

## **Energetyzowane ciecze szczelinujące – nowoczesne narzędzie inżynierii geologicznej**

Opisywana tematyka jest związana z realizowanym tematem:

Projektowanie, wpływ na środowisko i skuteczność energetyzowanych cieczy do szczelinowania skał zbiornikowych ropy i gazu Europy Środkowej - ENFLUID

Promotor projektu – Politechnika Śląska

Partnerzy– Instytut Nafty i gazu - PIB, University of Stavanger

Badania zostały sfinansowane z funduszy Programu Polsko-Norweska Współpraca Badawcza, którego operatorem jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2009-1014. Umowa Nr Pol-Nor//196923/49/2013.

## Agenda

- ✓ Inżynieria geologiczna a zabiegi szczelinowania
- ✓ Szczelinowanie hydrauliczne w złożach konwencjonalnych i niekonwencjonalnych
  - Rodzaje cieczy stosowanych do szczelinowania
  - Dodatki do cieczy szczelinujących
  - Geometria szczeliny
- ✓ Specyfika energetyzowanych cieczy szczelinujących
- ✓ Metody badań laboratoryjnych cieczy energetyzowanych
- ✓ Aspekty techniczne wykonywania zabiegów hydraulicznego szczelinowania
- ✓ Fakty i mity związane z hydraulicznym szczelinowaniem



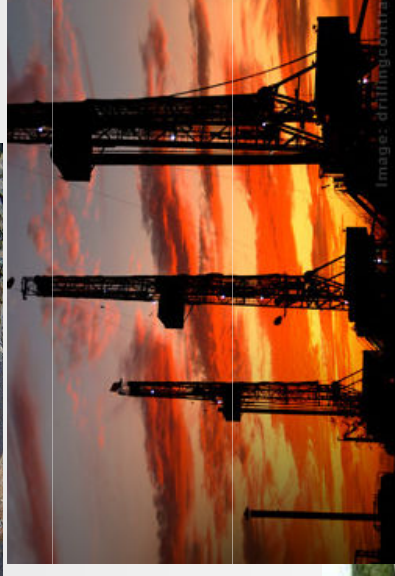
Materiały własne INiG

## Inżynieria geologiczna a zabiegi szczelinowania

Inżynieria geologiczna obejmuje zastosowanie nauk inżynierskich do rozwiązywania problemów i realizowania projektów związanych z litosferą, jej zasobami, środowiskiem fizycznym oraz materiałami geologicznymi.

Za jedno z jej istotnych zadań uważa się ostatnio udostępnianie konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego, przy równoczesnej minimalizacji negatywnego wpływu tego procesu na środowisko naturalne.

W tym kontekście zabiegi hydraulicznego szczelinowania znane w przemyśle naftowym od pierwszej połowy XX wieku, a zwłaszcza te, które prowadzone są z wykorzystaniem cieczy na bazie CO<sub>2</sub> i azotu stanowią nowoczesne i skuteczne narzędzie inżynierii geologicznej.



## Szczelinowanie hydrauliczne

### Główne założenia procesu szczelinowania hydraulicznego:

- ✓ jest to zabieg stosowany w słabo lub bardzo słabo przepuszczalnych złożach, polegający na utworzeniu w złożu podpartej szczeliny
- ✓ powoduje zwiększenie powierzchni kontaktu odwiertu ze złożem - Intensyfikacja produkcji z odwiertu
- ✓ pozwala uzyskać bezpośredni kontakt odwiertu z dalszymi częściami złoża
- ✓ redukcja uszkodzenia przepuszczalności



## Rodzaje płynów szczelinujących

- ✓ płyny na bazie wody (wodne roztwory polimerów liniowych i sieciowanych)
- ✓ płyny na bazie ropy (zagęszczone i sieciowane cieczy węglowodorowe)
- ✓ płyny wielofazowe – piany (spieniane CO<sub>2</sub> lub N<sub>2</sub> wodne roztwory polimerów z dodatkiem SPCz)
- ✓ emulsje ropa – woda (ograniczona stosowalność ze względu na wysokie koszty i małą odporność termiczną)

