

**MINERALOGICAL, PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL
INVESTIGATION OF WEATHERING PROCESS OF ROCK
PRESENT ET NATURAL OUTCROPS AS THE BASE FOR
DETERMINATION OF TECHNOLOGY USED FOR PREPARATION
OF NEOLITHIC STONE OBJECTS.
BURREN-MARLBANK. IRELAND.**

Badania mineralogiczne, petrograficzne i geochemiczne procesu wietrzenia naturalnych skał z wychodni karbońskich pod kątem rozpoznania technologii obróbki kamienia użytego do wykonywania przedmiotów i kamiennych obiektów Neolitycznych w stanowisku archeologicznym Burren-Marlbank. Irlandia.

Maciej Pawlikowski*,

*/ AGH- Univ. Science and Technology, Cracow, Poland. E-mail: mpawlik@agh.edu.pl

Abstract

Due to the protection of monuments in the Neolithic archaeological site of Burren-Marlbank, Ireland, mineral and petrographic studies of local rocks in their natural outcrops have been undertaken. Those rocks were used during the Neolithic period for both construction of architectural sites as well as for various types of objects and rites.

Stereoscopic, polarizing, scanning microscopy, as well as Raman spectroscopy were used in the studies. Obtained results and conclusions can be applied by analogy to the protected antique stone objects at the site.

The results prove that due to lack of siliceous raw materials, local Neolithic tools were made of extruded rock of porcelanite characteristics. Recognition of inventory of stone tools will allow us to determine types of Neolithic man's activities at the site.

Studies show mineral and structural heterogeneity of the examined carbonic sandstones, which influences their different susceptibility to weathering processes. That caused the formation of natural erosive forms with macroscopic features on the rocks, suggesting their creation by human hand.

Recognition of natural rocks allowed us to determine features that distinguish between rocks that have been affected and not affected by human activity, based on the degree of cracking of the grains in the surface rocks.

The research shows that coal deposits may have existed in Carboniferous rocks at the Burren-Marlbank site area. Perhaps it was the local coal used in hearths in the Neolithic period (in the absence of another fuel due to poor plant representation) that was the decisive factor in the location of the settlement in this place. This hypothesis and the obtained results should be tested in further research.

Many thanks for Magdalena Kluj (M.Sc.) by working in Burren-Marlbank for samples prepared for investigation

Key words: Archaeological Park, mineralogy, stones

Investigation were supported by grant AGH 11.11.140.319.

Streszczenie

Park Burren-Marlbank jest jednym z bardziej znanych obiektów Neolitycznych w którym występują kamienne a megality oraz liczne dowody aktywności człowieka w tym ryty skalne. Przedmiotem opracowania jest sprawdzenie struktur i składu mineralnego skał znajdujących się poza rejonem parku, pod kątem genezy niektórych obiektów> Próbki do badań pobrano z miejsc występowania skał w naturalnych odsłonięciach by nie niszczyć chronionych obiektów Parku. Przez analogie interpretowano rzeźby i ryty skalne dzieląc je na wykonane przez człowieka i te które powstały w wyniku procesów geologicznych.

Próbki do badań zostały przygotowane przez mgr. inż. Magdalenę Kluj – pracownika Burren-Marlbank za co autor składa jej podziękowania.

Słowa kluczowe: Park Archeologiczny, mineralogia, kamienie.

Badania zrealizowano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11. 140. 319.

Wprowadzenie

Ze względu na ochronę zabytków w neolitycznym stanowisku archeologicznym Burren-Marlbank, Irlandii (Burns G., Nolan J., 2017) podjęto badania mineralogiczne i petrograficzne lokalnych skał w ich naturalnych wychodniach. Skały te używano w okresie Neolitu zarówno do konstrukcji obiektów architektonicznych jak i różnego rodzaju przedmiotów i rytów.

W badaniach stosowano mikroskopie stereoskopową, polaryzacyjną, skaningową oraz spektroskopię Ramana (Fot. 0). Otrzymane wyniki badań oraz wnioski można przez analogię przenosić na znajdujące się w stanowisku chronione kamienne obiekty zabytkowe.

Otrzymane wyniki dowodzą, że ze względu na brak surowców krzemionkowych lokalne narzędzia neolityczne wykonywano z wylewnej skały - porcelanitu. Rozpoznanie inwentarza narzędzi kamiennych pozwoli na ustalenie rodzajów aktywności człowieka neolitycznego w stanowisku.

Badania wskazują na niejednorodność mineralną i strukturalną badanych piaskowców karbońskich co wpływa na różną ich podatność na procesy wietrzenia. Powodowało to tworzenie się na skałach naturalnych form erozyjnych o makroskopowych cechach sugerujących ich wykonanie ręką człowieka.

Rozpoznanie naturalnych skał pozwoliło na wyróżnienie cech pozwalających na odróżnienie skał obrabianych i nieobrabianych przez człowieka na podstawie ustalenia stopnia spękania ziarn w powierzchniowych skał.

Wykonane badania wskazują na możliwość występowania w rejonie stanowiska Burren-Marlbank w skałach karbonu pokładów węgla kamiennego. Być może to właśnie lokalny węgiel kamienny służący w Neolicie (przy braku innego opału w związku z niewielką szatą roślinną) do palenia w ogniskach był czynnikiem, który zdecydował o lokalizacji osadnictwa właśnie w tym miejscu. Hipoteza ta jak i otrzymane wyniki badań powinny być sprawdzone w efekcie ich kontynuacji.

Cel badań

Badania skocnetrowano na skałach naturalnych aby nie niszczyć architektonicznych obiektów zabytkowych. Miały na celu rozpoznanie procesów naturalnego wietrzenia skał (Alexnadrowicz, Pawlikowski 1983, Pawlikowski, Wasilewski 2004 Pawlikowski 2007), które przynajmniej częściowo wykorzystywane były do budowy lokalnych obiektów architektonicznych z okresu Neolitu. Z kolei rozpoznanie tych procesów powinno pomóc w identyfikacji naturalnych i obrabianych powierzchni bloków

kamiennych użytych w konstrukcjach architektonicznych. Otrzymane wyniki mogą być także wykorzystane w identyfikacji rzeźb wykonanych ręką człowieka jak i „rzeźbopodobnych” form utworzonych w wyniku procesów naturalnych. To z kolei może dostarczyć istotnych argumentów w dyskusjach dotyczących genezy i przeznaczenia badanych form i obiektów.

Materiał do badań.

Materiał do badań stanowiło 6 próbek.

Próbka 1 – narzędzie kamienne (neolityczne ?) wykonane z porcelanitu

Próbka 2 – fragment jasnego piaskowca pokryty patyną wietrzną

Próbka 3 – fragment jasnego, rozsypliwego piaskowca pokryty patyną wietrzną

Próbka 4a - fragment jasnego, zwięzłego piaskowca pokryty wietrzną patyną

Próbka 4b – rdzeniki pobrane ze słabo zwięzłego piaskowca pokryte patyną wietrzną

Próbka – 5 - piaskowiec o zwitrzałej powierzchni.

Lokalizację miejsca wybranych próbek pokazuje mapka geologiczna (Fig. 1)

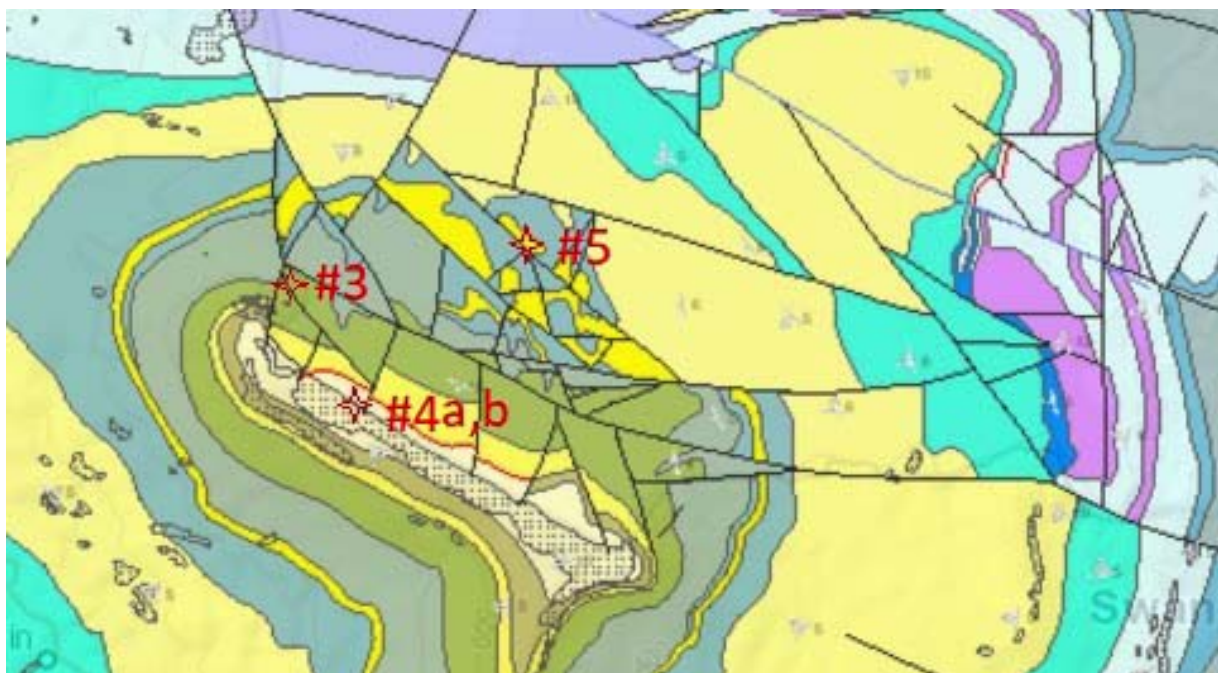


Fig. 1 Geologiczna mapka rejonu badań (wg. Burns, Nolan 2017) zaznaczono miejsca pobrania próbek do badań.

