



Bernard Cedro<sup>1</sup> • Przemysław Sztajner<sup>1</sup> • Robert Woźniński<sup>1,2</sup> • Stanisław Musielak<sup>1</sup>   
Weronika Ceglarek<sup>3,1</sup> • Andrzej Osadczyk<sup>1</sup> • Krystyna Osadczyk<sup>1</sup>



<sup>(1)</sup> Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu i Środowisku

<sup>(2)</sup> Uniwersytet Szczeciński, Muzeum Geologiczne

<sup>(3)</sup> Szkoła Doktorska Uniwersytetu Szczecińskiego

E-mail: [bernard.cedro@usz.edu.pl](mailto:bernard.cedro@usz.edu.pl); [przemyslaw.sztajner@usz.edu.pl](mailto:przemyslaw.sztajner@usz.edu.pl); [muzeum@usz.edu.pl](mailto:muzeum@usz.edu.pl); [stanislaw.musielak@usz.edu.pl](mailto:stanislaw.musielak@usz.edu.pl)  
[weronika.ceglarek@usz.edu.pl](mailto:weronika.ceglarek@usz.edu.pl); [andrzej.osadczyk@usz.edu.pl](mailto:andrzej.osadczyk@usz.edu.pl); [krystyna.osadczyk@usz.edu.pl](mailto:krystyna.osadczyk@usz.edu.pl)

## Kule szczecińskie i nieregularne konkrecje wapienno-żelaziste ze zbiorów Muzeum Geologicznego Uniwersytetu Szczecińskiego i ich znaczenie dla rekonstrukcji warunków sedymentacji w morzu oligoceńskim okolic Szczecina – wstępne wyniki

## The Szczecin spherules and irregular lime-ferrous concretions from the collections of the Geological Museum of the University of Szczecin and their significance for the reconstruction of sedimentation conditions in the Oligocene sea of the Szczecin area – preliminary results

### Zarys treści

Kule szczecińskie oraz nieregularne konkrecje wapienno-żelaziste były powszechnie spotykane w piaskach szczecińskich związanych z transgresją morską podczas dolnego oligocenu (rupel). Wychodnie tych utworów znane są z licznych wystąpień w obrębie glaciotektonicznie zaburzonych osadów czwartorzędowych okolic Szczecina, a zwłaszcza we Wzgórzach Warszawskich. Konkrecje wapienno-żelaziste, wraz z współwystępującą malakofauną oraz innymi szczątkami makroskopowymi, zawierają cenne informacje o warunkach środowiskowych panujących w morzu oligoceńskim, a także o warunkach powstawania samych konkrecji.

### Słowa kluczowe

Oligoceńskie piaski szczecińskie, konkrecje węglanowo-żelaziste, kule szczecińskie.

### Abstract

The Szczecin spherules and irregular lime-ferrous concretions were commonly found in the Szczecin sands associated with the marine transgression during the Lower Oligocene (Rupelian). Outcrops of these formations are known from numerous occurrences within the glaciotectionally disturbed Quaternary sediments of the Szczecin area, especially in the Warszawskie Hills. The lime-ferrous concretions, together with the co-occurring malacofauna and other macroscopic remains, contain valuable information on the environmental conditions prevailing in the Oligocene sea, as well as on the conditions of formation of the concretions themselves.

### Keywords

Oligocene Szczecin sands, carbonate-iron concretions, the Szczecin spherules.

## 1. Wprowadzenie

Kule Szczecińskie (*Stettiner Kugeln*) to konkrecje piaskowców wapienno-żelazistych (syderytowych), często o idealnie kulistych kształtach, o średnicy od kilku do kilkunastu centymetrów. Niekiedy konkrecje osiągają rozmiary dochodzące nawet do około jednego metra. Występują w osadach oligoceńskich i są opisywane w literaturze od połowy XIX wieku (von Koenen 1867; Deecke 1907; Sindowski 1936).

Oligocen w rejonie Szczecina reprezentują ility septariowe, ility i piaski glaukonitowe reprezentujące oligocen dolny oraz piaski kwarcowe, zwane też piaskami szczecińskimi, zaliczane przez Dobrackiego (1982) i Schiewe i in.

(2023) do oligocenu górnego, w obrębie których występują kule szczecińskie. Wcześniej Deecke (1907) podzielił oligocen na trzy piętra: dolny oligocen, który reprezentują piaski bursztynowe, środkowy oligocen reprezentowany przez ility septariowe oraz górny oligocen wykształcony jako piaski mikowe. Sindowski (1936) podzielił ility septariowe na dolne (niebieskie) oraz górne (fioletowe). Opisuując piaski szczecińskie, zalegające w stropie ility septariowych górnych stwierdził, że są barwy szarzielonej, gdyż zawierają glaukonit, a ponadto wykazują cechy słabobitumiczne i zawierają lepszysze syderytowe. Większość późniejszych opracowań oligocenu w tym rejonie opierała się na wynikach badań mikrofaunistycznych mułowców i ility iłowców pochodzących z wierceń (Gortyńska 1962;

