

## Onkoidy szamozytowe jako wskaźnik środowiskowy na granicy triasu i jury w jednostce kriżniańskiej (Tatry)

Jolanta Iwańczuk<sup>1</sup>



**Chamosite oncoids as an environmental indicator at the Triassic–Jurassic boundary in the Križna Unit (Tatra Mountains).** *Prz. Geol.*, 73: 372–380; doi: 10.7306/2025.38

*A b s t r a c t.* This paper presents detailed results of facies and microfacies analyses of deposits from the Triassic–Jurassic boundary within the Križna Unit (Tatra Mountains). Through comprehensive lithological, petrographic, and palaeontological analysis, several facies have been distinguished, reflecting varied sedimentary conditions, ranging from high-energy shallow-marine environments strongly influenced by wave activity, to quiet lagoons periodically isolated from the open sea. Special attention has been given to unique chamosite oncoids, which clearly indicate transitional shallow-water environments and suggest a marine regression accompanied by freshwater influx rich in iron compounds. These findings fill gaps in our knowledge of palaeoenvironmental dynamics

in the studied region of the Western Tatras, providing significant data for palaeoenvironmental reconstructions of the northwestern margin of the Tethys Ocean.

**Keywords:** chamosite oncoids, palaeoenvironmental reconstruction, Triassic–Jurassic boundary

Rozpoznanie i interpretacja warunków sedymentacyjnych są jednym z elementów interpretacji rekonstrukcji paleogeograficznych i paleośrodowiskowych. Celem niniejszego artykułu jest analiza facjalna oraz rekonstrukcja warunków sedymentacyjnych, dokonana w oparciu o kompleksowe badania litologiczne i mikrofaccjalne. Uzyskane wyniki wskazują na dynamikę środowisk sedymentacyjnych – od wysokoenergetycznych obszarów płytkowodnych, intensywnie modelowanych przez falowanie, aż po spokojne, okresowo izolowane od otwartego morza laguny po głębsze strefy zbiornika. Badania te uzupełniają lukę w dotychczasowym stanie wiedzy na temat ewolucji środowiskowej badanego regionu i dostarczają nowych danych do rekonstrukcji jego historii geologicznej.

Badane stanowisko znajduje się w Tatrach Zachodnich, w obrębie płaszczowiny reglowej dolnej (kriżniańskiej) (ryc. 1), należącej do cząstkowej płaszczowiny Bobrowca (Guzik, Kotański, 1963). Analizowany profil jest zlokalizowany na północno-wschodnich zboczach Wierchu Spalenisko, bezpośrednio w żlebie potoku od jego górnej części aż po dno Doliny Lejowej. Profil wykazuje miejscowe luki wynikające z obecności pokrywy zwietrzelinowej, biegi i upady badanych warstw mieszczą się w przedziałach odpowiednio 120–140° oraz 25–35° N (ryc. 2).

### OPIS ODSŁONIĘCIA

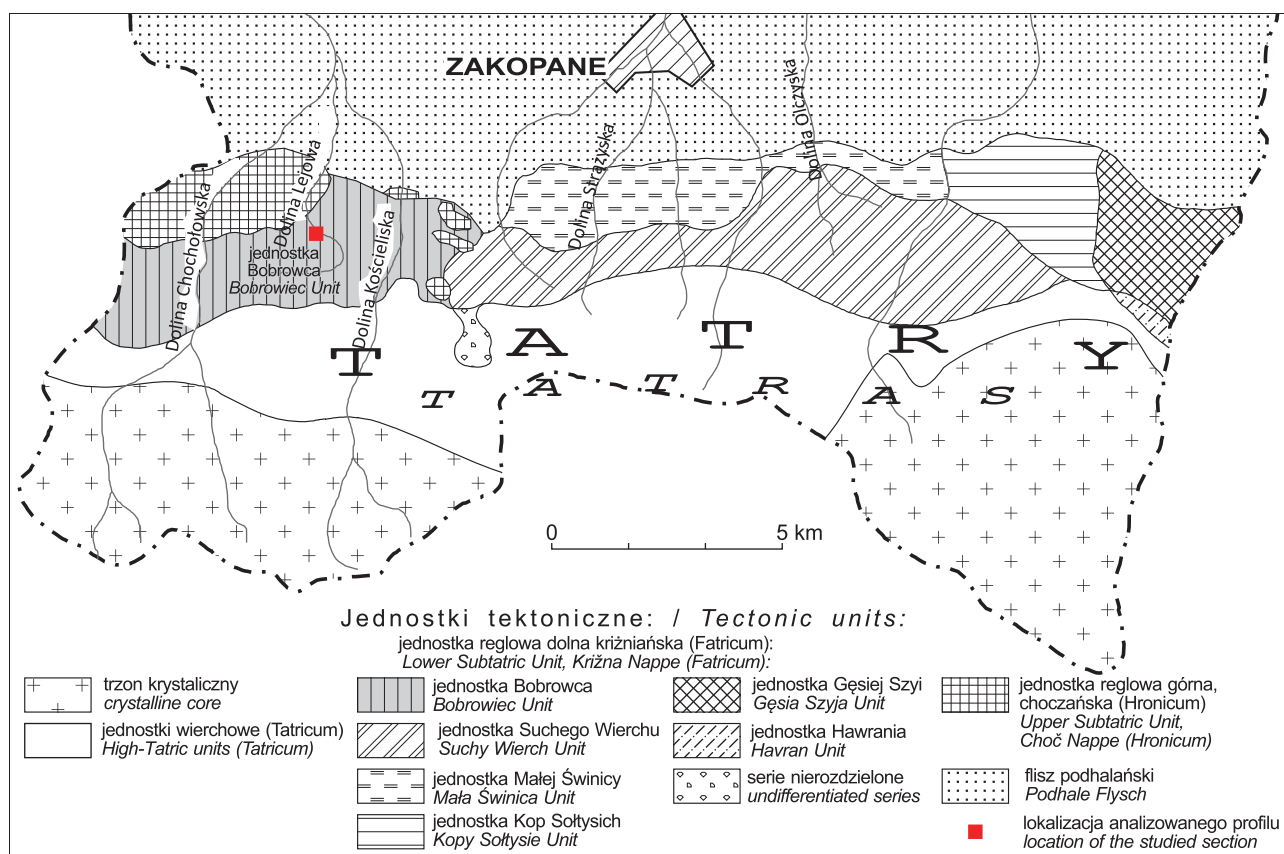
Badane osady zostały zaliczone do formacji fatrzańskiej i kopienieckiej. Analiza zespołów otwornicowych pozwoliła przyporządkować utwory formacji fatrzańskiej do retyku, a formacji kopienieckiej – do najniższej jury (Gaździcki, 1983; Iwańczuk, 2006). W formacji fatrzańskiej dominują wapienie barwy od ciemnoszarej do jasnoszarej (biomikryty i biosparyty), bogate w szczątki organiczne (ramienionogi, małżoraczki, małże, strzykwy,

