

## MALAKOFAUNA MARTWICY WAPIENNEJ WE WSI RYBNA KOŁO KRAKOWA (POŁUDNIOWA POLSKA) JAKO WSKAŹNIK ZMIAN ŚRODOWISKA POŁUDNIOWEJ KRAWĘDZI WYŻYNY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ

### MALACOFAUNA OF CALCAREOUS TUFFA IN RYBNA NEAR KRAKÓW (SOUTHERN POLAND) AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE SOUTHERN MARGIN OF THE KRAKÓW-CZĘSTOCHOWA UPLAND

WITOLD PAWEŁ ALEXANDROWICZ<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Liczne skorupki mięczaków znaleziono w odsłonięciu martwic wapiennych we wsi Rybna k. Krakowa. W 12 próbkach rozpoznano występowanie ponad 2500 okazów należących do 49 gatunków. W obrębie sekwencji malakologicznej możliwe było wydzielenie trzech zespołów faunistycznych. Najstarszy z nich (fauna M) odpowiada chłodnemu okresowi wczesnego holocenu i reprezentuje zacienione siedliska o dużej wilgotności, porośnięte krzewami lub rzadkimi lasami o znacznym udziale drzew iglastych. Jego cechą charakterystyczną jest obecność gatunków typowych dla zimnych faz klimatycznych. Drugi, młodszy zespół (fauna F) jest typowy dla ciepłego i wilgotnego klimatu fazy atlantyckiej. Charakteryzuje on siedliska zwartych lasów mieszanych i liściastych. Pojawiają się tu liczne formy o wysokich wymaganiach termicznych. Najmłodszy zespół (fauna O) wskazuje na rozległe antropogeniczne wylesienia na obszarze depozycji martwic wapiennych. Ta zmiana cech siedlisk przyrodniczych była prawdopodobnie związana z fazą intensywnego zasiedlenia okolic wsi Rybna i rozwoju rolnictwa we wczesnym średniowieczu.

**Słowa kluczowe:** martwice wapienne, malakofauna, zmiany środowiska, holocen, południowa Polska.

**Abstract.** Numerous molluscan shells were found in an outcrop of calcareous tuffa in the village of Rybna near Kraków. In 12 samples, over 2500 specimens belonging to 49 taxons were found. Three types of molluscan assemblages can be distinguished within the malacological sequences. The oldest of them (M-type fauna) corresponds to the cold period of the Early Holocene and represents shady habitats of significant moisture, covered with bushes or sparse coniferous forests. Its characteristic feature is the presence of cold-tolerant species typical for cold climate phases. The second, younger assemblage (F-type fauna) is typical for the warm and moist climate of the Atlantic Phase. It characterizes habitats of dense mixed and deciduous forests. Numerous forms of high thermal requirements are found here. The youngest assemblage (O-type fauna) implies extensive anthropogenic deforestations in the surrounding area. This change in the characteristics of natural environment was most likely associated with a phase of intense settlement in the village of Rybna and development of agriculture during the Middle Ages.

**Key words:** calcareous tuffa, malacofauna, environmental changes, Holocene, southern Poland.

### WSTĘP

Martwice wapienne są jednym z najbardziej charakterystycznych typów interglacialnych osadów czwartorzędowych. Powstają one przez wytrącanie węglanu wapnia

z wody w wyniku działania czynników fizycznych, chemicznych lub biologicznych. Osady te charakteryzują się dużą różnorodnością litologiczną. Mechanizmy sedymentacji martwic wapiennych, ich litologia oraz klasyfikacja genetyczna były tematem licznych opracowań (m.in. Chafetz,

<sup>1</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30; 30-059 Kraków; e-mail: wpalex@geol.agh.edu.pl.

Folk, 1984; Viles, Godie, 1990; Pedley, 1990, 2009; Goudie i in., 1993; Pentecost, Viles, 1994; Pentecost, 1995; Ford, Pedley, 1996).

Na obszarze Polski większość stanowisk martwic wapiennych jest związana z okresem późnego glacjału i holocenu. Omawiane osady występują najczęściej na terenach zbudowanych za skał węglanowych, głównie wapieni. Niekiedy pojawiają się także w strefach wychodni dolomitów, margli i wapnistych piaskowców. Liczne stanowiska martwic wapiennych są zlokalizowane na południu Polski, szczególnie na terenie Karpat oraz Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Na pozostałym obszarze kraju są spotykane znacznie rzadziej (W.P. Alexandrowicz, 2004).

W martwicach wapiennych często są obecne skorupki mięczaków. Ich zachowaniu sprzyja spokojna sedimentacja zachodząca zazwyczaj w środowisku o niskiej energii, ograniczająca ryzyko mechanicznego niszczenia skorup. Duża zawartość węglanu wapnia natomiast chroni muszle przed chemicznym rozpuszczaniem. Jednocześnie redepozycja materiału muszlowego zachodzi na niewielką skalę i na małą odległość, co w znacznym stopniu ułatwia interpretację zmian charakteru siedlisk, a w konsekwencji warunków środowiskowych w bezpośrednim otoczeniu miejsca depozycji martwic.

Południowa krawędź Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej w rejonie Krakowa jest obszarem, na którym znaleziono i opisano liczne stanowiska późnoglacialnych i holoceńskich martwic wapiennych (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004). Niektóre spośród nich (np. Dolina Raclawki, Dolina Sąsówki) były obiektem interdyscyplinarnych badań obejmujących m.in. charakterystykę mechanizmów sedimentacji, litologię i geochemię osadów oraz szereg innych analiz, w tym także oznaczenia wieku metodą radiowęglową (Pazdur, 1987; Pazdur i in., 1988a, b; M. Gradziński i in., 2017). Bardzo ważną rolę w badaniach martwic wapiennych odgrywają analizy faunistyczne, szczególnie badania mięczaków, a w nieco mniejszym stopniu małżoraczków i szczątków roślin. Takie analizy stanowią podstawę do rekonstrukcji cech środowiska, w którym zachodziła depozycja tych osadów. Umożliwiają także prześledzenie zmian środowiska w czasie oraz scharakteryzowanie naturalnych i antropogenicznych procesów determinujących te zmiany.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań jest położony na zachód od Krakowa i obejmuje południową krawędź większego regionu geologicznego – monokliny Śląsko-Krakowskiej. W budowie geologicznej dominującą rolę odgrywają skały węglanowe, głównie wapienie. Reprezentują one młodszy paleozoik (dewon i karbon) oraz mezozoik (trias i jure). Na omawianym terenie można wyróżnić dwa piętra strukturalne. Starsze – paleozoiczne (dewon i karbon) zdeformowane w czasie ruchów waryscyjskich (w późnym karbonie) oraz młodsze – permo-mezozoiczne, tworzące zapadającą na północny

wschód płaską monoklinę uformowaną na przełomie kredy i paleogenu. W neogenie (miocenie) powstały uskoki dzielące omawiany obszar na rowy i zręby tektoniczne. Budowa geologiczna, stratygrafia i tektonika okolic Krakowa była tematem licznych opracowań (m.in. R. Gradziński, 1972, 1974; Rutkowski, 1989; R. Gradziński, M. Gradziński, 1994). W czwartorzędzie południowa krawędź Wyżyny została rozcięta przez liczne doliny potoków, w których miejscami zachodzi intensywne wytrącanie węglanu wapnia.

Analizowane stanowisko martwic wapiennych znajduje się we wsi Rybna położonej ok. 10 km na zachód od Krakowa, w dolinie potoku Rybianka, którego górny odcinek tworzą dwie krótkie odnogi (fig. 1). W odnodze zachodniej znajduje się stanowisko martwic wapiennych znalezione przez Zaręcznego (1894), i ponownie przez S.W. Alexandrowicza (1983). Szczegółowy opis malakofauny został opublikowany kilkanaście lat później (W.P. Alexandrowicz, 2004). W drugiej, wschodniej odnodze znaleziono kolejne stanowisko martwic, którego opis będzie głównym tematem prezentowanego opracowania (fig. 1).

W skarpie niskiej terasy odsłania się sekwencja osadów o miąższości ok. 1,25 m. Spągową część profilu tworzą szare gliny z domieszką piasku i licznymi ostrokrawędzistymi gładzikami wapieni jurajskich. W tej części profilu nie stwierdzono występowania skorupki mięczaków. Powyżej leżą białe lub żółtawe średnio- i drobnoziarniste martwice zawierające miejscami bloczki trawertynów o rozmiarach nieprzekraczających 10 cm oraz białe martwice pylaste. W obrębie tej sekwencji można zaobserwować trzy cienkie ławice (miąższość do 0,1 m) twardych, białych, silnie porowatych trawertynów. W sypkich odmianach martwic obecne są liczne skorupki ślimaków. Całkowita miąższość osadów węglanowych nie przekracza 1 m. Strop profilu budują żółte mułki pylaste ze skorupkami mięczaków, przykryte cienką warstwą współczesnej gleby (fig. 2).

## MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Z profilu martwic wapiennych odsłoniętych w źródłowym odcinku potoku Rybianka pobrano 14 próbek do badań malakologicznych (fig. 2). Poszczególne próbki miały masę 2–3 kg i reprezentowały przedziały o miąższości 20–30 cm, nawiązując do typów litologicznych wydzielonych w obrębie profilu. Skorupki mięczaków były obecne w 12 próbkach reprezentujących martwice wapienne i stropowe żółte mułki pylaste. W spągowej części profilu nie znaleziono szczątków mięczaków. Materiał skorupowy oznaczono przy użyciu kluczy (Kerney i in., 1983; Wiktor, 2004; Welter-Schultes, 2012; Horsák i in., 2013) i kolekcji porównawczych. W każdej próbce określono liczebność poszczególnych gatunków i każdy z nich został zaliczony do jednej z grup ekologicznych zgodnie ze schematem opracowanym przez Ložka (1964), z uwzględnieniem późniejszych modyfikacji (S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011, Juříčková i in., 2014a). Udziały procentowe poszczególnych grup ekologicznych oraz wzajemne relacje pomiędzy grupami były

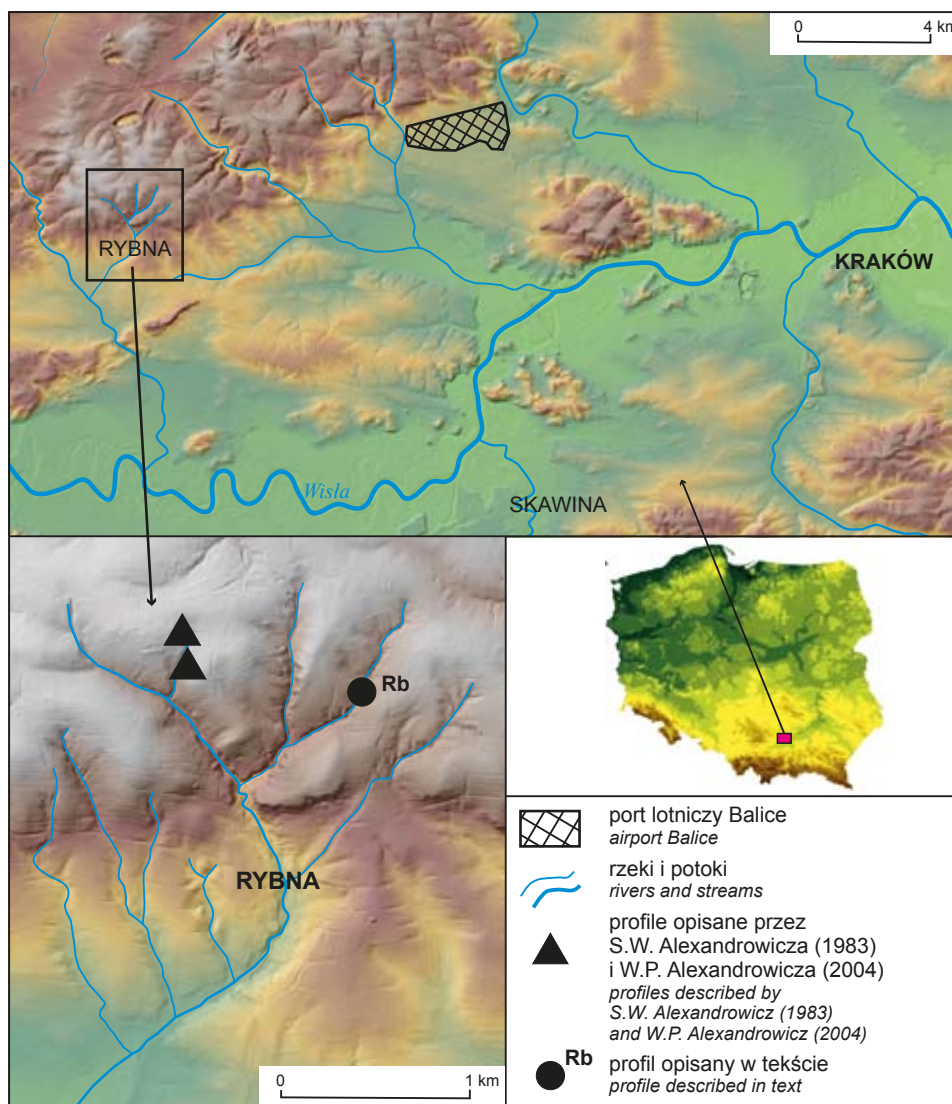


Fig. 1. Położenie obszaru badań

Location of the study area

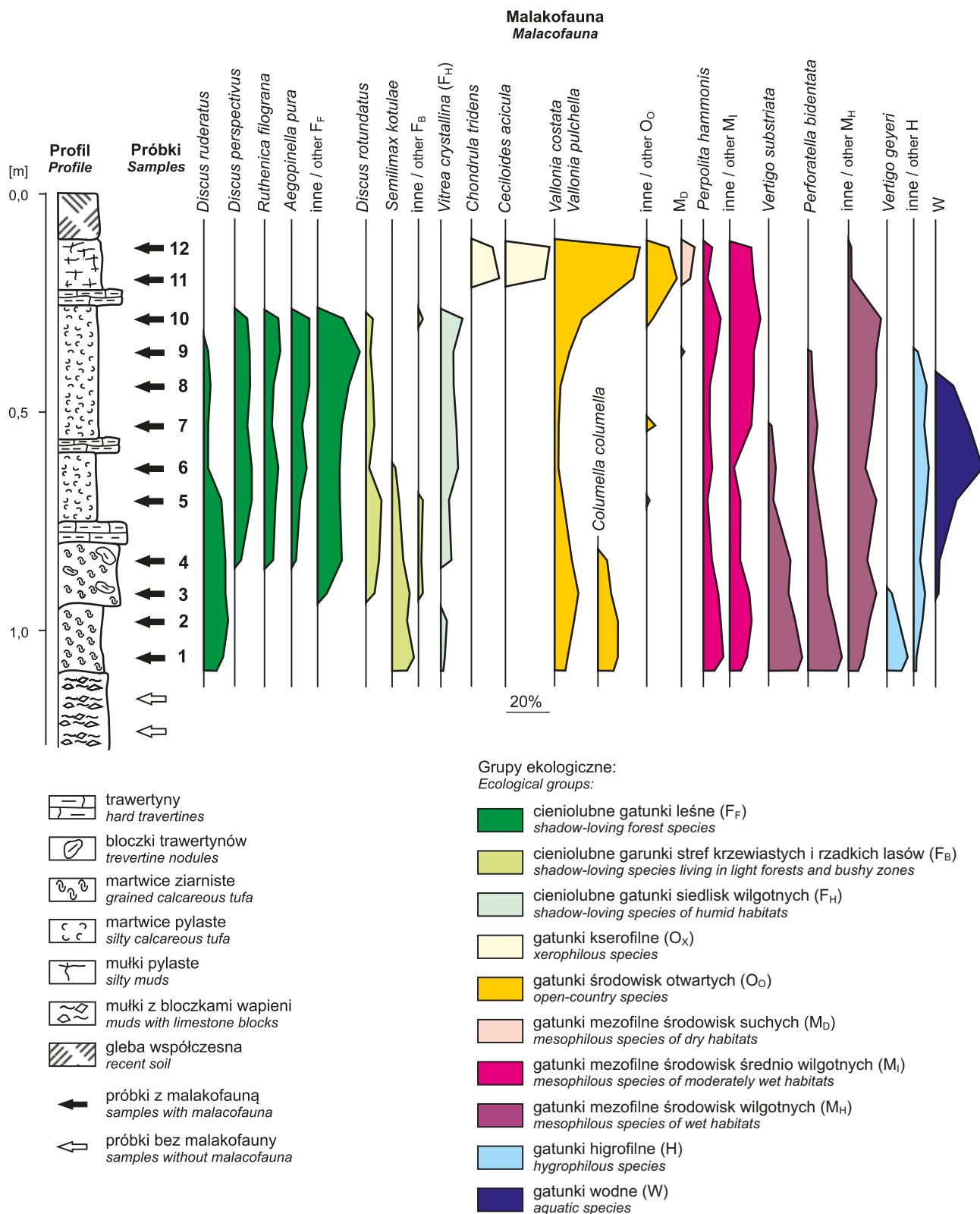
podstawą do wyliczenia spektrum osobniczego (MSI), a także konstrukcji dwu- i trójskładnikowych diagramów malakologicznych (Lożek 1964, S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011). Analiza statystyczna obejmująca analizę dendrogramu podobieństw – grupowanie UPGMA oraz algorytm Morisity (Morisita, 1959) – została przeprowadzona przy użyciu programu statystycznego PAST (Hammer i in., 2001). W badanym materiale wydzielono zespoły mięczaków charakteryzujące się swoistym składem i strukturą oraz wymaganiami środowiskowymi. Na podstawie zgromadzonych w ten sposób danych przeprowadzono rekonstrukcję zarówno zmian środowiska związanych z regionalnymi trendami klimatycznymi i wpływu lokalnych warunków modyfikujących te trendy, jak również działalności człowieka. Wnioskowanie stratygraficzne przeprowadzono na podstawie porównania rozpoznanych w omawianych martwicach zespołów mięczaków z malakocenozy opisanymi z innych

profilu w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; W.P. Alexandrowicz 2004, 2021a, b; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017).