## Dobór cieczy do typu skały

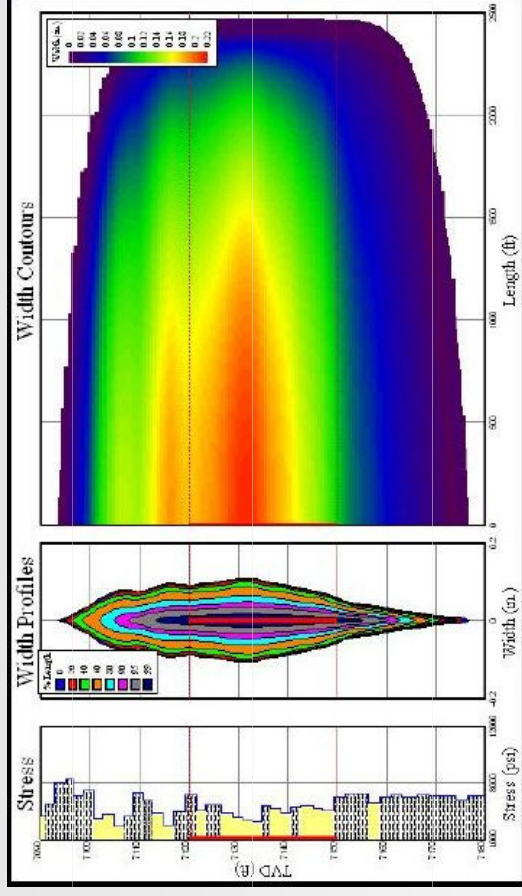
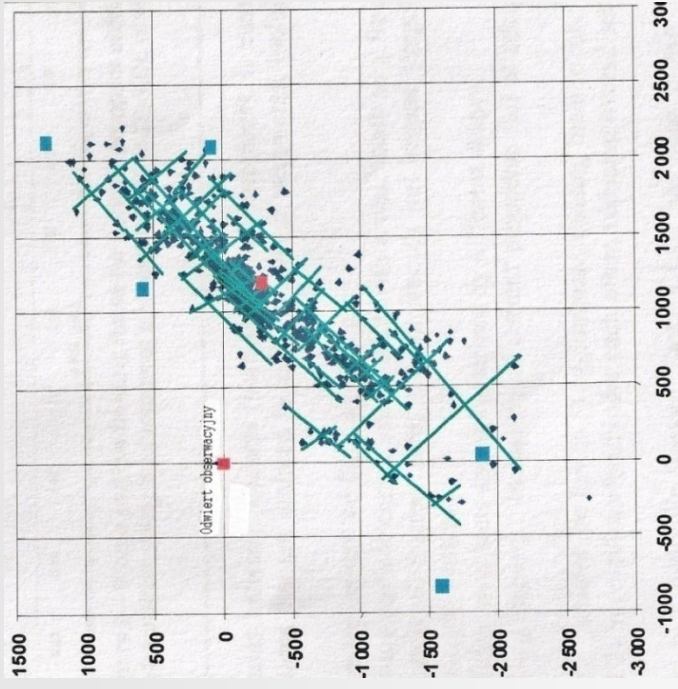
- ✓ nowatorska technologia szczelinowania na bazie cieczy slickwater o lepkości  $< 10$  cP
- ✓ ciecz zabiegowa o obniżonej koncentracji polimeru bez stosowania techniki sieciowania
- ✓ ciecze na bazie sieciowanych polimerów
- ✓ piany, ciekłe gazy, gazy