wężowidła, liliowce, otwornice, koralowce). Występują także przelawienia wapieni oolitowych, piaskowców kwarcytowych oraz dolomitów. W górę profilu wyraźnie wzrasta udział materiału klastycznego (głównie kwarcu). Formację fatrzańską zamyka mułowiec wapnisty (ryc. 3). Formacja kopieniecka rozpoczyna się ogniwem klastyków podstawowych, obejmującym warstwy piaskowców wapnistych, ciemnoszarych łupków, szarych mułowców wapnistych oraz silnie zażelazionych piaskowców zawierających rozproszoną zwęgloną substancję organiczną. Kolejne ogniwo – wapienie dolne – jest reprezentowane przez jasnoszare wapienie pelitowe przechodzące stopniowo w wapienie piaszczyste (biomikrytowe) z ziarnistym glaukonitem oraz spoiwem glaukonitowym. Ogniwo iłowców głównych to szare i rdzawoczerwone łupki ilaste, ilasto-margliste i margliste oraz drobnodziarniste piaskowce o spoiwie wapnistym i żelazistym, zawierające liczne szczątki organiczne (ryc. 3). Profil kończy ogniwo wapieni górnych, w skład którego wchodzi szare wapienie płytowe bogate w faunę, głównie liliowców, oraz siwe wapienie margliste z domieszką kwarcu. Najwyższym elementem jest monotony kompleks szarych łupków marglistych (ryc. 3).

### MATERIAŁ I METODY

Praca została przygotowana na podstawie obserwacji terenowych oraz materiałów zgromadzonych w miesiącach letnich w latach 1996–1997. Z odsłonięcia pobrano 100 próbek, z których wykonano 32 płytki cienkie. Płytki analizowano przy użyciu mikroskopu optycznego Nikon SMZ1000. Charakterystykę skał węglanowych przeprowadzono zgodnie z klasyfikacjami Folka (1959, 1962) oraz Dunhama (1962), natomiast skały klastyczne scharakteryzowano wg klasyfikacji Dotta (1964) w modyfikacji Pettijohna i in. (1972).

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; [jolanta.iwan-czuk@pgi.gov.pl](mailto:jolanta.iwan-czuk@pgi.gov.pl); ORCID ID: 0000-0002-4361-2336



**Ryc. 1.** Lokalizacja badanego odsłonięcia górnego triasu i dolnej jury na tle tektonicznych Tatr Polskich (za Bac-Moszaszwili i in., 1979, zmodyfikowana)

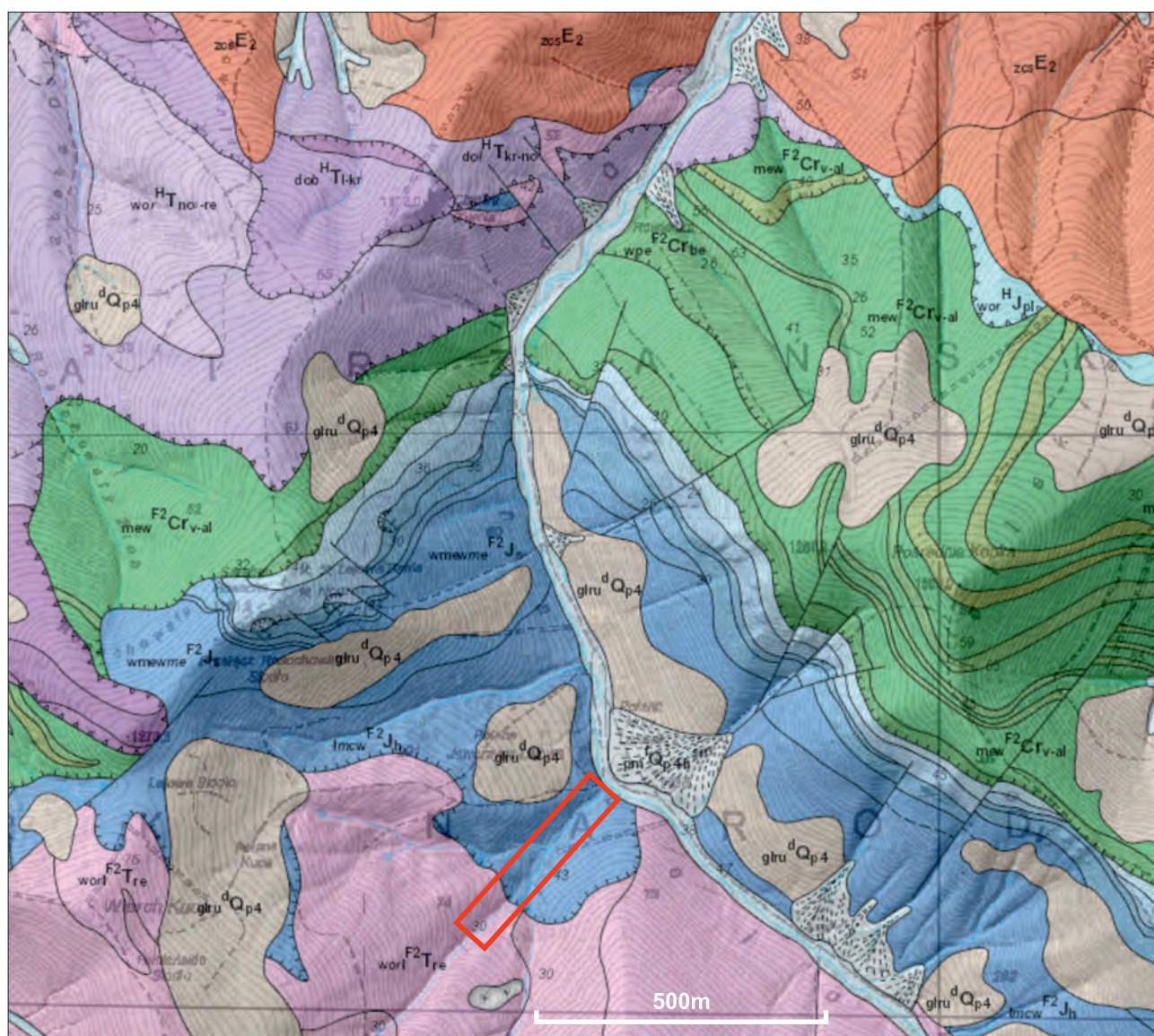
**Fig. 1.** Location of the studied Upper Triassic and Lower Jurassic exposure against the tectonic background of the Polish Tatra Mountains (after Bac-Moszaszwili et al., 1979, modified)

## WYNIKI BADAŃ

Na podstawie obserwacji terenowych oraz badań mikroskopowych w badanym profilu wyróżniono następujące facje: wapienie organodetrytyczne, oolitowe, onkolitowe, oolitowo-onkolitowe, organogeniczne (małżowo-ramienionogowe), pelitowe, dolomityczne, ilaste, ilasto-margliste, margliste oraz piaszczyste (ryc. 4).

