

Dominik Witkowski 

Uniwersytet Łódźski, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych

E-mail: dominik.witkowski@edu.uni.lodz.pl



Zróżnicowanie petrograficzne piaskowców jurajskich z Jaziej Góry koło Opoczna, Polska Środkowa

Petrographic differentiation of Jurassic sandstones from the Jazia Góra near Opoczno, Central Poland

Zarys treści

W niniejszym artykule przeanalizowano pod kątem petrograficznym piaskowce z Jaziej Góry położonej na Wzgórzach Opoczyńskich. Pobrano 34 próbki piaskowca z 10 stanowisk (I–X), w których przeprowadzono szczegółową analizę geochemiczną tych skał i udokumentowano paleoriplemarki na powierzchniach kopalnych warstw. Wyniki analiz składu pierwiastkowego piaskowców oraz zawartości tlenków, zgodnie z klasyfikacją Herrona z 1988 r., pozwoliły na wyodrębnienie: piaskowców żelazistych, subarkoz, litarenitów i sublitenitów. Cechy geochemiczne i sedimentologiczne mogą wskazywać, że piaskowce te powstały w jurze w warunkach morza płytkiego brakicznego, otulając trzon krystaliczny Gór Świętokrzyskich od północnego-zachodu.

Słowa kluczowe Petrografia, riplemarki, jura dolna, piaskowiec, ostaniec denudacyjny, Wzgórze Opoczyńskie, Polska Środkowa.

Abstract

This paper presents a petrographic analysis of sandstones from Jazia Góra in the Opoczno Hills. 34 sandstones samples in ten sites (I–X) were taken, and a detailed geochemical analysis of these rocks was carried out, together with the documentation of palaeoriplemarks on the surfaces of fossiliferous beds. The results of the analyses of the elemental composition of the sandstones and the oxide content according to the 1988 Herron classification made it possible to distinguish: ferruginous sandstones, subarcosites, litharenites and sublitharenites. The geochemical and sedimentological characteristics may indicate that these sandstones were formed in the Jurassic shallow brackish sea, which enveloped the crystalline core of the Holy Cross Mountains from the northwest.

Keywords Petrography, ripplemark, Lower Jurassic, sandstone, denudation inselberg, Opoczno Hills, Central Poland.

1. Wprowadzenie

Jazia Góra to niewielkie wzniesienie zaznaczające się w krajobrazie okolic Opoczna, położone na Wzgórzach Opoczyńskich, w północno-zachodniej otulinie Gór Świętokrzyskich. Miejsce to od wieków było związane z odkrywkową eksploatacją różnokolorowych piaskowców. Obecnie ich wydobywanie prowadzone jest na niewielką skalę. Dawne wyrobiska stopniowo zarastają. Część „nagich”, pionowych ścian, nieeksploatowanych łomów jest na tyle atrakcyjna krajobrazowo, że jest często odwiedzana przez mieszkańców regionu. To także miejsce atrakcyjne do eksploracji dla geologów. Skały z Jaziej Góry stanowią ważny lokalny surowiec skalny. Wielu mieszkańców regionu wykorzystuje powszechnie ten piaskowiec do budowy ogrodzeń, podmurówek oraz kominków. W łomie odślawiają się piaskowce z dolnej jury (Ziomek 2001). Piaskowce te należą do serii ostrowieckiej oraz serii drzewickiej (Ziomek 2001). Choć wykorzystanie gospodarcze jest bardzo szeroko-

kie to, znajomość dokładnej petrografii tego obszaru jest dosyć słaba.

Podstawowym celem artykułu była próba geochemicznej charakterystyki piaskowców, z których zbudowana jest Jazia Góra i drugorzędym było wskazanie warunków tworzenia się tych piaskowców. Zabieg ten miał odpowiedzieć na pytanie, czy pojedyncze wzniesienie jest zbudowane z wielu rodzajów piaskowców, czy z jednorodnej skały pod względem petrograficznym. Poziom zróżnicowania skał wskazywałby na złożoność środowiska sedimentacyjnego skał. To zróżnicowanie lub jego brak pokazałoby złożoność środowiska i rekonstrukcję paleograficzną tego obszaru podczas jury dolnej. Drugim celem było porównanie wyników badań próbek piaskowca pobranych z Jaziej Góry i piaskowców z różnych okresów oraz z sąsiednich lokalizacji mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. To zestawienie miało na celu pokazanie jak piaskowce znajdujące się stosunkowo niedaleko mogły powstać w różnych środowiskach morskich.