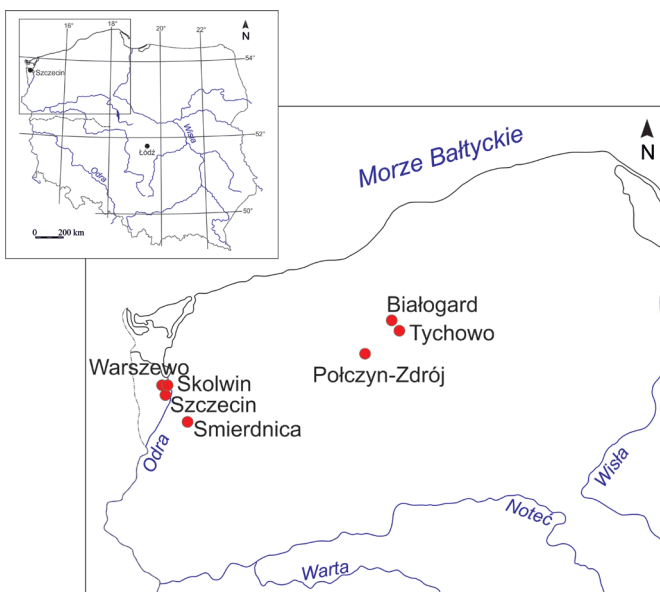


Wolańska 1962; Woźny 1962; Odrzywolska-Bieńkowska 1967; Ciuk 1972; Odrzywolska-Bieńkowska i in. 1978; Odrzywolska-Bieńkowska 1983; Ciuk 1983). W wierceniach tych nie stwierdzono obecności piasków szczecińskich zawierających konkrecje wapienno-żelaziste. Informacje o obecności oligoceńskich piasków kwarcowych z kulami szczecińskimi pojawiają się jednak w wielu pracach: Kociszewska-Musiałowa i Kosmowska-Ceranowicz (1969), Gaemers (1981), van den Bosch (1981), Dobracki (1982), Jakubowski (1983), Cadee i Janssen (1984), Reich (2002), Cedro i Sztajner (2005), Maciąg i Sztajner (2013), Mizerski (2017), Zawadzki (2018) oraz Schiewe i in. (2023).

Osady oligoceńskie północno-zachodniej Polski tworzyły się w warunkach transgresji z obszaru ówczesnego Morza Północnego, stanowiącego ważną składową wschodniego regionu protoatlantycko-borealnego (Harzhauser i in. 2002).

Piaski szczecińskie nie występują *in situ*, znane są przede wszystkim z dość licznych, lecz niewielkich wystąpień powierzchniowych we Wzgórzach Warszawskich (rys. 1, 2), gdzie występują w formie wkładek, często z kulami szczecińskimi, w obrębie zaburzonych glacictonicznie iłów dolnooligoceńskich (Dobracki 1982). Poza

Wzgórzami Warszawskimi piaski oligoceńskie zostały nawiercone w strefie zachodniego podnóża Wzgórz Bukowych, gdzie występują na głębokości od ok. 90 do 110 m (Schiewe i in. 2023). Opisano je również w stanowiskach na południe od Szczecina, gdzie są także związane z zaburzeniami glacictonicznymi (Kociszewska-Musiałowa i Kosmowska-Ceranowicz 1969; Gaemers 1981; Jakubowski 1983, 1996). Jakubowski (1983, 1996) zebrał z tego stanowiska i częściowo opracował bardzo obfitą malakofaunę, znaleziska rybich otolitów przebadał Gaemers (1981), a zębów rekinów van den Bosch (1981). Wyniki badań faunistycznych z Siadła Górnego, w nawiązaniu do stanowisk rupelskich osadów morskich z Belgii i Holandii, sugerują zdaniem Gaemersa (1981), van den Boscha (1981) oraz Jakubowskiego (1983), że piaski z Siadła Górnego są wiekowo starsze od piasków szczecińskich znanych z wystąpień we Wzgórzach Warszawskich i reprezentują początek cyklu rupelskiej transgresji morza. Iły septariowe błękitne i fioletowe wyróżnione przez Sindowskiego (1936) wskazują na kulminację cyklu i wyższy poziom morza, a piaski szczecińskie są już związane z wyptycieniem morza pod koniec tego cyklu.



**Rys. 1.** Lokalizacja stanowisk z udokumentowanymi kulami szczecińskimi oraz nieregularnymi konkrecjami węglanowo-żelazistymi według Deecke (1907) – uzupełnione

**Fig. 1.** Location of sites with documented Szczecin spherules and irregular lime-ferrous concretions according to Deecke (1907) – changed



**Rys. 2.** Kule szczecińskie i nieregularne konkrecje węglanowo-żelaziste w odsłonięciach zlokalizowanych we Wzgórzach Warszawskich, występujące niekiedy w sąsiedztwie glacictonicznego kontaktu z iłami septariowymi (fot. B. Cedro)

**Fig. 2.** The Szczecin spherules and irregular lime-ferrous concretions in outcrops located in Warszawskie Hills, occurred in the vicinity of glacictonic situations with septarian clays (photo by B. Cedro)