Metody badań

Aparatura

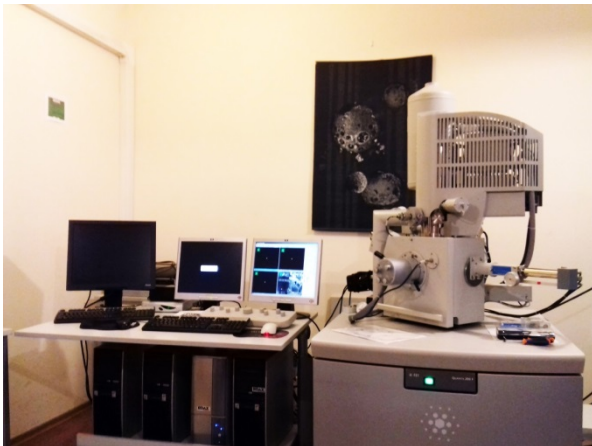
W badaniach wykorzystywano mikroskop stereoskopowy, polaryzacyjny, skaningowy oraz mikroskop do spektroskopii ramanowskiej (Fot. 0).



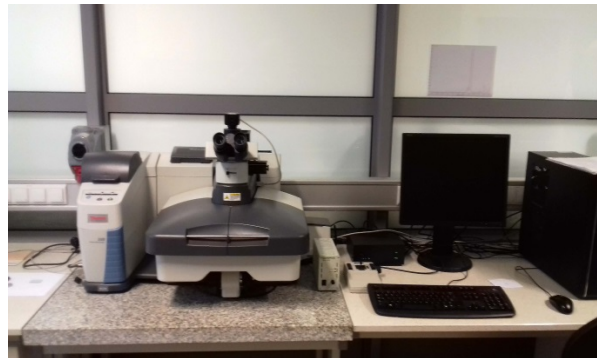
Stereomikroskop. Model PZO -4.
(Made in Poland)



Mikroskop polaryzacyjny. Motic -
07-100477. (Made in China)



Mikroskop skaningowy . FEI Quanta
FEG 200 Microscope, Thermo
(Made in USA)



DXR Mikroskop do spektroskopii
ramana. Made in USA

Fot. 0 Aparatura wykorzystywana w badaniach.

Wyniki badań

Próbka nr 1

Analiza morfologii próbki 1 pozwoliła stwierdzić, że jest to odłupek z magomowej skały wylewnej o charakterze petrograficznym typowym dla szkła wulkanicznego, który określaną jest jako porcelit. Odłupek częściowo korowy

został wykorzystany do wykonania narzędzia, które można określić jako zgrzebło służące do wyprawiania skór (Fig.1). Wykorzystanie tego rodzaju materiału do wytwarzania narzędzi kamiennych wskazuje na brak lokalnych surowców krzemionkowych typu krzemień, rogowiec czy radiolaryt.

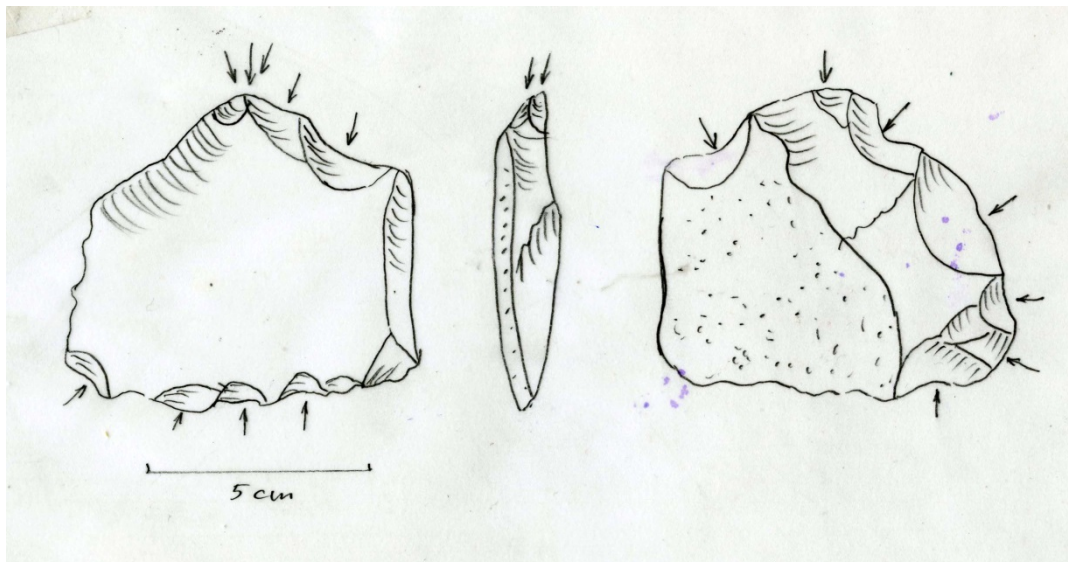
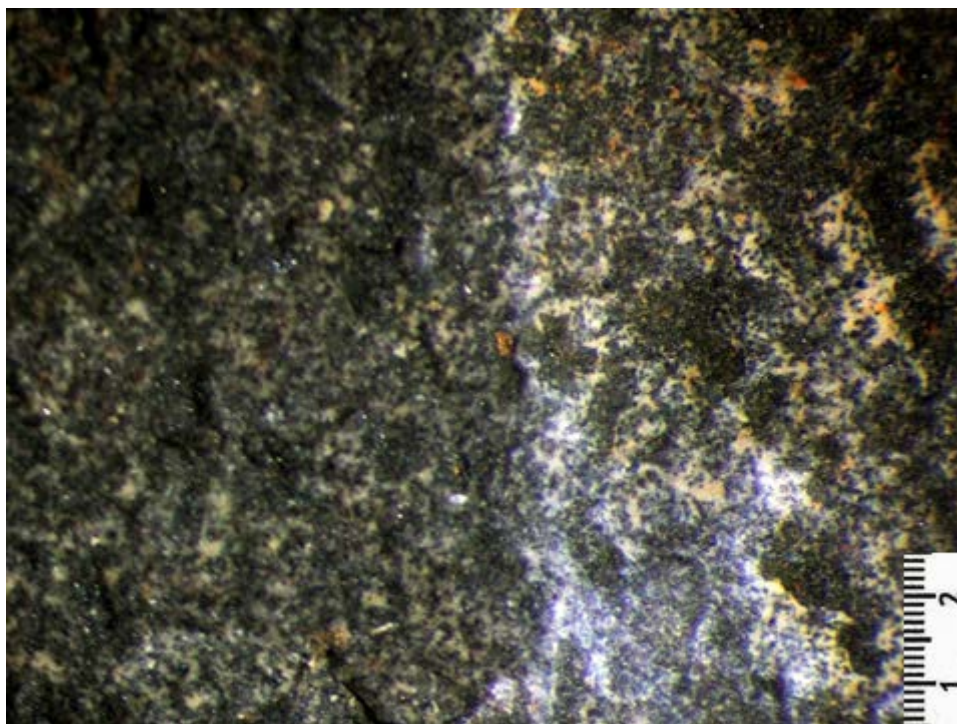
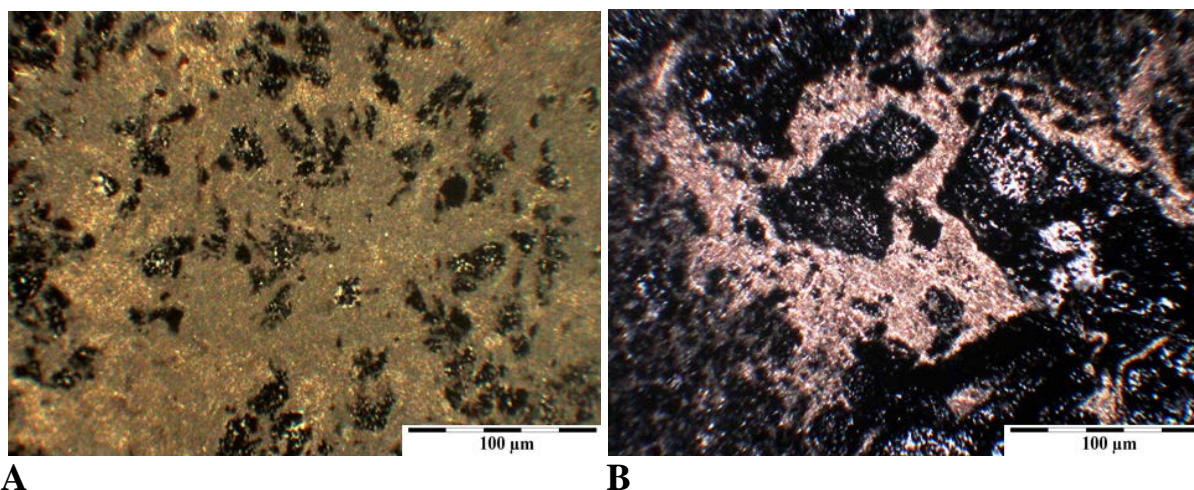


Fig. 1 Stone tool – scraper - made on flake magmatic rock (perlite). Arrows show places of formation of debitage.

Observacje morfologii narzędzia wskazują, że miejscami ma ono naturalną zwietrzałą powierzchnię (Pawlikowski, Sitarz, Sęk 2013). Dowodzi to, że odłupek został odbity od powierzchni naturalnej, zwietrzałej skały (Fot. 1). Sugeruje to także, że skała może być wewnątrz narzędzia zwietrzała (Kaczanowska, Kozłowski, Pawlikowski 1984, Kozłowski, Kaczanowska, Pawlikowski 1986, Pawlikowski 1990). W związku z powyższym wykonano z narzędzia szlif mikroskopowy do badań w spolaryzowanym świetle przechodzącym i przeprowadzono badania mikroskopowe. Wynika z nich, że skała zbudowana jest w 65 % z isotropowego szkliva wulkanicznego i zawiera około 35 % wrostków w tym część metalicznych (Fot. 2 A,B).



Fot. 1 Próbka 1. Narzędzie wykonane na odlupki skalnym. Makroskopowy obraz skały (perilitu). Lewa część (ciemniejsza) - skała świeża, nie zwietrzała, część prawa - powierzchnia zwietrzała pokryta minerałami wtórnymi i porostami.



