

INVESTIGATION OF PSYCHOWICKA CAVE. TWARDOWSKI ROCKS, CRACOW.

Badania jaskini Pychowickiej z pasma Skalek Twardowskiego w Krakowie

Maciej Pawlikowski* Andrzej Górny**,

*/ Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowi

**/ Muzeum Geologiczne, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Streszczenie

Wykonano badania speleologiczne, geologiczne i mineralogiczno-petrograficzne jaskini Pychowickiej, skał w których jaskinia się rozwinęła oraz osadów zapełniających jaskinię. Otrzymane wyniki wykorzystano do wyjaśnienia historii ewolucji krasu w tej jaskini jak też historii sedymentacji zapełniających ją osadów. Stwierdzono, że rozwój systemu krasowego jaskini Pychowickiej jest skutkiem składu petrograficznego skał oxfordu w których powstała jaskinia jak też systemu spękań prawdopodobnie pochodzenia tektonicznego. Najstarsze osady o charakterze terra rosa znajdują się w jaskini częściowo w pozycji in situ a częściowo są namyte z zewnątrz jaskini. Ich charakter sugeruje, że mogą to być osady wieku paleogeńskiego co z kolei sugeruje, że system jaskini Pychowickiej powstał pomiędzy momentem wypiętrzenia wapieni i dolomitów oxfordu, a paleogenem. Kolejne, młodsze osady piaszczyste zapełniające system krasowy są osadami piaszczystymi i piaszczysto-ilastymi najprawdopodobniej wieku plejstoceńskiego i zostały do systemu jaskiń namyte z zewnątrz gdzie znajdują się także na złożu wtórnym.

Abstract

Speleological, geological and mineralogical-petrographic analysis of the Pychowicka cave was carried out, including the rocks in which the cave has developed and the sediments that fill the cave. The results were used to explain the history of the evolution of karst in the cave, as well as the history of sedimentation inside. It was discovered that the development of a karst system in the Pychowicka cave is the result of petrographic composition of oxford rocks in which the cave developed, as well as the fracture system of probably tectonic origin. The oldest terra rosa sediments in the cave are partly in position in situ and partly washed in from outside the cave. Their character suggests that they could be Paleogene deposits, which in turn suggests that the Pychowicka cave system developed between the moment of oxford limestone and dolomite uplift, and Paleogene. Other, newer sandy deposits filling the karst system are sandy and sandy-clay sediments, probably from Pleistocene, and have been washed into the cave system from outside, where they are also found in the secondary deposit.

Charakterystyka terenu badań

Teren badań i sama jaskinia Pychowicka znajduje się w zachodniej części skałek Tardowskiego i tworzy system korytarzy i sal krasowych, które są w niektórych miejscach

zapełnione osadami (Rys. 1A, B). Dane literaturowe (Gaweł 1948, Dżułyński 1852 Alexandrowicz 1960, Łaptaś 1974, Górny Szelerewicz 2011 i in.) wskazują, że system krasowy jaskini Pychowickiej rozwinięty jest w wapieniach jury (oxford), których część została zdolomityzowana. Dyskusja literaturowa wskazuje, że większość autorów uważa dolomityzację za wtórną (Dżułyński 1952, Alexandrowicz 1960 i in.) zaś niektórzy (Łaptaś \ 1974) skłonni są uznać dolomityzację za wczesno diagenetyczną. Bez względu na genezę dolomitów znajdujących się w wapieniach oxfordu ich obecność miała wpływ na rozwój systemu krasowego nie tylko jaskini Pychowickiej ale także całego systemu krasowego Skalek Twardowskiego.

Charakterystyka jaskini

Współrzędne geograficzne otworu: 50⁰02'12" N; 19⁰53'55" E.

Wysokość otworu: 209 m n.p.m.

Wysokość otworu nad dnem doliny Wisły: 9 m.

Długość: 122 m.

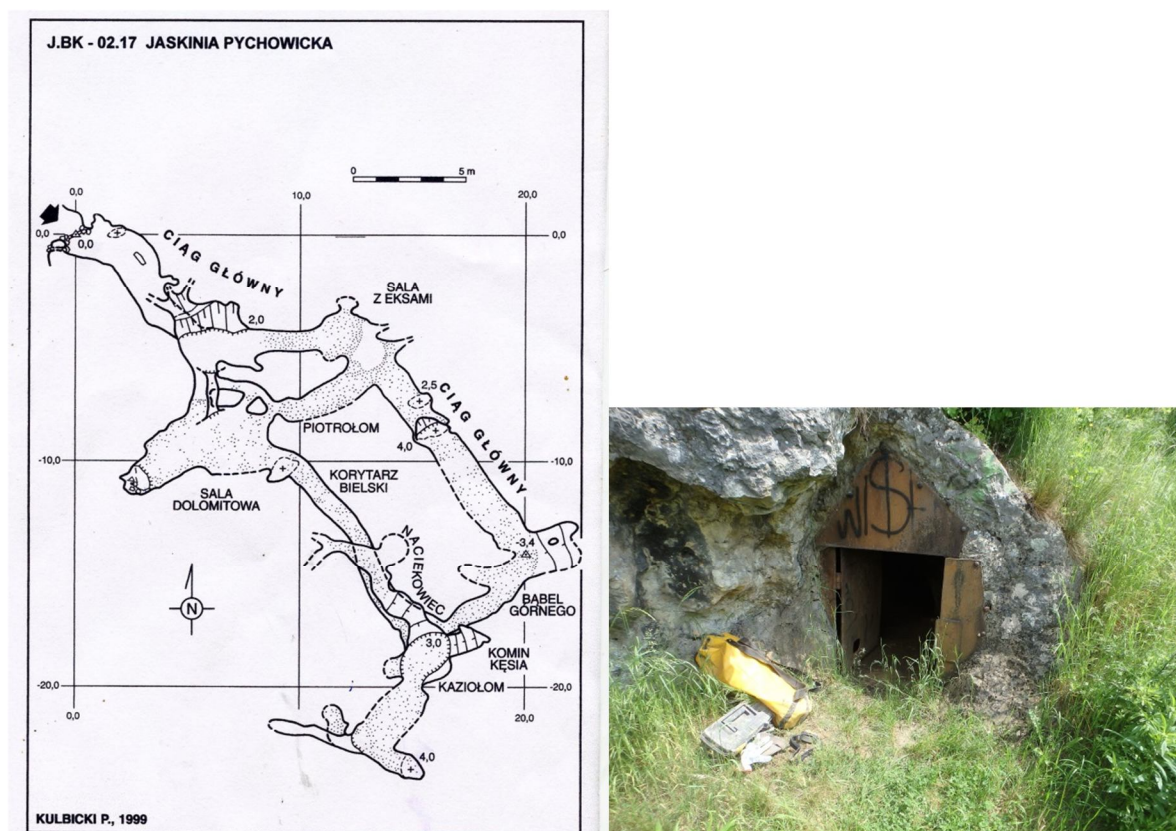
Deniwelacja: 8,1 m (-3,4; +4,7 m).