## 2. Materiały i metody badań

Kolekcja konkrecji piaskowców wapienno-żelazistych, w tym także kul szczecińskich, zgromadzona w Muzeum Geologicznym Uniwersytetu Szczecińskiego pochodzi z kilku źródeł. Pierwotnie były to dary pracowników Instytutu Nauk o Morzu, pozyskane we wczesnych latach 90. XX wieku z istniejących wówczas odsłoneń piasków szczecińskich (rys. 3). Znaczną część, zwłaszcza dużych konkrecji, przekazał do zbiorów muzealnych Pan Walery Kościuszkiewicz, pasjonat geologii, który pozyskiwał je z najbliższych okolic Szczecina, a szczególnie z naturalnych odsłoneń występujących w dolince Skolwinki (Żółwinki), rozcinającej wschodnie stoki Wzgórz Warszawskich. Wreszcie do zbiorów muzeum uniwersyteckiego trafiły również okazy, które były gromadzone w istniejącym od 1913 r. *Das Städtische Museum Stettin*. Siedziba tego muzeum przetrwała szczęśliwie czasy II Wojny Światowej, lecz znaczna część jego zbiorów została rozproszona. W utworzonym 1 sierpnia 1945 r. Muzeum Miejskim w Szczecinie (od 1970 r. Muzeum Narodowe w Szczecinie) zachowała się jednak część przedwojennych zbiorów geologicznych, dość często wraz z oryginalnymi metryczkami, gdzie pozostawała w magazynach tej placówki do początków XXI wieku. Gdy Muzeum Geologiczne Uniwersytetu Szczecińskiego uzyskało nowe pomieszczenia magazynowe, ówczesny kierownik muzeum dr Bernard Cedro podjął z sukcesem starania o przejęcie części zbiorów geologicznych z Muzeum Narodowego, na zasadzie umowy długoterminowego wypożyczenia, w celu ich skatalogowania oraz wykorzystania w badaniach naukowych (Zawadzki 2018). Okazało się wówczas, że część kul szczecińskich pochodzi ze zbiorów zgromadzonych przed wojną przez nauczyciela Karla Rosta ze szkoły w Tychówku (niem. *Waldisch Tychow*). Z zachowanych metryczek wynika, że są to kule znajdowane w okolicach Tychowa i Połczyna. Dzięki wypożyczonym zbiorom uniwersytecka kolekcja konkrecji piaskowców wapienno-żelazistych wzbogaciła się o okazy przedwojenne, które w szczególności można było wykorzystać do opisu fauny górnego oligocenu okolic Szczecina (Cedro i Sztajner 2005).

Okazy z uniwersyteckiej kolekcji oligoceńskich konkrecji pochodzących z piasków szczecińskich dostarczyły nowych danych dotyczących ich składu faunistycznego, a także posłużyły do określenia warunków sedymentacji morskich osadów okolic Szczecina, datowanych na dolną część oligocenu – rupel (33,9–27,82 mln lat wg International Commission on Stratigraphy z września 2023 r.).

W badaniach zmierzających do rekonstrukcji warunków sedymentacji osadów zostały wykorzystane przede wszystkim duże, nieregularne konkrecje bogate w materiał muszlowy. Na tych okazach przeprowadzono pomiary orientacji dłuższej osi wybranych gatunków ślimaków oraz łódkonogów w celu stwierdzenia, czy w obrębie nagromadzeń fauny istnieje ukierunkowanie, które mogłoby świadczyć o okresowej działalności prądowych lub innych procesów prowadzących do uporządkowania ich rozmieszczenia (Maciąg i Sztajner 2013).

Ponadto, rozbite konkrecje kuliste (rys. 3), a także większe konkrecje o nieregularnych kształtach stały się podstawą do stworzenia listy rozpoznanych taksonów fauny zachowanej w piaskach szczecińskich.



Rys. 3. Kule szczecińskie ze zbiorów Muzeum Uniwersytetu Szczecińskiego (fot. B. Cedro)

Fig. 3. The Szczecin spherules from the collections of the Geological Museum of the University of Szczecin (photo by B. Cedro)

## 3. Cechy morfologiczne konkrecji i przyczyny ich różnicowania

Konkrecje piaskowców wapienno-żelazistych nie zawsze mają kształt idealnie kulisty. Występują wśród nich zarówno idealne kule (rys. 4), jak i konkrecje elipsoidalne, a niekiedy o wyglądzie zbliżonym do kształtu orzeszka ziemnego (rys. 5). Wszystkie z nich osiągają przeważnie



Rys. 4. Przykład konkrecji o idealnym kulistym kształcie (ze zbiorów MGUS; fot. M.M. Nakoniczewski)

Fig. 4. The example of concretion with perfect spherical shape (from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin; photo by M.M. Nakoniczewski)





**Rys. 5.** Przykłady rozbitych kongrecji o kształcie orzeszka ziemnego (ze zbiorów MGUS; fot. P. Sztajner)

**Fig. 5.** The example of broken peanut-shaped spherules (from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin; photo by P. Sztajner)

rozmiary rzędu kilku do kilkunastu centymetrów, a sporadycznie spotyka się kongrecje kuliste o średnicach większych od ok. 20 cm (rys. 6). Wewnątrz kul szczecińskich, co widać po ich przełamaniu, bardzo często występują skamieniałości małży, ślimaków, a także zęby rekinów (rys. 3). Wiele z nich wykazuje również budowę koncentryczną widoczną w obrazie makroskopowym. Ponadto, w piaskach szczecińskich spotyka się znacznie większe kongrecje o kształcie nieregularnych brył lub bochenkowatych soczew piaskowca wapnisto-żelazistego z większymi, często warstwowymi nagromadzeniami skamieniałości, głównie ślimaków i małży (rys. 7).



