

VII OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY

OBRADY **ONLINE** | 28-30.09.2021 rok

**PROJEKT ENERGIZERS – NIEKONWENCJONALNE SYSTEMY
GEOTERMALNE EGS-CO₂ JAKO SYSTEMY ENERGETYCZNE
TEMAT: NEUTRALNE DLA KLIMATU**

AUTOR/AUTORZY: Anna SOWIŹDŹAŁ¹, Paweł GŁADYSZ², Leszek PAJĄK¹,
Maciej MIECZNIK³, Barbara TOMASZEWSKA¹,
Anna CHMIEŁOWSKA¹, Magdalena SOBCZYK¹

¹ AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;

² AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Podstawowych Problemów Energetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków





Projekt *CO₂-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply*, akronim EnerGizerS, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019, otrzymał dofinansowanie w ramach polsko-norweskich projektów badawczych POLNOR 2019 finansowanych przez Fundusze Norweskie za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu

CO₂-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply

EnerGizerS

Kierownik Projektu: dr hab. inż. Anna Sowiżdżał, prof. AGH



DOFINANSOWANO
ZE ŚRODKÓW
BUDŻETU PAŃSTWA

PROGRAM „BADANIA STOSOWANE”

CO₂-Enhanced Geothermal
Systems for Climate Neutral
Energy Supply

DOFINANSOWANIE
869 096,25 zł

CAŁKOWITA WARTOŚĆ INWESTYCJI
5 932 700,00 zł



Wspólnie działamy na rzecz Europy **zielonej**,
konkurencyjnej i **sprzyjającej integracji społecznej**

Czas trwania projektu:
1.10.2020 – 1.10.2023

Budżet projektu:
5 932 700 PLN

Kwota dofinansowania:
5 793 975 PLN

Głównym celem projektu jest analiza efektywności funkcjonowania niekonwencjonalnych systemów geotermalnych (ang. Enhanced Geothermal Systems; EGS) wykorzystujących dwutlenek węgla (CO₂) jako medium robocze.

- ✓ Rozwój technologii wspomaganych systemów geotermalnych (EGS) wykorzystujących nadkrytyczny dwutlenek węgla jako medium robocze;
- ✓ Intensyfikacja współpracy między partnerami polskimi i norweskimi oraz wymiana doświadczeń w zakresie wykorzystania energii geotermalnej i geologicznego składowania dwutlenku węgla;
- ✓ Ograniczenie emisji dwutlenku węgla i łagodzenie antropogenicznych zmian klimatu przy jednoczesnym zaspokojeniu potrzeb energetycznych.

Technologia EGS wykorzystująca CO₂ jako płyn roboczy łączy w sobie aspekty pozyskiwania czystej energii z wnętrza Ziemi oraz redukcji emisji dwutlenku węgla



Energia gorących suchych skał jest wykorzystywana na świecie za pomocą technologii **E**nhanced **G**eothermal **S**ystems – wspomaganych systemów geotermalnych

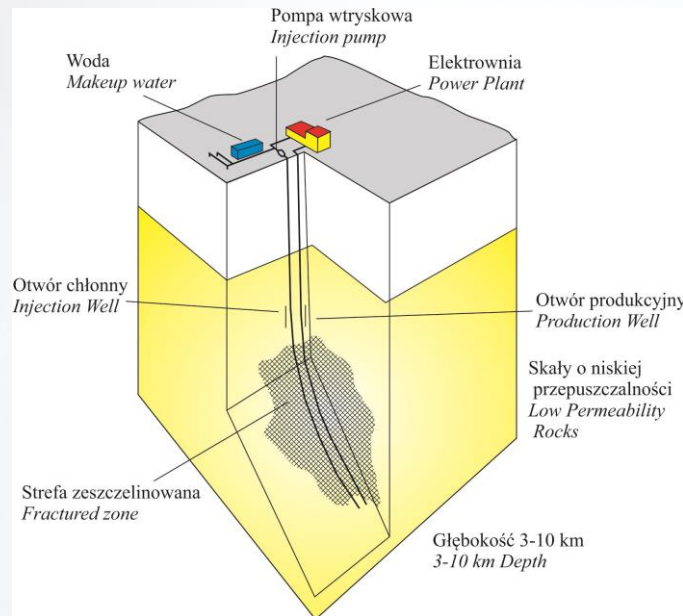
Rok 1974 – Los Alamos, Fenton Hill, USA



Koncepcja wykorzystania ciepła Ziemi w zamkniętych systemach geotermalnych poprzez sztuczne zwiększenie przewodności hydraulicznej zbiornika geotermalnego

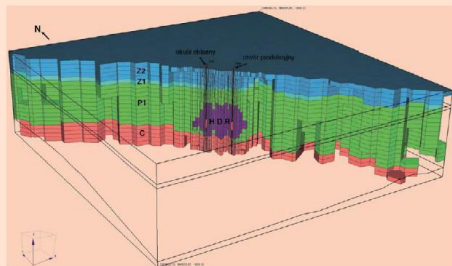


Projekty EGS - kilkadziesiąt miejsc na świecie w różnych fazach realizacji



2010-2013

OCENA POTENCJAŁU, BILANSU CIEPLNEGO
I PERSPEKTYWICZNYCH STRUKTUR
GEOLOGICZNYCH DLA POTRZEB ZAMKNIĘTYCH
SYSTEMÓW GEOTERMICZNYCH (HOT DRY ROCKS)
W POLSCE



Warszawa/Kraków 2013



WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA
ŚRODOWISKA ZA ŚRODKI FINANSOWE
WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ



WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA
ŚRODOWISKA ZA ŚRODKI FINANSOWE
WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ



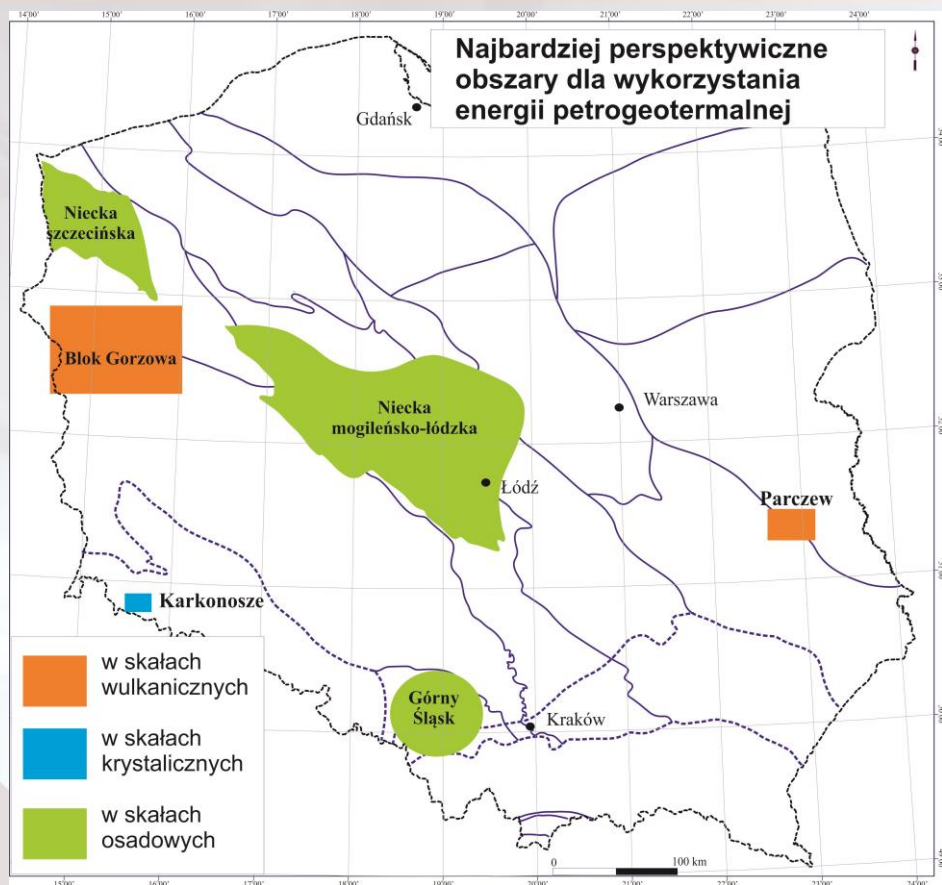
MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