## Dodatki do płynów szczelinujących

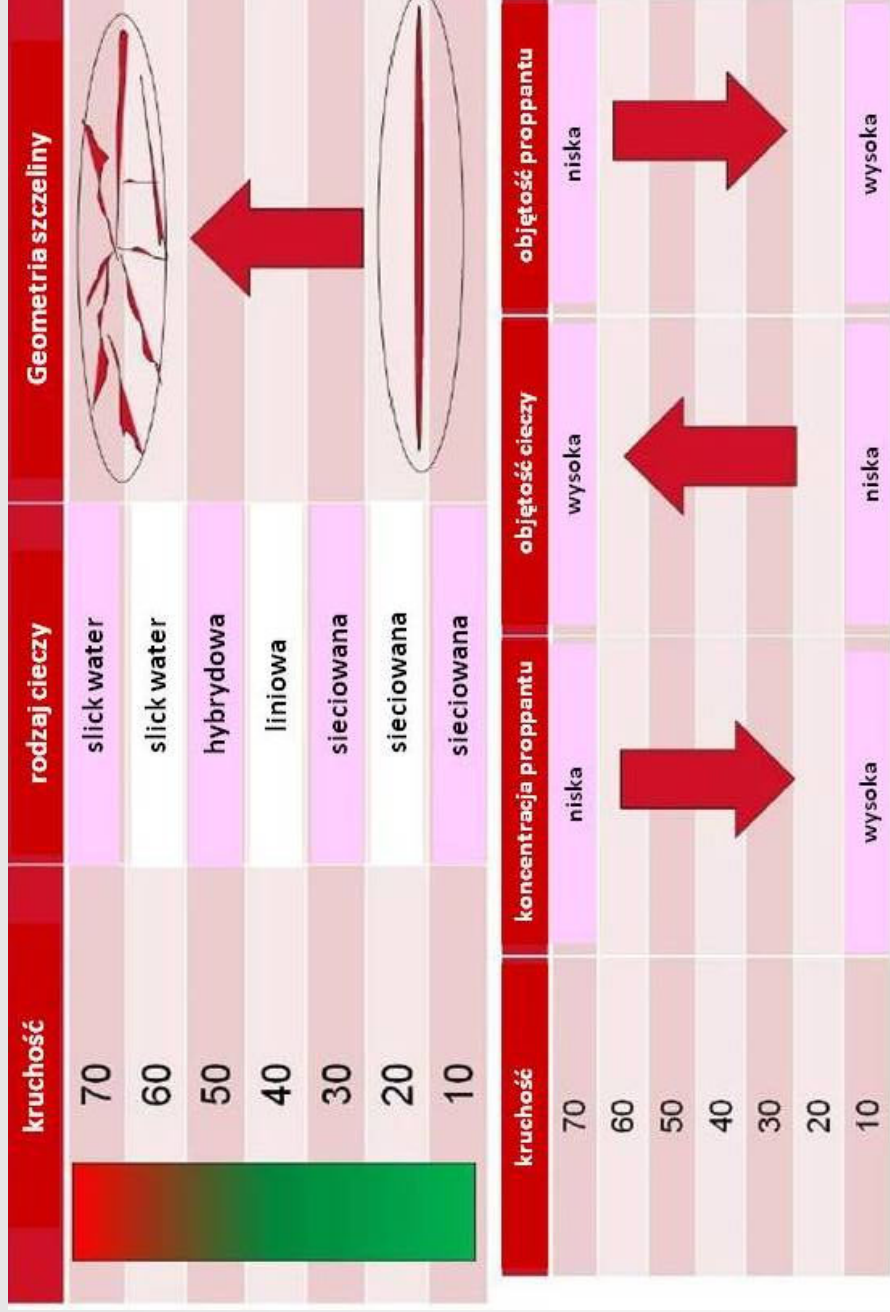
- ✓ polimery: HPG, CMHPG, HEC, CMHEC, Guma Xantanowa, PAA
- ✓ środki sieciujące: związki boru, tytanu i cyrkonu
- ✓ bufony – umożliwiają hydratację polimerów, regulują pH przy hydratacji i sieciowaniu polimerów
- ✓ biocydy – zabezpieczają przed bakteriologicznym rozkładem polimeru
- ✓ stabilizatory – zwiększają termiczną odporność cieczy szczelinującej
- ✓ SPCz – tworzenie pian, emulsji, deemulgacja, lepsze oczyszczanie złożeń po zabiegu
- ✓ łamacze lepkości – upłynnienie cieczy szczelinującej po zabiegu
- ✓ inhibitory iłów i łupków – zabezpieczenie przed pęcznieniem minerałów ilastych i łupków
- ✓ środki przeciwfiltracyjne – zwiększenie efektywności cieczy zabiegowej, zmniejszenie uszkodzenia złożeń