**Rys. 6.** Największa kula szczecińska w zbiorach MGUS (dar W. Kościuszkiewicz; fot. R. Woźniński)

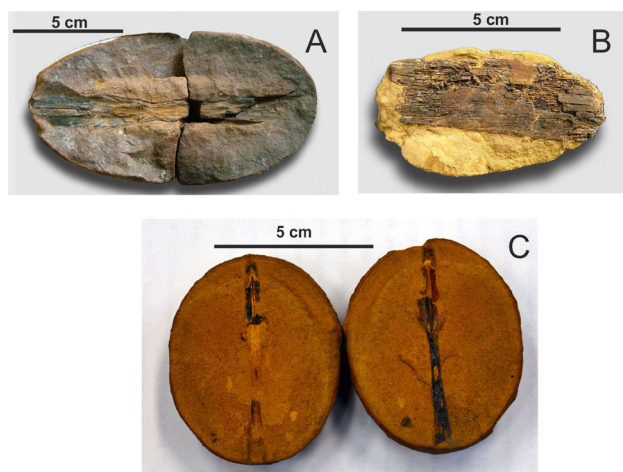
**Fig. 6.** The largest of the Szczecin spherules from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin (gift from W. Kościuszkiewicz; photo by R. Woźniński)



**Rys. 7.** Kongrecja w kształcie nieregularnej bryły z nagromadzeniem skamieniałości malakofauny (ze zbiorów MGUS; dar W. Kościuszkiewicz; fot. B. Cedro)

**Fig. 7.** The Szczecin spherules in the shape of an irregular block with an accumulation of malacofauna fossils (from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin; gift from W. Kościuszkiewicz; photo by B. Cedro)

Z badań cech morfologicznych kongrecji przełamanych o niewielkich rozmiarach wynika, że ich kształt zależy w głównej mierze od rodzaju skamieniałości stanowiącej ich jądro. Wewnątrz idealnie kulistych kongrecji występują zazwyczaj pojedyncze okazy muszli ślimaków oraz małży, a czasami także pojedyncze zęby rekinów (rys. 3). Jeżeli jednak jądro kongrecji było podłużne, np. wydłużona kość ryby, to powstawały kongrecje o kształcie elipsoidalnym (rys. 8). Zdarzają się również kongrecje o kształcie orzeszka ziemnego, gdy narastały wokół dwóch blisko leżących szczątków makroskopowych, np. muszli małży (rys. 5). Natomiast duże, często nieregularne kongrecje są zawsze związane z nagromadzeniami większej ilości małży i ślimaków oraz innych makroszczątków fauny (rys. 7).



**Rys. 8.** Kongrecje o kształcie elipsoidalnym z jądrami kości ryb (A – ze zbiorów Muzeum Narodowego w Szczecinie; B – ze zbiorów MGUS; dar Ł. Maciąga; fot. P. Sztajner) oraz kolcem płaszczki (C – ze zbiorów MGUS; fot. B. Cedro)

**Fig. 8.** Ellipsoidal concretions with fish remains (A – from the collections of the National Museum in Szczecin; B – from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin; gift from Ł. Maciąga; photo by P. Sztajner) and with a spike of ray (C – from the collections of Geological Museum of the University of Szczecin; photo by B. Cedro)

Wyróżnione powyżej cechy morfologiczne kongrecji są najprawdopodobniej związane z mechanizmem oraz warunkami w jakich się one rozwijały. Jak wiadomo, w niezwiertzałych skałach osadowych żelazo może występować w czterech formach: wodorotlenkowej, węglanowej, krzemianowej (leptochloryty) oraz siarczkowej (Narębski 1957). Wzajemny stosunek ilościowy wymienionych form żelaza zależy od potencjału oksydacyjnego ( $Eh$ ) i kwasowości ( $pH$ ) środowiska, na który decydujący wpływ ma zawartość substancji organicznej występującej w osadzie (Krumbein i Garrels 1952). Badania współczesnych zbiorników morskich wykazały, że w przypadku drobnoziarnistych osadów zasobnych w materię organiczną występuje zjawisko przybierania ujemnej wartości potencjału oksydacyjnego. Jest to związane z bakteryjnym rozkładem substancji organicznych, przy jednoczesnym pochłanianiu  $O_2$  i wydzielaniu się  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  oraz innych gazów (Narębski 1957; Dziubińska 2005; Leonowicz 2007). W warunkach akumulacji piasków szczecińskich, na powierzchnię drobnoziarnistego osadu klastycznego dostawały się obumarłe organizmy lub ich szczątki makroskopowe z substancją białkową. Były to najczęściej węglanowe muszle małży i ślimaków, ale także inne szczątki organiczne. We wczesnej fazie diagenety, w warunkach gdy w osadzie była obecna substancja złożona z białek (części miękkie organizmów), w efekcie jej rozkładu wydzielano amoniak ( $NH_3$ ), który łączył się z wodą. Powstawała wówczas zasada amonowa  $NH_3OH$ , tworząca środowisko zasadowe (podwyższa się  $pH$  środowiska). W konsekwencji następowała szybka krystalizacja węglanów, szczególnie w najbliższym sąsiedztwie rozkładającej się materii organicznej, gdyż działał proces polegający na wyrównywaniu stężenia jonów w osadzie. Proces ten trwał tak długo, dopóki istniało źródło środowiska zasadowego, czyli rozkładająca się materia organiczna. Trzeba jednak zaznaczyć, że proces cementacji luźnego piasku węglanem mógł rozwijać się tylko w warunkach redukcyjnych wokół rozkładającego się ciała, ale także w warunkach braku bardziej intensywnych ruchów wody przy dnie, powodujących mieszanie osadów. Dodatkowo, warunki redukcyjne powodowały, że występujące w osadzie jony  $F^{3+}$  były redukowane do  $Fe^{2+}$ , który po połączeniu z jonami  $HCO_3^-$  daje  $FeCO_3$ , czyli syderyt, cementujący materię drobnopiaszczystą wokół rozkładającej się materii organicznej (Lis i in. 2022). Precyzyjny model powstawania kongrecji węglanowo-piaszczystych z osadów oligoceńskich okolic Szczecina zostanie zaprezentowany dopiero po wykonaniu bardziej zaawansowanych analiz geochemicznych.