OCENA POTENCJAŁU, BILANSU CIEPLNEGO
I PERSPEKTYWICZNYCH STRUKTUR
GEOLOGICZNYCH DLA POTRZEB ZAMKNIĘTYCH
SYSTEMÓW GEOTERMICZNYCH (HOT DRY ROCKS)
W POLSCE



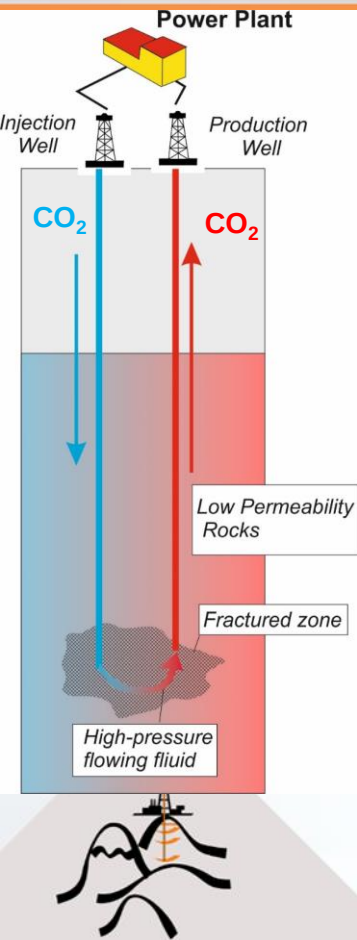
Warszawa/Kraków 2013





Na podstawie:
Wójcicki, Sowizdżał, Bujakowski (red) i in., 2014;





1. EGS – dla celów energetycznych

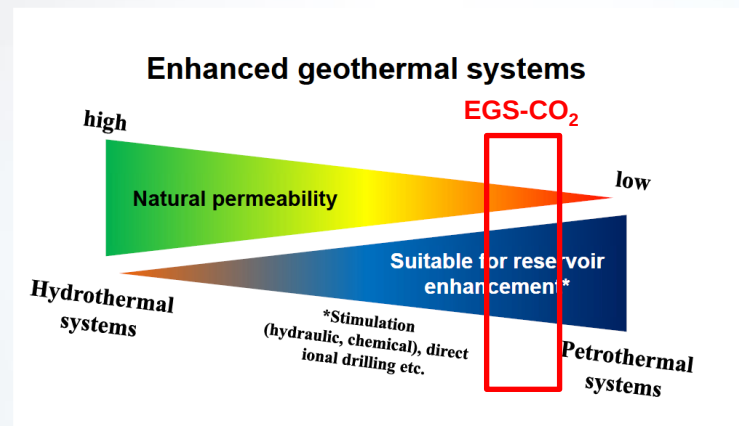
Koncepcja wykorzystania ciepła z gorących, suchych skał zakłada wykonywanie głębokich otworów wiertniczych na obszarach charakteryzujących się anomalnie wysokimi temperaturami.

2. Sekwestracja CO₂ – dla celów środowiskowych

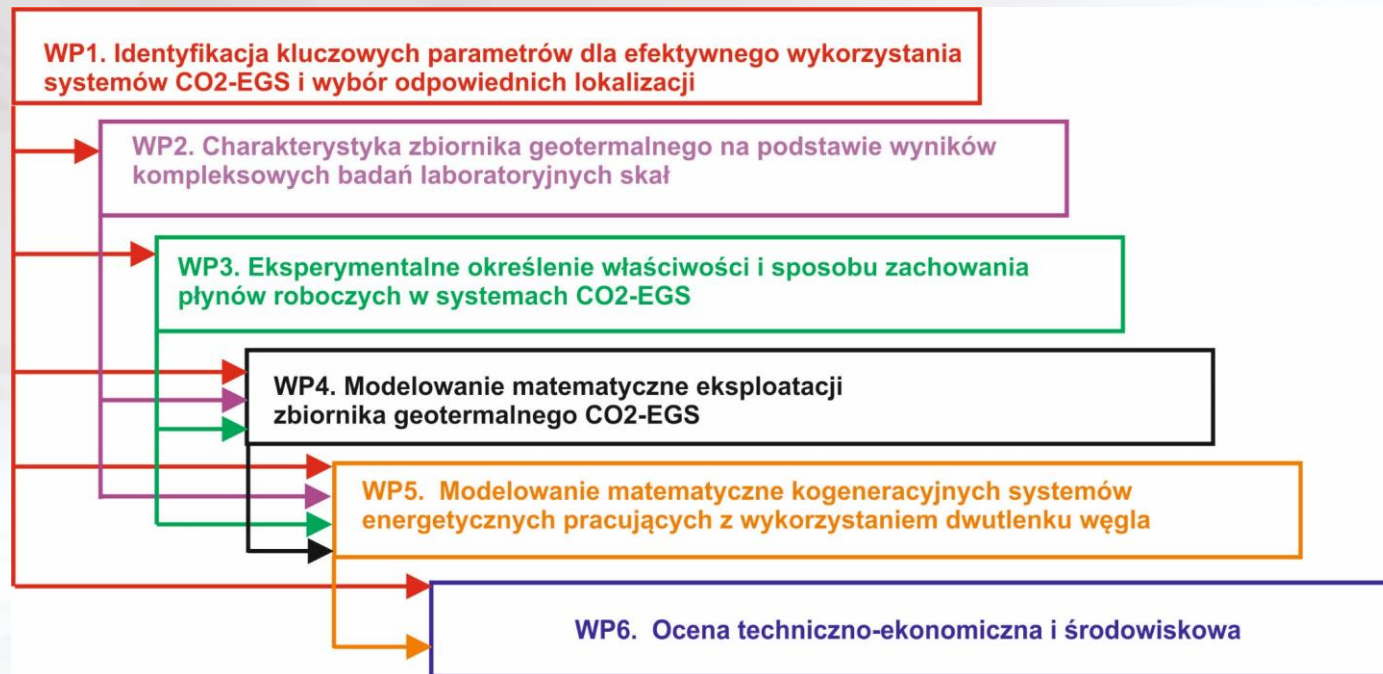


CCUS.pl

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
Program GOSPOSTRATEG III



Huenges, 2016



TEMAT: IDENTYFIKACJA STRUKTUR GEOLOGICZNYCH ODPOWIEDNICH DLA SYSTEMU CO₂-EGS

Identyfikacja struktur geologicznych odpowiednich dla CO₂-EGS:

