

Porównanie petrografii i diagenety piaskowców karpaccich z różnych jednostek litostratygraficznych

Grzegorz Leśniak¹

Comparison of petrology and diagenesis of the Carpathian sandstones from various lithostratigraphic units. *Prz. Geol.*, 67: 175–178; doi: 10.7306/2019.13

Abstract. Petrographic research was carried out on 549 thin sections representing Carpathian sandstones of the Lower Cretaceous to Miocene sediments from the Silesian and Skole units (east of Gorlice town). They represented the Lgota, Spass, Inoceramian, Stryj, Istebna, Jamna, Ciężkowice, Menilite, Polanica, Boryslav, Kliwa, and Krosno sandstones. The first goal of the study was to determine the composition of rock framework as well as the types, quantities and distribution of cements. The granulometric composition of sandstones is very diversified, varying from very fine-grained (similar to mudstones) to fine-grained or coarse-grained sandstones. Sorting of detrital grains is rather poor. Only fine-grained sandstones exhibit the better sorting. The investigated rocks can be described as arenites and wackes, sublitharenites, lithoarenites, subarkoses and arkoses. In the next step of research, analyses of diagenetic processes and their influence on the change of porosity were also carried out. Results of the study of rock framework composition and the type and amount of cements allowed me to compare similarities and differences of the Carpathian sandstones from various lithostratigraphic units.

Keywords: Carpathian sandstones, petrology, diagenesis

Określenie piaskowce karpaccie obejmuje osady piaskowcowe występujące w orogenicie karpaccim, od starszej kredy do miocenu. Badania przeprowadzono na podstawie 549 próbek piaskowców lgockich, grodzickich, spaskich, inoceramowych, istebniańskich, ciężkowickich, śródmenilitowych, kliwskich, krośnieńskich (jednostka śląska i skolska na wschód od Gorlic). Dla wszystkich próbek wykonano analizy planimetryczne i określono procesy diagenetyczne. Petrografią piaskowców karpaccich zajmowało się wielu petrografów od ponad 100 lat. Warto tutaj wymienić A. Gawła, S. Kreutza, Cz. Peszata, R. Unruga, A. Ślęczki, T. Wiesera, M. Kamińskiego, M. Cieszkowskiego, J. Bromowiczai wielu innych. Większość petrografów z reguły pracowała w jednym rejonie badań i analizowała jeden z typów piaskowców, np. piaskowce istebniańskie w zachodnich Karpatach, czy też badała dane piaskowce pod kątem ich zastosowania w przemyśle. Jednak już w pracy Kamińskiego i in. w 1967 r. pojawia się stwierdzenie *jakościowy skład mineralny bez względu na poziom stratygraficzno-facjalny i obszar występowania jest do siebie zbliżony. Związane z tym ilościowe zmiany składu mineralnego mogą być rzędu kilku, a nawet kilkunastu procent.* Podobne wnioski zamieszczono w pracy Leśniaka (2004) oraz Leśniaka i Sucha (2008).

Celem pracy jest porównanie procesów diagenety i składu piaskowców z różnych wydziałów litostratygraficznych.

BADANIA PETROGRAFICZNE

Na podstawie analiz planimetrycznych i klasyfikacji Pettijohna i in. (1972) badane piaskowce zostały zaliczone do arenitów i wak – kwarcowych, subarkozowych, arkozywych, sublitycznych i litycznych. Szkielet ziarnowy wszystkich badanych piaskowców jest bardzo podobny, różnice zaznaczają się jedynie w zawartości poszczególnych składników mineralnych szkieletu ziarnowego oraz w składzie spoiwa. W tabeli 1 zamieszczono wyniki analiz planimetrycznych z podaną ich wartością średnią, maksymalną i minimalną. Dominującym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc (mono- i polikrystaliczny), głównie metamorficzny, ale obserwuje się ziarna o pochodzeniu magmowym (Getze, Zimmerle, 1994). Skalenie to przede wszystkim ortoklaz i mikroklin, rzadziej pertyty oraz myrmekit. Wśród łyszczyków dominuje muskowitz, rzadziej obserwujemy biotyt. Okruchy skał są reprezentowane przez fragmenty skał węglanowych, magmowych, kwarcytów, gnejsów, łupków krystalicznych, piaskowców i mułowców. Ziarna te wraz ze skaleniami należą do największych ziarn w osadzie. Minerale ciężkie to ziarna piryty, granatów, turmalinów, cyrkonu, apatyty i monacytu. Glaukonit występuje w formie nieregularnych skupień. Bioklasty satnowią głównie skorupki otwornic, igły gąbek, muszle małżów i małżoraczków. Sposób wykształcenia i rozmieszczenia spoiwa jest zróżnicowany. Jest ono