W wyniku działania opisanego procesu chemogenicznego, w obrębie drobnoziarnistej skały klastycznej rozwijały się kongrecje węglanowo-piaszczyste o kształtach kulistych, w których jądrze występują pojedyncze, makroskopowe szczątki organiczne (rys. 3). Jednakże często jednoczesny rozkład substancji organicznej obejmował większe zgrupowanie organizmów, np. małży i ślimaków i wówczas rozwijały się kongrecje o nieregularnych kształtach i zwykle znacznie większe (rys. 3 i 9), osiągające niekiedy nawet ponad 1,5 m.



Rys. 9. Fragmenty dużych kongrecji o nieregularnych kształtach z warstwami nagromadzeń skamieniałości (ze zbiorów MGUS; dar W. Kościuszkiewicza; fot. P. Sztajner)

Fig. 9. Remains of large irregularly shaped concretions with layers of accumulation of fossil (from the collection of Geological Museum of the University of Szczecin; gift from W. Kościuszkiewicz; photo by P. Sztajner)

#### 4. Cechy tafonomiczne większych nagromadzeń fauny w obrębie nieregularnych kongrecji piaskowców wapienno-żelazistych

Pierwsze wyniki badań dotyczące charakterystyki późnego transportu fauny oligoceńskiej zawartej w piaskowcach szczecińskich zaprezentowali Maciąg i Sztajner (2013). W tym artykule przedstawiono rozszerzone wyniki drugiego z tych autorów, uzyskane z badań dużych brył piaskowca, w obrębie których stwierdzono występowanie, często bardzo licznej malakofauny, a także makroszczątków innych organizmów. Badania te zostały przeprowadzone na okazach pochodzących ze Wzgórz Warszawskich, stanowiących dar W. Kościuszkiewicza.

Maciąg i Sztajner (2013) udokumentowali, że w obrębie nagromadzeń muszli występuje niekiedy wyraźne ukierunkowanie wydłużonych muszli, które może wskazywać na segregacyjny wpływ falowania i prądów przydennych. Oczywiście w okazach pobranych z warstw zaburzonych glacitektonicznie nie można odnosić wyróżnionych kierunków działania prądów do stron świata. Wskazują one jedynie na obecność procesów prowadzących do segregacji materiału muszlowego.

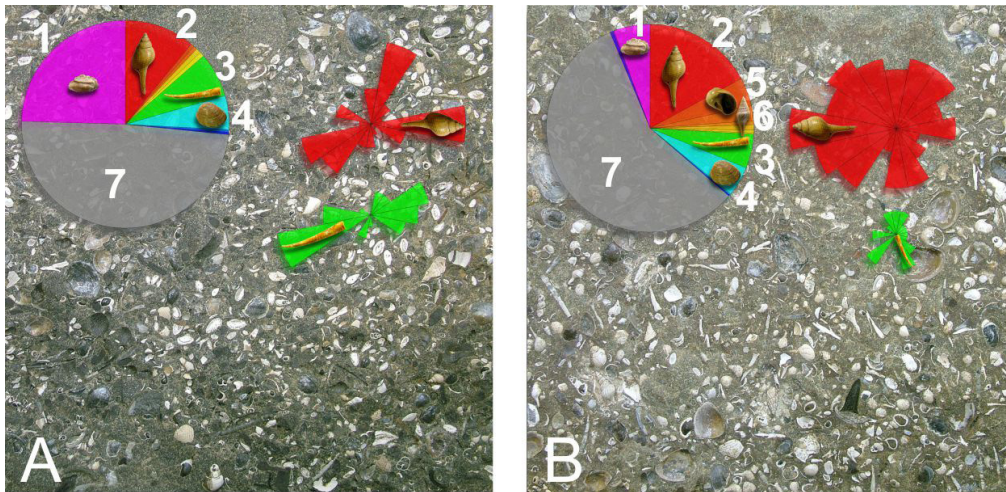
Wyniki rozmiarów oraz orientacji muszli pokazują, że w poszczególnych warstwach skamieniałości są dobrze wysegregowane pod względem wielkości. W warstwach, w obrębie których zdecydowanie przeważają okazy o średniej wielkości, zauważa się sytuację, gdy ich orientacja jest wyraźnie ukierunkowana, szczególnie w wypadku taksonów o wyraźnie dłuższej osi, np. ślimaków *Vagantospira villana* oraz łódkonogów *Scaphopoda* (rys. 10A). Wskazuje to na wyraźną orientację, spowodowaną zapewne działalnością falowania i przydennych prądów o dość sporej energii. Zdarzają się jednak warstwy, w których okazy średniej wielkości o wyraźnie dłuższej osi nie wykazują orientacji prądowej (rys. 10B), co oznacza, że zostały one zdeponowane w warunkach niskoenergetycznych.

W wypadku nagromadzeń z dużymi okazami malakofauny, z reguły występuje bimodalna orientacja muszli o wyraźnie dłuższych osiach (rys. 11). Z analizy przebadanych nagromadzeń i ich orientacji wynika, że skład



taksonomiczny warstw zależy w dużym stopniu od energii fal lub prądów. W warunkach słabszej energii, podczas której nie dochodzi do wyraźnego ukierunkowania muszli o wydłużonych kształtach, gromadzone były przede wszystkim drobniejsze szczątki, w tym wiele nieoznaczalnych, a także dość spore, ale cienkie ktenoidalne łuski ryb oraz cienkoskorupowe mięczaki, takie jak: *Scaphanger crenistria* czy niektóre *Pectinidae*. Natomiast w warunkach

silnych prądów, gdy dochodzi do wyraźnego ukierunkowania wydłużonych muszli, gromadziły się prawie same najmaszywniejsze muszle ślimaków i małży, w tym zwłaszcza *Galeodea depressa*, *Sigatica hantoniensis* i *Pygocardia quadratea*. Ślimaki *Vagantospira villana* powszechnie występowały we wszystkich nagromadzeniach skamieniałości, niezależnie od klas wielkości malakofauny.

