lub lekko kwaśnych, porośniętych różnymi typami roślinności oraz w zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych i termicznych. W dalszej części badań sprawdzono, czy istnieją zależności między czynnikami środowiskowymi i cechami muszli *C. vindobonensis* oraz czy parametry tych muszli ulegają zmianie w zależności od warunków środowiskowych.

Muszle *C. vindobonensis* zebrane na stanowiskach należących do poszczególnych kategorii były prawidłowo rozwinięte i nie wykazywały odstępstw od ogólnej budowy przedstawionej na rycinie 3. Przekroje podłużne uwidocznily w muszlach tego gatunku strukturę skrzyżowanych płytek. Struktura ta powszechnie występuje u licznych przedstawicieli

Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda i Polyplacophora (De Paula i Silveira 2009). Budowę struktury skrzyżowanych płytek opisał wielu autorów, m.in. Biedermann (1902), Bøggild (1930), Kobayashi (1969), Taylor i in. (1969, 1973), Yates (1986), De Paula i Silveira (2009). W rodzinie Helicidae tę strukturę stwierdzono w muszlach takich gatunków jak *Helix pomatia*, *Cornu aspersum*, *Arianta arbustorum*, *Cepaea hortensis* i *C. nemoralis* (Bøggild 1930; Yates 1986; Kowalewska-Groszkowska i in. 2018). Struktura skrzyżowanych płytek ma charakter hierarchiczny. Oznacza to, że w strukturze mineralnej muszli można wyróżnić szereg poziomów organizacji: na poziomie mikrostrukturalnym są to warstwy tworzone przez pakiety biokryształów, na niższym zaś, nanostrukturalnym szczeblu organizacji, w budowie biokryształów rozpoznać można mniejsze domeny krystaliczne stowarzyszone z matrycami organicznymi (budowa nanokompozytowa).

Zewnętrzną warstwą muszli jest periostrakum (Ryc. 4). W przypadku *C. vindobonensis* oraz innych ślimaków lądowych nie wykazuje ono wewnętrznego podziału (De Paula i Silveira 2009). Powstaje przed warstwami mineralnymi i odgrywa rolę w procesie ich tworzenia (De Paula i Silveira 2009; Checa i in. 2014). Stanowi macierz organiczną o charakterze białkowo-polisacharydowym, która zapewnia stabilność i podstawę kryształom węgla wapnia (Nakamura i in. 2014; Li i in. 2017). Po wykształceniu muszli, periostrakum stanowi barierę, która chroni głębiej położone warstwy mineralne przed czynnikami środowiska zewnętrznego (Falniowski 1980). Periostrakum może ulegać procesowi powolnej degradacji m.in. w wyniku mechanicznego ścierania i bioerozji (Cadée 1999; Pearce 2008).

Pod periostrakum w strukturze muszli *C. vindobonensis* wyróżniono 4 warstwy mineralne zbudowane z płytek I-, II- i III-rzędowych o różnej orientacji geometrycznej, co jest cechą typową dla struktury skrzyżowanych płytek (Ryc. 5 i 6) (Bøggild 1930; Yates 1986). Uważa się, że obecność 4 warstw mineralnych jest charakterystyczna dla gatunków o dużych rozmiarach muszli, jak *Helix pomatia*, *Arianta arbustorum*, *Cepaea hortensis* i *C. nemoralis*. Warstwy te razem z płytkami o różnej orientacji wzmacniają strukturę przy jednoczesnym minimalizowaniu wagi muszli i ograniczaniu ilości węgla wapnia potrzebnego do jej budowy (Yates 1986). Analizując wewnętrzną strukturę muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk należących do kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego), nie stwierdzono wyraźnych różnic w budowie (Ryc. 7 i 8). Należy jednak podkreślić, że na osobne rozważania zasługuje zjawisko zaniku barwnych wzorów i deformacje muszli u dorosłych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach położonych w obrębie zasięgu wyspowego (Mierzwa 2009).

Na rozwój muszli ślimaków lądowych wpływa wiele czynników środowiskowych, m.in. wilgotność, temperatura, zawartość wapnia w glebie, nasłonecznienie, wysokość n.p.m., rodzaj szaty roślinnej (Goodfriend 1986; Sulikowska-Drozd 2001; Anderson i in. 2007; Maltz 2007; Ożgo i Komorowska 2009). Czynniki te mogą – pośrednio lub bezpośrednio (np. zawartość wapnia) – wpływać na fizjologię i aktywność biomineralizacyjną organizmu, co uwidacznia się w postaci rozmiarów i kształtu muszli, jej urzeźbienia, kolorystyki, grubości ścian, wielkości ujścia, mikrostruktury (Heller 1975; Sulikowska-Drozd 2001; Teshima i in. 2003; Charrier i in. 2013). W niniejszych badaniach skupiono się na zależnościach pomiędzy czynnikami środowiskowymi związanymi z podłożem a cechami muszli *C. vindobonensis*.

Zawartość węgla wapnia w glebie. Czynnikiem ten może wpływać na rozmiary muszli ślimaków lądowych oraz grubość ich ścian (Goodfriend 1986; Anderson i in. 2007; Charrier i in. 2013). Zależności między zawartością wapnia w glebie i cechami muszli notowano m.in. u *Limicolaria martensiana* występującego w Ugandzie. Populacje tego gatunku żyjące na glebach zasobnych w wapń miały muszle większych rozmiarów w porównaniu z populacjami z gleb ubogich w ten pierwiastek (Owen 1965). Z kolei populacje *Notodiscus hookeri* z Wysp Crozeta żyjące na glebach o wysokiej zawartości wapnia charakteryzowały się muszlami o mniejszych rozmiarach i grubszych ścianach w porównaniu z populacjami występującymi na glebach z niską zawartością tego pierwiastka (Charrier i in. 2013). W przypadku *C. vindobonensis* z zawartością węgla wapnia w glebie korelowały dodatnio wszystkie uwzględnione w badaniach cechy muszli (Tab. 3–6). Liczba istotnych korelacji była różna dla stanowisk z poszczególnych kategorii, przy czym były to najczęściej korelacje niskie lub umiarkowane. Wyższej zawartości węgla wapnia w glebie towarzyszyły większe rozmiary muszli, podobnie jak u *Limicolaria martensiana* w badaniach Owena (1965). Z czynnikiem tym najczęściej korelowała wysokość muszli (H) (Tab. 3–6). Najsilniejsza korelacja między zawartością węgla wapnia w glebie a tą cechą wyrażona współczynnikiem r_s wynosiła 0,43 ($p < 0,01$) i została stwierdzona na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 5). Gleba na stanowiskach z tej kategorii wyróżniała się najwyższą notowaną w badaniach zawartością węgla wapnia (średnio 8,01%), a muszle *C. vindobonensis* miały jedne z największych wysokości (średnio 18,66 mm) (Tab. 2, zał. 3). Niewielką liczbę korelacji notowano między zawartością węgla wapnia w glebie a szerokością muszli (B), wysokością ostatniego zwoju (W), wysokością ujścia (h) i szerokością ujścia (b) (Tab. 3–6). Sugeruje to, że istnieją inne czynniki korelujące z tymi cechami. Mogą to być zarówno czynniki zewnętrzne (np. interakcje między osobnikami tego gatunku lub z osobnikami innych gatunków) i/lub

wewnętrzne (czynniki genetyczne, procesy metaboliczne) (Maltz 2007). Z zawartością węgla wapnia w glebie korelowały dodatnio również wskaźniki kształtu muszli. Najwięcej korelacji zanotowano w przypadku wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B) (Tab. 3–5). Niską liczbę dodatnich korelacji notowano w przypadku wskaźników wyrażonych przez stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H) oraz wysokości ujścia do jego szerokości (h/b) (Tab. 3 i 5). Odstępstwem była ujemna korelacja między zawartością węgla wapnia w glebie a wskaźnikiem wyrażonym przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H) (znak korelacji przeciwny w porównaniu do korelacji między czynnikiem a wskaźnikiem S/H). Wraz ze wzrostem czynnika następował spadek wskaźnika, co wykazano na stanowiskach z dwóch kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego i 3 – łęgi zasięgu ciągłego) (Tab. 3 i 5). Brak korelacji może wynikać nie tylko z istnienia i wpływu innych czynników środowiskowych nie ujętych w niniejszych badaniach, ale przede wszystkim z istnienia czynników antropogenicznych. Czynniki te mogą odgrywać ważną rolę na stanowiskach wszystkich kategorii, ponieważ są one położone w sąsiedztwie siedlisk antropogenicznych i podlegają presji człowieka. Czynniki antropogeniczne mogą powodować „przysłanianie” czynników środowiskowych, czego efektem może być zmniejszenie ich wpływu.

Odczyn gleby. Z badań wynika, że z tym czynnikiem również dodatnio korelują cechy muszli *C. vindobonensis*, a stanowiska z poszczególnych kategorii różnią się liczbą korelacji (Tab. 3–6). Korelacje te były najczęściej niskie lub umiarkowane. Z odczynem gleby, podobnie jak z poziomem węgla wapnia w glebie, najczęściej korelowała wysokość muszli (H) (Tab. 3–6). Najwyższy wskaźnik korelacji r_s wynosił 0,45 ($p < 0,01$) i dotyczył stanowisk z kategorii nr 3 (łęgi zasięgu ciągłego) (Tab. 5). Gleba na stanowiskach z tej kategorii miała najwyższy notowany w badaniach odczyn (średnio 7,31), z kolei muszle charakteryzowały się najwyższą wysokością (średnio 18,66 mm) (Tab. 2, zał. 3). Niewielką liczbę korelacji notowano między pH gleby a szerokością muszli (B), wysokością ostatniego zwoju (W), wysokością ujścia (h) i szerokością ujścia (b) (Tab. 3–6). Może to oznaczać, podobnie jak w przypadku zawartości węgla wapnia w glebie, że istnieją inne czynniki środowiskowe i/lub antropogeniczne wpływające na te cechy muszli. W badaniach nad *C. vindobonensis* z odczynem gleby korelowały dodatnio także wskaźniki kształtu muszli, jednak stwierdzono dwa odstępstwa. Pierwsze odnosiło się do wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H). Wraz ze wzrostem pH gleby następował spadek wartości tego wskaźnika, co stwierdzono na stanowiskach z trzech kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu

ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego i 3 – łęgi zasięgu ciągłego) (Tab. 3–5). Drugie dotyczyło wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b), nie wykazano bowiem związków tego wskaźnika z pH gleby. Na brak korelacji cech i współczynników kształtu muszli z tym czynnikiem największy wpływ wydają się mieć czynniki antropogeniczne powodujące naruszenie struktury i zmianę właściwości gleb (np. wycinka drzew i krzewów, nawożenie pobliskich pól). Nagłe zmiany zachodzące na badanych stanowiskach lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie oraz opóźniona reakcja gatunku na te zmiany mogą utrudniać wykrycie korelacji.

Wilgotność gleby. Dotychczasowe wyniki wskazują, że ten czynnik wpływa na rozmiary muszli ślimaków lądowych, grubość ich ścian oraz rozmiary ciała zwierzęcia. Populacje wielu gatunków żyjących w środowiskach wilgotnych charakteryzują się większymi rozmiarami ciała, a co za tym idzie większymi muszlami i ich ujściami (Heller 1975; Goodfriend 1986; Sulikowska-Drozd 2001). Ślimaki środowisk wilgotnych są mniej narażone na straty wody, dzięki czemu są bardziej aktywne oraz wykazują większe tempo wzrostu w porównaniu ze ślimakami środowisk suchych (Goodfriend 1986; Teshima i in. 2003). Heller (1975) notował zależności pomiędzy średnią roczną opadów atmosferycznych a wysokością i szerokością muszli *Levantina spiriplana* występującego w Izraelu. Mniejsze rozmiary muszli stwierdzono w populacjach tego gatunku żyjących na obszarach o niskich opadach. Z kolei Pollard (1975) stwierdził korelacje pomiędzy średnią opadów atmosferycznych a grubością ścian muszli u *Helix pomatia* w Anglii. Grubsze ściany muszli wykazywały populacje tego gatunku na terenach o niskich opadach. W przypadku *C. vindobonensis* z wilgotnością gleby korelowały dodatnio wszystkie uwzględnione w badaniach cechy muszli. Wyższym wartościom tego czynnika towarzyszyły większe rozmiary muszli. Stanowiska z poszczególnych kategorii różniły się liczbą korelacji (najczęściej niskich i umiarkowanych), jednak we wszystkich zachodziły one między wilgotnością gleby a wysokością muszli (H), skrętki (S) i ostatniego zwoju (W) (Tab. 3–6). Najwyższy współczynnik korelacji r_s wynoszący 0,55 ($p < 0,01$) wystąpił między badanym czynnikiem a wysokością muszli i został zanotowany na stanowiskach z kategorii nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego) (Tab. 6). Na uwagę zasługują korelacje wysokości ujścia (h) stwierdzone w aż trzech kategoriach (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego i 4 – łęgi zasięgu wyspowego) (Tab. 3, 5 i 6). Wyniki nawiązują do wcześniejszych badań oraz potwierdzają zależności między wilgotnością gleby a cechami muszli ślimaków lądowych (Heller 1975; Goodfriend 1986; Sulikowska-Drozd 2001). Nieliczne korelacje stwierdzono między tym czynnikiem a szerokością muszli (B) i ujścia (b),

co skłania do poszukiwania innych czynników związanych z tymi cechami. Z wilgotnością gleby korelowały dodatnio również wskaźniki kształtu muszli. Najwięcej istotnych korelacji stwierdzono w przypadku wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B) (Tab. 4–6). Wyjątek stanowiła ujemna korelacja między tym czynnikiem a wskaźnikiem wyrażonym przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H). Korelacja ta zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 6). Brak lub niska liczba korelacji między wilgotnością gleby a wskaźnikami kształtu muszli może wynikać z trudności wykrycia tych korelacji, szczególnie gdy czynnik środowiskowy wykazuje niskie wartości. Wskazuje na to niska liczba korelacji lub ich brak na stanowiskach suchych z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w porównaniu z wysoką liczbą korelacji przede wszystkim na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 3, 4 i 6). Brak niektórych korelacji na stanowiskach z kategorii nr 3 i 4 położonych na tarasach zalewowych może z kolei wynikać z wahań wilgotności gleby wywołanych przyborami wód.

Temperatura gleby. Stwierdzono, że temperatura gleby/powietrza wpływa na rozmiary muszli ślimaków lądowych (Goodfriend 1986). Bengston i in. (1979) stwierdzili zależności między tym czynnikiem a rozmiarami muszli *Cepaea hortensis* na Islandii. Muszle populacji tego gatunku z terenów o wyższej średniej sezonowej temperaturze gleby wyróżniały się szerszymi muszlami. W badaniach nad *C. vindobonensis* z temperaturą gleby korelowały ujemnie wszystkie cechy muszli. Stanowiska z poszczególnych kategorii różniły się liczbą korelacji, przy czym najczęściej były to korelacje niskie i umiarkowane. Wyższym wartościom temperatury gleby towarzyszyły mniejsze wymiary muszli. Z tym czynnikiem najczęściej korelowała wysokość muszli (H), ostatniego zwoju (W) i ujścia (h) (Tab. 3–6). Najsilniejsza korelacja wyrażona współczynnikiem r_s wynosiła 0,54 ($p < 0,01$) i zachodziła między temperaturą gleby a wysokością muszli (H) na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (Tab. 4). Najmniej korelacji stwierdzono między tym czynnikiem a szerokością ujścia (b) (Tab. 5). Sugeruje to, że cecha ta jak już zostało wyżej wskazane może zależeć od innych czynników środowiskowych i/lub antropogenicznych. Porównując temperaturę z innymi czynnikami środowiskowymi, stwierdzono większą liczbę korelacji z szerokością muszli (B). Związki te występowały na stanowiskach z aż trzech kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 3 – łągi zasięgu ciągłego i 4 – łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 3, 5 i 6). Należy jednak zaznaczyć, że otrzymano odwrotne efekty niż w przypadku badań Bengstona i in. (1979) nad *Cepaea hortensis*. Mianowicie wraz ze wzrostem temperatury gleby

szerokość muszli *C. vindobonensis* malała. Z temperaturą gleby korelowały ujemnie również wskaźniki kształtu muszli. Wraz ze wzrostem tego czynnika następował spadek wskaźników (Tab. 3–6). Tylko w przypadku wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H) wartości rosły wraz ze wzrostem temperatury gleby, co zanotowano na stanowiskach z trzech kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego i 3 – łęgi zasięgu ciągłego) (Tab. 3–5). Najmniej korelacji stwierdzono między tym czynnikiem a wskaźnikiem wyrażonym przez stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b). Brak korelacji między temperaturą gleby a cechami i wskaźnikami kształtu muszli może wynikać z jej wahań powodowanych przez opady atmosferyczne. Dzieje się tak na skutek przewodzenia przez wodę opadową ciepła pochłoniętego z powierzchni gleby do jej głębszych warstw. Zazwyczaj opady atmosferyczne wiosną i jesienią obniżają temperaturę gleby, natomiast letnie podwyższają (Wojkowski i Skowera 2017).

Nasłonecznienie terenu. Wyniki wskazują, że ślimaki lądowe żyjące w środowiskach słabiej nasłonecznionych mają muszle większych rozmiarów w porównaniu ze ślimakami środowisk otwartych (Sulikowska-Drozd 2001). Czynnikiem ten może wpływać nie tylko na rozmiary muszli, ale także na ich barwę (Jones 1974; Ożgo 2008). Stwierdzono na przykładzie populacji *C. vindobonensis* z Grecji i Polski, że osobniki o jasnych muszlach były związane ze środowiskami otwartymi, natomiast osobniki o ciemnych muszlach – ze środowiskami zacienionymi (Staikou 1998, 1999; Ożgo i Komorowska 2009). W niniejszych badaniach z nasłonecznieniem terenu korelowały ujemnie wszystkie cechy muszli *C. vindobonensis*. Oznacza to, że wzrostowi nasłonecznienia terenu towarzyszyły mniejsze rozmiary muszli. Stanowiska z poszczególnych kategorii różniły się liczbą korelacji, przy czym najczęściej były to korelacje niskie i umiarkowane. Z czynnikiem tym najczęściej korelowała wysokość muszli (H), skrętka (S) i ostatniego zwoju (W) (Tab. 3–6). Wysoki współczynnik korelacji $r_s = -0,64$ ($p < 0,01$) uwidocznił się między nasłonecznieniem terenu a wysokością muszli (H) na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) (Tab. 3, Ryc. 9). Nieliczne korelacje zanotowano między tym czynnikiem a szerokością muszli (B) i ujścia (b), co wskazuje na potrzebę rozszerzenia badań o inne czynniki abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne (Tab. 3, 5 i 6). Z nasłonecznieniem terenu korelowały ujemnie również wskaźniki kształtu muszli. Wraz ze wzrostem tego czynnika następował spadek wskaźników, przy czym stwierdzono dwa odstępstwa. Pierwsze odnosiło się do wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H). Wraz ze wzrostem nasłonecznienia terenu

następował wzrost wartości tego wskaźnika, co stwierdzono na stanowiskach z trzech kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego i 3 – łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 3–5). Drugie dotyczyło wskaźnika wyrażonego przez stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b), nie wykazano bowiem jego związku z nasłonecznieniem terenu. Brak korelacji niektórych cech i wskaźników kształtu muszli z nasłonecznieniem terenu wskazuje na potrzebę uwzględnienia w przyszłych badaniach innych czynników wpływających na warunki termiczne, jak nachylenie terenu i jego ekspozycja, a także typ, wysokość i stopień zwarcia roślinności.

Porównanie muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) w zakresie rozmiarów wykazało między nimi istotne statystycznie różnice. Wysokość muszli (H), skrętki (S) i ostatniego zwoju (W), a także wysokość (h) i szerokość (b) ujścia były większe na stanowiskach z kategorii nr 2 (Tab. 7). Muszle osiągały tutaj wyższe parametry wymienionych cech pomimo niskiej zawartości węgla wapnia w glebie i niskiego pH. Większe znaczenie mogły mieć warunki wilgotnościowo-termiczne (mniejsze nasłonecznienie terenu, niższa temperatura i wyższa wilgotność gleby w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 1), które wpłynęły na większą aktywność ślimaków, a co za tym idzie na osiągnięcie przez nie większych rozmiarów ciała i muszli. W warunkach zwiększonej wilgotności zmniejsza się również transpiracja wody, co tłumaczy większe ujścia muszli. Muszle na stanowiskach z kategorii nr 2 osiągnęły wyższy wskaźnik wyrażony przez stosunek wysokości muszli do jej szerokości (H/B). Wskaźnik ten w obu kategoriach osiągał wartość poniżej 1, co oznacza, że szerokość muszli była większa od ich wysokości. Przy czym muszle z kategorii nr 2 były bliższe wpisania ich w kwadrat (czyli wyrównania wysokości i szerokości) w porównaniu z muszlami z kategorii nr 1. Muszle z kategorii nr 2 miały również wyższy wskaźnik wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H). Wskaźnik ten w obu kategoriach miał wartość poniżej 0,5 co oznacza, że wysokość skrętki zajmowała mniej niż połowę całkowitej wysokości muszli. Jednakże wartość wskaźnika w kategorii nr 2 była bliższa wartości 0,5 niż w kategorii nr 1. Sytuacja wyglądała odwrotnie jeśli chodzi o wskaźnik wyrażony przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H), który był niższy w kategorii nr 2. W obu kategoriach miał on wartość powyżej 0,5 co oznacza, że wysokość ostatniego zwoju zajmowała więcej niż połowę całkowitej wysokości muszli. Jednak ostatni zwój w muszlach z kategorii nr 2 był bliższy wartości 0,5 niż w kategorii nr 1 (Tab. 7).

Porównanie muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) również wykazało istotne statystycznie różnice między nimi. Wysokość muszli (H) i jej szerokość (B), a także wysokość ostatniego zwoju (W) i ujścia (h) były większe na stanowiskach z kategorii nr 3 (Tab. 8). Muszle osiągnęły tutaj wyższe parametry wymienionych cech przy wysokiej zawartości węgla wapnia w glebie, wysokim pH i wilgotności. Dostępność węgla wapnia i wilgotność mogły sprzyjać intensywniejszemu pobieraniu tego związku, warunki termiczne zaś (mniejsze nasłonecznienie terenu i niższa temperatura gleby w porównaniu ze stanowiskami z kategorii nr 4) – większej aktywności, a także osiągnięciu większych rozmiarów ciała i muszli. Muszle na stanowiskach z kategorii nr 3 miały niższy wskaźnik wysokości skrętki do wysokości muszli (S/H). Wskaźnik ten w obu kategoriach miał wartość poniżej 0,5 czyli wysokość skrętki zajmowała mniej niż połowę całkowitej wysokości muszli. Wartość tego wskaźnika w kategorii nr 3 była bardziej oddalona od wartości 0,5 niż w kategorii nr 4. W przypadku kolejnego wskaźnika sytuacja była odwrotna. Muszle z kategorii nr 3 osiągnęły wyższy wskaźnik wyrażony przez stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli (W/H). Wskaźnik ten w obu kategoriach miał wartość powyżej 0,5 czyli wysokość ostatniego zwoju zajmowała więcej niż połowę całkowitej wysokości muszli. Wartość tego wskaźnika w kategorii nr 3 była bardziej oddalona od wartości 0,5 niż w kategorii nr 4. Muszle na stanowiskach z kategorii nr 3 osiągnęły również wyższy wskaźnik wyrażony przez stosunek wysokości ujścia do jego szerokości (h/b). Wskaźnik ten w kategorii nr 3 miał wartość powyżej 1, czyli wysokość ujścia była większa od jego szerokości, a w kategorii nr 2 był równy 1, czyli wysokość ujścia była niemal równa jej szerokości (Tab. 8).

Poza opisanymi wyżej korelacjami pomiędzy czynnikami środowiskowymi a cechami i wskaźnikami kształtu muszli *C. vindobonensis* stwierdzono dodatkowe, mianowicie z grubością ścian muszli. Na stanowiskach z wszystkich kategorii notowano dodatnie korelacje między poziomem węgla wapnia i pH gleby a grubością ścian muszli. Wraz ze wzrostem tych czynników rosła grubość ścian (Tab. 9). Wyniki te nawiązują do rezultatów otrzymanych we wspomnianych wyżej badaniach nad *Notodiscus hookeri* (Charrier i in. 2013). W badaniach nad *C. vindobonensis* wysokie korelacje zachodziły między poziomem węgla wapnia w glebie ($r_s=0,66$; $p<0,01$) i pH gleby ($r_s=0,68$; $p<0,01$) a grubością ścian muszli na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 9, Ryc. 10 i 11). Dodatkowo na stanowiskach z wszystkich kategorii stwierdzono ujemne korelacje między wilgotnością gleby a grubością ścian muszli. Wraz ze wzrostem wilgotności gleby malała grubość ścian (Tab. 9). Podobne wyniki otrzymano w badaniach nad *Helix pomatia* (Pollard 1975).

Porównanie muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) wykazało istotne statystycznie różnice między nimi w zakresie grubości ścian (Tab. 10). Muszle ze stanowisk o glebach zasobnych w węglan wapnia i o odczynie zasadowym (kategorie nr 1 i 3) charakteryzowały się grubszymi ścianami w porównaniu z muszlami ze stanowisk o glebach ubogich w ten związek i o odczynie kwaśnym (odpowiednio kategorie nr 2 i 4) (Tab. 10, Ryc. 12, zał. 4). Wynika z tego, że dostępność węglanu wapnia i odczyn gleby sprzyjały tworzeniu przez ślimaki grubszych ścian muszli, dzięki czemu zyskały one lepsze zabezpieczenie np. przed drapieżnikami (Liew i Schilthuizen 2014). W przypadku *C. vindobonensis* naturalnymi wrogami są przede wszystkim ptaki z takich gatunków jak bażant zwyczajny (*Phasianus colchicus*) i krzyżówka (*Anas platyrhynchos*) (Allen 2004). W warunkach niskiej wilgotności grubsze ściany muszli mają dodatkowe znaczenie. Wspomagają one gospodarkę wodną ślimaków poprzez ograniczenie strat wody (Perrott i in. 2007).

Analiza składu chemicznego muszli. Analiza ta wykazała, że około 97% wag. w muszli *C. vindobonensis* przypada na pierwiastki: Ca, C i O będące przede wszystkim składnikami węglanu wapnia (zał. 5 i 6). Na stanowiskach z wszystkich kategorii stwierdzono umiarkowane lub wysokie korelacje dodatnie między zawartością węglanu wapnia w glebie a łączną zawartością tych trzech pierwiastków w muszlach (Tab. 11). Wysoki współczynnik korelacji r_s wynoszący 0,64 ($p < 0,01$) charakteryzował stanowiska z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 11, Ryc. 13). Gleba na stanowiskach z tej kategorii wyróżniała się najniższym notowanym w badaniach poziomem węglanu wapnia (średnio 2,09%), a muszle *C. vindobonensis* miały najniższą łączną zawartość pierwiastków: Ca, C i O (średnio 97,27% wag.) (Tab. 2 i 12). Potwierdza to wcześniejsze wyniki badań, według których zawartość takich pierwiastków jak wapń w muszlach ślimaków lądowych odpowiada ich dostępności w środowisku (Beeby i Richmond 2007).

Rezultaty wskazują także na występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie łącznej zawartości pierwiastków: Ca, C i O w muszlach ze stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 12). Na stanowiskach o glebach zasobnych w węglan wapnia (kategorie nr 1 i 3) muszle wykazywały wyższą łączną zawartość Ca, C i O w porównaniu ze stanowiskami o glebach ubogich w ten związek (odpowiednio kategorie nr 2 i 4) (Tab. 12, Ryc. 14). Otrzymane rezultaty ponownie potwierdzają wyniki wcześniejszych badań, które wskazują, że skład chemiczny muszli ślimaków lądowych odzwierciedla warunki

środowiskowe, w których te ślimaki żyją (Gärdenfors i in. 1996; Jordaens i in. 2006; Mierzwa 2011; Aleksander-Kwaterczak i Gołas-Siarzewska 2015).

Poza trzema głównymi pierwiastkami: Ca, C i O w muszlach *C. vindobonensis* występują inne, przede wszystkim Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr, których łączna zawartość wynosi od około 0,8 do około 2,8% wag. (zał. 5 i 6). Ich obecność w muszlach wiąże się z występowaniem węglanu wapnia, który może zawierać domieszki w swojej sieci krystalicznej (Florek 2009). Domieszki te mogą tworzyć m.in. jony wyżej wymienionych pierwiastków dostępne w środowisku. Na stanowiskach z wszystkich kategorii stwierdzono umiarkowane lub wysokie korelacje ujemne między zawartością węglanu wapnia w glebie a łączną zawartością Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis*. Wraz ze wzrostem wartości badanego czynnika spadała łączna zawartość tych pierwiastków w muszlach (Tab. 13). Najsilniejsza korelacja wyrażona współczynnikiem r_s wynosiła $-0,64$ ($p < 0,01$) i zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 13, Ryc. 15). Gleba na stanowiskach z tej kategorii wyróżniała się najniższym poziomem węglanu wapnia (średnio 2,09%), a muszle *C. vindobonensis* miały najwyższą łączną zawartość pierwiastków: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr (średnio 2,75% wag.) (Tab. 2 i 14). Sugeruje to, że w nieoptymalnych dla rozwoju *C. vindobonensis* warunkach pierwiastki tworzące domieszki mogą uzupełniać niedobory głównych składników budulcowych. Należy jednak zwrócić uwagę, że udział ilościowy tych pierwiastków może zaznaczyć się zarówno w nieorganicznej jak i organicznej części muszli.

Wyniki badań wskazują także na występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie zawartości pierwiastków: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w muszlach *C. vindobonensis* między stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 14). Muszle ze stanowisk o glebach ubogich w węglan wapnia (kategorie nr 2 i 4) wykazały wyższą łączną zawartość tych pierwiastków w porównaniu z muszlami ze stanowisk o glebach zasobnych w ten związek (odpowiednio kategorie nr 1 i 3) (Tab. 14, Ryc. 16). Sugeruje to większy udział Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr w diecie *C. vindobonensis* w siedliskach ubogich w węglan wapnia.

W odniesieniu do muszli mięczaków sądzi się, że domieszki stanowią przede wszystkim takie pierwiastki jak Sr, Mg, Fe i Mn tworzące jony dwuwartościowe. Jony tych pierwiastków mogą zastępować jony dwuwartościowe Ca w sieci krystalicznej węglanu wapnia. Teoretycznie przyjmuje się, że jony pierwiastków o średnicy większej od Ca (np. Sr) częściej wnikają w sieć

aragonitową, o średnicy mniejszej zaś (np. Mg, Fe, Mn) – w kalcytową. Wskazuje się, że Sr podobnie jak Ca tworzy z węglanami minerały (stroncjanit, aragonit) z tzw. grupy aragonitowej, które krystalizują w układzie rombowym. Natomiast minerały pierwiastków takich jak Mg, Fe i Mn (magnezyt, syderyt, rodochrozyt) należą do tzw. grupy kalcytowej i krystalizują w układzie trygonalnym (Wilbur 1972; Foster i Chacko 1995; Buchanan i Park 1997; Florek 2009). Wymienione minerały (stroncjanit, magnezyt, syderyt, rodochrozyt), niezawierające Ca w swojej strukturze nie były dotychczas wykazywane w muszlach mięczaków, jednak pierwiastki je tworzące mogą zaznaczyć swoją obecność w sieci krystalicznej węglanu wapnia. Domieszkami są także jony Si i Al wpływające na rozwój muszli oraz Na, K, Cl, Mg, S i P, które poza tworzeniem muszli wchodzi w skład m.in. enzymów, płynów ustrojowych, białek i ich pochodnych (Burton 1966, 1968a, 1968b; Rumsey 1972; Martin i Deyrup-Olsen 1986; Luchtel i Deyrup-Olsen 2001; Florek 2009; Mierzwa 2011).