Jaskinia położona jest we wzniesieniu Księża Góra, na wschód od Pychowic. Otwór jaskini znajduje się w nieczynnym kamieniołomie, na jego wschodnim zboczu. Kamieniołom eksploatowany był w okresie międzywojennym.

Otwór wejściowy o wysokości 1,2 m i szerokości 1,5 m jest obmurowany i zamknięty metalowymi drzwiami. Za nimi wstępny 6 metrowy, niski odcinek Ciągu Głównego o skalnym dnie i stropie o kształcie przypominającym namiot. dalej korytarz rozszerza się, jest tutaj 2 mertowy próg, ponad którym znajduje się skośny, pokryty polewą naciekową korytarz. Dalej w lewo biegnie korytarz Ciągu Głównego, zaś w prawo są wejścia do Sali Dolomitowej. Po przejściu 5 m dochodzimy do rozszerzenia nazwanego Salą z Eksami, z której w prawo odchodzi korytarz (Piotrołom) łączący się z Salą Dolomitowa, a następnie obszerny korytarz o piaszczystym dnie z dwoma kominami w stropie (o wysokości 2,5. i 4 m) doprowadza do najniższej położonego punktu w jaskini. Miejsce to, nazwane Bąbel Górnego - położone jest 3,4 m poniżej otworu. Jest to poprzeczny, stosunkowo wysoki (2 m) korytarz, częściowo wykopany biegnący w prawo w górę do podstawy wysokiego, obszernego komina (Kaziółom) Jest on miejscem zwornikowym w jaskini. Wysoki na 5 m o rozmiarach 1,5 x 1m, ma dwie kontynuacje w górę: korytarz zwany Naciekowcem oraz Komin Kęsia, a także korytarz do Sali Dolomitowej (Bielski) i korytarz prowadzący w kierunku SW, zakończony poprzecznym ciągiem, gdzie po stronie wschodniej prowadzi w górę 5 m wysoki komin, w stronę przeciwną - obszerny korytarz z niewielkim prześwitem pod stropem, zablokowany piaszczystymi osadami. Naciekowiec to początkowo kilka metrów stromizny, następnie przechodzi w poziomy, coraz ciaśniejszy korytarz skierowany na zachód. Prawdopodobnie jest tylko częścią podstropową większej całości skrytej w piasku. Korytarz Bielski to tunel łączący Salę Dolomitową z Kaziółomem. Sala Dolomitowa jest największą próżnią w jaskini (6x4 m, o wysokości do 3,5 m), o piaszczystym dnie. W jej ścianach dobrze widoczne wypreparowane ławice dolomitu (Kulbicki, Górny 2011).

Wyniki badań

System korytarzy i komór w jaskini Pychowickiej jest rozbudowany (Fig. 1)



A **B**
Fig. 1 A - plan jaskini Pychowickiej, B- wejście do jaskini Pychowickiej

Pozycja stratygraficzna jaskini

Jaskinia Pychowicka znajduje się w obrębie uławiconych wapieni jurajskich (oksford_), które są częściowo objęte procesem dolomityzacji (Łaptaś 1974, Górny, Szelerewicz 2011).

Wapienie mają charakter mikrytowy, rzadziej mikrytowo-sparytowy (Fot. 2A). Ich proces dolomityzacji jest w różnym stopniu rozwinięty. Obok dolomityzacji typu gniazdowego (Fig. 2 B). Obserwuje się dolomityzację drobnokrystaliczną o charakterze jednolitym (Fig. 2 C) oraz najbardziej rozwiniętą dolomityzację, której skutkiem jest dolomit grubokrystaliczny (Fig. 2D). Obserwowane typy skał występują w badanym profilu skał bardzo nieregularnie (Gaweł 1948, Dżułyński 1952, Alexandrowicz 1960). Zmienny skład mineralny skał (kalcyt-dolomit) decydujący o różnym ich iloczynie rozpuszczalności jak też zmienna struktura (różna krystaliczność) powodowały różną podatność na rozpuszczanie przez penetrujące wody opadowe. Nakładający się na te cechy skał system spękań spowodował, że system krasowy jaskini jest bardzo skomplikowany i nieregularny. Niektóre partie wapieni są zsylikowane (Matyszkiewicz 1987).