# Geometria szczelin



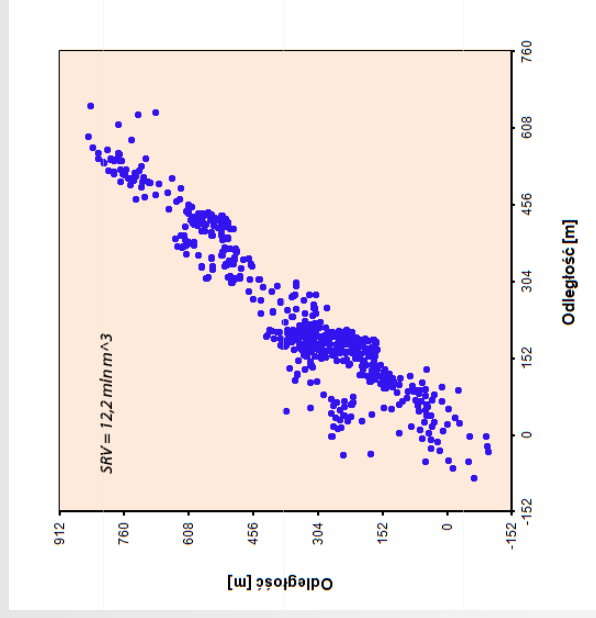


## Geometria szczelin w łupkach

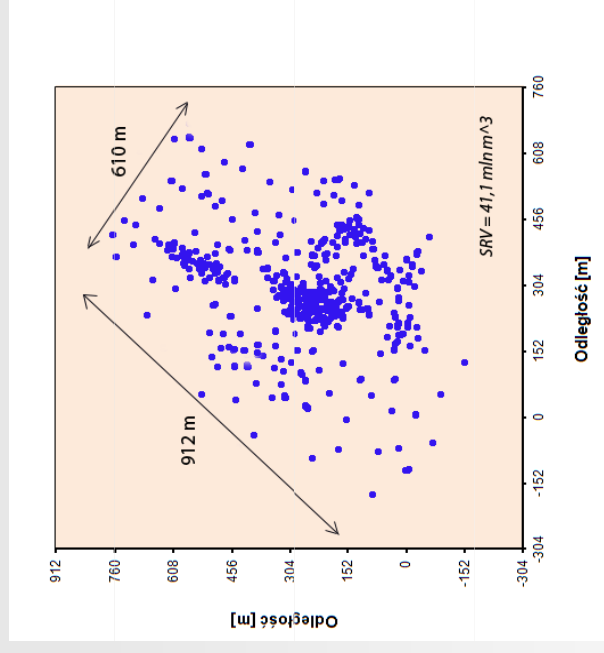


Różnice w tworzącym się systemie szczelin w łupkach plastycznych i kruchych

## Geometria szczelin w łupkach



Szczelinowanie żelem



Szczelinowanie slickwater

## Specyfika energetyzowanych cieczy szczelinujących

### Cel:

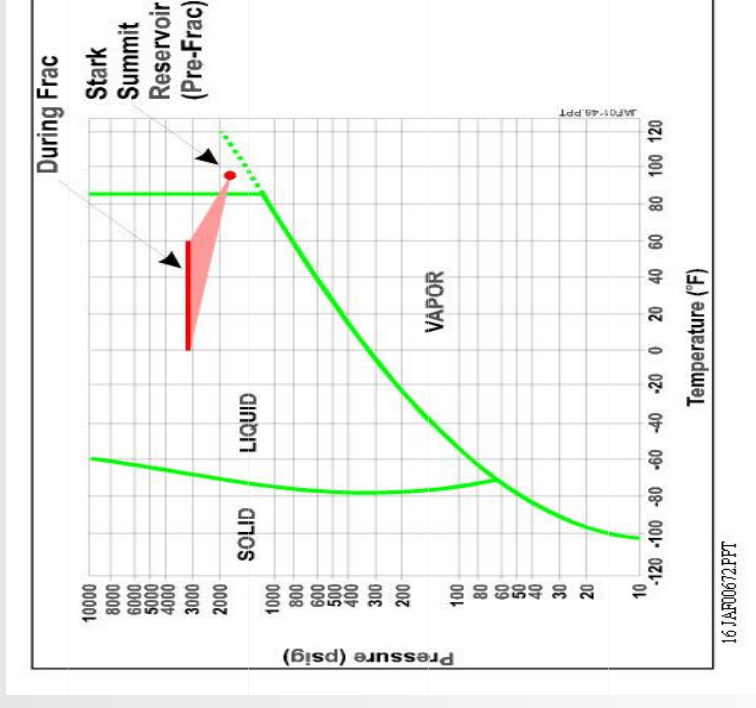
- wytworzenie sieci szczelin i ich propagacja
- transport proppantu
- ułatwienie oczyszczania odwiertu

### Kryteria wyboru rozwiązań:

- Bezpieczeństwo środowiskowe
- Kompatybilność ze skałami formacji i dodatkami do cieczy zabiegowej
- Odpowiednia lepkość
- Łatwość w uzyskaniu płynu zwrotnego (flowback) i oczyszczaniu otworu dla zapewnienia drożności sieci szczelin

## Specyfika energetyzowanych cieczy szczelinujących

- **technologia szczelinowania z użyciem CO<sub>2</sub>**
  - **Zalety**
    - Pompowany w postaci ciekłej
    - Nie powoduje uszkodzenia formacji
    - Lepsze oczyszczanie odwiertu po zabiegu
    - Wypiera metan z materii organicznej
    - Bez użycia wody
  - **Wady**
    - Z wodą tworzy kwas węglowy
    - Wymaga specjalistycznego sprzętu zabiegowego (blender ciśnieniowy)
    - Koszty