Analiza fazy krystalicznej muszli. Analiza ta wykazała, że węglan wapnia w muszlach *C. vindobonensis* występuje w postaci aragonitu (Ryc. 17–20). W muszlach mięczaków jest on najczęściej obecny w dwóch postaciach krystalograficznych: aragonitu o układzie rombowym i/lub kalcytu o układzie trygonalnym (Florek 2009). Wśród przedstawicieli rodziny Helicidae aragonit stwierdzono w strukturze muszli *Cornu aspersum*, *Cepaea hortensis* i *C. nemoralis* (Chateigner i in. 2009; Kowalewska-Groszkowska i in. 2018). Najsilniejsze refleksy na dyfraktogramach z próbek muszli *C. vindobonensis* były przyporządkowane do płaszczyzn (012) oraz (111). Teoretycznie w układach rombowych najsilniejszy jest refleks (111). W przypadku próbek muszli *C. vindobonensis* był nim refleks (012) (Ryc. 17–20). Oznacza to, że płaszczyzna krystaliczna (012) siatki aragonitu ma najsilniejszą orientację preferencyjną (najsilniejszy kierunek wzrostu). Podobne wyniki otrzymano dla muszli *Cepaea hortensis* i *C. nemoralis* (Kowalewska-Groszkowska i in. 2018). Średnia wielkość krystalitów w muszlach *C. vindobonensis* wynosiła 41,3 nm (Tab. 15 i 16). Przykładowo w muszlach *Cepaea nemoralis* wynosiła 38,14 nm, a *C. hortensis* – 34,39 nm (Kowalewska-Groszkowska i in. 2018). Porównanie muszli *C. vindobonensis* ze stanowisk o glebach zasobnych w węglan wapnia z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) nie wykazało istotnych statystycznie różnic między nimi w zakresie wielkości krystalitów (Tab. 17). Zatem odmienne warunki środowiskowe na stanowiskach tego gatunku nie warunkowały zmian jakościowych krystalitów.

Właściwości mechaniczne muszli. Pomiaru właściwości mechanicznych muszli *C. vindobonensis* wykazały, że ich średnia mikrotwardość wynosi 338 HV przy obciążeniu $F=0,025$ HV (zał. 7). Podobną wytrzymałość mierzoną przy takim samym obciążeniu miały warstwy kompozytowe Ni/Si₃N₄. Są to warstwy powierzchniowe wytwarzane metodą redukcji elektrochemicznej wykorzystywane w inżynierii materiałowej. Polepszają one właściwości powierzchniowe czystej stali (Kowalewska i Trzaska 2005). W badaniach nad *C. vindobonensis* stwierdzono umiarkowane i wysokie korelacje ujemne między zawartością węgla wapnia w glebie a mikrotwardością muszli. Na stanowiskach z wszystkich kategorii wraz ze wzrostem wartości tego czynnika następował spadek mikrotwardości. Wysoka korelacja wyrażona współczynnikiem r_s o wartości $-0,6$ ($p<0,01$) zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 18). Gleba na stanowiskach z tej kategorii wyróżniała się najwyższym notowanym w badaniach poziomem węgla wapnia (średnio 8,01%), a muszle *C. vindobonensis* miały najniższą mikrotwardość (średnio 313,25 HV) (Tab. 2 i 21). Zatem dostępność wapnia w środowisku nie oznaczała większej wytrzymałości mechanicznej muszli. Stwierdzono również umiarkowane i wysokie ujemne korelacje między łączną zawartością Ca, C i O w muszlach a ich mikrotwardością. Wraz ze wzrostem zawartości tych pierwiastków w muszlach spadała ich mikrotwardość. Wysoka korelacja wyrażona współczynnikiem r_s wynosiła $-0,72$ ($p<0,01$) i zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 19, Ryc. 21). Muszle na stanowiskach z tej kategorii miały jedną z najwyższych łącznych zawartości Ca, C i O (średnio 99,12% wag.) i najniższą mikrotwardość (średnio 313,25 HV) (Tab. 12 i 21). Podobne wyniki otrzymali Jordaens i in. (2006) dla *Cepaea nemoralis*. Muszle tego gatunku o wysokiej zawartości wapnia charakteryzowały się gorszymi właściwościami mechanicznymi (ulegały zniszczeniu przy użyciu stosunkowo niedużej siły). Badania nad *C. vindobonensis* wykazały jednocześnie umiarkowane i wysokie korelacje dodatnie pomiędzy łączną zawartością pierwiastków: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr a mikrotwardością muszli. Na stanowiskach z wszystkich kategorii wraz ze wzrostem łącznej zawartości tych pierwiastków w muszlach rosła ich mikrotwardość. Najsilniejsza korelacja wyrażona współczynnikiem r_s wynosiła $0,72$ ($p<0,01$) i zachodziła na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) (Tab. 20, Ryc. 22). Muszle na stanowiskach z tej kategorii charakteryzowała najniższa łączna zawartość Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Mn, Fe, Zn i Sr (średnio 0,86% wag.) i najniższa mikrotwardość (średnio 313,25 HV) (Tab. 14 i 21). Powyższe korelacje wskazują, że pierwiastki stanowiące domieszki w strukturze muszli są ważnym czynnikiem warunkującym jej właściwości mechaniczne.

Wyniki badań wskazały także istotne statystycznie różnice w zakresie mikrotwardości muszli pomiędzy stanowiskami należącymi do kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 21). Stanowiska o podłożach zasobnych w węglan wapnia (kategoria nr 3) charakteryzowały się muszlami o niższej mikrotwardości w porównaniu ze stanowiskami o podłożach ubogich w ten związek (kategoria nr 4) (Tab. 21, Ryc. 23). Sugeruje to, że w siedliskach o różnym chemizmie podłoża, zawartość poszczególnych pierwiastków w diecie *C. vindobonensis* ulega zmianie, co wpływa m.in. na właściwości mechaniczne muszli. Wyższa mikrotwardość muszli na stanowiskach ubogich w węglan wapnia może zwiększać szanse gatunku na przetrwanie w mniej korzystnych warunkach.

Właściwości mechaniczne (mikrotwardość) muszli *C. vindobonensis* o strukturze skrzyżowanych płytek związane są z dwiema jej cechami: kompozytowością i hierarchicznością. Pierwsza cecha – kompozytowość – jest wyrażona obecnością w strukturze związków: nieorganicznych – głównie w postaci węglanu wapnia – oraz organicznych zawartych w macierzy białkowo-polisacharydowej (Li i in. 2017). Te dwa komponenty, których skład chemiczny zależy od dostępności pierwiastków w środowisku, różnią się między sobą m.in. stopniem twardości i elastyczności. Ich połączenie nadaje nowe właściwości materiałom, z których zbudowana jest muszla. Druga cecha – hierarchiczność – oznacza obecność wielu warstw, z których każda jest wewnętrznie złożona i odmiennie zorientowana (Brom in. 2015; Hong i Wang 2016). Dzięki połączeniu tych cech materiał tworzący muszlę stanowi trwały biokompozyt, który charakteryzuje się dobrymi właściwościami mechanicznymi i zdolnością rozpraszania pęknięć (Hou i in. 2004; Liang i in. 2008; Yang i in. 2011; Salinas i Kisailus 2013; Li i in. 2017). Oznacza to, że pęknięcia zainicjowane w zewnętrznych warstwach mineralnych, przechodząc do warstw głębiej położonych, muszą na nowo ukierunkować się w określonej geometrii. Zjawisko to występuje także w przypadku pęknięć przechodzących kolejno przez płytki I-, II- i III-rzędowe. W efekcie w początkowej fazie fizycznego niszczenia struktury muszli (np. w wyniku uderzenia muszli o skałę lub rzucenia jej z dużej wysokości), dochodzi do powstania wielu drobnych pęknięć powierzchniowych zamiast jednego dużego defektu mogącego spowodować uszkodzenie muszli na całej grubości (Brom i in. 2015).

Dieta a dynamika wzrostu muszli. Wzrost i rozwój muszli *C. vindobonensis*, podobnie jak innych ślimaków lądowych, w przeważającej mierze zależy od dostępności wapnia w środowisku. Ślimaki pozyskują ten pierwiastek z trzech głównych źródeł, którymi są: rośliny (rzadziej zwierzęta), gleba i woda (Heller i Magaritz 1983). Mimo że wiele gatunków preferuje

dietę roślinną, zazwyczaj nie zapewnia ona wystarczającej ilości wapnia, czego dowodem są ich delikatne i kruche muszle (Egonmwan 2008). W celu zrekompensowania niedoborów wapnia, wiele gatunków spożywa glebę, szczególnie, gdy jest nasiąknięta wodą. Ślimaki lądowe z rodzajów *Cornu*, *Theba*, *Levantina* czy *Bulimus* okresowo uzupełniają w ten sposób dietę roślinną, ale są również takie gatunki jak pustynna *Sphincterochila zonata*, które pobierają glebę regularnie (Heller i Magaritz 1983). Z dotychczasowych badań nad *C. vindobonensis* wynika, że dieta tego gatunku składa się głównie ze szczątków roślinnych zawartych w glebie, w mniejszym zaś stopniu z żywych roślin zielnych (Hatzioannou i in. 1994). Nie musi to jednak oznaczać, że do rozwoju muszli wykorzystuje on wyłącznie wapń pochodzenia roślinnego. Źródłem tego pierwiastka może być także skała macierzysta i nieorganiczna część gleby (Mwaura 2010). Badania eksperymentalne potwierdziły, że *C. vindobonensis* reaguje na obecność węglanu wapnia (w postaci sproszkowanego kalcytu) dodanego do diety roślinnej. Ślimaki z grupy eksperymentalnej z dietą wzbogaconą w węglan wapnia wyróżniały się większymi muszlami w porównaniu z osobnikami z grupy kontrolnej z dietą bez węglanu wapnia. Istotnie statystycznie różnice w zakresie wysokości i szerokości muszli stwierdzono od 2 do 10 tygodnia trwania eksperymentu. W ostatnim tygodniu w grupie eksperymentalnej średnia wysokość muszli wynosiła 8,62 mm, a szerokość 10,91 mm, podczas gdy w grupie kontrolnej muszle miały odpowiednio wymiary 8,34 mm i 10,56 mm (Tab. 22 i 23, Ryc. 24 i 25). Dodatni wpływ diety wzbogaconej w węglan wapnia na wzrost muszli wykazano w warunkach laboratoryjnych także u *Limicolaria flammea* (Egonmwan 2008). Tempo wzrostu muszli *C. vindobonensis* w czasie trwania eksperymentu wykazało tendencję rosnącą. Na etapie 7 tygodnia obie grupy (kontrolna i eksperymentalna) weszły w okres intensywnego wzrostu (Tab. 24). Jednak, zarówno przed 7 tygodniem trwania eksperymentu, jak i po nim, pokarm roślinny nie zapewniał w grupie kontrolnej odpowiednio wysokiego tempa wzrostu muszli. Przenosząc uzyskane wyniki na warunki naturalne, można sądzić, że odpowiednie tempo rozwoju muszli *C. vindobonensis* możliwe jest przede wszystkim w siedliskach o glebach zasobnych w węglan wapnia, jednocześnie zapewniających dietę roślinną wzbogaconą w ten związek. Pociąga to za sobą szereg innych konsekwencji. Siedliska takie zapobiegają na przykład zjawisku karłowacenia muszli oraz umożliwiają szybsze jej zwapnienie. Dzięki temu muszle mogą być wykorzystywane jako rezerwy wapnia np. w okresie reprodukcji lub zablizniania ran (Beeby i Richmond 2007; Egonmwan 2008; Gouveia i in. 2011).

Konkluzja. Z powyższych rozważań wynika, że efektem procesu rozprzestrzenienia południowo-wschodnich populacji *C. vindobonensis* w kierunku północnym jest obecność tego

gatunku na obszarach zróżnicowanych ekologicznie (zarówno bogatych, jak i ubogich w węglan wapnia). Zmiany warunków siedliskowych wpływają na gatunek i uwidaczniają się przede wszystkim w cechach biometrycznych, składzie chemicznym, właściwościach mechanicznych, a także w tempie wzrostu muszli. Szereg danych zawartych w piśmiennictwie wskazuje, że czynniki środowiskowe determinują kształtowanie muszli tego gatunku. Jak wykazały niniejsze badania do grupy tych czynników należy dołączyć również te związane z podłożem.

2.6. Piśmiennictwo

- Aleksander-Kwaterczak U., Gołas-Siarzewska M. 2015.** Comparative analysis of *Helix pomatia* L. shells found in soils with varying degrees of contamination (southern Poland). *Geology, Geophysics & Environment*, 41: 299–309.
- Allen J. A. 2004.** Avian and mammalian predators of terrestrial gastropods. W: G. M. Barker (red.). *Natural enemies of terrestrial molluscs*. CABI Publishing, Wallingford, 1–36.
- Anderson T. K., Weaver K. F., Guralnick R. P. 2007.** Variation in adult shell morphology and life-history traits in the land snail *Oreohelix cooperi* in relations to biotic and abiotic factors. *Journal of Molluscan Studies*, 73: 129–137.
- Beeby A., Richmond L. 2007.** Differential growth rates and calcium-allocation strategies in the garden snail *Cantareus aspersus*. *Journal of Molluscan Studies*, 73: 105–112.
- Bengston S.-A., Nilsson A., Nordström S., Rundgren S. 1979.** Selection for adult shell size in natural populations of the landsnail *Cepaea hortensis* (Müll.). *Annales Zoologici Fennici*, 16: 187–194.
- Biedermann W. 1902.** Untersuchungen über Bau und Entsehung der Molluskenschalen. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft*, 29: 1–164 + 6 tablic.
- Bøggild O. B. 1930.** The shell structure of the molluscs. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et des Letters de Danemark, Copenhague, Section des Sciences*, 9^{me} serie, t. 2, nr 2, 1–326 + 15 tabl.

- Brom K. R., Salamon M. A., Skreczko S. 2015.** Właściwości strukturalne muszli mięczaków jako inspiracja inżynierii bionicznej. *Kosmos*, 64: 365–375.
- Buchanan R. C., Park T. 1997.** *Materials crystal chemistry*. Marcel Dekker Inc., New York–Basel, 463 s.
- Burton R. F. 1966.** Aspects of ionic regulation in certain terrestrial pulmonata. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 17: 1007–1018.
- Burton R. F. 1968a.** Ionic balance in the blood of Pulmonata. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 25: 509–516.
- Burton R. F. 1968b.** Ionic regulation in the snail, *Helix aspersa*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 25: 501–508.
- Cadée G. C. 1999.** Bioerosion of shells by terrestrial gastropods. *Lethaia*, 32: 253–260.
- Chateigner D., Kaptein R., Dupont-Nivet M. 2009.** X-ray quantitative texture analysis on *Helix aspersa aspera* (Pulmonata) shells selected or not for increased weight. *American Malacological Bulletin*, 27: 157–165.
- Charrier M., Marie A., Guillaume D., Bédouet L., Le Lannic J., Roiland C., Berland S., Pierre J.-S., Le Floch M., Frenot Y., Lebouvier M. 2013.** Soil calcium availability influences shell ecophenotype formation in the sub-antarctic land snail, *Notodiscus hookeri*. *PLoS ONE* 8: e84527.
- Checa A. G., Salas C., Harper E. M., Bueno-Pérez J. de D. 2014.** Early stage biomineralization in the periostracum of the ‘living fossil’ bivalve *Neotrigonia*. *PLoS ONE* 9: e90033. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090033>.
- Dauphin Y., Guzman N., Denis A., Cuif J.-P., Ortlieb L. 2003.** Microstructure, nanostructure and composition of the shell of *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae). *Aquatic Living Resources*, 16: 95–103.
- De Paula S. M., Silveira M. 2009.** Studies on molluscan shells: Contributions from microscopic and analytical methods. *Micron*, 40: 669–690.

- Dhora D. 1985.** Cenoza molusqesh prej mjediseve të ndryshme në Shqipëri. Buletini I Shkencave Të Natyrës, 39: 105–108.
- Egonmwan R. I. 2008.** Effects of dietary calcium on growth and oviposition of the African land snail *Limicolaria flammea* (Pulmonata: Achatinidae). Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation), 56: 333–343.
- Falniowski A. 1980.** Z zagadnień budowy i wytwarzania muszli u ślimaków. Przegląd Zoologiczny, 24: 275–280.
- Florek M. 2009.** Charakterystyka fizykochemiczna wybranych biominerałów oraz skamielin opartych na węglanie wapnia. Rozprawa doktorska. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 170 s.
- Foster P., Chacko J. 1995.** Minor and trace elements in the shell of *Patella vulgata* (L.). Marine Environmental Research, 40: 55–76.
- Gärdenfors U., Bignert A., Carell B., Forberg S., Mutvei H., Westermark T. 1996.** Elemental composition of some land snail shells (Mollusca, Gastropoda) and observations of environmental interest. Abstracts of International Symposium on Biomineralization N°7, Monaco, 17 November 1993: 432.
- Goodfriend G. A. 1986.** Variation in the land-snail shell form and size and its causes: a review. Systematic Zoology, 35: 204–223.
- Gouveia A. R., Pearce-Kelly P., Quicke D. L. J., Leather S. R. 2011.** Effects of different calcium concentrations supplemented on the diet of *Partula gibba* on their morphometric growth parameters, weight and reproduction success. Malacologia, 54(2): 139–146.
- Hatzioannou M., Eleutheriadis N., Lazaridou-Dimitriadou M. 1994.** Food preferences and dietary overlap by terrestrial snails in Logos Area (Edessa, Macedonia, Northern Greece). Journal of Molluscan Studies, 60: 331–341.
- Heller J. 1975.** The taxonomy, distribution and faunal succession of *Buliminus* (Pulmonata: Enidae) in Israel. Zoological Journal of the Linnean Society, 57: 1–57.
- Heller J., Magaritz M. 1983.** From where do land snails obtain the chemical to build their shells? Journal of Molluscan Studies, 49: 116–121.

- Honek A. 2003.** Shell-band color polymorphism in *Cepaea vindobonensis* at the northern limit of its range. *Malacologia*, 45: 133–140.
- Hong X., Wang X. 2016.** Structure and roles of the various layers in the shells of conch *Conus litteratus*. *Journal of Bionic Engineering*, 13: 124–131.
- Hou D. F., Zhou G. S., Zheng M. 2004.** Conch shell structure and its effect on mechanical behaviors. *Biomaterials*, 25: 751–756.
- Jones J. S. 1973.** Ecological genetics and natural selection in molluscs. *Science*, 182: 546–552.
- Jones J. S. 1974.** Environmental selection in the snail *Cepaea vindobonensis* in the Lika area of Yugoslavia. *Heredity*, 32: 165–170.
- Jones J. S. 1975.** The genetic structure of some steppe populations of the snail *Cepaea vindobonensis* (Pf.). *Genetica*, 45: 217–225.
- Jones J. S., Parkin D. T. 1977.** Experimental manipulation of some snail populations subject to climatic selection. *The American Naturalist*, 111: 1014–1017.
- Jordaens H., De Wolf H., Vandecasteele B., Blust R., Backeljau T. 2006.** Associations between shell strength, shell morphology and heavy metals in the land snail *Cepaea nemoralis* (Gastropoda, Helicidae). *Science of the Environment*, 363: 285–293.
- Kobayashi I. 1969.** Internal microstructure of the shell of bivalve molluscs. *American Zoologist*, 9: 663–672.
- Kowalewska M., Trzaska M. 2005.** Charakterystyka warstw kompozytowych Ni/Si₃N₄. *Kompozyty*, 5(4): 36–40.
- Kowalewska-Groszkowska M., Mierzwa-Szymkowiak D., Zdunek J. 2018.** The crossed-lamellar structure of mollusk shells as biocomposite material. *Composites, Theory and Practice*, 18: 71–76.
- Kramarienko S. S. 2016.** Pattern of spatio-temporal variation in land snails: a multi-scale approach. *Folia Malacologica*, 24: 111–177.

- Kramarienko S. S., Chochutkin I. M., Griebennikow M. E. 2007.** Specific features of phenetic structure of the terrestrial snail *Cepaea vindobonensis* (Pulmonata: Helicidae) in urbanized and natural populations. *Russian Journal of Ecology*, 38: 39–45.
- Lázár F. F. 2002.** Geochemistry of the environment in the areas of mining works from Arieş Valley (Apuseni Mountains, Romania). *Rozprawa doktorska (wersja skrócona)*. Babeş-Bolyai University, 31 s.
- Li X. W., Ji H. M., Yang W., Zhang G. P., Chen D. L. 2017.** Mechanical properties of crossed-lamellar structures in biological shells: A review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 74: 54–71.
- Liang Y., Zhao J., Wang L., Li F. 2008.** The relationship between mechanical properties and crossed-lamellar structure of mollusk shells. *Materials Science and Engineering, A* 483–484: 309–312.
- Liew T.-S., Schilthuizen M. 2014.** Association between shell morphology of micro-land snails (genus *Plectostoma*) and their predator's predatory behaviour. *PeerJ* 2: e329. <https://doi:10.7717/peerj.329>.
- Luchtel D. L., Deyrup-Olsen I. 2001.** Body wall: form and function. W: G. M. Barker (red.). *The biology of terrestrial moluscs*. CABI Publishing, Wallingford, 147–178.
- Maltz T. K. 2007.** Shell variation in *Helicodonta obvoluta* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae s. lato). *Folia Malacologica*, 15: 1–23.
- Martin A. W., Deyrup-Olsen I. 1986.** Function of the epithelial channel cells of the body wall of a terrestrial slug *Ariolimax columbianus*. *Journal of Experimental Biology*, 121: 301–314.
- Mierzwa D. 2009.** *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in central, northwestern and western Poland. *Folia Malacologica*, 17: 185–198.
- Mierzwa D. 2011.** Chemical composition of shells of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) from localities with different substrata. *Folia Malacologica*, 19: 97–101.

- Mwaura N. A. 2010.** Molecular characterization and some environmental factors influencing distribution of the endangered and endemic *Gulella taitensis* in Taita Hills, Kenya. Praca dyplomowa. Kenyatta University, 59 s.
- Nakamura A. F., De Almeida A. C., Riera H. E., De Araújo J. L. F., Gouveia V. J. P., De Carvalho M. D., Cardoso A. V. 2014.** Polymorphism of CaCO₃ and microstructure of the shell of a Brazilian invasive mollusc (*Limnoperna fortunei*). Material Research, 17(Suppl. 1): 15–22.
- Owen D. F. 1965.** A population study of an equatorial land snail, *Limicolaria martensiana* (Achatinidae). Journal of Zoology, 144: 361–382.
- Ożgo M. 2008.** Current problems in the research of *Cepaea* polymorphism. Folia Malacologica, 16: 55–60.
- Ożgo M., Komorowska A. 2009.** Shell banding polymorphism in *Cepaea vindobonensis* in relation to habitat in southeastern Poland. Malacologia, 51: 81–88.
- Ożgo M., Zięba K. 2004.** Polimorfizm muszli wstężyka austriackiego *Cepaea vindobonensis* (Fér.) w południowo-wschodniej Polsce. Przegląd Zoologiczny, 48: 109–112.
- Pearce T. A. 2008.** When a snail dies in the forest, how long will the shell persist? Effect of dissolution and micro-bioerosion. American Malacological Bulletin, 26: 111–117.
- Perrott J. K., Levin I. I., Hyde E. A. 2007.** Morphology, distribution and desiccation in the brown garden snail (*Cantareus aspersus*) in northern New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 31: 60–67.
- Pollard E. 1975.** Aspects of the ecology of *Helix pomatia* L. Journal of Animal Ecology, 44: 300–329.
- Pramatarova R. 2003.** The lamellar structure of the shell of *Patella creanta*: a crystallographic study. Rozprawa doktorska. University of Hamburg, 107 s.
- Rodriguez-Navarro A. B., Checa A., Willinger M.-G., Bolmaro R., Bonarski J. 2012.** Crystallographic relationship in the crossed lamellar microstructure of the shell of the gastropod *Conus marmoreus*. Acta Biomaterialia, 8: 830–835.

- Rotarides M. 1926.** Über die Bandervariationen von *Cepaea vindobonensis* (Fér.) Zoologischer Anzeiger, 67: 28–44.
- Rumsey T. J. 1972.** Osmotic and ionic regulation in a terrestrial snail, *Pomatias elegans* (Gastropoda, Prosobranchia) with a note on some tropical Pomatiasidae. Journal of Experimental Biology, 57: 205–215.
- Sacchi C. F. 1984.** Population ecology of *Cepaea nemoralis* and *C. vindobonensis* along the north Adriatic coasts of Italy. Malacologia, 25: 315–323.
- Salinas C., Kisailus D. 2013.** Fracture mitigation strategies in gastropod shells. Journal of Materials, 65: 473–480.
- Schilder F. 1923.** Über die Bänder-Variationen unserer *Cepaea*-Arten. Archiv für Molluskenkunde, 55: 63–72.
- Staikou A. E. 1998.** Aspects of life cycle, population dynamics, growth and secondary production of the pulmonate snail *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) in northern Greece. Journal of Molluscan Studies, 64: 297–308.
- Staikou A. E. 1999.** Shell temperature, activity and resistance to desiccation in the polymorphic land snail *Cepaea vindobonensis*. Journal of Molluscan Studies, 65: 171–184.
- Sulikowska-Drozd A. 2001.** Shell variability in *Vestia turgida* (Rossmässler, 1836) (Gastropoda, Clausiliidae) along an altitudinal gradient. Folia Malacologica, 9: 73–81.
- Swierłowa N. W., Kirpan S. P. 2004.** Фенетична структура популяцій *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на заході України. Наукові записки Державного природознавчого музею, Львів, 19: 107–114.
- Taylor J. D., Kennedy W. J., Hall A. 1969.** The shell structure and mineralogy of the Bivalvia. Introduction. Nuculacea–Trigonacea. Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology, supplement 3, 125 s. + 29 tabl.
- Taylor J. D., Kennedy W. J., Hall A. 1973.** The shell structure and mineralogy of the Bivalvia. II. Lucinacea–Clavagellacea conclusions. Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology, 22: 253–294 + 15 tabl.

- Teshima H., Davison A., Kuwahara Y., Yokoyama J., Chiba S., Fukuda T., Ogimura H., Kawata M. 2003.** The evolution of extreme shell shape variation in the land snail *Ainohelix editha*: a phylogeny and hybrid zone analysis. *Molecular Ecology*, 12: 1869–1878.
- Wilbur K. M. 1972.** Shell Formation in Mollusks. W: M. Florkin, B. T. Scheer (red.). *Chemical zoology. Mollusca*, Academic Press, New York–London, 7: 103–146.
- Wiktor A. 2004.** Ślimaki lądowe Polski. Mantis, Olsztyn, 302 s.
- Wojkowski J., Skowera B. 2017.** Związek temperatury gleby z temperaturą powietrza w warunkach jurajskiej doliny rzecznej. *Inżynieria Ekologiczna*, 18(1): 18–26.
- Yang W., Zhang G., Liu H., Li X. 2011.** Microstructural characterization and hardness behavior of a biological *Saxidomus purpuratus* shell. *Journal of Materials Science & Technology*, 27: 139–146.
- Yates T. J. S. 1986.** The selection of non-marine molluscan shells for radiocarbon dating. *Rozprawa doktorska. University of London*, 430 s.

Załączniki

Załącznik 1. Zestawienie materiałów badawczych.

	Sezon					
	I wiosenno-letni	II letnio-jesienny	III wiosenno-letni	IV letnio-jesienny		
	1 stanowisko				1 kategoria (3 stanowiska)	4 kategorie (12 stanowisk)
Badania czynników środowiskowych	Liczba pomiarów/prób gleby dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób gleby z 4 sezonów	
Zawartość węgla wapnia w glebie	30	30	30	30	360	1440
pH gleby	30	30	30	30	360	1440
Wilgotność gleby	30	30	30	30	360	1440
Temperatura gleby	30	30	30	30	360	1440
Nasłonecznienie gleby	30	30	30	30	360	1440
Badania muszli	Liczba muszli dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba muszli z 4 sezonów	
Biometria	15		15		90	360
Struktura	1		1		6	24
Skład chemiczny	5		5		30	120
Skład mineralny	5		5		30	120
Mikrotwardość	5		5		30	120
Badane korelacje między czynnikami środowiskowymi a cechami muszli*	Liczba pomiarów/prób gleby i liczba muszli dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób gleby i muszli z 4 sezonów	
Zawartość węgla wapnia w glebie a biometria muszli	15 i 15		15 i 15		90 i 90	360 i 360
pH gleby a biometria muszli	15 i 15		15 i 15		90 i 90	360 i 360
Wilgotność gleby a biometria muszli	15 i 15		15 i 15		90 i 90	360 i 360
Temperatura gleby a biometria muszli	15 i 15		15 i 15		90 i 90	360 i 360
Nasłonecznienie terenu a biometria muszli	15 i 15		15 i 15		90 i 90	360 i 360
Zawartość węgla wapnia w glebie a skład chemiczny muszli	5 i 5		5 i 5		30 i 30	120 i 120
Zawartość węgla wapnia w glebie a mikrotwardość muszli	5 i 5		5 i 5		30 i 30	120 i 120

Załącznik 1. c.d.

	Sezon					
	I wiosenno-letni	II letnio-jesienny	III wiosenno-letni	IV letnio-jesienny		
	1 stanowisko				1 kategoria (3 stanowiska)	4 kategorie (12 stanowisk)
Badane korelacje między różnymi cechami muszli	Liczba muszli				Łączna liczba muszli z 4 sezonów	
Skład chemiczny muszli a mikrotwardość muszli	5		5		30	120

	Grupa	
	Kontrolna	eksperymentalna
Eksperyment	Liczba muszli	
Badania tempa wzrostu	30	30

*W badaniach korelacji między czynnikami środowiskowymi a cechami muszli dopasowano liczbę prób/pomiarów gleby do liczby muszli.

Załącznik 2. Parametry czynników środowiskowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Właściwości gleby				Nasłonecznienie terenu [pkt]	Roślinność
		Zawartość CaCO ₃ [%]	pH	Temperatura [°C]	Wilgotność [%]		
Janowiec Kat. 1	M	7,84	7,47	19,88	19,37	8,0 (High)	PG(X)
	Min–Max	6,19–11,18	6,87–7,87	17–24	17,09–22,03	7–9	PG(X)
	SD	1,34	0,25	2,22	1,35	0,62	PG(X)
Chęciny Kat. 1	M	7,69	7,29	19,3	20,15	7,58 (High–)	PG(X)
	Min–Max	6,88–9,29	6,73–7,75	15,5–23	16,56–23,72	6,5–9	PG(X)
	SD	0,57	0,28	2,55	1,83	0,6	PG(X)
Olsztyn Kat. 1	M	6,98	7,12	19,53	20,19	7,33 (High–)	PG(X)
	Min–Max	5,87–8,11	6,46–7,54	15,5–24	17,59–21,93	6–8,5	PG(X)
	SD	0,47	0,27	2,84	1,09	0,63	PG(X)
Włocławek Kat. 2	M	2,32	6,4	18,9	22,64	7,4 (High–)	PG(X)
	Min–Max	1,12–3,21	5,67–6,94	16,5–22,0	18,15–28,16	6–9,5	PG(X)
	SD	0,65	0,33	1,93	2,54	0,81	PG(X)
Płock Kat. 2	M	2,45	6,42	19,2	22,05	7,46 (High–)	PG(X)
	Min–Max	1,24–4,83	5,77–7,02	16–23	17,97–25,71	6,5–8,5	PG(X)
	SD	0,83	0,33	2,47	2,18	0,56	PG(X)
Wyszogród Kat. 2	M	2,13	6,51	19,06	21,73	7,43 (High–)	PG(X)
	Min–Max	1,34–3,64	5,95–7,09	14,5–24,0	18,81–27,43	6–9	PG(X)
	SD	0,63	0,24	2,86	2,21	0,78	PG(X)

Załącznik 2. c.d.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Właściwości gleby				Nasłonecznienie terenu [pkt]	Roślinność
		Zawartość CaCO ₃ [%]	pH	Temperatura [°C]	Wilgotność [%]		
Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	9,05	7,45	18,77	38,95	5,2 (Nor)	FP
	Min–Max	7,04–10,52	6,12–7,95	16,5–20,5	31,55–46,73	4–6,5	FP
	SD	1	0,46	1,09	3,37	0,58	FP
Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	7,09	7,06	17,63	45,67	3,9 (Low+)	FP
	Min–Max	6,31–8,52	6,23–7,71	16–18,5	37,36–51,38	3–5	FP
	SD	0,49	0,32	0,72	3,67	0,55	FP
Zawichost Kat. 3	M	7,9	7,41	18,31	40,69	4,03 (Nor–)	FP
	Min–Max	7,01–9,15	6,48–7,86	16–21	33,58–47,61	3–5,5	FP
	SD	0,6	0,37	1,14	3,17	0,66	FP
Zakroczym Kat. 4	M	2,61	6,73	17,98	39,17	4,25 (Nor–)	FP
	Min–Max	0,76–4,68	6,16–7,25	16,5–21	29,89–47,72	3,5–5	FP
	SD	1,09	0,33	1,07	5,04	0,42	FP
Górki Kat. 4	M	1,78	6,57	18,76	38,58	5,13 (Nor)	FP
	Min–Max	0,29–5,39	5,92–7,12	16,5–20,5	31,48–43,24	4–6	FP
	SD	1,18	0,35	0,82	2,92	0,66	FP
Warszawa Kat. 4	M	1,88	6,5	18,65	42,75	4,58 (Nor–)	FP
	Min–Max	0,79–5,12	5,86–7,09	17–20	35,17–50,41	4–6	FP
	SD	0,98	0,27	0,56	3,71	0,58	FP

Objaśnienia symboli:

M – średnia;

Min – wartość minimalna;

Max – wartość maksymalna;

SD – odchylenie standardowe;

High – wysokie nasłonecznienie;

Nor – średnie nasłonecznienie;

Low – niskie nasłonecznienie;

PG(X) – roślinność murawowo-zaroślowa kserotermiczna;

FP – roślinność leśno-zaroślowa.

