

**SKAMIENIAŁOŚĆ ŚLADOWA *OPHIOMORPHA RUDIS*
(KSIĄŻKIEWICZ, 1977) W PIASKOWCACH
WARSTW ISTEBNIAŃSKICH DOLNYCH (SENON)
ARCHITEKTURY KRAKOWA**

**Trace fossil *Ophiomorpha rudis* (Książkiewicz, 1977)
in the Lower Istebna Beds (Senonian) building sandstones in Krakow**

Jacek RAJCHEL¹ & Alfred UCHMAN²

¹*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: jrajchel@geol.agh.edu.pl*

²*Uniwersytet Jagielloński, Instytut Nauk Geologicznych;
ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków;
e-mail: alfred.uchman@uj.edu.pl*

Abstract: Trace fossil *Ophiomorpha rudis* occurs in building coarse-grained sandstones of the Lower Istebna Beds in architecture elements of Krakow. This trace fossil is produced by shrimps, which constructed their burrows deeply in the sediment. Their burrows are mostly vertical, up to 2 m deep and 5–20 mm in diameter, having horizontal branches and walls enriched in clay minerals.

Key words: Carpathians, Istebna sandstones, Krakow, *Ophiomorpha rudis*

Słowa kluczowe: Karpaty, piaskowce istebniańskie, Kraków, *Ophiomorpha rudis*

WSTĘP

Celem artykułu jest opis wewnątrzławicowych (endichnialnych) skamieniałości śladowych *Ophiomorpha rudis* (Książkiewicz 1977), występujących w kamiennych elementach architektury Krakowa. Zostały one zidentyfikowane w piaskowcach dolnych warstw istebniańskich (kampan–mastrycht) jednostki śląskiej Karpat zewnętrznych.

Skamieniałości śladowe (ang. *trace fossils*), zwane rzadziej ichnoskamieniałościami lub ichnofosyliami, to kopalne ślady działalności żywych organizmów modyfikujących podłoże, o powtarzającej się morfologii (Bertling *et al.* 2006). Ich badaniem zajmuje się ichnologia. Są one klasyfikowane podobnie jak skamieniałości właściwe w paleontologii. Najczęściej są one tworzone przez organizmy zwierzęce penetrujące miękkie osady (ang. *burrows*) lub poruszające się po jego powierzchni (ang. *tracks, trails*). Do skamieniałości śladowych zaliczamy także

efekty modyfikacji twardego podłoża, na przykład drażenia w skale, drewnie czy szkielecie organizmów (ang. *borings*). W skałach osadzonych w morzu skamieniałości śladowe były produkowane głównie przez organizmy bezszkieletowe, których przynależność taksonomiczna jest często słabo poznana. Tym niemniej, skamieniałości śladowe dostarczają ważnych informacji o różnorodnych warunkach środowiska panujących w trakcie tworzenia się skał, w których się znajdują. Do głębokich penetracji w miękkim lub lekko stwardniałym osadzie należą skamieniałości śladowe nazywane *Ophiomorpha rudis* (Książkiewicz, 1977), dość powszechnie występujące w górnokredowych piaskowcach warstw istebniańskich, używanych powszechnie w architekturze Krakowa.

CHARAKTERYSTYKA SKAŁ Z *OPHIOMORPHA RUDIS*

Piaskowce dolnej części warstw istebniańskich powstały w basenie jednostki śląskiej Karpat zewnętrznych w późnej kredzie od kampanu po mastrycht. Wychodnie tej jednostki litostratigraficznej na terenie Polski ciągną się szerokim pasem od okolic Wisły i Istebnej w Beskidzie Śląskim, przez rejon Wadowic, Myślenic, Dobczyc, Brzeska, aż po okolice Sanoka (Peszat & Buczek-Pułka 1984). Maksymalna miąższość warstw istebniańskich przypada na Beskid Śląski i wynosi około 1600 m. Piaskowce warstw istebniańskich dolnych powstawały z nieturbulencyjnych spływów grawitacyjnych, spływów piaszczysto-rumoszowych oraz prądów zawieszinowych. Należą one głównie do sekwencji kanałowych, rzadziej lobowych stożka środkowego (Mutti & Ricci Lucchi 1972), a także mogą być związane z kompleksami typu fartuchowego (Strzeboński 2003). Źródłem materiału klastycznego dla warstw istebniańskich była kordyliera śląska usytuowana po południowej stronie basenu sedymentacyjnego tej jednostki (Unrug 1963, 1968).