## WYNIKI

W 12 próbkach, stanowiących podstawę analiz malakologicznych, stwierdzono występowanie stosunkowo ubogiej malakofauny, obejmującej nieco ponad 2500 okazów należących do 49 taksonów (42 gatunki ślimaków lądowych, 4 gatunki ślimaków wodnych i 3 gatunki małży). Liczba gatunków w poszczególnych próbkach zmieniała się od 12 do 37, a okazów odpowiednio od 143 do 294 (tab. 1).

Ślimaki środowisk zacienionych (grupy ekologiczne  $F_P$ ,  $F_B$  i  $F_H$ ) są istotnym składnikiem zespołu. W dolnym odcinku profilu zróżnicowanie malakofauny cieniulubnej jest stosunkowo



**Fig. 2. Profil geologiczny i diagram malakologiczny profilu martwic wapiennych w Rybnej**

Grupy ekologiczne wg: Ložek, 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková i in., 2014a

Geological profile and malacological diagram of the Rybna calcareous tufa

Ecological groups after: Ložek, 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková *et al.*, 2014a



niewielkie. Duże znaczenie ma liczne występowanie *Discus ruderatus*, któremu towarzyszy *Semilimax kotulae* – takson o niskich wymaganiach termicznych. W środkowym odcinku znaczenie ślimaków cieniulubnych wzrasta i stają się one grupą dominującą, stanowiąc ponad 50% zespołu. Jednocześnie pojawiają się gatunki o wyższych wymaganiach ekologicznych, szczególnie preferujące cieplejszy klimat o większym wpływie wilgotnych, atlantyckich mas powietrza (*Discus rotundatus*, *D. perspectivus* i *Ruthenica filigrana*). W najwyższym interwale profilu ślimaki cieniulubne całkowicie zanikają (fig. 2). Gatunki środowisk otwartych (grupy ekologiczne  $O_x$  i  $O_0$ ) stwierdzono głównie w stropowej części profilu, w obrębie żółtych mułków pylastych. Oprócz pospolitych form łąkowych (*Vallonia pulchella*, *V. costata*) na szczególną uwagę zasługuje obecność *Cecilioides acicula* – gatunku prowadzącego podziemny tryb życia i bardzo często związanego z obszarami wykorzystywanymi rolniczo (S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2013a, 2019a, 2021a, b; Z. Alexandrowicz i in., 2019). W leżącej poniżej wspomnianych mułków sekwencji martwic wapiennych znaczenie ślimaków środowisk otwartych jest niewielkie. Warte podkreślenia jest występowanie *Columella columella* – zimnolubnego gatunku często spotykanego w osadach glacialnych, jak również w utworach późnego glacjału i wczesnego holocenu. W osadach młodszych praktycznie nie występuje, a współcześnie jest znany tylko z reliktowych stanowisk w wysokich partiach Karpat (Pokryszko, 1990) (fig. 2). Gatunki mezofilne (grupy ekologiczne  $M_D$ ,  $M_I$  i  $M_H$ ) są najważniejszym komponentem fauny w spągowej części profilu, gdzie stanowią do 40% zespołu. Do omawianej grupy zaliczają się taksony o dużej tolerancji ekologicznej, zarówno siedliskowej, jak i termicznej. Szczególnie charakterystyczne jest tu liczne występowanie *Vertigo substriata* i *Perforatella bidentata*. Obydwie te formy preferują zacienione, wilgotne siedliska i cechują się dużą tolerancją termiczną. Stanowią one często ważny składnik malakocenozy zawiązanych z wczesnym holocenem (W.P. Alexandrowicz, 2004; W.P. Alexandrowicz i in., 2014) (fig. 2). Ślimaki higrofilne (grupa ekologiczna H) są stosunkowo rzadkie. Na szczególną uwagę zasługuje jednak obecność w najniższej części profilu *Vertigo geyeri*. Ten zimnolubny takson jest częstym składnikiem malakocenozy późnego glacjału i wczesnego holocenu w całej Europie Środkowej (W.P. Alexandrowicz, 2004, 2013b, 2015, 2021a; W.P. Alexandrowicz i in., 2014, 2016; Juríčková i in., 2014b, Horáčková i in., 2015). W osadach młodszych jest bardzo rzadko spotykany lub nie występuje, a obecnie jest reliktywnym gatunkiem znanym w Polsce tylko z nielicznych stanowisk (Pokryszko, 1990; Limondin-Lozouet, 1992; Schenková i in., 2012) (fig. 2). Mięczaki wodne (grupa ekologiczna W) są reprezentowane przez nieliczne gatunki, wśród których dominującą rolę odgrywają ślimaki typowe dla okresowych, wysychających zbiorników wodnych (*Galba truncatula* i *Anisus leucostoma*). Gatunki wodne są najliczniejsze w środkowej części profilu (fig. 2).

## DYSKUSJA WYNIKÓW

### ZESPOŁY MIĘCZAKÓW

Skład i struktura zespołu mięczaków rozpoznanego w martwicach wapiennych w Rybnej wyraźnie zmieniają się w profilu pionowym. Analiza dendrogramu pozwala na wyróżnienie zgrupowań próbek charakteryzujących się dużym stopniem podobieństwa. Zgrupowania te odpowiadają zespołom fauny o charakterystycznym składzie i strukturze. W analizowanym materiale jest możliwe wydzielenie trzech typów malakocenozy (fig. 3).

**Fauna typu M** pojawia się w spągowej części sekwencji (próbki Rb-1–Rb-4). Jest to stosunkowo bogata asocjacja o znacznym zróżnicowaniu taksonomicznym. Dwie grupy gatunków odgrywają najistotniejszą rolę w omawianym zespole. Pierwszą z nich są formy o dużej tolerancji ekologicznej preferujące wilgotne siedliska: *Vertigo substriata* i *Perforatella bidentata*. Drugą grupę stanowią ślimaki cieniulubne, z których największe znaczenie mają: *Discus ruderatus* i *Semilimax kotulae*. Ważnym i szczególnie istotnym dla interpretacji składnikiem omawianej fauny są gatunki zimnolubne: *Semilimax kotulae*, *Vertigo geyeri* i *Columella columella*. Żadna z tych form nie występuje współcześnie na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Pod względem składu gatunkowego i struktury ekologicznej, prezentowana malakocenoza wykazuje znaczne analogie do tzw. *Ruderatus*-fauna (Dehm, 1967). Zespół ten jest uważany za wskaźnikowy dla wczesnego holocenu i w takiej pozycji stratygraficznej był opisywany z wielu stanowisk w środkowej i zachodniej Europie (Preece, Day, 1994; Gedda, 2001, 2006; Meyrick, 2002; Žak i in., 2002; Limondin-Lozouet, Preece, 2004; Limondin-Lozouet, 2011; W.P. Alexandrowicz, 2013b, 2015; W.P. Alexandrowicz i in., 2014,