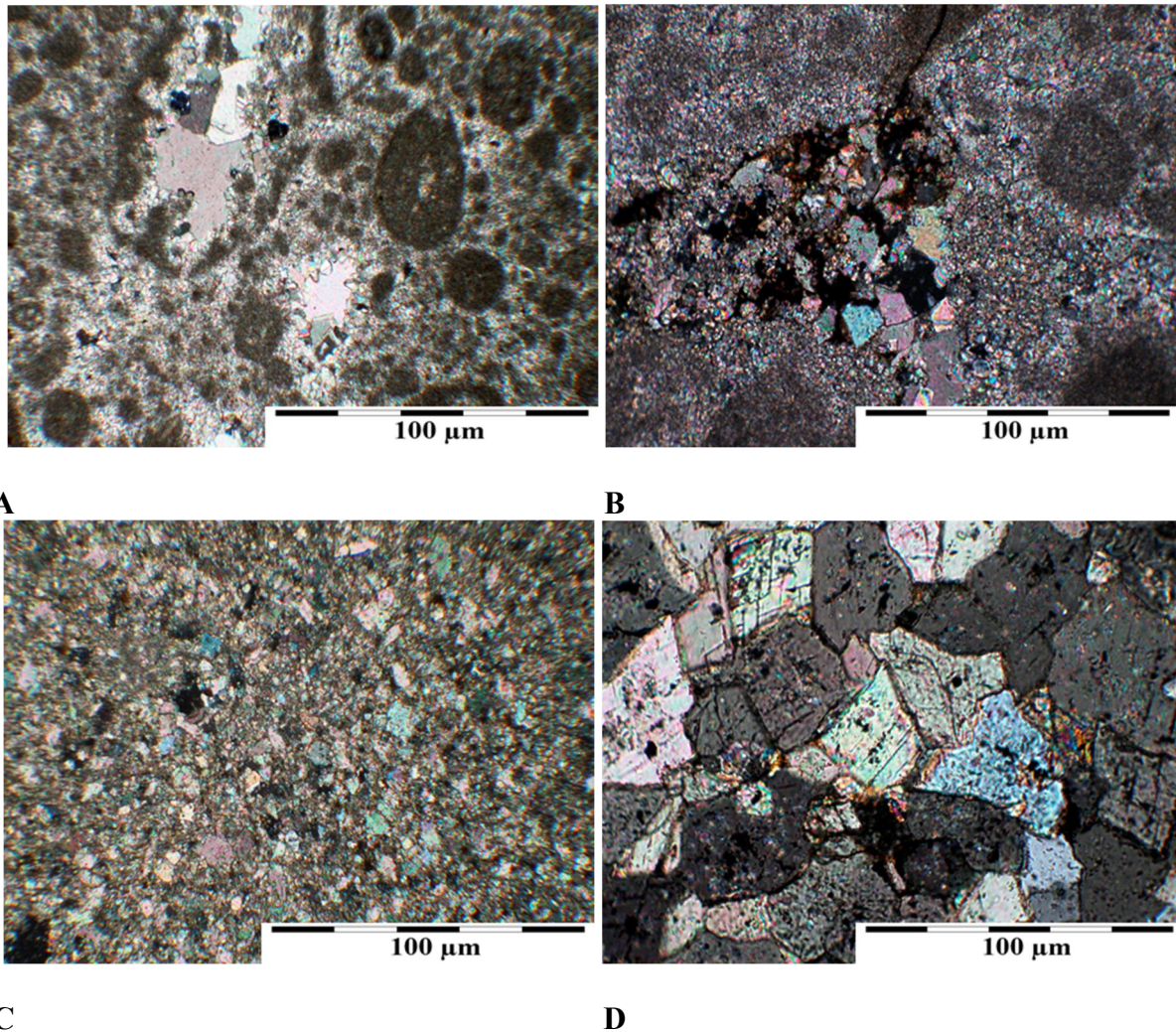


Fig. 2 Odmiany skał węglanowych z Jaskini Pychowickiej. **A** – wapień ulawiczny. **B** - przykład dolomitacji „gniazdowej” w wapieniu. **C** – dolomitacja drobnokrystaliczna, **D** – dolomit grubokrystaliczny. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X.

System krasowyo jaskini Pychowickiej

Przekroje korytarzy jaskini Pychowickiej charakteryzują się mniejszą średnicą w partiach przystropowych i przeważnie są szersze w partiach przyspągowych. Sugeruje to ewolucje systemu od prowadzącego niewielkie ilości wody przez fazę intensywnych przepływów (silnej erozji i krasowienia) do fazy finalnej w którym powoli przepływy zmniejszały się by zupełnie zaniknąć (Fig. 3 A, B) W tak utworzonych korytarzach i komorach rozpoczęło się tworzenie szaty naciekowej oraz depozycja materiału lokalnego, tworzącego się w jaskini i materiału naniesionego, namytego do jaskini.(Fig. 2 C,D).

Głębokość korytarzy i sal krasowych wskazuje, na to, że w przeszłości poziom wód na zewnątrz systemu krasowego jaskini Pychowickiej był znacznie niższy niż obecnie i z pewnością oscylował w poszczególnych okresach geologicznych wpływając na tempo rozwoju erozyjnych form krasowych, jak i wtórnej szaty krasowej.