PIASKOWCE ISTEBNIAŃSKIE W ARCHITEKTURZE KRAKOWA

Piaskowce istebniańskie stanowią w rejonach ich występowania pospolicie stosowany materiał na kamień łamany i tłuczeń. Odmiany związane stosowane są jako ciosowy kamień budowlany, a także jako kamień na płyty okładzinowe, stopnie, nagrobki, cokoły itp. Największe znaczenie architektoniczne mają piaskowce z dolnych warstw istebniańskich. Są to źle wysortowane piaskowce oligomiktyczne, arkozowe i szarogłazowe (Kamieński *et al.* 1967, Bromowicz *et al.* 1976), przeważnie o skąym lepiszczu ilastym i bladożółtej, rdzawokremowej lub brunatnej barwie. Występują one w ławicach o miąższości do 5 m. Są one na ogół silnie porowate, mało nasiąkliwe, o małej lub średniej wytrzymałości na ściskanie i bardzo dobrej mrozoodporności. Na ogół piaskowce te charakteryzują się dobrą blocznością, na przykład w Sobolowie bloki powyżej 2 m³ objętości stanowią 20% urobku i 44% materiału blocznego (Bromowicz 2001).

Piaskowce warstw istebniańskich dolnych należą do najczęściej wykorzystywanych architektonicznie na terenie Krakowa piaskowców karpackich, a jednocześnie są jednym z najdawniej użytkowanych surowców kamiennych w tym mieście. Stosowano je zarówno jako surowiec konstrukcyjny do wznoszenia murów budynków, budowli fortyfikacyjnych, przeciwpowodziowych i obiektów infrastruktury kolejowej (Kamieński & Skalmowski 1957), jak również w kamieniarsce sepulkralnej, rzeźbie i małej architekturze (Rajchel 2004). Ostatnio

znalazły one zastosowanie głównie jako kamień dekoracyjny, w postaci szlifowanych płyt wewnętrznego i zewnętrznego zastosowania, rzadziej o ciętej lub łupanej fakturze powierzchni. Dobrym przykładem takiego zastosowania są fasady Akademii Sztuk Pięknych, teatru Bagatela, oraz budynku Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II w Balicach i Dworca Autobusowego PKS.

***OPHIOMORPHA RUDIS* NA TERENIE KRAKOWA**

Ophiomorpha rudis może być widoczna na wszystkich rodzajach powierzchni architektonicznych elementów wykonanych z piaskowca istebniańskiego (Fig. 1). W przypadku powierzchni ciętej widoczna jest w postaci różnie zorientowanych przekrojów, w tym podłużnych i poprzecznych; na powierzchni łupanej odslania się zazwyczaj wyraźnie widoczna nora wraz z wypełnieniem o wypukłym reliefie lub wklęsłym – gdy nora została wtórnie pozbawiona wypełnienia w wyniku współczesnego procesu wietrzenia.



Fig. 1. *Ophiomorpha rudis* w piaskowcach dolnych warstw istebniańskich w blokach muru przeciwpowodziowego nad Wisłą w Krakowie: A) łupana powierzchnia piaskowca z widocznymi norami; B) rozgałęziające się nory i ich przekroje na ciętej powierzchni bloku piaskowca

Fig. 1. *Ophiomorpha rudis* from sandstones of the Lower Istebna Beds in blocks of the Vistula flood protection wall in Krakow: A) parting surface of sandstone with visible burrows; B) branching burrows and their cross sections on cut surface of a sandstone block

Największa ilość tych ichnoskamieniałości obecna jest w murach przeciwpowodziowych Wisły, głównie na lewym brzegu, pomiędzy mostem Zwierzynieckim a klasztorem norbertanek (Fig. 1, 2). Występują one w nadbudowanych współcześnie fragmentach tych umocnień, zlokalizowanych zarówno na koronie starego muru przeciwpowodziowego, jak i na wałach ziemnych (Rajchel 2002, 2004). Mury te zbudowano z bloków piaskowca istebniańskiego o łupanej zewnętrznej powierzchni. Surowiec ten pochodzi z kamieniołomów w Sobolowie koło Bochni i Czaślawiu koło Dobczyc w jednostce śląskiej Karpat zewnętrznych. Widoczne są tu wypełnione materiałem piaszczystym nory *Ophiomorpha rudis* o prostym przebiegu, jak i strefy ich rozgałęzień. Nory te posiadają ściany zbudowane z piaskowca wzbogaconego w minerały ilaste, które skupiają się na wewnętrznej powierzchni ściany tworząc ich wyściółkę (Fig. 2C, D).