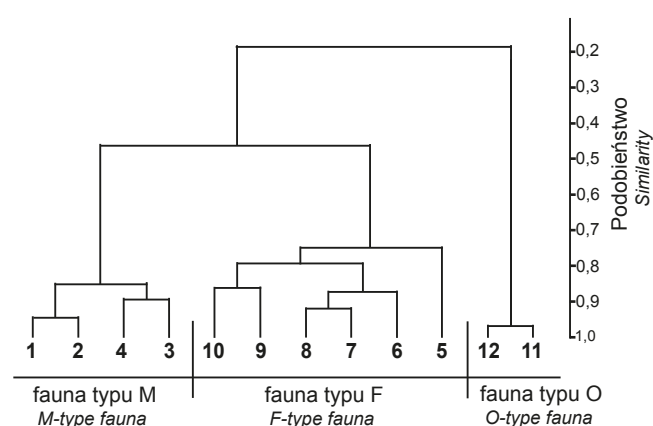


Fig. 3. Dendrogram podobieństw zespołów fauny martwic wapiennych w Rybnej

Similarity dendrogram of molluscan assemblages from the Rybna calcareous tufa

Tabela 1

## Skład malakofauny w profilu martwic wapiennych w Rybnej

Composition of malacofauna the Rybna calcareous tufa

Grupy ekologiczne mięczaków Ecological groups of molluscs	Gatunek (taxon) Species	Próbki / Samples											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F <sub>F</sub>	<i>Platyla polita</i> (Hartmann)					5			3	9	2		
	<i>Vertigo pusilla</i> Müller			2	5	15	12	14	9	11	8		
	<i>Discus ruderatus</i> (Hartmann)	12	24	21	22	25	5	5	8	3	1		
	<i>Discus perspectivus</i> (Megerle von Mühlfeld)				7	18	23	19	16	14	10		
	<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu)		1	3	7	4	9	12	7	2	9		
	<i>Cochlodina orthostoma</i> (Menke)			2	4	2	8	3	9	3	1		
	<i>Ruthenica filograna</i> (Rossmassler)			1	9	12	16	10	11	14	9		
	<i>Macrogastra plicatula</i> (Draparnaud)			2	5	1	1			1			
	<i>Vitrea diaphana</i> (Studer)				5			3		8			
	<i>Aegopinella pura</i> (Alder)		1	1	2	9	19	15	22	16	13		
<i>Isognomostoma</i> <i>Isognomostomos</i> (Schröter)					3		4						
F <sub>B</sub>	<i>Discus rotundatus</i> (Müller)			8	14	17	3	2	5	4	4		
	<i>Alinda biplicata</i> (Montagu)				3		8				1		
	<i>Semilimax kotulae</i> (Westerlund)	12	15	17	13	8	2	1					
	<i>Fruticicola fruticum</i> (Müller)			4		7		1	1		4		
F <sub>H</sub>	<i>Vitrea crystallina</i> (Müller)	3	7		11	14	22	21	16	12	16		
O <sub>x</sub>	<i>Chondrula tridens</i> (Müller)											22	17
	<i>Cecilioides acicula</i> (Müller)											29	33
O <sub>O</sub>	<i>Vallonia costata</i> (Müller)	5	9	12	8	3	1		3	6	10	26	33
	<i>Vallonia pulchella</i> (Müller)	4	12	10	11	9	7	5	6	8	12	27	31
	<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus)					3		7	1			12	8
	<i>Columella columella</i> (Martens)	13	18	12	10	1							
	<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud)					3		5			3	11	6
M <sub>D</sub>	<i>Cochlicopa lubricella</i> (Rossm.)							1		3	1	7	10
	<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud)											1	
M <sub>I</sub>	<i>Cochlicopa lubrica</i> (Müller)	4	9	10	4	7	2	14	9	11	12	9	12
	<i>Clausilia dubia</i> (Draparnaud)					1					1		
	<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud)	2	7	5	3		3	7	4	4	6	8	3
	<i>Euconulus fulvus</i> (Müller)					7	1	3	3	2	3	1	
	<i>Perpolita hammonis</i> (Ström)	13	19	14	10	7	12	10	8	12	14	3	6
	<i>Vitrina pellucida</i> (Müller)			2		4	1		4		2	1	
	<i>Limacidae</i>	1			3		1		1	1	6	2	1
M <sub>H</sub>	<i>Carychium tridentatum</i> (Risso)	8	11	22	15	18	12	19	22	15	21	1	
	<i>Succinea oblonga</i> (Draparnaud)	3	12	6	8	21	12	15	17	12	6	2	1
	<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys)	22	26	19	21	5	8	4	1				
	<i>Vertigo angustior</i> Jeffreys				1	3	12	8	2	1			
	<i>Perforatell bidentata</i> (Gmelin)	22	26	19	20	14	5	11	6	3			
H	<i>Carychium minimum</i> Müller	2	8	11	5	3	8	5	2	1	1	1	
	<i>Succinea putris</i> (Linnaeus)					5				1			
	<i>Vertigo geyeri</i> Lindholm	13	10	4	1	1							
	<i>Zonitoides nitidus</i> (Müller)				3	12	11	8	9	4	1		

Tabela 1 cd.

Grupy ekologiczne mięczaków Ecological groups of molluscs	Gatunek (taxon) Species	Próbki / Samples											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W	<i>Galba truncatula</i> (Müller)				2	6	13	11	6	11	1		
	<i>Radix peregra</i> (Müller)						4	8	11				
	<i>Anisus leucostoma</i> (Millet)				1	5	17	14	9	4	1		
	<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus)						3	9	12	1			
	<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm						6	1					
	<i>Pisidium personatum</i> Malm		1	3	3	5	8	2	1				
	<i>Pisidium cesertanum</i> (Poli)					13	7	10	6				
<b>Liczba gatunków / Number of species</b>		<b>17</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>312</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>12</b>
<b>Liczba osobników / Number of specimens</b>		<b>143</b>	<b>223</b>	<b>213</b>	<b>238</b>	<b>294</b>	<b>287</b>	<b>289</b>	<b>262</b>	<b>199</b>	<b>180</b>	<b>163</b>	<b>161</b>

Grupy ekologiczne (wg: Ložek, 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková i in., 2014a): F<sub>F</sub> – cieniulubne gatunki leśne, F<sub>B</sub> – cieniulubne gatunki stref krzewiastych i rzadkich lasów, F<sub>H</sub> – cieniulubne gatunki siedlisk wilgotnych, O<sub>X</sub> – gatunki kserofilne, O<sub>O</sub> – gatunki środowisk otwartych, M<sub>D</sub> – gatunki mezofilne środowisk suchych, M<sub>I</sub> – gatunki mezofilne środowisk średnio wilgotnych, M<sub>H</sub> – gatunki mezofilne środowisk wilgotnych, H – gatunki higrofilne, W – gatunki wodne

Ecological groups (after: Ložek, 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková *et al.*, 2014a): F<sub>F</sub> – shadow-loving, forest species, F<sub>B</sub> – shadow-loving species living in light forests and bushy zones, F<sub>H</sub> – shadow-loving species of humid habitats, O<sub>X</sub> – xerophilous species, O<sub>O</sub> – open-country species, M<sub>D</sub> – mesophilous species of dry habitats, M<sub>I</sub> – mesophilous species of moderately wet habitats, M<sub>H</sub> – mesophilous species of wet habitats, H – hygrophilous species, W – aquatic species

2016; Juříčková i in., 2014b; Horáčková i in., 2015). Jego obecność została także stwierdzona w odsłonięciach martwic wapiennych w rejonie Krakowa, a zasięg wiekowy udokumentowano datowaniami radiowęglowymi (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a).

**Fauna typu F** jest bogatym zespołem o zróżnicowanym składzie gatunkowym. Został on rozpoznany w środkowej części profilu (próbki Rb-5–Rb-10). Omawiany zespół charakteryzuje się dominacją ślimaków cieniulubnych, których udział przekracza 50%. Uzupełnienie stanowią gatunki mezofilne. Pozostałe grupy ekologiczne mają mniejsze znaczenie. Licznie występujące w opisanym powyżej zespole (fauna M) *Discus ruderratus* i *Semilimax kotulae*, stopniowo zanikają. W ich miejsce pojawiają się gatunki wymagające cieplejszego i wilgotniejszego klimatu (*Discus rotundatus*, *D. perspectivus*, *Ruthenica filograna*). W omawianym interwale całkowicie zanikają także formy zimnolubne: *Columella columella*, *Vertigo geyeri*. Prezentowana fauna wskazuje na rozwój zróżnicowanych gatunkowo zbiorowisk leśnych o znacznym udziale drzew liściastych oraz na ciepły i wilgotny klimat o zaznaczonych cechach oceanicznych. Omawiany zespół ma zbliżony skład i strukturę do *Perspectivus*-fauna (Dehm, 1987) uważanej za wskaźnikową dla fazy atlantycznej i w takiej pozycji stratygraficznej był notowany w wielu stanowiskach w Europie (np. Füköh, 1993, 1995; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2015, 2019a, b; Meyrick, 2002; Žak i in., 2002; W.P. Alexandrowicz, Rybska, 2013; W.P. Alexandrowicz i in., 2014, 2016; Juříčková i in., 2014b; Horáčková i in., 2015). Podobne malakocenozy opisywano także z środkowoholocenijskich osadów w okolicach Krakowa (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017).

**Fauna typu O** to uboga malakocenoza rozpoznana w stropowej części profilu (próbki Rb-11 i Rb-12). Jej skład gatunkowy i struktura ekologiczna jest całkowicie odmienna od opisanych powyżej zespołów (fauny M i fauny F). Najważniejszą grupę ekologiczną stanowią ślimaki typowe dla środowisk otwartych. Licznie pojawiają się tu *Vallonia pulchella*, *V. costata* i *Chondrula tridens* – taksony charakterystyczne dla trawiastych siedlisk łąkowych o suchym lub tylko nieznacznie wilgotnym podłożu. Bardzo ważną rolę w omawianej faunie odgrywa *Cecilioides acicula*. Udział gatunków środowisk otwartych przekracza 80%. Omawianą malakocenozę uzupełniają nieliczne taksony mezofilne, głównie sucholubne (*Cochlicopa lubricella*). Pozostałe grupy ekologiczne nie występują. Prezentowana fauna charakteryzuje całkowicie otwarte, suche, trawiaste biotopy. Fauna o podobnych cechach została opisana w wielu stanowiskach w rejonie Krakowa. Wykonane w kilku odsłonięciach datowania radiowęglowe wskazują na późnoholocenijski wiek osadów (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a, b; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017).