**Wapienie organodetrytyczne** zawierają różnorodne składniki ziarniste, takie jak: bioklasty, intraklasty, grudki agregacyjne, nieliczne ooidy, onkoidy oraz ziarna kwarcu. Często obecne są drobne, niepokruszone organizmy, głównie otwornice. Największe znaczenie skałotwórcze mają jednak szczątki ramienionogów, człony łodyg liliowców oraz otwornice. Mikroskopowo wapienie te reprezentują biosparyty, biomikryty, bioonkosparyty i intrasparyty. W formacji fatrzańskiej facja ta występuje w całym profilu (ryc. 5A). W formacji kopienieckiej pojawia się jako wkładki w piaskowcach i kompleksach ilasto-marglistych, często w formie wapieni piaszczystych (ryc. 5B). **Facja oolitowa** charakteryzuje się przewagą ooidów nad innymi składnikami, które różnią się między sobą wielkością (o średnicy od 0,3 do 1 mm), a także obecnością lub brakiem jądra (ryc. 5C). **Facja onkoidowa** jest reprezentowana przez różnorodne struktury: naskorupienia, powłoki oraz onkoidy. Onkoidy mają średnicę od 1 do 2 mm, są zbudowane z ciemnego mikrytu, ułożonego w niewyraźne koncentryczne warstwy oblekające jądro, które często nie jest centralnie usytuowane. Wyjątkowym zjawiskiem są onkoidy szamozytowe występujące w dolnej części warstwy 18.

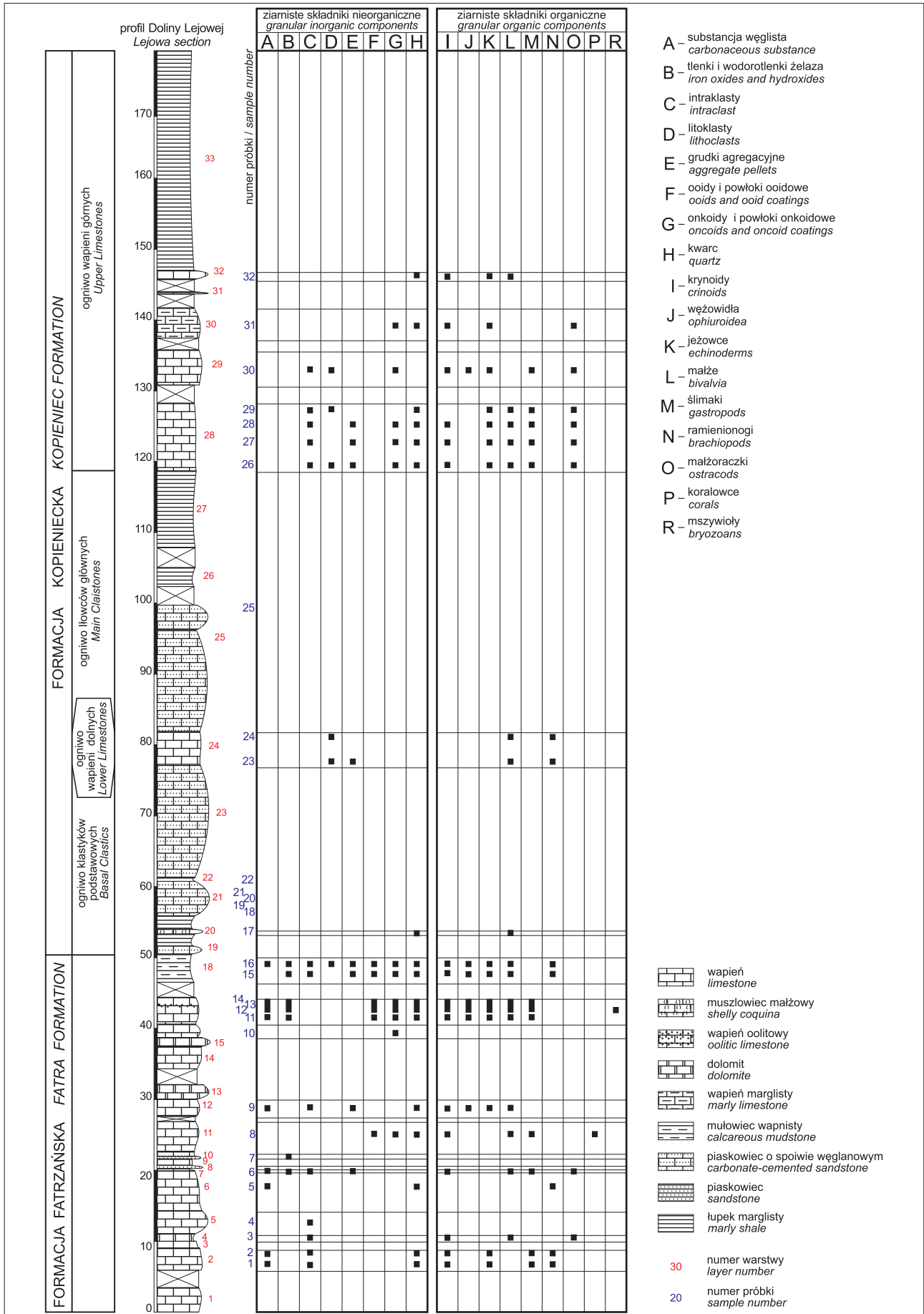
Ich cechą szczególną są koncentryczne laminy, składające się głównie z glinokrzemianów żelaza (szamozyt, berthierin), które zostały określone na podstawie własności optycznych; barwy od szarozielonej do zielonożółtej, niskim pleochroizmem, niskimi barwami interferencyjnymi oraz umiarkowanym reliefem. Są to zazwyczaj zaokrąglone ziarna o średnicy od kilku dziesiątych milimetra do kilku milimetrów, formowane w warunkach suboksydacyjnych z udziałem biofilmów mikrobiologicznych, które sprzyjały wytrącaniu minerałów żelaza (Kozłowska i in., 2021; Schirmbeck i in., 2024). Pierwotnie były to najprawdopodobniej onkoidy węglanowe (ryc. 6A–F). **Facja oolitowo-onkoidowa** charakteryzuje się jednoczesnym występowaniem form oolitowych oraz onkoidowych, powstałych na skutek zmian czynników środowiskowych, np. przechodzenia od chemicznego do organicznego mechanizmu wzrostu. Efektem tego są ooidy obrośnięte przez narośla sinicowe lub mikroonkoidy pokryte powłokami oolitowymi (ryc. 5D). Utwory **facji ramienionogowo-małżowej** na obszarze Tatr zostały opisane przez Goetla (1917), Gaździckiego (1974, 1983), Gaździckiego i in. (1979), Michalika i Jendrejáková, (1978) oraz Michalika i in. (1991). Głównym składnikiem tych wapieni są pokruszone skorupy ramienionogów z gatunku *Rhaetina gregaria* oraz małży (ryc. 5E). **Facja wapieni pelitowych** ma postaci wyraźnie uławiconych, jasnoszarych wapieni wzbogaconych domieszką drobnych szczątków organicznych (ryc. 5F). Jasnoszare, twarde dolomity lub wapienie dolomityczne, niezawierające szczątków fauny, tworzą **fację dolomityczną**,



