

# Analiza składników skalnych piaskowca

Maria Zalewska

15.06.2024

## 1 Wstęp

Klasyfikacja obrazów mikroskopowych cienkich szlifów skalnych jest jednym z ważnych zadań w geologii, które prowadzi do usprawnienia analizy składnikowej skały, co może przyczynić się do lepszych decyzji, na przykład w wyborze miejsca do wiercenia w celu wydobycia zasobów naturalnych. Badaną skałą w tym projekcie będzie piaskowiec z elementami glaukonitu i kwarcu o spoiwie węglanowym zbudowanym z kalcytu. Piaskowiec jest jednym z głównych złóż ropy naftowej, gazu ziemnego i wód gruntowych [Bjo15]. Skała ta jest skałą osadową, która w większości składa się z ziaren piasku, które osadziły się na dnie rzek, jezior lub oceanów, tworząc kolejne warstwy i łącząc się za pomocą mineralów rozpuszczonych w wodzie. Potwierdzone jest, że piaskowce zawierające kwarc jako materiał wiążący są najsilniejszymi materiałami [Mub13], co powoduje wzmacnienie odporności skały na erozję i zużycie mechaniczne. Glaukonit natomiast zawiera potas, żelazo, magnez, glin i inne pierwiastki. Jego obecność może wpływać na skład chemiczny piaskowca.

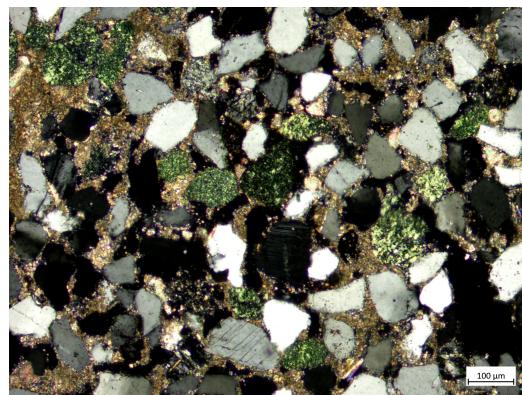
## 2 Pomiary

### 2.1 Przyrządy

Do wykonania przybliżonych zdjęć szlifów skalnych wykorzystano mikroskop polaryzacyjny z możliwością zmiany polaryzacji na jeden polaryzator lub skrzyżowanie dwóch polaryzatorów. Mikroskop posiadał również stolik, który można było obracać, co zostało wykorzystane, a dla wybranego fragmentu skały wykonano zdjęcia z obrotem co  $30^\circ$ . Ze względu na właściwości kwarcu w badanych próbkach powinien on zmieniać kolor, od białego po czarny, wraz z obracaniem. Poniżej przedstawiono dwa zdjęcia mikroskopowe, odpowiednio z jednym polaryzatorem i z dwoma skrzyżowanymi.



(a) Przy użyciu jednego polaryzatora



(b) Przy użyciu dwóch polaryzatorów

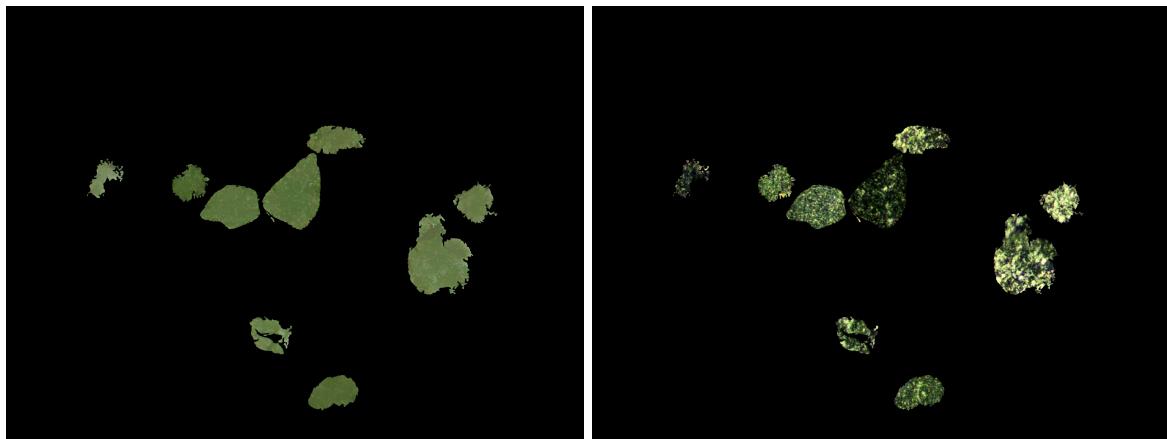
Rysunek 1: Zdjęcia mikroskopowe szlifu piaskowca dla położenia  $0^\circ$