Załącznik 3. Parametry muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	H [mm]	B [mm]	S [mm]	W [mm]	h [mm]	b [mm]	H/B	S/H	W/H	h/b
Janowiec Kat. 1	M	17,68	20,39	6,73	11,05	10,35	9,5	0,86	0,38	0,62	1,09
	Min–Max	16,4–19,23	19,07–22,08	5,6–9,93	10,33–11,89	9,45–11,33	8,28–10,53	0,77–0,95	0,34–0,56	0,57–0,65	0,96–1,21
	SD	0,71	0,78	0,84	0,39	0,49	0,5	0,03	0,04	0,02	0,06
Chęciny Kat. 1	M	17,82	20,95	6,75	11,06	10,65	10,03	0,85	0,37	0,62	1,06
	Min–Max	16,65–19,89	18,87–23,6	5,4–8,01	9,89–11,91	9,31–11,72	8,68–11,87	0,79–0,94	0,31–0,41	0,58–0,68	0,86–1,23
	SD	0,96	1,0	0,78	0,49	0,56	0,76	0,03	0,02	0,02	0,1
Olsztyn Kat. 1	M	18,02	20,82	7,04	11,09	10,71	9,68	0,86	0,39	0,61	1,11
	Min–Max	16,42–20,37	18,88–23,34	5,55–10,49	10,24–12,38	9,36–11,9	8,33–11,11	0,79–0,96	0,32–0,59	0,56–0,67	0,95–1,32
	SD	1,03	1,0	0,99	0,51	0,57	0,74	0,04	0,04	0,02	0,08
Wrocławek Kat. 2	M	19,5	21	8,16	11,33	11,02	10,48	0,92	0,41	0,58	1,05
	Min–Max	17,53–23,12	19,25–22,83	7,13–10,83	10,4–12,57	10,03–12,16	9,34–12,29	0,87–1,02	0,38–0,46	0,53–0,61	0,97–1,18
	SD	1,02	0,8	0,76	0,52	0,57	0,57	0,03	0,02	0,02	0,05
Plock Kat. 2	M	18,44	20,34	7,19	11,24	10,75	9,86	0,90	0,38	0,61	1,09
	Min–Max	16,88–22,33	18,6–22,24	5,82–10,65	10,48–12,01	9,87–11,88	8,9–11,13	0,8–1,0	0,32–0,47	0,52–0,67	1–1,17
	SD	0,96	0,99	0,87	0,42	0,51	0,59	0,04	0,02	0,02	0,04
Wyszogród Kat. 2	M	18,72	21,14	7,37	11,35	10,97	10,03	0,88	0,39	0,60	1,09
	Min–Max	16,67–21,77	18,92–22,36	5,82–9,05	9,55–12,72	10,15–11,83	8,57–10,96	0,77–0,99	0,33–0,42	0,57–0,66	1–1,25
	SD	1,11	0,82	0,83	0,59	0,41	0,56	0,04	0,02	0,02	0,05

Załącznik 3. c.d.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	H [mm]	B [mm]	S [mm]	W [mm]	h [mm]	b [mm]	H/B	S/H	W/H	h/b
Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	18,5	21,12	7,09	11,41	10,99	9,58	0,87	0,38	0,61	1,14
	Min–Max	16,46–20,82	19,58–22,87	5,7–8,86	10,49–12,49	9,85–11,97	8,54–10,76	0,77–0,96	0,33–0,43	0,56–0,66	1–1,28
	SD	0,87	0,85	0,74	0,48	0,52	0,54	0,04	0,02	0,02	0,06
Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	18,39	21,15	7,0	11,5	11,1	10,18	0,87	0,38	0,62	1,09
	Min–Max	17,2–19,92	19,1–22,83	5,35–10,49	10,46–12,4	10,14–12,73	8,88–11,23	0,78–0,95	0,3–0,56	0,57–0,69	1–1,25
	SD	0,58	0,83	0,91	0,43	0,48	0,54	0,04	0,04	0,02	0,06
Zawichost Kat. 3	M	19,1	21,26	7,78	11,39	10,82	9,97	0,89	0,4	0,59	1,08
	Min–Max	17,05–21,51	20–23,94	5,81–9,93	10,43–12,42	9,23–12,58	8,96–11,47	0,81–0,96	0,34–0,51	0,54–0,65	0,97–1,25
	SD	1,13	1,04	0,93	0,51	0,73	0,69	0,03	0,03	0,02	0,06
Zakroczym Kat. 4	M	17,75	20,49	6,76	11	10,26	9,67	0,86	0,38	0,62	1,06
	Min–Max	16,28–19,41	18,68–22,52	5,78–8,02	10,18–12,22	9,11–11,13	8,65–10,55	0,79–0,93	0,33–0,44	0,55–0,66	0,98–1,17
	SD	0,86	1,01	0,63	0,51	0,51	0,58	0,03	0,02	0,02	0,05
Górki Kat. 4	M	18,51	20,78	7,66	10,85	9,73	11,17	0,89	0,41	0,58	0,87
	Min–Max	16,13–21,51	19,25–23,39	5,76–10,2	9,72–12,07	8,45–10,96	9,92–12,31	0,81–1,04	0,35–0,49	0,5–0,64	0,76–1,08
	SD	1,32	1,1	1,04	0,62	0,66	0,64	0,05	0,03	0,03	0,08
Warszawa Kat. 4	M	18,46	20,19	7,52	10,93	10,41	9,67	0,91	0,4	0,59	1,07
	Min–Max	16,88–20,25	18,83–22,33	5,82–9,43	10,2–12,03	9,13–11,81	8,64–11,05	0,79–1	0,33–0,47	0,52–0,66	0,93–1,35
	SD	0,94	0,93	0,8	0,54	0,64	0,62	0,04	0,02	0,02	0,08

Objaśnienia symboli:

H – wysokość muszli;

B – szerokość muszli;

S – wysokość skrętki;

W – wysokość ostatniego zwoju;

h – wysokość ujścia;

b – szerokość ujścia;

H/B – stosunek wysokości muszli do szerokości muszli;

S/H – stosunek wysokości skrętki do wysokości muszli;

W/H – stosunek wysokości ostatniego zwoju do wysokości muszli;

h/b – stosunek wysokości ujścia do szerokości ujścia.

Załącznik 4. Grubość ścian muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Grubość ściany [µm]	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Grubość ściany [µm]
Janowiec Kat. 1	M	236,2	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	234,8
	Min–Max	227–250		Min–Max	213–247
	SD	8,09		SD	9,76
Chęciny Kat. 1	M	237,2	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	216,63
	Min–Max	226–249		Min–Max	200–233
	SD	8,77		SD	13,95
Olsztyn Kat. 1	M	248,7	Zawichost Kat. 3	M	227,13
	Min–Max	243–258		Min–Max	205–241
	SD	4,15		SD	10,44
Włocławek Kat. 2	M	199,76	Zakroczym Kat. 4	M	176
	Min–Max	193–205		Min–Max	158–192
	SD	5,05		SD	10,1
Płock Kat. 2	M	185,03	Górki Kat. 4	M	151,23
	Min–Max	158–213		Min–Max	139–183
	SD	21,65		SD	7,71
Wyszogród Kat. 2	M	188,3	Warszawa Kat. 4	M	172,43
	Min–Max	167–225		Min–Max	144–197
	SD	18,75		SD	14,46

Załącznik 5. Skład chemiczny muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zawartość ilościowa pierwiastków [% wag.]														
		Ca	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Mn	Fe	Zn	Sr
Janowiec Kat. 1	M	40,415	11,691	47,223	0,023	0,114	0,093	0,067	0,089	0,011	0,014	0,016	0,015	0,114	0,015	0,1
	Min	40,26	11,34	46,5	0	0,1	0,08	0,04	0,07	0	0	0	0	0,1	0	0,08
	Max	40,71	11,99	47,49	0,08	0,14	0,11	0,09	0,12	0,04	0,04	0,07	0,04	0,15	0,03	0,12
	SD	0,12	0,15	0,26	0,02	0,01	0,009	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Chęciny Kat. 1	M	40,274	11,721	47,198	0,011	0,111	0,15	0,07	0,094	0,013	0,009	0,036	0,031	0,142	0,02	0,12
	Min	40,13	11,42	47,05	0	0,09	0,1	0,03	0,08	0	0	0	0	0,1	0	0,1
	Max	40,56	11,9	47,33	0,04	0,15	0,2	0,1	0,12	0,05	0,03	0,09	0,09	0,19	0,08	0,17
	SD	0,12	0,15	0,08	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Olsztyn Kat. 1	M	40,249	11,671	47,015	0,035	0,114	0,271	0,065	0,085	0,041	0,057	0,065	0,019	0,156	0,029	0,128
	Min	39,89	11,22	46,66	0	0,09	0,14	0,04	0,07	0	0,03	0,01	0	0,01	0	0,09
	Max	40,83	11,97	47,31	0,09	0,14	0,39	0,08	0,11	0,09	0,09	0,09	0,06	0,22	0,08	0,19
	SD	0,33	0,24	0,19	0,03	0,01	0,07	0,014	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,03
Włocławek Kat. 2	M	39,974	11,557	46,703	0,243	0,128	0,786	0,107	0,112	0,016	0,143	0,09	0,021	0,022	0,017	0,081
	Min	39,71	11,42	45,61	0,13	0,09	0,25	0,08	0,06	0,02	0,09	0,03	0	0,01	0	0,01
	Max	40,42	11,79	47,05	0,29	0,19	1,77	0,19	0,16	0,07	0,17	0,19	0,08	0,09	0,08	0,14
	SD	0,19	0,09	0,44	0,05	0,02	0,52	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04
Płock Kat. 2	M	40,067	11,546	46,968	0,196	0,09	0,248	0,09	0,147	0,075	0,1	0,108	0,069	0,067	0,066	0,163
	Min	39,95	11,43	46,19	0,12	0,01	0,09	0,03	0,1	0,04	0,07	0,06	0,03	0,01	0,02	0,1
	Max	40,3	11,75	47,52	0,27	0,16	0,69	0,15	0,19	0,11	0,16	0,17	0,09	0,11	0,17	0,32
	SD	0,09	0,1	0,41	0,05	0,03	0,2	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,06
Wyszogród Kat. 2	M	39,774	11,542	46,654	0,248	0,149	0,631	0,147	0,134	0,068	0,141	0,162	0,039	0,084	0,08	0,147
	Min	39,59	11,39	46,48	0,19	0,11	0,19	0,1	0,1	0,05	0,11	0,08	0,03	0,06	0,01	0,09
	Max	39,97	11,65	46,79	0,29	0,19	1,04	0,29	0,17	0,09	0,19	0,2	0,09	0,13	0,14	0,19
	SD	0,11	0,08	0,11	0,03	0,03	0,29	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04

Załącznik 5. c.d.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zawartość ilościowa pierwiastków [% wag.]														
		Ca	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Mn	Fe	Zn	Sr
Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	40,335	11,626	47,273	0,026	0,032	0,333	0,028	0,074	0,034	0,01	0,036	0,031	0,022	0,02	0,12
	Min	40,21	11,58	46,78	0	0	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
	Max	40,51	11,66	47,44	0,09	0,09	0,42	0,08	0,19	0,08	0,05	0,09	0,09	0,06	0,09	0,19
	SD	0,08	0,02	0,18	0,03	0,03	0,06	0,02	0,06	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	40,177	11,613	47,258	0,061	0,041	0,264	0,044	0,146	0,047	0,054	0,055	0,042	0,025	0,041	0,132
	Min	39,59	11,56	47,04	0	0	0,15	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0	0,1
	Max	40,53	11,71	47,65	0,09	0,09	0,32	0,09	0,2	0,07	0,09	0,09	0,09	0,07	0,08	0,18
	SD	0,24	0,04	0,17	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Zawichost Kat. 3	M	40,305	11,638	47,18	0,046	0,041	0,154	0,024	0,168	0,055	0,047	0,08	0,04	0,056	0,049	0,117
	Min	40,19	11,6	46,4	0	0	0,06	0	0,12	0,01	0	0,01	0	0	0	0,02
	Max	40,42	11,68	47,53	0,14	0,12	0,38	0,09	0,27	0,09	0,19	0,19	0,09	0,16	0,09	0,19
	SD	0,06	0,02	0,41	0,05	0,04	0,09	0,03	0,04	0,03	0,06	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05
Zakroczym Kat. 4	M	39,684	11,447	46,585	0,187	0,212	0,811	0,16	0,155	0,056	0,165	0,189	0,089	0,101	0,061	0,098
	Min	39,59	11,42	46,48	0,06	0,13	0,63	0,11	0,12	0,01	0,12	0,11	0,07	0,08	0,02	0,08
	Max	39,77	11,48	46,7	0,29	0,31	0,97	0,22	0,22	0,09	0,24	0,29	0,15	0,14	0,09	0,15
	SD	0,06	0,01	0,07	0,07	0,05	0,09	0,03	0,02	0,02	0,04	0,06	0,02	0,01	0,02	0,01
Górki Kat. 4	M	39,324	11,338	46,176	0,213	0,144	1,59	0,165	0,172	0,084	0,178	0,136	0,14	0,128	0,072	0,14
	Min	38,83	11,25	45,89	0,14	0,1	1,09	0,11	0,12	0,05	0,11	0,09	0,09	0,08	0,04	0,09
	Max	39,82	11,45	46,61	0,27	0,19	2,13	0,2	0,21	0,1	0,24	0,18	0,19	0,17	0,1	0,19
	SD	0,25	0,05	0,19	0,04	0,02	0,32	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04
Warszawa Kat. 4	M	39,483	11,394	46,393	0,226	0,169	1,0	0,151	0,186	0,094	0,264	0,142	0,124	0,12	0,081	0,173
	Min	39,21	11,3	46,06	0,14	0,1	0,59	0,09	0,13	0,05	0,11	0,05	0,08	0,08	0,06	0,14
	Max	39,75	11,49	46,74	0,29	0,29	1,65	0,26	0,26	0,17	0,65	0,19	0,17	0,15	0,1	0,19
	SD	0,18	0,06	0,22	0,05	0,05	0,34	0,05	0,04	0,03	0,14	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01

Załącznik 6. Skład chemiczny muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4 sumarycznie dla poszczególnych kategorii.

Numer kategorii	Statystyki opisowe	Zawartość ilościowa pierwiastków [% wag.]															
		Ca	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Mn	Fe	Zn	Sr	
1 kserotermy zasięgu ciągłego	M	40,312	11,695	47,146	0,023	0,113	0,171	0,067	0,09	0,021	0,026	0,04	0,021	0,138	0,021	0,116	
	Min	39,89	11,22	46,5	0	0,09	0,08	0,03	0,07	0	0	0	0	0,01	0	0,08	
	Max	40,83	11,99	47,49	0,09	0,15	0,39	0,1	0,12	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,22	0,08	0,19
	SD	0,22	0,18	0,21	0,02	0,01	0,08	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
2 kserotermy zasięgu wyspowego	M	39,938	11,548	46,775	0,23	0,122	0,555	0,114	0,131	0,056	0,128	0,121	0,043	0,057	0,052	0,13	
	Min	39,59	11,39	45,61	0,12	0,01	0,09	0,03	0,06	0,02	0,07	0,03	0	0,01	0	0,01	
	Max	40,42	11,79	47,52	0,29	0,19	1,77	0,29	0,19	0,11	0,19	0,2	0,09	0,13	0,17	0,32	
	SD	0,18	0,09	0,37	0,05	0,04	0,42	0,04	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05	
3 łegi zasięgu ciągłego	M	40,272	11,625	47,237	0,044	0,039	0,25	0,032	0,13	0,045	0,037	0,057	0,038	0,035	0,036	0,123	
	Min	39,59	11,56	46,4	0	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	
	Max	40,53	11,71	47,65	0,14	0,12	0,42	0,09	0,27	0,09	0,19	0,19	0,09	0,16	0,09	0,19	
	SD	0,16	0,03	0,27	0,04	0,04	0,1	0,03	0,06	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	
4 łegi zasięgu wyspowego	M	39,497	11,393	46,384	0,208	0,175	1,137	0,159	0,171	0,076	0,202	0,155	0,117	0,116	0,071	0,139	
	Min	38,83	11,25	45,89	0,06	0,1	0,59	0,09	0,12	0,01	0,11	0,05	0,07	0,08	0,02	0,08	
	Max	39,82	11,49	46,74	0,29	0,31	2,13	0,26	0,26	0,17	0,65	0,29	0,19	0,17	0,1	0,19	
	SD	0,23	0,06	0,24	0,05	0,05	0,43	0,03	0,03	0,03	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	0,04	

Wytłuszczonym drukiem wyróżniono wartości przekraczające 0,1% wag. w przypadku pierwiastków innych niż Ca, C i O.

Załącznik 7. Mikrotwardość muszli na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Mikrotwardość [HV]	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Mikrotwardość [HV]
Janowiec Kat. 1	M	294,18	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	316,85
	Min	230,5		Min	289,1
	Max	359,9		Max	370,6
	SD	46,13		SD	30,98
Chęciny Kat. 1	M	316,5	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	331,34
	Min	247,5		Min	273,1
	Max	382,5		Max	370,5
	SD	46,66		SD	32,94
Olsztyn Kat. 1	M	373,04	Zawichost Kat. 3	M	291,55
	Min	349,5		Min	230
	Max	406,7		Max	329,9
	SD	21,18		SD	34,71
Włocławek Kat. 2	M	323,25	Zakroczym Kat. 4	M	350,47
	Min	247,4		Min	303,8
	Max	371,4		Max	382,1
	SD	43,35		SD	22,08
Płock Kat. 2	M	337,69	Górki Kat. 4	M	378,61
	Min	295,8		Min	330,3
	Max	381,8		Max	419,3
	SD	29,75		SD	29,78
Wyszogród Kat. 2	M	377,48	Warszawa Kat. 4	M	366,49
	Min	339,5		Min	326
	Max	419,6		Max	418,9
	SD	25,72		SD	30,63

3. Czynniki środowiskowe a zagęszczenie i rozprzestrzenianie *Caucasotachea vindobonensis*

3.1. Wstęp

Zasięg ciągły *Caucasotachea vindobonensis* w Polsce obejmuje południowo-wschodnią część kraju, zasięg wyspowy zaś doliny: Wisły, Warty, Noteci i Odry. Najbardziej reprezentatywne stanowiska w obrębie zasięgu ciągłego to suche, nasłoneczne zbocza o podłożu zasobnym w wapń, porośnięte roślinnością kserotermiczną. Natomiast w obrębie zasięgu wyspowego stanowią je wilgotne i zacienione brzegi rzek o podłożu ubogim w wapń, porośnięte łąkami (Mierzwa 2009; obserwacje własne). W zależności od warunków środowiskowych gatunek charakteryzuje zmienność muszli, która dotyczy m.in. cech biometrycznych, składu chemicznego i właściwości mechanicznych (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4).

W Polsce *C. vindobonensis* w cyklu rocznym zwykle wykazuje aktywność od czerwca do października, ale w niektórych latach, w zależności od warunków pogodowych (głównie temperatur i opadów), osobniki mogą wykazywać aktywność już w połowie maja, a w stan hibernacji przechodzić na początku października (obserwacje własne). W Grecji, gdzie przebiega południowa granica zasięgu tego gatunku, okres aktywności trwa od marca do października, a nawet początku listopada (Staikou 1998). W sezonie letnim (przy wysokich temperaturach oraz spadku wilgotności), osobniki mogą kilkakrotnie zapadać w stan estywacji. Najczęściej przytwierdzają się do liści lub łodyg wysokich roślin zielnych i zasklepiają ujście muszli błoną. W takim stanie pozostają kilka dni lub dłużej. Stan estywacji najczęściej jest przerywany przez opady deszczu. W ciągu doby osobniki są aktywne głównie nocą i wczesnym rankiem. W deszczowe dni *C. vindobonensis* zachowuje aktywność zarówno w dzień, jak i w nocy (Staikou 1998, 1999; obserwacje własne). Od wiosny do jesieni największa aktywność gatunków z rodziny Helicidae jest związana przede wszystkim z żerowaniem, reprodukcją, składaniem jaj oraz przygotowaniem do hibernacji (Staikou 1994, 1998; Koralewska-Batura

2002). Osobniki *C. vindobonensis* hibernują zakopane w glebie na głębokości ok. 6 cm (Staikou 1998; obserwacje własne).

Badania prowadzone w Grecji wykazały, że dieta tego gatunku składa się głównie ze szczątków roślinnych zawartych w glebie, w mniejszym stopniu z żywych roślin zielnych. Wiosną szczątki roślinne stanowią około 75%, natomiast jesienią około 90%. Większa dostępność świeżych roślin zielnych w sezonie wiosennym nie wpływa na skład diety. Podobnie obfitość różnych gatunków roślin nie decyduje o większym ich spożyciu. *C. vindobonensis* nie preferuje także spożywania roślin, na których odpoczywa lub zapada w stan estywacji (Hatzioannou i in. 1994). Wśród gatunków z rodziny Helicidae (np. *Helix pomatia*, *Cornu aspersum*, *Cepaea nemoralis*, *Arianta arbustorum*) jest powszechne, poza pobieraniem pokarmu roślinnego, spożywanie gleby, która stanowi źródło makro- i mikroelementów (Kowalczyk-Pecka 2009).

Długość życia *C. vindobonensis* waha się od 7 do 12 lat (Staikou 1998). Badania prowadzone w Grecji wykazały, że osobniki osiągały tam dojrzałość płciową po dwóch latach, natomiast jaja składały w trzecim roku życia. Średnia liczba jaj w pierwszym roku ich składania wynosiła około 40 sztuk (Staikou 1998). Większą liczbę – ponad 80 – podano dla populacji badanych na Ukrainie (Kramarienko i Popov 1997; Kramarienko 2013). Liczba jaj w kolejnych latach życia była mniejsza nawet o 30%. Młode wylęgały się po 18 dniach. Sukces wylęgu określono na 60%. Po wykluciu, śmiertelność wśród młodych wahała się około 30%, przeżywalność między 1 a 2 rokiem wynosiła 72%, między 3 i 4 rokiem zaś – 50% (Staikou 1998).

Badania na północnych i południowych krańcach zasięgu *C. vindobonensis* w Europie wykazały zagęszczenia wynoszące 0,5–3 os./m² (lokalnie wyższe) w Polsce, w Grecji zaś 1,4–3,1 os./m² (Staikou i in. 1988; Staikou 1994, 1998; Mierzwa 2008; Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012; Mierzwa-Szymkowiak 2013). Stwierdzono również, że zagęszczenia *C. vindobonensis* notowane w Grecji były niższe w porównaniu z zagęszczeniami innych gatunków o podobnych rozmiarach ciała należących do rodzin Helicidae, Bradybaenidae i Hygromiidae (Staikou i in. 1988; Mierzwa 2008). Rozmieszczenie przestrzenne osobników *C. vindobonensis* najczęściej określano jako losowe, rzadko równomierne (Staikou 1994; 1998). Struktura wiekowa opisana dla populacji żyjących w Polsce była charakterystyczna dla fazy starzenia się (Mierzwa 2008).

Rozprzestrzenianie *C. vindobonensis* w Polsce poza obszary zasięgu ciągłego odbywa się przede wszystkim wzdłuż dolin rzecznych za pomocą takich nośników jak woda i zwierzęta, a także dzięki działalności człowieka (Poliński i Demel 1921; Jankowski 1933; Drozdowski

1980; Mierzwa 2010a, 2010b; Mierzwa-Szymkowiak i Szymkowiak 2011; Mierzwa-Szymkowiak 2012). O powodzeniu zasiedlenia nowych terenów świadczy m.in. obecność populacji oraz ich stan, którego miarą jest przede wszystkim zagęszczenie. Dotychczasowe badania nad zagęszczeniem *C. vindobonensis* prowadzone na Wyżynie Lubelskiej wymagają uzupełnienia o inne regiony z obszarów zasięgu ciągłego i wyspowego. Na uwagę zasługuje także zagadnienie wpływu czynników środowiskowych na zagęszczenie gatunku. Zajmowanie nowych terenów wiąże się nie tylko ze zmianą warunków życia, ale także ze współwystępowaniem z odmienną malakofauną. Dlatego zaistniała konieczność porównania składu jakościowego i ilościowego ślimaków lądowych w różnych regionach występowania *C. vindobonensis*. Szczególnego potraktowania wymagała także kwestia, czy gatunek ma szansę utrzymać się w dolinach rzecznych (poza zasięgiem ciągłym) oraz rozprzestrzenić na obszary leżące poza dolinami. Stąd w niniejszym rozdziale wyznaczono następujące cele: (1) Określenie zależności między wybranymi czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na stanowiskach zasięgu ciągłego i wyspowego. Ocena różnic pomiędzy zagęszczeniami tego gatunku na stanowiskach rozważanych zasięgów. (2) Porównanie malakofauny występującej na stanowiskach *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego. Hipoteza, którą weryfikowano brzmiała: Występowanie i zagęszczenie *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych (poza obszarami zasięgu ciągłego) jest związane z zawartością węgla wapnia (względnie wapnia) w podłożu, który warunkuje także rozprzestrzenianie tego gatunku na tereny leżące w bezpośrednim sąsiedztwie dolin rzecznych.

3.2. Teren badań

Badania terenowe przeprowadzono na 12 stanowiskach *Caucasotachea vindobonensis* podzielonych na 4 kategorie (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.2):

Kategoria nr 1 – stanowiska kserotermiczne zasięgu ciągłego:

- 1) Janowiec (51°19'24"N 21°54'12"E);
- 2) Chęciny (50°47'44"N 20°28'1"E);
- 3) Olsztyn (50°44'16"N 19°16'17"E).

Kategoria nr 2 – stanowiska kserotermiczne zasięgu wyspowego:

- 1) Włocławek (52°39'53"N 19°8'18"E);
- 2) Płock (52°32'47"N 19°40'44"E);
- 3) Wyszogród (52°23'2"N 20°10'39"E).

Kategoria nr 3 – stanowiska łęgowe zasięgu ciągłego:

- 1) **Kazimierz nad Wisłą** (51°19'2"N 21°55'21"E);
- 2) **Słupia Nadbrzeżna** (50°56'58"N 21°48'26"E);
- 3) **Zawichost** (50°48'25"N 21°51'49"E).

Kategoria nr 4 – stanowiska łęgowe zasięgu wyspowego:

- 1) **Zakroczym** (52°25'45"N 20°39'9"E);
- 2) **Górki** (52°5'48"N 21°13'1"E);
- 3) **Warszawa** (52°14'5"N 21°2'40"E).

Badania na wyżej wymienionych 12 stanowiskach miały na celu zbadanie zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego. Dodatkowo na 3 stanowiskach: w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie zbadano zależności pomiędzy odległością od koryta rzeki i składem chemicznym gleby a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na tarasach zalewowych Wisły w obrębie zasięgu wyspowego.

3.3. Metodyka i materiały

A. Badania terenowe

1. Zagęszczenie *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego

Badania zagęszczenia *C. vindobonensis* prowadzono na 12 stanowiskach. Osobniki tego gatunku zbierano 4 razy w ciągu 2 lat (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). W sezonie na każdym stanowisku badano 5 losowo wytypowanych kwadratów o łącznej powierzchni 125 m² (po 25 m² każdy) położonych w obrębie płatów roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk. Poza zagęszczeniem *C. vindobonensis* obliczono procentowy udział w populacji osobników dorosłych i młodych na badanych stanowiskach.

2. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na tarasach zalewowych Wisły w obrębie zasięgu wyspowego w zależności od odległości od koryta rzeki

Badania zagęszczenia *C. vindobonensis* w zależności od odległości od koryta rzeki prowadzono na 3 stanowiskach położonych na tarasach zalewowych Wisły w miejscowościach: Zakroczym, Górki i Warszawa. Osobniki tego gatunku zbierano 4 razy w ciągu 2 lat (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i

października). W sezonie na każdym stanowisku badano 15 losowo wytypowanych kwadratów o łącznej powierzchni 375 m² (po 25 m² każdy) położonych w obrębie reprezentatywnych płatów roślinności. Kwadraty były położone w następujących odległościach od koryta rzeki: 5 kwadratów do 0,2 km; 5 – między 0,21 km a 0,4 km; 5 – między 0,41 km a 0,6 km.

3. Badania ilościowe i jakościowe malakofauny na stanowiskach *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego

Badania ilościowe i jakościowe malakofauny prowadzono na 12 stanowiskach. Ślimaki zbierano 4 razy w ciągu 2 lat (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). W sezonie na każdym stanowisku pobrano 16 losowo wytypowanych prób gleby z roślinnością i ściółką za pomocą biocenometru o długości boku 25 cm i wysokości 7 cm (co daje 1 próbę zbiorczą o pow. 1 m²). Próby te pobrano w obrębie płatów roślinności reprezentatywnych dla danej kategorii stanowisk. Przesiewki prób wykonano za pomocą sita z otworami 5 i 0,5 mm. Analizowano muszle żywych ślimaków. Wyjątek stanowiły *Mediterranea inopinata* i *Cecilioides acicula* znane w Polsce z pustych muszli (Wiktor 2004). Oznaczeń gatunków dokonano, posługując się kluczem Wiktora (2004). Dla taksonów z poszczególnych stanowisk oraz kategorii stanowisk nr 1–4 wyznaczono wskaźniki stałości (C) i dominacji (D) (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011):

$$C = \frac{k_t}{K} \times 100$$

gdzie:

k_t – liczba próbek jednostkowych, w których stwierdzony został dany takson,

K – liczba wszystkich próbek.

$$D = \frac{n_s}{N_s} \times 100$$

gdzie:

n_s – liczba muszli danego gatunku,

N_s – łączna liczba muszli wszystkich gatunków w próbie zbiorczej.

Taksony następnie uporządkowano pod względem ekologicznym (4 grupy), typu podłoża, na którym występują (4 grupy) i zoogeograficznym (3 grupy) (Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

W opisie malakofauny poszczególnych stanowisk i kategorii stanowisk nr 1–4 podano liczbę taksonów (N_t) i liczbę osobników (N_s) oraz obliczono wskaźnik różnorodności biologicznej (H') na podstawie wzoru Shannona-Wienera:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

S – liczba gatunków,

p_i – stosunek liczby osobników danego gatunku do liczby osobników wszystkich gatunków:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i – liczba osobników i -tego gatunku,

N – liczba osobników wszystkich gatunków.

B. Badania właściwości gleby

1. Oznaczenie stopnia nasłonecznienia terenu, temperatury i pH gleby

Pomiary nasłonecznienia terenu i temperatury gleby na 12 stanowiskach wykonano za pomocą elektronicznego miernika Conrad Q1100. Urządzenie mierzy nasłonecznienie w dziewięciostopniowej skali. Oznaczenie pH na tych stanowiskach wykonano za pomocą pehametru mikroprocesorowego Slandi SP300 wyposażonego w sondę do badania gleby. Metody, częstość prowadzonych badań oraz ilość pobranych prób opisano wcześniej (zał. 1; Rozdz. 2: Podrozdz. 2.3). Pomiary towarzyszyły badaniom wpływu czynników środowiskowych na zagęszczenie *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego (zob. pkt A.1).