¹ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Lubicz 25A, 31-000 Kraków; lesniak@inig.pl

Tab. 1. Wyniki analiz planimetrycznych
Table 1. Results of planimetric analyses

	Kwarcz			Skalenie			Glinokont			Biotyt			Muskowit			Okruchy skal / Rock fragments					Sporoivo / Cement						Suma
	śr. / avg.	min. / min.	max. / max.	śr. / avg.	min. / min.	max. / max.	śr. / avg.	min. / min.	max. / max.	śr. / avg.	min. / min.	max. / max.	Magmowe	Metamorficzne	Osadowe	Węglanowe	Suma	Kwarcowe	Ilaste	Ilasto-węglanowa	Clay-carbonate matrix	Kwarcowo-łlasta	Quartz-clayey matrix	Węglanowe	Węglanowa matrix	Carbonate matrix	
Warszwy spaskie <i>Spass beds</i>	52,7	3,2	1,2	0,1	0,3	2,8	4,9	0,8	3,8	12,6	3,4	0,8	2,6	0	0	0	12,4	0	0,8	2,6	0	0	0	12,4	0	0	25,3
Warszwy lgoctie <i>Lgota beds</i>	26,2	0,9	0	0	0	0,3	0,4	0	0	3,9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6,9
Piaskowce Inoceramian sanstones	66,1	7,8	8,1	1,1	2,3	5,6	11,2	4,4	20,1	32,7	20,5	6,6	27,6	0	0	0	38,9	0	6,6	27,6	0	0	38,9	0	0	47,7	
Piaskowce stryjskie <i>Stryj sandstones</i>	53,2	4,4	1,2	0,1	0,2	2,5	2,6	1,1	3,9	11,1	3,9	0,7	1,7	0,4	0	0	19,5	0	0,7	1,7	0,4	0	19,5	0	0	26,2	
Piaskowce istebnianskie <i>Istebna sandstones</i>	22,5	1,1	0	0	0	0	0	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1
Piaskowce ciężkowickie <i>Ciężkowice sandstones</i>	68,9	11,8	4	0,8	1,7	7,9	9,6	23,3	16	37,1	24	8,3	22,2	6,9	39,4	0	20,1	0	8,3	22,2	6,9	0	39,4	0	0	48,7	
Piaskowce jammeskie <i>Jamnia sandstones</i>	42,1	7,2	2,2	0,9	0,5	2,7	3,5	0,4	6,3	13,6	0,4	0,3	2,3	0,6	23,9	0	20,5	0,3	0,3	2,3	0,6	0,6	23,9	4,1	0	31,7	
Piaskowce krosińskie <i>Krosno sandstones</i>	9,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Piaskowce krosińskie <i>Krosno sandstones</i>	71,2	15,9	7,3	8,2	3,7	13,5	19,3	8,4	35,3	45,7	9,2	10,4	24,9	15,7	43,3	65	32,7	9,2	10,4	24,9	15,7	43,3	32,7	65	0	65	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	39,0	3,5	1,5	0	0	1,6	2	0,2	13	17,3	0	0	0,2	0	17,3	0	1,6	0	0	0,2	0	0	17,3	0	0	38,2	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	31,4	0,4	0	0	0	0,6	0	0	3,1	7,1	0	0	0	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,4
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	46,9	7,7	3,5	0,4	0,4	4,2	6	0,9	22,9	32,4	0	0	1,2	0	22,9	0	20,5	0	0	1,2	0	0	53	0	0	53	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	50,7	17	0,7	1,7	1	3,1	6,4	0,2	2,2	11,9	3,5	1	2,1	1,6	7,5	0,9	10,4	3,5	1	2,1	1,6	1,6	7,5	0,9	0	16,6	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	15,3	2	0	0	0	0	0	0	0	1,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	69,3	38	5,7	16,2	5,6	29	22,9	8,3	39,4	48,6	11,5	8,2	25,4	21,4	41,8	13,8	11,5	11,5	8,2	25,4	21,4	21,4	41,8	13,8	0	41,8	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	55,3	23,5	0,4	0,5	1,1	5	5	0	0,1	10,1	6,4	1,5	0,7	0,2	2,1	0	6,4	0,3	1,5	0,7	0,2	0,2	2,1	0	0	11	