Original article; Received: 24.06.2024; Revised: 10.02.2025; Accepted: 11.02.2025

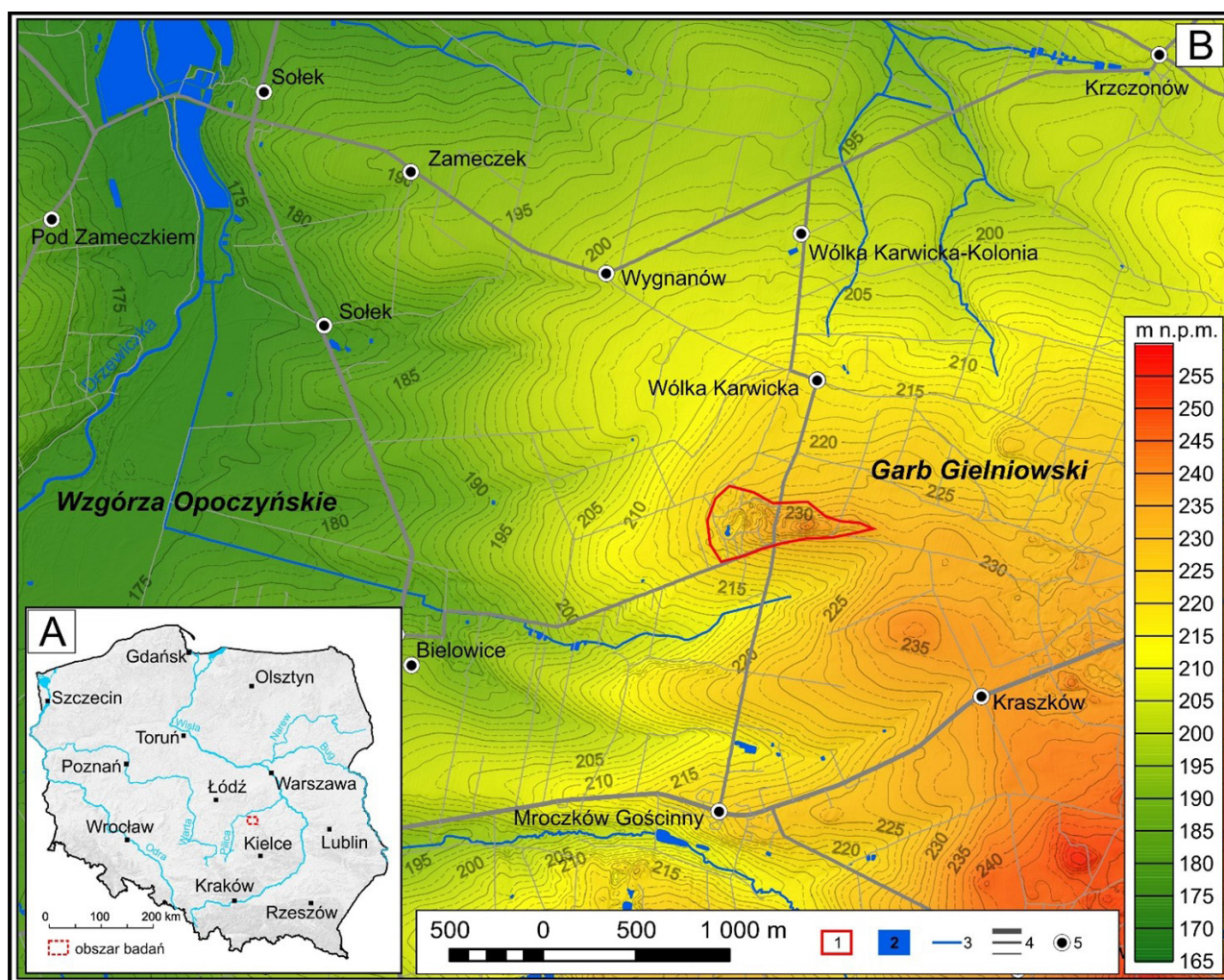
© by the author, licensee University of Lodz – Lodz University Press, Lodz, Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)
Funding information: Not applicable. Conflicts of interests: None. Ethical considerations: The Author assures of no violations of publication ethics and takes full responsibility for the content of the publication.

2. Lokalizacja obszaru badań

Jazia Góra położona jest w południowo-wschodniej części województwa łódzkiego, w gminie Opoczno, na granicy czterech wsi: Wólki Karwickiej, Kraszkowa, Mroczkowa i Bielowic. Droga gminna łącząca Mroczków Gościnny z Wólką Karwicką dzieli wzgórze na dwie części, zaś droga krajowa nr 12 biegnie 1,45 km na południe przecinając takie miejscowości, jak Mroczków Gościnny oraz miasto Opoczno. Na południe od wzniesienia przebiega droga gminna prowadząca do wsi Bielowice (www.geoportal.gov.pl).