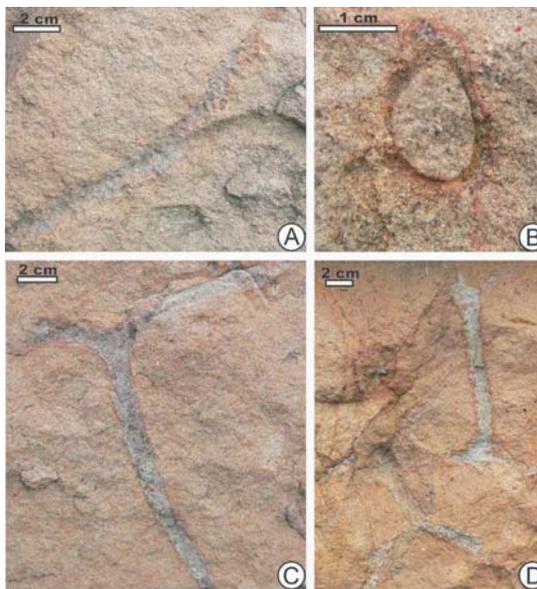


Fig. 2. Niektóre elementy morfologiczne *Ophiomorpha rudis* w piaskowcach dolnych warstw istebniańskich w blokach muru przeciwpowodziowego nad Wisłą w Krakowie. A) Granulowana ściana nory; B) Przekrój przez norę, której ściana jest zażelaziona, prawdopodobnie po utlenionym pirycie; C), D) – Rozgałęzione nory wyścielone materiałem ilastym

Fig. 2. Some morphological elements of *Ophiomorpha rudis* from sandstones of the Lower Istebna Beds in blocks of the Vistula flood protection wall in Krakow. A) Granulated burrow wall; B) Cross section of a burrow, which wall is ferruginized, probably due to oxidization of pyrite; C), D) – Branching burrows lined with clayey material

Znacznie więcej cech diagnostycznych *Ophiomorpha rudis* można obserwować w dwu wspomnianych kamieniołomach, skąd pochodził materiał skalny umocnień.

W kamieniołomie w Sobolowie odsłania się profil o miąższości około 13 m, w tym trzy warstwy piaskowca o miąższości powyżej 2 m i siedem powyżej 1 m. Są to przeważnie piaskowce średnioziarniste, źle wysortowane, przechodzące poprzez piaskowiec mułowy w poziomo laminowane szare i szaro-zielonkawe mułowce piaszczyste z detrytusem roślinnym,

miejscami zbioturbowane. W pobliżu stropu zawierają one niewielkie toczące ilaste, w spągu jamki wirowe. Widoczne są także wewnątrzławicowe powierzchnie amalgamacji.

W Czasławiu znajdują się dwa kamieniołomy. Kamieniołom niżej położony posiada profil o miąższości około 16 m, z dwoma warstwami piaskowca powyżej 2 m miąższości i siedmioma powyżej 1 m; sąsiedni kamieniołom ma profil o miąższości 3.3 m i najgrubszą warstwę piaskowca o miąższości 67 cm. W stropie ławice te przechodzą poprzez drobnoziarnisty piaskowiec w horyzontalnie lub riplemarkowo laminowane zapiaszczone mułowce. Piaskowce są źle wysortowane, arkozowe o kontaktowo-porowym lepiszczu ilastym z intraklastami mułowców i uzbrojonych toczenców ilastych. Posiadają pograży, powierzchnie amalgamacji, soczewki materiału żwirowego, a także struktury miseczkowe (*dish structures*) i synsedymencyjne żyły klastyczne.

Podobnie zachowane skamieniałości śladowe *Ophiomorpha rudis* znajdują się w dużym bloku piaskowca istebniańskiego, o wymiarach 1.6×0.9×0.6 m, stanowiącym zasadniczą część pomnika Wojciecha Bogusławskiego przy ul. W. Sieroszewskiego, obok Szpitala im. Żeromskiego w Nowej Hucie (Rajchel 2003).