2. Badania wilgotności gleby metodą suszarkową

Oznaczenie wilgotności prób gleby z 12 stanowisk przeprowadzono metodą suszarkową. Próby gleby suszono w suszarce laboratoryjnej do chwili ustabilizowania się ich masy. Wilgotność obliczono ze stosunku ilości wody usuniętej w procesie suszenia do całkowitej masy suchej gleby. Metodę, częstość prowadzonych badań oraz ilość pobranych prób opisano wcześniej (zał. 1; Rozdz. 2: Podrozdz. 2.3). Pomiary towarzyszyły badaniom wpływu czynników środowiskowych na zagęszczenie *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego (zob. pkt A.1).

3. Oznaczenie zawartości węgla wapnia w glebie metodą Scheiblera

Oznaczenie zawartości węgla wapnia w próbach gleby z 12 stanowisk wykonano metodą objętościową Scheiblera. Metoda ta polega na zmierzeniu w aparacie Scheiblera objętości dwutlenku węgla pochodzącego z rozkładu węglanów. Metodę, częstość prowadzonych badań oraz ilość pobranych prób opisano wcześniej (zał. 1; Rozdz. 2: Podrozdz. 2.3). Pomiarowi towarzyszyły badania wpływu czynników środowiskowych na zagęszczenie *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego (zob. pkt A.1).

4. Analizy wielopierwiastkowe gleby metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej (ICP-OES)

Ilościowe oznaczenie pierwiastków: Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w próbach gleby wykonano metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej (ICP-OES). Badania przeprowadzono przy użyciu spektrometru emisyjnego ICP-OES iCAP 6500 firmy Thermo Scientific w Państwowym Instytucie Geologicznym – PIB w Warszawie. Próbkę gleby suszone, roztarte w młynie agatowym, a następnie roztworzone w kwasie solnym przenoszono do palnika spektrometru, w którym była wytwarzana plazma argonowa. W plazmie następowało rozbitcie próbek gleby na atomy, które ulegały wzbudzeniu i emitowały pochłoniętą energię w postaci promieniowania elektromagnetycznego charakterystycznego dla danego pierwiastka. W celu ustalenia zawartości ilościowej Ca, Fe, Mg, Sr i Mn wykonano analizy roztworów wzorcowych o znanych stężeniach analizowanych pierwiastków i porównano je z wynikami otrzymanymi dla próbek gleby. Badania prowadzono 4 razy w ciągu roku (2 razy na przełomie czerwca i lipca oraz 2 razy na przełomie września i października). Łącznie pobrano 180 próbek gleby na 3 stanowiskach (60 próbek na każdym stanowisku) położonych w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie. Na każdym stanowisku w 1 sezonie pobrano 15 próbek w różnych odległościach od koryta rzeki (próby nr 1–5 do 0,2 km; nr 6–10 między 0,21 km a 0,4 km, nr 11–15 między 0,41 km a 0,6 km) (zał. 1). Wyniki analiz wykorzystano do badań wpływu odległości od koryta rzeki i składu chemicznego gleby na zagęszczenie *C. vindobonensis* na tarasach zalewowych Wisły w obrębie zasięgu wyspowego (zob. pkt A.2).

C. Metody statystyczne

W celu sprawdzenia, czy istnieją istotne statystycznie związki pomiędzy zmiennymi oraz jaka jest siła i kierunek tych związków zastosowano analizę metodą korelacji rang Spearmana. W interpretacji współczynnika korelacji rang Spearmana zastosowano określenia: $0 < r_s < 0,2$

korelacja bardzo niska; $0,2 \leq r_s < 0,4$ korelacja niska; $0,4 \leq r_s < 0,6$ korelacja umiarkowana; $0,6 \leq r_s < 0,8$ korelacja wysoka; $0,8 \leq r_s \leq 1$ korelacja bardzo wysoka. W celu sprawdzenia, czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy dwiema kategoriami stanowisk tzn. nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) w zakresie zagęszczenia populacji *C. vindobonensis* zastosowano test U Manna-Whitneya dla prób niezależnych, natomiast w zakresie liczby gatunków ślimaków lądowych, ich zagęszczenia oraz wskaźnika biocenotycznego – test t-studenta dla prób niezależnych. Test U Manna-Whitneya zastosowano, ponieważ rozkład zagęszczenia populacji *C. vindobonensis* nie był zgodny z rozkładem normalnym, test t-studenta zaś – ponieważ rozkłady liczby gatunków ślimaków lądowych i ich zagęszczenia oraz wskaźnika biocenotycznego były z nim zgodne. W celu sprawdzenia, czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy trzema grupami wyróżnionymi pod względem odległości od koryta rzeki tzn. 0–0,2, 21–0,4 i 0,41–0,6 km w zakresie średniej zawartości pięciu pierwiastków: Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie zastosowano test Kruskala-Wallisa. Wybrano ten test, ponieważ rozkład zawartości wymienionych pierwiastków nie był zgodny z rozkładem normalnym. W celu wykazania, pomiędzy którymi grupami zachodzą istotne statystycznie różnice zastosowano test Tukeya. W analizie statystycznej wyników dla zmiennych ilościowych podano średnią (M), minimum (Min), maksimum (Max) oraz odchylenie standardowe (SD). Za poziom istotny statystycznie przyjęto wartość $\alpha=0,05$. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics 24.

3.4. Wyniki

Na 12 stanowiskach *Caucasotachea vindobonensis* podzielonych na 4 kategorie (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 łągi zasięgu ciągłego i 4 – łągi zasięgu wyspowego) zbadano korelacje pomiędzy takimi czynnikami środowiskowymi jak: zawartość węgla wapnia w glebie, odczyn, wilgotność i temperatura gleby, a także nasłonecznienie terenu i sezonowość, a zagęszczeniem populacji. Do badań gleby zastosowano metody laboratoryjne, do zbadania zagęszczenia populacji zaś metody terenowe. Następnie porównano stanowiska z kategorii nr 1 i 2 oraz 3 i 4 w zakresie zagęszczenia populacji. Do sprawdzenia, czy istnieją korelacje pomiędzy zmiennymi, jaka jest siła i kierunek tych korelacji oraz czy występują istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi kategoriami

zastosowano testy statystyczne. Ponadto zbadano korelacje pomiędzy odległością od koryta rzeki i składem chemicznym gleby a zagęszczeniem populacji *C. vindobonensis* na tarasach zalewowych Wisły. Do badań gleby zastosowano metody laboratoryjne, natomiast do badań zagęszczenia populacji metody terenowe. Do sprawdzenia, czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy trzema grupami wyróżnionymi pod względem odległości od rzeki tzn. 0,2 km, 0,4 km i 0,6 km w zakresie średniej zawartości pięciu pierwiastków w glebie zastosowano testy statystyczne. Dodatkowo na wspomnianych wyżej 12 stanowiskach należących do 4 kategorii przeprowadzono analizę malakofauny współwystępującej z *C. vindobonensis* pod względem liczby gatunków, liczby osobników, zagęszczenia, dominacji, stałości i różnorodności biologicznej. Do zbadania składu ilościowego i jakościowego zastosowano metody terenowe, natomiast do sprawdzenia, czy występują istotne statystycznie różnice w zakresie liczby gatunków i osobników ślimaków lądowych pomiędzy kategoriami nr 1 i 2 oraz 3 i 4 zastosowano testy statystyczne.

3.4.1. Zagęszczenie *Caucasotachea vindobonensis*

W załączniku 2 przedstawiono zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników *C. vindobonensis* na 12 stanowiskach należących do wyróżnionych kategorii (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1). Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała istotne statystycznie zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1: Tab. 1 i 2) a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na stanowiskach z wszystkich czterech kategorii (Tab. 1). Wyższymi zawartościami węgla wapnia, wyższemu pH, wyższej temperaturze, większemu nasłonecznieniu, a także niższej wilgotności gleby towarzyszyło wyższe zagęszczenie osobników *C. vindobonensis*. Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy zawartością węgla wapnia w glebie a zagęszczeniem tego gatunku na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 1, Ryc. 1).

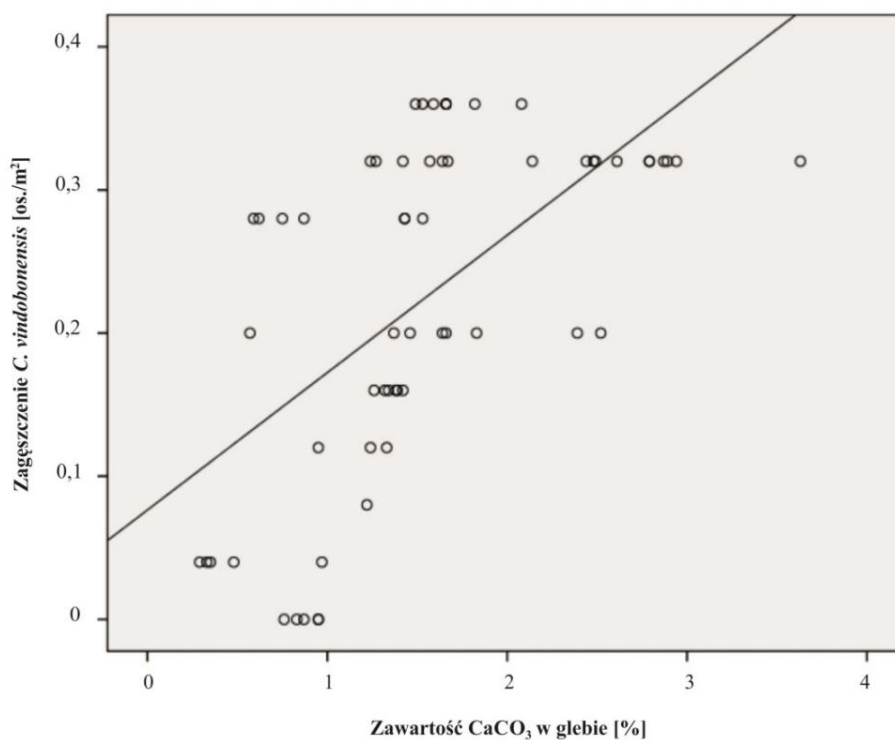
Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie zagęszczenia *C. vindobonensis* pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) – $Z=-9,464$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 2, Ryc. 2);**
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) – $Z=-9,490$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 2, Ryc. 2).**

Tabela 1. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zagęszczenie [os./m ²]			
	Numer kategorii stanowisk			
	1	2	3	4
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	0,59**	0,58**	0,53**	0,67**
pH gleby	0,59**	0,6**	0,42**	0,52**
Wilgotność gleby [%]	-0,48**	-0,41**	-0,45**	-0,42**
Temperatura gleby [°C]	0,37**	0,43**	0,34**	0,44**
Nasłonecznienie terenu [pkt]	0,38**	0,44**	0,25*	0,43**

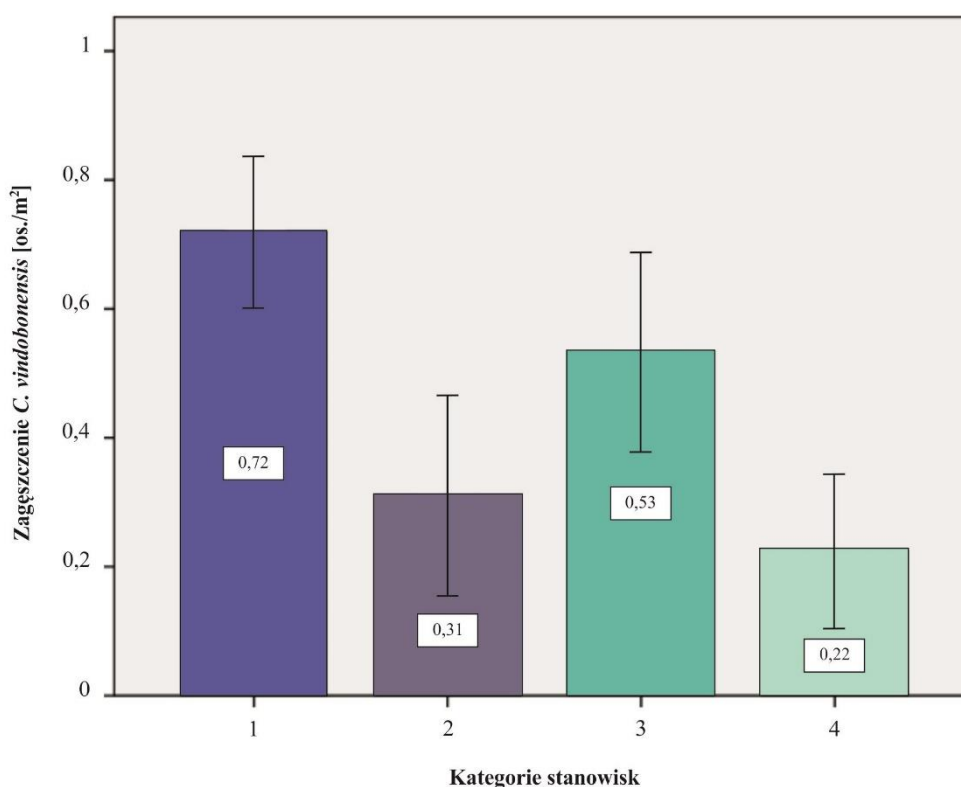
Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.



Ryc. 1. Zagęszczenie *C. vindobonensis* w zależności od zawartości CaCO₃ w glebie na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Widoczna jest dodatnia korelacja: rs=0,67; p<0,01 (zaznaczono linię regresji).

Tabela 2. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Zagęszczenie [os./m ²]		
	M	Min–Max	SD
1	0,72	0,56–1	0,11
2	0,31	0–0,52	0,15
3	0,53	0,4–1	0,15
4	0,22	0–0,36	0,11



Ryc. 2. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błęd).

Analiza metodą korelacji rang Spearmana wykazała istotne statystycznie zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach należących do wszystkich czterech kategorii (Tab. 3). Stwierdzono, że:

- wyższej zawartości węgla wapnia w glebie i wyższemu pH gleby towarzyszyło wyższe zagęszczenie osobników na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) i 4 (łęgi zasięgu wyspowego);

- wyższej wilgotności gleby towarzyszyło wyższe zagęszczenie osobników na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego), a niższe na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego);
- wyższej temperaturze gleby i wyższemu nasłonecznieniu terenu towarzyszyło niższe zagęszczenie osobników na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego), a wyższe na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego).

Najsilniejsza korelacja zachodziła pomiędzy wilgotnością gleby a zagęszczeniem młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 3, Ryc. 3).

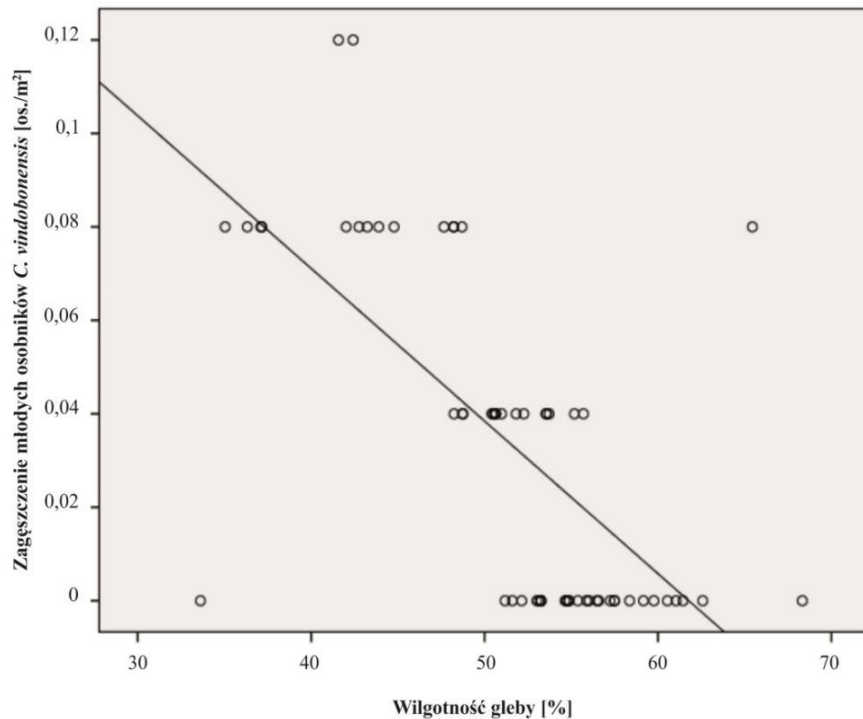
Tabela 3. Korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zagęszczenie młodych osobników [os./m ²]			
	Numer kategorii stanowisk			
	1	2	3	4
Zawartość CaCO ₃ w glebie [%]	0,19	0,45**	0,23	0,59**
pH gleby	0,11	0,46**	0,14	0,49**
Wilgotność gleby [%]	0,44**	0,38**	-0,63**	-0,73**
Temperatura gleby [°C]	-0,31**	-0,46**	0,59**	0,56**
Nasłonecznienie terenu [pkt]	-0,48**	-0,5**	0,46**	0,42**

Poziom istotności: **p<0,01.

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie zagęszczenia młodych osobników *C. vindobonensis* pomiędzy:

- stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)** – $Z=-7,743$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 4, Ryc. 4);
- stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego)** – $Z=-3,827$; $p<0,001$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 4, Ryc. 4).



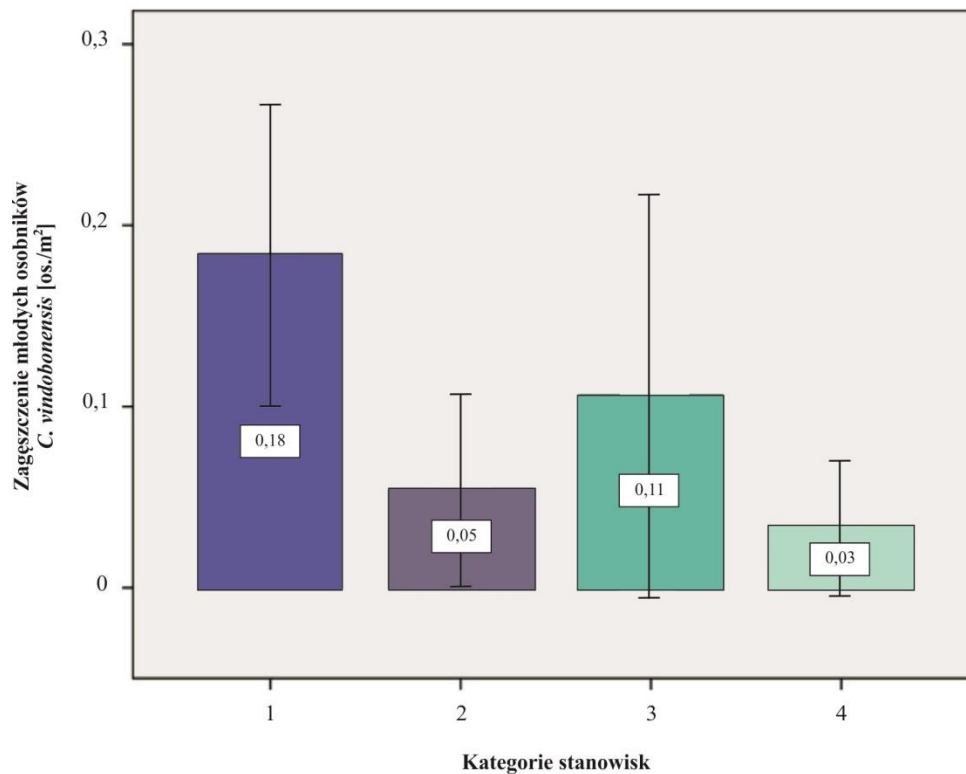
Ryc. 3. Zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* w zależności od wilgotności gleby na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego). Widoczna jest ujemna korelacja: $r_s = -0,73$; $p < 0,01$ (zaznaczono linię regresji).

Tabela 4. Zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Zagęszczenie młodych osobników [os./m ²]		
	M	Min–Max	SD
1	0,18	0–0,4	0,08
2	0,05	0–0,2	0,05
3	0,11	0–0,48	0,11
4	0,03	0–0,12	0,03

W załączniku 3 przedstawiono zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników *C. vindobonensis* na 12 stanowiskach należących do poszczególnych kategorii w zależności od sezonu. Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy sezonem wiosenno-letnim i letnio-jesiennym w zakresie zagęszczenia tego gatunku na stanowiskach z kategorii nr: 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) – $Z = -2,630$; $p < 0,01$; 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) – $Z = -2,259$; $p < 0,05$ i 4 (łągi zasięgu wyspowego) – $Z = -3,304$; $p < 0,01$ (Tab. 5, Ryc. 5). Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach należących do

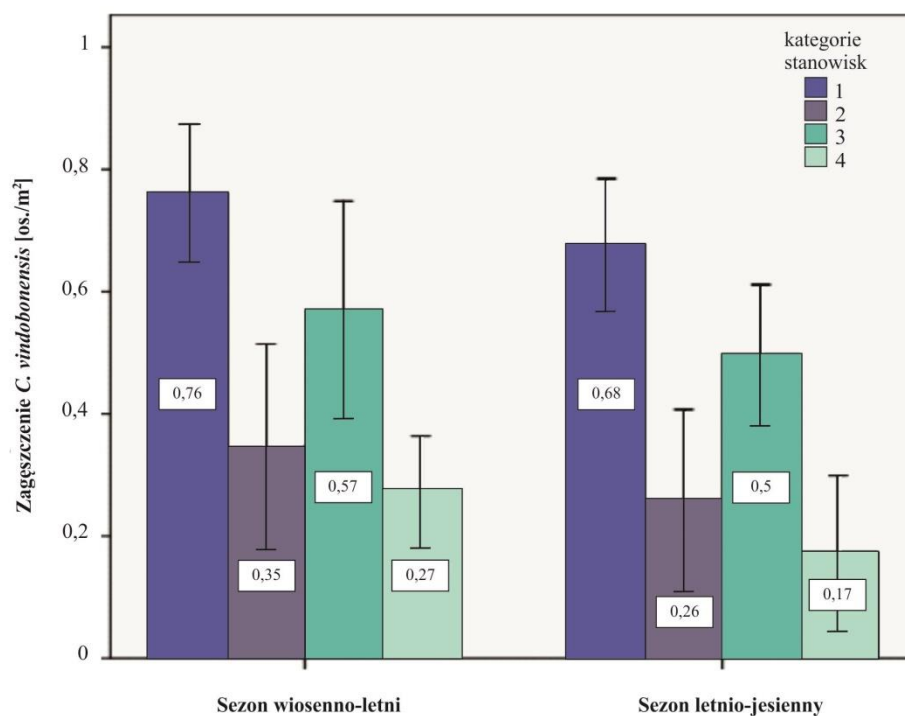
tych trzech kategorii było istotnie wyższe w sezonie wiosenno-letnim niż w letnio-jesiennym. Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic w zakresie zagęszczenia *C. vindobonensis* pomiędzy wyodrębnionymi sezonami na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) – $Z=-1,570$; $p>0,05$ (Tab. 5, Ryc. 5).



Ryc. 4. Zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego). Zaznaczono wartości średnie i odchylenie standardowe (słupki błędów).

Tabela 5. Zagęszczenie *C. vindobonensis* [os./m²] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego) w podziale na wyodrębnione sezony.

Numer kategorii stanowisk	Sezon					
	wiosenno-letni			letnio-jesienny		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
1	0,76	0,6–1	0,11	0,68	0,56–0,92	0,1
2	0,35	0–0,52	0,17	0,26	0,04–0,48	0,15
3	0,57	0,4–1	0,18	0,5	0,4–0,78	0,11
4	0,27	0,04–0,36	0,09	0,17	0–0,36	0,12



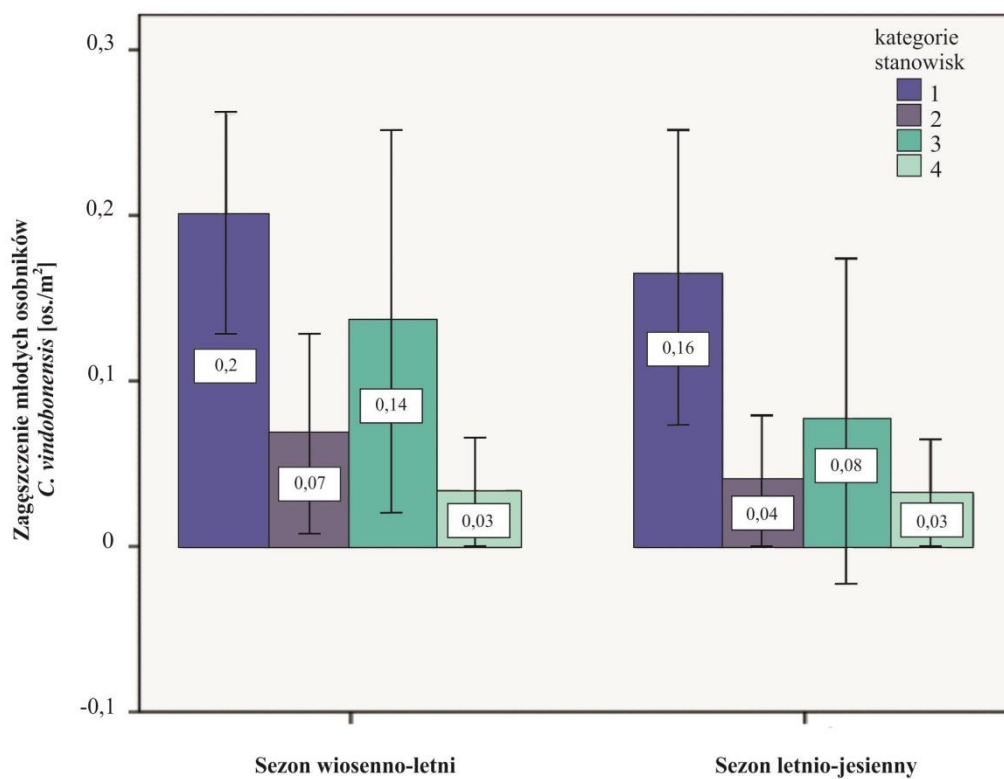
Ryc. 5. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego) w podziale na wyodrębnione sezony.

Analiza testem U Manna-Whitneya wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy sezonem wiosenno-letnim i letnio-jesiennym w zakresie zagęszczenia młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 3 (łęgi zasięgu ciągłego) – $Z=-2,444$; $p<0,05$ (Tab. 6, Ryc. 6). Ich zagęszczenie na stanowiskach z tej kategorii było istotnie wyższe w sezonie wiosenno-letnim niż w letnio-jesiennym. Analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic w zakresie zagęszczenia młodych osobników *C. vindobonensis* pomiędzy wyodrębnionymi sezonami na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) – $Z=-1,433$; $p>0,05$; 2 (łęgi zasięgu ciągłego) – $Z=-1,837$; $p>0,05$ i 4 (łęgi zasięgu wyspowego) – $Z=-0,477$; $p>0,05$ (Tab. 6, Ryc. 6).

W załączniku 4 przedstawiano procentowy udział osobników dorosłych i młodych *C. vindobonensis* na 12 stanowiskach należących do poszczególnych kategorii (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1). We wszystkich kategoriach stanowisk osobniki dorosłe stanowiły ponad 70% populacji. Najwyższy udział osobników młodych wynoszący 25,64% stwierdzono na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego). W pozostałych kategoriach udział osobników młodych wynosił poniżej 20% (Tab. 7).

Tabela 6. Zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* [os./m²] na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego) w podziale na wyodrębnione sezony.

Numer kategorii stanowisk	Sezon					
	wiosenno-letni			letnio-jesienny		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
1	0,2	0,12–0,36	0,06	0,16	0–0,32	0,08
2	0,07	0–0,2	0,05	0,04	0–0,12	0,04
3	0,14	0–0,48	0,11	0,08	0–0,32	0,09
4	0,03	0–0,08	0,03	0,03	0–0,12	0,03



Ryc. 6. Zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego) w podziale na wyodrębnione sezony.

Tabela 7. Udział dorosłych i młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Osobniki	Udział osobników [%]			
	Numer kategorii stanowisk			
	1	2	3	4
Dorosłe	74,36	82,84	80,13	85
Młode	25,64	17,16	19,87	15

Na trzech stanowiskach *C. vindobonensis* – w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie – położonych na tarasach zalewowych Wisły zbadano zawartość w glebie 5 pierwiastków: Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w zależności od odległości od koryta rzeki. W załączniku 5 przedstawiono zawartość tych pierwiastków na poszczególnych stanowiskach, natomiast w Tabeli 8 na wszystkich trzech stanowiskach razem.

Tabela 8. Statystyki opisowe dotyczące zawartości Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnioną odległość od koryta Wisły.

Pierwiastek	Odległość od koryta rzeki [km]								
	0–0,2			0,21–0,4			0,41–0,6		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Ca [%]	1,86	1,11–3,45	0,65	0,87	0,49–1,28	0,22	0,44	0,1–0,89	0,26
Fe [%]	1,6	0,85–2,93	0,53	1,15	0,66–2,12	0,38	0,46	0,12–0,72	0,16
Mg [%]	1,25	0,39–2,93	0,73	0,75	0,29–1,27	0,29	0,35	0,1–0,88	0,21
Sr [mg/kg]	71,9	46–99	14,07	68,35	28–143	30,04	44,45	17–64	12,59
Mn [mg/kg]	559,1	182–1245	284,9	659	204–1043	260,3	237,9	92–572	131,9

Analiza testem Kruskala-Wallisa wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy odległościami: 0–0,2, 0,21–0,4 i 0,41–0,6 km od koryta rzeki pod względem średniej zawartości Ca, Fe, Mg, Sr i Mn (Tab. 9).

Tabela 9. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dotyczącego różnic pomiędzy wyróżnionymi odległościami od koryta rzeki pod względem zawartości Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie

	Ca	Fe	Mg	Sr	Mn
Chi-kwadrat	142,054	129,262	80,856	58,534	80,693
Df	2	2	2	2	2
Poziom istotności	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001

W stosunku do poszczególnych pierwiastków analiza testem porównań wielokrotnych Tukeya wykazała następujące zależności:

a) Zawartość Ca w glebie na tarasach zalewowych Wisły

Średnie zawartości Ca w glebie w poszczególnych zakresach odległości od koryta rzeki stanowiły trzy oddzielne grupy jednorodne, co oznacza, że istniały pomiędzy nimi istotne statystycznie różnice (Tab. 10). Zawartość Ca w glebie w odległości 0–0,2 km była istotnie wyższa niż w odległości 0,21–0,4 km, w odległości 0,21–0,4 km zaś istotnie wyższa niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 10. Średnie zawartości Ca w glebie na stanowiskach w Zakrocymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki w podziale na grupy jednorodne.

Odległość [km]	n	Średnie zawartości Ca w glebie [%] w podziale na grupy jednorodne		
		1	2	3
0–0,2	60	1,86		
0,21–0,4	60		0,87	
0,41–0,6	60			0,44
Poziom istotności		p<0,001	p<0,001	p<0,001

b) Zawartość Fe w glebie na tarasach zalewowych Wisły

Średnie zawartości Fe w glebie w poszczególnych zakresach odległości od koryta rzeki stanowiły trzy oddzielne grupy jednorodne, co oznacza, że istniały pomiędzy nimi istotne statystycznie różnice (Tab. 11). Zawartość Fe w glebie w odległości 0–0,2 km była istotnie wyższa niż w odległości 0,21–0,4 km, w odległości 0,21–0,4 km zaś istotnie wyższa niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 11. Średnie zawartości Fe w glebie na stanowiskach w Zakrocymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki w podziale na grupy jednorodne.