Obszar Jaziej Góry według podziału fizycznogeograficznego Polski znajduje się: w prowincji Wyżyn Polskich (34), podprowincji Wyżyny Małopolskiej (342), makroregionie Wyżyny Przedborskiej (342.1) oraz mezoregionie Wzgórz

Opoczyńskich (342.12) (Solon i in. 2018). Powierzchnia obszaru badań wynosi 36 km². Większość terenu znajdującego się w niedalekiej odległości od Jaziej Góry charakteryzuje się niewielkimi deniwelacjami oscylującymi na granicy 10–20 m. Punkt kulminacyjny Jazia Góra znajduje się na wysokości 234 m n.p.m., a jej współrzędne wynoszą 51°23'37.862" N, 20°23'14.782" E. Na krańcach obszaru objętego badaniami występują koryta rzeczne Drzewiczki i Brzuśni. W pobliżu koryta rzeki Brzuśni występują stoki o deniwelacjach około 10 m (rys. 1). We wschodniej oraz południowej części teren jest porośnięty lasem i zajmuje on około 800 ha. Sama Jazia Góra, wyłączając obszar eksploatacyjny, jest w całości pokryta drzewostanem lasu mieszanego. Resztę całego terenu pokrywają grunty orne oraz łąki i zabudowania (www.geoportal.gov.pl).



Rys. 1. Położenie Jaziej Góry na tle Polski (A), na tle regionalizacji fizycznogeograficznej (Solon i in. 2018) oraz ukształtowania powierzchni terenu: 1 – obszar badań, 2 – zbiornik wodny, 3 – rzeki, 4 – drogi, 5 – miejscowości

Fig. 1. Location of Jazia Góra in Poland (A), in the context of physio-geographic regionalization (Solon *et al.* 2018) and terrain features: 1 – study area, 2 – water reservoir, 3 – rivers, 4 – roads, 5 – localities

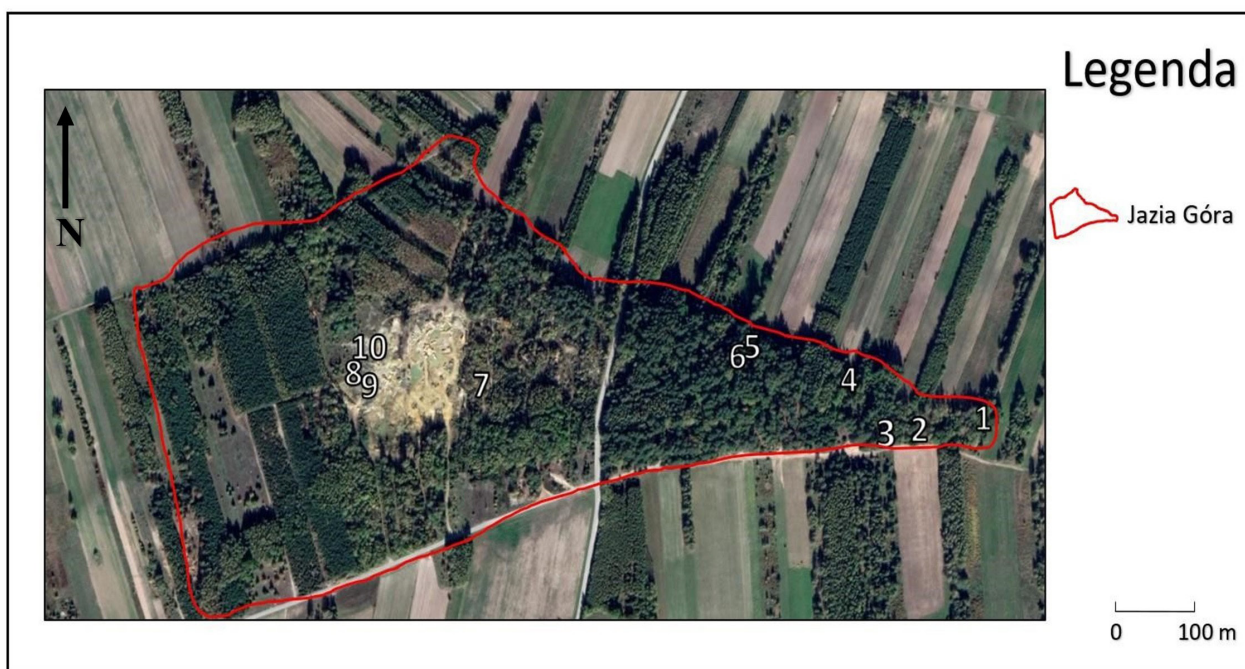
3. Metody badań

Prace realizowane przez autora można podzielić na trzy etapy. Etap pierwszy dotyczył prac kameralnych przed prospekcją terenową. Obejmował on m.in.: analizę map oraz przygotowanie numerycznego modelu terenu ze strony www.geoportal.gov.pl.