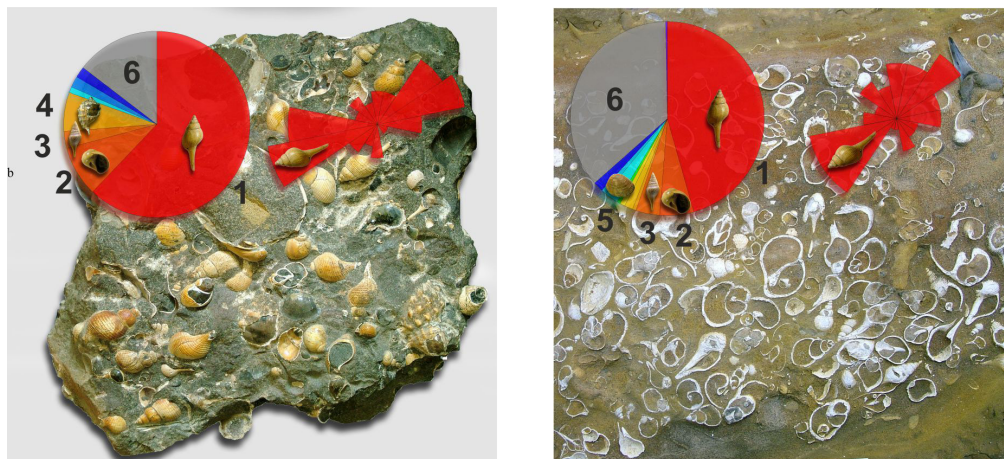


**Rys. 10.** Diagramy kołowe przedstawiające procentowy udział dominujących taksonów w warstwach nagromadzeń skamieniałości z przewagą okazów średniej wielkości oraz diagramy polarne obrazujące ukierunkowanie *Vagantospira villana* (wykres czerwony) oraz łódkonogów (wykres zielony)

1 – otolity, 2 – *Vagantospira villana*, 3 – *Scaphoda*, 4 – *Nucula comta*, 5 – *Naticidae*, 6 – *Turridae*, 7 – nieoznaczone

**Fig. 10.** Diagrams showing the percentage of dominant taxa in the layers of fossil accumulations with a predominance of medium-sized specimens and polar diagrams showing the orientation of *Vagantospira villana* (red diagram) and scaphopods (green diagram)

1 – otoliths, 2 – *Vagantospira villana*, 3 – *Scaphoda*, 4 – *Nucula comta*, 5 – *Naticidae*, 6 – *Turridae*, 7 – undetermined



**Rys. 11.** Diagramy kołowe przedstawiające procentowy udział dominujących taksonów w warstwach nagromadzeń skamieniałości z przewagą dużych okazów oraz diagramy polarne obrazujące ukierunkowanie *Vagantospira villana* (wykres czerwony)

1 – *Vagantospira villana*, 2 – *Naticidae*, 3 – *Turridae*, 4 – *Nucula comta*, 5 – *Galeodea depressa*, 6 – nieoznaczone

**Fig. 11.** Diagrams showing the percentage of dominant taxa in the layers of fossil accumulation with a predominance large specimens and polar diagrams the orientation of *Vagantospira villana* (red diagram)

1 – *Vagantospira villana*, 2 – *Naticidae*, 3 – *Turridae*, 4 – *Nucula comta*, 5 – *Galeodea depressa*, 6 – undetermined

## 5. Dyskusja i wnioski

Biorąc pod uwagę fakt, że szczecińskie wystąpienia rupelskich piasków z kongrecjami wapienno-żelazistymi oraz dość bogatą fauną morską występują zawsze w strukturach zaburzeń glacictektonicznych, to nie mamy oczywiście pewności czy są one związane z początkową, czy też końcową fazą rupelskiego cyklu transgresji morskiej. Jedynym wskaźnikiem wiekowym tych utworów mogą być zaawansowane badania faunistyczne, obejmujące różne grupy organizmów. Badania takie są prowadzone między innymi na okazach kongrecji, z których część pochodzi jednak z niekompletnych zbiorów niemieckich, a w konsekwencji nie mają większej wartości naukowej, przede wszystkim z powodu braków w opisie szczegółowej lokalizacji znalezisk.

Porównując listy taksonów malakofauny z Siadła Górnego oraz ze Wzgórz Warszawskich (piaski szczecińskie ze Skolwina) zaprezentowaną przez Jakubowskiego (1983), można przypuszczać, że z okolic Siadła Górnego lista ta jest znacznie bogatsza. Lista z osadów piaszczystych z Siadła Górnego obejmuje 45 gatunków ślimaków, 5 łódkonogów oraz 24 małży (Jakubowski 1983). Natomiast w piaskach szczecińskich z okolic Skolwina, Jakubowski (1983) oznaczył 4 gatunki małży, 7 gatunków ślimaków oraz 1 łódkonogów (tab. 1). Nieco większą liczbę taksonów z piasków szczecińskich okolic Skolwina stwierdzili Maciąg i Sztajner (2013), przy czym były to organizmy znajdujące się w obrębie nagromadzeń występujących w nieregularnych kongrecjach wapienno-żelazistych (tab. 1).