glru <sup>d</sup> Q <sub>p4</sub>	pleistocen <i>Pleistocene</i>	mew <sup>F2</sup> Cr <sub>v-al</sub>	kreda dolna <i>Lower Cretaceous</i>	<b>seria reglowa górna</b> <b><i>Upper Subatric series</i></b>	
pm <sup>f</sup> Q <sub>p4-h</sub>	pleistocen–holocen <i>Pleistocene–Holocene</i>	wspwrc <sup>F2</sup> J <sub>pl</sub>	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>	worl <sup>H</sup> J <sub>pl</sub>	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>
zcsE <sub>2</sub>	eocen <i>Eocene</i>	wmi <sup>F2</sup> J <sub>pl</sub>	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>	worl <sup>H</sup> T <sub>no-re</sub>	trias górny <i>Upper Triassic</i>
zccE <sub>2</sub>	eocen <i>Eocene</i>	wmewme <sup>F2</sup> J <sub>s</sub>	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>	do <sup>H</sup> T <sub>kr-no</sub>	trias górny <i>Upper Triassic</i>
<b>seria reglowa dolna</b> <b><i>Lower Subatric series</i></b>		łmcw <sup>F2</sup> J <sub>h</sub>	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>	dob <sup>H</sup> T <sub>l-kr</sub>	trias środkowy–górny <i>Middle to Upper Triassic</i>
wm <sup>F2</sup> Cr <sub>ho</sub>	kreda dolna <i>Lower Cretaceous</i>	worl <sup>F2</sup> T <sub>re</sub>	trias górny <i>Upper Triassic</i>		
wpe <sup>F2</sup> Cr <sub>be</sub>	kreda dolna <i>Lower Cretaceous</i>	łmcpc <sup>F2</sup> T <sub>kr-n</sub>	trias górny <i>Upper Triassic</i>		

Ryc. 2. Fragment Mapy Geologicznej Tatr Polskich w skali 1 : 200 000, ark. Tatry Zachodnie (Piotrowska i in., 1997) z zaznaczonym badanym profilem

Fig. 2. Excerpt from the Geological Map of the Polish Tatra Mountains at a scale of 1 : 200 000, Tatra Zachodnie sheet (Piotrowska et al., 1997) with the studied profile marked

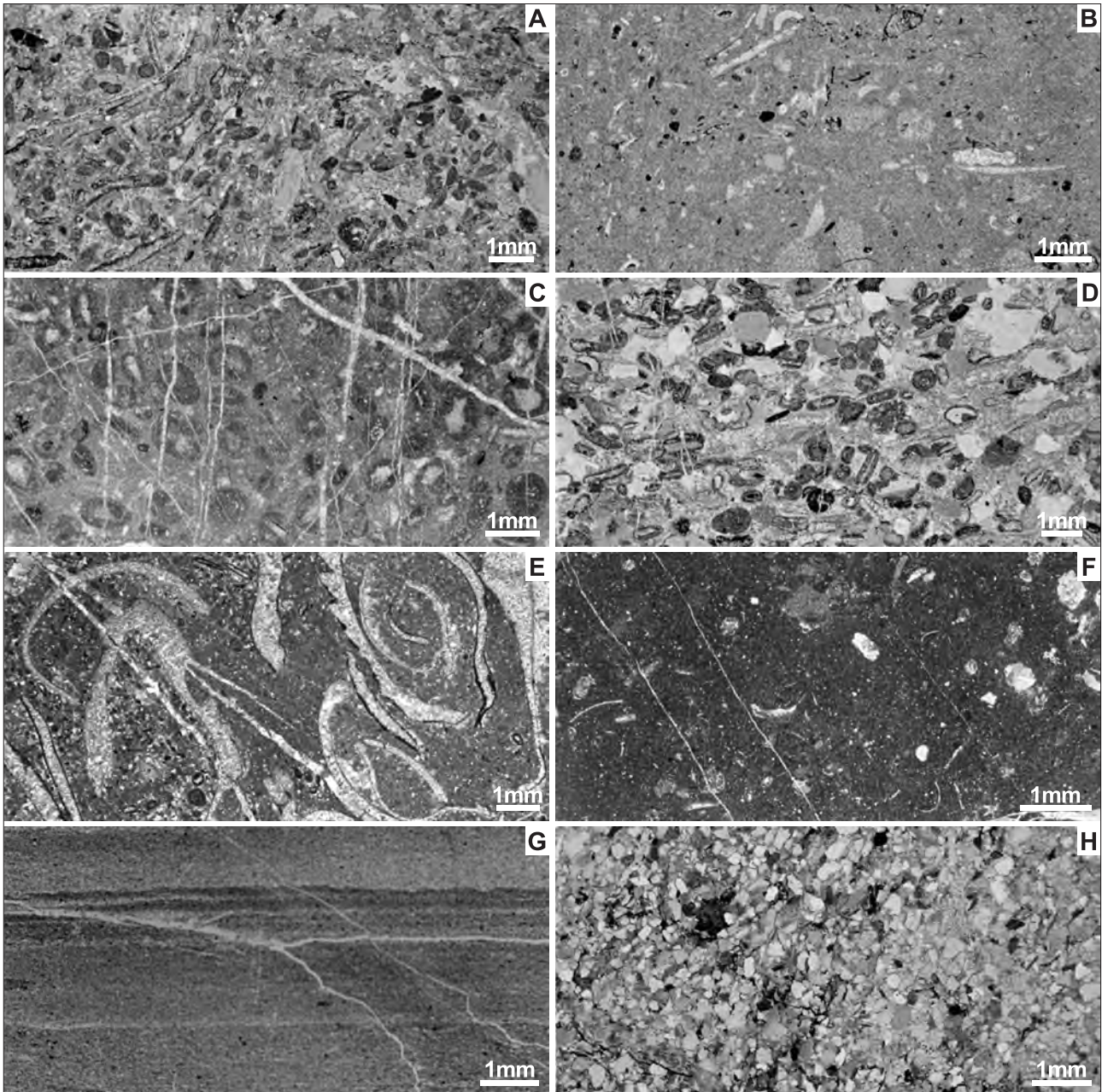


Ryc. 3. Szczegółowy profil litologiczny w Dolinie Lejowej, wraz z składnikami ziarnistymi (za Iwańczuk, 2006, zmodyfikowane)  
Fig. 3. Detailed lithological profile in the Lejowa Valley, including grain components (after Iwańczuk, 2006, modified)