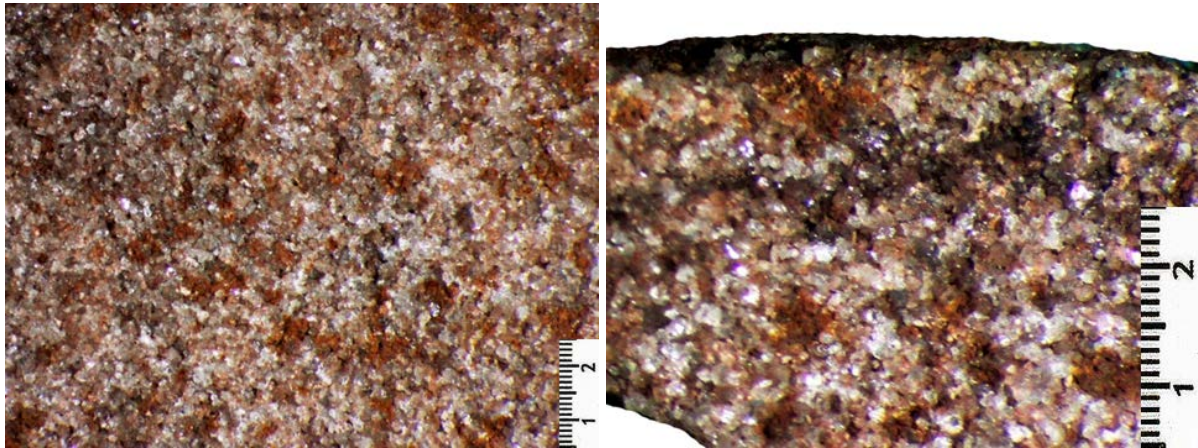
A

B

Fot. 2 A - mikroskopowy obraz perilitu z narzędzia kamiennego (zgrzebla). Widoczne jednolite zwietrzałe szkliwo w którym tkwią wzrostki minerałów kruszcowych i mikrokryształity słabo uformowanych minerałów magmowych. Mikroskop polaryzacyjny 1 polaroid. B - Zwietrzała część narzędzia. Jasne, wtórne minerały węglanowe tworzące się kosztem szkliwa w przypowierzchniowej części narzędzia. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X

Próbka nr 2

Próbka to zwietrzały, czerwono-brunatny, drobno - i nierównoziarnisty piaskowiec o słabym spoiwie kontaktowym (Fot. 3A). Pod zwietrzałą powierzchnią piaskowca widoczne są wtórne koncentracje związków żelaza (Fot. 3B)



A

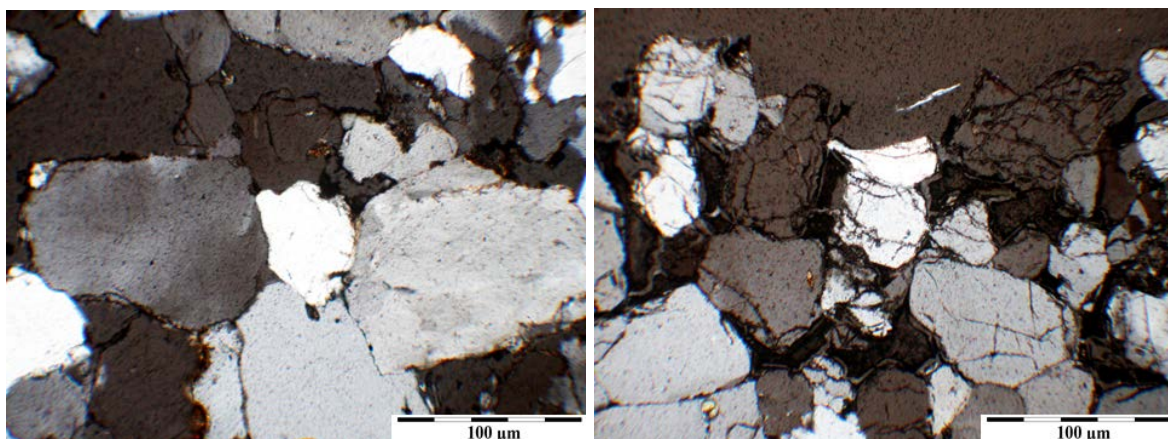
B

Fot. 3 Próbka 2 A – powierzchnia piaskowca z utlenionymi (brązowymi) wtórnymi minerałami żelaza Fe^{3+} . B – obraz piaskowca tuż pod wietrzejącą powierzchnią. Widoczne brązowe koncentracje tlenków Fe^{3+} oraz ciemniejsze koncentracje hematytu, Mikroskop stereoskopowy. Fot 3 A -powiększenie 20 x, 3 B- 35 x.

Obserwacje i analizy mikroskopowe ujawniły szereg szczegółów budowy skały. Wynika z nich, że skała jest lekko zmetamorfizowanym piaskowcem kwarcowym (Tab. 1, fig. 1), którego ziarna są miejscami wciśnięte w siebie. Dlatego skałę można nazwać epipiaskowcem - skałą zmetamorfizowaną w strefie epi metamorfizmu regionalnego (Fot. 4 A). To głównie dzięki stresowi skała jest zwięzła bowiem ilość zawartego w niej utlenionego spoiwa żelazistego jest niewielka. To właśnie utlenione spoiwo powoduje, że skała ma kolor czerwono - brunatny. W wyniku wietrzenia związki żelaza wyprowadzane są ku powierzchni skały, gdzie strącając się tuż pod powierzchnią z wilgoci migrującej ku powierzchni tworzą strefy wzbogacone w hematyt i getyt (Fot. 4 B).

Skala w powierzchniowej strefie ma spękane ziarna kwarcu co dowodzi, że poddawana była uderzeniom, czyli obróbce mechanicznej (Fot. 4 B).

Głównym składnikiem skały jest kwarc (Tab. 1, A,B, Fig. 2 A,B), którego ziarna są dosyć dobrze obtoczone. Wskazuje to, że źródło materiału z którego powstawał piaskowiec było dosyć odległe od miejsca sedymentacji.



A

B

Fot. 4 A - mikroskopowy obraz wnętrza epipiaskowca kwarcowego. Widoczne mocno zgniecione ziarna kwarcu i ziarna , które są wciśnięte w siebie. B – mikroskopowy obraz powierzchni piaskowca. Czarne ziarna minerałów żelaza między spękanymi ziarnami kwarcu dowodzącymi mechanicznej obróbki powierzchni skały. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X.

Tab. 1A

Tab. 1B

Mineral composition of sample no 2		Grain size composition of sample no. 2	
mineral	amoun (%)		
binder	4,5	Diameter of grains (µm)	amunt (%)
quartz	95,4		
K-feldspar		0-30	17,5
plagioclase		0-80	25
Fragg. Of sediment. Rocks		0-150	31,7
fragm. Of magmatic rocks	0,1	0-300	16
fragm. Of metsmorph. Rocks		0-700	7,3
muscovite		0-1500	2,5
biotite		>1500	
heavy minerals			

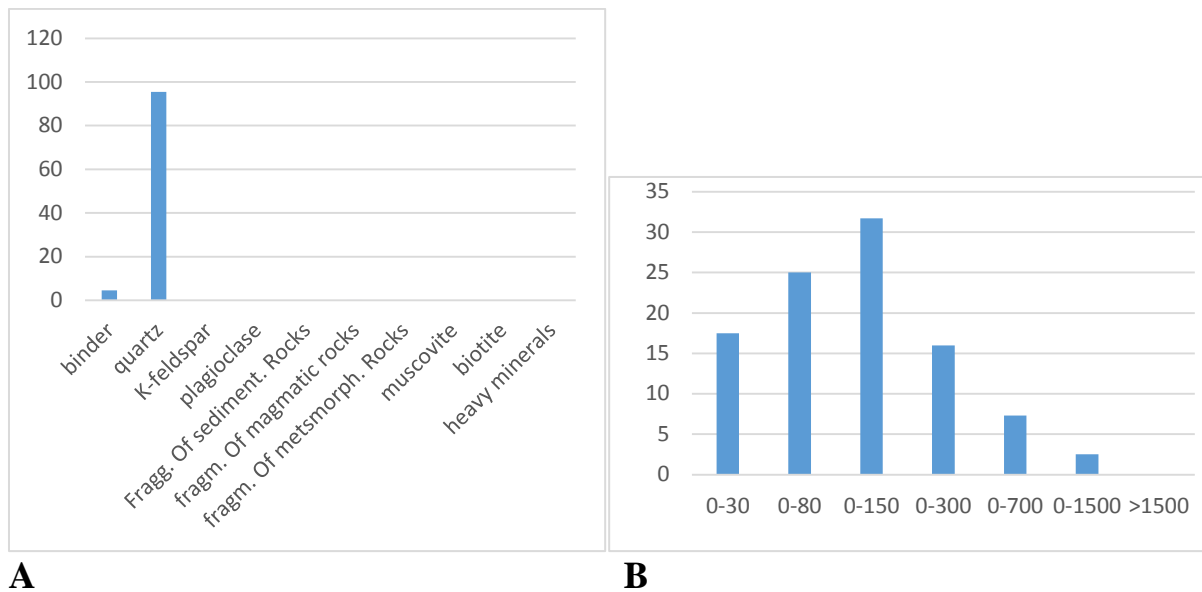


Fig. 2 Sample no 2. A-diagram of mineral composition of sandstone , B – diagram of grain size composition,

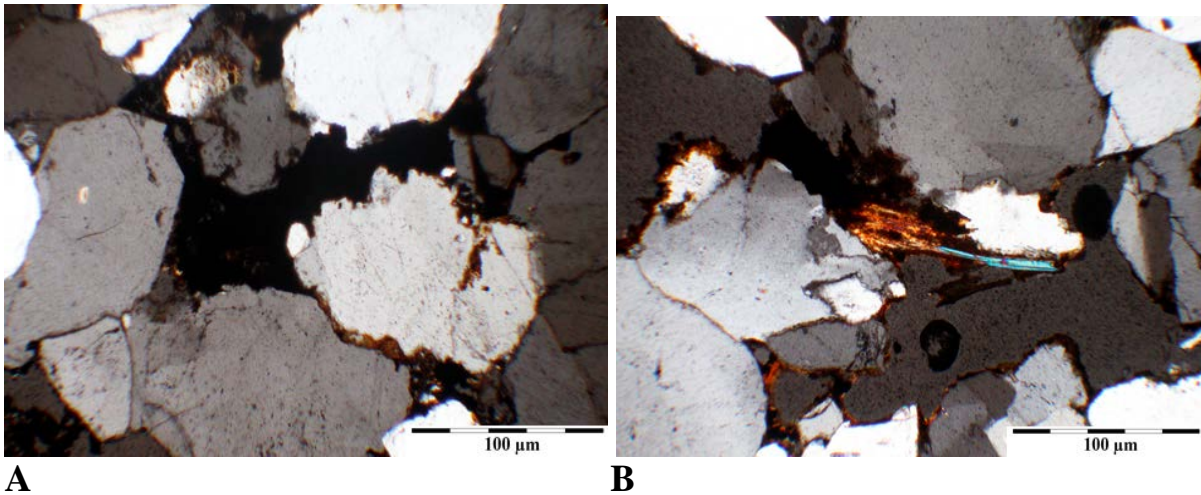
Próbka nr 3

Zwietrzały, rozsypliwy , piaskowiec grubo i średnioziarnisty o słabym spoiwie kontaktowym (Fot. 2). Związki żelaza nadają skale barwę czerwono-brunatną. W zwietrzalej strefie przypowierzchniowej widoczne ciemne smugi koncentracji związków żelaza (Fot. 3).