Drugim etapem były badania terenowe, podczas których zostały pobrane próbki piaskowców oraz wykonano dokumentację fotograficzną wyrobisk, a także prześledzono struktury sedimentacyjnych kopalnych warstw piaskowców. Na mapie (rys. 2) zaznaczono lokalizacje poboru dziesięciu próbek piaskowców z obszaru Jaziej Góry. Pierwszych sześć próbek zostało pobranych ze wschodniej części wzniesienia, a więc z fragmentu wyłączonego z eksploatacji wiele lat temu. Kolejne cztery próbki pobrano z zachodniej części wzniesienia, czyli obszaru objętego wydobywaniem piaskowca. Dodatkowo badaniami porównawczymi objęto sześć próbek piaskowców pochodzących z wybranych złóż Polski (Brzeźno, Grudzeń Las, Radków, Śmiłów, Wiśniówka oraz Jotniki). W obrębie Jaziej Góry wyznaczono dziesięć stanowisk badawczych (I–X). W każdym z nich pobrano po trzy próbki piaskowca, z wyjątkiem I. stanowiska, gdzie wydzielono cztery próbki oraz VII. stanowiska, gdzie pobrano sześć próbek. Całkowita liczba próbek wyniosła trzydzieści cztery.

W trzecim etapie wykonano analizę petrograficzną i dokonano analiz geochemicznych próbek piaskowców w warunkach laboratoryjnych. Analizy 10 próbek piaskowców zostały wykonane w Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym w Łodzi. Wyniki badań przedstawiono na wykresie, w oparciu o klasyfikację Herrona z 1988 roku. Następnie wykonano analizę wykorzystując spektrometrię fluorescencji rentgenowskiej, aby oznaczyć dokładnie zawartość pierwiastków, zyskując nieniszczący charakter analiz, a także ich mobilność (Skupio 2014). Badania geochemiczne z użyciem przenośnych spektrometrów fluorescencji rentgenowskiej (XRF) pozwoliły na dokładne określenie składu chemicznego skał, gdyż analiza ta opiera się na wykrywaniu charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego, emitowanego przez pierwiastki obecne w próbce, a wzbudzanego przez napromieniowanie jej lampą rentgenowską. Metoda ta umożliwia również określenie głównych składników minerałów i skał zawartych w badanej próbce (Maneck, Niewodniczański 1979). Do analiz wykorzystano ręczny spektrometr pXRF Vanta firmy Olympus. Wyniki przedstawiono w arkuszu MS Excel i wykonano wykresy przedstawiające zawartość pierwiastków, a także wykresy obrazujące ich zawartość po przeliczeniu na tlenki.

Poza tym cenną informacją były widoczne struktury sedimentacyjne na powierzchniach kopalnych warstw piaskowca, które pokazywały formy riplemarkowe, będące wskaźnikami słabopłynących wód podczas osadzania się osadu (rys. 3).



Rys. 2. Miejsca poboru próbek (1–10) na tle mapy satelitarnej (źródło: Google Earth – 2019)

Fig. 2. Sampling locations (1–10) on a satellite map background (source: Google Earth – 2019)



Rys. 3. Powierzchniowe riplemarki podłużne na paleopowierzchniach wskazujące kierunek transportu niesionego osadu przed jego złożeniem – NW (fot. D. Witkowski, 2022)

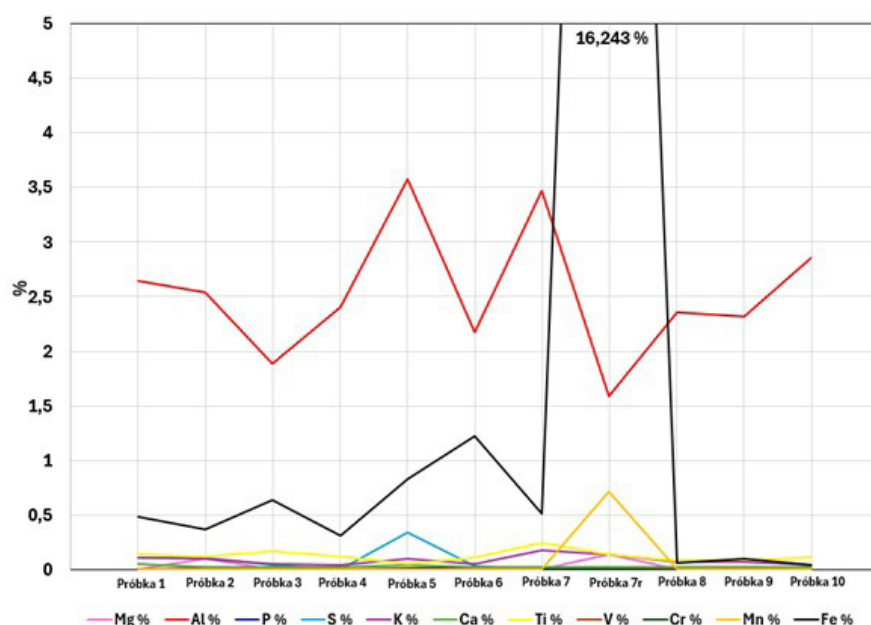
Fig. 3. Surface longitudinal ripplemarks on palaeosurfaces indicating the direction of transport of carried sediment prior to deposition – NW (photo D. Witkowski, 2022)