## 2.2 Przygotowanie danych

Tak zrobione zdjęcia trzeba przygotować do analizy. Pierwszym krokiem było obrócenie zdjęć przeciwne do ruchu wskazówek zegara o kąt, pod którym były robione, tak aby wszystkie ziarna znajdowały się w tym samym miejscu. Obracając w ten sposób obrazy, stracone zostały boki oraz rogi zdjęć. Ze względu na powtarzające się położenia i kolory ziaren, do analizy wykorzystane zostaną jedynie zdjęcia dla  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  i  $60^\circ$ . Aby nie tracić większej ilości danych przy tworzeniu optymalnego kwadratu bądź prostokątu, zdjęcia przycięto do koła i w takim kształcie były dalej przerabiane.

## 2.3 Glaukonit

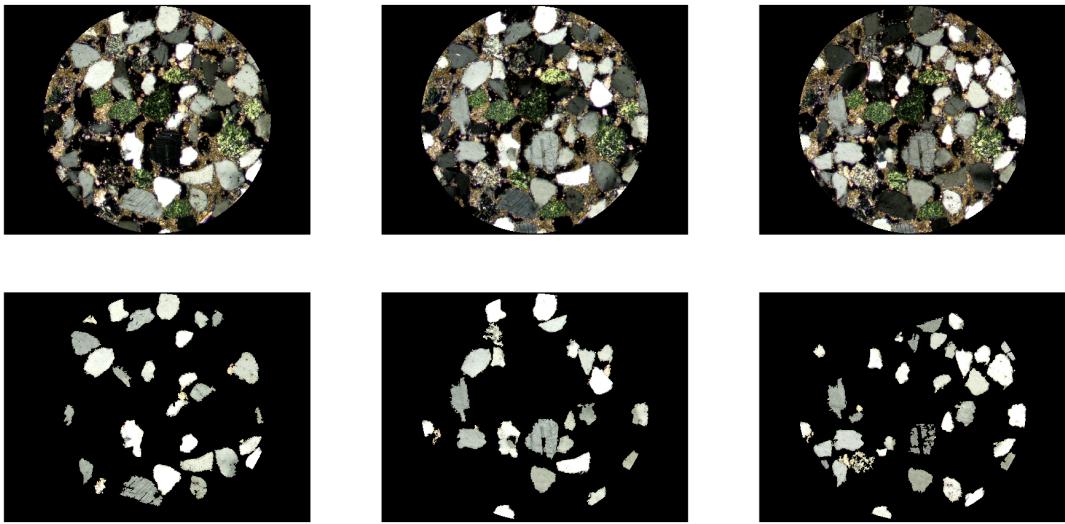
W badanej skale bardzo wyraźnie widoczne są ziarna glaukonitu zarówno przy jednym polaryzatorze, jak i przy skrzyżowanych polaryzatorach. Na zdjęciu z jednym polaryzatorem wyraźne są mocno zielone ziarna, natomiast na zdjęciu z dwoma skrzyżowanymi polaryzatorami widać plamki o różnych odcieniach zielonego. Aby ułatwić wykrycie tego minerału, użyty został obraz z jednym polaryzatorem. Obraz został początkowo przycięty do kołowej maski, aby wszystkie dane były analizowane w ten sam sposób. Następnie, jedynie dla analizy tego przypadku, obraz wejściowy został zamieniony na kolory LAB, aby oddzielić jasność od kolorów i uzyskać dokładniejsze wyniki. Wykonana została również klasteryzacja z nałożonym ograniczeniem do 3 klastrów, które najlepiej oddawały różnice w kolorach. Dla takiego obrazu możliwe było przejście do poprawy segmentu numer dwa, w którym znalazły się obiekty zielone. Ziarna te zostały poddane zabiegowi usuwania małych obiektów, wypełnienia dziur oraz wygładzania za pomocą filtracji medianowej. Kolejnym krokiem była segmentacja ziaren, aby móc policzyć ich powierzchnię i usunąć najmniejsze z nich, które były pozostałościami po operacjach. Ostatecznie stworzony został obraz z ziarnami, które połączone stworzyły maskę binarną gotową do kolejnych kroków. Poniżej znajdują się obrazy z wyciątymi ziarnami glaukonitu z obrazka z jednym polaryzatorem i dwoma skrzyżowanymi polaryzatorami.