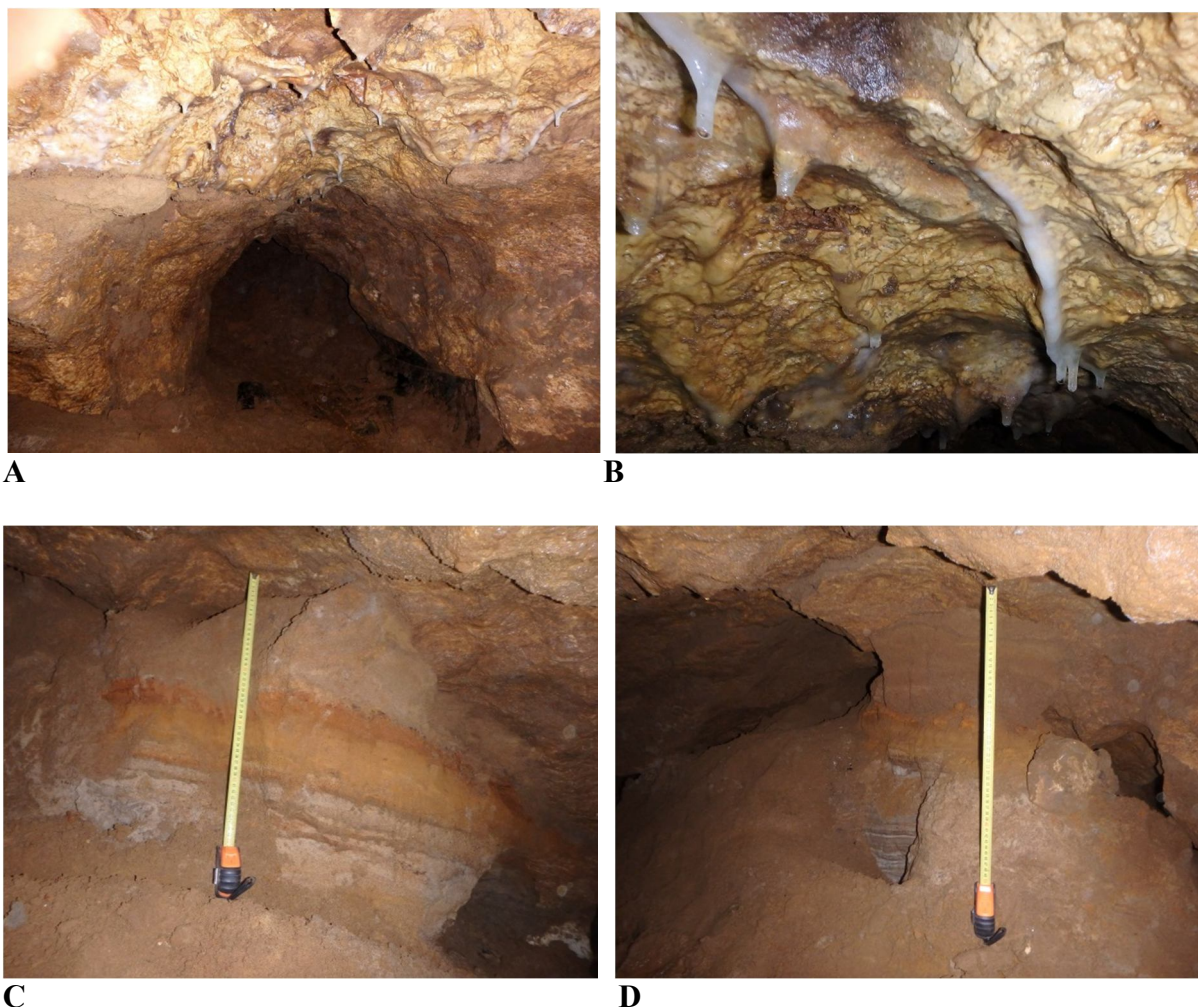


Fig 3 A - Jeden z korytarzy jaskini. Na ścianie widoczne brunatne zaciemnienie zaznaczające poziom wypełnienia jaskini osadami. B – nowo tworzące się stalaktyty kalcytowe, C – jeden z profil osadów wypełniających jaskinie. D- osady wypełniające jaskinie

Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna osadów wypełniających jaskinie Pychowicką

Śledząc mineralogiczno-petrograficzny i sedymentologiczny charakter osadów wypełniających jaskinię można stwierdzić, że są w niej zarówno osady utworzone *in situ* jak i osady naniesione do niej z zewnątrz.

Osady lokalne to różnego rodzaju gruzy i gruziki. Ich powstanie wiąże się z odpadaniem materiału wapiennego od ścian i stropu jaskini. Ich stopień obtoczenia wskazuje na ewentualny transport lub sedymentacje *in situ*.

Osady naniesione do jaskini z zewnątrz to głównie piaski i czerwone ły będące terra rosa rozwiniętej na wapieniach prawdopodobnie głównie w Paleogenie.

To jaki materiał był namywany do jaskini i wypełniał jej krasowe formy zależało zarówno od tego co erozja niszczyła nad jaskinią jak i od tego jak intensywne było to niszczenie. Delikatne opady rozmywały i transportowały delikatny materiał ilasty (terra rosa). Opady intensywne o dużej energii transportowej namywały do jaskini materiał grubiej ziarnisty. Na tak transportowany i osadzony w jaskini materiał wpływały zjawiska diagenety a głównie spływów stokowych powodując powstawanie w nich charakterystycznych struktur spływowych (Fig. 4 A, B, Fig. 5).

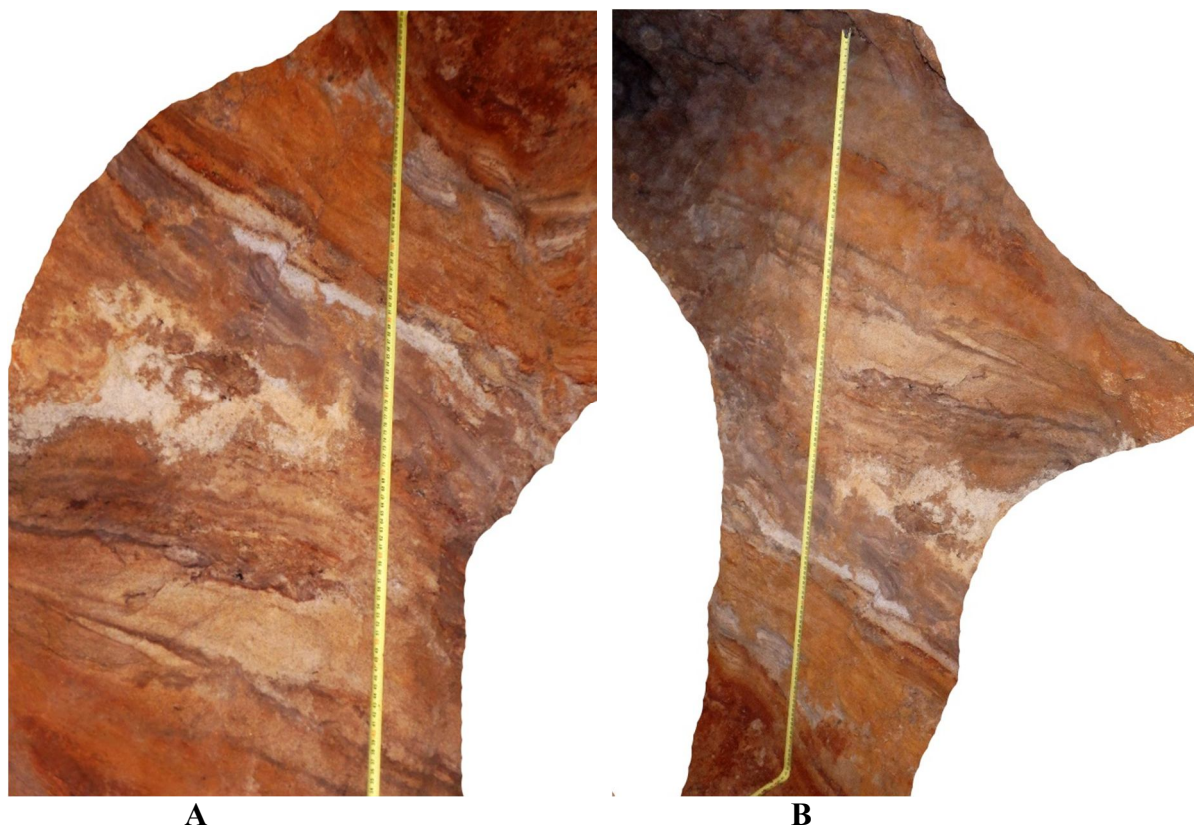


Fig. 4 Profile osadów jaskiniowych. **A** - Profil nr I, **B** - Profil nr 2

Makroskopowa charakterystyka warstw w profilu I

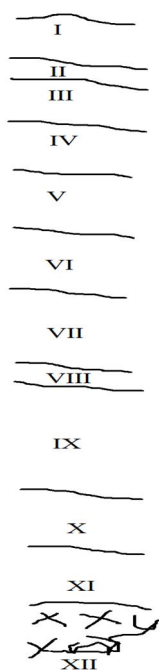


Fig. 5 Profil nr 1 – sekwencja badanych osadów. Grubość profilu 1.40 m.