❑ w Polsce - obszar **Bloku Gorzowa** i **niecki mogileńsko-łódzkiej**

❑ w Norwegii: formacja **Åre** na Morzu Norweskim, formacja **Ula** (Morze Północne) i formacja **Skagerrak** (Morze Północne)



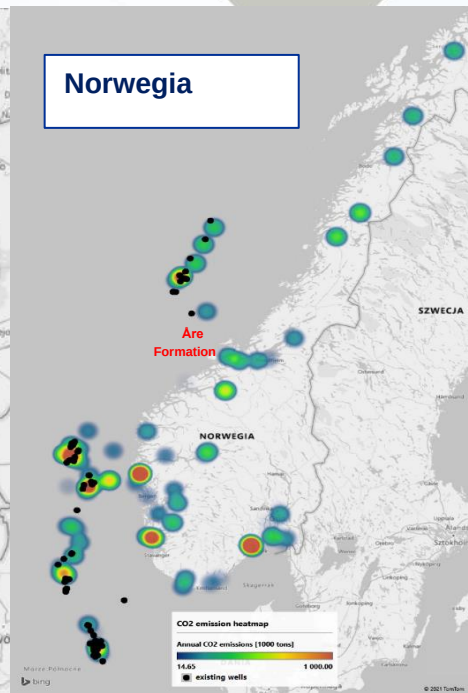
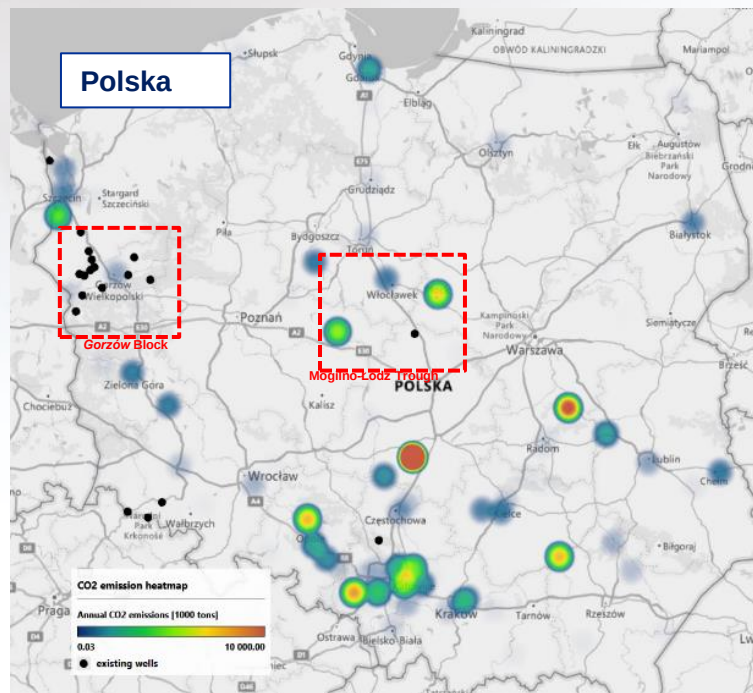
Metoda Matrix of Influences (MOI)



Scenariusze projektowe

- układ bezpośredni na nadkrytyczne CO₂ w obiegu Braytona
- układ pośredni z obiegiem ORC
- układ hybrydowy (obieg na nadkrytyczne CO₂ oraz obieg ORC)

MAPA CIEPLNA EMISJI CO₂ I ISTNIEJĄCYCH ODWIERTÓW



- ✓ Projekt EnerGizerS – **niekonwencjonalne systemy** geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu
- ✓ **Światowe doświadczenia** w wykorzystaniu energii gorących suchych skał
- ✓ Wybór **parametrów istotnych** dla projektowania i wskazania lokalizacji systemu wykorzystującego technologię CO₂-EGS
- ✓ Analiza **ekonomiczna** niekonwencjonalnych systemów geotermalnych z dwutlenkiem węgla jako czynnikiem roboczym
- ✓ Analiza **aspektów prawnych** dla lokalizacji systemów CO₂-EGS w Polsce

DYSKUSJA



Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: **Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu**, akronim **EnerGizerS**, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



www.energizers.agh.edu.pl



www.norwaygrants.org

 Follow us



www.researchgate.net

Dziękuję za uwagę.

ADRES POCZTOWY

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska; Katedra Surowców Energetycznych