Fot. 3 Próbka 3. Fotografia kontaktu piaskowca nie zwietrzałego (dolna część – szara) ze strefa utleniona i zwietrzałą (górna część brązowo-czerwona). Pomiędzy strefami widoczna ciemna koncentracja związków żelaza.

Obserwacje prowadzone przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego wskazują, że badany piaskowiec jest także słabo zmetamorfizowany w wyniku ciśnieniowych zjawisk metamorficznych (metamorfizm diastroficzny). Ziarna kwarcu, głównego składnika skały, są ściśle upakowane, a miejscami wciśnięte w siebie (Fot. 4A). W spoiwie o charakterze kontaktowym (słabym) obok utlenionych minerałów żelaza napotyka się śladowe ilości minerałów ilastych oraz drobne blaszki muskowitu (Fot. 4 B).



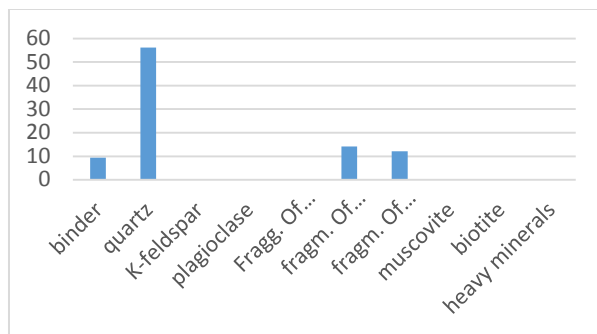
Fot. 4 A - mikroskopowy obraz niezwiędzłej części piaskowca. Widoczne ściśle upakowanie ziarn kwarcu oraz wciśnięcie jednych ziarn w drugie. B – kolorowa blaszka muskowitu tkwiąca w spoiwie między ziarnami kwarcu w przypowierzchniowej, nie obrabianej mechanicznie strefie skały. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X.

Mineralogicznie skała jest także epiaskowcem o niskim stopniu zmetamorfizowania diastroficznego. Posiada strukturę mieszaną średnio i gruboziarnistą oraz słabo zaznaczającą się teksturę równoległą (Tab. 2 A, B, Fig. 3A, B).

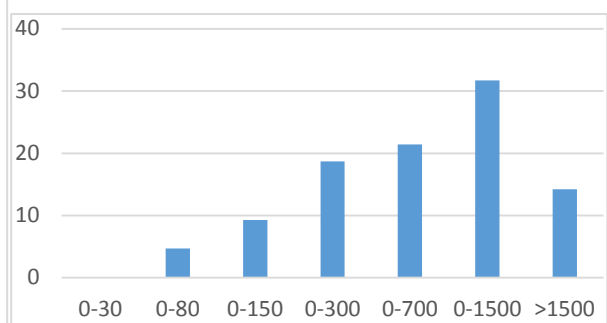
Tab. 2A

Tab. 2B

Mineral composition of sample no 3		Grain size composition of sample no. 3	
mineral	amoun (%)	Diameter of grains (μm)	amunt (%)
binder	9,4	0-30	
quartz	56,1	0-80	4,7
K-feldspar		0-150	9,3
plagioclase		0-300	18,7
Fragg. Of sediment. Rocks	0,1	0-700	21,4
fragm. Of magmatic rocks	14,1	0-1500	31,7
fragm. Of metsmorph. Rocks	12,1	>1500	14,2
muscovite	0,1		
biotite			
heavy minerals	0,1		



A

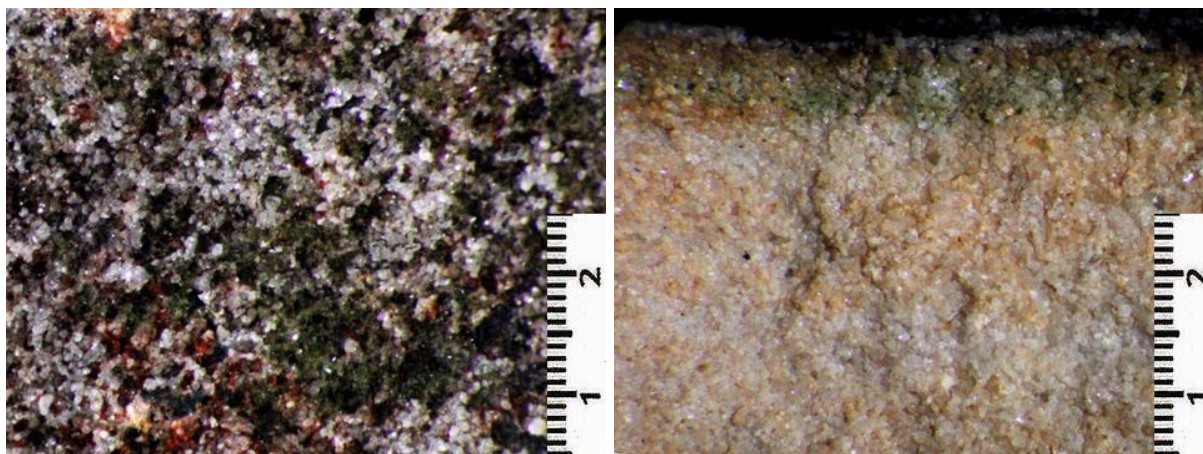


B

Fig. 3 Sample no 3. A-diagram of mineral composition of sandstone , B – diagram of grain size composition,

Próbka nr 4a

Próbka reprezentuje lekko zwietrzały piaskowiec o strukturze drobnoziarnistej zawierający domieszkę frakcji mułkowej (Fot. 5 A). Powierzchniowa strefa skały objęta procesem wietrzenia jest ciemna (Fot. 5 B). Piaskowiec obok kwarcu zawiera minerały żelaza barwiące ją miejscami na kolor żółto –pomarańczowy.

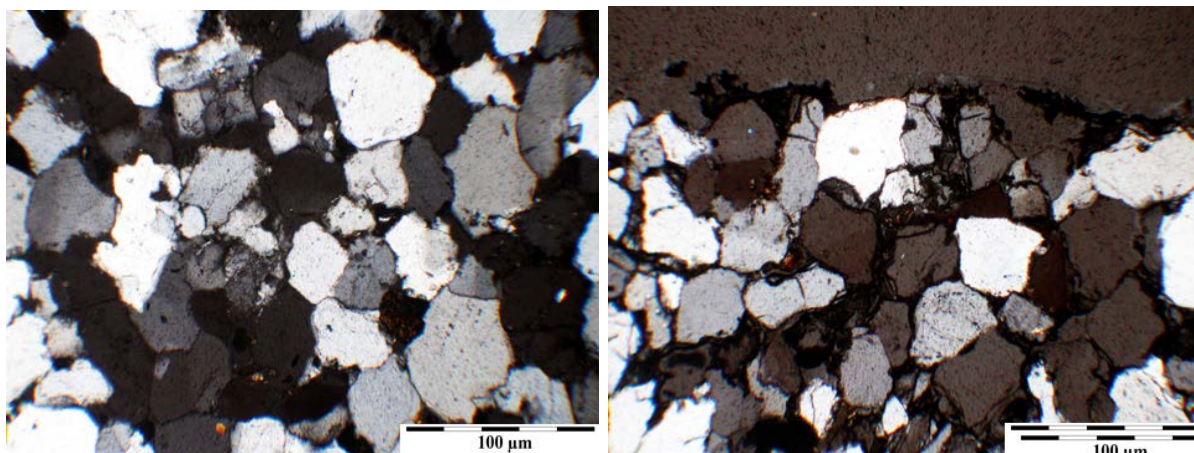


A

B

Fot. 5. Próbkę 4 A – obraz zwietrzalej powierzchni piaskowca pokrytej miejscami porostami. B – obraz piaskowca pod zwietrzałą powierzchnią. Widoczna ciemniejsza, przypowierzchniowa warstwa wzbogacona w substancje organiczne (przerosty mchów).

Obrazy mikroskopowe piaskowca dowodzą, że był on objęty procesami znacznych nacisków, które doprowadziły do powstania struktur wciskowych w obrębie ziarn kwarcu (Fot. 6 A). Równocześnie obserwacji powierzchniowej strefy skały objętej wietrzeniem wskazują na wtórne koncentrowanie się w niej związków żelaza. W strefie tej ziarna kwarcu nie są spękane (Fot. 6B) choć miejscami wykazują tendencje do naturalnego wypadania ze skały.



A

B

Fot. 6 A – mikroskopowy obraz niezwiertzalej części piaskowca w której widać mocno upakowane i częściowo wciśnięte w siebie ziarna kwarcu. B – obraz zwietrzalej strefy skały. Widoczne niespękane ziarna kwarcu, scementowane tlenkami Fe. Skała nie obrabiana mechanicznie. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X.

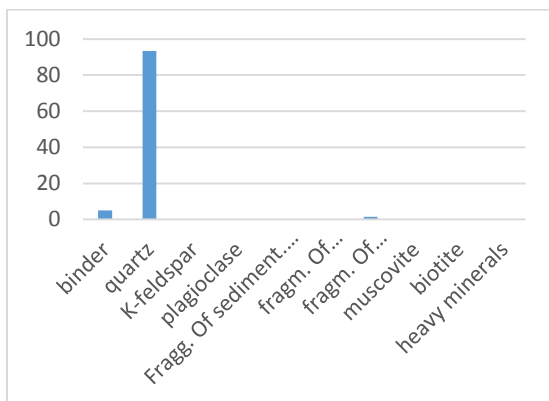
Mikroskopowe analizy składu mineralnego skały dowodzą, że jej głównym komponentem są ziarna kwarcu. Obok nich obecne są pojedyncze obtoczone ziarna skał metamorficznych o petrograficznych cechach kwarcytów (Tab. 3A,B, Fig. 4A,B).