4. Cechy piaskowców z Jaziej Góry

4.1. Wyniki badań geochemicznych – XRF

Badania próbek piaskowców przeprowadzone za pomocą metody XRF pozwoliły poznać ich skład pierwiastkowy. Krzem jest dominującym pierwiastkiem w składzie piaskowców zarówno z Jaziej Góry, jak i innych badanych lokalizacji (tab. 1). Jego wartości nie różnią się znacząco (rys. 5, rys. 7). Najwyższy udział krzemu spośród wszystkich stanowisk na Jaziej Górze zaobserwowano w próbce 2 – prawie 42%. W piaskowcach z Wiśniówki zawartość krzemu sięga ok. 45,5%, natomiast najniższą

zawartość tego pierwiastka odnotowano w próbce 7r – niecałe 35% oraz w miejscowości Grudzeń Las – 36,7%. Innym znaczącym pierwiastkiem jest glin, którego zawartość w próbce 7r wynosi około 1,6%, zaś największy udział procentowy tego pierwiastka występuje w próbce numer 5 (rys. 6). W pozostałych lokacjach największą zawartością glinu odznacza się piaskowiec ze stanowiska Grudzeń Las – 2,8%, a najniższą w Śmiłowie – 0,4%. Zawartość procentowa żelaza jest nieznaczna. W niemal wszystkich próbkach nie przekracza ona 1%, lecz w próbce 7r przekracza ona aż 16,2%. Pozostałe pierwiastki występują w śladowych ilościach, zaś wanad nie występuje w żadnej z próbek.



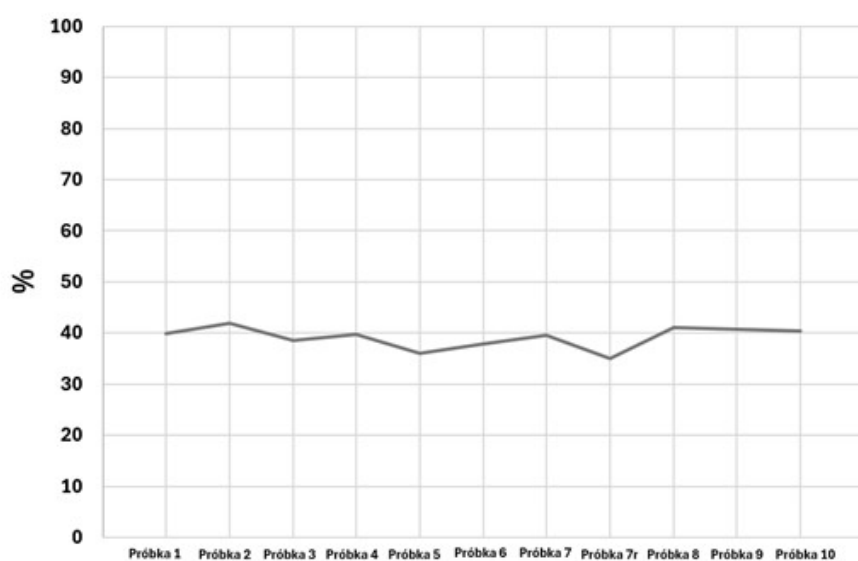
Rys. 4. Zawartość pierwiastków bez krzemu w próbkach (1–10) piaskowców z Jaziej Góry

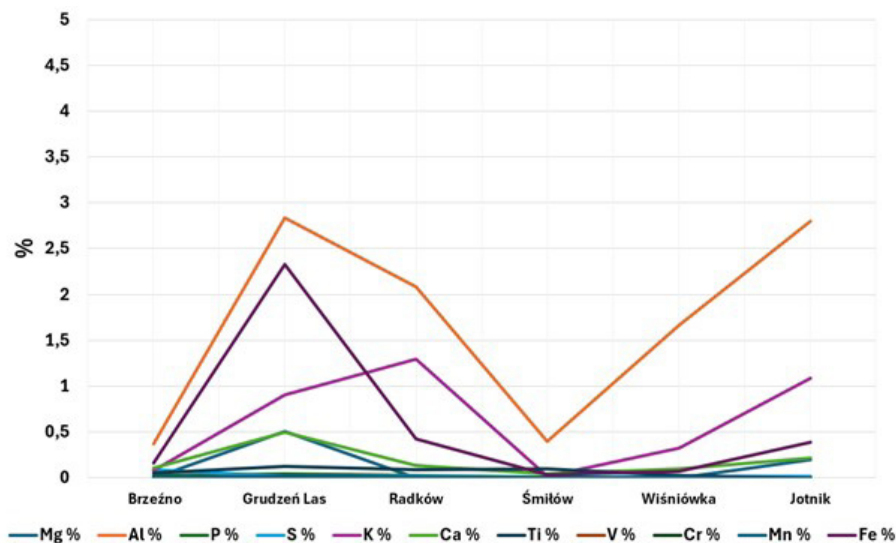
Fig. 4. Elemental content without silicon in samples (1–10) of sandstones from Jaziej Góra