I – brunatna glina piaszczysta. II – czerwona glina typu terra rosa z domieszką tlenków żelaza, III- terra rosa, IV- piasek z domieszką terra rosy, V- piasek z domieszką terra rosy i tlenkami żelaza., VI – brunatny piasek z domieszką terra rosy, VII – piasek brunatny z domieszką terra rosy, VIII – piasek jasno szary(polodowcowy), IX – piasek brunatny z domieszką terra rosy, X – jasnoszary piasek (polodowcowy), XI – glina typu terra rosa z pojedynczymi okruchami wapieni, krzemieni i nieregularnymi koncentracjami tlenków żelaza (Fot. 4), XII – rumosz wapienny i wapienna skała z niewielką ilością terra rosa w spękaniach i między okruchami wapienia.

W materiale zapelniającym jaskinię napotyka się także krzemienie i różnego rodzaju zsylikowane formy, które w wyniku chemicznej erozji wapieni i dolomitów zostały w procesie krasowienia wyseparowane ze skał. (Fig. 6 A,B). Zostaną one opisane w oddzielnej publikacji.



A
Fig. 6 A - nieregularna koncentracja krzemionki z barwnymi tlenkami i wodorotlenkami żelaza. **B** – obraz fragmentów przekroju konkrecji krzemionkowo- żelazowej.

Najstarsze osady znajdujące się *in situ* w spągu badanych profili na spągu komór i chodników jaskini to gruziki wapienne z domieszką czerwonych ilów. Są one wieku prawdopodobnie paleogeńskiego. Można zatem przypuszczać, że zasadnicza część systemu krasowego została utworzona między wypiętrzeniem skał a paleogenem. Zatem jaskinie są stare bowiem ich powstawanie można szacować na okres oxford- górny paleogen (czyli mniej więcej między na okres od 160 a 20 milionów lat). Zatem szacunkowo system krasowy jaskini Pychowickiej i innych jaskiń w masywie Skałek Twardowskiego formował się przez ponad 140 milionów lat.

Wyniki mineralogiczno-petrograficznych badań osadów zapelniających jaskinie

Ponieważ najstarsze osady zapelniające jaskinie w miejscu ich badania to gruziki z domieszką namytych do jaskini osadów typu terra rosa ich wiek można szacować na młodszy od paleogenu. Zatem mają mniej niż 20 milionów lat.

Głównymi formacjami tworzącymi się w tym okresie to osady miocenu oraz plejstocenu. W jaskini nie natrafiono (jak dotychczas osadów miocenu (iłów, ewaporatów etc.) choć być może znajdują się one w głębszych nie odkopanych jeszcze chodnikach jaskini.

Zatem głównymi osadami zapelniającymi (na złożu wtórnym) jaskinie są redeponowane zjad jaskini do jej korytarzy ily typu terra rosa oraz piaski i mułki plejstocenijskie.

Intensywność rozmywania i wprowadzania do jaskini osadów znajdujących się ponad nią zależała od intensywności opadów. Te z kolei przez ostatnie około 2 miliony lat zależały generalnie od faz klimatycznych czyli zlodowaceń (osłabiona erozja) i faz wilgotnych (interglacjały), choć oczywiście jest to bardzo generalne stwierdzenie, od którego istniało szereg odchyłek klimatycznych.

W związku z powyższymi rozważaniami za istotne uznano ustalenia w osadach zapelniających jaskinie proporcji materiału ziarnistego (namyte piaski) do materiału drobnoziarnistego (głównie ilastego – namyta terra rosa)

Do ustalenia tej proporcji badania wykonano w ten sposób, że z próbek (warstw I-XI) zapełniających jaskinie wydzielono na sitach frakcje ziarnową o ziarnach <0.06 mm i określono jej udział w badanych osadach ustalając zawartość i zmienność tej frakcji w badanym profilu (Tab. 1, Fig. 7).

Wyniki oznaczeni składu ziarnowego probek z osadów profilu nr 1 Jaskinia Pychowicka. Zawartość ziarn < 0,06 mm.	
Próbka nr	Zawartość (%wagowe)
I	10
II	38
III	87
IV	15
V	8
VI	17
VII	10
VIII	5
IX	7
X	3
XII	93
XII	4

Tab. 1

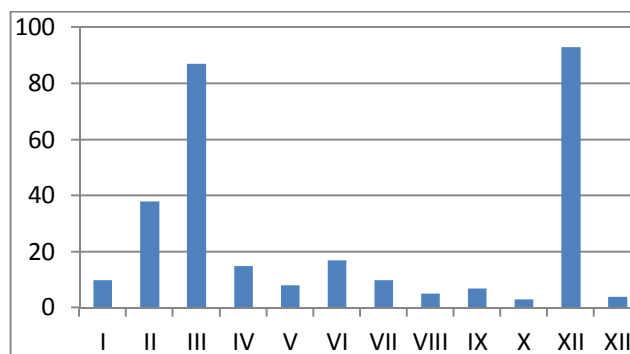


Fig. 7 Wykres procentowej zawartości frakcji ziarnowej <0,06 mm w osadach profilu 1 zapełniających jaskinie Pychowicką.

Dodatkowo z frakcji (<0,06 mm) wydzielono sedymentacyjnie frakcje < 0,01 mm i poddano fazowym badaniom rentgenowskim (Fig. 8). Rozpoznano w niej głównie kwarc i niewielkie ilości kalcytu. Stwierdzono, że minerały ilaste są słabo krystaliczne, a na ich obecność wskazuje ogólny refleks 4.50 Å. Wygrzanie próbki w temp 150 °C spowodowało pojawienie się na dyfraktogramie słabego refleksu kaolinitowego o wartości $d_{hk l} = 7.20 \text{ \AA}$ co sugeruje obecność w tej frakcji słabo uporządkowanego kaolinitu.

Badania potwierdziły, że czerwony ilasty osad zawierający słabo krystaliczny kaolinit jest osadem typu terra rosa. Na obszarze węglanowej Jury krakowsko-częstochowskiej tworzył się w okresie paleogenu.