Tab. 3A

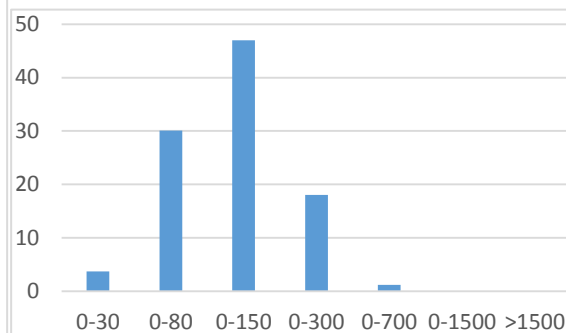
Mineral composition of sample	no 4a
mineral	amount (%)
binder	5,1
quartz	93,4
K-feldspar	
plagioclase	
Fragm. Of sediment. Rocks	
fragm. Of magmatic rocks	
fragm. Of metmorph. Rocks	1,5
muscovite	
biotite	
heavy minerals	

Tab. 3B

Grain size composition of sample	no 4a
Diameter of grains (µm)	amount (%)
0-30	3,7
0-80	30,1
0-150	47
0-300	18
0-700	1,2
0-1500	
>1500	



A

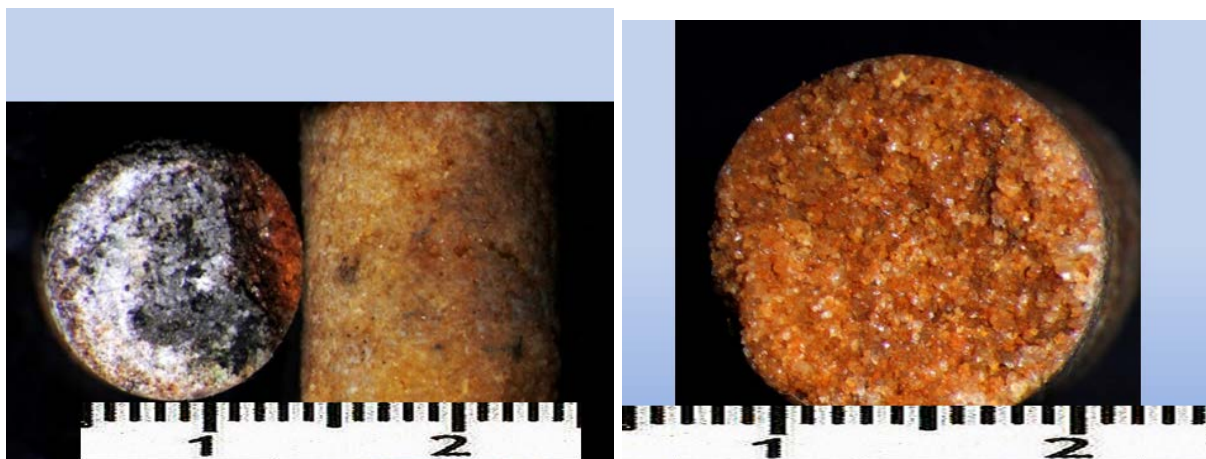


B

Fig. 4 Sample no 4a. A-diagram of mineral composition of sandstone , B – diagram of grain size composition

Próbka nr 4 b

Próbka ta to rdzeniki pobrane ze słabo zwięzłego piaskowca pokryte patyną wietrzną. Rdzeniki wykonano w drobnoziarnistym piaskowcu kwarcowym zawierającym tlenki żelaza oraz drobne, pojedyncze okruchy węgla kamiennego (For 7 A).

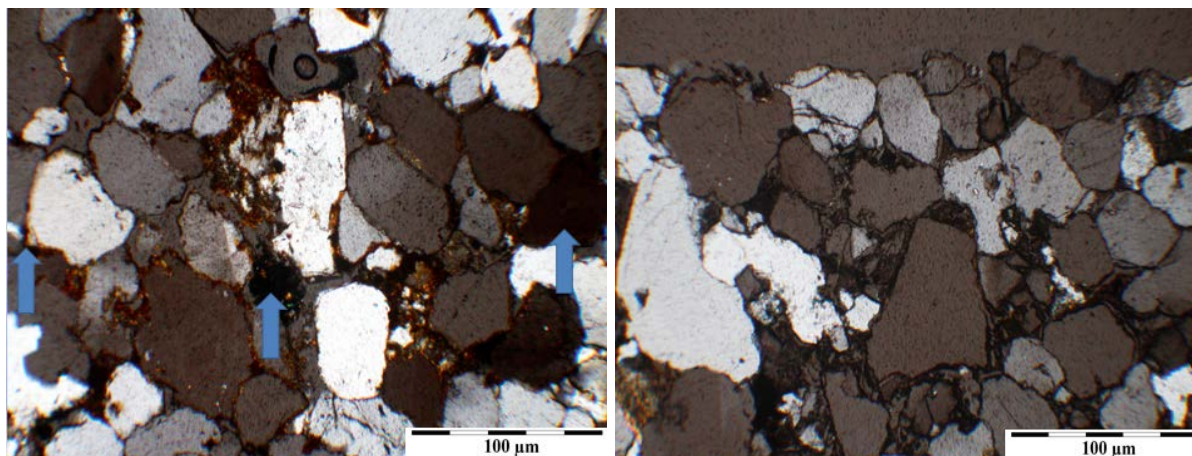


A

B

Fot. 7 Próbka 4b. A – część lewa - zwietrzała powierzchnia piaskowca. Na powierzchni rdzenia widoczna koncentracja czarnych ziarn, Część prawa - profil piaskowca w rdzeniu. B – obraz piaskowca w przekroju rdzenia.

Mikroskopowe obrazy rdzenia ujawniają obecność obok dominujących dobrze obtoczonych ziarn kwarcu obtoczone drobne okruchy węgla (Fot. 8A). Dla potwierdzenia jego prawidłowej identyfikacji wykonano z ziarna widmo Ramana, które potwierdziło, że obserwowane czarne ziarna to węgiel (Fig. 5).



A

B

Fot. 8 A - mikroskopowy obraz niezwiertzałej, wewnętrznej części piaskowca. Widoczne drobne, czarne ziarna węgla. B - zwietrzała powierzchnia piaskowca. Niespękane ziarna kwarcu na powierzchni skały dowodzą, że nie była obrabiana mechanicznie. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X.

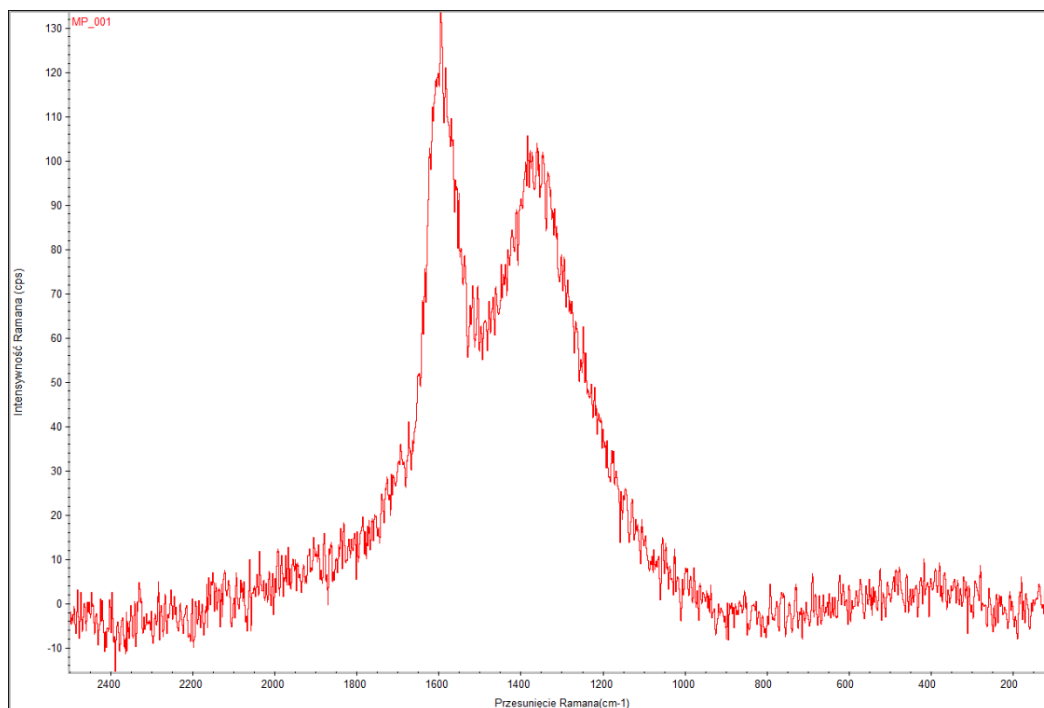


Fig. 5 Widmo Ramana wykonane na ziarnie węgla tkwiącego wśród ziarn kwarcu w próbce 4b (piaskowiec karboński)

Analizy składu mineralnego i ziarnowego piaskowca dowodzą, że jest w nim nieco więcej spoiwa niż w próbkach poprzednich. Obok ziarn kwarcu i muskowitu rozpoznano pojedyncze ziarna węgla kamiennego, które występują w ilości <0,1 % czyli poniżej dokładności analizy (Tab. 3 A,B). Piaskowiec jest drobnoziarnisty i zawiera domieszkę frakcji kwarcu mułkowego, Fig. 9 A, B).