Tabela 1. Zawartość pierwiastków w próbkach (1–10) piaskowców z Jaziej Góry oraz z piaskowców testowych (6 oznaczeń)**Table 1.** Elemental content of the samples (1–10) of the Jazja Góra sandstones and the test sandstones (6 determinations)

Pierwiastek	Jednostki	Próbka 1.	Próbka 2.	Próbka 3.	Próbka 4.	Próbka 5.	Próbka 6.	Próbka 7.	Próbka 7r.	Próbka 8.
Mg	%	0	0,099	0	0	0	0	0	0,133	0
Al	%	2,641	2,542	1,889	2,405	3,575	2,170	3,470	1,592	2,360
Si	%	39,970	41,978	38,584	39,678	36,040	37,929	39,490	34,920	41,086
P	%	0,007	0,008	0,007	0,007	0,014	0,026	0,009	0,010	0,006
S	%	0,107	0,108	0,040	0	0,337	0,034	0	0,010	0
K	%	0,106	0,101	0,054	0,041	0,095	0,054	0,179	0,133	0,069
Ca	%	0,053	0,026	0,026	0,022	0,043	0,022	0,021	0,026	0,018
Ti	%	0,138	0,115	0,169	0,118	0,053	0,109	0,247	0,139	0,079
V	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	%	0	0	0	0,003	0	0	0,003	0,004	0
Mn	%	0,002	0,005	0	0,003	0,003	0,002	0	0,715	0
Fe	%	0,486	0,367	0,641	0,311	0,828	1,219	0,512	16,243	0,064

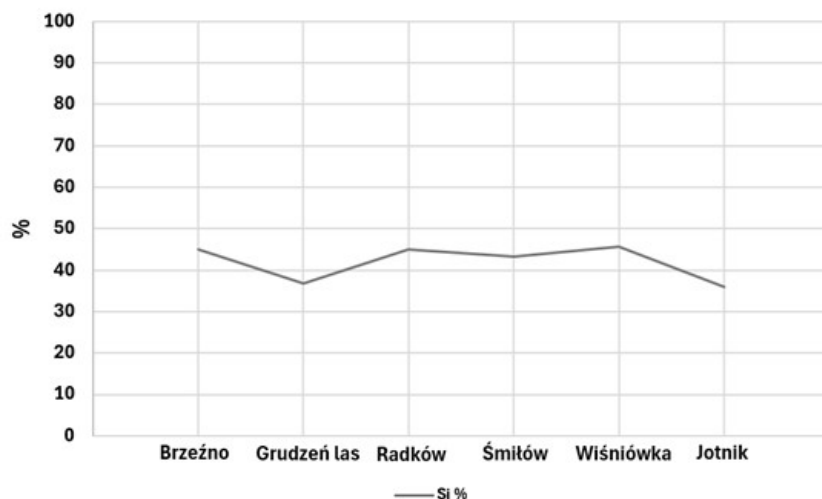
Pierwiastek	Jednostki	Próbka 9.	Próbka 10.	Brzeźno	Grudzień Las	Radków	Śmiłów	Wiśniówka	Jotnik
Mg	%	0	0	0	0,5	0	0	0	0,197
Al	%	2,315233	2,852867	0,37090	2,833	2,07915	0,39230	1,6664	2,79995
Si	%	40,646430	40,364270	45,07710	36,6713	44,9565	43,17775	45,5725	36,02795
P	%	0,006933	0,005733	0,02160	0,04255	0,0213	0,00415	0,00695	0,00565
S	%	0	0	0,08990	0,0116	0,0177	0	0,01265	0,0105
K	%	0,072367	0,039933	0,07380	0,89845	1,2932	0,01070	0,3263	1,0842
Ca	%	0,017833	0,018467	0,10570	0,49375	0,1276	0,03775	0,0959	0,21525
Ti	%	0,087433	0,1057	0,04655	0,1226	0,0895	0,10005	0,0221	0
V	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	%	0	0,003867	0	0,00515	0	0	0	0
Mn	%	0	0	0,00230	0,01135	0,00940	0	0,0024	0
Fe	%	0,094967	0,045333	0,15825	2,3249	0,41865	0,03525	0,0694	0,3815

**Rys. 5.** Zawartość krzemu w próbkach (1–10) piaskowców z Jaziej Góry**Fig. 5.** Silicon content of samples (1–10) of sandstones from Jazja Góra