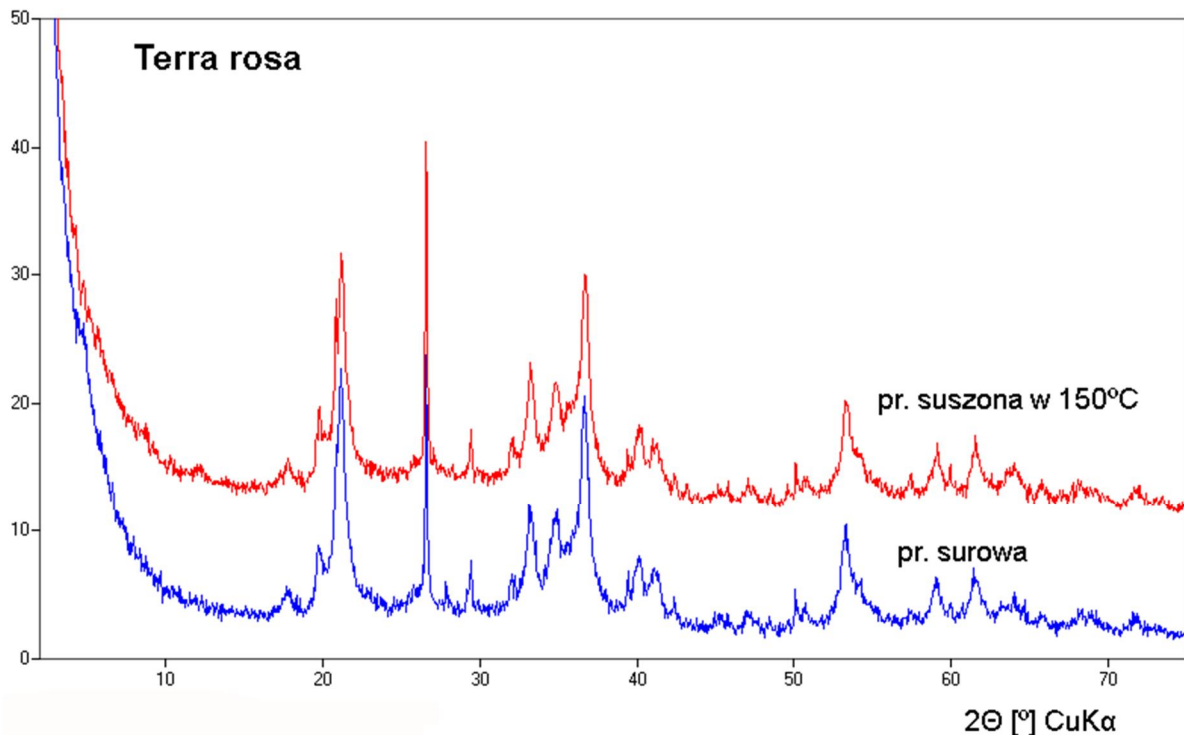
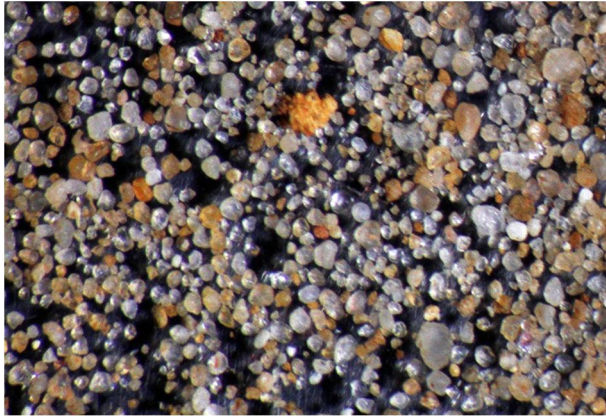


Fig. 8 Dyfraktogram rentgenowski frakcji o ziarnach < 0.01 mm wydzielonej z czerwonego osadu zalegającego dno jaskini Pychowickiej (próbka XI)

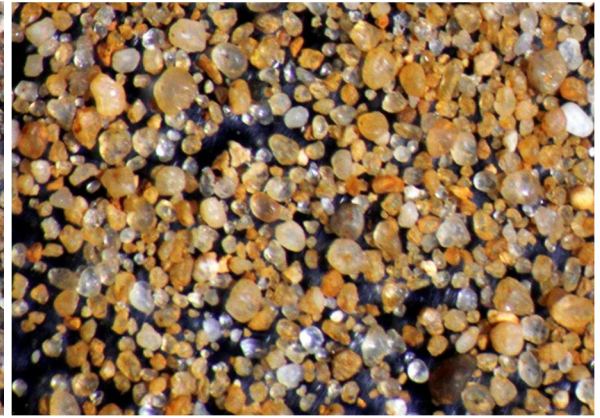
Mikroskopowe analizy frakcji ziarnowej >0.63 (Fig. 9, I-XI) ujawniły dodatkowe szczegóły składu mineralnego wydzielonej z osadów jaskiniowych frakcji grubszej. Jedną z charakterystycznych cech jest zmienność zawartości frakcji najgrubszej oraz obecność agregatów żelazisty barwiących osady na kolor czerwony. Za cechę charakterystyczną uznano także obecność nieobtoczonych okruchów wapieni wskazujących na lokalną domieszkę deponowaną in situ materiał ze ścian i stropu systemu krasowego.

Dodatkowo wykonano obserwacje morfologii ziarn kwarcu (Fig. 10 A, B) w celu ustalenia ich genezy w oparciu o atlas morfologii ziarn kwarcu. (Krinsley, Doorncamp 1973)

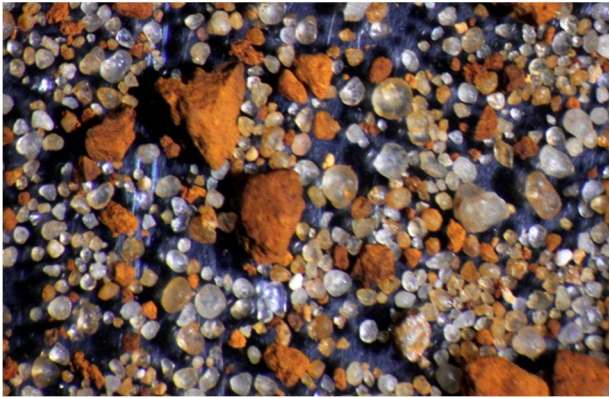
Oznaczono także planimetrycznie z zastosowaniem mikroskopu polaryzacyjnego (Motic – prod. chińskiej) skład mineralny frakcji ziarnowej o ziarnach > 0.063 mm (Tab. 2).