Ophiomorpha rudis zachowana jest także na gładkich powierzchniach elementów architektonicznych wykonanych z piaskowca istebniańskiego. Widoczna jest ona w postaci przekrojów prostych nor, o długościach od kilku do kilkudziesięciu centymetrów, wypełnionych wtórnie piaszczystym materiałem. Skamieniałość ta znajduje się między innymi na:

- cokole naroża budynku C-1 AGH od strony ul. Czarnowiejskiej;
- cokole kaplicy cmentarnej na cmentarzu Rakowickim;
- kolumnie po prawej stronie portalu głównego wejścia do kościoła Misjonarzy przy ul. Lea;
- cokole półkolistego ganku, na tyłach gmachu Collegium Śniadeckich od strony Ogrodu Botanicznego;
- okładzinie ściany hali odpraw starej części Portu Lotniczego w Balicach, przy schodach prowadzących na wyższą kondygnację;
- cokole i innych elementach zewnętrznego wystroju budynku domu akademickiego przy ul. Armii Krajowej 7.

CHARAKTERYSTYKA *OPHIOMORPHA RUDIS* (KSIĄŻKIEWICZ, 1977)

Pierwotnie, *Ophiomorpha rudis* została opisana przez Książkiewicza (1977) jako *Sabularia rudis* z piaskowców ciężkowickich (eocen) w Gródku nad Dunajcem. Autor ten wymienił występowanie tej skamieniałości śladowej w piaskowcach warstw istebniańskich dolnych. Uchman (1995) włączył *Sabularia rudis* do ichnorodzaju *Ophiomorpha*, którego typowy przedstawiciel *Ophiomorpha nodosa* Lundgren jest powszechnie znany z płytkomorskich piaskowców młodszego mezozoiku i kenozoiku (najstarsze wystąpienia od permu).

Ophiomorpha nodosa produkowana była przez krewetki lub podobne skorupiaki (np. Frey *et al.* 1978). Przez analogię uważa się, że *Ophiomorpha rudis* produkowana była przez tę samą grupę organizmów (Uchman 2001). Cechą charakterystyczną *Ophiomorpha* jest obecność granulowanej ściany chroniącej norę przed zapadnięciem się. Obserwowano jak krewetki wciskają w ścianę nory grudki zamulonego piasku. W rezultacie tego, zewnętrzna powierzchnia ściany przybiera granulowaną fakturę, a wewnętrzna powierzchnia zostaje wygładzona

w wyniku ruchu organizmu (np. Frey *et al.* 1978). Krewetki odfiltrują pożywienie z wody przepływającej przez norę. Dodatkowo, niektóre krewetki hodują na ścianach nor mikroorganizmy, które są coraz częściej stwierdzanym, dodatkowym źródłem pożywienia skorupiaków głęboko penetrujących w osadzie.

Ophiomorpha rudis związana jest głównie z gruboławicowymi piaskowcami, gdzie występuje w stropowych częściach ławic. O ile ławica piaskowca posiada w stropie człon mułowcowy, on także zawiera *Ophiomorpha rudis*. Ta skamieniałość śladowa występuje także w cienkich ławicach piaskowców o miąższości paru centymetrów, a także w soczewkowatych piaskowcach wśród mułowców i w samych mułowcach.

Nory *Ophiomorpha rudis* są w większości pionowe, rzadziej lekko ukośne lub poziome, o średnicach od 5 do około 20 mm. Przecinają one całe ławice, lub rzadziej ograniczają się do ich części. Zdarza się, że nory przecinają więcej niż jedną ławicę. Ich długość w odsłonięciach dochodzi do 2 m, ale przeważnie mieści się w granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Na terenie Krakowa w zastosowanych architektonicznie piaskowcach długości kanałów ograniczone są rozmiarami danego elementu. Pionowe lub pochyłe nory rozgałęziają się na różnych głębokościach od stropu ławicy. Często najniższe rozgałęzienie znajduje się w spagu ławicy lub w niżejleżącym mułowcu. Rozgałęzienia mają kształt litery Y, rzadziej T (Fig. 1A, 2C, D). Nierzadko można obserwować wiele rozgałęzień wychodzących z dolnego zakończenia pionowej lub pochyłej nory, tworzących nieregularne rozety (Fig. 1 B). Miejsca rozgałęzień są często powiększone (Fig. 2C).