ADRES E-MAIL

ansow@agh.edu.pl

TELEFON

+48 12 617 38 43



VII OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY

OBRADY **ONLINE** | 28-30.09.2021 rok

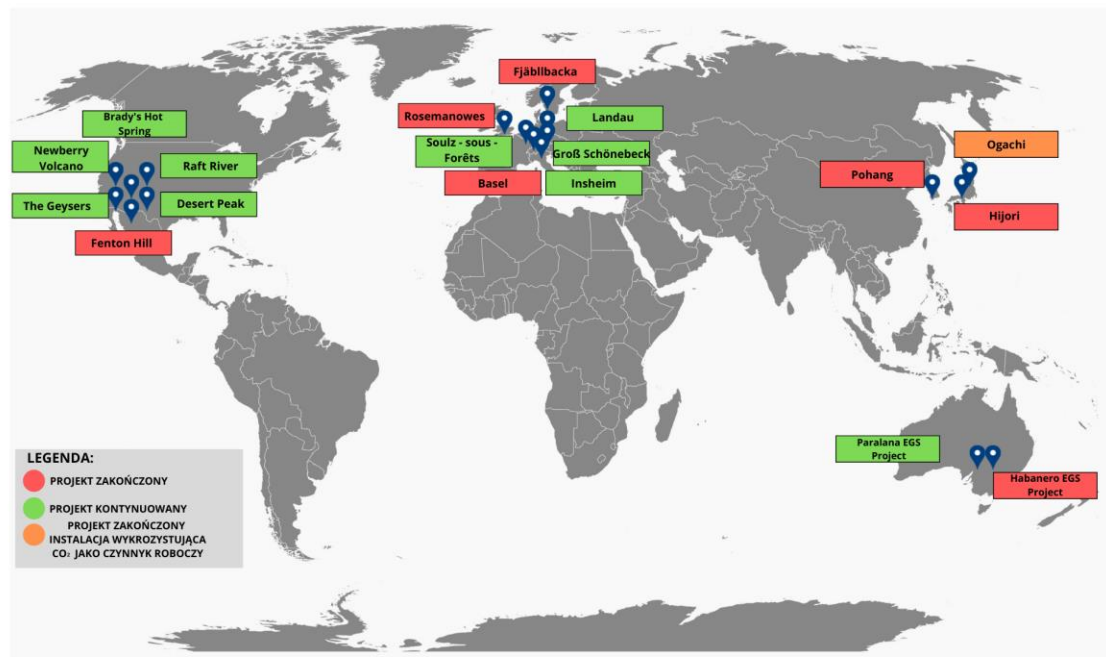
TEMAT: DOŚWIADCZENIA ŚWIATOWE W WYKORZYSTANIU ENERGII
GORĄCYCH SUCHYCH SKAŁ

AUTOR/AUTORZY: Magdalena SOBCZYK, Anna SOWIŹDŻAŁ



- Technologia EGS powstała w latach 70. XX wieku w Stanach Zjednoczonych, kiedy to grupa naukowców z Los Alamos National Laboratories stworzyła pierwszą na świecie instalację w Fenton Hill
- Największe projekty EGS na świecie tj.: Habanero EGS Project, Paralana EGS Project, Hijori, Pohang, Ogachi, Landau, Ischem, Basel, Rosemanowes, Fjällbacka, Soultz - sous- Forêts, Groß Schönebeck, Brady's Hot Spring, Raft River, Desert Peak, Fenton Hill, The Geysers, Newberry Volcano (Lu, 2017) - istnieją projekty EGS w różnych fazach realizacji, siedem z nich zaprzestało funkcjonowania, większość jest jednak kontynuowana.





(Opracowanie własne na podstawie Bergur i in., 2015, Breede i in., 2013, Lu 2017, Olasolo i in. 2016, Tester 2006)

NAZWA PROJEKTU	Habanero EGS Project	Paralana EGS Project	Soultz - sous- Forêts	Ogachi	Hijori	Pohang	Groß Schönebeck	Basel	Fenton Hill
MOC	1 MW	3,75 MW	1,7 MW	-	130 kW	1 MW	1 MW	3 MW	60 kW
SKAŁY ZBIORNIKOWE	granity	osadowe/metamorficzne	granity	granodioryty	granodioryty	granodioryty	piaskowce i andezyty (formacja czerwonego spągowca)	granity	granity
TEMPERATURA W ZBIORNIKU °C	263 °C	171 °C	230 °C	160 °C	190 °C	-	145 °C	200 °C	192 °C
DATA OTWARCIA	2003	2005	1984	1989	1985	2010	2000	2005	1974
DATA ZAMKNIĘCIA	2013	-	-	2002	2002	2017	-	2009	1995

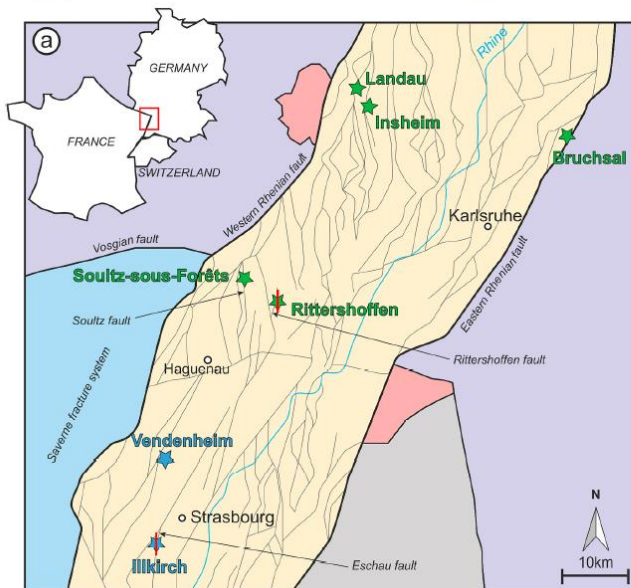
(Opracowanie własne na podstawie Bergur i in., 2015, Breede i in., 2013, Lu 2017, Olasolo i in. 2016, Tester 2006)



TEMAT: Soultz - sous - Forets

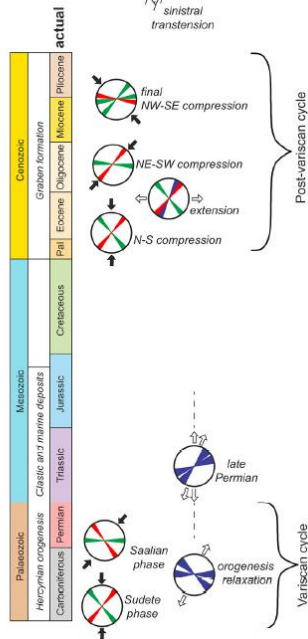
Legend

- Cenozoic sediments
- Jurassic sediments
- Triassic sediments
- Permian sediments
- Hercynian basement
- Geothermal projects in activity
- Geothermal projects under drilling
- Faults
- Cross-sections
- maximum horizontal stress
- minimum horizontal stress
- dextral shear faults
- sinistral shear faults
- normal faults



(Glaas i in., 2021)

b



HISTORIA INSTALACJI EGS

SOULTZ - SOUS - FORÊTS

1987-1990

Wywiercenie otworu GPK 1 do poziomu 2000 m
Wywiercenie otworu EPS 1 do poziomu 2200m

1991 - 1998

Pogłębienie otworu GPK 1 do poziomu 3600 m
Wiercenie otworu GPK 2 do głębokości 3880 m