## Specyfika energetyzowanych cieczy szcelinujących

- **technologia szcelinowania z użyciem  $N_2$** 
  - **Zalety**
    - Dostarcza dodatkową energię do złożeń
    - Zmniejsza zużycie wody i dodatków chemicznych
    - Wykonywane w dwóch wariantach:
      - piany  $N_2 > 53\%$
      - ciecze energetyzowane  $N_2 < 53\%$
  - **Wady**
    - Wymaga dodatkowego sprzętu (transport azotu, pompy kriogeniczne)
    - Większe niebezpieczeństwo
    - Koszty

## Przewaga cieczy energetyzowanych podsumowanie

Potencjalne problemy związane ze szczelinowaniem cieczami na bazie wody	Zalety cieczy energetyzowanych
<ul style="list-style-type: none"><li>• Uszkodzenie przepuszczalności szczelin, ścian szczelin oraz złoża</li><li>• Niepożądane produkty reakcji ograniczają przewodność matrycy i szczelin</li><li>• Produkcja poniżej optymalnej</li><li>• Wyzwania środowiskowe związane z zapotrzebowaniem na wodę i utylizacja płynów zwrotnych</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mniejsze uszkodzenie przepuszczalności</li><li>• Znaczna rozpuszczalność i odpowiednia lepkość CO<sub>2</sub></li><li>• Łatwiejsze oczyszczanie odwiertu</li><li>• Dobra zdolność do spieniania</li><li>• Doskonała redukcja napięcia międzyfazowego</li></ul>

