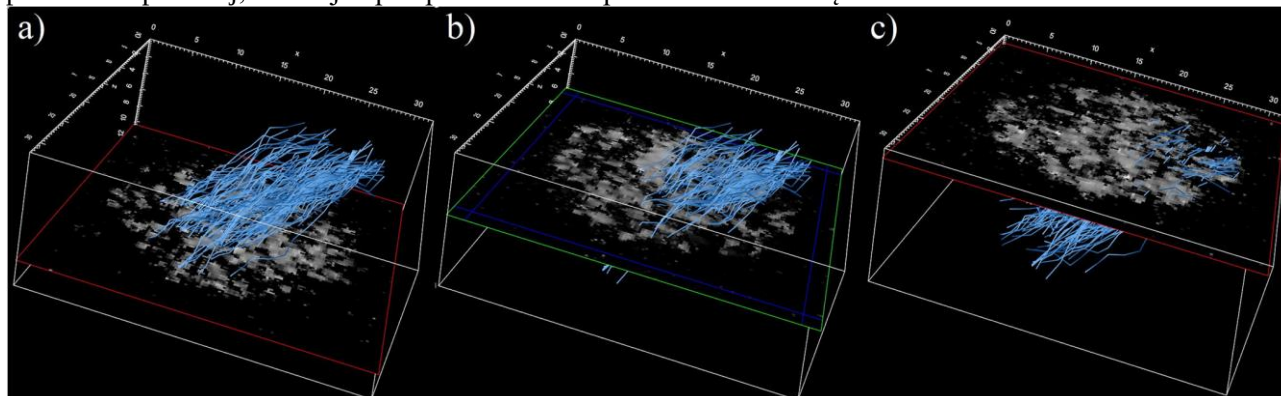


Motywacja badań

Zrozumienie procesów zachodzących wewnątrz skał ma kluczowe znaczenie dla współczesnej nauki i przemysłu. Skały, stanowią nie tylko fundament krajobrazu, ale pełnią także kluczową rolę w magazynowaniu zasobów takich jak woda, gaz czy ropa naftowa. Wiele złóż gazu, ropy czy wód geotermalnych występuje w skałach o skomplikowanej budowie, takich jak łupki, piaskowce czy wapienie. W niektórych ciecz płynie swobodnie wykorzystując kanały, duże pory i szczeliny, a w innych może natrafiać na przeszkody w postaci bardzo małych porów lub innych nieprzepuszczalnych mikrostruktur. Struktury zarówno przepuszczalne jak i barierowe, są często anizotropowe – mają zróżnicowane właściwości w różnych kierunkach. Niestety, dotychczasowe metody badawcze najczęściej traktują ośrodek skalny jako medium izotropowe, co prowadzi do błędnych prognoz dotyczących ich zdolności filtracyjnych. Zrozumienie wpływu anizotropii jest więc kluczowe zarówno dla przemysłu wydobywczego, jak i dla ochrony środowiska. Nasz projekt ma na celu stworzenie nowoczesnych narzędzi, które pozwolą badać te zjawiska z precyzją niedostępną dotychczasowym technikom badawczym.

Cel projektu

Celem projektu jest opracowanie nowoczesnej metody badawczej bazującej na obrazowaniu z wykorzystaniem zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego (ang. Magnetic Resonance Imaging; MRI) – ściślej obrazowaniu tensora dyfuzji (ang. Diffusion Tensor Imaging, DTI). Technika ta, dotychczas szeroko stosowana w diagnostyce medycznej do śledzenia przebiegu połączeń neuronalnych, zostanie zaadaptowana do badań skał. Jej zastosowanie pozwoli na wizualizację przepływu wody w porach poprzez określenie najbardziej prawdopodobnych kierunków dyfuzji (ang. Principal Diffusion Tracts – PDT) w przestrzeni skały (Rysunek 2). Dzięki adaptacji tej techniki możliwe będzie precyzyjne określenie najważniejszych parametrów przestrzeni porowej, takich jak przepuszczalność i porowatość oraz krętość.



Rysunek 1: Główne ścieżki dyfuzji – PDT wyznaczone z wykorzystaniem techniki DTI dla próbki wapienia, wskazujące najbardziej przepuszczalne ścieżki przepływu wody, wizualizowane na dolnym (a), środkowym (b) i górnym (c) przekroju MRI rdzenia skalnego [1].

Opis badań

W pierwszej fazie stworzymy fantomy – modele wzorcowe o kontrolowanej strukturze porowej, zarówno izotropowej jak i anizotropowej. Fantomy te posłużą do testowania dokładności i kalibracji metody DTI oraz do identyfikacji potencjalnych błędów pomiarowych. Następnie przeprowadzimy pomiary za pomocą skanerów MRI o różnej wielkości pola magnetycznego (od niskiego do wysokiego). Dzięki zaawansowanym algorytmom przeanalizujemy uzyskane obrazy, identyfikując ścieżki przepływu wody w skale oraz obszary o dużych różnicach przepuszczalności. W kolejnym etapie pomiary MRI zostaną uzupełnione standardowo stosowanymi w badaniach przestrzeni porowej metodami, takimi jak porozymetria rtęciowa, adsorpcja gazu, przepuszczalność gazowa, podatność magnetyczna, przewodność elektryczna i dyfraktometria rentgenowska.

Spodziewane efekty

Finalnie, na podstawie zgromadzonych danych opracujemy modele matematyczne pozwalające na dokładniejsze odwzorowanie przepływów płynów w skałach. Modele te będą uwzględniać anizotropię badanych ośrodków skalnych, co pozwoli na lepsze prognozy dotyczące ich zachowania w różnych warunkach geologicznych. Opracowana metodologia będzie mogła zostać zaadoptowana również w innych dziedzinach, takich jak geotechnika, hydrologia czy archeologia. Nasze badania potencjalnie przyczynią się do możliwości efektywniejszej eksploatacji złóż węglowodorów i wód geotermalnych, lepszego zarządzania zasobami wodnymi oraz do ograniczenia negatywnego wpływu eksploatacji złóż na środowisko.

Bibliografia

- [1] A. T. Krzyżak, W. Mazur, A. Fheed, and W. P. Węglarz, “Prospects and Challenges for the Spatial Quantification of the Diffusion of Fluids Containing ^1H in the Pore System of Rock Cores,” *J Geophys Res Solid Earth*, vol. 127, no. 3, p. 23299, Mar. 2022, doi: 10.1029/2021JB023299.