Odległość [km]	n	Średnie zawartości Fe w glebie [%] w podziale na grupy jednorodne		
		1	2	3
0–0,2	60	1,6		
0,21–0,4	60		1,15	
0,41–0,6	60			0,46
Poziom istotności		p<0,001	p<0,001	p<0,001

c) Zawartość Mg w glebie na tarasach zalewowych Wisły

Średnie zawartości Mg w glebie w poszczególnych zakresach odległości od koryta rzeki stanowiły trzy oddzielne grupy jednorodne, co oznacza, że istniały pomiędzy nimi istotne statystycznie różnice (Tab. 12). Zawartość Mg w glebie w odległości 0–0,2 km była istotnie wyższa niż w odległości 0,21–0,4 km, w odległości 0,21–0,4 km zaś istotnie wyższa niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 12. Średnie zawartości Mg w glebie na stanowiskach w Zakrocymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki w podziale na grupy jednorodne.

Odległość [km]	n	Średnie zawartości Mg w glebie [%] w podziale na grupy jednorodne		
		1	2	3
0–0,2	60	1,25		
0,21–0,4	60		0,75	
0,41–0,6	60			0,35
Poziom istotności		p<0,001	p<0,001	p<0,001

d) Zawartość Sr w glebie na tarasach zalewowych Wisły

Średnie zawartości Sr w glebie w zakresach odległości 0–0,2 km i 0,21–0,4 km od koryta rzeki stanowiły jedną grupę jednorodną, a średnie zawartości Sr w zakresie odległości 0,41–0,6 km – drugą grupę jednorodną (Tab. 13). Oznacza to brak istotnej statystycznie różnicy pomiędzy odległościami 0–0,2 km i 0,21–0,4 km. Różnica taka występowała natomiast między odległościami 0,21–0,4 km i 0,41–0,6 km. Zawartość strontu w odległości 0,21–0,4 km była istotnie wyższa niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 13. Średnie zawartości Sr w glebie na stanowiskach w Zakrocymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki w podziale na grupy jednorodne.

Odległość [km]	n	Średnie zawartości Sr w glebie [mg/kg] w podziale na grupy jednorodne	
		1	2
0–0,2	60	71,9	
0,21–0,4	60	68,35	
0,41–0,6	60		44,45
Poziom istotności		p>0,05	p<0,001

e) Zawartość Mn w glebie na tarasach zalewowych Wisły

Średnie zawartości Mn w glebie w zakresach odległości 0–0,2 km i 0,21–0,4 km od koryta rzeki stanowiły jedną grupę jednorodną, a średnie zawartości Mn w zakresie odległości 0,41–0,6 km – drugą grupę jednorodną (Tab. 13). Oznacza to brak istotnej statystycznie różnicy pomiędzy odległościami 0–0,2 km i 0,21–0,4 km. Różnica taka występowała natomiast między odległościami 0,21–0,4 km i 0,41–0,6 km. Zawartość manganu w odległości 0,21–0,4 km była istotnie wyższa niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 14. Średnie zawartości Mn w glebie na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki w podziale na grupy jednorodne.

Odległość [km]	n	Średnie zawartości Mn w glebie [mg/kg] w podziale na grupy jednorodne	
		1	2
0–0,2	60	559,1	
0,21–0,4	60	659,03	
0,41–0,6	60		237,93
Poziom istotności		p>0,05	p<0,001

Na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie poza zawartością 5 pierwiastków w glebie zbadano zagęszczenie *C. vindobonensis* w zależności od odległości od koryta rzeki. W załączniku 6 przedstawiono zagęszczenie tego gatunku na poszczególnych stanowiskach, natomiast w Tabeli 15 na wszystkich trzech stanowiskach łącznie.

Tabela 15. Łączne zagęszczenie *C. vindobonensis* [os./m²] na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnioną odległość od koryta Wisły.

Odległość [km]	Zagęszczenie [os./m ²]		
	M	Min–Max	SD
0–0,2	0,43	0,24–0,76	0,24
0,21–0,4	0,21	0–0,48	0,11
0,41–0,6	0,06	0–0,28	0,08

Analiza testem Kruskala-Wallisa wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy odległościami: 0–0,2; 0,21–0,4 i 0,41–0,6 km od koryta rzeki pod względem średniego zagęszczenia *C. vindobonensis* (Tab. 16).

Tabela 16. Wyniki testu Kruskala-Wallisa dotyczącego różnic pomiędzy wyróżnionymi odległościami od koryta rzeki pod względem średniego zagęszczenia *C. vindobonensis*.

	Zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> [os./m ²]
Chi-kwadrat	125,26
Df	2
Poziom istotności	p<0,001

Z kolei analiza testem porównań wielokrotnych Tukeya wykazała, że średnie zagęszczenia *C. vindobonensis* w poszczególnych zakresach odległości od koryta rzeki stanowiły trzy oddzielne grupy jednorodne, co oznacza, że istniały pomiędzy nimi istotne statystycznie różnice (Tab. 17). Zagęszczenie tego gatunku w odległości 0–0,2 km było więc istotnie wyższe niż w odległości 0,21–0,4 km, w odległości 0,21–0,4 km zaś istotnie wyższe niż w odległości 0,41–0,6 km.

Tabela 17. Średnie zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w zależności od odległości od koryta rzeki.

Odległość [km]	n	Średnie zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> [os./m ²] w podziale na grupy jednorodne		
		1	2	3
0–0,2	60	0,44		
0,21–0,4	60		0,21	
0,41–0,6	60			0,06
Poziom istotności		p<0,001	p<0,001	p<0,001

Dodatkowo analiza metodą korelacji rang Spearmana pozwoliła stwierdzić, że istnieją istotne statystycznie zależności pomiędzy zawartością Ca, Fe, Mg, Sr oraz Mn w glebie a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie (Tab. 18). Wyższej zawartości tych pierwiastków towarzyszyło wyższe zagęszczenie gatunku. Najsilniejszy związek dotyczył zawartości Ca w glebie.

Tabela 18. Korelacje pomiędzy zawartością pierwiastków Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie. Liczby w tabeli oznaczają wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (rs) zawierającego się w przedziale [-1; 1].

Zmienna	Zagęszczenie <i>C. vindobonensis</i> [os./m ²]
Zawartość Ca w glebie [%]	0,77**
Zawartość Fe w glebie [%]	0,63**
Zawartość Mg w glebie [%]	0,37**
Zawartość Sr w glebie [mg/kg]	0,18*
Zawartość Mn w glebie [mg/kg]	0,26**

Poziom istotności: *p<0,05; **p<0,01.

3.4.2. Malakofauna na stanowiskach *Caucasotachea vindobonensis*

Na 12 stanowiskach *C. vindobonensis* należących do 4 kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego i 4 – łęgi zasięgu wyspowego) (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1) zebrano łącznie 3318 osobników ślimaków lądowych należących do 37 gatunków (zał. 7). W załączniku 8 przedstawiano średnią liczbę gatunków ślimaków lądowych zebranych na badanych stanowiskach. Analiza testem t-studenta wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie liczby gatunków ślimaków lądowych pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) – $t(22)=3,401$; $p<0,01$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie wyższą liczbę gatunków w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 19);
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łęgi zasięgu ciągłego) i 4 (łęgi zasięgu wyspowego) – $t(13,379)=3,298$; $p<0,01$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższą liczbę gatunków w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 19).

Tabela 19. Średnia liczba gatunków ślimaków lądowych (N_i) na stanowiskach *C. vindobonensis* z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Liczba gatunków		
	M	Min–Max	SD
1	14,91	12–19	2,23
2	12,25	10–15	1,54
3	16,16	11–21	3,15
4	13	12–15	1,04

W załączniku 9 przedstawiano zagęszczenie ślimaków lądowych [os./m²] na badanych stanowiskach *C. vindobonensis* z wszystkich 4 kategorii. Analiza testem t-studenta wykazała występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie zagęszczenia osobników ślimaków lądowych pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)** – $t(22)=3,076$; $p<0,01$; na stanowiskach z kategorii nr 1 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie osobników w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 2 (Tab. 20);
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego)** – $t(22)=2,701$; $p<0,05$; na stanowiskach z kategorii nr 3 stwierdzono istotnie wyższe zagęszczenie osobników w porównaniu do stanowisk z kategorii nr 4 (Tab. 20).

Tabela 20. Zagęszczenie ślimaków lądowych [os./m²] na stanowiskach *C. vindobonensis* z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Zagęszczenie ślimaków lądowych [os./m ²]		
	M	Min–Max	SD
1	67	46–85	10,95
2	51,83	34–78	13,1
3	84,5	66–111	11,98
4	73,17	58–87	8,04

W załączniku 10 przedstawiono wartość wskaźnika Shannona-Wienera dla prób zbiorczych o sumarycznej powierzchni 1 m² zebranych w poszczególnych sezonach na każdym badanym stanowisku *C. vindobonensis* z wszystkich 4 kategorii. Analiza testem t-studenta nie wykazała występowania istotnych statystycznie różnic w zakresie różnorodności biologicznej wyrażonej tym wskaźnikiem pomiędzy:

- a) stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego)** – $t(22)=1,779$; $p>0,05$ (Tab. 21);
- b) stanowiskami z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego)** – $t(11,997)=0,756$; $p>0,05$ (Tab. 21).

Tabela 21. Wskaźnik Shannona-Wienera dla prób na stanowiskach *C. vindobonensis* z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego).

Numer kategorii stanowisk	Wskaźnik Shannona-Wienera		
	M	Min–Max	SD
1	2,32	2,1–2,46	0,1
2	2,22	1,95–2,39	0,15
3	2,4	1,45–2,79	0,47
4	2,29	2,13–2,47	0,1

W załącznikach 11 i 12 przedstawiano strukturę stałości i dominacji malakofauny na badanych stanowiskach *C. vindobonensis* należących do poszczególnych kategorii. Stwierdzono:

- 1) Na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) gatunki notowane w małej lub średniej liczbie prób, ale jako liczne okazy (wskaźnik stałości C_2 – C_3 , wskaźnik dominacji D_4), to *Truncatellina cylindrica* i *Vallonia pulchella* należące do grupy gatunków środowisk otwartych (O) oraz *Punctum pygmaeum* zaliczany do grupy gatunków mezofilnych (M) (Tab. 22). Pozostałe gatunki także stwierdzono w małej liczbie prób, ale jako dość liczne (wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_3) lub nieliczne (wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_1 – D_2) (Tab. 22 i 23). Najwyższe wskaźniki stałości i dominacji na poszczególnych stanowiskach należących do kategorii nr 1 wykazały trzy gatunki: *Punctum pygmaeum* w Janowcu (wskaźnik stałości C_3 , wskaźnik dominacji D_5), *Truncatellina cylindrica* w Chęcinach i *Vallonia pulchella* w Olsztynie (wskaźnik stałości C_3 , wskaźnik dominacji D_4) (zał. 11 i 12).
- 2) Na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) gatunki notowane w małej liczbie prób, ale jako liczne (wskaźnik stałości C_1 – C_2 , wskaźnik dominacji D_4), to *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum* z grupy gatunków mezofilnych (M) oraz *Truncatellina cylindrica* i *Vallonia pulchella* z grupy gatunków środowisk otwartych (O) (Tab. 22). Pozostałe gatunki także notowano w niewielkiej liczbie prób, ale jako dość liczne (wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_3) lub nieliczne (wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_1 – D_2) (Tab. 22 i 23). Najwyższe wskaźniki stałości i dominacji na poszczególnych stanowiskach należących do kategorii nr 2 wykazały trzy gatunki: *Punctum pygmaeum* we Włocławku, *Truncatellina cylindrica* w Wyszogrodzie (wskaźnik stałości C_3 ,

wskaźnik dominacji D₄) i *Vallonia pulchella* w Płocku (wskaźnik stałości C₂, wskaźnik dominacji D₅) (zał. 11 i 12).

Tabela 22. Stałość (C) i dominacja (D) występowania ślimaków lądowych na stanowiskach *C. vindobonensis* z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego).

Gatunek	Numer kategorii stanowisk	
	1	2
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	–	C ₁ D ₂
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro, 1838)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807)	C ₃ D ₄	C ₂ D ₄
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₄	C ₁ D ₄
<i>Chondrula tridens</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	C ₂ D ₄	C ₂ D ₄
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	C ₁ D ₃
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	C ₁ D ₂	–
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₄
<i>Mediterranea inopinata</i> (Ulicný, 1887)	C ₁ D ₂	–
<i>Limax cinereoniger</i> Wolf, 1803	C ₁ D ₁	–
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂
<i>Ceciloides acicula</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₁	–
<i>Balea biplicata</i> (Montagu, 1803)	C ₁ D ₁	–
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	–	C ₁ D ₂
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₁
<i>Helix lutescens</i> Rossmässler, 1837	C ₁ D ₁	–
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂
<i>Monachoides incarnatus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	–
<i>Xerolenta obvia</i> (Menke, 1828)	C ₁ D ₂	–
<i>Trichulus hispides</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂
<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁

Objaśnienia symboli: klasy stałości: C₁ – akcydenty, C₂ – gatunki akcesoryczne, C₃ – subkonstanty, C₄ – konstanty, C₅ – eukonstanty; klasy dominacji: D₁ – subrecedenty, D₂ – recedenty, D₃ – subdominanty, D₄ – dominanty, D₅ – eudominanty (wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

3) Na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) gatunki notowane w małej i średniej liczbie prób, ale jako liczne (wskaźnik stałości C₂–C₃, wskaźnik dominacji D₄), to *Vallonia pulchella* z grupy gatunków środowisk otwartych (O) i *Punctum pygmaeum* z grupy gatunków mezofilnych (M) (Tab. 24). Pozostałe gatunki także stwierdzono w małej liczbie prób, ale jako dość liczne (wskaźnik stałości C₁–C₂, wskaźnik dominacji D₃) lub nieliczne

(wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_1 – D_2) (Tab. 24 i 25). Najwyższe wskaźniki stałości i dominacji na poszczególnych stanowiskach należących do kategorii nr 3 wykazało pięć gatunków: *Succinea putris* z grupy gatunków wilgociolubnych (H), *Vitrina pellucida* z grupy gatunków mezofilnych (M) i *Vallonia pulchella* w Zawichoście, *Punctum pygmaeum* w Kazimierzu nad Wisłą i Zawichoście oraz *Vitrea crystallina* z grupy gatunków cieniolutubnych (F) w Słupi Nadbrzeżnej (wskaźnik stałości C_3 , wskaźnik dominacji D_4) (zał. 11 i 12).

Tabela 23. Struktura stałości i dominacji gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach *C. vindobonensis* z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego). W tabeli liczby gatunków należących do poszczególnych klas stałości (C_1 – C_5) i klas dominacji (D_1 – D_5). Wartości policzone dla każdej kategorii sumaryczne.

Numer kategorii stanowisk										
	1					2				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
C_1	10	12	2			3	12	2	2	
C_2				2					2	
C_3				1						
C_4										
C_5										

4) Na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) gatunki notowane w średniej i dużej liczbie prób, a także jako liczne (wskaźnik stałości C_3 – C_5 , wskaźnik dominacji D_4) to *Punctum pygmaeum* i *Trochulus hispidus* z grupy gatunków mezofilnych (M) oraz *Succinea putris* z grupy gatunków wilgociolubnych (H) (Tab. 24). Pozostałe gatunki stwierdzono w małej lub średniej liczbie prób jako dość liczne (wskaźnik stałości C_2 – C_3 , wskaźnik dominacji D_3) lub nieliczne okazy (wskaźnik stałości C_1 , wskaźnik dominacji D_1 – D_2) (Tab. 24 i 25). Najwyższe wskaźniki stałości i dominacji na poszczególnych stanowiskach należących do kategorii nr 4 wykazało pięć gatunków: *Succinea putris* w Zakroczymiu i Górkach (wskaźniki stałości C_4 i C_3 , wskaźniki dominacji D_4), *Vallonia pulchella* w Warszawie (wskaźnik stałości C_3 , wskaźnik dominacji D_4) i *Punctum pygmaeum* w Górkach (wskaźnik stałości C_3 , wskaźnik dominacji D_4) (zał. 11 i 12).

Gatunki notowane na stanowiskach *C. vindobonensis* należących do poszczególnych kategorii podzielono na grupy na podstawie preferencji ekologicznych, typu podłoża i zoogeografii (zał. 13). Następnie przedstawiano udział procentowy wymienionych grup na

poszczególnych stanowiskach (zał. 14). Udział grup ekologicznych na stanowiskach z poszczególnych kategorii przedstawiał się następująco:

- 1) Na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) przeważały gatunki preferujące środowiska otwarte (O) (51,7%). Gatunki te osiągnęły największy udział na stanowisku w Olsztynie (52,94%). Duży udział miały także gatunki mezofilne (M) (29,05%). Pozostała część to gatunki cieniolubne (F) (19,25%) (zał. 14, Ryc. 7).

Tabela 24. Stałość (C) i dominacja (D) występowania ślimaków lądowych na stanowiskach *C. vindobonensis* z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego).

Gatunek	Numer kategorii stanowisk	
	3	4
<i>Carychium minimum</i> O. F. Müller, 1774	C ₁ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	C ₁ D ₁	–
<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	C ₂ D ₃	C ₄ D ₄
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	C ₁ D ₂	–
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₂	–
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	–
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₄	C ₃ D ₃
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	C ₃ D ₄	C ₅ D ₄
<i>Discus rotundatus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	–
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Vitrea crystallina</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	C ₁ D ₂
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	C ₁ D ₂	C ₂ D ₃
<i>Zonitoides nitidus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	C ₃ D ₃
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	–
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₁	–
<i>Fruticicola fruticum</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Pseudotrachia rubiginosa</i> (A. Schmidt, 1853)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Trochulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₃	C ₃ D ₄

- 2) Na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) również zaznaczyła się przewaga gatunków preferujących środowiska otwarte (O) (52,38%). Gatunki te osiągnęły największy udział na stanowisku w Płocku (57,15%). Pozostałą część stanowiły gatunki mezofilne (M) (31,74%) i cieniolubne (F) (15,88%) (zał. 14, Ryc. 7).
- 3) Na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) dominowały gatunki mezofilne (M) (36,96%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Kazimierzu nad Wisłą

(38,09%). Reszta przypadła na 3 pozostałe grupy ekologiczne: gatunki środowisk otwartych (O) (22,53%), cieniolubne (F) (22,03%) i wilgociolubne (H) (18,48%) (zał. 14, Ryc. 7).

Tabela 25. Struktura stałości i dominacji gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach *C. vindobonensis* z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego). W tabeli liczby gatunków należących do poszczególnych klas stałości (C₁–C₅) i klas dominacji (D₁–D₅). Wartości policzone dla każdej kategorii sumaryczne.

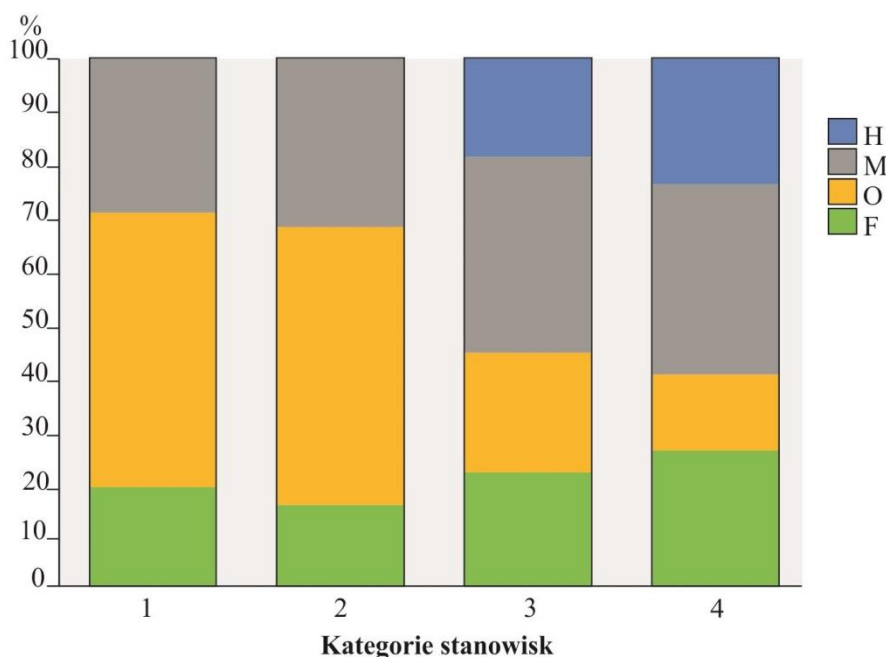
Numer kategorii stanowisk										
	3					4				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
C ₁	7	7	4			3	5			
C ₂			4	1				4		
C ₃				1				2	1	
C ₄									1	
C ₅									1	

4) Na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) także przeważały gatunki mezofilne (M) (35,84%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Zakroczymiu (38,46%). Pozostały udział rozkładał się pomiędzy gatunki cieniolubne (F) (26,11%), wilgociolubne (H) (23,72%) oraz środowisk otwartych (O) (14,33%) (zał. 14, Ryc. 7).

Udział grup wyróżnionych według rodzaju podłoża na stanowiskach z poszczególnych kategorii był następujący:

- 1) Na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) dominowały gatunki indyferentne (Bi) (71,22%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Chęcinach (75%). Pozostała część przypadła na 3 inne grupy: petrofilne (Br) (14,52%), pedofilne (Bp) (10,86%) oraz arborikofilne (Ba) (3,4%). Wśród gatunków petrofilnych (Br) stwierdzono: *Cochlicopa lubricella*, *Mediterranea inopinata*, *Laciniaria plicata* i *Xerolenta obvia* (zał. 14, Ryc. 8).
- 2) Na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) także przeważały gatunki indyferentne (Bi) (70,32%), które największy udział osiągnęły na 2 stanowiskach: we Włocławku i w Wyszogrodzie (73,34%). Wysoki udział miały także gatunki pedofilne (Bp) (20,47%). Pozostała część przypadła na 2 inne grupy: petrofilne

(Br) (6,99%) i arborikofilne (Ba) (2,22%). Wśród gatunków petrofilnych (Br) notowano: *Carychium tridentatum* i *Cochlicopa lubricella* (zał. 14, Ryc. 8).



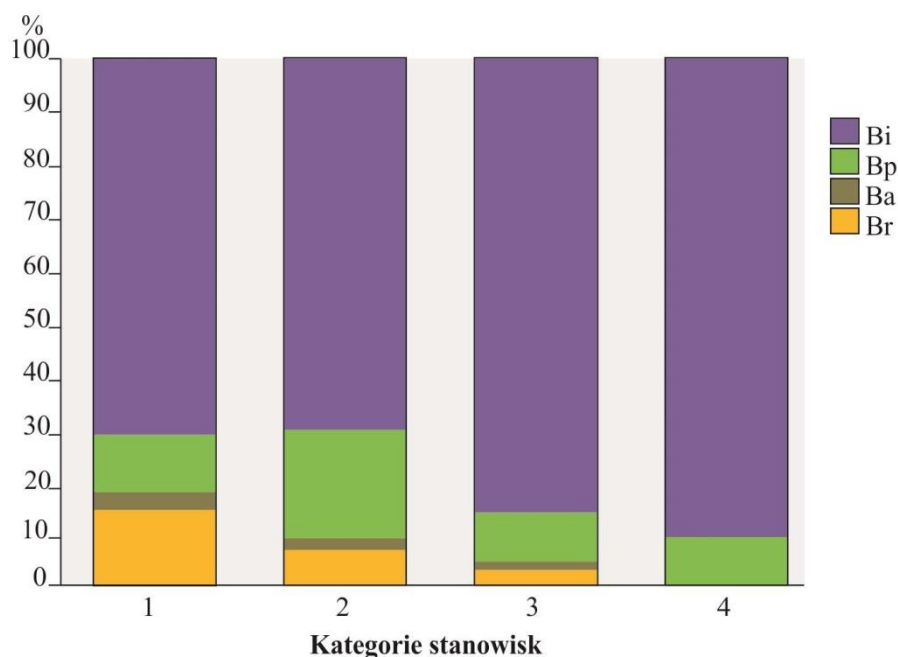
Ryc. 7. Grupy ekologiczne ślimaków lądowych na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łęgi zasięgu ciągłego, 4 – łęgi zasięgu wyspowego): H – ślimaki wilgociolubne, typowe dla siedlisk bardzo wilgotnych, a nawet podmokłych, mniej lub bardziej zacienionych; M – ślimaki mezofilne (euryekologiczne), tolerujące siedliska zarówno zacienione, jak i otwarte o średniej lub znacznej wilgotności podłoża, a także o podłożu przesuszonym; O – ślimaki środowisk otwartych, w tym gatunki kserofilne oraz związane z siedliskami o mniej lub bardziej wilgotnym podłożu; F – ślimaki cieniophilne żyjące w lasach oraz środowiskach częściowo zacienionych przez drzewa i krzewy (podział na grupy wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

3) Na stanowiskach z kategorii nr 3 (łęgi zasięgu ciągłego) dominowały gatunki indyferentne (Bi) (85,93%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Słupi Nadbrzeżnej (94,12%). Swoją część w tej kategorii zaznaczyły również 3 pozostałe grupy gatunków: pedofilne (Bp) (9,3%), petrofilne (Br) (3,18%) i arborikofilne (Ba) (1,59%). Wśród gatunków petrofilnych (Br) stwierdzono: *Carychium tridentatum* i *Laciniaria plicata* (zał. 14, Ryc. 8).

4) Na stanowiskach z kategorii nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego) przeważały gatunki indyferentne (Bi) (90,6%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Warszawie (92,85%). Pozostała część w tej kategorii przypadła na gatunki pedofilne (Bp) (9,4%), stwierdzono natomiast brak gatunków petrofilnych (Br) występujących na stanowiskach z pozostałych kategorii (zał. 14, Ryc. 8).

Udział grup zoogeograficznych na stanowiskach z poszczególnych kategorii przedstawiał się następująco:

- 1) Na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) największą rolę odgrywały gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) (63,34%), w tym gatunki holarktyczne (HI) (30,5%). Znaczny udział miały także gatunki europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym rozprzestrzenieniu (EO) (24,23%), w tym gatunki pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie (Eb) (17,29%). Tendencja ta zaznaczyła się także na poszczególnych stanowiskach, przy czym gatunki HI miały największy udział na stanowisku w Chęcinach (37,5%), a gatunki Eb w Janowcu (21,73%). Swój udział w kategorii zaznaczyły także gatunki środkowoeuropejskie (ME) (6,94%), w tym gatunki środkowoeuropejskie nizinno-wyżynne (Me). Niewielka część przypadła na gatunki nieokreślone pod względem zoogeograficznym (5,49%) (zał. 14, Tab. 26).



Ryc. 8. Grupy ślimaków lądowych wyróżnione według rodzaju podłoża, na którym występują na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego): Bi – gatunki indyferentne; Bp – gatunki pedofilne; Ba – gatunki arborikofilne; Br – gatunki petrofilne (podział na grupy wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

- 2) Na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) dominowały gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) (72,72%), w tym gatunki holarktyczne (HI) (36,38%), które największy udział osiągnęły na stanowisku we Włocławku (40%). Pozostała część w tej kategorii przypadała na gatunki europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym

rozprzestrzenieniu (EO) (27,28%), w tym gatunki pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie (Eb) (11,42%), które największy udział miały na stanowisku w Płocku (14,28%) (zał. 14, Tab. 26).

- 3) Na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) zaznaczył się wyraźny udział gatunków szeroko rozpowszechnionych (HP) (77,49%), w tym holarktycznych (HI) (35,38%), które największy udział osiągnęły na stanowisku w Zawichoście (37,5%). Udział w tej kategorii miały także gatunki europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym rozprzestrzenieniu (EO) (13,34%), w tym gatunki: pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie (Eb) oraz południowoeuropejskie (Em) w równym udziale procentowym (5,63%) i zachodnioeuropejskie (Ew) (2,08%). Najmniejszy udział w kategorii przypadł na gatunki środkowoeuropejskie (ME) (9,17%), w tym gatunki środkowoeuropejskie nizinno-wyżynne (Me) (zał. 14, Tab. 26).

Tabela 26. Charakterystyka zoogeograficzna zespołów mięczaków na stanowiskach z poszczególnych kategorii (nr 1 – kserotermy zasięgu ciągłego, 2 – kserotermy zasięgu wyspowego, 3 – łągi zasięgu ciągłego, 4 – łągi zasięgu wyspowego).

Symbole grup		Udział grup zoogeograficznych [%]			
		Numer kategorii stanowisk			
		1	2	3	4
HP	HI	30,5	36,38	35,39	21,5
	PI	18,44	20,31	15,31	21,5
	Ep	14,4	16,03	13,94	11,78
	Es	–	–	12,85	16,58
ME	Me	6,94	–	9,17	7,16
EO	Ee	1,45	2,22	–	–
	Eb	17,29	11,42	5,63	7,16
	Em	5,49	6,82	5,63	7,16
	Ew	–	6,82	2,08	7,16
	nieokreślone	5,49	–	–	–

Objaśnienia symboli: HP – gatunki szeroko rozpowszechnione: HI – gatunki holarktyczne, PI – gatunki palearktyczne, Ep – gatunki europejskie, Es – gatunki eurosyberyjskie; ME – gatunki środkowoeuropejskie: Me – gatunki środkowoeuropejskie nizinno-wyżynne; EO – gatunki europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym rozprzestrzenieniu: Ee – gatunki wschodnioeuropejskie, Eb – gatunki pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie, Em – gatunki południowoeuropejskie (medytterrańskie), Ew – gatunki zachodnioeuropejskie (atlantyckie) (wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011).

- 4) Na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) największą rolę odgrywały gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) (71,36%), w tym gatunki holarktyczne (HI) i

gatunki palearktyczne (Pl) w równym udziale procentowym (21,5%). Gatunki z grup H1 i Pl największy udział osiągnęły na stanowisku w Zakrocymiu (23,08%). Udział w kategorii miały także gatunki europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym rozprzestrzenieniu (EO) (21,48%), w tym: pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie (Eb), południowoeuropejskie (Em) i zachodnioeuropejskie (Ew) w równym udziale procentowym (7,16%). Najmniejszy udział w kategorii przypadł na gatunki środkowoeuropejskie (ME) (7,16%), w tym gatunki środkowoeuropejskie nizinno-wyżynne (Me) (zał. 14, Tab. 26).

3.5. Dyskusja

Zasięg ciągły *Caucasotachea vindobonensis* obejmuje południowo-wschodnią Polskę, zasięg wyspowy zaś doliny Wisły, Warty, Odry i Noteci (Mierzwa 2009). Zagęszczenie gatunku badano na 12 stanowiskach należących do 4 kategorii. Stanowiska kserotermiczne zasięgu ciągłego były zlokalizowane w Janowcu, Chęcinach i Olsztynie (kategoria nr 1), zasięgu wyspowego zaś we Włocławku, w Płocku i Wyszogrodzie (kategoria nr 2). Stanowiska łąkowe zasięgu ciągłego były położone w Kazimierzu nad Wisłą, Słupi Nadbrzeżnej i Zawichoście (kategoria nr 3), natomiast zasięgu wyspowego w Zakrocymiu, Górkach i Warszawie (kategoria nr 4).

Jak wykazano w rozdziale 2, wytypowane do badań stanowiska kserotermiczne z kategorii nr 1 w porównaniu ze stanowiskami kserotermicznymi z kategorii nr 2 wyróżniały się glebą o wyższej zawartości węgla wapnia (7,5% vs. 2,3%; $p < 0,001$), wyższym pH (7,29 vs. 6,44; $p < 0,001$), wyższej temperaturze (19,57 vs. 19,05; $p < 0,001$) i niższej wilgotności (19,9% vs. 22,14%; $p < 0,001$) oraz większym nasłonecznieniem (7,63 pkt vs. 7,43 pkt; $p < 0,001$), (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1: Tab. 1). Stanowiska łąkowe z kategorii nr 3 w porównaniu ze stanowiskami łąkowymi z kategorii nr 4 charakteryzowały się glebą o wyższej zawartości węgla wapnia (8,01% vs. 2,09%; $p < 0,001$), wyższym pH (7,31 vs. 6,6; $p < 0,001$), niższej temperaturze (18,25 vs. 18,46; $p < 0,001$) i wyższej wilgotności (41,77% vs. 40,17%; $p < 0,001$) oraz mniejszym nasłonecznieniem (4,37 pkt vs. 4,65 pkt; $p < 0,001$) (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1: Tab. 2). Badania wskazują, że *C. vindobonensis* żyje w warunkach środowiskowych zróżnicowanych pod względem zasobności gleby w węgiel wapnia, jej pH, wilgotności, a także nasłonecznienia i temperatury. W tej części badań skupiono się przede wszystkim na zależnościach pomiędzy czynnikami środowiskowymi związanymi z glebą a zagęszczeniem *C. vindobonensis* na

stanowiskach z poszczególnych kategorii. Dodatkowo zbadano malakofaunę, z którą *C. vindobonensis* współwystępuje, pod względem liczby gatunków, liczby osobników, zagęszczenia, dominacji, stałości i różnorodności biologicznej.