## Metody badań laboratoryjnych cieczy energetyzowanych



## Aspekty technologiczne wykonywania zabiegów

### Sprzęt do hydraulicznego szczelinowania

- ✓ zbiorniki na wodę technologiczną
- ✓ system dodawania materiałów chemicznych (LAS)
- ✓ system hydratacji
- ✓ blender
- ✓ transporter podsadzki
- ✓ manifold
- ✓ agregaty pompowe
- ✓ system kontroli i rejestracji danych (DAS)

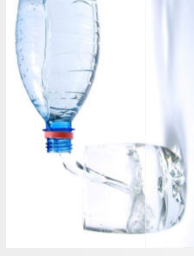


## Aspekty technologiczne wykonywania zabiegów – ciecze energetyzowane



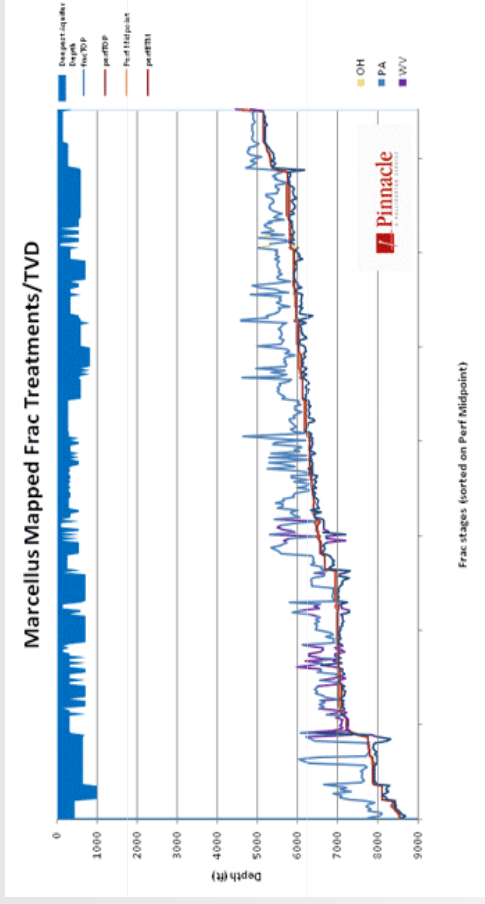
## Hydrauliczne szczelinowanie - fakty i mity

- **niebezpieczne środki chemiczne**
  - Guar - środek zagęszczający E412 do sosów, lodów, kosmetyków
  - Aldehyd glutarowy - środki dezynfekujące- wykorzystywane do uzdatniania wody i sterylizacji
  - Alkohol izopropylowy - leki, antyperspiranty, maści, farby do włosów
  - Rozcieńczony kwas solny - środek czyszczący i dezynfekujący – stosowany w basenach pływakich
  - Środki powierzchniowo czynne
- **zaburzenie bilansu wodnego**
  - ✓ jeden zabieg szczelinowania to średnio 1500 m<sup>3</sup> wody
  - ✓ jeden odwiert to średnio 15000 m<sup>3</sup> wody
  - ✓ odbiera się średnio 40% zatłoczonej cieczy przy sprawności recyklingu 98%



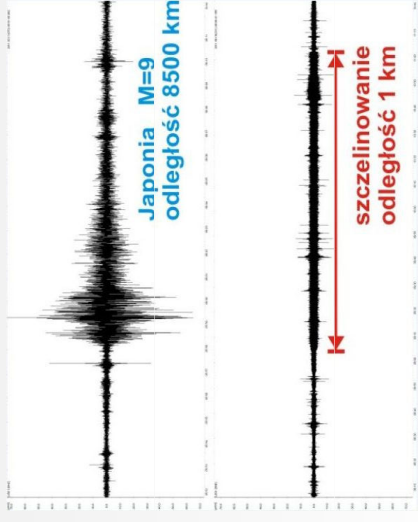
# Hydraulicne szczelinowanie - fakty i mity