## FAZY ZMIAN ŚRODOWISKA

Następstwo zespołów mięczaków obserwowane w profilu martwic wapiennych w Rybnej wskazuje na zmiany warunków środowiska w czasie sedymentacji osadów. Na podstawie analizy spektrum malakologicznego oraz dwu- i trójskładnikowych diagramów malakologicznych (fig. 4) możliwa jest rekonstrukcja zmian środowiska w czasie deponycji osadów.

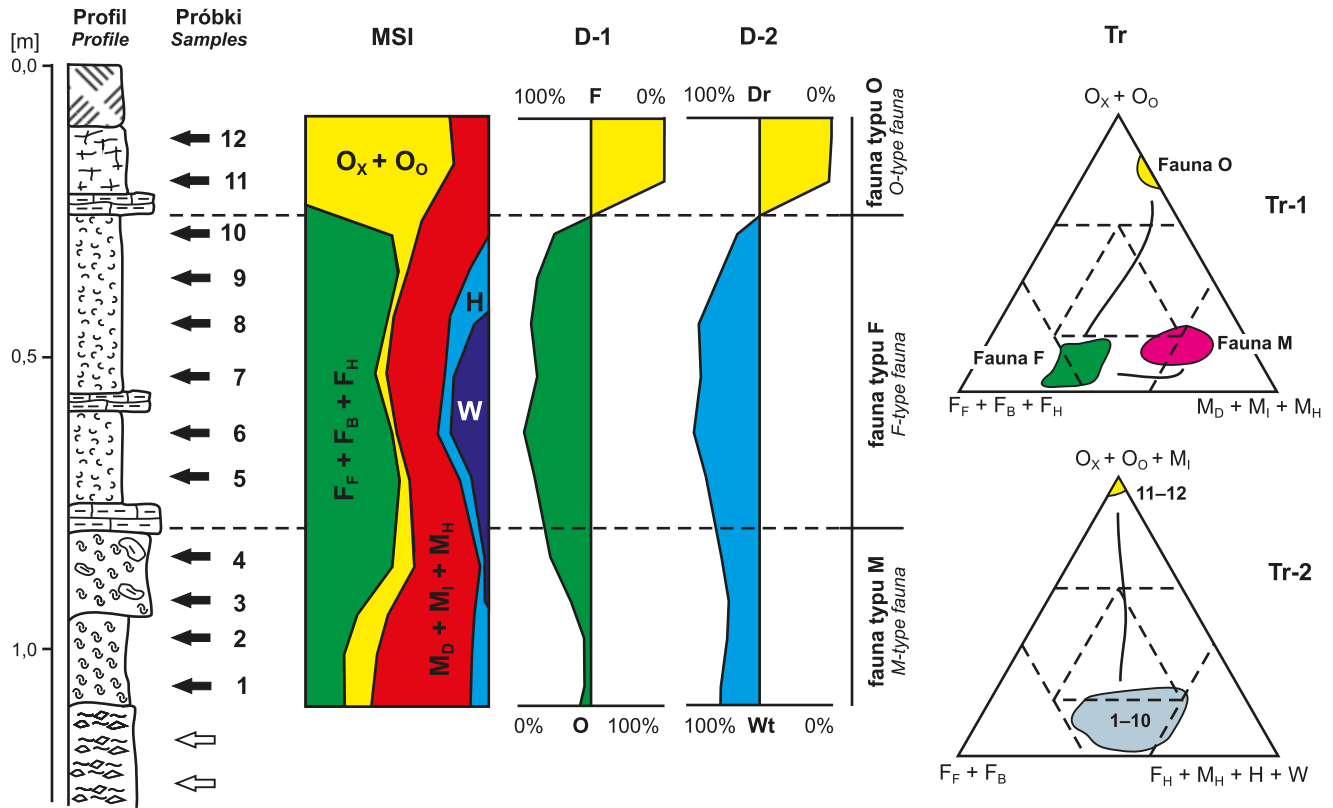


Fig. 4. Następowanie zespołów mięczaków w profilu martwic wapiennych w Rybnaj

MSI – malakologiczne spektrum osobnicze, D-1, D-2 – malakologiczne diagramy dwuskładnikowe, F – środowiska zacienione, O – środowiska otwarte, Dr – środowiska suche, Wt – środowiska wilgotne, Tr-1, Tr-2 – malakologiczne diagramy trójskładnikowe,  $F_F$ ,  $F_B$ ,  $F_H$ ,  $O_X$ ,  $O_O$ ,  $M_D$ ,  $M_I$ ,  $M_H$ , H, W – grupy ekologiczne (wg: Ložek 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková i in., 2014a) – objaśnienia jak na figurze 2

#### Succession of molluscan assemblages from the Rybnaj calcareous tuff

MSI – malacological spectrum of individuals, D-1, D-2 – two-component malacological diagrams, F – shady environment, O – open environment, Dr – dry environment, Wt – wet environment, Tr-1, Tr-2 – three-component malacological diagrams,  $F_F$ ,  $F_B$ ,  $F_H$ ,  $O_X$ ,  $O_O$ ,  $M_D$ ,  $M_I$ ,  $M_H$ , H, W – ecological groups (after: Ložek, 1964; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011; Juříčková *et al.*, 2014a) – for explanations see Figure 2

W spągowej części profilu rozpoznano zespół z dużym udziałem gatunków mezofilnych, którym towarzyszą ślimaki ceniolubne (fauna typu M). Jest on związany z serią gruzłowatych martwic z bloczkami trawertynow. Struktura ekologiczna tego zespołu wskazuje na obecność zacienionych siedlisk (fig. 4: D-1, D-2, Tr-1, Tr-2). Początkowo dominowały formacje krzewiaste, stopniowo zastępowane przez bardziej zwarte lasy o znacznym udziale drzew iglastych. Efektem zmian formacji roślinnych jest postępujące wzbogacanie malakocenozy w ceniolubne gatunki leśne (fig. 4: MSI, D-1, Tr-1). W tej części profilu siedliska cechują się znaczną wilgotnością podłoża (fig. 4: D-2, Tr-2). Obecność gatunków takich jak: *Vertigo geyeri*, *Columella columella* i *Semilimax kotulae* wskazuje na zimny klimat o dość wyraźnie zaznaczonych wpływach kontynentalnych mas powietrza. Cechy omawianej malakocenozy wskazują na wczesny holocen (fig. 5). Podobne wczesnoholocenijskie malakocenozy były opisywane z kilku innych stanowisk martwic wapiennych w rejonie Krakowa (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a).

Środkową część profilu, o miąższości ok. 0,5 m, tworzą pylaste martwice z cienkimi wkładkami twardych trawertynow. W omawianym odcinku zaznacza się postępująca zmiana składu gatunkowego zespołu. Jej przejawem jest z jednej strony wzrost znaczenia gatunków ceniolubnych, a z drugiej – zastępowanie form preferujących chłodniejszy klimat przez gatunki o wysokich wymaganiach ekologicznych (fauna typu F). Udział ślimaków leśnych i ceniolubnych w obrębie całego omawianego odcinka profilu zmienia się tylko w niewielkim zakresie i utrzymuje się na poziomie ok. 50–60% (fig. 4: MSI, D-1). Jest to wyraźny wskaźnik ocieplania klimatu, któremu towarzyszy wzrost znaczenia oceanicznych mas powietrza. W konsekwencji pojawiają się zwarte kompleksy leśne o znacznym udziale drzew liściastych. Na trójkącie projekcyjnym można dostrzec przesunięcie punktów w kierunku faun leśnych (fig. 4: Tr-1). Wilgotność siedlisk utrzymuje się na stosunkowo wysokim poziomie. Z omawianym interwałem wiąże się powstanie i zanik małego, płytkiego, okresowo wysychającego zbiornika wodnego (fig. 4: MSI, D-2, Tr-2). Środkowy odcinek