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	40,0	12,3	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0,3	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	6,1	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	67,6	40	1,6	3,4	4,1	12,8	15,4	0,5	2,2	22,9	10,4	4,3	6,1	2,7	32,7	1,5	10,4	4,3	4,3	6,1	2,7	2,7	32,7	1,5	0	33	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	47,7	5,8	3,9	0,5	0,5	2	2	0	6,2	10,5	1,6	1	1,8	0	16,1	0	1,6	1,6	1	1,8	0	0	16,1	0	0	20,5	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	24,6	0,8	0	0	0	0,6	0,3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	67,2	10,5	10,5	2,8	2,9	4,4	4,8	0,3	27	32,5	9,8	6	16,3	0	41,9	0	9,8	6	6	16,3	0	0	41,9	0	0	41,9	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	43,3	7,9	3,8	0,6	1,5	4,4	3,5	0,3	5,5	14,2	0,6	0,2	3,6	0	20,1	0	0,6	0,2	0,2	3,6	0	0	20,1	0	0	24,6	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	24,4	1,5	0	0	0	0,9	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,7	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	64,8	12,3	12,6	5,9	11,8	25,3	12,3	4,2	18,6	43,8	6,7	3,5	17,6	0,6	38,2	0,9	6,7	3,5	3,5	17,6	0,6	0,6	38,2	0,9	0	39,9	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	35,5	8,8	0,4	1,5	2,1	3,6	5,7	0,3	13,3	23,4	0	0	3,6	1,5	18,4	0	0	0	0	3,6	1,5	1,5	18,4	0	0	23,5	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	31,3	5,6	0	0,7	0,6	0,9	2,8	0	9,9	18,8	0	0	0	0	9,375	0	0	0	0	0	0	0	9,375	0	0	15,9	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	40,7	16,4	0,8	4	4,1	7,2	7,5	1	16,6	32,1	0,3	0	12,4	13,4	31,6	0,3	0,3	0	0	12,4	13,4	13,4	31,6	0,3	0	32,2	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	59,9	4,5	3,5	0	0,3	0,8	0,5	0	0	1,3	3,9	0,2	0,1	0	2,9	0	3,9	0,2	0,2	0,1	0	0	2,9	0	0	7,1	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	56,6	3,4	2	0	0	0	0	0	0	0,6	3,3	0	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	64,5	5,6	5,6	0	0,6	1,3	1	0	0	2,3	5,3	0,3	0,3	0	11,1	0	5,3	0,3	0,3	0,3	0	0	11,1	0	0	16,4	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	50,5	7,8	3,8	0,3	0,6	2,7	3,1	0,3	3,6	10,1	3,9	0,1	2,9	0,4	13,7	0,6	3,9	0,1	0,1	2,9	0,4	0,4	13,7	0,6	0	21,6	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	27,3	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,1	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	67,7	16,4	19,1	2,2	4	6,6	9,8	4,2	22,3	32,2	32,8	1,7	23,3	14	33,4	22,4	32,8	1,7	1,7	23,3	14	14	33,4	22,4	0	35,1	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	41,2	7,5	1,6	1,2	2,9	3,7	4,8	0,2	8,3	17,5	1	0,4	4,5	0	16,6	0,9	1	0,4	0,4	4,5	0	0	16,6	0,9	0	23,5	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	24,3	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	
Piaskowce jarneńskie <i>Jamnia sandstones</i>	64,6	15,7	14,9	5,4	16	15,6	11,4	2,9	20,4	40,5	9,2	19	26,7	0,6	34,1	51,2	9,2	19	19	26,7	0,6	0,6	34,1	51,2	0	51,2	