- zanieczyszczenie wód podziemnych



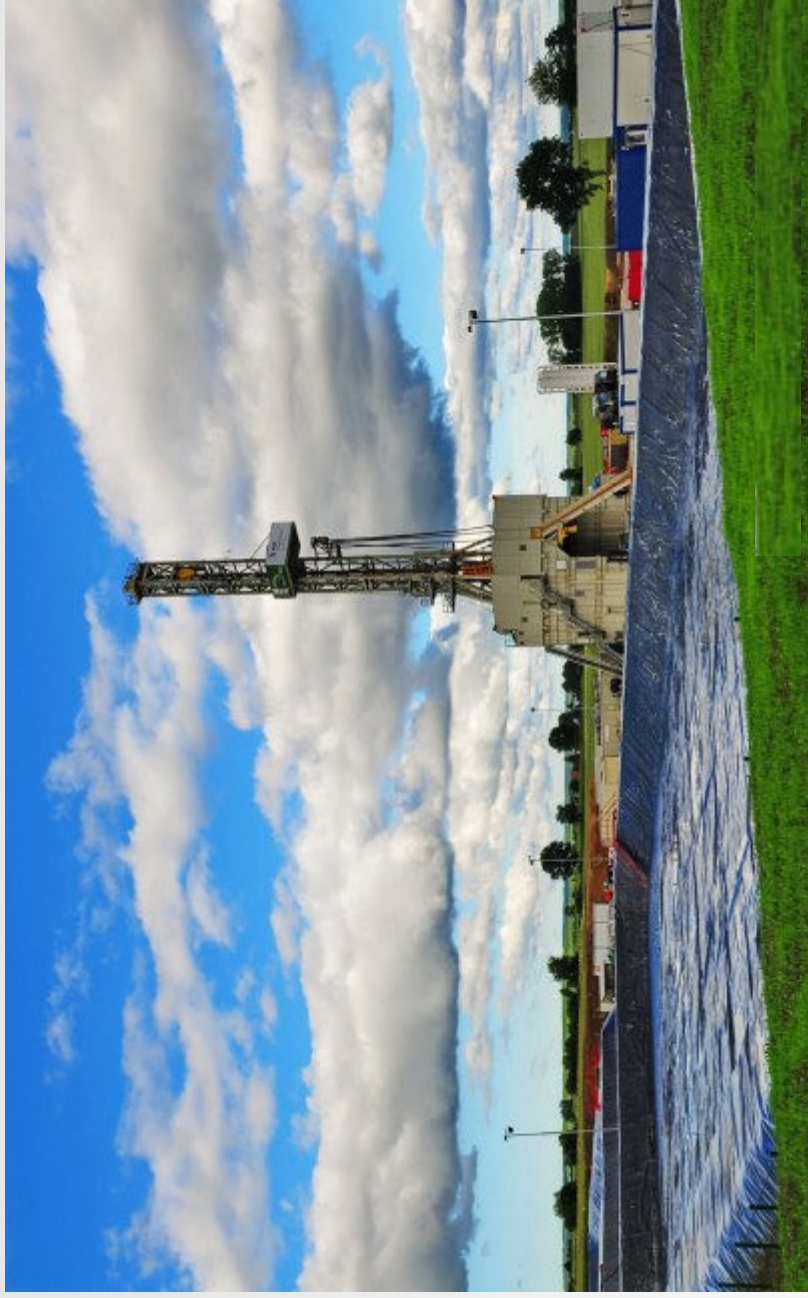
Frac stages (sorted on Perf Midpoint)

- trzęsienia ziemi





Dziękujemy za uwagę



*Badania zostały sfinansowane z funduszy Programu Polsko-Norweska Współpraca Badawcza, którego operatorem jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2009-1014. Umowa Nr Pol-Nor//196923/49/2013.*