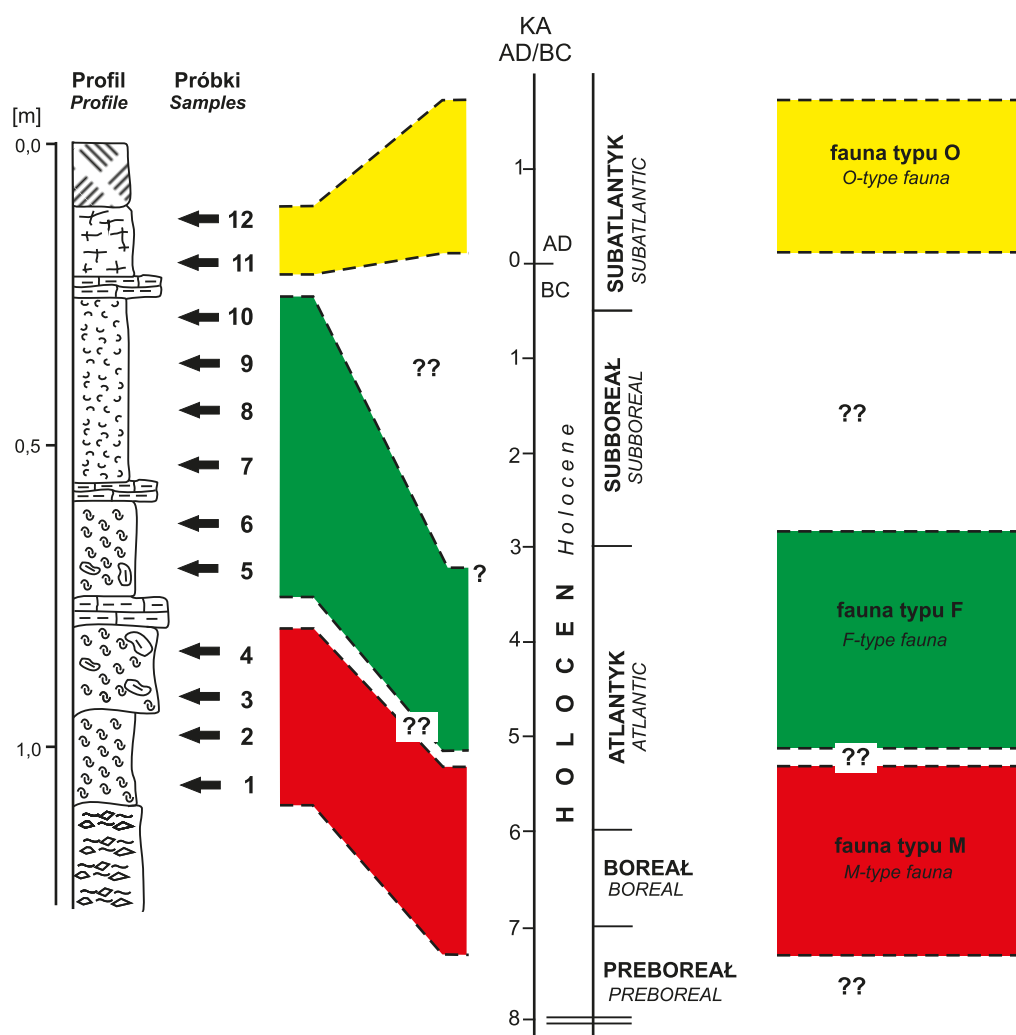


Fig. 5. Stratygrafia martwic wapiennych w Rybnej

Stratigraphy of the Rybna calcareous tufa

profilu reprezentuje więc ciepłą i wilgotną fazę klimatyczną, prawdopodobnie okres atlantyki (fig. 5). Podobne trendy zmian środowiska są zapisane w licznych stanowiskach martwic na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017). Znajdują one także swoje odzwierciedlenie w profilach palinologicznych opisanych z tego obszaru (Latałowa, Nalepka, 1987; Moskal-del Hoyo i in., 2017).

Stropową część profilu charakteryzują całkowicie odmienne warunki. Występujące w dolnym odcinku profilu martwice wapienne zanikają, a ich miejsce zajmują żółte mułki pylaste. Badania przeprowadzone w licznych odsłonięciach martwic wapiennych w środkowej Europie wskazują, że tempo sedymentacji tych osadów gwałtownie spadło w czasie fazy subborealnej (Jäger, Ložek, 1983; Pazdur i in., 1988a, b; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a, b; Dabkowski, 2020). Przyczyny tego zjawiska są zapewne różne – od klimatycznych

aż po działalność człowieka. Z podobną sytuacją mamy do czynienia także w omawianym profilu.

W przykrywających martwicę mułkach znaleziono ubogą faunę mięczaków o dużym udziale gatunków środowiska otwartych (fauna typu O). Nieobecność ślimaków cieniulubnych i mały udział taksonów mezofilnych wskazuje na zanik zarówno lasów, jak i stref krzewów w rejonie depozycji osadów (fig. 4: MSI, D-1, Tr-1). Jednocześnie zaznacza się bardzo gwałtowne osuszenie siedlisk (brak gatunków wilgociolubnych) (fig. 4: MSI, D-2, Tr-2). Istotne dla interpretacji jest występowanie *Cecilioides acicula* – gatunku charakterystycznego dla obszarów uprawnych. Ze względu na podziemny tryb życia szczególnie często pojawia się w strefach pół ornych (S.W. Alexandrowicz i in., 1997; S.W. Alexandrowicz, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2013a, 2019a, 2021 a, b; Z. Alexandrowicz i in., 2019). Prezentowana fauna wskazuje więc na otwarte, suche siedliska, pozostające pod wpływem rolniczej działalności człowieka. Gwałtowne i szybkie przekształcenie środowiska, szczególnie zanik stref

leśnych i rozwój obszarów trawiastych i pól orných jest dobrze udokumentowany w licznych profilach malakologicznych z południowej Polski (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a, b; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017). Stropowa część profilu w Rybnej odpowiada fazie subatlantyckiej (fig. 5).

## WNIOSKI

Sekwencja malakologiczna rozpoznana w odsłonięciu martwic wapiennych we wsi Rybna wykazuje wiele cech zbliżonych do następstw faunistycznych opisanych w innych stanowiskach z południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Dowodzi to istnienia regionalnego trendu zmian klimatyczno-środowiskowych, modyfikowanego w pewnych granicach przez czynniki lokalne. Dla wczesnego holocenu charakterystyczne jest występowanie zespołów zawierających gatunki cieniolubne i mezofilne (w różnych proporcjach) oraz obecność zimnolubnych ślimaków typowych dla późnego glacjału i wczesnego holocenu. Fauna o takim składzie i strukturze była opisywana z licznych profili w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a; W.P. Alexandrowicz, Skoczylas, 2017). Dane malakologiczne i palinologiczne wskazują, że dominującymi formacjami roślinnymi były lasy o znacznym udziale drzew iglastych oraz formacje krzewiaste. Lasy występowały głównie w dolinach rzecznych i na ich zboczach. Na płaskich i suchych wierzchołkach dominowały formacje krzewiaste. Postępujące ocieplenie na przełomie wczesnego i środkowego holocenu oraz ciepły okres holocenijskiego optimum klimatycznego zaznaczył się istotną przebudową formacji roślinnych. Zwiększył się areal lasów, w ich składzie gatunkowym pojawiły się liczne ciepłolubne drzewa liściaste. Malakocenozy związane z tym okresem charakteryzuje duża różnorodność gatunkowa, dominacja taksonów cieniolubnych oraz obecność form o wysokich wymaganiach ekologicznych. Taką faunę opisano w wielu stanowiskach na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992, 1997; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a, b; W.P. Alexandrowicz Skoczylas, 2017). W obrębie dolin rozcinających południową krawędź Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej w środkowym holocenie często pojawiają się niewielkie zbiorniki wodne. Występowanie gatunków wodnych w środkowym odcinku profilu w Rybnej wskazuje na obecność płytkiego, okresowego jeziora. Zbiorniki te powstały prawdopodobnie w wyniku działalności życiowej bobrów (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1997; W.P. Alexandrowicz, 2012).

Obszar Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej był przekształcany w wyniku rolniczej działalności człowieka już od neolitu (Kruk i in., 1996; M. Gradziński i in., 2017; Moskal-del Hoyo i in., 2017, 2018). Antropopresja zaznaczyła się jednak w różnych częściach Wyżyny Krakowsko-Często-

chowskiej w różnym czasie i z różną intensywnością. Najwcześniej, bo już w schyłku fazy atlantyckiej i w fazie subborealnej jest widoczna na płaskich, często pokrytych lessem obszarach wierzchowiny (Kruk i in., 1996; Moskal-del Hoyo i in., 2018). Z tym okresem wiążą się pierwsze antropogeniczne wylesienia, których zapis w osadach jest podkreślony pojawieniem się charakterystycznej warstwy zawierającej liczne okruchy węgla drzewnych. Jest to tzw. starsza mada rolnicza, której powstanie można łączyć z rozwojem gospodarki żarowej (S.W. Alexandrowicz, 1983, 1987, 1992; Rutkowski, 1987; Rutkowski, Starkel, 1989; Kruk i in., 1996; S.W. Alexandrowicz i in., 1997; W.P. Alexandrowicz, 2004, 2021a, b). W profilu we wsi Rybna nie zachowały się ślady tych procesów. Pomiędzy stropem osadów martwicowych a spągami przykrywających je mułków pylastych jest luka stratygraficzna obejmująca schyłek fazy atlantyckiej, fazę subborealną oraz starszą część fazy subatlantyckiej (fig. 5). W przeciwieństwie do płaskich wierzchołków wpływ działalności człowieka w obrębie wąskich dolin ograniczonych stromymi zboczami zaznaczył się znacznie później. Pierwsze wzmianki o wsi Rybna pochodzą ze schyłku XII w. Napływ ludności i rozwój demograficzny przybrał na sile w XIII–XIV w., konieczne więc było pozyskanie nowych terenów zdalnych pod uprawę i hodowlę. W konsekwencji doszło do wylesienia obszaru. Zapisem tych procesów jest stropowa część profilu zawierająca malakofaunę o dominującym udziale gatunków środowisk otwartych.