U *Ophiomorpha rudis* przebieg nor i morfologia ściany są bardzo nieregularne. W bardziej kohezyjnym osadzie, na przykład z większą ilością minerałów ilastych lub zalegających głębiej od dna, ściana w ogóle nie występuje. W takich miejscach możliwość zapadnięcia się nory była mniejsza i jej umocnienie ścianą nie było konieczne. Tam gdzie osad był spoisty, można zauważyć na brzegach nor odlewy zadrapań produkowanych przez odnóża skorupiaków (Uchman 2009). Granulacja ściany (Fig. 2A) jest najczęściej bardzo nieregularna, co odróżnia *Ophiomorpha rudis* od *Ophiomorpha nodosa*, która charakteryzuje się regularną granulacją. U *Ophiomorpha rudis* z piaskowców istebniańskich, ściany nor pokryte są bardzo cienką powłoczką popielatej substancji ilastej (Fig. 2C, D), niekiedy o zachowanej gruzelkowatej strukturze. Lokalnie, ściana może być zażelazona (Fig. 2B), przypuszczalnie po utlenieniu pirytu. Wszystkie nory wypełnione są zazwyczaj średnioziarnistym materiałem piaszczystym, zbliżonym do budującego otaczającą skałę, lecz nie rzadko o drobniejszym lub grubszym ziarnie. *Ophiomorpha rudis* przecina struktury miseczkowe (ang. *dish structures*) lub żyły klastyczne, o ile takie występują. Wskazuje to na późniejsze powstanie nor.

INTERPRETACJA *OPHIOMORPHA RUDIS*

Przez analogię do *Ophiomorpha nodosa* i fakt występowania takich cech jak granulacja ściany, zadrapania odnóży czy charakterystyczne, powiększone rozgałęzienia, uważa się, że *Ophiomorpha rudis* produkowana była przez krewetki lub podobne skorupaki. W przypadku *Ophiomorpha nodosa*, posiadającej podobne cechy, potwierdzają to bezpośrednie obserwacje (np. Frey *et al.* 1978).

Ophiomorpha rudis występuje wyłącznie w utworach głębokomorskich. Najstarsze jej wystąpienie znane jest z tytońskiego fliszu Bułgarii (Tchoumatchenco & Uchman 2001).

Świadczy ono o późnojurajskiej inwazji większych skorupiaków penetrujących w osadzie do głębokiego morza. Jej występowanie we wczesnej kredzie jest nieliczne. Jest ono powszechne dopiero w późnej kredzie, kiedy wzrasta znacznie różnorodność skamieniałości śladowych. Najliczniejsze jest ono w eocenie. Najmłodsze wystąpienia zanotowano z pliocenu (Uchman 2004). Nie jest wykluczone współczesne występowanie *Ophiomorpha rudis*, jednak trudności w badaniu nor w głębokim morzu są główną przeszkodą w rozstrzygnięciu tego problemu.

Etologia *Ophiomorpha rudis* jest zagadkowa. Głęboka penetracja do często pogrzebanych ławic, deponowanych jak można przypuszczać wiele tysięcy lat przed aktywnością skorupiaków, pozwala przypuszczać, że nie chodzi tu o proste odżywianie się materią organiczną w osadzie. Koncentracja nor w warstwach z siewką roślinną sugeruje, że skorupiaci wykorzystują materię roślinną, w której celuloza, zasadniczo niejadalna dla organizmów morskich, uległa rozkładowi i dzięki temu jest do wykorzystania. Prawdopodobnie, na tak rozłożonej materii roślinnej krewetki hodowały mikroorganizmy, które stanowiły być może nie jedyne, ale ważne źródło ich pokarmu. Pojawienie się *Ophiomorpha rudis* jest ewolucyjną odpowiedzią na dostawę dużej ilości detrytusów roślinnego do głębokiego morza po pojawieniu się roślin okrytozalążkowych w kredzie i na wzrastającą konkurencję w zdobywaniu pożywienia, zmuszającą organizmy do różnorodnych adaptacji (Uchman 2004). *Ophiomorpha rudis* występuje głównie we fliszu piaszczystym, zwłaszcza w facjach kanałowych, proksymalnych łobów depozycyjnych i nasypów. Jest ona wskaźnikowym ichnotaksonem ichnosubfacji *Ophiomorpha rudis* w obrębie ichnofacji *Nereites* (Uchman 2001), obok ichnosubfacji *Paleodictyon* (typowa dla fliszu piaszczysto-łupkowego) i *Nereites* (typowa dla fliszu łupkowego) (Uchman 2007, 2009).