Rys. 6. Zawartość pierwiastków bez krzemu w próbkach piaskowców testowych

Fig. 6. Elemental content without silicon in test sandstone samples



Rys. 7. Zawartość krzemu w próbkach piaskowców testowych

Fig. 7. Silicon content of test sandstone samples

Wyniki szczegółowych badań petrograficznych, które przeprowadzono na okazach piaskowca z Jaziej Góry oraz na próbkach testowych z innych lokalizacji, umożliwiły precyzyjne sklasyfikowanie tych próbek zgodnie z typologią piaskowców zaproponowaną przez Herrona w 1988 r. po wykonaniu niezbędnych obliczeń (tab. 2). Klasyfikacja ta pozwala na dokładne określenie rodzaju i właściwości petrograficznych piaskowców, co jest kluczowe dla zrozumienia ich genezy i potencjalnych zastosowań. Większość badanych próbek (1, 2, 3, 4, 5, 6 oraz 7r) została sklasyfikowana jako piaskowce żelaziste, co sugeruje dość wysoką zawartość minerałów żelaza, zwłaszcza w próbce 7r (rys. 8). Probki oznaczone numerami 9, 8 i 10 należą do subarkoz, charakteryzujących się mniejszą zawartością kwarcu i większą ilością matrycy skaleniowej. Probka 7 została zaklasyfikowana jako litarenit, co wskazuje na jej złożony skład mineralogiczny z dominującą zawartością litoklastów. Pozostałe próbki z badanych lokalizacji przypisano do arenitów kwarcowych, arkoz, subarkoz oraz litarenitów, co odzwierciedla zróżnicowanie składu mineralnego i teksturalnego badanych piaskowców.

4.2. Cechy strukturalne osadu

Na powierzchni wzniesienia Jaziej Góry, w miejscach nieprzekształconych przez eksploatację piaskowca, można zaobserwować charakterystyczne paleoripplemarki. Te struktury faliste są świadectwem dawnych procesów sedymentacyjnych. Szczegółowa analiza paleoripplemarków pozwala określić kierunek transportu niesionego osadu, który w przypadku przedstawionym na ryc. 4 wskazuje na północno-zachodni kierunek. Ripplemarki te są typu podłużnego i powstały w środowisku płytkiego morza brackicznego. Charakteryzują się niską wysokością, osiągając maksymalnie niespełna 1 cm.

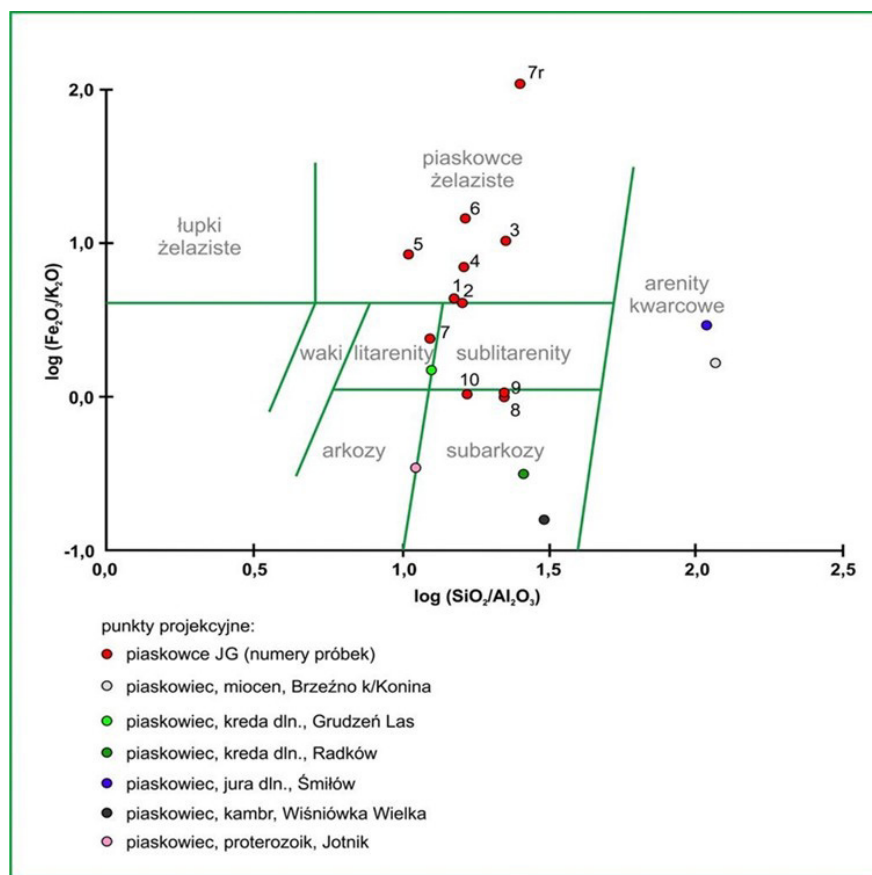
5. Dyskusja i wnioski

Jazia Góra stanowi niezwykle istotny punkt badawczy w kontekście analizy wpływu różnych procesów geomorfologicznych, które kształtowały ten obszar kilkadziesiąt milionów lat. Piaskowce tworzące to wzniesienie pochodzą z okresu dolnej jury. Dzięki pracom Pieńkowskiego

Tabela 2. Przeliczenia tlenków (w %) na potrzeby geochemicznej klasyfikacji piaskowców wg Herrona (1988)**Table 2.** Oxide conversions (%) for the geochemical classification of sandstones according to Herron (1988)