**Tabela 1.** Lista taksonów małży i ślimaków oznaczona przez Jakubowskiego (1983) oraz Maciąga i Sztajnera (2013) w piaskach szczecińskich okolic Skolwina

**Table 1.** List of taxa of mussels and snails identified by Jakubowski (1983) and Maciąg and Sztajner (2013) in the sands of Szczecin near Skolwin

Autorzy oznaczeń Authors of markings	Ślimaki ( <i>Gastropoda</i> ) <i>Snails (Gastropoda)</i>	Liczba okazów <i>Number of specimens</i>	Małże ( <i>Bivalvia</i> ) <i>Mussels (Bivalvia)</i>	Liczba okazów <i>Number of specimens</i>
Jakubowski (1983)	<i>Sigatica hantoniensis</i>	3	<i>Nucula (Lamellinuclula) comta</i>	2
	<i>Streptochetus (Strepto-lathyrus) exaratus</i>	1	<i>Hilberia delheidi</i>	4 fragm.
	<i>Vagantospira villana</i>	10	<i>Thyasira (Thyasira) obtusa</i>	2 fragm.
	<i>Turris (Fusiturris) duchasteli</i>	1	<i>Teredinidae sp.</i>	1
	<i>Boreodrilla hoernesii</i>	2		
	<i>Actaeon philippi</i>	1		
	<i>Scaphander crenistria</i>	1		
Maciąg, Sztajner (2013)	<i>Vagantospira villana</i>	399	<i>Nucula comta</i>	59
	<i>Naticidae</i>	56	<i>Nuculanidae</i>	42
	<i>Turridae</i>	34	<i>Pectinidae</i>	9
	<i>Fascioliariidae</i>	3	<i>Arctica rotundata</i>	2
	<i>Galeodea depressa</i>	9	<i>Leavocardium sp.</i>	2
	<i>Aporrhais sp.</i>	9	<i>Thyasira sp.</i>	10
	<i>Scaphander crenistria</i>	23	<i>Panopaea sp.</i>	1
	<i>Eulimidae</i>	5		

Wśród ślimaków najliczniej stwierdzanym gatunkiem jest *Vagantospira villana*, należąca do podrodziny *Fusiniinae (Fascioliariidae, Neogastropoda)*, której żyjący przedstawiciele w większości ryją w luźnym osadzie (Beesley i in. 1998). Piaszczyste dno jest również środowiskiem życia większości pozostałych taksonów małży, ślimaków i łódkonogów (Cedro, Sztajner 2005). Warunki piaszczystego dna sprzyjały zasypywaniu zarówno pojedynczych osobników, jak i nagromadzeń materiału muszlowego wskutek działalności falowania oraz prądów litoralnych, szczególnie w warunkach sztormowej sedymentacji osadów.

Biorąc pod uwagę sam proces tworzenia się kongrecji wapienno-żelazistych można wnioskować, że musiał się on odbywać w czasie, gdy w pojedynczych muszlach lub ich nagromadzeniach obecne były jeszcze tkanki miękkie lub ich resztki. Bowiem tylko w takim przypadku mógł zachodzić opisany wyżej proces bakteryjnego rozkładu materii organicznej prowadzący w konsekwencji do formowania się cementacji węglanowej osadów. Proces ten może jednak zachodzić jedynie w warunkach beztlenowych, przy braku wyraźnego mieszania osadów drobnopiaszczystych pod wpływem ruchu wody związanym z falowaniem lub

obecnością prądów litoralnych. Z pewnością nie mógł on przebiegać w strefie przyboju, gdzie występuje bardzo silne mieszanie osadów.

A zatem stwierdzone sytuacje, gdy w obrębie nagromadzeń muszli malakofauny w nieregularnych konkrekcjach węglanowo-żelazistych, występuje wyraźne ukierunkowanie dłuższych osi wybranych taksonów, co wskazuje na następujące warunki:

- transport muszli wraz z żyjącymi lub świeżo obumarzonymi organizmami był związany z działalnością przydennych prądów litoralnych;
- transport muszli malakofauny, żyjącej często w powierzchniowej warstwie osadów dennych na dość znacznej głębokości strefy litoralnej (rzędu co najmniej kilkunastu do parudziesięciu metrów), musiał odbywać się pod wpływem falowania sztormowego, generującego silne prądy w strefie litoralnej;
- zapoczątkowanie procesu rozwoju konkrekcji odbywało się po szybkim zasypaniu osadami piaszczystymi świeżo zdeponowanych nagromadzeń muszli;
- po zasypaniu warstwą osadów, pojedyncze muszle oraz nagromadzenia malakofauny znalazły się w warunkach redukcyjnych, sprzyjających rozwojowi konkrekcji sydereytowych.

#### Podziękowania

Badania dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości” na lata 2024–2027 (nr RID/SP/0045/2024/01).