Zawartość węgla wapnia w glebie. Jest to jeden z głównych czynników wpływających m.in. na skład gatunkowy, liczebność i rozmieszczenie ślimaków lądowych (Wäreborn 1969; Rouse i Evans 1994; Ondina i in. 2004; Juříčková i in. 2008; Horáčková i in. 2015). Związki pomiędzy zawartością węgla wapnia w glebie a ślimakami lądowymi wynikają w dużej mierze z roli jaką wapń pełni w ich procesach życiowych. Pierwiastek ten jest makroelementem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania organizmu ślimaków wykorzystywanym m.in. do budowy muszli, tworzenia osłonek jajowych, regulacji wzrostu i reprodukcji (Burch 1955; Wäreborn 1979; Gårdenfors 1992; Juříčková i in. 2008). Głównymi źródłami wapnia i jego związków, szczególnie węgla wapnia, dla ślimaków lądowych są górne warstwy gleby: próchnica i ściółka, oraz rośliny (Millar i Waite 1999; Horsák i Hájek 2003; Juříčková i in. 2008). W przypadku siedlisk charakteryzujących się niskim poziomem wapnia w glebie, głównym jego źródłem jest ściółka powstająca z opadłych liści różnych gatunków drzew. Ślimaki preferują ściółkę z liści jesionu, lipy, klonu i wiązu, która zawiera wapń w postaci łatwo przyswajalnego cytrynianu wapnia (Millar i Waite 1999; Horsák i Hájek 2003). Rzadziej wykorzystywana jest ściółka z liści buków i dębów, która zawiera wapń w postaci trudno przyswajalnego szczawianu wapnia (Millar i Waite 1999; Juříčková i in. 2008).

Z piśmiennictwa wynika, że liczebność i różnorodność gatunkowa ślimaków lądowych osiąga wyższe wartości w siedliskach o glebach zasobnych w wapń (Juříčková i in. 2008). Dodatkowo korelacje między zawartością wapnia w glebie i/lub ściółce a liczebnością, częstością występowania, rozmieszczeniem i różnorodnością gatunkową wykazano w środowiskach leśnych w Stanach Zjednoczonych, Szwecji i Czechach (Burch 1955; Wäreborn 1970; Juříčková i in. 2008). Zależności takie stwierdzono także na torfowiskach w Norwegii, Czechach, Słowacji i Polsce oraz łąkach w Hiszpanii i Czechach (Pokryszko 1993; Ondina i in. 1998; Horsák i Hájek 2003; Horsák 2006; Dvořáková i Horsák 2012). Pomimo tego, że w wielu przypadkach wykazano, iż skład jakościowy i/lub ilościowy ślimaków lądowych zależy od zawartości wapnia w glebie, badania przeprowadzone w środowiskach leśnych w Stanach Zjednoczonych oraz trawiastych w Niemczech nie potwierdziły takich związków (Gleich i Gilbert 1976; Martin i Sommer 2004). Badania dotyczące *C. vindobonensis* nawiązały do ogólnej tendencji potwierdzającej istnienie korelacji pomiędzy zawartością węgla wapnia w glebie a zagęszczeniem gatunku. Umiarkowane lub wysokie korelacje dodatnie stwierdzono na

stanowiskach z wszystkich kategorii (Tab. 1). Wysoki współczynnik korelacji r_s wynoszący 0,67 ($p < 0,01$) notowano na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 1, Ryc. 1). Gleba na tych stanowiskach charakteryzowała się najniższym zanotowanym w tych badaniach poziomem węgla wapnia (średnio 2,09%), a gatunek najniższym zagęszczeniem (średnio 0,22 os./m²) (Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1: Tab. 2; zał. 2, Tab. 2).

Odczyn gleby. Z dotychczasowych badań wynika, że pH gleby i/lub ściółki wpływa na skład jakościowy i ilościowy ślimaków lądowych. Związki takie potwierdziły badania przeprowadzone na torfowiskach w Finlandii oraz w lasach w Nowej Zelandii, Finlandii, Szwecji, Anglii i Hiszpanii (Valovirta 1968; Wäreborn 1970; Bishop 1976; Waldén 1981; Gärdenfors 1992; Outeiro i in. 1993; Pokryszko 1993; Barker i Mayhill 1999). Zależności pomiędzy pH gleby a składem jakościowym ślimaków lądowych potwierdzono także w małej skali (transekty około 35 m) na zalesionych węglanowych klifach w Stanach Zjednoczonych (Nekola i Smith 1999). Stwierdzono także, że z czynnikiem tym może korelować dodatnio lub ujemnie zagęszczenie różnych gatunków ślimaków lądowych. W środowiskach leśnych w Anglii wykazano dodatnie korelacje z nim zagęszczenia np. *Carychium minimum*, *Discus rotundatus*, *Aegopinella pura*, *Vitrea contracta*, *Pomatias elegans* i *Vitrina pellucida*, natomiast ujemnie np. *Nesovitrea hammonis* i *Punctum pygmaeum* (Millar i Waite 1999). Nie wszystkie dotychczasowe prace potwierdziły korelacje pomiędzy pH gleby a częstością występowania, rozmieszczeniem oraz liczebnością ślimaków lądowych. Nie wykazały ich badania przeprowadzone w środowiskach łąkowych i leśnych w Stanach Zjednoczonych, Niemczech oraz Irlandii (Burch 1955; Bishop 1977; Martin i Sommer 2004). W przypadku *C. vindobonensis* potwierdzono istnienie zależności pomiędzy tym czynnikiem a zagęszczeniem gatunku, podobnie jak w przypadku innych ślimaków lądowych w badaniach Millara i Waitego (1999). Na stanowiskach z wszystkich kategorii stwierdzono niskie lub umiarkowane korelacje dodatnie między tym czynnikiem a zagęszczeniem *C. vindobonensis* (Tab. 1). Najsilniejszą korelację wyrażoną współczynnikiem r_s równym 0,6 ($p < 0,01$) stwierdzono na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu ciągłego) (Tab. 1).

Wilgotność gleby. Czynnikiem ten może wpływać m.in. na różnorodność gatunkową, liczebność oraz rozmieszczenie ślimaków lądowych, co wykazały badania prowadzone na łąkach w Polsce i Niemczech oraz w lasach w Stanach Zjednoczonych, Szwecji i Słowacji (Drozdowski 1961; Wäreborn 1969; Getz 1974; Gleich i Gilbert 1976; Getz i Uetz 1994; Martin i Sommer 2004; Čejka i Hamerík 2009). Stwierdzono, że obszarom wilgotnym towarzyszy większa liczba osobników i wyższa różnorodność gatunkowa (Moreno-Rueda i in. 2009). Wilgotność jest

ważnym czynnikiem dla ślimaków lądowych wpływającym m.in. na reprodukcję, proces oddychania czy produkcję śluzu (Cameron 1970; Nunes i Santos 2012). Wrażliwość ślimaków na wahania wilgotności gleby i powietrza wynika przede wszystkim z ich podatności na wysychanie. Pomimo wykształcenia mechanizmów obronnych jak np. zapadanie w stan estywacji, wytwarzanie epifragmy czy zagrzebywanie się w glebie, wilgotność, a przede wszystkim jej niskie wartości utrzymujące się przez długi czas, niekorzystnie wpływają na ślimaki lądowe (Horáčková i in. 2015). Na przykładzie *Cepaea nemoralis*, *C. hortensis* i *Arianta arbustorum* wykazano, że niska wilgotność gleby może m.in. ograniczać aktywność ślimaków, powodować utratę masy ciała oraz zwiększać śmiertelność (Cameron 1970). Stwierdzono także, że na większą utratę masy ciała i wyższą śmiertelność bardziej narażone są gatunki preferujące gleby wilgotne (np. *A. arbustorum*) niż gatunki żyjące na glebach o średnim poziomie wilgotności (np. *C. nemoralis*) (Cameron 1970). Gatunki, które występują na glebach suchych lub średnio wilgotnych radzą sobie z wysokim ryzykiem odwodnienia przede wszystkim poprzez wielokrotną zmianę mikrosiedlisk np. z otwartych i słonecznych na zacienione i wilgotne (Moreno-Rueda i in. 2009). Strategie radzenia sobie z suszą sprawiają, że niektóre gatunki potrafią utrzymać wysokie zagęszczenie pomimo niskiej wilgotności gleby (Getz 1974). Z badań nad *C. vindobonensis* wynika, że ślimak ten może zachowywać się podobnie. Stwierdzono umiarkowane korelacje ujemne między wilgotnością gleby a zagęszczeniem gatunku na stanowiskach z wszystkich kategorii. Najsilniejszą korelację wyrażoną współczynnikiem r_s równym $-0,48$ ($p < 0,01$) zanotowano na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermi zasięgu ciągłego) (Tab. 1). Gleba na stanowiskach z tej kategorii miała najniższą notowaną w badaniach wilgotność (średnio 19,9%), natomiast gatunek wyróżniał się najwyższym zagęszczeniem (średnio 0,72 os./m²) (Tab. 2, Rozdz. 2: Podrozdz. 2.4.1: Tab. 1; zał. 2, Tab. 2).

Temperatura gleby. Dotychczasowe badania dowodzą, że czynnik ten wpływa m.in. na liczebność ślimaków lądowych (Skeldon i in. 2007; Gheoca i Costea 2013). Wskazuje się, że temperatura gleby silniej oddziałuje na ślimaki lądowe niż temperatura powietrza. Wynika to z faktu, że ślimaki spędzają większość czasu na powierzchni gleby lub w jej górnych warstwach. Poza tym często temperatura przy gruncie może osiągać wyższe wartości niż temperatura powietrza (Cameron 1970; Cowie 1985). Temperatura gleby oddziałuje na aktywność i reprodukcję ślimaków lądowych. Może być także przyczyną wysokiej śmiertelności (Gheoca i Costea 2013). W celu zmniejszenia narażenia na wysoką temperaturę gleby wiele gatunków z takich rodzin, jak Hygromiidae, Enidae i Helicidae wchodzi na rośliny lub różne pionowe

powierzchnie, a następnie przechodzi w stan estywacji (Aubry i in. 2006; Dittbrenner i in. 2008; Moreno-Rueda i in. 2009; Peltanová i in. 2012). Innym sposobem unikania wysokich temperatur obserwowanym np. u ślimaków z rodziny Helicidae jest zagrzebywanie się w glebie lub ściółce (Aubry i in. 2006; Slotsbo i in. 2011; Horáčková i in. 2015). W badaniach nad *C. vindobonensis* stwierdzono niskie lub umiarkowane korelacje dodatnie pomiędzy temperaturą gleby a zagęszczeniem gatunku na stanowiskach z wszystkich kategorii. Najsilniejszą korelację wyrażoną współczynnikiem r_s równym 0,44 ($p < 0,01$) zanotowano na stanowiskach z kategorii nr 4 (łągi zasięgu wyspowego) (Tab. 1).

Nasłonecznienie terenu. Czynniki ten może wpływać np. na proporcje liczebności poszczególnych gatunków ślimaków lądowych poprzez zmianę typu roślinności, wilgotności i temperatury gleby (Perea i in. 2007; Skeldon i in. 2007). Zależności pomiędzy nasłonecznieniem a zagęszczeniem ślimaków lądowych stwierdzono w lasach Kenii (Lange 2003). Natomiast badania prowadzone w lasach w Stanach Zjednoczonych ich nie wykazały (Skeldon i in. 2007). Badania nad *C. vindobonensis* potwierdziły istnienie korelacji pomiędzy nasłonecznieniem terenu a zagęszczeniem gatunku. Niskie lub umiarkowane korelacje dodatnie notowano na stanowiskach z wszystkich kategorii. Najsilniejszą korelację wyrażoną współczynnikiem r_s równym 0,44 ($p < 0,01$) zanotowano na stanowiskach z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (Tab. 1).

Porównanie populacji *C. vindobonensis* ze stanowisk z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) wykazało między nimi istotne statystycznie różnice w zakresie zagęszczenia. Populacje *C. vindobonensis* ze stanowisk o glebach zasobnych w węglan wapnia i o odczynie zasadowym (kategorie nr 1 i 3) charakteryzowały się wyższym zagęszczeniem w porównaniu z populacjami ze stanowisk o glebach ubogich w ten związek i o odczynie kwaśnym (Tab. 2, Ryc. 2, zał. 3). Oznacza to, że dostępność węglanu wapnia i odczyn zasadowy gleby sprzyjały wzrostowi zagęszczenia populacji tego gatunku pomimo wysokiego nasłonecznienia terenu, wysokiej temperatury i niskiej wilgotności gleby. Wyższe zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z tych dwóch kategorii może wynikać także z obecności wielu miejsc stanowiących odpowiednie schronienie dla ślimaków podczas niekorzystnych warunków np. termicznych i wilgotnościowych (Baur 1993).

Stwierdzono również korelacje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem młodych osobników *C. vindobonensis*. Na stanowiskach o glebach ubogich w węglan wapnia z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) notowano niskie

lub umiarkowane korelacje dodatnie między poziomem węglanu wapnia i pH gleby a zagęszczeniem młodych osobników (Tab. 3). Brak korelacji między tymi czynnikami a zagęszczeniem młodych osobników tego gatunku na stanowiskach o glebach zasobnych w węglan wapnia z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 3 (łągi zasięgu ciągłego) wskazuje na potrzebę rozszerzenia badań o takie czynniki jak zawartość materii organicznej w glebie, która stanowi ważny składnik diety młodych ślimaków (Baker 1986; Ożgo i Bogucki 2006). Na stanowiskach z wszystkich kategorii notowano z kolei niskie, umiarkowane lub wysokie korelacje pomiędzy wilgotnością, temperaturą i nasłonecznieniem a zagęszczeniem młodych osobników (Tab. 3, Ryc. 3). Na stanowiskach suchych z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) stwierdzono, że wraz ze spadkiem nasłonecznienia i temperatury, a zarazem wzrostem wilgotności gleby rosło zagęszczenie młodych osobników. Oznacza to, że w siedliskach suchych młode osobniki utrzymują się przede wszystkim w miejscach zacienionych, chłodnych i wilgotnych (np. w pobliżu drzew, pod krzewami). Z kolei na stanowiskach wilgotnych z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) zagęszczenie młodych osobników rosło wraz ze wzrostem nasłonecznienia i temperatury, a zarazem spadkiem wilgotności gleby. Innymi słowy w siedliskach wilgotnych osobniki młode występują głównie w miejscach słonecznych, ciepłych i stosunkowo suchych (np. skraj lasu).

Wyniki badań wskazały także istotne statystycznie różnice w zakresie zagęszczenia osobników młodych *C. vindobonensis* pomiędzy stanowiskami z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) oraz 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego). Stanowiska o glebach zasobnych w węglan wapnia (kategoria nr 1 i 3) charakteryzowały się wyższym zagęszczeniem młodych osobników w porównaniu ze stanowiskami o glebach ubogich w ten związek (kategoria nr 2 i 4) (Tab. 4, Ryc. 4, zał. 3). Sugeruje to, że stanowiska z kategorii nr 1 i 3 zapewniają gatunkowi lepsze warunki do reprodukcji, inkubacji jaj i wylęgu młodych, co w Polsce przypada przede wszystkim na maj i czerwiec (obserwacje własne). Procesom tym sprzyjają także inne czynniki środowiskowe jak temperatura, wilgotność i odczyn gleby. Z kolei na stanowiskach z kategorii nr 2 i 4, gdzie gatunek żyje w odmiennych warunkach środowiskowych, młode osobniki są narażone na drapieżnictwo wewnątrzgatunkowe (kanibalizm) co może obniżać ich zagęszczenie. Częstą przyczyną kanibalizmu u ślimaków lądowych jest niedobór wapnia w górnych warstwach gleby oraz jej kwaśny odczyn co stwierdzono np. u *Cepaea nemoralis* i *Lissachatina fulica*. Kanibalizm zapewnia młodym ślimakom uzyskanie składników odżywczych kosztem innych

oraz zwiększenie szansy na przeżycie w niekorzystnych warunkach środowiskowych (Ożgo i Bogucki 2006).

Badania nad *C. vindobonensis* przeprowadzone w północnej Grecji wykazały zagęszczenie na poziomie 2,8 os./m² przy okresie aktywności od marca do połowy listopada (Staikou 1998). Dla porównania, zagęszczenie tego gatunku badane we wschodniej Polsce wynosiło 0,5 os./m² przy okresie aktywności od maja do października (Mierzwa 2008). Zbliżone do tych ostatnich wartości zagęszczenia otrzymano w omawianych tutaj badaniach. Zagęszczenie gatunku na stanowiskach z wszystkich kategorii wynosiło średnio 0,44 os./m². Na stanowiskach o glebach zasobnych w węglan wapnia z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 3 (łągi zasięgu ciągłego) zagęszczenie *C. vindobonensis* wynosiło odpowiednio 0,72 os./m² i 0,53 os./m² (młodych osobników 0,18 os./m² i 0,11 os./m²), natomiast na stanowiskach o glebach ubogich w ten związek z kategorii nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) odpowiednio 0,31 os./m² i 0,22 os./m² (młodych osobników 0,05 os./m² i 0,03 os./m²) (Tab. 2 i 4, Ryc. 2 i 4, zał. 3).

Sezon. Z badań prowadzonych w Grecji wynika, że zagęszczenie *C. vindobonensis* zmienia się w zależności od sezonu. Najwyższą wartość – 2,94 os./m² – zanotowano w sezonie wiosennym. W sezonie letnim zagęszczenie wyniosło 2,77 os./m², natomiast w sezonie jesiennym 2,26 os./m² (Staikou 1998). Badania prowadzone w Polsce w sezonie wiosenno-letnim i letnio-jesiennym potwierdziły zmianę zagęszczenia gatunku w zależności od sezonu na stanowiskach z trzech kategorii. Statystycznie istotne różnice w zakresie zagęszczenia *C. vindobonensis* zanotowano na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) (0,76 vs. 0,68 os./m²), 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) (0,35 vs. 0,26 os./m²) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) (0,27 vs. 0,17 os./m²) (Tab. 5, Ryc. 5). W sezonie wiosenno-letnim stwierdzono wyższe zagęszczenie w porównaniu z sezonem letnio-jesiennym. Brak statystycznie istotnych różnic w zagęszczeniu tego gatunku na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) może wynikać z braku aktywności ślimaków i ich pozostawania w kryjówkach np. w glebie. Stwierdzono na przykładzie *Arianta arbustorum*, że część dorosłych osobników pozostaje w glebie nawet w warunkach sprzyjających aktywności (Baur 1993). W przypadku młodych osobników *C. vindobonensis* statystycznie istotne różnice w zakresie zagęszczenia stwierdzono tylko na stanowiskach z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego). Na stanowiskach tej kategorii zagęszczenie również było wyższe w sezonie wiosenno-letnim niż w letnio-jesiennym (0,14 vs. 0,08 os./m²) (Tab. 6, Ryc. 6). Wyższe zagęszczenie młodych osobników *C. vindobonensis* w sezonie wiosenno-letnim związane jest przede wszystkim z okresem reprodukcji. Niższe

zagęszczenie w sezonie letnio-jesiennym wynika głównie z przechodzenia gatunku w stan hibernacji (Staikou 1998). Brak istotnych statystycznie różnic może wynikać z występowania nagłych zmian warunków atmosferycznych (np. późne przymrozki wiosną lub wczesne jesienią) wpływających na zahamowanie lub opóźnienie reprodukcji lub przedwczesną hibernację.

Struktura wiekowa badanych populacji *C. vindobonensis* na stanowiskach z poszczególnych kategorii wykazała znaczną przewagę osobników dorosłych (ponad 70%) w stosunku do osobników młodych (poniżej 30%) (Tab. 7). Oznacza to, że badane populacje były w fazie starzenia się. Wyższy udział młodych notowano na stanowiskach o glebach zasobnych w wapń z kategorii nr 1 (kserotermi zasięgu ciągłego) (25,64%) i 3 (łęgi zasięgu ciągłego) (19,87%) w stosunku do stanowisk o glebach ubogich w wapń – odpowiednio z kategorii nr 2 (kserotermi zasięgu wyspowego) (17,16%) i nr 4 (łęgi zasięgu wyspowego) (15%). Wyniki uzyskane na stanowiskach z kategorii nr 1 pokrywały się z wcześniejszymi wynikami otrzymanymi dla stanowiska kserotermicznego położonego na węglanowym zboczu w Bychawie we wschodniej Polsce. Struktura wiekowa populacji na tym stanowisku wskazywała na to, że populacja była w fazie starzenia się, 75,37% stanowiły osobniki dorosłe, a 24,63% młode (Mierzwa 2008).

Niskie wartości zagęszczenia oraz mały udział osobników młodych wskazują, że kondycja populacji *C. vindobonensis* w Polsce jest niezadowalająca. Niewątpliwie obok czynników środowiskowych, wpływ na kondycję gatunku oraz stan siedlisk mogą mieć czynniki antropogeniczne. Wydaje się, że głównym zagrożeniem dla *C. vindobonensis* jest fragmentacja siedlisk wynikająca przede wszystkim z nasilenia się procesów urbanizacyjnych, powodująca izolację populacji. Poważnym zagrożeniem są także zmiany zachodzące w preferowanych przez ten gatunek siedliskach kserotermicznych wskutek naturalnej sukcesji prowadzącej do zarastania i zacieniania otwartych terenów przez roślinność krzewiastą i drzewiastą (Mierzwa-Szymkowiak 2013). Sukcesja pociąga za sobą nie tylko stopniową zmianę szaty roślinnej, ale także warunków termicznych i wilgotnościowych. Innym zagrożeniem jest stopniowe przekształcanie siedlisk w związku z intensyfikacją rolnictwa na obszarach znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie oraz ich chemizacja (Mierzwa-Szymkowiak 2013). Populacjom żyjącym w bezpośrednim sąsiedztwie kamieniołomów i wyrobisk może zagrażać wznowienie eksploatacji złóż lub przekształcenie terenu w związku z likwidacją szkód górniczych. Zagrożeniem jest także masowa turystyka, szczególnie na terenach objętych ochroną lub w ich najbliższym sąsiedztwie, gdzie znajdują się stanowiska gatunku. Do przekształcenia i degradacji siedlisk położonych na tarasach zalewowych przyczyniają się prace hydrotechniczne

prowadzące do regulacji cieków wodnych oraz eksploatacji osadów aluwialnych, a także tworzenie barier antropogenicznych, takich jak zapory i elektrownie wodne.

Zawartość wapnia, żelaza, magnezu, strontu i manganu w glebie. Obecny stan wiedzy wskazuje, że oddziaływanie tych pierwiastków na ślimaki lądowe jest dyskusyjne. Wiąże się to z wywoływaniem przez Ca, Fe, Mg, Sr i Mn różnych efektów w zależności od ich zawartości w glebie oraz stopnia tolerancji ślimaków na te pierwiastki. Stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy zawartością Ca i Mg a zagęszczeniem ślimaków lądowych w lasach i na torfowiskach w Stanach Zjednoczonych i Norwegii (Burch 1955; Anderson i Coppolino 2009). Z kolei ujemną korelację pomiędzy zawartością tych pierwiastków a częstością występowania ślimaków lądowych notowano na łąkach i w lasach Hiszpanii (Ondina i in. 1998). Inne badania prowadzone na węglanowych klifach w Stanach Zjednoczonych nie potwierdziły takich zależności (Nekola i Smith 1999). Podobnie jest z Fe i Mn wpływającymi dodatnio lub ujemnie na zagęszczenie ślimaków lądowych. Spadek zagęszczenia ślimaków lądowych często wynika z podwyższonego poziomu Fe i Mn w glebie, które działają na nie toksycznie (Horsák i Hájek 2003). Pierwiastki te zaburzają procesy fizjologiczne przez silne oddziaływanie na komórki wapniowe wątrobotrzustki, które uczestniczą w detoksykacji organizmu (Taylor i in. 1988; Dallinger i in. 2001). W przypadku Sr brakuje odniesienia do wcześniejszych wyników, ponieważ wpływ tego pierwiastka na ślimaki był badany tylko w środowisku wodnym. Na stanowiskach *C. vindobonensis* w Górkach, Zakroczymiu i Warszawie położonych na tarasach zalewowych Wisły w obrębie zasięgu wyspowego tego gatunku stwierdzono spadek zawartości pierwiastków: Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie wraz ze wzrostem odległości od koryta rzeki. Statystycznie istotne różnice w zakresie zawartości Ca, Fe i Mg zanotowano na trzech rozpatrywanych łącznie stanowiskach pomiędzy odległościami: 0–0,2 km i 0,21–0,4 km oraz 0,21–0,4 km i 0,41–0,6 km, natomiast w zakresie zawartości Sr i Mn pomiędzy odległościami: 0,21–0,4 km i 0,41–0,6 km (Tab. 8–14, zał. 5). W miarę oddalania się od koryta Wisły notowano także spadek zagęszczenia *C. vindobonensis*. Statystycznie istotne różnice w zakresie zagęszczenia tego gatunku stwierdzono pomiędzy wszystkimi uwzględnionymi odległościami (Tab. 15–17, zał. 6). Oznacza to, że kierunek zasiedlania tarasów przez ten gatunek przebiegał od brzegu rzeki w głąb lądu. Potwierdza to przypuszczenie Jankowskiego (1933), że siedliska nadrzeczne mogą być zasiedlane przez osobniki *C. vindobonensis* przemieszczane drogą wodną. Badania wykazały również istnienie dodatnich korelacji pomiędzy zawartością Ca, Fe, Mg, Sr i Mn a zagęszczeniem gatunku. Najsilniejsza korelacja wyrażona współczynnikiem rs równym 0,77 ($p < 0,01$) zachodziła między zawartością Ca a zagęszczeniem *C. vindobonensis*

(Tab. 18). Wynika stąd dodatkowy wniosek, że zasiedlanie terenów w głąb lądu może być ograniczane przez niskie wartości pięciu rozważanych pierwiastków. Stwierdzono, że wartościom poniżej 0,5% wag. dla Ca, Fe i Mg, 50 mg/kg dla Sr i 240 mg/kg dla Mn na odległości 0,41–0,6 km od koryta rzeki towarzyszyło zagęszczenie *C. vindobonensis* wynoszące od 0,28 os/m² do całkowitego zaniku (Tab. 8, zał. 6).

Tarasы zalewowe stanowią specyficzne środowisko dla sucholubnych ślimaków lądowych, takich jak *C. vindobonensis*. Osady aluwialne zatrzymują wiele pierwiastków biogennych, metali ciężkich oraz różnych zanieczyszczeń związanych z materią transportowaną przez rzeki (Leenaers i Schouten 1989; Marron 1989). Wezbrania pozostawiają warstwę osadu, powodując nadbudowę tarasu, ale także uruchamiają i redeponują część aluwiów zdeponowanych wcześniej (Łokas 2006). Jak wykazały niniejsze badania, zastane przez *C. vindobonensis* warunki środowiskowe, w tym chemizm gleby, mogą lokalnie sprzyjać lub utrudniać zajmowanie, a następnie utrzymanie się gatunku w dolinach rzecznych.

Rozprzestrzenianie się ślimaków lądowych na dużą skalę oraz zajmowanie nowych siedlisk wymaga długiego czasu. Proces ten może być ograniczony lub hamowany przez bariery naturalne i antropogeniczne (Maciorowski i in. 2012; Kramarienko 2014). Stwierdzono, że dobowy dystans pokonywany przez gatunki z rodziny Helicidae wynosi około 0,5 m. Przykładowo *Helix pomatia* może pokonać w ciągu doby odległość około 0,87 m, podczas gdy *Arianta arbustorum* około 0,58 m (Kramarienko 2014). Szacuje się, że populacje *Cepaea nemoralis*, które przemieszczają się około 10 m w ciągu 2 lat są w stanie pokonać dystans 0,5–1 km w ciągu 40–60 lat (Cameron 2001; Örstan i in. 2011; Kramarienko 2014).

Dodatkowe możliwości rozprzestrzeniania się ślimaki lądowe uzyskują dzięki przemieszczaniu biernemu np. przez wiatr, wodę, zwierzęta, człowieka (Dörge i in. 1999; Maciorowski i in. 2012). Dyspersja wodna służy wielu gatunkom m.in. z rodzin Helicidae i Hygromiidae. Ślimaki przemieszczają się bezpośrednio w wodzie lub przytwierdzone do „tratw” zbudowanych z materiału niesionego z prądem. Zanurzone w wodzie ślimaki mogą przeżyć od kilku godzin do kilku dni. Czas przeżycia zależy przede wszystkim od cech gatunku oraz temperatury wody (przeżycie wydłuża się w wodach ciepłych) (Dörge i in. 1999; Kramarienko 2014; Horáčková i in. 2015). Przemieszczanie osobników drogą wodną dotyczy nie tylko gatunków wilgociolubnych występujących np. w dolinach rzecznych jak *Arianta arbustorum*, ale także związanych z siedliskami suchymi położonymi w sąsiedztwie cieków wodnych jak *C. vindobonensis* i *Xerolenta obvia* (Jankowski 1933; Dörge i in. 1999). Wykazano, że takie gatunki jak *Arianta arbustorum* i *Cepaea silvatica* są w stanie założyć

populacje z niewielkiej liczby osobników, które zostały przeniesione na tarasy zalewowe drogą wodną (Dörge i in. 1999).

Według Jankowskiego (1933) dowodem przemieszczania osobników *C. vindobonensis* drogą wodną jest skład malakofauny, z którą ten gatunek współwystępuje. Według autora gatunki południowo-wschodniej Polski, takie jak *C. vindobonensis*, notowane w dolinie Wisły (poza granicami zasięgu ciągłego) wśród malakofauny typowej dla środowisk nadrzecznych należy traktować jako „gatunki obce”. Oznacza to, że mogły zostać przeniesione przez Wisłę np. z Wyżyny Lubelskiej na Nizinę Mazowiecką podczas zmiennych stanów wód (Jankowski 1933; Drozdowski 1978). Należy dodać, że Jankowski (1933) porównał malakofaunę siedlisk kserotermicznych i nadrzecznych, które w niniejszej pracy odpowiadają siedliskom z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego). Ograniczenie niniejszych rozważań do tych dwóch kategorii potwierdziłoby wyniki Jankowskiego (1933). W pracy jednak dodano dwie dodatkowe kategorie, mianowicie nr 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) i 3 (łągi zasięgu ciągłego), a następnie porównano malakofaunę na stanowiskach z kategorii nr 1 i 2 oraz 3 i 4 (zał. 7).

Stanowiska z kategorii nr 1 (kserotermy zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermy zasięgu wyspowego) charakteryzowała istotna statystycznie różnica w zakresie liczby gatunków oraz zagęszczenia osobników (Tab. 19 i 20, zał. 8 i 9). Większą liczbę gatunków oraz wyższe zagęszczenie osobników notowano na stanowiskach o glebach zasobnych w wapń z kategorii nr 1. Nie stwierdzono jednak statystycznie istotnej różnicy pomiędzy stanowiskami z tych dwóch kategorii w zakresie różnorodności biologicznej wyrażonej wskaźnikiem Shannona-Wienera (H') (Tab. 21, zał. 10). Sugeruje to, że obecność gleby zasobnej w wapń na stanowiskach z kategorii nr 1 nie miała dużego wpływu na różnorodność. Sprzyjała natomiast występowaniu gatunków petrofilnych. Malakofauna na stanowiskach z kategorii nr 1 i 2 charakteryzowała się dużym udziałem gatunków typowych dla środowisk otwartych z grup zoogeograficznych obejmujących gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) i europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym zasięgu (EO). Ich uzupełnienie stanowiły gatunki mezofilne i cieniophilne z grup zoogeograficznych obejmujących gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) i gatunki środkowoeuropejskie (ME). Warunki wilgotnościowe i termiczne będące efektem zachodzącej na tych stanowiskach naturalnej sukcesji sprzyjały występowaniu gatunków o odmiennych wymaganiach, jak np. sucholubna *Euomphalia strigella* oraz cieniophilny *Helix pomatia*. Struktura stałości i dominacji wskazała, że najliczniej reprezentowane były ślimaki

środków otwartych oraz ślimaki mezofilne. Osiągnęły one wartości wskaźników na poziomie: C₂–D₄ w kategorii nr 1 i C₁–D₄ w kategorii nr 2 (Tab. 22, 23 i 26, Ryc. 7 i 8, zał. 11–14).