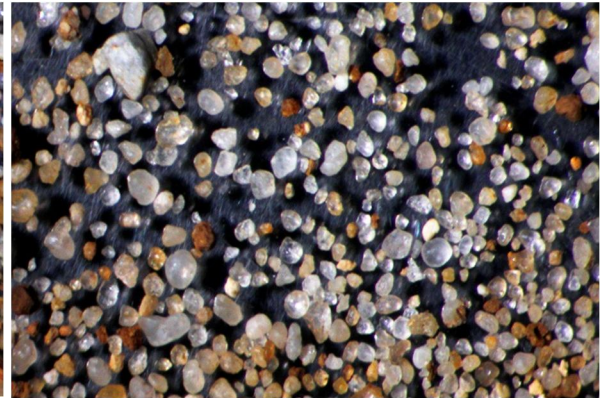
I



II



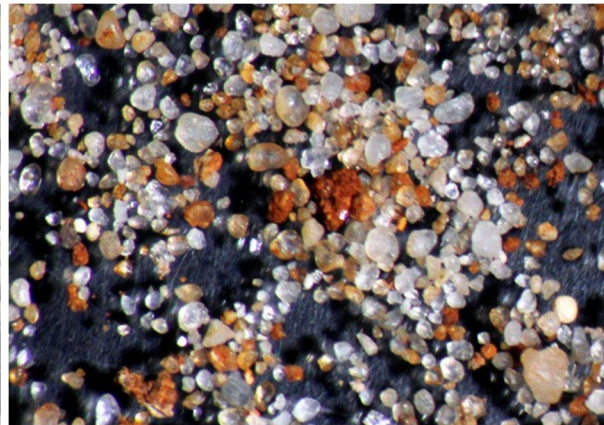
III



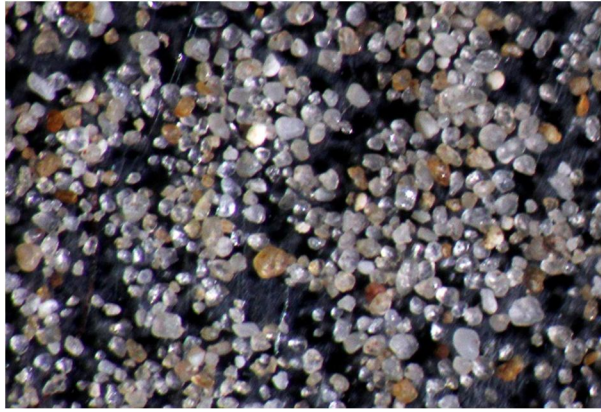
IV



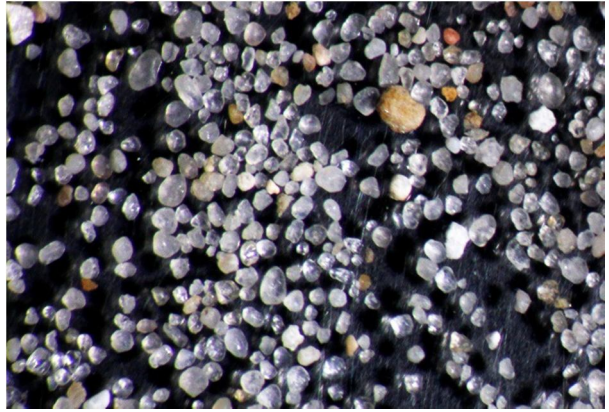
V



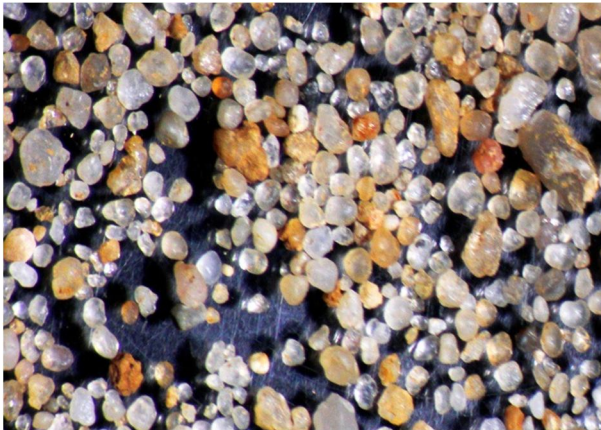
VI



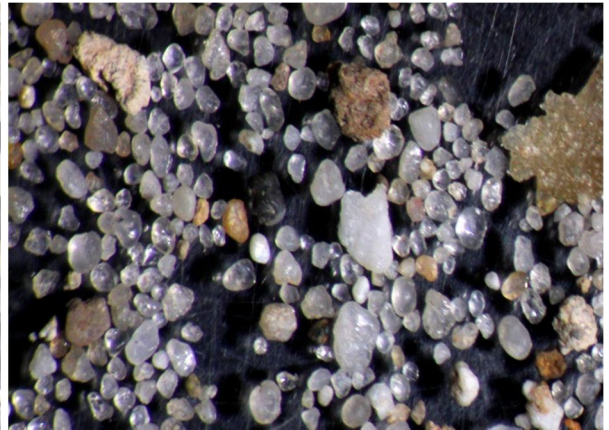
VII



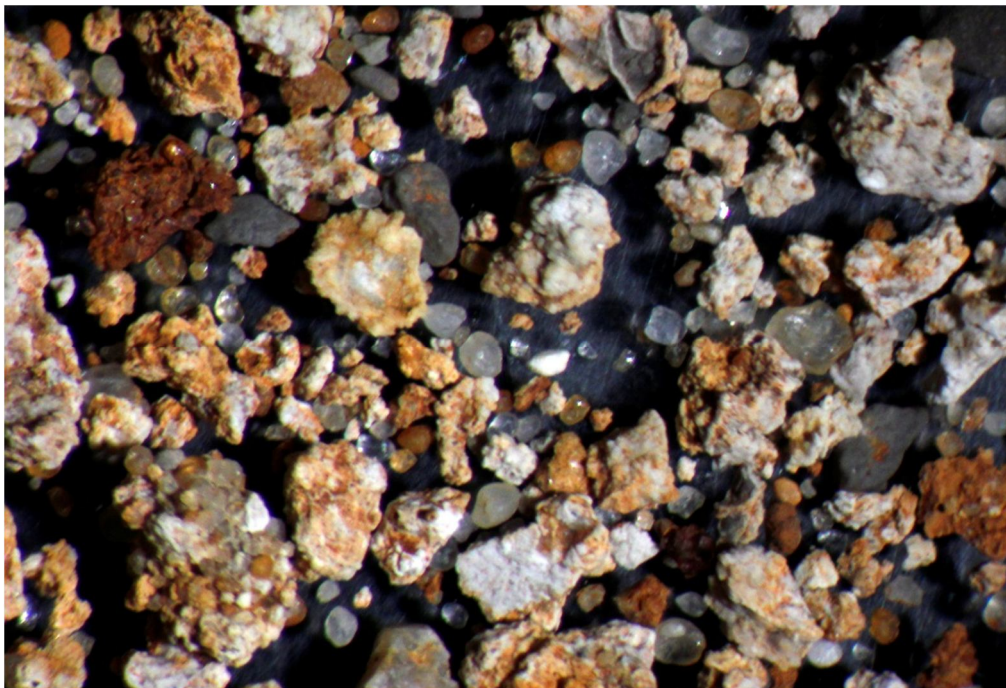
VIII



IX



X



XI

Fig. 9 Obrazy frakcji ziarnowej o ziarnach >0.06 mm wydzielonej z osadów I-XI zapelniających jaskinie Pychowicką. Profil I. Lupa binokularna, powiększenie 10 x.