Tab. 3A

Mineral composition of sample	no 4b
mineral	amoun (%)
binder	15,5
quartz	84,4
K-feldspar	
plagioclase	
Fragg. Of sediment. Rocks	
fragm. Of magmatic rocks	
fragm. Of metsmorph. Rocks	
muscovite	0,1
biotite	
heavy minerals	

Tab. 3B

Grain size coposition of sample	no. 4b
Diameter of grains (µm)	amunt (%)
0-30	4,5
0-80	30
0-150	42,3
0-300	17,2
0-700	4,8
0-1500	1,2
>1500	

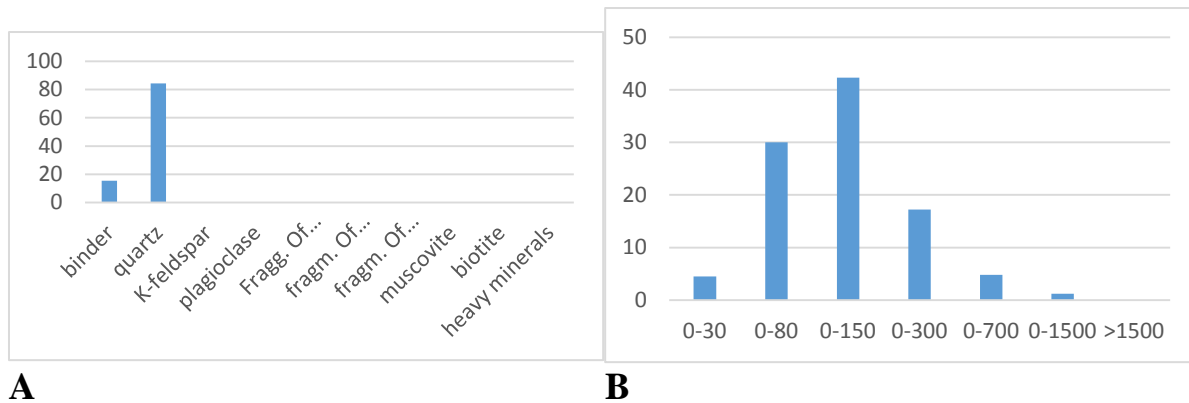
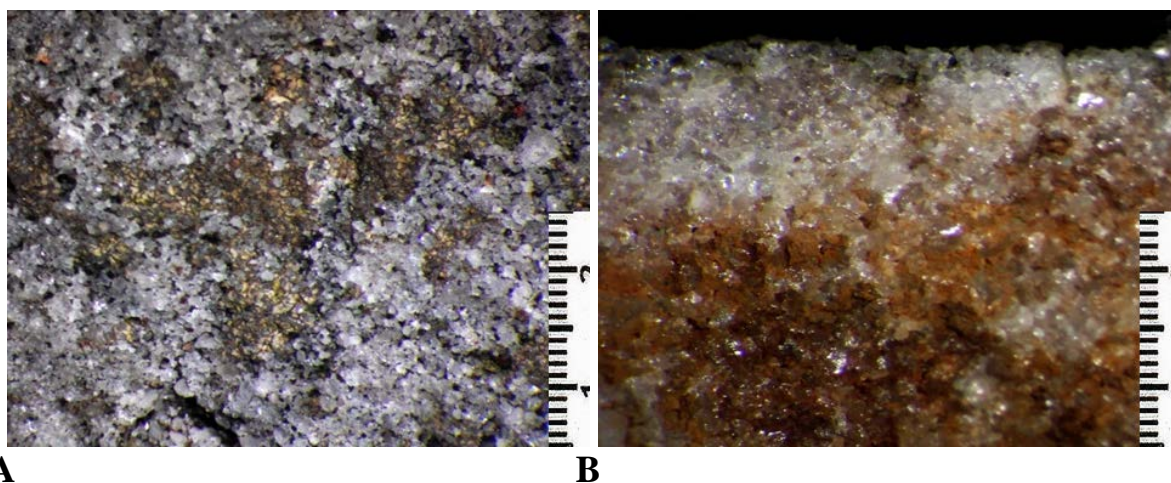
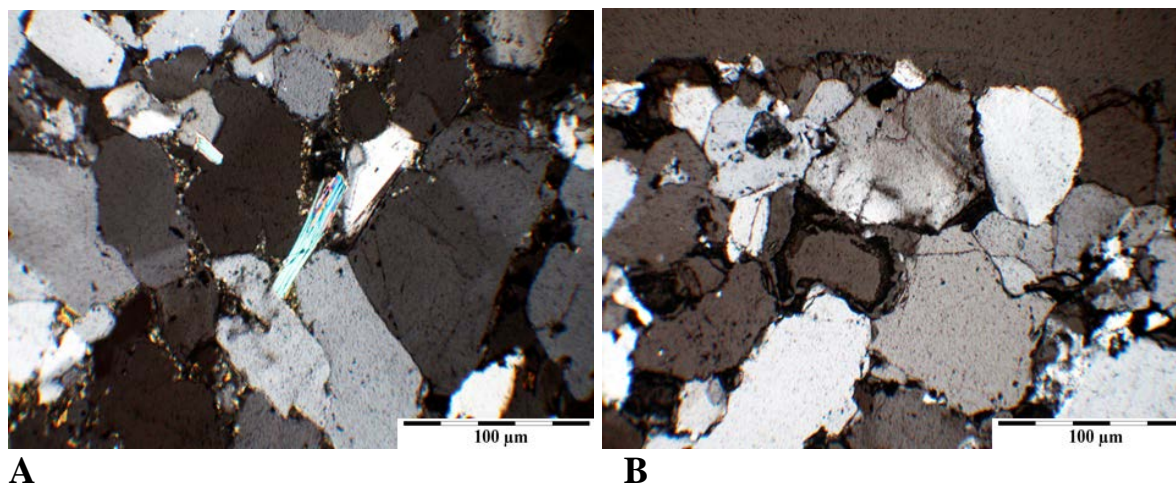


Fig. 9 Sample no 4b. A-diagram of mineral composition of sandstone , B – diagram of grain size composition

Próbka nr 5



Fot. 8. Próbka 5. A - obraz zwietrzalej powierzchni piaskowca pokrytej plamistymi skupieniami porostów.. B – obraz piaskowca tuż pod wietrzalą powierzchnia. Widoczna jasna strefa pozbawiona utlenionych związków żelaza.



A

B

Fot. 9 A – struktura wewnętrznej, niezwięzłej części piaskowca. B – struktura piaskowca w pod zwietrzałą powierzchnia skały. Widoczne pustki związane z wypadaniem ziarn kwarcu (centralna część fot.). Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X.

Analizy składu mineralnego i ziarnowego wskazują, że piaskowiec jest również zbudowany głównie z obtoczonych i metamorficznie zdeformowanych ziarn kwarcu. Zawiera niewielką ilość okruchów skał (Tab. 4 A, Fig. 10. A). Pod względem uziarnienia jest to piaskowiec drobnoziarnisty zawierający domieszkę kwarcu we frakcji mułowcowej (Tab. 4 B, Fig. 10 B).

Tab. 4A

Mineral composition of sample no 5	
mineral	amoun (%)
binder	4,3
quartz	92,3
K-feldspar	0,3
plagioclase	
Fragg. Of sediment. Rocks	1,2
fragm. Of magmatic rocks	1
fragm. Of metsmorph. Rocks	0,8
muscovite	0,1
biotite	
heavy minerals	

Tab. 4B

Grain size coposition of sample no. 5	
Diameter of grains (µm)	amunt (%)
0-30	16,9
0-80	33,8
0-150	29,2
0-300	10,1
0-700	8,4
0-1500	1,6
>1500	

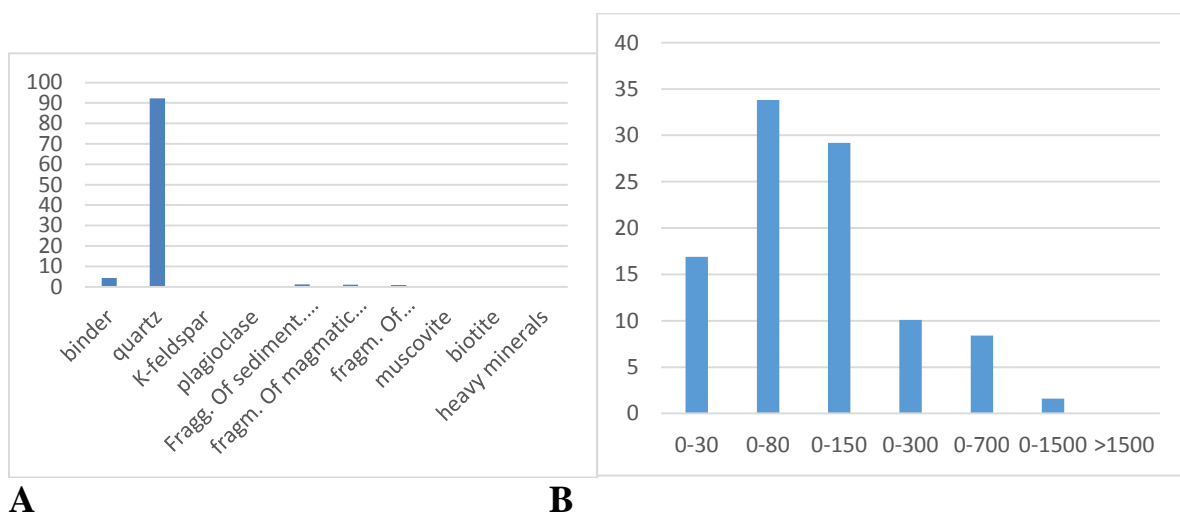


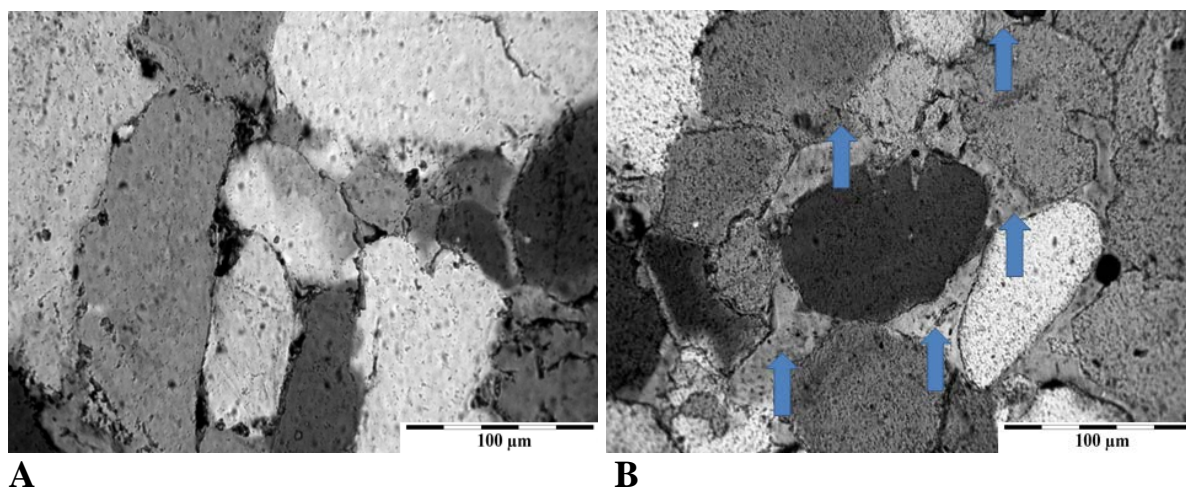
Fig. 10 Sample no 5. A - diagram of mineral composition of sandstone , B – diagram of grain size composition

Zjawiska w niezwiertzałej, wewnętrznej części badanych piaskowców

Nierównomierność rozmieszczenia spoiwa

Spoiwo w piaskowcach rozmieszczone jest nierównomiernie. Jest go przeważnie niewiele i ma charakter kontaktowy (Fot 10. A). W innych miejscach jest znaczny brak spoiwa co powoduje, że w tych miejscach skała jest rozsypliwa i łatwo podlega erozji. (Fot. 10 B)/

Nierównomierność rozmieszczenia spoiwa w piaskowcach oraz jego niewielka ilość powodowały, że procesy erozji piaskowców usuwały materiał z powierzchni skał w sposób selektywny. Pozostawały miejsca o silniejszej strukturze i mocniejszym spoiwie, zaś miejsca słabsze były erodowane, a rozluźniony materiał był usuwany. Prowadziło to do powstawania na powierzchniach skał różnorodnych naturalnych form, którym można błędnie przypisywać antropogeniczną genezę.