*Praca była finansowana w ramach subwencji AGH nr 16.16.140.005.*

## LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., 1983 – Malakofauna of the Holocene calcareous sediments of the Cracow Upland. *Acta Geol. Pol.*, **33**: 117–158.
- ALEXANDROWICZ S.W., 1987 – Malakofauna późnego wistulianu i holocenu środkowej części Wyżyny Małopolskiej. *Pr. Nauk. UŚł.*, **712**: 25–58.
- ALEXANDROWICZ S.W., 1992 – Malakofauna i zmiany środowiska południowej Polski w holocenie. *Geol. AGH*, **12**, 3: 5–35.
- ALEXANDROWICZ S.W., 1997 – Malakofauna of Holocene Sediments of the Prądnik and Rudawa River Valleys (Southern Poland). *Folia Quaternaria*, **68**: 133–188.
- ALEXANDROWICZ S.W., ALEXANDROWICZ W.P., 2011 – Analiza malakologiczna. Metody badań i interpretacji. *Rozpr. Wydziału Przyrodniczego PAU*, **3**: 5–302.
- ALEXANDROWICZ S.W., ALEXANDROWICZ W.P., KRAPIEC M., SZYCHOWSKA-KRAPIEC E., 1997 – Zmiany środowiska południowej Polski w okresie historycznym. *Geol. AGH*, **23**: 339–387.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2004 – Molluscan assemblages of Late Glacial and Holocene calcareous tufas in Southern Poland. *Folia Quaternaria*, **75**: 1–309.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2012 – Assemblages of molluscs from Sulisławice (Małopolska Upland, southern Poland) and their significance for interpretation of depositional conditions of calcareous tufas in small water bodies. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **82**: 161–176.

- ALEXANDROWICZ W.P., 2013a – Molluscan communities in Late Holocene fluvial deposits as an indicator of human activity: a study in Podhale Basin in Southern Poland. *Ekologia Bratislava*, **32**: 111–125.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2013b – Malacological sequence from profile of calcareous tufa in Groń (Podhale Basin, southern Poland) as an indicator of the Late Glacial/Holocene boundary. *Quatern. Internat.*, **293**: 196–206.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2015 – The application of malacological analysis in the study of slope deposits: Late Pleistocene and Holocene of the Podhale Basin (Carpathians, Poland). *Acta Geol. Pol.*, **65**: 245–261.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2019a – Malacological evidence of the natural and anthropogenic changes of the environment in the eastern part of the Carpathian Foreland: the studies in the Glinne stream valley near Rzeszów (southern Poland). *Carpath. J. Earth Env. Sci.*, **14**: 367–384.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2019b – Record of environmental changes and fluvial phases in the Late Holocene within the area of Podhale (the Carpathians, southern Poland): studies in the Falsztyński valley. *Geol. Quat.*, **63**, 4: 629–642.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2021a – Natural and anthropogenic changes in the environment during the Holocene at the Kraków region (Southern Poland) from study of mollusc assemblages. *Geol. Quat.*, **65**, 9: 1–12.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2021b – The use of malacological analysis in studies on anthropogenic transformations in microhabitats: an example from the Cracow region, southern Poland. *Erdkunde*, **75**: 15–30.
- ALEXANDROWICZ W.P., RYBSKA E., 2013 – Environmental changes of intermontane basins derived from malacological analysis of profile of calcareous tufa in Niedzica (Podhale Basin, Southern Poland). *Carpath. J. Earth Env. Sci.*, **8**: 13–26.
- ALEXANDROWICZ W.P., SKOCZYŁAS S., 2017 – Malakofauna późnoolocenijskich martwic wapiennych w rezerwacie Dolina Eliaszków i jego otoczeniu (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska, Południowa Polska). *Chrońmy Przyr.*, **73**: 259–270.
- ALEXANDROWICZ W.P., SZYMANEK M., RYBSKA E., 2014 – Changes to the environment of intramontane basins in the light of malacological research of calcareous tufa: Podhale Basin (Carpathians, Southern Poland). *Quatern. Internat.*, **353**: 250–265.
- ALEXANDROWICZ W.P., SZYMANEK M., RYBSKA E., 2016 – Molluscan assemblages from Holocene calcareous tufa and their significance for palaeoenvironmental reconstructions. A study in the Pieniny Mountains (Carpathians, southern Poland). *Carpath. J. Earth Env. Sci.*, **11**: 37–54.
- ALEXANDROWICZ Z., ALEXANDROWICZ W.P., BUCZEK K., 2019 – Conservation of the Natura 2000 Areas in the Context of Environmental Changes in Past and Present: a Case from the Polish Carpathians Geoheritage. *Geoheritage*, **11**: 517–529.
- CHAFETZ H.S., FOLK R.L., 1984 – Travertines: depositional morphology and the bacterially controlled constituents. *J. Sediment. Petrology*, **54**: 289–316.
- DABKOWSKI, J., 2020 – The late-Holocene tufa decline in Europe: Myth or reality? *Quat. Sci. Rev.*, **230**: 106–141.
- DEHM R., 1967 – Die landschnecke *Discus ruderratus* im Postglazial Süddeutschlands. *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **7**: 135–155.
- DEHM R., 1987 – Die landschnecke *Discus perspectivus* im Postglazial Südbayerns. *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **27**: 21–30.
- FORD D., PEDLEY H.M., 1996 – A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth Sci. Rev.*, **41**: 117–175.
- FÜKÖH L., 1993 – Holocene malacofaunal assemblages in Hungary. *Scripta Geologica, Sp. Issue*, **2**: 121–125.
- FÜKÖH L., 1995 – History of the Hungarian Holocene mollusc fauna. *Geojournal*, **36**: 255–259.
- GEDDA B., 2001 – Environmental and climatic aspects of the Early and Mid Holocene calcareous tufa and land mollusc fauna in southern Sweden. *Lundqua Thesis*, **45**: 1–50.
- GEDDA B., 2006 – Terrestrial mollusc succession and stratigraphy of a Holocene calcareous tufa deposit from the Fyledalen valley, southern Sweden. *The Holocene*, **16**: 137–147.
- GOUDIE A.S., VILES H.A., PENTECOST A., 1993 – The late-Holocene tufa decline in Europe. *The Holocene*, **3**: 181–186.
- GRADZIŃSKI M., HERCMAN H., RIZZI M., STACHOWICZ-RYBKA R., STWORZEWICZ E., 2017 – Sedimentation of Holocene tufa influenced by the Neolithic man: an example from the Sąspowska Valley (southern Poland). *Quatern. Internat.*, **437**: 71–83.
- GRADZIŃSKI R., 1972 – Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wydaw. Geol., Warszawa.
- GRADZIŃSKI R., 1974 – Budowa geologiczna terytorium Krakowa. *Folia Geograph., Ser. Geographica-Physica*, **8**: 11–17.
- GRADZIŃSKI R., GRADZIŃSKI M., 1994 – Budowa geologiczna i rzeźba. W: *Przyroda. Natura i Kultura w Krajobrazie Jury* (red. R. Gradziński i in.), **3**: 7–54.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D., 2001 – Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electronica*, **4**: 1–9.
- HORÁČKOVÁ J., LOŽEK V., JUŘIČKOVÁ L., 2015 – List of malacologically treated Holocene sites with brief review of palaeomalacological research in Czech and Slovak Republics. *Quatern. Internat.*, **357**: 207–211.
- HORSÁK M., JUŘIČKOVÁ L., PICKA J., 2013 – Molluscs of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín.
- JÄGER K.D., LOŽEK V., 1983 – Paleohydrological implications on the Holocene development of climate in Central Europe based on depositional sequences of calcareous fresh-water deposits. *Quatern. Stud. Poland*, **4**: 81–89.
- JUŘIČKOVÁ L., HORSÁK M., HORÁČKOVÁ J., LOŽEK V., 2014a – Ecological groups of snails – use and perspectives. European Malacological Congress, Cambridge, UK, poster. Internet: <http://mollus.sav.sk/malacology/Jurickova/2014-ecological-groups-poster.pdf> [dostęp: 2.02.2022].
- JUŘIČKOVÁ L., HORÁČKOVÁ J., LOŽEK V., 2014b – Direct evidence of Central European forest refugia during the Last Glacial Period based on mollusc fossils. *Quatern. Res.*, **82**: 222–228.
- KERNEY M.P., CAMERON R.A.D., JUNGBLUTH J.H., 1983 – Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Verlag P. Parey, Hamburg–Berlin.
- KRUK J., ALEXANDROWICZ S.W., MILISAUSKAS S., ŚNIESZKO Z., 1996 – Osadnictwo i zmiany środowiska naturalnego wyżyn lessowych. Instytut Archeologii i Etnografii PAN, Kraków.
- LATAŁOWA M., NALEPKA D., 1987 – A study of the Late-Glacial and Holocene vegetational history of the Wolbrom area (Silesian-Cracovian Upland – S. Poland). *Acta Palaeobot.*, **27**: 75–115.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 1992 – Biogéographie Holocene de *Vertiginidae* (Mollusca–Gastropoda) Européens: relations la dernière déglaciation. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, **315**: 1281–1287.