Porównanie morfologii ziarn kwarcu z osadów wyatępujących w jaskini z fotografiami różnych genetycznie rodzajów kwarcu wskazuje, że zdecydowanie dominują ziarna transporotowane wodą (Fig. 10 B) co skłania do przypuszczenia, że piaski znajdujące się w osadach jaskini Pychowickiej, mogą być związane z okresem plejstocenu.

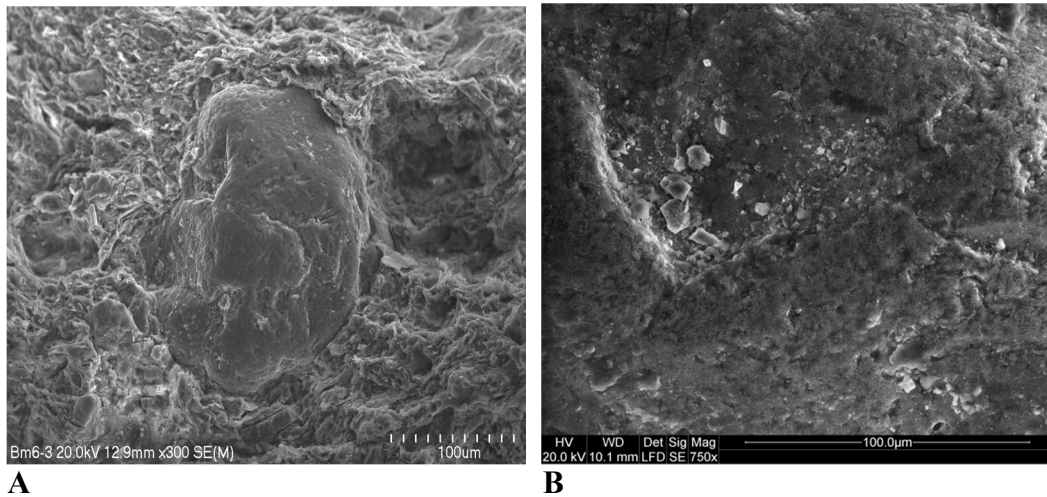


Fig. 10 A - obtoczone ziarno kwarcu tkwiące w spoiwie ilastym próbki nr XI wypełniającej dno jaskini Pychowickiej. SEM. B – ziarno kwarcu z próbki VII o powierzchni zniszczonej w trakcie transportu wodnego. SEM

Analiza składu mineralnego frakcji $> 0,063$ mm dowodzi (Tab. 2), że pierwsza, najstarsza warstewka (XI) stanowi mieszaninę lokalnych okruchów wapienia i terra rosy namytej do jaskini oznacza to, że w tej części jaskini przed jej sedymentacją dno było puste. Nie wiadomo, czy były tu starsze osady, które zostały usunięte, czy nic nie sedymentowało. Odpowiedź na to pytanie dadzą badania osadów z innych części systemu krasowego.

Osady pokrywające warstwę XI to mieszanina w różnych proporcjach piasku kwarcowego z terra rosą (Tab. 1, Fig. 7). Stąd barwa osadów zmienia się od intensywnie czerwonych do zupełnie białych.

Tab. 2

Skład frakcji ziarnowej o ziarnach $>0,06$ mm											
wydzielonej z osadów profilu 1											
Jaskinia Pychowicka											
	Próbka I	Próbka II	Próbka III	Próbka IV	Próbka V	Próbka VI	Próbka VII	Próbka VIII	Próbka IX	Próbka X	Próbka XI
Składnik	Zawartość (%)										
kwarc	92.1	87	73.2	96.1	96.2	85.6	91.6	98.7	89.4	84.5	32.6
Fr. Iłu żelazistego	2.1	7.8	24.2	2.3		2.5	3.		2.3		9.3
F. wapieni	2.6	2.6	1.5		1.2	3.1	3.9	1.0	3.7	6.5	51.5
Fragm innych skał		0.1		1.2	0.6	5.7				3.1	
muskowit		0.1									0.2
Frag. skamieniało.			0.2		0.5	3.0	1.3	0.3	1.1	3.0	2.8
Frag. Krzemieni	3.2	2.4	0.9	0.4	1.5	0.1	1.2		3.5	2.9	3.6

Podsumowanie.

Wstępne badania terenowe i laboratoryjne systemu krasowego jaskini Pychowickiej dowodzą długiej i skomplikowanej historii rozwoju krasu w węglanowych osadach oxfordu Skalek Twardowskiego. Szczegóły tej historii będą rekonstruowane w trakcie kontynuowanych badań. Ilość wstępnych informacji o przeszłości tego rejonu potwierdza słuszność objęcia Zakrzówka ochroną przyrodniczą.

Literatura

Alexandrowicz S.W. 1960. Badania geologiczne okolic Tyńca. Biul. Inst. Geol. V.6, str. 275-276.

Dżułyński S., 1952. Powstanie wapieni skalistych jury Krakowskiej . Acta Geol. Pol. t.21, str. 125-180.

Gaweł A., 1948. Dolomityzacja wapieni jurajskich okolic Krakowa. Roczn. Pol. Tow. Geol., t.19, str. 192-317

Górny A., Kulbicki P., Szelerewicz M., 2011. Tunel w Pychowicach J.BK – 02.16., Jaskinia Pychowicka - 02.17. Jaskinie Pomostu Krakowskiego . Red. J. Grodzicki) . Pol. Tow. Przyj. Nauk O Ziemi, str. 58-62.

Łaptaś A., 1974. O dolomitach w wapieniach skalistych okolic Krakowa. Roczn. Pol. Tow. Geol. 34, str . 247-273

Krinsley D.H., Doorncamp J.C., 1973. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge at the Univ. Press. 90 str.

Matyszkiewicz J., 1987. Epigenetyczna sylyfikacja wapieni górnego oxfordu okolic Krakowa. Anna. Sci. Geolog. Pol. v. 57, str . 59- 87