Poszukiwanie, identyfikacja i opis skamieniałości obecnych i powszechnie dostępnych obserwacji w kamiennych elementach architektury, to tylko jedna z wielu możliwości paleontologicznej waloryzacji miejskiego środowiska. Miarą tych możliwości jest obecność w surowcach skalnych architektury Krakowa tak niezwyklej grupy skamieniałości, jaką są wewnętrzławicowe skamieniałości śladowe reprezentowane przez ichnorodzaj *Ophiomorpha*. Takie paleontologiczne spojrzenie na architekturę, to tylko jedno z wielu zagadnień związanych z geologią miejską (*urban geology*). Ta nowa, powstająca na naszych oczach, prężnie rozwijająca się gałąź nauk geologicznych ma za zadanie dyskutować bogactwo wiadomości geologicznych i paleontologicznych zawartych w kamiennym tworzywie aglomeracji miejskich.

Praca została wykonana w ramach tematu badawczego działalności statutowej Katedry Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, nr 11.11.140.447.

*Badania A. Uchmana nad ichnofacją *Ophiomorpha rudis* w Karpatach była finansowana przez Komitet Badań Naukowych w latach 2004–2006.*

LITERATURA

- Bertling M., Braddy S., Bromley R.G., Demathieu G.D., Genise J.F., Mikuláš R., Nielsen J.-K., Nielsen K.S.S., Rindsberg A.K., Schlirf M. & Uchman A., 2006. Names for trace fossils: a uniform approach. *Lethaia*, 39, 265–286.
- Bromowicz J., Gucik S., Magiera J., Moroz-Kopczyńska M., Nowak T. & Peszat C., 1976. Piaskowce karpackie, ich znaczenie surowcowe i perspektywy wykorzystania. *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia*, 2, 3–95.

- Bromowicz J., 2001. Ocena możliwości wykorzystania skał z okolic Krakowa do rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 17, 5–73.
- Frey R.W., Howard J.D. & Pryor W.A., 1978. *Ophiomorpha*: its morphologic, taxonomic, and environmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 23, 199–223.
- Kamiński M. & Skalmowski W. (eds), 1957. *Kamienie budowlane i drogowe*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 361.
- Kamiński M., Peszat C. & Rutkowski J., 1967. Zmienność petrograficzna piaskowców karpackich i zagadnienia ich klasyfikacji. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 37, 499–508.
- Książkiewicz M., 1977. Trace fossils in the Flysch of the Polish Carpathians. *Palaeontologia Polonica*, 36, 1–208.
- Mutti E. & Ricci Lucchi F., 1972. Le torbiditi dell'Appenino settentrionale: introduzione all'analisi di facies. *Memoire della Società Geologica Italiana*, 11, 161–199.
- Peszat C. & Buczek-Pułka M., 1984. Własności fizyczno-mechaniczne piaskowców istebniańskich. *Geologia (kwartalnik AGH)*, 10, 5–34.
- Rajchel J., 2002. Surowce skalne w rekonstrukcji i nadbudowie systemu przeciwpowodziowego Krakowa. *Świat Kamienia*, 17, 27–31.
- Rajchel J., 2003. Pomnikowe głązy i bloki skalne Krakowa. *Świat Kamienia*, 21, 56–57.
- Rajchel J., 2004. *Kamienny Kraków. Spojrzenie geologa*. UWND AGH, Kraków, 1–235.
- Strzeboński P., 2003. Środowisko sedymentacyjne warstw istebniańskich (górný senon–paleocen) na zachód od Skawy. *Rozprawa doktorska*. Archiwum Biblioteki Głównej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Al. Mickiewicza 30.
- Uchman A., 1995. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: The Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria*, 15, 3–115.
- Uchman A., 2001. Eocene flysch trace fossils from the Hecho Group of the Pyrenees, northern Spain. *Beringeria*, 28, 3–41.
- Uchman A., 2004. Phanerozoic history of deep-sea trace fossils. W: McIlroy D. (Ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society of London, Special Publication, 228, 125–141.
- Uchman A., 2007. Deep-sea ichnology: development of major concepts. W: Miller W. (Ed.), *Trace Fossils Concepts, Problems, Prospects*. Elsevier, Amsterdam, 248–267.
- Uchman A., 2009 (in press). The *Ophiomorpha rudis* ichnosubfacies of the Nereites ichnofacies: characteristics and constraints. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, doi:10.1016/j.palaeo.2009.03.003.
- Unrug R., 1963. Istebna Beds – a fluxoturbidity formation in the Carpathian Flysch. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 33, 49–92.
- Unrug R., 1968. Kordyliera Śląska jako obszar źródłowy materiału klastycznego piaskowców fliszowych Beskidu Śląskiego i Beskidu Wysokiego, polskie Karpaty zachodnie. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 38, 81–164.