## 6. Literatura

- Beesley P.L., Ross G.J.B., Wells A. (eds.) 1998. *Mollusca the Southern Synthesis 2, Fauna of Australia 5*. CSIRO Publishing, Melbourne: 1–563.
- Cadee M.C., Janssen A.W. 1984. *Glibberturricula vervoeni* gen. et sp. nov. (*Mollusca, Gastropoda, Turridae*), a common species from Rupelian deposits in Belgium and Poland. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 21(4): 179–191.
- Cedro B., Sztajner P. 2005. *Skamieniałości oligoceńskie Pomorza Zachodniego. Środowisko Przyrodnicze Wybrzeży Zatoki Pomorskiej i Zalewu Szczecińskiego* (Borówka R.K., Musielak S., red.). Oficyna in Press, Szczecin, Poland, 2005: 34–37.
- Ciuk E. 1972. *Utwory paleogeńskie w rejonie szczecińskim*. *Przegląd Geologiczny* 20(11): 498.
- Ciuk E. 1983. *Paleogen i podłoże mezozoiczne w otworze Goleniów IG-2 w Zielonczynie woj. szczecińskie*. *Przegląd Geologiczny* 31(7): 415–420.
- Deecke W. 1907. *Geologie von Pommern*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin: 1–302.
- Dobrcki R. 1982. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Szczecin (228)*. Instytut Geologiczny, Warszawa: 1–119.
- Dziubińska B. 2005. *Konkrekcje sydereytowe z warstw z Majdanu w jednostce dukielskiej*. *Przegląd Geologiczny* 53(3): 250–251.
- Gaemers P.A.M. 1981. *Fish otoliths from the Middle Oligocene of Siadło Górne near Szczecin, Poland and their stratigraphical importance*. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 18(3): 109–126.
- Gortyńska S. 1962. *Kilka uwag o oligocenie w Polsce zachodniej*. *Kwartalnik Geologiczny* 6(1): 125–132.
- Harzhauser M., Piller W.E., Steininger F.F. 2002. *Circum-Mediterranean Oligo-Miocene biogeographic evolution – the gastropods’ point of view*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 183: 103–133.
- Jakubowski G. 1983. *Fauna oligoceńska okolic Szczecina*. *Przegląd Geologiczny* 31(7): 428–430.
- Kociszewska-Musiałowa G., Kosmowska-Ceranowicz B. 1969. *Charakterystyka osadów w okolicy Przeclawia na południe od Szczecina*. *Prace Muzeum Ziemi* 16: 337–353.
- Krumbein W.C., Garrels R.M. 1952. *Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials*. *The Journal of Geology* 60(1): 1–33.
- Leonowicz P. 2007. *Origin of siderites from the Lower Jurassic Ciecuch Formation from SW Poland*. *Geological Quarterly* 51(1): 67–78.
- Lis K., Wojtulak P., Lis G., Jelonek I. 2022. *Terrigenous organic matter and formation of siderite in Bathonian ore-bearing clay formation at Gnaszyn, Poland – A petrochemical study*. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 92: 295–312.
- Maciąg Ł., Sztajner P. 2013. *Charakterystyka tafonomiczna nagromadzeń fauny oligoceńskiej zawartej w konkrekcjach piaszczowcowo-wapienno-żelazistych z okolic Szczecina, z wykorzystaniem wybranych metod statystycznych*. *Człowiek i środowisko. Interakcje w perspektywie interdyscyplinarnej, Szczecin*: 163–176.
- Mizerski W. 2017. *Muzeum Geologiczne na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego*. *Przegląd Geologiczny* 65(8): 480.
- Narębski W. 1957. *Mineralogia i geochemiczne warunki genezy tzw. sydereytów fliszu karpackiego*. *Archiwum Mineralogiczne* 21: 5–100.
- Odrzywska-Bieńkowska E. 1967. *Utwory trzeciorzędowe z otworu Szczecin IG I w świetle badań mikropaleontologicznych*. *Geological Quarterly* 11(1): 118–130.
- Odrzywska-Bieńkowska E. 1983. *Wyniki badań mikrofaunistycznych osadów rupelu w otworze Goleniów IG-2*. *Przegląd Geologiczny* 31(7): 425–427.
- Odrzywska-Bienkowska E., Pozaryska K., Martini E. 1978. *Middle Oligocene microfossils from the Polish Lowlands: Their stratigraphical and paleogeographical significance*. *Acta Palaeontologica Polonica* 23(3).
- Reich M. 2002. *„Pecten” stettinensis, von Koenen, 1868, (Molluska: Bivalvia) aus einer „Stettiner Kugel” (Oligozän)*. *Geschiebekunde aktuell* 18(1).
- Schiewe M., Piotrowski A., Rydzewska U., Benedyczak R. 2023. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Szczecin (228)*. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 1–67.
- Sindowski K.H. 1936. *Sediment und Fauna von Septarienton und Stettiner Sand bei Stettin*. *Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie (B)* 5: 192–206.
- van den Bosch M. 1981. *Elasmobranchii from limonitic sandstone of Siadło Górne near Szczecin, Poland*. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 18(3): 127–131.
- von Koenen A. 1867. *Das marine Mittel-Oligocän Nord-Deutschlands und seine Mollusken-Fauna. Erster Theil. Einleitung, Geognostische Beschreibung, Paläontologische Beschreibung der Gastropoden*. *Palaeontographica* 16: 53–128.
- Wolańska H. 1962. *Stratygrafia mikropaleontologiczna oligocenu Polski zachodniej*. *Kwartalnik Geologiczny* 6(1): 149–155.
- Woźny E. 1962. *Stratygrafia mikropaleontologiczna oligocenu Polski zachodniej*. *Kwartalnik Geologiczny* 6(1): 134–146.
- Zawadzki D. 2018. *Najcenniejsze naukowo zbiory Muzeum Geologicznego Uniwersytetu Szczecińskiego*. *Opuscula Musealia (25)*: 135–145.