	facja / facies	środowisko sedimentacji / <i>sedimentary environment</i>	
numer warstwy (patrz Ryc. 3) / layer number (see Fig. 3)	33	ilasto-marglista <i>clay-marly</i>	otwarte morze, szelf poniżej podstawy falowania burzowego, cykliczna sedimentacja dostawy materiału z lądu <i>open sea, shelf below the storm wave base, cyclical sedimentation with supply of material from land</i>
	32	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania <i>open sea, within the wave action zone</i>
	31	wapieni marglistych <i>marly limestones</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania <i>open sea, within the wave action zone</i>
	30	wapieni marglistych <i>marly limestones</i> wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania <i>open sea, within the wave action zone</i>
	29	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania burzowego <i>open sea, within the storm wave action zone</i>
	28	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania burzowego <i>open sea, within the storm wave action zone</i>
	27	ilasto-marglista <i>clay-marly</i>	otwarte morze, poniżej strefy falowania burzowego <i>open sea, shelf below the storm wave base</i>
	26	ilasta <i>clay</i>	otwarte morze, poniżej strefy falowania burzowego <i>open sea, shelf below the storm wave base</i>
	25	piaszczysta <i>sandy</i> ilasta <i>clay</i>	otwarte morze z cykliczną dostawą materiału klastycznego, w strefie falowania burzowego, i prądów dennych <i>open sea with cyclical supply of clastic material, within the storm wave zone and bottom currents</i>
	24	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i> wapieni pelitowych <i>pelitic limestones</i>	otwarte morze w zasięgu falowania burzowego i prądów dennych <i>open sea within the storm wave zone and bottom currents</i>
	23	piaszczysta <i>sandy</i>	otwarte morze z cykliczną dostawą materiału klastycznego, w strefie falowania burzowego, i prądów dennych <i>open sea with cyclical supply of clastic material, within the storm wave zone and bottom currents</i>
	22	ilasto-marglista <i>clay-marly</i>	otwarte morze, w zasięgu falowania burzowego <i>open sea, within the storm wave action zone</i>
	21	piaszczysta <i>sandy</i>	otwarte morze z cykliczną dostawą materiału klastycznego, w strefie falowania burzowego, i prądów dennych <i>open sea with cyclical supply of clastic material, within the storm wave zone and bottom currents</i>
	20	ilasta <i>clay</i> ramieniogowo-małowia <i>brachiopod-bivalve</i>	otwarte morze, sporadycznie w zasięgu falowania burzowego <i>open sea, occasionally within the storm wave action zone</i>
	19	piaszczysta <i>sandy</i>	otwarte morze z cykliczną dostawą materiału klastycznego, w strefie falowania burzowego <i>open sea with cyclical supply of clastic material, within the storm wave zone</i>
	18	onkoidowa <i>oncoid</i> wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	spąg warstwy – lądowe pod wpływem wód słodkich, strop warstwy – przybrzeżne z dużą energią środowiska <i>bottom of the layer – terrestrial under the influence of freshwater, top of the layer – coastal with high-energy environment</i>
	17	oolitowa <i>oolitic</i> oolitowo-onkoidowa <i>oolidal-oncoidal</i>	przybrzeżne z dużą energią środowiska, w zasięgu falowania <i>coastal with a high-energy environment, within the wave action zone</i>
	16	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i> ramieniogowo-małowia <i>brachiopod-bivalve</i>	skłon wyniesienia w obrebie laguny, poniżej podstawy falowania <i>elevation slope within the lagoon, below the wave base</i>
	15	dolomityczna <i>dolomitic</i>	zamknięta laguna, wysokie zasolenie <i>enclosed lagoon, high salinity</i>
	14	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	otwarte morze lub częściowo zamknięta laguna, poniżej poziomu falowania <i>open sea or partially enclosed lagoon, below the wave base</i>
13	dolomityczna <i>dolomitic</i>	zamknięta laguna, wysokie zasolenie <i>enclosed lagoon, high salinity</i>	
12	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	skłon wyniesienia od strony laguny, poniżej poziomu falowania, wysokie zasolenie <i>slope of an elevation on the lagoon side, below the wave base, with high salinity</i>	
11	oolitowo-onkoidowa <i>oolitic-oncolitic</i>	wyniesienie – duża energia środowiska, w zasięgu falowania, hypersalinarne warunki <i>elevation – high-energy environment, within the wave action zone, hypersaline conditions</i>	
10	piaszczysta <i>sandy</i>	wyniesienie, w zasięgu falowania <i>elevation, within the wave action zone</i>	
9	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	laguna, niska energia środowiska <i>lagoon, low-energy environment</i>	
8	piaszczysta <i>sandy</i>	wyniesienie, w zasięgu falowania <i>elevation, within the wave action zone</i>	
7	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	laguna, niska energia środowiska, podwyższone zasolenie <i>lagoon, low-energy environment, increased salinity</i>	
6	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	wyniesienie – duża energia środowiska, w zasięgu falowania <i>elevation – high-energy environment, within the wave action zone</i>	
5	wapieni pelitowych <i>pelitic limestones</i>	laguna, niska energia środowiska <i>lagoon, low-energy environment</i>	
4	wapieni pelitowych <i>pelitic limestones</i>	strefa pływowa - widoczne ślady po rozmyciach, podwyższone zasolenie <i>tidal zone – visible erosion traces, increased salinity</i>	
3	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	wysoka energia środowiska, w zasięgu falowania <i>high-energy environment, within the wave action zone</i>	
2	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	laguna, niska energia środowiska, podwyższone zasolenie <i>lagoon, low-energy environment, increased salinity</i>	
1	wapieni organodetrycznych <i>organodetrital limestones</i>	wysoka energia środowiska, w zasięgu falowania <i>high-energy environment, within the wave action zone</i>	

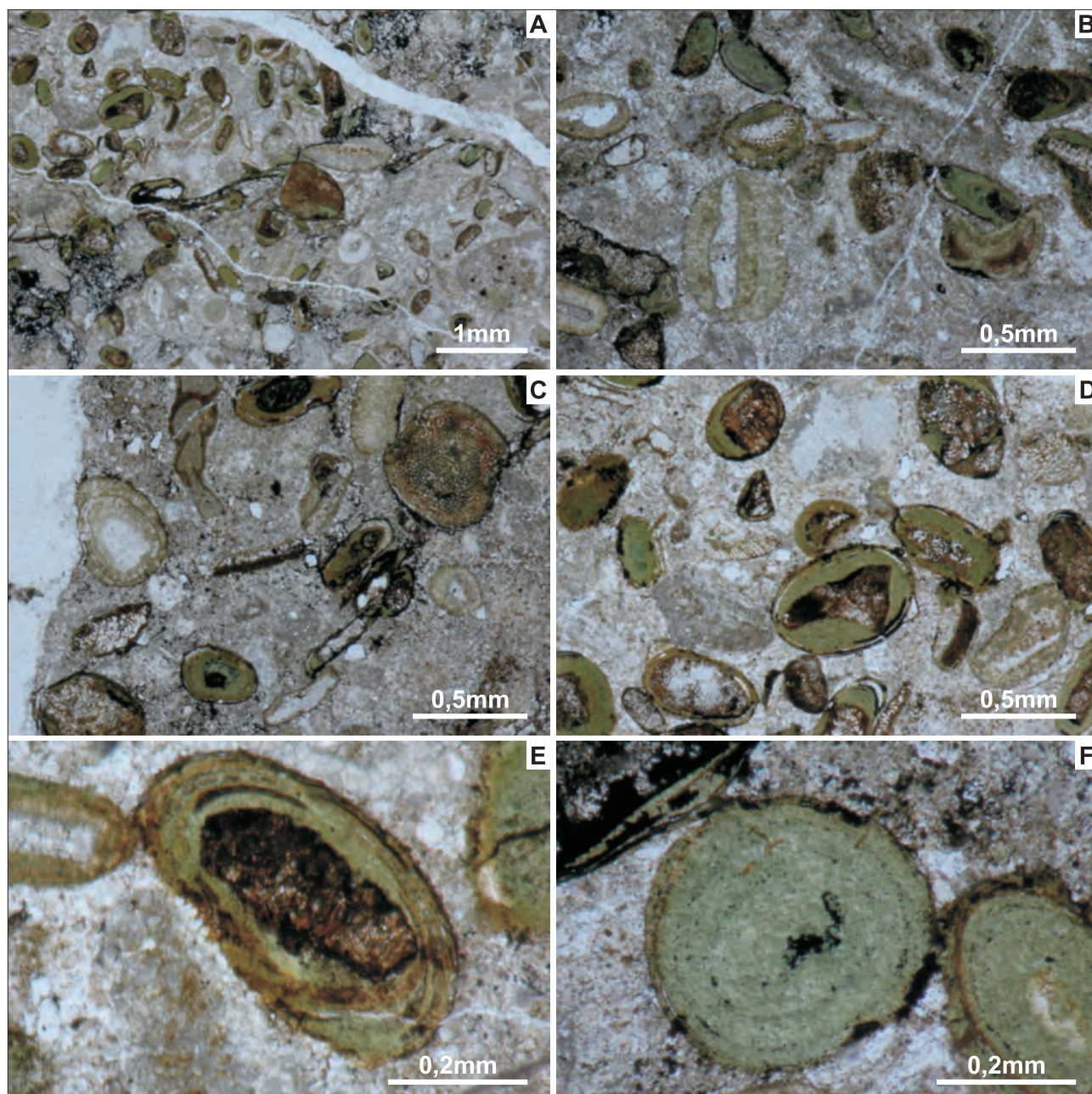
Ryc. 4. Facje ze środowiskami sedimentacyjnymi w profilu Doliny Lejowej (za Iwańczuk, 2006, zmodyfikowane)