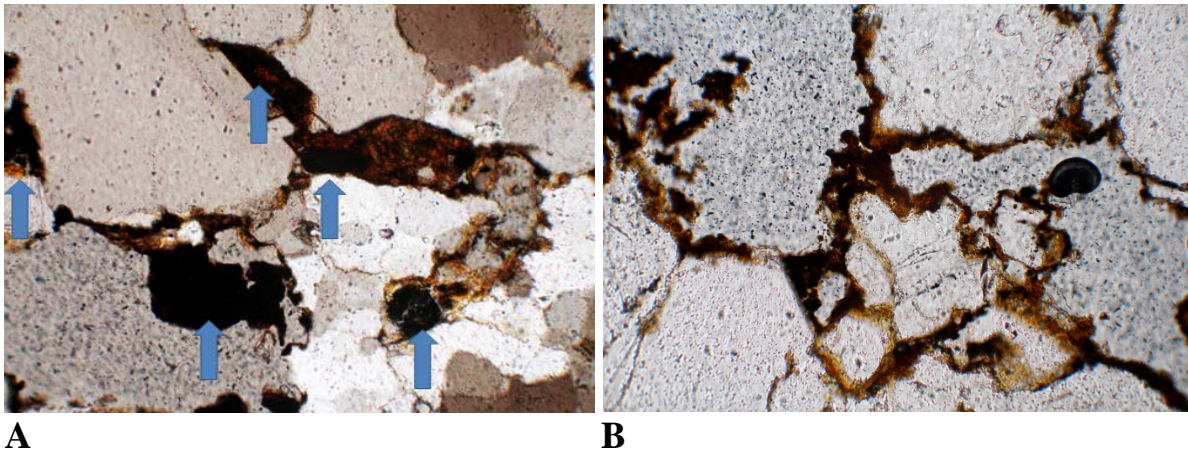


Fot. 10 Próbka 4a. A - Ścisłe upakowane ziarna kwarcu w piaskowcu. B - fragment tej samej skały co na fot 10 A w innym miejscu. Słaba struktura skały z pustkami między ziarnami (strzałki). Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X.

Rodzaj spoiwa i jego wietrzenie

Badanie piaskowce zawierają niewiele spoiwa. Ma ono charakter ilasto-żelazisty i zawiera okruchy węgla oraz resztkowo zachowane minerały siarczkowe (Fot. 11 A). W sterfach przypowierzchniowych skały sa one zawsze utlenione. Utlenienie siarczków żelaza (piryt, markasyt) wiąże się ze zmianą wartościowości F^{2+} do F^{3+} . I jest połączone najczęściej z powstawaniem grunatnego goethytu lub lepidokrokitu (Fot. 11B). Zjawisko utleniania siarczków prowadzi do wzrostu objętości spoiwa czego skutkiem jest rozluźnienie i

rozsypany się skały. Właśnie to zjawisko zaobserwowano w badanych piaskowcach.



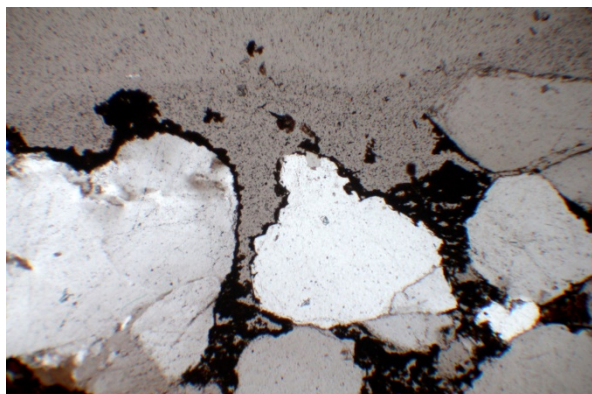
Fot. 11 Próbka 4b. A – piaskowiec zawierający w żelazistym spoiwie czarne okruchy węgla (strzałki). B - struktura rozluźnionego piaskowca spowodowana zwiększeniem objętości tworzących się posiarczkowych, utlenionych związków żelaza (brunatnych). Mikroskop skaningowy, polaroidy częściowo X.

Wspomniane zjawisko w badanych skalach zachodzi strefowo. Powoduje to, że w skale występują strefy w których skała jest zwięzła i strefy w których skała jest rozsypliwa i podatna na erozję. W związku z tym, że strefy te występują nieregularnie tworzące się formy erozyjne są fantazyjne co może skłaniać do przypisywania im genezy antropogenicznej.

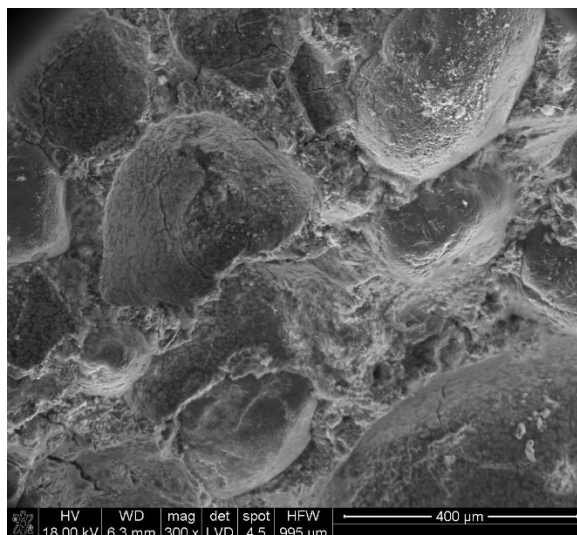
Zjawiska na naturalnej powierzchni piaskowców

Koncentracje mineralne na powierzchni wietrzejącej skały prowadzące do spękań i wypadania ziarn ze skały.

Powierzchniowa i tuż podpowierzchniowa partia wietrzejących piaskowców jest często objęta procesem wtórnej mineralizacji niszczącej skałę. Tworzy się ona w wyniku kapilarnego podciągania wilgoci z wnętrza skały. Ta wilgoć zawiera rozpuszczone związki pochodzące głównie ze spoiwa. W badanych skalach jest to głównie żelazo. Parowanie podciągniętej ku powierzchni skały wilgoci powoduje, że zwiększa się w niej koncentracja jonów żelaza i po przekroczeniu tzw. iloczynu rozpuszczalności krystalizują minerały żelaza tworząc strefy cementacji (Fot. 12 A). Krystalizując zwiększają one swoją objętość. Powoduje to rozluźnienie (rozsadzanie) struktury piaskowca i wypadanie ziarn z wietrzejącej powierzchni (Fot. 12 B).



A



B

Fot. 12 A - powierzchniowa strefa cementacji ziarn kwarcu wtórnymi związkami żelaza (czarne strefy między ziarnami). Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X. B - Zwierzała powierzchnia piaskowca z zagłębieniami po ziarnach kwarcu, które wypadły w opisany powyżej sposób. SEM.