złożone z minerałów ilastych (kaolinit, chloryt, illit), cementu kwarcowego i kalcytowego, matriks węglanowo-ilastej, kwarcowo-ilastej oraz węglanowej.

PROCESY DIAGENEZY

Procesy diagenetyczne zachodzące w badanych piaskowcach przebiegały w bardzo podobny sposób. Większe zróżnicowanie ich efektów obserwuje się między poszczególnymi warstwami piaskowca lub próbkami z jednej ławicy, niż między profilami odwiertów (Leśniak, 2004; Leśniak, Such, 2008). Poniżej omówiono główne procesy diagenetyczne obserwowane w badanych skałach.

Akrecjonowanie – utworzenie obwódek ilasto-żelazistych na ziarnach kwarcu i skaleni oraz chlorytowych na okruchach skał i ziarnach kwarcu (piaskowce Igockie, krośnieńskie).

Kompakcja mechaniczna i chemiczna – wyrażona ściślejszym upakowaniem ziarn, ich spękaniem oraz często obserwowanym powyginaniem blaszek biotytu i muskowitu wokół twardszych składników skały, a także kontaktami międzyziarnowymi od prostych, punktowych do wklęsło-wypukłych oraz rzadziej ząbajających.

Cementacja – wśród cementów badanych piaskowców występuje kwarc autigeniczny, który stanowi spoiwo porowe, kontaktowe lub tworzy obwódki wokół ziarn kwarcu. Miejscami drobnokrystaliczna krzemionka impregnowała matriks ilastą. W próbach z piaskowców Igockich i kliwskich zaobserwowano cement chalcedonowy, powstały na początkowym etapie diagenetyzacji z roztworów, które pochodziły z leżących poniżej łupków. Jest on wykształcony skrytokrystalicznie i grubokrystalicznie w formie obwódek na ziarnach detrytycznych, zabudowuje również przestrzeń porową. Rzadko obserwowano obwódki chalcedonowe na wcześniejszych obwódkach kwarcowych. Rozpoznano dwie generacje cementu kwarcowego. Cementy węglanowe są reprezentowane przez kalcyt, rzadziej ankeryt i dolomit. Są to z reguły cementy podstawowe lub wypełniające przestrzenie porowe. Najczęstszy jest cement kalcytowy, wytrącany z przesyconych roztworów porowych w przestrzeniach międzyziarnowych. Cementy te mogły pochodzić z rekrytalizacji cząsteczek redeponowanych osadów węglanowych rozprowadzanych prądami zawieszinowymi. Cement kalcytowy jest zawsze późniejszy od cementu kwarcowego. Cement dolomitowy i ankerytowy Peszat (1984) powiązał z niszczeniem wczesnodiagenetycznych dolomitów uznawanych za synsedymenacyjne z badanymi piaskowcami. Dolomity te były redeponowane ze stref płycizn litoralnych Peszat (1984, 1997, 1999). Część kryształów dolomitu powstała prawdopodobnie w wyniku dolomitizacji kalcytu. Rozróżniono także pojedyncze kryształy syderytu. Często widoczna jest korozja cementów dolomitowych i ankerytowych przez kalcyt. W badanych skałach występuje również cement kaolinitowy, złożony z robaczkowych agregatów kaolinitu, zabudowujący przestrzeń porową.

Rozpuszczanie – najczęściej obserwowano w postaci śladów korozji ziarn kwarcu, skaleni, łuszczaków lub rzadziej – autigenicznego spoiwa kwarcowego i cementu kalcytowego czy też fragmentów litoklastów.

Zastępowanie – rozpowszechnione we wszystkich poziomach piaskowców. Widoczne są efekty zastępowania ziarn skaleni przez węglany oraz tworzenie się pseudomorfoz kalcytowych po ziarnach detrytycznych. Należy tutaj zaliczyć również kalifikację skaleni, której efektem jest serycytyzacja, przy czym w plagioklazach obok serycytu występuje kalcyt. Spękania wielu ziarn skaleni potasowych i plagioklazów są zabudowane kwarcem, co świadczy o krążeniu w skale roztworów o odczynie kwaśnym, związanych z rozkładem substancji organicznej.

Przeobrażanie i neomorfizm – to głównie transformacja skaleni w illit, minerały mieszanopakietowe illit/smektyt lub chloryty, przy czym mógł się tworzyć kwarc autigeniczny. Często zauważalne są efekty rekrytalizacji wodorotlenków żelaza, chlorytyzacji i pirytyzacji biotytu oraz kaolinityzacji muskowitu oraz polimorficzne przemiany obwódek opalowych lub chalcedonowych w kwarc autogeniczny i rekrytalizacje węglanów.