Fig. 4. Facies and sedimentary environments in the Lejowa Valley (after Iwańczuk, 2006, modified)



**Ryc. 5.** **A** – facja wapieni organodetrytycznych. Intramikryt na pograniczu intrasparytu. Liczne otwornice z rodzajów *Glomospirella* i *Agathammina* (Iwańczuk, 2006) oraz fragmenty muszli małżów oraz onkoidy, warstwa 12. Formacja fatrzańska (retyk). **B** – facja wapieni organodetrytycznych. Biomicryt. Fragmenty potrzaskanych muszli małżów, otwornice z rodziny Nodosariidae Ehrenberg oraz fragmenty glonów, warstwa 28. Formacja kopieniecka, ogniwo wapieni górnych (hettang–synemur). **C** – facja onkoidowa. Oomicryt, warstwa 17. Formacja fatrzańska (retyk). **D** – facja oolitowo-onkoidowa. Oosparyt krynoidowy. Szczątki szkarłupni występują jako jądra oraz luźno w osadzie, ooidy, nieliczne onkoidy, warstwa 11. Formacja fatrzańska (retyk). **E** – facja ramienionogowo-małżowa. Biomicryt małżowy. Muszle małżów gruboskorupowych częściowo pokryte naskorupieniami onkoidowymi, warstwa 16. Formacja fatrzańska (retyk). **F** – facja wapieni pelitowych. Mikryt. Nieliczne szczątki organiczne, oraz żyłki kalcytowe, warstwa 4. Formacja fatrzańska (retyk). **G** – facja ilasto-marglista. Mułowiec wapnisty, widoczne jest uziarnienie frakcjonalne, składniki ziarniste (kwarc oraz łuszczyki) ułożone są skośnie, warstwa 22. Formacja kopieniecka, ogniwo klastyków podstawowych (hettang–synemur). **H** – facja piaszczysta. Arenit kwarcowy o spoiwie kalcytowym, warstwa 25. Formacja kopieniecka, ogniwo ilowców głównych (hettang–synemur)

**Fig. 5.** **A** – facies of organodetrital limestones. Intramicrite at the boundary with intrasparsite. Numerous foraminifera of the genera *Glomospirella* and *Agathammina*, as well as fragments of bivalve shells and oncoids. Layer 12. Fatra Formation (Rhaetian). **B** – facies of organodetrital limestones. Biomicrite. Fragments of broken bivalve shells, foraminifera from the family Nodosariidae Ehrenberg, and algal fragments. Layer 28. Kopieniec Formation, Upper Limestone Member (Hettangian–Sinemurian). **C** – oncoids facies. Oomicrite. Layer 17. Fatra Formation (Rhaetian). **D** – ooidal-oncoidal facies. Crinoidal oospirite. Echinoderm remains appear both as nuclei and loosely within the sediment, along with ooids and sparse oncoids. Layer 11. Fatra Formation (Rhaetian). **E** – brachiopod-bivalve facies. Bivalve biomicrite. Thick-shelled bivalve shells partially covered with oncoidal encrustations. Layer 16. Fatra Formation (Rhaetian). **F** – pelitic limestone facies. Micrite. Sparse organic remains and calcite veins. Layer 4. Fatra Formation (Rhaetian). **G** – clayey-marly facies. Calcareous mudstone with visible fractional grain-size distribution. Granular components (quartz and micas) are arranged obliquely. Layer 22. Kopieniec Formation, Basal Clastics Member (Hettangian–Sinemurian). **H** – sandy facies. Quartz arenite with calcite cement. Layer 25. Kopieniec Formation, Main Mudstone Member (Hettangian–Sinemurian)



**Ryc. 6.** Facja wapieni onkoidowych. **A** – onkoidy szamozytowe przemieszane z fragmentami szkarłupni; **B** – podłużne onkoidy szamozytowe oraz powłoki szamozytowe na fragmentach szkarłupni; **C** – otwornica z rodziny Nodosariidae oraz niezidentyfikowane ziarna w powłokach szamozytowych; **D** – onkoidy szamozytowe z jądrami z pokruszonych szczątków szkarłupni; **E** – onkoid szamozytowy z nieokreślonym jądrem z widocznymi liniami przyrostowymi; **F** – onkoid szamozytowy pozbawiony jądra z widocznymi liniami przyrostowymi podkreślonymi przez substancje organiczną

**Fig. 6.** Oncoidal limestone facies. **A** – chamosite oncoids mixed with echinoderm fragments; **B** – elongated chamosite oncoids and chamosite coatings on echinoderm fragments; **C** – foraminifera from the family Nodosariidae and unidentified grains within chamosite coatings; **D** – chamosite oncoids with nuclei composed of crushed echinoderm remains; **E** – chamosite oncooid with an unidentified nucleus, showing visible growth lines; **F** – chamosite oncooid without a nucleus, with visible growth lines emphasized by organic matter

pojawiają się w dwóch warstwach formacji kopienieckiej. **Facja ilasta** została opisana przez Goetla (1911, 1917) jako „facja szwabska”. Są to ciemne łupki ilaste, często czarne, sinozielone, niekiedy czerwone. Duża ilość uwęglonej materii organicznej nadaje im charakterystyczną ciemną barwę. Są to typowe osady dla formacji fatrzańskiej, często rozdziela ją wapienie lub mułowce margliste. Czarne lub ciemnoszare łupki ilaste, zawierające liczne palinomorfy (Hołda, 2002; Gaździcki i in., 2006). **Fację ilasto-marglistą** reprezentują najbardziej charakterystyczne osady formacji kopienieckiej – łupki ilasto-margliste

o barwie beżowo-szarej, wietrzejące na żółto. Współwystępują one z utworami facji piaszczystej i ilastej, tworząc fliżopodobne osady tzw. facji gresteńskiej (Uhlig, 1897; Goetel, 1911, 1917). Intensywna sedymentacja materiału terygenicznego tworzyła niesprzyjające warunki dla rozwoju fauny, stąd w tych osadach występują nieliczne małże i małżoraczki (ryc. 5G). **Facja wapieni marglistych** w profilu Doliny Lejowej jest wykształcona jako zwarty pakiet siwych marglistych wapieni. W literaturze jest określana jako ciemne osady margliste towarzyszące facji ilasto-marglistej formacji kopienieckiej (Goetel, 1917; Gaździcki,