Stanowiska z kategorii nr 3 (łągi zasięgu ciągłego) i 4 (łągi zasięgu wyspowego) również charakteryzowała istotna statystycznie różnica w zakresie liczby gatunków oraz zagęszczenia osobników (Tab. 19 i 20, zał. 8 i 9). Większą liczbę gatunków oraz wyższe zagęszczenie osobników notowano w kategorii nr 3 obejmującej stanowiska o podłożach zasobnych w wapń. Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy stanowiskami z tych dwóch kategorii w zakresie różnorodności malakofauny wyrażonej wskaźnikiem Shannona-Wienera (H') (Tab. 21, zał. 10). Sugeruje to, że obecność podłoża zasobnego w wapń nie miała dużego wpływu na różnorodność, jednak bliskość kserotermicznych stoków na stanowiskach z kategorii nr 3 sprzyjała obecności gatunków petrofilnych i typowych dla środowisk otwartych. Malakofauna na stanowiskach z kategorii nr 3 i 4 wyróżniała się przede wszystkim obecnością gatunków mezofilnych, cieniolubnych i wilgociolubnych. Należą one do grup zoogeograficznych obejmujących gatunki szeroko rozpowszechnione (HP), gatunki środkowoeuropejskie (ME) i europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym zasięgu (EO). Jak już wyżej wspomniano, towarzyszyły im taksony środowisk otwartych z grup zoogeograficznych obejmujących gatunki szeroko rozpowszechnione (HP) i europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym zasięgu (EO). Struktura stałości i dominacji wskazała, że najliczniej reprezentowane w kategorii nr 3 były gatunki środowisk otwartych oraz mezofilne, które osiągnęły wartości wskaźników C₂–D₄. Z kolei w kategorii nr 4 były to głównie gatunki mezofilne i higrofilne dla których wartości wskaźników określono odpowiednio jako C₁–D₄ i C₁–D₅ (Tab. 24–26, Ryc. 7 i 8, zał. 11–14).

Przy porównaniu składu malakofauny na stanowiskach z kategorii nr 1 (kserotermie zasięgu ciągłego) i 2 (kserotermie zasięgu wyspowego) uwagę zwraca fakt, że gatunki środowisk otwartych np. *Xerolenta obvia* i *Helix lutescens* charakterystyczne dla wyżyn południowo-wschodniej Polski notowane w kategorii nr 1 nie występowały (w przeciwieństwie do *C. vindobonensis*) w kategorii nr 2. Gatunki te współwystępowały z *C. vindobonensis* tylko na kserotermicznych stokach w obrębie zasięgu ciągłego, ale nie wyspowego. Ze składu malakofauny stanowisk z kategorii nr 3 położonych na tarasach zalewowych Wisły w obrębie zasięgu ciągłego *C. vindobonensis* wynika, że *X. obvia* i *H. lutescens* nie zasiedlały tych stanowisk pomimo obecności (jednego i/lub drugiego gatunku) na pobliskich kserotermicznych skarpach. Tarasy zalewowe stanowiły dla tych gatunków naturalną barierę, która ograniczała potencjalne możliwości rozprzestrzeniania się drogą wodną. W efekcie nie były one notowane nie tylko na kserotermicznych skarpach stanowisk z kategorii nr 2, ale także na tarasach

zalewowych Wisły z kategorii nr 4 położonych w obrębie zasięgu wyspowego *C. vindobonensis*. Zatem *C. vindobonensis*, tolerując siedliska zasobne w wapń o zmiennych warunkach wilgotnościowych i termicznych (suche skarpy i wilgotne tarasy zalewowe z kategorii nr 1 i 3 zasięgu ciągłego), ma większą szansę rozprzestrzeniania drogą wodną niż *X. obvia* i *H. lutescens*. Przemieszczanie tych dwóch gatunków drogą wodną nie jest wykluczone, jednak w niniejszej pracy nie zostało potwierdzone.

Aktywne przemieszczanie *C. vindobonensis* wspomagane biernym sprzyja zajmowaniu odległych terenów leżących poza zasięgiem ciągłym. Rozmieszczenie stanowisk *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych centralnej i północno-zachodniej Polski potwierdza, że gatunek zasiedla tarasy zalewowe rzek, a także skarpy i sąsiadujące tereny. Jednak wiele stanowisk ma charakter jedynie okresowy. Wynika to m.in. z częstości epizodów powodziowych (w ciągu ostatnich 60 lat odstępów pomiędzy kolejnymi powodziąmi na Wiśle wahały się od roku do 17 lat) – szczególnie tych, które mają niszczący wpływ na populacje – czasu potrzebnego na odtworzenie populacji z nielicznej grupy osobników oraz dużej wrażliwości gatunku na warunki środowiskowe (Niedbała i in. 2012). Potencjalnym „azyłem” *C. vindobonensis* w obrębie zasięgu wyspowego mogą być skarpy oraz tereny leżące poza granicami tarasów zalewowych, gdzie wpływ rzeki jest ograniczony. Jednak, biorąc pod uwagę tempo aktywnego przemieszczania się gatunku, zasiedlenie takich skarpy i terenów często odległych od koryta rzeki o ponad 0,6 km wymaga długiego czasu (około 50 lat na podstawie szacunków dla populacji *C. nemoralis*) (Kramarienko 2014). Największą szansę na zasiedlenie mają przede wszystkim te osobniki, które podczas wysokich stanów wód zostały rzucone w głąb tarasów zalewowych, co skróciło im dystans konieczny do pokonania.

Główną ostoją *C. vindobonensis* w Polsce są kserotermiczne siedliska wyżyn południowo-wschodniej części kraju. W celu zachowania populacji gatunku wskazane jest wprowadzenie w tych siedliskach czynnej ochrony ograniczającej naturalną sukcesję. Działania w pierwszej kolejności powinny odnosić się do obszarów już objętych reżimem ochronnym np. w obrębie parków narodowych i rezerwatów przyrody (Mierzwa-Szymkowiak 2013). Brak w Polsce prawnej ochrony gatunku i jego siedlisk może w przyszłości spowodować, że zachowa się on tylko w granicach terenów chronionych (Mierzwa-Szymkowiak i in. 2012). Dlatego wskazane jest wyznaczanie nowych obszarów chronionych np. w postaci użytków ekologicznych lub stanowisk dokumentacyjnych. Ważne jest także zastosowanie monitoringu przyrodniczego kilku populacji w celu kontynuowania badań nad zagęszczeniem gatunku oraz oceny stanu i zmian zachodzących w zajmowanych przez niego siedliskach.

Konkluzja. Rozprzestrzenianie *C. vindobonensis* z obszarów południowo-wschodniej Polski w kierunku północnym (poza obszary zasięgu ciągłego) odbywa się przede wszystkim wzdłuż dolin rzecznych. Efektem tego procesu jest obecność tego gatunku na obszarach odmiennych pod względem ekologicznym czyli zasobnych i ubogich w węglan wapnia. Wśród czynników środowiskowych uwzględnionych w badaniach istotny okazał się chemizm podłoża, który warunkuje nie tylko występowanie *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych, ale także jego rozprzestrzenianie na obszary sąsiednie. Jednak, jak wskazuje analiza zagrożeń o charakterze naturalnym i antropogenicznym, doliny rzeczne stanowią przede wszystkim okresowe ostoje gatunku. Dlatego w celu poprawy kondycji *C. vindobonensis* w Polsce należy podjąć działania ochronne i nakierować je w pierwszej kolejności na obszary zasięgu ciągłego.

3.6. Piśmiennictwo

- Alexandrowicz S. W., Alexandrowicz W. P. 2011.** Analiza malakologiczna – metody badań i interpretacji. Polska Akademia Umiejętności, Rozprawy Wydziału Przyrodniczego, t. 3, 302 s.
- Anderson F. E., Coppolino M. L. 2009.** Land snail abundance and diversity with associated ecological variables in six Southern Illinois counties. A State Wildlife Grant Project, 97 s.
- Aubry S., Labaune C., Magnin F., Roche P., Kiss L. 2006.** Active and passive dispersal of an invading land snail in Mediterranean France. *Journal of Animal Ecology*, 75: 802–813.
- Baker G. H. 1986.** The biology and control of white snails (Mollusca: Helicidae), introduced pests in Australia. Division of Entomology Technical Paper. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, 25: 1–31.
- Barker G. M., Mayhill P. C. 1999.** Patterns of diversity and habitat relationship in terrestrial mollusc communities of the Pukeamaru Ecological District, northeastern New Zealand. *Journal of Biogeography*, 26: 215–238.
- Baur B. 1993.** Population structure, density, dispersal and neighbourhood size in *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) (Pulmonata: Helicidae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 94/95 B: 307–321.

- Bishop M. J. 1976.** Woodland mollusca around Nettlecombe, Somerset. *Field Studies*, 4: 457–464.
- Bishop M. J. 1977.** The mollusca of acid woodland in West Cork and Kerry. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 77B: 227–244.
- Burch J. B. 1955.** Some ecological factors of the soil affecting the distribution abundance of terrestrial gastropods in eastern Virginia. *The Nautilus*, 69: 62–69.
- Cameron R. A. D. 1970.** The survival, weight-loss and behaviour of three species of land snail in conditions of low humidity. *Journal of Zoology*, 160: 143–157.
- Cameron R. A. D. 2001.** *Cepaea nemoralis* in a hostile environment: continuity, colonizations and morph-frequencies over time. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74: 255–264.
- Čejka T., Hamerík L. 2009.** Land snails as indicators of soil humidity in Danubian woodland (SW Slovakia). *Polish Journal of Ecology*, 57: 741–747.
- Cowie R. H. 1985.** Microhabitat choice and high temperature tolerance in the land snail *Theba pisana* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of Zoology, London (A)*, 207: 201–211.
- Dallinger R., Berger B., Treibskorn-Köhler R., Köhler H. 2001.** Soil biology and ecotoxicology. W: G. M. Barker (red.). *The biology of terrestrial molluscs*. Wallingford, Oxon, Britain, CABI Publishing, 489–525.
- Dittbrenner N., Lazzara R., Köhler H.-R., Mazzia C., Capowiez Y., Triebskorn R. 2008.** Heat tolerance in Mediterranean land snails: histopathology after exposure to different temperature regimes. *Journal of Molluscan Studies*, 75: 9–18.
- Dörge N., Walther C., Beinlich B., Plachter H. 1999.** The significance of passive transport for dispersal in terrestrial snails (Gastropoda, Pulmonata). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 8: 1–10.
- Drozdowski A. 1961.** Badania ilościowe nad fauną ślimaków okolic Płutowa. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, Biologia*, 6(8): 83–148.

- Drozdowski A. 1978.** Rozmieszczenie lądowych ślimaków skorupowych na obszarze województw bydgoskiego, toruńskiego i włocławskiego. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis Toruń – Polonia, Sectio E (Zoologia)*, 10(2): 1–24.
- Drozdowski A. 1980.** Ślimaki (Gastropoda) obszaru kujawsko-pomorskiego. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Biologia*, 23: 25–36.
- Dvořáková J., Horsák M. 2012.** Variation of snail assemblages in hay meadows: disentangling the predictive power of abiotic environment and vegetation. *Malacologia*, 55: 151–162.
- Gärdenfors U. 1992.** Effects of artificial liming on land snail populations. *Journal of Applied Ecology*, 29: 50–54.
- Getz L. L. 1974.** Species diversity of terrestrial snails in the Great Smoky Mountains. *The Nautilus*, 88: 6–9.
- Getz L. L., Uetz G. W. 1994.** Species diversity of terrestrial snails in the southern Appalachian mountains, U.S.A. *Malacological Review*, 27: 61–74.
- Gheoca V., Costea M. 2013.** Land snails vulnerability to climatic conditions variation – the case of two species *Fruticicola fruticum* Müller and *Helix pomatia* Linnaeus. W: V. Marascu-Klein, F.-V. Panaitescu, M. Panaitescu (red.). *Advances in Environment, Ecosystems and Sustainable Tourism. Proceedings of the 11th international conference on environment, ecosystems and development (EED '13), proceedings of the 2nd international conference on sustainable tourism and cultural heritage (STACH '13)*, Brasov, Romania, June 1-3, 2013: 150–155.
- Gleich J. G., Gilbert F. F. 1976.** A survey of terrestrial gastropods from central Maine. *Canadian Journal of Zoology*, 54: 620–627.
- Hatzioannou M., Eleutheriadis N., Lazaridou-Dimitriadou M. 1994.** Food preferences and dietary overlap by terrestrial snails in Logos Area (Edessa, Macedonia, Northern Greece). *Journal of Molluscan Studies*, 60: 331–341.
- Horáčková J., Podroužková Š., Juříčková L. 2015.** River floodplains as habitat and bio-corridors for distribution of land-snails: their past and present. *Journal of Landscape Ecology*, 8: 23–39.

- Horsák M. 2006.** Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens. *Journal of Biogeography*, 33: 98–107.
- Horsák M., Hájek M. 2003.** Composition and species richness of molluscan communities in relations to vegetation and water chemistry in the western Carpathian spring fens: the poor-rich gradient. *Journall of Molluscan Studies*, 69: 349–357.
- Jankowski A. 1933.** Mięczaki Warszawy. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, 67: 99–114.
- Juříčková L., Horsák M., Cameron R., Hylander K., Míkovcová A., Hlaváč J. Č., Rohovec J. 2008.** Land snail distribution patterns within a site: The role of different calcium sources. *European Journal of Soil Ecology*, 44: 172–179.
- Koralewska-Batura E. 2002.** Ślimak żółtawy (*Helix lutescens* Rossm.). Budowa, biologia, ekologia i występowanie w Polsce. Wydawnictwo Kontekst. Poznań, 82 s.
- Kowalczyk-Pecka D. 2009.** Rola naturalnej populacji *Arianta arbustorum* (Gastropoda: Pulmonata) w transferze i bioakumulacji metali ciężkich w ekosystemach zurbanizowanych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 4(41): 22–31.
- Kramarienko S. S. 2013.** The analysis of the reproductive traits of the pulmonate molluscs: a mini-review. *Ruthenica*, 23: 115–125.
- Kramarienko S. S. 2014.** Активная и пассивная миграция наземных моллюсков: обзор. *Ruthenica*, 24: 1–14.
- Kramarienko S. S., Popov V. N. 1997.** Новые данные о размножении наземных моллюсков *Cepaea vindobonensis* (Ferussac, 1821) (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) в лабораторных условиях. *Вестник Зоологии*, 31: 85.
- Lange C. N. 2003.** Environmental factors influencing land snail diversity patterns in Araubuko Sokoke forest, Kenya. *African Journal of Ecology*, 41: 352–355.
- Leenaers H., Schouten C. J. 1989.** Soil erosion and floodplain soil pollution: Related problems in the geographical context of a river basin. *Sediment and the Environment*, 184: 75–83.

- Łokas E. 2006.** Wyznaczenie tempa pionowego przyrostu osadów pozakorytowych wybranych rzek Polski w oparciu o analizy radioizotopowe. Praca doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, 192 s.
- Maciorowski G., Urbańska M., Gierszal H. 2012.** An example of passive dispersal of land snails by birds – short note. *Folia Malacologica*, 20: 139–141.
- Marron D. C. 1989.** The transport of mine tailings as suspended sediment in the Belle Fourche River, west-central South Dakota, USA. *Sediment and the Environment*, 184: 19–26.
- Martin K., Sommer M. 2004.** Effects of soil properties and land management on the structure of grassland snail assemblages in SW Germany. *Pedobiologia*, 48: 193–203.
- Mierzwa D. 2008.** Chemical composition and structure of the shell of *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae). *Folia Malacologica*, 16: 17–20.
- Mierzwa D. 2009.** *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in central, northwestern and western Poland. *Folia Malacologica*, 17: 185–198.
- Mierzwa D. 2010a.** *Cepaea vindobonensis* in the Nida River Valley. Abstracts of the 26th Polish Malacological Seminar, Kudowa-Zdrój 2010. *Folia Malacologica*, 18: 138.
- Mierzwa D. 2010b.** The occurrence of the terrestrial snail *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in the Middle Vistula Valley. W: K. H. Dyguś (red.). Natural environment of transfrontier river catchments in Poland and Ukraine. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 115–123.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2012.** *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) in the Gorge of the Vistula River in the Małopolska Region – new data. W: K. H. Dyguś (red.). Natural human environment. Dangers, protection, education. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 249–258.
- Mierzwa-Szymkowiak D. 2013.** Stanowisko ślimaka lądowego *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) w Gackach koło Pińczowa. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 32: 112–117.
- Mierzwa-Szymkowiak D., Szymkowiak A. 2011.** Wstężyk austriacki w Małopolskim Przełomie Wisły. Wodne wędrówki ślimaka lądowego. Ogólnopolska Konferencja

Naukowa Geoparki-Georóżnorodność-Geoturystyka. Instytut Nauk o Ziemi UMCS, 6–8 czerwca 2011, 64–65.

- Mierzwa-Szymkowiak D., Szymkowiak A., Nowak M. 2012.** Stanowisko *Cepaea vindobonensis* (Férussac) (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae) w Rezerwacie Przyrody Skorocice. Forum Faunistyczne, 2: 5–8.
- Millar A. J., Waite S. 1999.** Molluscs in coppice woodland. Journal of Conchology, 36: 25–48.
- Moreno-Rueda G., Ruiz-Ruiz A., Collantes-Martín E., Arrébola J. R. 2009.** Relative importance of humidity and temperature on microhabitat use by land snails in arid versus humid environments. W: A. Fernandez-Bernal, M. A. De la Rosa (red.). Arid Environments and Wind Erosion. Nova Science Publishers, Inc., 331–343.
- Nekola J. C., Smith T. M. 1999.** Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin carbonate cliff communities. Malacologia, 41: 253–269.
- Niedbała J., Ceran M., Dominikowski M. 2012.** Określenie warunków przejścia wielkich wód w rzekach regionu wodnego Wisły Środkowej z uwzględnieniem wielkości przepływów charakterystycznych w profilu Zawichost. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB, Warszawa, 48 s.
- Nunes G. K. M., Santos S. B. 2012.** Environmental factors affecting the distribution of land snails in the Atlantic Rain Forest of Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 72: 79–86.
- Ondina P., Hermida J., Outeiro A., Mato S. 2004.** Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain). Applied Soil Ecology, 26: 1–9.
- Ondina P., Mato S., Hermida J., Outeiro A. 1998.** Importance of soil exchangeable cations and aluminium content on land snail distribution. Applied Soil Ecology, 9: 229–232.
- Örstan W., Sparks Jr. J. L., Pearce T. A. 2011.** Wayne Grimm's legacy: A 40-year experiment on the dispersal of *Cepaea nemoralis* in Frederick County, Maryland. American Malacological Bulletin, 29: 139–142.

- Outeiro A., Agüera D., Parejo C. 1993.** Use of ecological profiles and canonical correspondence analysis in a study of the relationship of terrestrial gastropods and environmental factors. *Journal of Conchology*, 34: 365–375.
- Ožgo M., Bogucki Z. 2006.** Shell predation and cannibalism in land snails living on acid and calcium-deficient soils. *Folia Malacologica*, 14: 217–220.
- Peltanová A., Dvořák L., Juříčková L. 2012.** The spread of non-native *Cepaea nemoralis* and *Monacha cartusiana* (Gastropoda: Pulmonata) in the Czech Republic with comments on other land snail immigrants. *Biologia*, 67: 384–389.
- Perea J., Garcia A., Gómez G., Acero R., Peña F., Gómez S. 2007.** Effect of light and substratum structural complexity on microhabitat selection by the snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies*, 73: 39–43.
- Pokryszko B. M. 1993.** Fen malacocenoses in Dovrefjell (S. Norway). *Fauna Norvegica*, ser. A, 14: 27–38.
- Poliński W., Demel K. 1921.** Notatki z wycieczki zoologicznej na jeziora kujawskie. *Pamiętnik Fizyograficzny, Zoologja*, 26: 1–9.
- Rouse A. J., Evans J. G. 1994.** Modern land mollusca from Maiden castle, Dorset, and their relevance to the interpretation of subfossil archaeological assemblages. *Journal of Molluscan Studies*, 60: 315–329.
- Skeldon M. A., Vadeboncoeur M. A., Hamburg S. P., Blum J. D. 2007.** Terrestrial gastropod responses to an ecosystem-level calcium manipulation in a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Zoology*, 85: 994–1007.
- Slotsbo S., Hansen L. M., Holmstrup M. 2011.** Low temperature survival in different life stages of the Iberian slug, *Arion lusitanicus*. *Cryobiology*, 62: 68–73.
- Staikou A. E. 1994.** A contribution to the study of population dynamics of the land snail *Cepaea vindobonensis* (Ferussac, 1821) in Greece. *Bios (Macedonia, Greece)*, 2: 187–191.
- Staikou A. E. 1998.** Aspects of life cycle, population dynamics, growth and secondary production of the pulmonate snail *Cepaea vindobonensis* (Férussac, 1821) in Northern Greece. *Journal of Molluscan Studies*, 64: 297–308.

- Staikou A. E. 1999.** Shell temperature, activity and resistance to desiccation in the polymorphic land snail *Cepaea vindobonensis*. *Journal of Molluscan Studies*, 65: 171–184.
- Staikou A. E., Lazaridou-Dimitriadou M., Farmakis N. 1988.** Aspects of the life cycle, population dynamics, growth and secondary production of the edible snail *Helix lucorum* Linnaeus, 1758 (Gastropoda, Pulmonata) in Greece. *Journal of Molluscan Studies*, 54: 139–155.
- Taylor M. G., Simkiss K., Greaves G. N., Harries J. 1988.** Corrosion of intracellular granules and cell death. *Proceedings of the Royal Society of London, B*, 234: 463–476.
- Valovirta I. 1968.** Land molluscs in relations to acidity of hyperite hills in Central Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 5: 245–253.
- Waldén H. W. 1981.** Communities and diversity of land molluscs in Scandinavian woodlands. I. High diversity communities in taluses and boulder slopes in SW Sweden. *Journal of Conchology*, 30: 351–372.
- Wäreborn I. 1969.** Land molluscs and their environments in an oligotrophic area in southern Sweden. *Oikos*, 20: 461–479.
- Wäreborn I. 1970.** Environmental factors influencing the distribution of land molluscs of an oligotrophic area in southern Sweden. *Oikos*, 21: 285–291.
- Wäreborn I. 1979.** Reproduction of two species of land snails in relation to calcium salts in the foena layer. *Malacologia*, 18: 177–180.
- Wiktor A. 2004.** Ślimaki lądowe Polski, Mantis, Olsztyn, 302 s.

Załączniki

Załącznik 1. Zestawienie materiałów badawczych.

Badania na 12 stanowiskach należących do 4 kategorii	Sezon					
	I wiosenno-letni	II letnio-jesienny	III wiosenno-letni	IV letnio-jesienny		
	1 stanowisko				1 kategoria (3 stanowiska)	4 kategorie (12 stanowisk)
Badania czynników środowiskowych	Liczba pomiarów/prób gleby dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób gleby z 4 sezonów	
Zawartość węgla wapnia w glebie	30	30	30	30	360	1440
pH gleby	30	30	30	30	360	1440
Wilgotność gleby	30	30	30	30	360	1440
Temperatura gleby	30	30	30	30	360	1440
Nasłonecznienie terenu	30	30	30	30	360	1440
Badania populacji <i>C. vindobonensis</i>	Liczba kwadratów o pow. 25 m²				Łączna liczba kwadratów o pow. 25 m² z 4 sezonów	
Zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5	5	5	5	60	240
Badane korelacje między czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem <i>C. vindobonensis</i>*	Liczba pomiarów/prób gleby i liczba kwadratów o pow. 25 m² dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób i kwadratów z 4 sezonów	
Zawartość węgla wapnia w glebie a zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5 i 5	5 i 5	5 i 5	5 i 5	60 i 60	240 i 240
pH gleby a zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5 i 5	5 i 5	5 i 5	5 i 5	60 i 60	240 i 240
Wilgotność gleby a zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5 i 5	5 i 5	5 i 5	5 i 5	60 i 60	240 i 240
Temperatura gleby a zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5 i 5	5 i 5	5 i 5	5 i 5	60 i 60	240 i 240
Nasłonecznienie terenu a zagęszczenie wszystkich oraz młodych osobników	5 i 5	5 i 5	5 i 5	5 i 5	60 i 60	240 i 240

Załącznik 1. c.d.

Badania na 3 stanowiskach	Sezon				
	I wiosenno-letni	II letnio-jesienny	III wiosenno-letni	IV letnio-jesienny	
	1 stanowisko				3 stanowiska
Badania czynników środowiskowych	Liczba pomiarów/prób gleby dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób z 4 sezonów
Zawartość Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie	15	15	15	15	180
Badania populacji <i>C. vindobonensis</i>	Liczba kwadratów o pow. 25 m ²				Łączna liczba kwadratów z 4 sezonów
Zagęszczenie osobników w dolinie Wisły	15	15	15	15	180
Badane korelacje między czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem <i>C. vindobonensis</i>	Liczba pomiarów/prób gleby i liczba kwadratów o pow. 25 m ² dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba pomiarów/prób i kwadratów z 4 sezonów
Zawartość Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie a zagęszczenie osobników	15 i 15	15 i 15	15 i 15	15 i 15	180 i 180

Badania na 12 stanowiskach należących do 4 kategorii	Sezon					
	I wiosenno-letni	II letnio-jesienny	III wiosenno-letni	IV letnio-jesienny		
	1 stanowisko				1 kategoria (3 stanowiska)	4 kategorie (12 stanowisk)
Badania malakofauny	Liczba kwadratów o wymiarach 25 cm x 25 cm dla każdego stanowiska osobno				Łączna liczba kwadratów z 4 sezonów	
Skład jakościowy i ilościowy malakofauny	16	16	16	16	192	768

*W badaniach korelacji między czynnikami środowiskowymi a zagęszczeniem *C. vindobonensis* dopasowano liczbę pomiarów/prób gleby do liczby kwadratów o pow. 25m².

Załącznik 2. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie wszystkich osobników/m ²	Zagęszczenie młodych osobników/m ²	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie wszystkich osobników/m ²	Zagęszczenie młodych osobników/m ²
Janowiec Kat. 1	M	0,78	0,18	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	0,58	0,11
	Min–Max	0,68–1	0,08–0,36		Min–Max	0,48–1	0–0,44
	SD	0,1	0,08		SD	0,16	0,11
Chęciny Kat. 1	M	0,72	0,19	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	0,49	0,09
	Min–Max	0,64–0,88	0–0,4		Min–Max	0,4–0,76	0–0,28
	SD	0,1	0,07		SD	0,13	0,08
Olsztyn Kat. 1	M	0,64	0,16	Zawichost Kat. 3	M	0,52	0,11
	Min–Max	0,56–0,8	0–0,32		Min–Max	0,4–0,8	0–0,48
	SD	0,1	0,08		SD	0,15	0,12
Włocławek Kat. 2	M	0,32	0,05	Zakroczym Kat. 4	M	0,26	0,03
	Min–Max	0,12–0,52	0–12		Min–Max	0,04–0,36	0–0,12
	SD	0,15	0,05		SD	0,12	0,03
Płock Kat. 2	M	0,33	0,06	Górki Kat. 4	M	0,19	0,03
	Min–Max	0,16–0,52	0–0,2		Min–Max	0–0,32	0–0,12
	SD	0,14	0,05		SD	0,12	0,03
Wyszogród Kat. 2	M	0,27	0,04	Warszawa Kat. 4	M	0,21	0,03
	Min–Max	0–0,48	0–0,2		Min–Max	0–0,32	0–0,08
	SD	0,16	0,05		SD	0,1	0,03

Objaśnienia symboli:

M – średnia;

Min – wartość minimalna;

Max – wartość maksymalna;

SD – odchylenie standardowe.

Załącznik 3. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 1–4 w podziale na wyodrębnione sezony.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie wszystkich osobników/m ²		Zagęszczenie młodych osobników/m ²	
		Sezon		Sezon	
		Wiosenno-letni	Letnio-jesienny	Wiosenno-letni	Letnio-jesienny
Janowiec Kat. 1	M	0,81	0,76	0,21	0,15
	Min–Max	0,72–1	0,68–0,92	0,12–0,36	0,08–0,32
	SD	0,09	0,1	0,07	0,08
Chęciny Kat. 1	M	0,76	0,69	0,2	0,19
	Min–Max	0,64–0,88	0,64–0,84	0,16–0,28	0–0,32
	SD	0,12	0,07	0,04	0,09
Olsztyn Kat. 1	M	0,7	0,57	0,18	0,15
	Min–Max	0,6–0,8	0,56–0,68	0,12–0,32	0–0,24
	SD	0,09	0,03	0,06	0,09
Włocławek Kat. 2	M	0,37	0,23	0,06	0,03
	Min–Max	0,12–0,52	0,04–0,48	0–0,12	0–0,12
	SD	0,17	0,16	0,05	0,04
Płock Kat. 2	M	0,41	0,25	0,08	0,04
	Min–Max	0,2–0,52	0,16–0,48	0–0,2	0–0,12
	SD	0,12	0,11	0,06	0,04
Wyszogród Kat. 2	M	0,24	0,29	0,05	0,03
	Min–Max	0–0,4	0,04–0,48	0–0,2	0–0,08
	SD	0,16	0,16	0,06	0,03

Załącznik 3. c.d.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie wszystkich osobników/m ²		Zagęszczenie młodych osobników/m ²	
		Sezon		Sezon	
		Wiosenno-letni	Letnio-jesienny	Wiosenno-letni	Letnio-jesienny
Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	0,64	0,52	0,14	0,08
	Min–Max	0,48–1	0,48–0,6	0,04–0,44	0–0,28
	SD	0,2	0,05	0,12	0,1
Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	0,46	0,51	0,11	0,07
	Min–Max	0,4–0,64	0,4–0,76	0–0,2	0–0,28
	SD	0,08	0,17	0,07	0,1
Zawichost Kat. 3	M	0,59	0,45	0,15	0,06
	Min–Max	0,4–0,8	0,4–0,6	0–0,48	0–0,32
	SD	0,17	0,07	0,14	0,1
Zakroczym Kat. 4	M	0,32	0,2	0,04	0,03
	Min–Max	0,2–0,36	0,04–0,36	0–0,08	0–0,12
	SD	0,05	0,14	0,03	0,04
Górki Kat. 4	M	0,24	0,14	0,02	0,03
	Min–Max	0,04–0,32	0–0,28	0–0,08	0–0,12
	SD	0,1	0,11	0,02	0,04
Warszawa Kat. 4	M	0,25	0,17	0,03	0,02
	Min–Max	0,12–0,32	0–0,32	0–0,08	0–0,08
	SD	0,08	0,11	0,03	0,03

Załącznik 4. Udział dorosłych i młodych osobników *C. vindobonensis* na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Udział osobników [%]		Stanowisko/ Kategoria	Udział osobników [%]	
	dorose	młode		dorose	młode
Janowiec Kat. 1	76,14%	23,86%	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	80,55%	19,45%
Chęciny Kat. 1	73,08%	26,92%	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	80,82%	19,18%
Olsztyn Kat. 1	73,84%	26,16%	Zawichost Kat. 3	79,01%	20,99%
Włocławek Kat. 2	85,3%	14,7%	Zakroczym Kat. 4	80,13%	19,87%
Płock Kat. 2	80,24%	19,76%	Górki Kat. 4	85,42%	14,58%
Wyszogród Kat. 2	82,97%	17,03%	Warszawa Kat. 4	85,19%	14,81%

Załącznik 5. Zawartość Ca, Fe, Mg, Sr i Mn w glebie na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnione odległości od koryta rzeki.