1998

Stymulacja i test cyrkulacji pomiędzy otworami GPK 1 i GPK 2

1998-2007

Pogłębienie otworu GPK 2
Wywiercenie otworu GPK 3 i GPK 4 do poziomu > 5000 m

2000

Stymulacja otworu GPK 2

2003

Stymulacja otworu GPK 3

2004

Stymulacja otworu GPK 4

2005

Stymulacja otworu GPK 4

2006

Chemiczna stymulacja

2008-2009

Budowa elektrowni

2010-2012

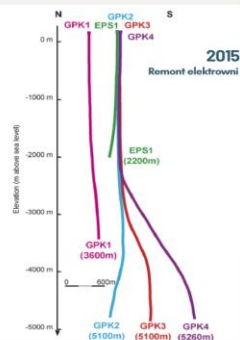
Testy produkcyjne elektrowni

2015

Remont elektrowni

2016 - OBECNIE

Produkcja energii elektrycznej



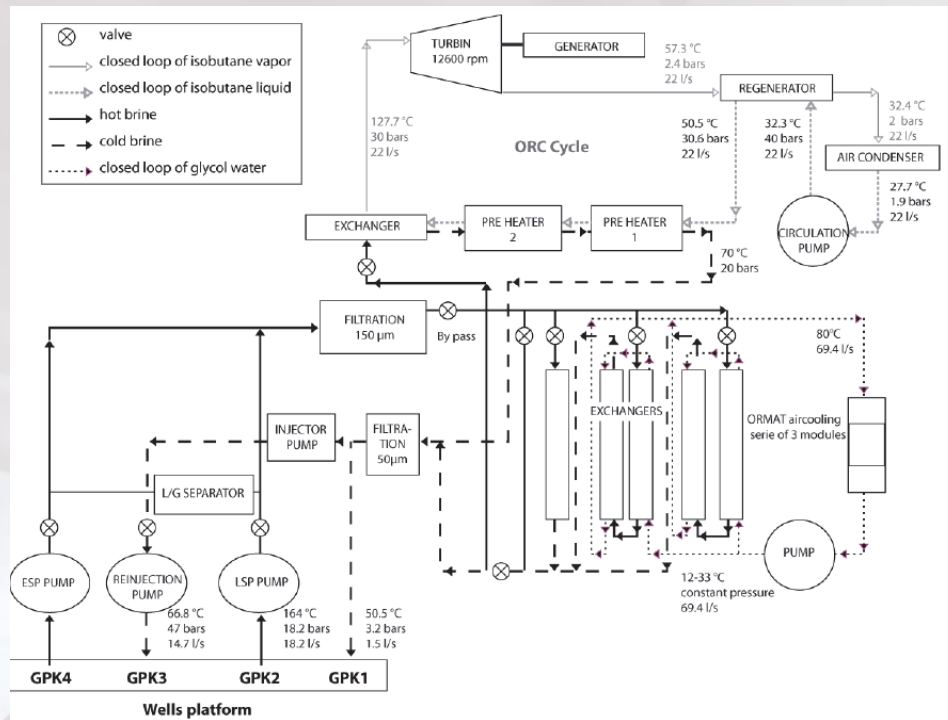
(Opracowanie własne na podstawie Sanjuan i in., 2010)

Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu | EnerGizers



POLSKIE STOWARZYSZENIE GEOTERMICZNE

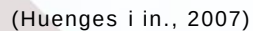




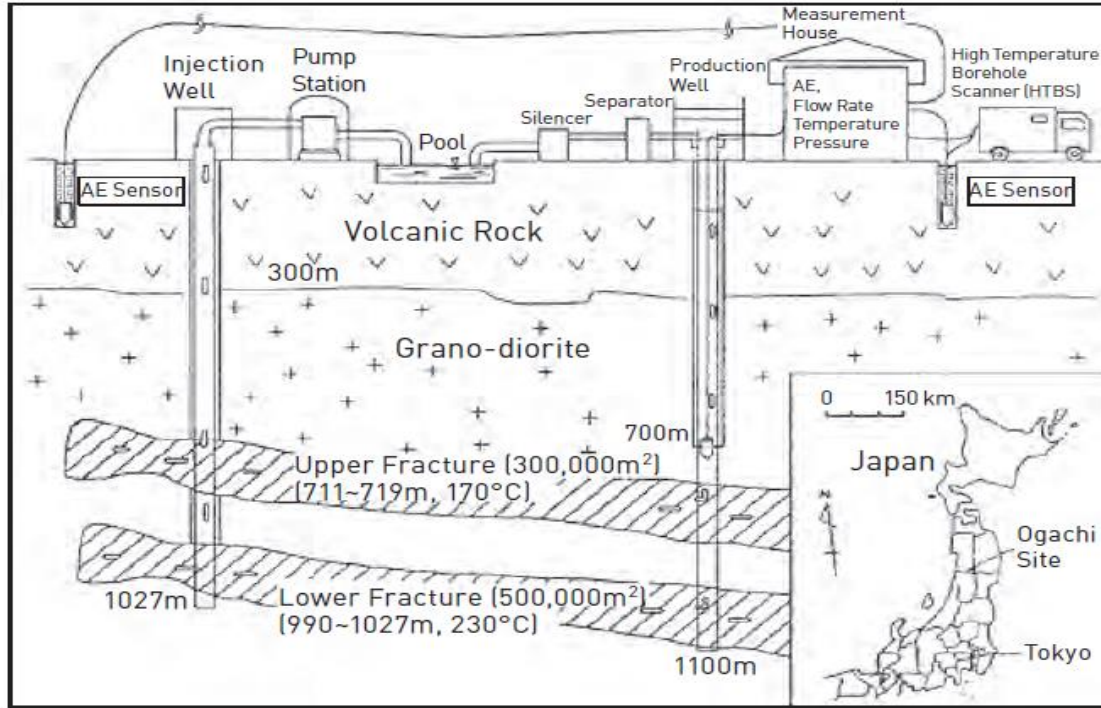
(Ledesert i Hebert., 2012)

- Moc zainstalowana elektrowni wynosi **1,7 MW**
- Obecnie system geotermalny opiera się na trzech otworach: produkcyjnym – **GPK 2** i dwóch załączających **GPK 3** i **GPK 4**, natomiast otwory **GPK – 1** to nieużywany pierwszy odwiert załączający, a **EPS 1** służy jako badawczy





- Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu | EnerGizerS



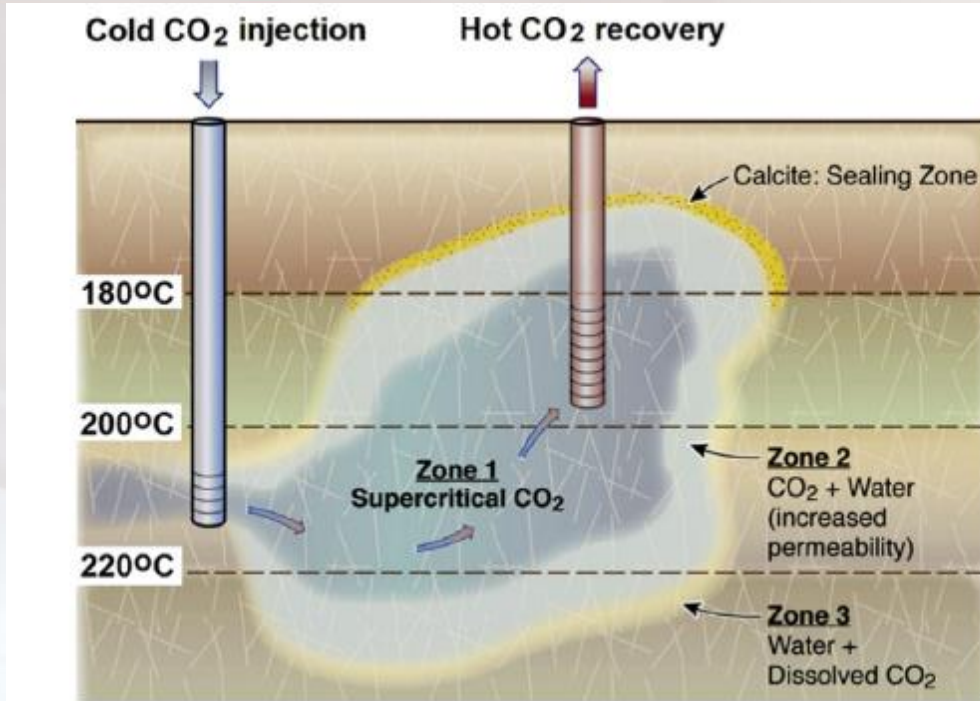
(Tester, 2006)

- Ogachi EGS Projekt zlokalizowany jest na północy wyspy Honsiu, w pobliżu Parku Narodowego Kurikoma.