Rysunek 2: Ziarna glaukonitu

## 2.4 Kwarc

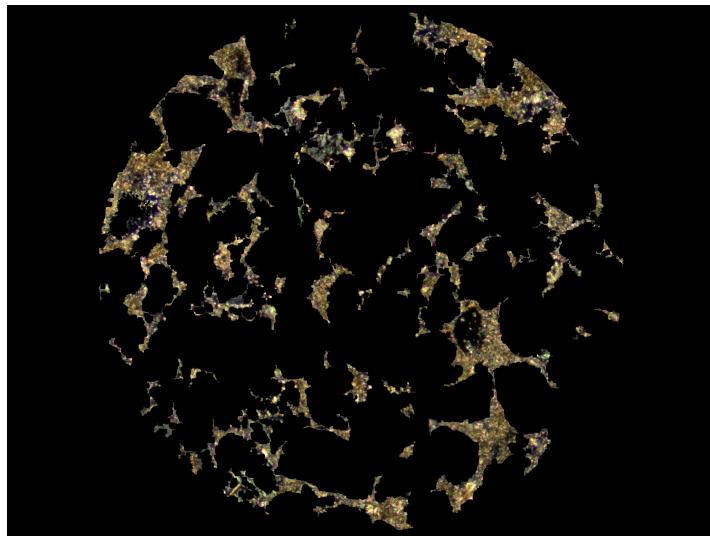
Szkielet badanej skały w większości składa się z kwarcu, który dla jednego polaryzatora jest bezbarwny, a przy dwóch skrzyżowanych przechodzi kolorem od białego przez odcienie szarości do czarnego. Jako że w skale mogły występować również inne minerały, które mogły być bezbarwne, lecz przy rotacji mogły na przykład cały czas pozostawać czarne, potrzebna była głębsza analiza. Po pierwotnych zmianach kształtu i operacjach mających na celu pozbycie się dziur i niepożądanych kształtów, z trzech obrazków dla każdej z rotacji  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  i  $60^\circ$  osiągnięto maski binarne z widocznymi ziarnami w kolorach od białego do szarości. Następnie, przy próbie nałożenia tych masek na siebie zauważono, że są one przesunięte względem siebie w pionie. Stało się tak prawdopodobnie z powodu obrotu stolika, który mógł doprowadzić do błędного pomiaru punktu środkowego w mikroskopie. Dlatego wykorzystano translację i otrzymano wynikową maskę wszystkich ziaren kwarcu.



Rysunek 3: Znalezione ziarna kwarcu przy kątach obrotu  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ .

## 2.5 Kalcyt

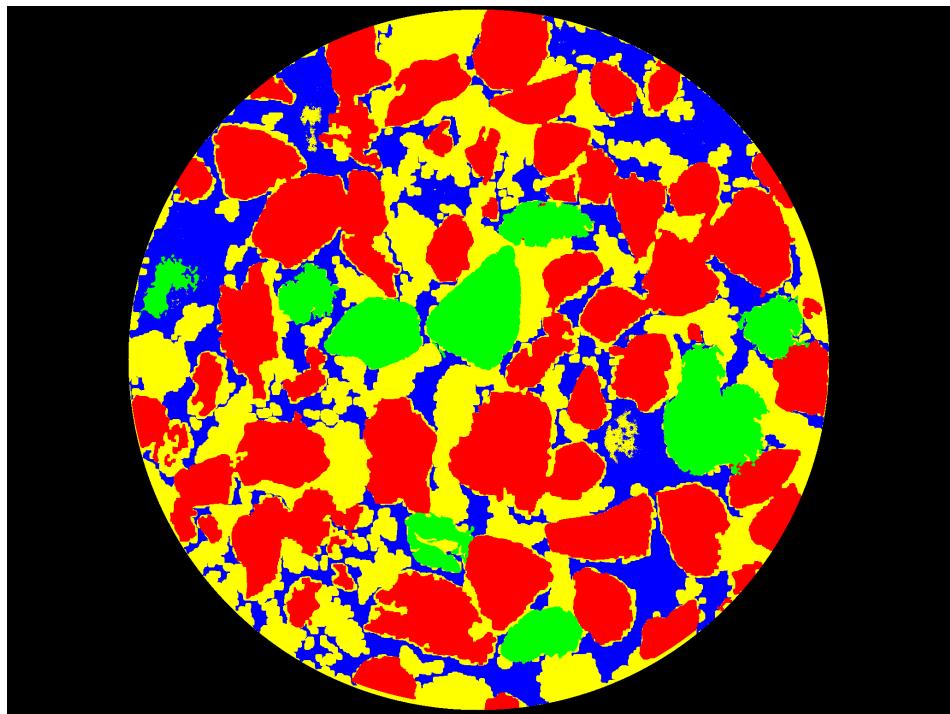
Aby upewnić się, że wyciągnięto jedynie kolory żółty, pomarańczowy i jasny, jakie przyjmował kalcyt przy dwóch skrzyżowanych polaryzatorach, najpierw usunięto z obrazu wejściowego za pomocą połączonej maski wszystkie ziarna glaukonitu i kwarcu. Jako że kalcyt z powodu swojego ziarnistego wyglądu zawierał wiele innych kolorów, które zostały pominięte przy operacji binaryzacji, pozostało wiele przestrzeni wolnej, której pozbyto się za pomocą operacji morfologicznych. Ostatecznie usunięto dodatkowo małe ziarna (o polu mniejszym niż 400 pikseli). W wyniku otrzymana maska jest poszarpana i zawiera wiele małych elementów, jednak patrząc na obraz wejściowy, ich położenie zgadza się.



Rysunek 4: Spoiwo zbudowane z kalcytu

### 3 Wyniki końcowe

Poniżej przedstawiono wynik końcowy z nałożeniem obliczanych masek. Każdy z minerałów jest na nim przedstawiony w innym kolorze. W tabeli poniżej pokazane zostały wynikowe powierzchnie w pikselach oraz w  $\mu\text{m}^2$ , wyliczone na podstawie wielkości skali z obrazów wejściowych. Skala na obrazach wynosi 175 pikseli, co odpowiada  $100 \mu\text{m}^2$  w rzeczywistości. Żółte przerwy pomiędzy ziarnami mogą przedstawiać inne minerały lub przestrzeń porową, która przy skrzyżowanych polaryzatorach przyjmuje tylko kolor czarny. Taki kolor nie został uwzględniony w analizie dla żadnego z przypadków obrotu.



Rysunek 5: Końcowy obraz ze znalezionymi ziarnami kwarcu (kolor czerwony), glaukonitu (kolor zielony), kalcytu (kolor niebieski)

minerał	powierzchnia w pikselach	powierzchnia w $\mu\text{m}^2$
<b>kwarc</b>	734460	239830
<b>galukonit</b>	17376	56737
<b>kalcyt</b>	364300	118950

### Literatura

- [Bjo15] Knut Bjorlykke, editor. *Petroleum geoscience*. Springer, Berlin, Germany, 2 edition, June 2015.
- [Mub13] Mukuna P. Mubiayi. Characterisation of sandstones: Mineralogy and physical properties. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 3, 2013.