PODSUMOWANIE

Analizując tabelę z wynikami analiz planimetrycznych, należy zwrócić uwagę, że uśrednione wartości składu mineralnego i cementów dla poszczególnych piaskowców różnią się od kilku do kilkunastu procent. Piaskowce z warstw spaskich i Igockich posiadają prawie identyczny skład petrograficzny oraz typy cementów. Sugerowałoby to, że oba wydzielenia mają to samo źródło materiału detrytycznego, a sedymentacja i diagenetyzacja przebiegały w podobnych warunkach. Piaskowce inoceramowe i stryjskie to te same piaskowce rozdzielone granicą państwa. Tutaj również mamy prawie identyczny skład szkieletu ziarnowego, w piaskowcach inoceramowych jest więcej okruchów skał węglanowych, natomiast w stryjskich więcej cementu węglanowego. Podobną sytuację mamy w przypadku piaskowców ciężkowickich i jamneńskich. W ciężkowickich występuje zwiększona zawartość skaleni, a w jamneńskich jest wyższa zawartość cementu węglanowego. Porównując piaskowce istebniańskie z ciężkowickimi, możemy stwierdzić, że zarówno skład szkieletu ziarnowego, jak i skład oraz ilość cementów są prawie identyczne (w granicach błędów), co świadczy o tym samym źródle materiału detrytycznego i identycznych warunkach sedymentacji i diagenetyzacji. Sedymentację piaskowców istebniańskich wiąże się ze splotami fartuchowymi z ramp podmorskich, natomiast ciężkowickie ze stożkami sedymentacyjnymi (Leszczyński, 1981; Strzeboński, 2006). Prawdopodobnie oba typy piaskowca powstawały z tego samego materiału i różnią się tylko formą sedymentacji. Piaskowce kliwskie i borysławskie wykazują duże podobieństwo składu mineralnego szkieletu skalnego, różnią się jedynie zawartością cementów, większa zawartość cementów występuje w piaskowcach kliwskich. Podobne zależności uwidaczniają się w piaskowcach menilitowych, polanickich i krośnieńskich. Powstaje zatem pytanie: o czym mówi nam skład petrograficzny piaskowców karpaccyckich? Można postawić hipotezę, że wszystkie piaskowce karpaccyckie (w analizowanym obszarze) mają jedno miejsce pochodzenia materiału detrytycznego – kwarcu, skaleni, okruchów skał magmowych i metamorficznych. Typy spoiw zależą tylko i wyłącznie od procesów diagenetycznych oraz miejsca położenia piaskowców w profilu, które wpływa na pro-

cesy diagenety (np. w serii łupkowej – piaskowce Igockie, spaskie, kliwskie). Na skład cementów ma również wpływ położenie w basenie (oś, skłon, rampa) i związane z tym rozpraszanie węglanów (np. kolor łupków menilitowych – od czarnego do szarego – jest związany z zawartością węglanów). Do wyjaśnienia zostaje pochodzenie okruchów węglanów. Pojawiają się one we wszystkich wydzieleniach, w bardzo zmiennej ilości (różnica w kolejnych ławicach od 0 do 20%). Prawdopodobnie są związane z erodowaniem brzegów basenu, jednak pozostaje to do wyjaśnienia. Głównym problemem do rozwiązania jest lokalizacja skał źródłowych, z których powstały Karpaty, i powinno to być jedno z podstawowych zadań dla petrografów i geologów karpaccich.

Publikacja została przygotowana w ramach realizacji polsko-ukraińskiego projektu badawczego nr DWM/1818-1/2N 2005 pn. „Badania transgraniczne wglębnych struktur geologicznych brzeżnej strefy Karpat w aspekcie odkryć i udostępniania nowych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego”.

LITERATURA

- GÖTZE J., ZIMMERLE W. 1994 – Provenance of quartz in siliclastic sediments. The geology of siliclastic shelf. SEAC 1994 Gent.
- KAMIENSKI M., PESZAT C., RUTKOWSKI J. 1967 – Zmienność petrograficzna piaskowców karpaccich i zagadnienie ich klasyfikacji. Roczn. PTG, 37: 499–508.
- LESZCZYŃSKI S. 1981 – Piaskowce ciężkowickie jednostki śląskiej w polskich Karpatach: studium sedimentacji głębokowodnej osadów grubo klastycznych. Roczn. PTG, 51: 435–502.
- LEŚNIAK G. 2004 – Diagenetyzacja piaskowców wschodniej części jednostki śląskiej. Pr. INIG, 130: 103–104.
- LEŚNIAK G., SUCH P. 2008 – Nowe spojrzenie na właściwości zbiornikowe i filtracyjne piaskowców karpaccich. Geologia, 34 (3): 423–444.
- PESZAT C. 1984 – Zmienność składu petrograficzno-mineralnego piaskowców cergowskich na tle warunków ich depozycji i przemian diagenetycznych. Biul. Inst. Geol., 346: 208–239.
- PESZAT C. 1997 – Petrografia i właściwości surowcowe fluksoturbidytowo-turbidytowych piaskowców glaukonitowych warstw krośnieńskich rejonu Bóbrki-Polany. Biul. Państw. Inst. Geol., 376: 93–120.
- PESZAT C. 1999 – Właściwości strukturalno-teksturalne i geneza spoiw węglanowych gruboławicowych piaskowców jednostki śląskiej. Gosp. Sur. Min., 15 (1): 65–105.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.D., SIEVER R. 1972 – Sand and sandstone. Springer Verlag.
- STRZEBOŃSKI P. 2005 – Debryty kohezyjne warstw istebniańskich (senon górny–paleocen) na zachód od skawy. Geologia, 31 (2): 201–224.