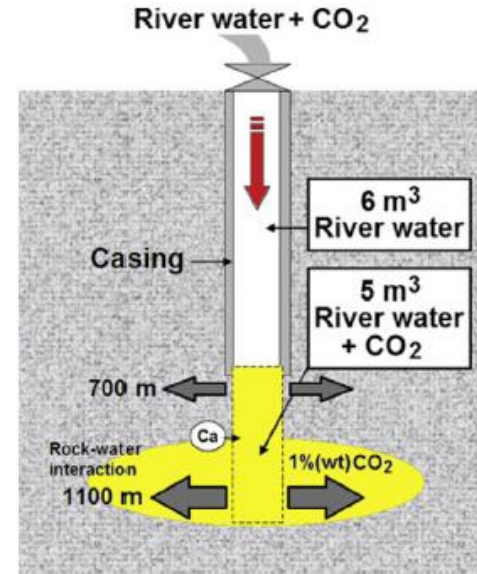


- W 2006 roku rozpoczęto badania nad możliwością **geologicznego składowania CO₂**, w strukturach skalnych na terenie Projektu Ogachi. Do otworu OGC – 1 zatłoczono wodę z CO₂ pod ciśnieniem 15 MPa i przy przepływie 6,3 kg/s. Ze studni produkcyjnej OGC – 2 uzyskano płyn o temperaturze 127°C. Odwiert OGC – 3 służył jako obserwacyjny.
- Kolejny test przeprowadzono w 2007 roku, polegał na zatłoczeniu CO₂ z mieszaniną suchego lodu i wody do otworu OGC – 2. Zaobserwowano że dwutlenek węgla wytrącił się w postaci węglanów. Eksperyment miał na celu sprawdzenie jak zachowywać się będzie medium w postaci CO₂ w formacjach skalnych. Finalnym rezultatem było stworzenie **modelu zatłaczania CO₂** do otworów zatłaczających lub produkcyjnych w zbiornikach EGS.





(DiPippo, 2016)

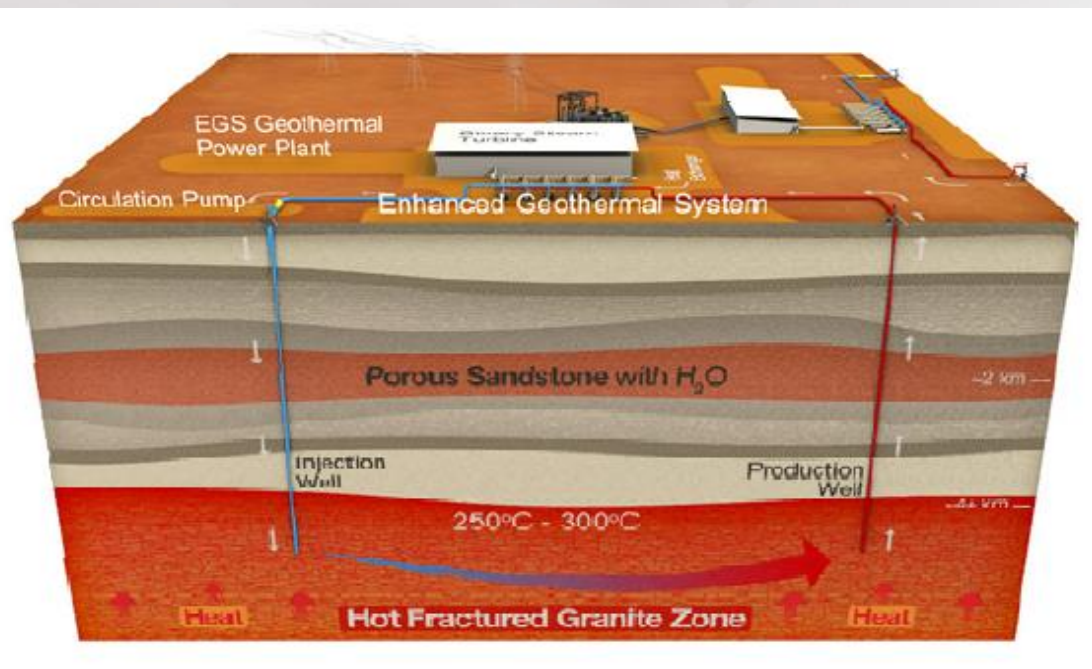


(DiPippo, 2016)



- Habanero EGS Project zlokalizowany jest na północ od miasta Adelajda w pobliżu granicy ze stanem [Queensland](#).
- Projekt obejmował wykorzystanie technologii EGS do produkcji energii poprzez wykorzystanie wysokotemperaturowych skał granitowych zlokalizowanych na dużych głębokościach (Hogarth, Holl, 2017).
- Batolity w których dokonano odwiertów są pochodzenia [późnego karbonu](#), zostały następnie odsłonięte i wyerodowane. Strop granitów wykazuje wpływ lodowca, co widoczne jest jako szczeliny i serie spękań (Hogarth, Holl, 2017).
- Na badanych obszarach stwierdzono występowanie skał o dużej zawartości [uranu](#), który może powodować że na stosunkowo niewielkich głębokościach odnotowano wysokie temperatury (Hogarth, Holl, 2017).



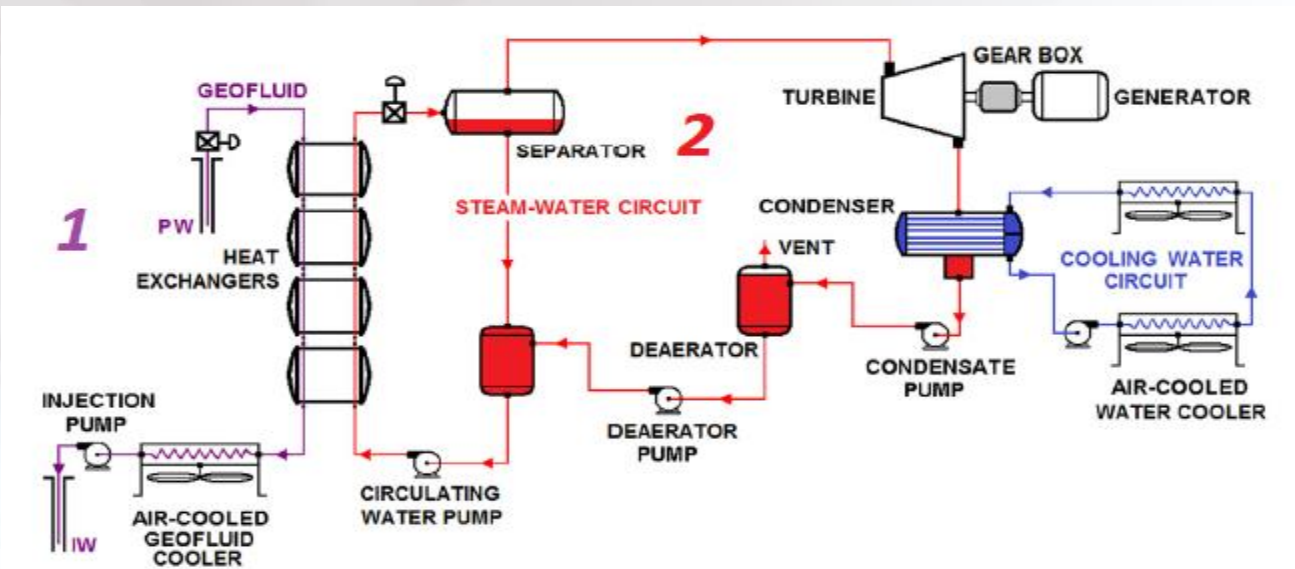


(Mills, Humphreys, 2013)