- LIMONDIN-LOZOUET N., 2011 – Successions malacologiques à la chamière Glaciaire/Interglaciaire: du modèle Tardiglaciaire-Holocène aux transitions du Pleistocène. *Quaternaire*, **22**: 211–220.
- LIMONDIN-LOZOUET N., PREECE R.C., 2004 – Molluscan successions from the Holocene tufa of St Germain-le-Vasson, Normandy (France) and their biogeographical significance. *J. Quatern. Sci.*, **19**: 55–71.
- LOŽEK V., 1964 – Quartärmollusken der Tschechoslovakei. *Rozprawy Ustředního Ústavu Geologického*, **31**: 3–374.
- MEYRICK R.A., 2002 – Holocene molluscan faunal history and environmental change at Kloster Mühle, Rheinland-Pfalz, western Germany. *J. Quatern. Sci.*, **18**: 121–132.
- MORISITA M., 1959 – Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memories of the Faculty of Sciences, Kyushu University*, **3**: 65–80.
- MOSKAL-DEL HOYO M., MUELLER-BIENIEK A., ALEXANDROWICZ W.P., WILCZYŃSKI J., WĘDZICHA S., KAPCIA M., PRZYBYŁA M.M., 2017 – The continuous persistence of open oak forests in the Miechow Upland (Poland) in the second half of the Holocene. *Quatern. Internat.*, **458**: 14–27.
- MOSKAL-DEL HOYO M., WACNIK A., ALEXANDROWICZ W.P., STACHOWICZ-RYBKA R., WILCZYŃSKI J., POSPUŁA-WĘDZICHA S., SZWARCZEWSKI P., KORCZYŃSKA M., CAPPENBERG K., NOWAK M., 2018 – Open country species persisted in loess regions during the Atlantic and early Subboreal phases: New multidisciplinary data from southern Poland. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **253**: 49–69.
- PAZDUR A., 1987 – Skład izotopowy węgla i tlenu holocenijskich marmurów wapiennych. *Zesz. Nauk. PŚI.*, **1019**: 14–75.
- PAZDUR A., PAZDUR M.F., STARKEL L., SZULC J., 1988a – Stable isotopes of the Holocene calcareous tufa in southern Poland as palaeoclimatic indicators. *Quatern. Res.*, **30**: 177–189.
- PAZDUR A., PAZDUR M.F., SZULC J., 1988b – Radiocarbon dating of Holocene calcareous tufa from south Poland. *Radiocarbon*, **30**: 133–146.
- PEDLEY H.M., 1990 – Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sediment. Geol.*, **68**: 143–154.
- PEDLEY H. M., 2009 – Tufas and travertines of the Mediterranean region: a testing ground for freshwater carbonate concepts and developments. *Sedimentology*, **56**: 221–246.
- PENTECOST A., 1995 – The Quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor. *Quatern. Sci. Rev.*, **14**: 1005–1028.
- PENTECOST A., VILES H.A., 1994 – A review and reassessment of travertine classification. *Géographie physique et Quaternaire*, **48**: 305–314.
- POKRYSZKO B.M., 1990 – The *Vertiginidae* of Poland (*Gastropoda: Pulmonata: Pupillidae*) – a systematic monograph. *Ann. Zoologici*, **43**: 133–257.
- PREECE R.C., DAY S.P., 1994 – Comparison of Post-glacial molluscan and vegetational successions from a radiocarbon-dated tufa sequence in Oxfordshire. *J. Biogeography*, **21**: 463–468.
- RUTKOWSKI J., 1987 – Vislula River Valley in the Cracow Gate during the Holocene. *Geograph. Stud., Sp. Issue 4*: 31–50.
- RUTKOWSKI J., 1989 – Budowa geologiczna regiony Krakowa. *Prz. Geol.*, **37**, 6: 302–308.
- RUTKOWSKI J., STARKEL L., 1989 – Wpływ gospodarki człowieka na procesy geologiczne w regionie krakowskim. *Prz. Geol.*, **37**, 6: 312–318.
- SCHENKOVÁ V., HORSÁK M., PLESKOVÁ Z., PAWLIKOWSKI P., 2012 – Habitat preferences and conservation of *Vertigo geyeri* (Gastropoda: Pulmonata) in Slovakia and Poland. *J. Molluscan Stud.*, **78**: 105–111.
- VILES H.A., GOUDIE A.S., 1990 – Tufas, travertines and allied carbonate deposits. *Progress in Physical Geography*, **14**: 19–39.
- WELTER-SCHULTES F., 2012 – European non-marine molluscs, a guide for species identification. Planet Poster Editions, Göttingen.
- WIKTOR A., 2004 – Ślimaki lądowe Polski. Wydaw. Mantis, Olsztyn.
- ZARĘCZNY S., 1894 – Atlas geologiczny Galicyi. Akademia Umiejętności, Kraków.
- ŽAK K., LOŽEK V., KADLEC J., HLADIKOVA J., CILEK, V. 2002 – Climate-induced changes in Holocene calcareous tufa formations, Bohemian Karst, Czech Republic. *Quatern. Internat.*, **91**: 137–152.

## SUMMARY

Travertines and calcareous tufa are among the most characteristic types of Quaternary interglacial sediments. In the territory of Poland, the majority of such deposits are associated with the Late Glacial and Holocene. Numerous sites of these sediments are located in the south of Poland, especially in the Carpathians and Kraków-Częstochowa Upland.

The analysed site is located in the village of Rybna, 10 km west of Kraków, in the valley of the Rybianka stream (Fig. 1). A sequence of deposits, 1.25 m thick, is visible in a slope of a low terrace, covering grey clays with sharp-edged Jurassic limestone blocks and silty calcareous tufa with three levels of hard travertines, and yellow silts. Molluscan shells were found in calcareous tufa and yellow silts (Fig. 2).

Malacofauna found in 12 samples for malacological analyses covered over 2500 specimens belonging to 49 taxons (Fig. 2, Tab. 1). The analysed fauna included shadow-loving species (ecological groups  $F_F$ ,  $F_B$  and  $F_H$ )

open-country snails (ecological groups  $O_X$  and  $O_O$ ), and mesophilous (ecological groups  $M_D$ ,  $M_I$ , and  $M_H$ ), hygrophilous (ecological group H), and aquatic (ecological group W) species. The composition and structure of the molluscan fauna distinguished in Rybna clearly change in the vertical profile (Fig. 2). Following an analysis of a dendrogram of similarities (Fig. 3), three types of molluscan assemblages were determined. M-type fauna is found in the bottom part of the sequence (samples Rb-1–Rb-4). It is characterized by a significant share of shadow-loving and mesophilous species, as well as the presence of forms characteristic for the cold climate (Figs 2, 3). F-type fauna is a rich association with a diverse composition of species. It was found in the middle part of the profile (samples Rb-5–Rb-10). The association is characterized by dominance of shadow-loving species. Disappearance of snails of low thermal requirements and appearance of snails typical for warm and humid climate is noted (Figs 2, 3). O-type fauna is a poor assemblage found in the top part of the profile



(samples Rb-11 and Rb-12). The most important ecological group is open-country snails, and their share exceeds 80% (Figs 2, 3).

The succession of molluscan associations observed in Rybna indicates changes in environmental conditions during sedimentation. M-type fauna indicates a predominance of shady habitats, initially consisting of bush formations, gradually replaced by forests with a significant share of conifers. In the entire discussed interval, the habitats were characterized by a significant moisture content in the substrate (Fig. 4). The malacocoenose is typical for a cold climate with quite pronounced continental characteristics, and is related to the Early Holocene (Fig. 5).

In the middle part, a progressing change in the species composition of the association is visible. It is manifested on one hand by an increased importance of shadow-loving species, and on the other by replacement of forms preferring colder climate by species with high ecological requirements (F-type fauna). It is a clear indication of climate warming accompanied by an increased importance of oceanic air masses. In consequence, dense forest complexes appeared,

with a significant share of deciduous trees (Fig. 4). Humidity of the habitats is maintained at a relatively high level. During the discussed interval, a small and shallow, periodically drying water reservoir formed and then disappeared (Fig. 4). Therefore, the middle part of the profile represents the warm and humid climate phase, probably the Atlantic Phase (Fig. 5).

The top part of the profile is characterized by a lack of shadow-loving and hygrophilous species. They were replaced by forms typical for dry and open habitats, and for areas used for agriculture (Fig. 4). The top part of the profile corresponds to a period of intense colonization and the phase of increased anthropopressure. The first mentions of the village of Rybna come from the end of the 12<sup>th</sup> century. The inflow of people and the demographic development intensified in the 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> centuries, and resulted in a need to obtain new land for crops and animal breeding. This led to deforestation of the area. The discussed processes are manifested in the top part of the malacofauna-containing profile with a predominant share of open-country species (Fig. 5).