	Próbka 1.	Próbka 2.	Próbka 3.	Próbka 4.	Próbka 5.	Próbka 6.	Próbka 7.	Lokal 7r.	Próbka 8.
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	17,14	18,69	23,13	18,68	11,41	19,79	12,88	24,84	19,71
$\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$	1,23	1,27	1,36	1,27	1,06	1,3	1,11	1,4	1,29
$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$	4,43	3,51	11,44	7,22	8,39	21,63	2,75	117,59	0,89
$\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$	0,65	0,54	1,06	0,86	0,92	1,34	0,44	2,07	-0,05

	Próbka 9.	Próbka 10.	Brzeźno	Grudzień Las	Radków	Śmiłów	Wiśniówka	Jotnik
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	19,88	16,02	137,61	14,66	24,48	124,62	30,96	14,57
$\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$	1,3	1,2	2,14	1,17	1,39	2,1	1,49	1,16
$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$	1,26	1,09	2,06	2,49	0,31	3,17	0,2	0,34
$\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$	0,1	0,04	0,31	0,4	-0,51	0,5	-0,69	-0,47

**Rys. 8.** Wyniki badań petrograficznych piaskowca z Jaziej Góry na tle podziału typów petrograficznych piaskowców (program PAST)**Fig. 8.** Results of petrographic studies of the Jazja Góra sandstone against the background of the division of sandstone petrographic types (PAST programme)

(1997, 2004), posiadamy obszerną wiedzę na temat ogólnej budowy geologicznej oraz genezy przekształceń ukształtowania tego terenu. W okresie jury dolnej teren ten znajdował się w strefie płytkiego morza brakicznego, charakteryzującego się wielokrotnym cyklem osadzania się materiałów morskich i lądowych (Guzik 2017). Dowody w postaci riplemarków (rys. 3) oraz licznych skamieniało-

ści morskich organizmów i roślin, o których wspominają Gierliński i in. (2006), potwierdzają dawne życie w tym regionie. Pomimo że zróźnicowanie petrograficzne piaskowców jest niewielkie, wysoka zawartość żelaza w jednej z próbek może być wynikiem różnych procesów diagenety. Analiza wyników badań składu pierwiastkowego próbek piaskowca sugeruje, że te mezozoiczne skały, mimo

znacznych różnic odległościowych, są do siebie bardzo podobne. Przykładem są piaskowce z miejscowości Grudzeń Las i Śmiłowa, które mają podobną genezę powstawania, co piaskowce Jaziej Góry będące efektem gromadzenia się osadów w środowisku płytkiego morza brakicznego, rozciągającego się do granic dzisiejszych Gór Świętokrzyskich, co skutkuje niemal identycznym składem. Mimo licznych badań nad północno-zachodnim obrzeżem Gór Świętokrzyskich, publikacji poświęconych wyłącznie stanowisku Jaziej Góry jest niewiele. Kolejne badania, wykorzystujące nowe metody i technologie, mogą znacząco przyczynić się do lepszego poznania i zrozumienia procesów kształtujących ten region na przestrzeni milionów lat. Wykorzystanie interdyscyplinarnych podejść, integrujących wiedzę z zakresu geologii, paleontologii i geomorfologii, będzie kluczowe dla zgłębienia historii geologicznej tego obszaru.

Podziękowania

Serdeczne podziękowania składam dr. Marcinowi Krystkowi z Katedry Geologii i Geomorfologii UŁ za pomoc i cenne uwagi merytoryczne w trakcie przeprowadzania badań, dr. Aleksandrowi Szmidtowi z Katedry Geografii Fizycznej UŁ za wsparcie w procesie tworzenia ilustracji oraz pracownikom Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi za udostępnienie sprzętu wykorzystanego do analizy geochemicznej.

6. Literatura

- Gierliński G., Ploch I., Sabath K., Ziaja J. 2006. Zagadkowa roślinina z wczesnej jury Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny* 54(2): 139–141.
- Guzik K. 2017. Możliwości wykorzystania piaskowców jurajskich północno-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich jako kamieni architektonicznych w zależności od ich litologii. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN: 9–18.
- Herron M.M. 1988. Geochemical classification of terrigenous sands from shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology* 58(5): 820–829. <https://doi.org/10.1306/212F8E77-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Manecki A., Niewodniczański J. 1979. Rentgenowska analiza fluorescencyjna. Metody badań minerałów i skał. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa: 632–657.
- Pieńkowski G. 1997. Charakterystyka sedimentologiczna jury dolnej w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Prace PIG* 153, Warszawa: 379–382.
- Pieńkowski G. 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute Special Papers* 12, Warszawa: 5–154.
- Skupio R. 2014. Wykorzystanie przenośnego spektrometru XRF do pomiarów składu chemicznego skał. *Nafta – Gaz LXX* (11). Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Kraków: 771–777.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W. 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica* 91(2): 143–170. <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>
- Ziomek J. 2001. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Opoczno. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

www.geoportal.gov.pl