Na instalację składają się:

- Otwory: Habanero 1 (zatłaczający) i Habanero 4 (produkcyjny), odwierty znajdują się w odległości 690 m od siebie;
- Kondensacyjna turbina parowa;
- Pompa wtryskowa solanki;
- Cztery wymienniki ciepła płaszczowo – rurowe;
- Chłodnica solanki;
- Budynek elektrowni (Hogarth i Bour, 2015).





(DiPippo, 2016)



- Wspomagane systemy geotermalne (EGS) oferują ogromny potencjał w zakresie wykorzystania energii geotermalnej
- Na całym świecie prowadzone są badania i udostępniane nowe lokalizacje do zastosowania tej technologii
- EGS z CO₂ jako płynem roboczym jest bardzo atrakcyjną opcją, zarówno pod względem energetycznym, jak i środowiskowym
- Jedną z zalet wykorzystania tej technologii jest możliwość geologicznego składowania CO₂, przy jego jednoczesnym wykorzystaniu do produkcji energii



Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: **Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu**, akronim **EnerGizerS**, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



www.energizers.agh.edu.pl



www.norwaygrants.org

 Follow us



www.researchgate.net

Dziękuję za uwagę.

ADRES POCZTOWY

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

ADRES E-MAIL

msobczy@agh.edu.pl

TELEFON

Sekretariat Katedry Surowców Energetycznych WGGIOŚ AGH: +48 12 617 23 60

VII OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY

OBRADY **ONLINE** | 28-30.09.2021 rok

TEMAT: WYBÓR PARAMETRÓW ISTOTNYCH DLA PROJEKTOWANIA I
WSKAZANIA LOKALIZACJI SYSTEMU WYKORZYSTUJĄCEGO
TECHNOLOGIĘ CO₂-EGS

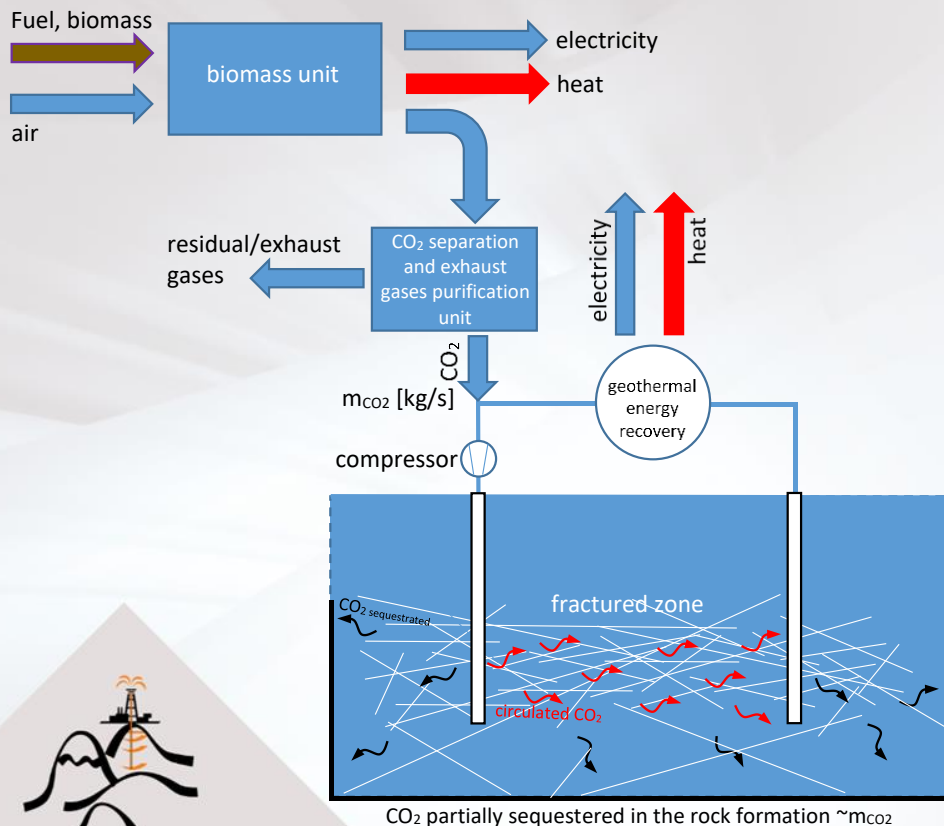
AUTOR/AUTORZY: Leszek PAJĄK¹, Anna SOWIŹDŻAŁ¹,
Paweł GŁADYSZ², Barbara TOMASZEWSKA¹,
Maciej MIECZNIK³, Anna CHMIEŁOWSKA¹

¹ AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków: pajakl@agh.edu.pl

² AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Podstawowych Problemów Energetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków





Zaprezentowano wstępny etap prac związanych z realizacją projektu **EnerGizerS**, który dotyczy wykorzystania technologii EGS (**E**nhanced **G**eothermal **S**ystems – wspomaganych systemów geotermalnych) do pozyskania i zagospodarowania energii geotermicznej, korzystając z CO₂ jako medium roboczego, pośredniczącego w wymianie ciepła między ośrodkiem geologicznym, a instalacją powierzchniową.

Przy wykorzystaniu metody strukturalnej analizy danych Cross Impact wskazano parametry kluczowe dla rozwoju technologii CO2-EGS.

Szczególną uwagę poświęcono parametrom istotnym z punktu widzenia lokacji takiego systemu.



Badania zostały podzielone na 3 etapy.

W etapie pierwszym, z grona partnerów projektu EnerGizerS, wytypowano grupę 18 ekspertów reprezentujących różne specjalizacje związane z tematyką projektu. Były to:

- geologia (7 ekspertów),
- inżynieria złożowa (4 osoby),
- inżynieria środowiska (7),
- fizyka (1),
- ekonomia (5),
- inżynieria procesowa (12 – łącznie z energetyką),
- hydrogeologia (1),
- wiertnictwo (1),
- energetyka (12),
- inżynieria chemiczna (1),
- prawo związane z górnictwem (1),
- ocena ryzyka i bezpieczeństwa (2).