Pierwiastek	Stanowisko	Odległość od koryta rzeki [km]								
		0–0,2			0,21–0,4			0,41–0,6		
		M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Ca [%]	Zakroczym	2,51	1,75–3,45	0,67	1,12	0,93–1,28	0,1	0,79	0,7–0,89	0,06
	Górki	1,36	1,11–1,59	0,15	0,63	0,49–0,87	0,13	0,27	0,1–0,41	0,1
	Warszawa	1,73	1,29–2,15	0,37	0,88	0,77–0,95	0,05	0,27	0,17–0,39	0,07
Fe [%]	Zakroczym	1,36	0,85–2,11	0,45	0,91	0,66–1,36	0,23	0,56	0,49–0,62	0,04
	Górki	1,59	1,02–2,26	0,47	1,41	0,88–2,12	0,45	0,54	0,32–0,72	0,12
	Warszawa	1,84	1,16–2,93	0,58	1,13	0,71–1,55	0,27	0,27	0,12–0,46	0,1
Mg [%]	Zakroczym	0,51	0,39–0,68	0,1	0,41	0,29–0,62	0,11	0,17	0,1–0,27	0,05
	Górki	1,72	0,85–2,93	0,77	0,89	0,61–1,27	0,21	0,53	0,24–0,88	0,2
	Warszawa	1,53	0,93–2,11	0,42	0,96	0,74–1,16	0,14	0,35	0,11–0,63	0,18
Sr [mg/kg]	Zakroczym	68,15	50–90	11,56	58,8	28–89	23,04	45,65	29–64	12,44
	Górki	69,25	46–99	16,65	61,65	29–116	31	34,8	17–52	11,62
	Warszawa	78,25	55–99	11,81	84,6	51–143	29,81	52,9	45–60	5,28
Mn [mg/kg]	Zakroczym	654,3	416–1110	247,38	860,05	723–1043	108,84	319,85	161–572	132,47
	Górki	636,75	182–1245	360,9	721,55	655–792	47,99	234,05	92–537	150,73
	Warszawa	386,25	299–780	115,24	395,5	204–972	279,42	159,9	134–189	18,07

Załącznik 6. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na stanowiskach w Zakroczymiu, Górkach i Warszawie w podziale na wyodrębnione odległości od koryta rzeki.

Stanowisko	Odległość od koryta rzeki [km]								
	0–0,2			0,21–0,4			0,41–0,6		
	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD	M	Min–Max	SD
Zakroczym	0,44	0,32–0,68	0,11	0,31	0,16–0,48	0,07	0,15	0–0,28	0,07
Górki	0,39	0,24–0,68	0,11	0,13	0–0,32	0,09	0,02	0–0,12	0,03
Warszawa	0,46	0,32–0,76	0,11	0,21	0–0,44	0,1	0,01	0–0,04	0,01

Załącznik 7. Wykaz gatunków wraz z liczbą osobników zebranych na stanowiskach z kategorii nr 1–4 podczas 4 sezonów.

Gatunek	Razem okazów					
	Kategoria stanowisk nr 1			Kategoria stanowisk nr 2		
	Janowiec	Chęciny	Olsztyn	Włocławek	Płock	Wyszogród
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	0	0	0	0	9	0
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	24	0	0	0	0	11
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro, 1838)	7	16	14	5	8	0
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	0	9	0	8	0	0
<i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807)	31	36	41	24	38	32
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	3	10	10	0	0	20
<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	14	9	7	8	4	9
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	18	9	10	5	24	12
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	12	10	22	0	17	8
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	47	26	45	18	45	26
<i>Chondrula tridens</i> (O. F. Müller, 1774)	1	10	12	4	11	0
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	62	44	47	26	32	35
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	16	23	22	21	0	19
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	14	0	12	0	0	0
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	7	5	18	27	16	20
<i>Mediterranea inopinata</i> (Ulicny, 1887)	2	0	0	0	0	0
<i>Limax cinereoniger</i> Wolf, 1803	1	1	2	0	0	0
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	5	0	0	20	0	0
<i>Cecilioides acicula</i> (O. F. Müller, 1774)	0	0	2	0	0	3
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	0	2	0	0	0	0
<i>Balea biplicata</i> (Montagu, 1803)	2	0	4	0	0	0
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	4	5	4
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	3	3	4	2	2	2
<i>Helix lutescens</i> Rossmässler, 1837	1	0	0	0	0	0
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	2	3	3	3	3	3
<i>Xerolenta obvia</i> (Menke, 1828)	11	7	13	0	0	0
<i>Monachoides incarnatus</i> (O. F. Müller, 1774)	3	0	0	0	0	0
<i>Trochulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	0	5	0	0	9	16
<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud, 1801)	2	0	0	4	0	0
N_t	23	18	18	15	14	15
N_s	288	228	288	179	223	220

Załącznik 7. c.d.

Gatunek	Razem okazów					
	Kategoria stanowisk nr 3			Kategoria stanowisk nr 4		
	Kazimierz nad Wisłą	Słupia Nadbrzeżna	Zawichost	Zakroczym	Górki	Warszawa
<i>Carychium minimum</i> O. F. Müller, 1774	14	30	10	17	21	18
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	7	0	0	0	0	0
<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	25	24	38	53	40	28
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	32	15	36	17	28	0
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	20	7	0	0	0	14
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	27	0	0	0	0	0
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	10	25	8	0	0	0
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	18	22	29	0	0	0
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	38	32	36	20	18	46
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	37	46	42	68	52	46
<i>Discus rotundatus</i> (O. F. Müller, 1774)	0	7	0	0	0	0
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	21	22	43	22	22	26
<i>Vitrea crystallina</i> (O. F. Müller, 1774)	13	40	0	0	0	9
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	0	6	20	39	15	11
<i>Zonitoides nitidus</i> (O. F. Müller, 1774)	29	12	25	26	26	27
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	16	0	8	0	0	0
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	5	0	0	0	0	0
<i>Fruticicola fruticum</i> (O. F. Müller, 1774)	3	0	0	0	8	0
<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	8	7	9	10	8	9
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	6	7	9	6
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	2	3	2	2	2	1
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	3	3	2	3	2	3
<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (A. Schmidt, 1853)	18	0	0	0	9	0
<i>Trochulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	18	17	18	33	18	39
N_t	21	17	16	13	15	14
N_s	364	318	332	317	278	283

Objaśnienia symboli:

N_t – liczba taksonów;

N_s – liczba osobników.

Załącznik 8. Średnia liczba gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Średnia liczba gatunków	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Średnia liczba gatunków
Janowiec Kat. 1	M	17,5	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	19,5
	Min	16		Min	18
	Max	19		Max	21
	SD	1,29		SD	1,29
Chęciny Kat. 1	M	12,75	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	15,5
	Min	12		Min	14
	Max	14		Max	17
	SD	0,95		SD	1,29
Olsztyn Kat. 1	M	14,5	Zawichost Kat. 3	M	13,5
	Min	14		Min	11
	Max	15		Max	16
	SD	0,57		SD	2,88
Włocławek Kat. 2	M	11,75	Zakroczym Kat. 4	M	12,25
	Min	10		Min	12
	Max	14		Max	13
	SD	1,7		SD	0,5
Płock Kat. 2	M	12,25	Górki Kat. 4	M	14
	Min	11		Min	13
	Max	14		Max	15
	SD	1,5		SD	0,81
Wyszogród Kat. 2	M	12,75	Warszawa Kat. 4	M	12,75
	Min	11		Min	12
	Max	15		Max	14
	SD	1,7		SD	0,95

Załącznik 9. Zagęszczenie ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie ślimaków lądowych [os./m²]	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Zagęszczenie ślimaków lądowych [os./m²]
Janowiec Kat. 1	M	72	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	91
	Min–Max	59–85		Min–Max	76–111
	SD	11,69		SD	14,62
Chęciny Kat. 1	M	57	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	79,5
	Min–Max	46–67		Min–Max	66–97
	SD	8,67		SD	12,87
Olsztyn Kat. 1	M	72	Zawichost Kat. 3	M	83
	Min–Max	65–77		Min–Max	76–93
	SD	5,29		SD	7,27
Włocławek Kat. 2	M	44,75	Zakroczym Kat. 4	M	79,25
	Min–Max	34–52		Min–Max	69–87
	SD	7,88		SD	7,58
Płock Kat. 2	M	55,75	Górki Kat. 4	M	69,5
	Min–Max	44–77		Min–Max	58–81
	SD	14,54		SD	10,08
Wyszogród Kat. 2	M	55	Warszawa Kat. 4	M	70,75
	Min–Max	42–78		Min–Max	69–73
	SD	15,97		SD	1,7

Załącznik 10. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera dla prób zbiorczych o łącznej powierzchni 1 m² zebranych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Wskaźnik Shannona-Wienera	Stanowisko/ Kategoria	Statystyki opisowe	Wskaźnik Shannona-Wienera
Janowiec Kat. 1	M	2,36	Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	M	2,74
	Min–Max	2,19–2,46		Min–Max	2,73–2,79
	SD	0,12		SD	0,02
Chęciny Kat. 1	M	2,29	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	M	2,26
	Min–Max	2,2–2,37		Min–Max	1,45–2,64
	SD	0,07		SD	0,55
Olsztyn Kat. 1	M	2,3	Zawichost Kat. 3	M	2,2
	Min–Max	2,1–2,42		Min–Max	1,45–2,56
	SD	0,14		SD	0,07
Włocławek Kat. 2	M	2,2	Zakroczym Kat. 4	M	2,22
	Min–Max	2,02–2,37		Min–Max	2,13–2,35
	SD	0,18		SD	0,09
Płock Kat. 2	M	2,14	Górki Kat. 4	M	2,38
	Min–Max	1,95–2,31		Min–Max	2,29–2,47
	SD	0,15		SD	0,08
Wyszogród Kat. 2	M	2,32	Warszawa Kat. 4	M	2,28
	Min–Max	2,24–2,39		Min–Max	2,23–2,4
	SD	0,06		SD	0,07

Załącznik 11. Stałość (C) i dominacja (D) występowania gatunków ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Gatunek	Kategoria nr 1			Kategoria nr 2		
	Janowiec	Chęciny	Olsztyn	Włocławek	Płock	Wyszogród
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	–	–	–	–	C ₁ D ₂	–
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	–	–	–	–	C ₁ D ₂
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro, 1838)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	–
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	–	C ₁ D ₂	–	C ₁ D ₂	–	–
<i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807)	C ₃ D ₄	C ₃ D ₄	C ₂ D ₄	C ₁ D ₄	C ₁ D ₄	C ₃ D ₄
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	–	–	C ₁ D ₃
<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₂ D ₃	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₂ D ₄	C ₁ D ₃
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	–	C ₂ D ₃	C ₁ D ₂
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₄	C ₂ D ₄	C ₃ D ₄	C ₁ D ₄	C ₂ D ₅	C ₂ D ₄
<i>Chondrula tridens</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	–
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	C ₃ D ₅	C ₂ D ₄	C ₂ D ₄	C ₃ D ₄	C ₂ D ₄	C ₂ D ₄
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄	–	C ₂ D ₃
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	C ₁ D ₂	–	C ₁ D ₂	–	–	–
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Mediterranea inopinata</i> (Ulicný, 1887)	C ₁ D ₁	–	–	–	–	–
<i>Limax cinereoniger</i> Wolf, 1803	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	–	–	–
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	–	–	C ₁ D ₄	–	–
<i>Ceciloides acicula</i> (O. F. Müller, 1774)	–	–	C ₁ D ₁	–	–	C ₁ D ₂
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	–	C ₁ D ₁	–	–	–	–
<i>Balea biplicata</i> (Montagu, 1803)	C ₁ D ₁	–	C ₁ D ₂	–	–	–
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Helix lutescens</i> Rossmässler, 1837	C ₁ D ₁	–	–	–	–	–
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Xerolenta obvia</i> (Menke, 1828)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	–	–	–
<i>Monachoides incarnatus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	–	–	–	–	–
<i>Trichia hispida</i> (Linnaeus, 1758)	–	C ₁ D ₂	–	–	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃
<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₁	–	–	C ₁ D ₂	–	–
<i>Carychium minimum</i> O. F. Müller, 1774	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₂ D ₃	C ₁ D ₃

Załącznik 11. c.d.

Gatunek	Kategoria nr 3			Kategoria nr 4		
	Kazimierz nad Wisłą	Słupia Nadbrzeżna	Zawichost	Zakroczym	Górki	Warszawa
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	C ₁ D ₂	–	–	–	–	–
<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃	C ₃ D ₄	C ₄ D ₄	C ₃ D ₄	C ₂ D ₃
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	C ₁ D ₂	C ₂ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄	–
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂	–	–	–	C ₁ D ₂
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	C ₃ D ₃	–	–	–	–	–
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂	–	–	–
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₂ D ₃	C ₁ D ₃	–	–	–
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₄	C ₂ D ₄	C ₃ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₃	C ₃ D ₄
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	C ₃ D ₄	C ₂ D ₄	C ₃ D ₄	C ₃ D ₄	C ₃ D ₄	C ₂ D ₄
<i>Discus rotundatus</i> (O. F. Müller, 1774)	–	C ₁ D ₂	–	–	–	–
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₃	C ₁ D ₃	C ₃ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Vitrea crystallina</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	C ₃ D ₄	–	–	–	C ₁ D ₂
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	–	C ₁ D ₂	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄	C ₁ D ₃	C ₁ D ₂
<i>Zonitoides nitidus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₂ D ₃	C ₁ D ₂	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃	C ₂ D ₃
<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₂	–	C ₁ D ₂	–	–	–
<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	C ₁ D ₂	–	–	–	–	–
<i>Fruticicola fruticum</i> (O. F. Müller, 1774)	C ₁ D ₁	–	–	–	C ₁ D ₂	–
<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂	C ₁ D ₂
<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁
<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₁	C ₁ D ₂
<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (A. Schmidt, 1853)	C ₂ D ₂	–	–	–	C ₁ D ₂	–
<i>Trichulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	C ₂ D ₂	C ₁ D ₃	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄	C ₁ D ₃	C ₂ D ₄

Objaśnienia symboli (wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011):

C₁–C₅ – klasy stałości:

C₁ – akcydenty,

C₂ – gatunki akcesoryczne,

C₃ – subkonstanty,

C₄ – konstanty,

C₅ – eukonstanty;

D₁–D₅ – klasy dominacji:

D₁ – subrecedenty,

D₂ – recedenty,

D₃ – subdominanty,

D₄ – dominanty,

D₅ – eudominanty.

Załącznik 12. Struktura stałości (C) i dominacji (D) zespołów ślimaków lądowych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Kategoria nr 1															
	Janowiec					Chęciny					Olsztyn				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
C ₁	6	11	1			2	11	1			2	9	3		
C ₂			2	1					3					2	
C ₃				1	1*				1*					1*	
C ₄															
C ₅															

*C₃D₅ *Punctum pygmaeum* *C₃D₄ *Truncatellina cylindrica* *C₃D₄ *Vallonia pulchella*

Kategoria nr 2															
	Włocławek					Płock					Wyszogród				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
C ₁		9		4		1	6	2	1		1	6	3	1	
C ₂				1				1	2	1*			2	2	
C ₃				1*										1*	
C ₄															
C ₅															

*C₃D₄ *Punctum pygmaeum* *C₂D₅ *Vallonia pulchella* *C₃D₄ *Truncatellina cylindrica*

Załącznik 12. c.d.

Kategoria nr 3															
	Kazimierz nad Wisłą					Słupia Nadbrzeżna					Zawichost				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
C ₁	3	8	2	1		2	6	3			2	5	3		
C ₂		2	3					3	2				1	1	
C ₃			1	1*					1*					4*	
C ₄															
C ₅															

*C₃D₄ *Punctum pygmaeum*

*C₃D₄ *Vitrea crystallina*

*C₃D₄ *Succinea putris, Vallonia pulchella, Punctum pygmaeum, Vitrina pellucida*

Kategoria nr 4															
	Zakroczym					Górki					Warszawa				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
C ₁	2	2	4			2	4	3			1	6	1		
C ₂			1	2				4	1				3	2	
C ₃				1					2*					1*	
C ₄				1*											
C ₅															

*C₄D₄ *Succinea putris*

*C₃D₄ *Succinea putris, Punctum pygmaeum*

*C₃D₄ *Vallonia pulchella*

Załącznik 13. Podział gatunków ślimaków lądowych stwierdzonych na stanowiskach z kategorii nr 1–4 na grupy: ekologiczne, wyodrębnione wg rodzaju podłoża i zoogeograficzne.

Gatunek	Grupa			Gatunek	Grupa		
	ekologiczna	wg rodzaju podłoża	zoogeograficzna		ekologiczna	wg rodzaju podłoża	zoogeograficzna
<i>Carychium minimum</i> O. F. Müller, 1774	H	Bi	Es	<i>Mediterranea inopinata</i> (Ulicny, 1887)	O	Br	Eb
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	M	Br	Ep	<i>Zonitoides nitidus</i> (O. F. Müller, 1774)	H	Bi	Hl
<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	H	Bi	Es	<i>Limax cinereoniger</i> Wolf, 1803	F	Bi	Nieokreślona
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O. F. Müller, 1774)	M	Bi	Hl	<i>Euconulus fulvus</i> (O. F. Müller, 1774)	M	Bi	Hl
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro, 1838)	O	Br	Hl	<i>Cecilioides acicula</i> (O. F. Müller, 1774)	O	Bp	Pl
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	M	Bi	Hl	<i>Laciniaria plicata</i> (Draparnaud, 1801)	M	Br	Me
<i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807)	O	Bi	Ep	<i>Balea biplicata</i> (Montagu, 1803)	F	Bi	Me
<i>Vertigo pusilla</i> O. F. Müller, 1774	F	Ba	Ep	<i>Fruticicola fruticum</i> (O. F. Müller, 1774)	F	Bi	Ep
<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	O	Bi	Hl	<i>Arianta arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	F	Bi	Me
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)	O	Bp	Hl	<i>Cepaea nemoralis</i> (Linnaeus, 1758)	F	Bp	Ew
<i>Vallonia costata</i> (O. F. Müller, 1774)	O	Bi	Hl	<i>Caucasotachea vindobonensis</i> (Férussac, 1821)	O	Bi	Eb
<i>Vallonia pulchella</i> (O. F. Müller, 1774)	O	Bi	Hl	<i>Helix lutescens</i> Rossmässler, 1837	O	Bi	Eb
<i>Chondrula tridens</i> (O. F. Müller, 1774)	O	Bp	Eb	<i>Helix pomatia</i> Linnaeus, 1758	F	Bi	Em
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	M	Bi	Pl	<i>Xerolenta obvia</i> (Menke, 1828)	O	Br	Eb
<i>Discus rotundatus</i> (O. F. Müller, 1774)	F	Bi	Me	<i>Monahoides incarnatus</i> (O. F. Müller, 1774)	F	Bi	Me
<i>Vitrina pellucida</i> (O. F. Müller, 1774)	M	Bi	Pl	<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (A. Schmidt, 1853)	H	Bp	Es
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	M	Bi	Ep	<i>Trochulus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	M	Bi	Ep
<i>Vitrea crystallina</i> (O. F. Müller, 1774)	F	Bi	Ep	<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud, 1801)	O	Bi	Ee
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	M	Bi	Pl				

Objaśnienia symboli (wg: Alexandrowicz i Alexandrowicz 2011):

Grupy ekologiczne:

F – ślimaki cieniulubne żyjące w lasach oraz środowiskach częściowo zacienionych przez drzewa i krzewy;

O – ślimaki środowisk otwartych, w tym gatunki kserofilne oraz związane z siedliskami o mniej lub bardziej wilgotnym podłożu;

M – ślimaki mezofilne (euryekologiczne), tolerujące siedliska zarówno zacienione, jak i otwarte o średniej lub znacznej wilgotności podłoża, a także o podłożu przesuszonym;

H – ślimaki wilgociolubne, typowe dla siedlisk bardzo wilgotnych, a nawet podmokłych, mniej lub bardziej zacienionych.

Grupy według rodzaju podłoża:

Br – gatunki petrofilne;

Ba – gatunki arborikofilne;

Bp – gatunki pedofilne;

Bi – gatunki indyferentne.

Grupy zoogeograficzne:

HP – taksony szeroko rozpowszechnione: Hl – gatunki holarktyczne, Pl – gatunki palearktyczne, Ep – gatunki europejskie, Es – gatunki eurosyberyjskie;

ME – taksony środkowoeuropejskie: Me – gatunki środkowoeuropejskie niżowo-wyżynne;

EO – taksony europejskie o relatywnie znacznie ograniczonym rozprzestrzenieniu: Ee – gatunki wschodnioeuropejskie, Eb – gatunki pontyjsko-kaspijskie i bałkańskie, Em – gatunki południowoeuropejskie (medyterrańskie), Ew – gatunki zachodnioeuropejskie (atlantyckie).

Załącznik 14. Udział grup: ekologicznych, wyodrębnionych wg rodzaju podłoża i zoogeograficznych na stanowiskach z kategorii nr 1–4.

Grupy	Symbole grup	Udział grup na poszczególnych stanowiskach [%]						
		Janowiec Kat. 1	Chęciny Kat. 1	Olsztyn Kat. 1	Włocławek Kat. 2	Płock Kat. 2	Wyszogród Kat. 2	
ekologiczne	F	21,73	12,5	23,53	13,33	14,28	20	
	O	52,17	50	52,94	53,34	57,15	46,66	
	M	26,1	37,5	23,53	33,33	28,57	33,34	
wg rodzaju podłoża	Br	13,04	18,75	11,78	6,66	14,29	–	
	Ba	4,34	–	5,88	–	–	6,66	
	Bp	8,69	6,25	17,64	20	21,42	20	
	Bi	73,93	75	64,7	73,34	64,29	73,34	
zoogeograficzne	HP	Hl	30,43	37,5	23,53	40	35,74	33,33
		Pl	13,05	18,75	23,53	20	14,28	26,66
		Ep	13,05	12,5	17,65	6,67	21,42	20
	ME	Me	8,69	6,25	5,88	–	–	–
	EO	Ee	4,35	–	–	6,67	–	–
		Eb	21,73	12,5	17,65	13,32	14,28	6,67
		Em	4,35	6,25	5,88	6,67	7,14	6,67
		Ew	–	–	–	6,67	7,14	6,67
		nieokreślone	4,35	6,25	5,88	–	–	–

Załącznik 14. c.d.

Grupy	Symbole grup		Udział grup na poszczególnych stanowiskach [%]					
			Kazimierz nad Wisłą Kat. 3	Słupia Nadbrzeżna Kat. 3	Zawichost Kat. 3	Zakroczym Kat. 4	Górki Kat. 4	Warszawa Kat. 4
ekologiczne	F		23,81	23,53	18,75	23,08	26,66	28,57
	O		19,05	23,53	25	15,38	13,34	14,28
	M		38,09	35,29	37,5	38,46	33,34	35,72
	H		19,05	17,65	18,75	23,08	26,66	21,43
wg rodzaju podłoża	Br		9,52	–	–	–	–	–
	Ba		4,77	–	–	–	–	–
	Bp		9,52	5,88	12,5	7,69	13,34	7,15
	Bi		76,19	94,12	87,5	92,31	86,66	92,85
zoogeograficzne	HP	HI	33,36	35,29	37,5	23,08	20	21,43
		PI	9,52	17,65	18,75	23,08	20	21,43
		Ep	23,8	11,76	6,25	7,69	13,36	14,29
		Es	14,28	11,76	12,5	15,39	20	14,29
	ME	Me	9,52	11,76	6,25	7,69	6,66	7,14
	EO	Eb	4,76	5,89	6,25	7,69	6,66	7,14
		Em	4,76	5,89	6,25	7,69	6,66	7,14
		Ew	–	–	6,25	7,69	6,66	7,14

Objaśnienia symboli – patrz załącznik 13.

Konkluzje

1. *Caucasotachea vindobonensis* występuje od północnego Kaukazu, poprzez Ukrainę, Białoruś, Mołdawię, Półwysep Bałkański aż do wschodniej Austrii, Czech i Polski. Gatunek notowano także na izolowanych stanowiskach w europejskiej części Rosji, na Łotwie i we wschodnich Niemczech. Materiały źródłowe wskazują, że wiele stanowisk tego gatunku w Europie jest zlokalizowanych w dolinach rzecznych (obserwuje się to w mniejszej skali na obszarze Polski). Rola i znaczenie dolin rzecznych w rozprzestrzenianiu *C. vindobonensis* są tylko częściowo poznane, co implikuje dalsze badania w skali całego zasięgu w Europie.
2. W Polsce zasięg ciągły *C. vindobonensis* obejmuje południowo-wschodnią część kraju, natomiast zasięg wyspowy doliny Wisły, Warty, Odry i Noteci. W obrębie zasięgu ciągłego wykazano ponad 120 lokalizacji gatunku, zaś w obrębie zasięgu wyspowego ponad 80. Wskazuje to na możliwość skutecznego rozprzestrzeniania się tego gatunku wzdłuż cieków wodnych położonych na północ i północny zachód od granicy zasięgu ciągłego.
3. Zasięg ciągły *C. vindobonensis* pokrywa się w dużej mierze z obszarami występowania utworów zasobnych w węglany lub siarczany wapnia, na których wykształcone są murawy kserotermiczne. Rozwój siedlisk kserotermicznych związany w znacznym stopniu z działalnością gospodarczą człowieka sprzyja rozprzestrzenianiu *C. vindobonensis*.
4. Głównym czynnikiem determinującym rozprzestrzenianie *C. vindobonensis* w dolinach rzecznych jest transport osobników drogą wodną. Cieki rozcinające utwory zasięgu ciągłego uruchamiają proces przemieszczania gatunku w czasie okresowych wezbrań i powodzi. Dochodzi wówczas do zmycia osobników i przemieszczenia ich wzdłuż koryta rzeki, a następnie, po ustaniu wezbrania, do depozycji na tarasach zalewowych rzek, często oddalonych od terenów zasięgu ciągłego. Ten obszar dociekań otwiera nowy kierunek badań, jakim jest genetyka populacyjna, która pozwoli na zbadanie różnic genetycznych pomiędzy populacjami lokalnymi oraz żyjącymi w odległych regionach. Identyfikacja

stopnia zróżnicowania genetycznego ma znaczenie w przypadku działań ochronnych podejmowanych na poziomie poszczególnych populacji jak i całego gatunku.

5. Rozprzestrzenianie *C. vindobonensis* poza zasięgiem ciągłym notowano przede wszystkim wzdłuż dolin Wisły, Warty, Odry i Noteci. Na przestrzeni wielu lat proces ten uległ stopniowemu ograniczeniu przede wszystkim na skutek antropogenicznych zmian stosunków wodnych (np. zapory wodne, regulacja brzegów). Obecnie można mówić tylko o odcinkach wyżej wymienionych rzek, które dostarczają informacji o istnieniu naturalnego procesu przemieszczania gatunku. Szczególnie czytelna jest Wisła między Krakowem i Włocławkiem, która, rozcinając utwory skalne położone w obrębie zasięgu ciągłego gatunku, transportuje osobniki *C. vindobonensis* m.in. z Niziny Nadwiślańskiej i Małopolskiego Przełomu Wisły w kierunku północnym. Materiał redeponowany notuje się m.in. w Dolinie Środkowej Wisły, Kotlinie Warszawskiej oraz Kotlinie Płockiej wyznaczających obszar zasięgu wyspowego gatunku.
6. Rozprzestrzenianie *C. vindobonensis* wzdłuż dolin rzecznych umożliwia zajmowanie nowych siedlisk często o innym charakterze, niż typowe siedliska kserotermiczne południowo-wschodniej Polski. Badania podłoża wykazały, że siedliska gatunku w obrębie zasięgu ciągłego i wyspowego są zróżnicowane pod względem zasobności w wapń, zasadowości, wilgotności, temperatury oraz nasłonecznienia. Zróżnicowaniu podłoża towarzyszy odmienny skład jakościowy i ilościowy ślimaków lądowych współwystępujących z *C. vindobonensis*. Przy tej okazji warto zbadania w najbliższej przyszłości jest zjawisko konkurencji międzygatunkowej, która może wpływać na stan populacji *C. vindobonensis*.
7. Wygląd muszli *C. vindobonensis*, a także jej skład chemiczny oraz właściwości mechaniczne są zmienne i uzależnione od warunków siedliskowych. Takie czynniki jak np. temperatura, nasłonecznienie, wilgotność i zasadowość podłoża oddziałują na cechy morfometryczne rozwijających się muszli. Natomiast chemizm podłoża wpływa na ich skład chemiczny i właściwości mechaniczne. Nowych danych dotyczących zmian zachodzących w muszlach pod wpływem czynników środowiskowych można spodziewać się po zbadaniu związków organicznych tworzących macierz zapewniającą osnowę kryształom węgla wapnia w strukturze muszli.

8. Czynniki związane z podłożem, takie jak zawartość węgla wapnia, wilgotność, temperatura, zasadowość i nasłonecznienie, mają istotny wpływ na zagęszczenie populacji *C. vindobonensis*. Wykazano również, że stanowiska kserotermiczne i łąkowe zasięgu ciągłego z wysoką zawartością wapnia w podłożu charakteryzują się wyższym zagęszczeniem populacji w stosunku do stanowisk kserotermicznych i łąkowych zasięgu wyspowego z deficytem tego pierwiastka w podłożu.
9. Zagęszczenie *C. vindobonensis* na tarasach zalewowych Wisły maleje wraz ze wzrostem odległości od koryta rzeki. Potwierdza to kierunek rozprzestrzeniania gatunku – od brzegu rzeki w głąb lądu. Ewentualne zasiedlanie przez *C. vindobonensis* terenów dalszych niż utwory powstałe w wyniku działalności erozyjnej i akumulacyjnej rzek jest ograniczone przede wszystkim przez częstość występowania epizodów powodziowych, niską mobilność gatunku oraz jego wysoką wrażliwość na skład chemiczny podłoża, w szczególności zawartość wapnia.
10. W rozprzestrzenianiu *C. vindobonensis* w Polsce dużą rolę odgrywa zasobność podłoża w wapń. W obrębie zasięgu ciągłego, którego granice wyznaczają obszary o podłożach zasobnych w ten pierwiastek, nie stanowi on czynnika ograniczającego rozprzestrzenienie gatunku. Wydaje się, że większe znaczenie mogą mieć tutaj inne czynniki, takie jak antropopresja. Negatywny wpływ działalności człowieka na kondycję gatunku oraz stan siedlisk wymaga osobnych badań. Zawartość wapnia w podłożu staje się kluczowa w przypadku rozprzestrzeniania się gatunku w dolinach rzecznych w obrębie zasięgu wyspowego, gdzie zawartość tego pierwiastka w glebie jest niska. Deficyt wapnia ogranicza rozprzestrzenianie gatunku na inne obszary niż utwory aluwialne.
11. Stwierdzone korelacje między zawartością węgla wapnia w glebie a parametrami i tempem wzrostu muszli oraz rozprzestrzenianiem *C. vindobonensis* w Polsce wskazują na potrzebę rozszerzenia tego typu badań na inne ślimaki lądowe. Badania obejmujące np. gatunki petrofilne, jak *Xerolenta obvia* i indyferentne, jak *Helix lutescens* występujące na obszarach zasobnych w wapń w południowo-wschodniej części kraju pozwolą na ocenę tego czynnika m.in. pod względem fizjologicznym, czyli jego wpływu na proces biomineralizacji tkanek, oraz geograficznym, czyli jego roli w kształtowaniu zasięgów.
12. Stan populacji *C. vindobonensis* w Polsce można określić jako niezadowolający głównie ze względu na obserwowane obecnie niskie wartości zagęszczeń oraz mały udział osobników

młodych. W celu jego poprawy należy określić główne zagrożenia oraz opracować metody przeciwdziałania. Siedliskom zasięgu ciągłego zagraża fragmentacja wynikająca z antropopresji oraz postępująca sukcesja naturalna prowadząca do zarastania muraw kserotermicznych. Natomiast siedliska zasięgu wyspowego są narażone na zniszczenie przez wysokie stany wód. Działania ochronne w pierwszej kolejności należy skierować na zachowanie siedlisk kserotermicznych południowo-wschodniej Polski stanowiących główną ostoję gatunku. Reżimem ochronnym warto objąć także stanowiska wyspowe w dolinie Wisły na odcinku Kraków–Włocławek.