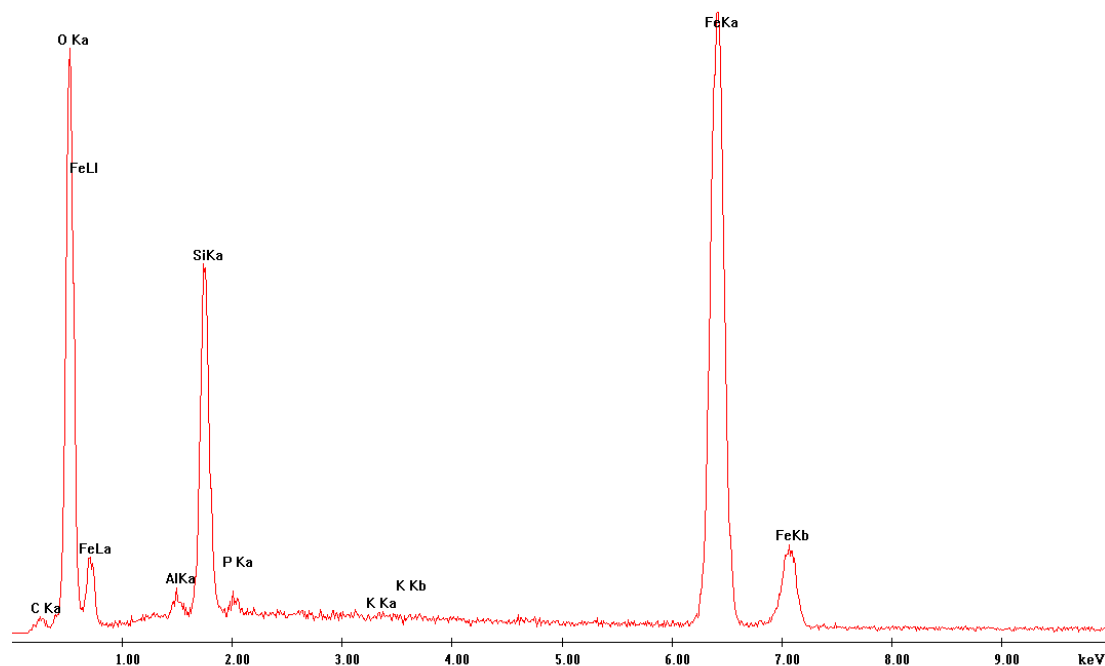
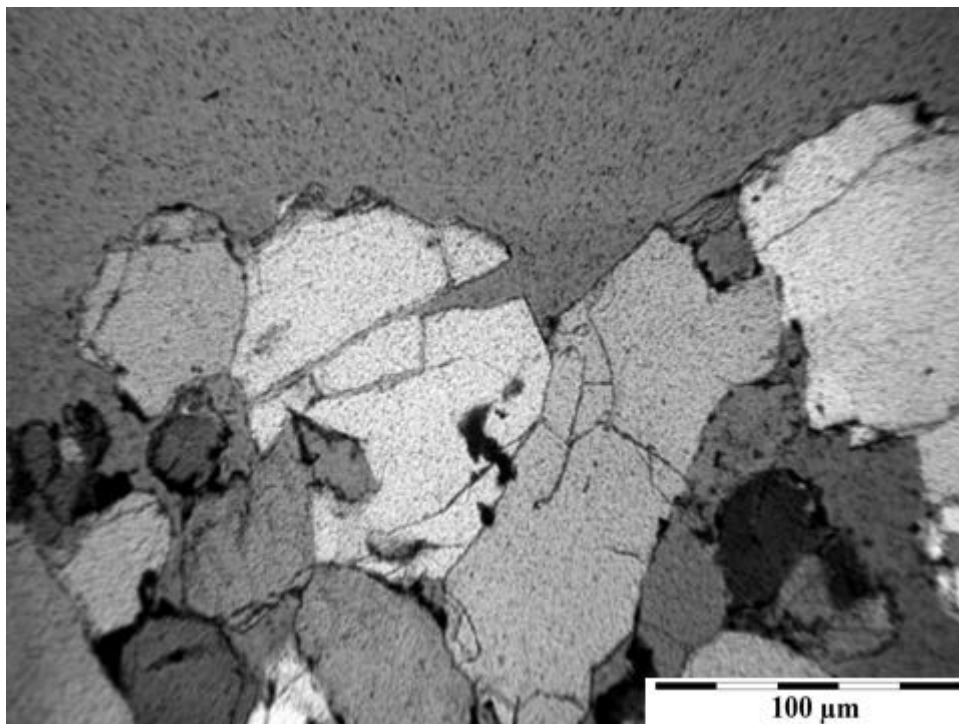


Fig. 11 Widmo energetyczne EDS minerałów żelaza krystalizujących w przypowierzchniowej, wietrzejącej strefie piaskowca (próbka 4a).

Antropogeniczne, mechaniczne uszkodzenia powierzchni skały (ziarn) w wyniku tłuczenia.

Często makroskopowe rozpoznanie starej obróbki kamieni (skał) prowadzonej techniką odłupkową jest niepewne. Elementy tej obróbki są zatarte i niejednoznaczne. W tym przypadku pomocne są badania mikroskopowe, które ujawniają systemy spękań nie tylko ziarn odspajających się od spoiwa (pęknięcia naturalne) ale także spękania w obrębie ziarn budujących skałę (Fot. 13). Rozpoznanie mikroskopowe jest jednoznaczne i pozwala rozpoznać powierzchnie obrabiane mechanicznie (antropogeniczne) od powierzchni naturalnych.



Fot. 13 Spękane ziarna kwarcu w strefie powierzchni skały obrabianej mechanicznie. Probka 5.

Wnioski

Niezwykle interesująca jest próbka nr 1 – narzędzie kamienne - zgrzebło wykonane z perlitu. Wykonane badania wskazują na konieczność specjalistycznego i kompleksowego badania narzędzi kamiennych znajdujących się w rejonie stanowiska. Pozwoli ono na rozpoznanie rodzaju aktywności człowieka neolitycznego czyli innymi słowy tego co robił stosując narzędzia kamienne (Ginter, Kozłowski, Pawlikowski 1986, 1987, Ginter, Kozłowski, Lityńska, Pawlikowski 1988m Pawlikowski 1989). Bez wątpienia perlit nie nadaje się do krzesania ognia tak jak krzemienie (Pawlikowski 2014,

2016). Bardzo interesujące byłyby także badania mineralogiczne i technologiczne lokalnej ceramiki (Pawlikowski 2015) oraz rozpoznanie miejsc występowania starych kopalń z których pozyskiwano lokalne surowce (Pawlikowski 2014, Pawlikowski, Wróbel 2016).

Wykonane badania stanowią podstawę do identyfikacji nie tylko samych skał użytych w architektonicznych i „artystycznych” obiektach neolitycznych stanowiska. Dostarczają wyników pozwalających na identyfikacje obrabianych mechanicznie i nie obrabianych (nie antropogenicznych) obiektów kamiennych.

Wskazują one także na strukturalną niejednorodność lokalnych skał. Jest ona związana z ich niejednorodnym składem mineralnym, niejednorodnością porowatości wiążąca się z nierównomiernym rozmieszczeniem spoiwa występowaniem pustek. Kolejnym istotnym czynnikiem niejednorodności skał jest ich nierównomierna metamorfizacja. Prowadzi ona do tego, że niektóre partie tej samej skały są bardzo zwarte, a inne rozsypliwie. Wszystkie te czynniki powodują niejednorodną podatność skał na wietrzenie. Sprzyja to powstawaniu na powierzchni skał różnorodnych naturalnych form o charakterze erozyjnym.

Część z nich mogła być wykorzystana jako materiał wyjściowy do mechanicznej „obróbki” przez neolitycznego człowieka. Można to ustalić w wyniku dalszych badań.

Badania stanowiska paleolitycznego Grubgraben w Dolnej Austrii (Pawlikowski 1990) wykazały w pobliżu stanowiska obecność karbonu z warstwami węgla. W stanowisku już w Paleolicie wykorzystywano węgiel kamienny do palenia w ogniskach. Nie było bowiem wówczas w związku z zimnymi fazami klimatycznymi lokalnej szaty roślinnej.

Nie wykluczone, że w związku z obecnością piaskowców wieku karbońskiego tak samo w badanym stanowisku w Neolicie wykorzystywano węgiel kamienny. Koncepcję tą należy sprawdzić studiując mapy, lokalne warunki geologiczne jak i samo stanowisko (Pawlikowski 2014). Bowiem właśnie obecność węgla kamiennego i możliwość jego wykorzystania mogła skłonić człowieka do osadzenia się w Neolicie właśnie w tym rejonie.

Literatura

Alexandrowicz Z., Pawlikowski M., 1983 Mineral crusts of the surface weathering zone of sandstone tors the Polish Carpathians. Mineral. Pol. v. 13, 2, 41-58.

Burns G., Nolan J., 2017 Burren-Malbank. A prehistoric monumental landscape. Bookprintinguk.com, 206 p.

Ginter B., Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1986 Results of field researches between Qurna and Armant, Upper Egypt. *Mitteilungen des Deutschen Archaeol. Inst. Abteilung Kairo* v. 31, 230-256.

Ginter B., Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1987 Investigations into Site MA 6/83 and MA 21/83 in the region of Qurna-Armant in Upper Egypt. *Mitteilungen des Deutschen Archaeol. Inst. Abteilung Kairo*. B. 43,45-66.

Ginter B., Kozłowski J.K., Lityńska M., Pawlikowski M., 1988 Field report from the excavation of the site MA 21/83 and MA 21a/83 near Armant in Upper Egypt in 1986. *Mitteilungen des Deutschen Archaeol. Inst. Abteilung Kairo*. Band 44, 86-104.

Kaczanowska M., Kozłowski J.K., Pawlikowski M., 1984 Flint's raw material from Yugoslavia. *Beograd - book/2*

Kozłowski J.K., Kaczanowska M., Pawlikowski M., 1986 Chipped stone industry - Gomolava. *Prace Archeol.* T. 37.

Pawlikowski M., 1989 On the necessity of standardization of petrological investigations in archaeology. *Prace Archeol.* 43, 7-15.

Pawlikowski M., 1990 Origin of lithic raw materials. W: A. Montet-White The epigravettian site of Grubgraben, Lower Austria. The 1986-1987 excavations. *Universytet Liege*, Ed. by M.Otte, 93-119.

Pawlikowski M., 1992 Analysis of tephra layers from TD-II and TD-V excavations. In: Kozłowski, Laville, Ginter: *Temnata Cave*. Jagiellonian University Press, 501p.

Pawlikowski M., Wasilewski M., 2004 Some remarks on Joining in the Theban limestones in the region of Deir el Bahari. *Egypt. Geologia*, T. 30, z.1, 47-56.

Pawlikowski M., 2007 Examination of the patina coating natural Theban limestones as well as blocks of Hatshepsut Temple, Upper Egypt. *Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering*. CD -no 2, Ed. M. Pawlikowski

Pawlikowski M., 2013 Why are there very few archaeological sites of the Early Holocene in the Egyptian Nile Valley, Geological and geomorphological reasons. *Studies in Near Eastern Production, Subsistence and Environment* (16) *Neolithization of Northeastern Africa*. Springer, 83-96.

Pawlikowski M., Sitarz M., Sęk M., 2013 Mineralogy of patina: Flints from Easy Desert. Egypt. 2013 Stories written in stone. Iasi. 20-24.08.2013. 55

Pawlikowski M., 2014 (za rok 2013) The geoarchaeology of occupied Wadis in Egypt. *Archaeologia Polona* v. 49, 163-179.

Pawlikowski M., Wróbel M., 2014 (za rok 2013) Rediscovering old mining activities in the Tatra Mountains. *Geoturism* 1-2, 37-46.

Pawlikowski M., 2014 Flint and fire. Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering. CD -no 18, Ed. M. Pawlikowski

Pawlikowski M., 2015 Results of mineralogical and technological investigation of pottery and daub. In; S. Rzepecki (ed.) *Wilkostowo 23/24. A Neolithic Settlement in Kuyavia. Poland c. 3500 BC.* DR. Rudolf Habet GmbH, Bonn, 405-422.

Pawlikowski M., 2016 r Surowce kamienne Epoki Kamienia.(Stone raw materials of Stone Age in Poland- book). Wyd. Naukow Akapit. Kraków, 99 p.