1974; Gaździcki, Iwanow, 1976). **Fację piaszczystą** tworzą wyraźnie uławiczone piaskowce. Są to arenity oraz waki lityczne i kwarcowe, najczęściej o spoiwie węglanowym lub węglanowo-żelazistym. Dominującym składnikiem jest kwarc detrytyczny, przeważają ostrokrawędziste ziarna o rozmiarach od 0,1 mm do 1,5 mm, średnio 0,4 mm (ryc. 5H). Mikroskopowa analiza ziaren kwarcu wykazała faliste wygaszanie światła, co jest charakterystyczne dla kwarcu pochodzenia metamorficznego. Z fauny w piaskowcach stwierdzono jedynie nieliczne fragmenty skorup małży oraz skamieniałości śladowe (Uchman, 1991).

## INTERPRETACJA I Dyskusja

W niniejszej pracy podjęto próbę rekonstrukcji warunków środowiskowych, w jakich były deponowane osady w profilu Doliny Lejowej, na podstawie analizy cech litologicznych, składu komponentów w obrębie mikrofacji oraz zawartej fauny i flory, w szczególności fauny otwornicowej (ryc. 3). Obserwacje te skonfrontowano z wynikami wcześniejszych badań przeprowadzonych w obrębie retyku i liasu jednostki regłowej dolnej oraz wierzchowej Tatr Polskich i Słowackich (Radwański, 1968; Gaździcki, 1974, 1983; Gaździcki i in., 1979; Michalik i in., 1991).

Analizowany profil (Michalik, Jendrejáková, 1978) znajdował się na północno-zachodnim skraju Tetydy, w obrębie płytkiego, szelfowego morza o zróżnicowanej morfologii dna. Rodzaj i skład osadów odzwierciedla bliskość obszarów lądowych, wpływ prądów przydennych oraz intensywność falowania zarówno normalnego, jak i sztormowego (Plašienka, 2003; Tomašových, 2004). Niższa część profilu (warstwy 1–18), składa się głównie z wapieni organodetrytycznych i pelitowych, które charakteryzują się bogatą fauną, obejmującą m.in.: ramienionogi, małże, igły gąbek, szczątki szkarłupni i otwornice. Obecność kwarcu oraz muskowitu wskazuje na okresowe dostawy materiału klastycznego z obszarów lądowych. Obecność wapieni oolitowych w warstwach 11 i 17 wyraźnie wskazuje na płytkie, wysokoenergetyczne środowisko, analogiczne do współczesnych miejsc powstawania tego typu ziaren u wybrzeży Florydy czy Bahamów (Flügel, Kirchmayer, 1962; Fabricius, 1977; Flügel, 2004). Występowanie onkoidów, szczególnie w warstwach 11, 17 i 18, wskazuje na spokojniejsze warunki sedimentacji. Proces ich formowania jest związany z działalnością sinic w płytkich, okresowo osłoniętych od falowania obszarach przybrzeżnych. Różnorodność tła osadowego (mikrytowe i sparytowe), w jakim znajdują się onkoidy oraz obecność pokruszonych fragmentów organizmów sugeruje zarówno środowisko pierwotnej depozycji, jak i ich redepozycję, wynikającą z aktywności prądów morskich (Tomašových, 2004). Onkoidy szamozytowe zatopione w mikrytowym tle, z warstwy 18, są zapisem maksymalnej regresji morskiej. Transformacja pierwotnych onkoidów węglanowych w żelaziste (szamozytowe) jest konsekwencją wynurzenia dna morskiego i kontaktu osadów z wodami słodkimi (Einsele, 1992). Ich występowanie jest charakterystycznym wskaźnikiem płytkowodnych środowisk przejściowych o cyklicznym charakterze regresywno-transgresywnym (Kozłowska i in., 2021).

Osady formacji kopienieckiej odzwierciedlają zmiany środowiskowe związane z końcem triasu i początkiem jury. Zauważalny jest wzrost dopływu materiału klastycznego, o rytmicznym charakterze sedimentacji, a także zwiększony udział kwarcu o słabym stopniu obtoczenia, co świadczy o bliskości źródła materiału alimentacyjnego (Basu i in., 1975).

W wyniku transgresji morskiej doszło do nagromadzenia osadów ilasto-marglistych, typowych dla sedimentacji zachodzącej w głębszych partiach zbiornika. Jednocześnie zakończyła się sedimentacja piaszczysta, towarzysząca wcześniejszym etapom rozwoju basenu. Cykliczne dostawy materiału ilastego z lądu zostały zapisane w postaci ciemnych, fliszopodobnych osadów z wkładkami wapieni (Gaździcki, 1983).

Uboży skład faunistyczny wapieni górnej części dolnej jury, zdominowany przez małże, małżoraczki oraz proste glony, wskazuje na pogorszenie warunków środowiskowych, związane ze wzmożoną dostawą materiału klastycznego z pobliskich lądów. Przemieszczanie się osadów wraz ze szczątkami organizmów zasiedlających różne nisze ekologiczne potwierdza obecność intensywnych prądów przydennych oraz epizodów falowania sztormowego.

## WNIOSKI

1. Profil Doliny Lejowej reprezentuje płytkowodne środowisko wewnątrzplatformowe na północno-zachodnim obrzeżu Tetydy. Głębokość tego zbiornika na przełomie triasu i jury wielokrotnie się zmieniała, wahając się od kilku do kilkudziesięciu metrów, co było związane z eustaticznymi zmianami poziomu morza lub subsydencją wynikającą z ruchów tektonicznych wczesnej fazy kimeryjskiej.

2. Zidentyfikowane facje wapieni oolitowych, oolitowo-onkoidowych oraz onkoidowych wskazują na dynamiczne zmiany środowiska sedimentacyjnego – od wysokoenergetycznych obszarów eksponowanych na falowanie po spokojne, okresowo izolowane od otwartego morza obszary lagunowe, sprzyjające rozwojowi sinic.

3. Obecność ooidów szamozytowych stanowi kluczowy wskaźnik maksymalnej regresji morza oraz okresowego kontaktu osadów z wodami lądowymi, bogatymi w związki żelaza.

4. Przejście od dominujących osadów węglanowych formacji fatrzańskiej do osadów klastycznych formacji kopienieckiej dokumentuje zmiany środowiskowe związane z wahaniami klimatu na przełomie triasu i jury, polegające na przejściu od warunków subtropikalnych do klimatu umiarkowanego, charakteryzującego się niewielkimi wahaniami temperatury oraz wysokimi opadami atmosferycznymi.

5. Uboższy zespół faunistyczny w dolnojurajskich osadach formacji kopienieckiej, zdominowany przez małże i małżoraczki, jest efektem trudnych warunków środowiskowych, w tym zwiększonego dopływu materiału terygenicznego z pobliskich obszarów lądowych oraz niekorzystnego składu chemicznego wód morskich, ograniczającego rozwój bardziej wymagających grup organizmów.

Składam ogromne podziękowania dla Pani dr hab. Katarzyny Jarmołowicz-Szulc oraz anonimowego Recenzenta za ich uwagi, które pozwoliły mi ulepszyć tę pracę.

## LITERATURA

- BAC-MOSZASZWILI M., BURHARDT J., GŁĄZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI A., WESWTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979 – Mapa Geologiczna Tatr 1 : 30 000. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- BASU A., YOUNG S.W., SUTTNER L.J., JAMES W.C., MACK G.H. 1975 – Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. *Journal Sedimentary Petrology*, 45 (4): 873–882.
- DOTT R.H. 1964 – Ancient deltaic sedimentation in eugeosynclinal belts. *Development in Sedimentology*, 1: 105–113.
- DUNHAM R.J. 1962 – Classification of carbonate rocks according to depositional texture. [W:] Ham W.E. (red.), *Classification of carbonate rocks – a symposium*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1: 108–121.
- EINSELE G. 1992 – *Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York.
- FABRICIUS F.H. 1977 – Origin of marine ooids and grapestones. *Contributions to Sedimentology*, 7.
- FLÜGEL E. 2004 – *Microfacies of Carbonate Rock*. Springer, Berlin–Heidelberg–New York.
- FLÜGEL E., KIRCHMAJER M. 1962 – Zur Terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudooide. *Neues Jahrbuch für Geologie. Monatsh.*, 3. Stuttgart.
- FOLK R.L. 1959 – Practical petrographical classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43 (1): 1–38.
- FOLK R.L. 1962 – Spectral subdivision of limestone types. [W:] Ham W.E. (red.), *Classification of carbonate rocks – a symposium*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1: 62–84.
- GAŹDZICKI A. 1974 – Rhaetic microfacies, stratigraphy and facial development in the Tatra Mts. *Acta Geologica Polonica*, 24 (1): 17–96.
- GAŹDZICKI A. 1983 – Foraminifers and biostratigraphy of Upper Triassic and Lower Jurassic of the Slovakian and Polish Carpathians. *Palaeontologia Polonica*, 44: 109–169.
- GAŹDZICKI A., IWANOW A. 1976 – The Diachronism of the Rhaetic and “Gresten” Beds in the Tatra Mts. (West Carpathians). *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, Série des Sciences de la Terre*, 24 (2): 117–122.
- GAŹDZICKI A., MICHALIK J., PLANDEROVÁ E., SÝKORA M. 1979 – An Upper Triassic–Lower Jurassic sequence in the Krizna nappe (West Tatra Mountains, West Carpathians, Czechoslovakia). *Západné Karpaty, sér. geológia*, 5: 119–148, Geologický ústav D. Štura, Bratislava.
- GAŹDZICKI A., WAKSMUNDZKA M., HOŁDA-MICHALSKA A. 2006 – Rhaetic/Hettangian palynomorphs of the Tatra Mountains (West Carpathians). *Volumina Jurassica*, 4: 280–281.
- GOETEL W. 1911 – Tymczasowa wzmianka o recie tatrzańskim. *Kosmos*, 35: 245–250.
- GOETEL W. 1917 – Die rhaetische Stufe und der unterste Lias der sub-tatratischen Zone in der Tatra. *Bull. Acad. Sci. Crac., Cl. Sci. Math.-Nat., ser. A*: 1–222.
- GUZIK K., KOTAŃSKI Z. 1963 – Tektonika regli zakopiańskich. *Acta Geologica Polonica*, 13 (3–4): 412–424.
- HOŁDA A. 2002 – Mikroskamieniałości późnego triasu i wczesnej jury jednostki krizniańskiej Tatr Polskich. [W:] Borowiec W., Kotarba A., Kownacki A., Krzan Z., Mirek Z. (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr. Tatrzański Park Narodowy, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi*. Kraków–Zakopane.
- IWAŃCZUK J. 2006 – Jura dolna płaszczowiny krizniańskiej pomiędzy Doliną Kościeliską a Doliną Lejową w Tatrach. *Praca magisterska, Archiwum Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego*.
- KOZŁOWSKA A., FELDMAN-OLSZEWSKA A., KUBERSKA M., MALISZEWSKA A. 2021 – Diagenesis and the Conditions of Deposition of the Middle Jurassic Siderite Rocks from the Northern Margin of the Holy Cross Mountains (Poland). *Minerals*, 11: 1–35.
- MICHALIK J., IORDAN M., RADULOVIC V., TCHOUMATCHENCO P.V., VÖRÖS A. 1991 – Brachiopods faunas of the Triassic–Jurassic boundary interval in the Neotethyan realm. *Geologica Carpathica*, 42: 59–63.
- MICHALIK J., JENDREJÁKOVÁ O. 1978 – Organism communities and biofacies of the Fatra member (uppermost Triassic, Fatric, Kössen formation) in the West Carpathians. *Geologický Zborník – Geologica Carpathica*, 29 (1): 113–137.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.E., SIEVER R. 1972 – *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York.
- PIOTROWSKA K., KOTAŃSKI Z., PIOTROWSKI J. 1997 – Mapa geologiczna Tatr Polskich 1 : 200 000, ark. Tatry Zachodnie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- PLAŠIENKA D. 2003 – Dynamics of Mesozoic pre-orogenic rifting in the Western Carpathians. *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 94: 79–98.
- RADWAŃSKI A. 1968 – Studium petrograficzne i sedymentologiczne retyku wierchowego Tatr. *Studia Geologica Polonica*, 25: 1–146.
- SCHIRMBECK M.M., RODRIGUES A.G., BORGHI L., DE ROS L.F. 2024 – Berthierine/chamosite ooids and associated phases in Devonian deposits of the Parnaíba Basin, Brazil: genesis and diagenetic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 147; <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2024.105051>
- TOMAŠOWYCH A. 2004 – Microfacies and depositional environment of Upper Triassic intra-platform carbonate basin: the Fatric Unit of the West Carpathians (Slovakia). *Facies*. Springer-Verlag.
- UCHMAN A. 1991 – Isopodichnus and other trace fossils from marine Kopieniec Formation (Rhaetic–Sinemurian) in the Tatra Mts., Poland. *Geologica Carpathica*, 42 (2): 117–121.
- UHLIG V. 1897 – Die Geologie des Tatrgebirges. *Denkschr. Ak. Wiss. Math.-Nat. Cl.*, 64: 643–684, Wien.

Praca wpłynęła do redakcji 14.03.2025 r.  
Akceptowano do druku 25.03.2025 r.