Większość (14 z 18) ekspertów jako swoją specjalność wskazała więcej niż jedną z wymienionych specjalizacji.



TEMAT: Opis prac – etap II

Następnie (etap 2) grupa ekspertów, we współpracy z pozostałymi członkami swoich zespołów, wskazała listę zmiennych, od których według ich opinii, zależy rozwój technologii CO₂-EGS, ze szczególnym uwzględnieniem zmiennych limitujących/wpływających na lokalizację systemu.

Lista zawierała 193 zmienne/czynniki, istotne zdaniem ekspertów.

Lista ta została poddana procedurze eliminacji czynników podobnych, poprzez ich ujednolicenie. Niektóre czynniki zostały scalone, tworząc ostatecznie jeden czynnik.

Celem tego etapu było ograniczenie listy czynników do ilości pozwalającej w umiarkowanie krótkim czasie wypełnić tzw. macierz wpływów (ang. Matrix of Influences, MOI). Ostatecznie MOI składała się z 48 zmiennych, a jej wypełnienie zajęło, każdemu z ekspertów, ok. 7 godzin.



LIST OF VARIABLES

1. Formal constraints related to local nature protected area (RestrictEn)
2. Current heat supply primary energy carrier (UsedHeatSo)
3. Quality of air (AirQuality)
4. Long term safety of CO₂-EGS system exploitation (LongThermS)
5. Power and energy demand of direct energy user (DHS) (UserP&Q)
6. Supply temperature demand of direct energy user (DHS) (UserTemp)
7. Availability of the CO₂ sources (AvailResCO)
8. Availability of cooling water (ground, river, lake, sea) (AvailCoolW)
9. Technology Readiness Level (TechRealLev)
10. CO₂ EGS system operational parameters (CO₂EGSoper)
11. Time-dependant parameters availability and stability (TimeDesign)
12. Equipment and machinery for the supercritical CO₂ utilization (EandMsCO₂)
13. Existing wells and other infrastructure (ExistWells)
14. Onshore / offshore (OnOffShore)
15. Water depth if offshore (WaterDepth)
16. Cost of obtaining CO₂ at a specific location (CO₂Cost)
17. Geothermal system risk insurance fund (GeoRiskIns)
18. Financial support of the CO₂ EGS systems in the early stage of technology development (FinSuppCO₂)
19. Accuracy of CAPEX estimation - especially for drilling and fracturing (AccurInest)
20. CO₂ emission price (CO₂emPrice)
21. Preferable tax discounts (TaxDisc)
22. Cost of drilling and fracturing (DrillingFra)
23. Price of heat and electricity on the energy market (EnergyActu)
24. Cost of energy obtained by the CO₂-EGS system (CostOfEnCO)
25. Hydrogeochemical information (HydroGeoch)
26. Availability of other underground resources (AvailOther)
27. Geological recognition level (GeolRecog)
28. Physical parameters of reservoir rocks (RocksPhysi)
29. Presence and distribution of natural faults and fractures (FractPres&)
30. Potential for hydraulic stimulation (fracturing) of the geological formation (PotentFrac)
31. Natural seismicity at the EGS site (Seismicity)
32. Stratigraphy and lithology, geological structure (Strat&Lith)
33. Reservoir temperature (TempResour)
34. Hydrogeological condition (HydrogolCo)
35. Depth of the EGS system (DepthEGS)
36. Thickness and tightness of isolating overburden (CapRock)
37. Thickness of reservoir (ThicknessR)
38. The distance of CO₂ EGS to a thermal energy user and electricity grid (DistanceGr)
39. The degree of urbanization of the area (UrbanArea)
40. Access to surface infrastructure (AccessSurf)
41. Qualified personnel for the development and operation of CO₂-EGS (ManPower)
42. Social acceptance for CO₂-EGS (SocialAcce)
43. Good practices and examples of geothermal energy utilization (GoodPractG)
44. Energy security and policy (EnergySecu)
45. Local authorities interest (AuthIntere)
46. Local regulations on geothermal energy utilization (LocalRegul)
47. Local regulations on CO₂ storage (LocalRegCO)
48. Land ownership type (private ownership, local government ownership) (LandProper)



Uzupełnienie MOI polegało na przypisaniu poszczególnym zmiennym wagi wpływu na pozostałe zmienne. Każdy z ekspertów dostarczył wypełnioną macierz. Na ten podstawie sporządzona została macierz uśredniona (średnia arytmetyczna, zaokrąglona do liczby całkowitej).

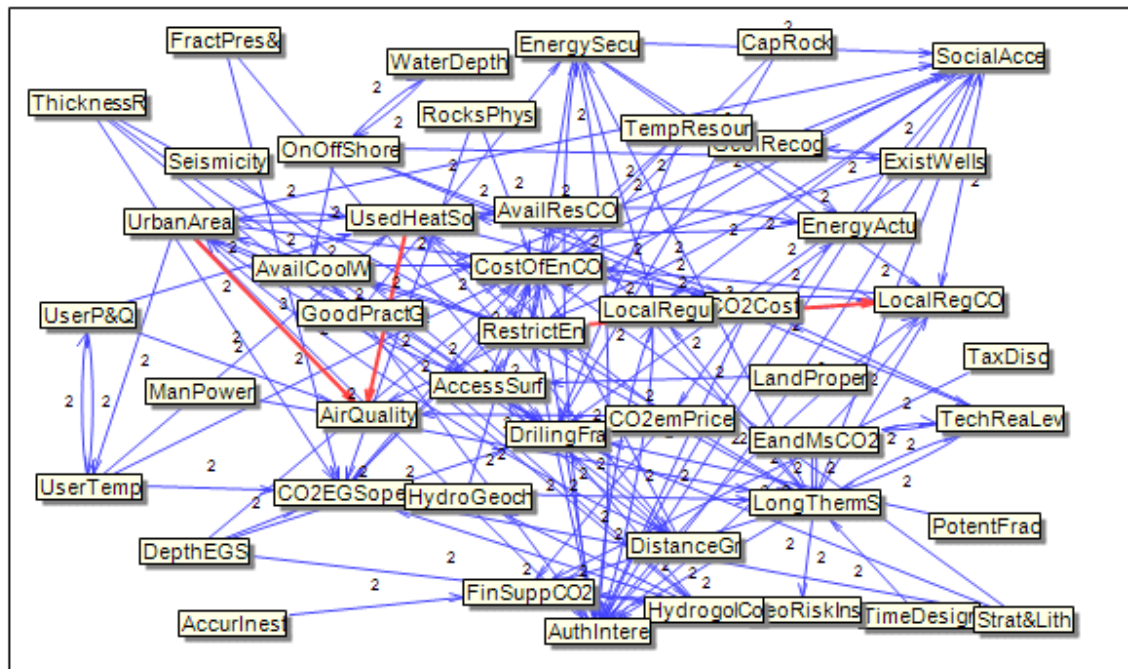
W dalszej części pracy macierz wynikowa poddana była procesowi obróbki statystycznej, przy wykorzystaniu metody wpływów krzyżowych (Cross Impact), przy wykorzystaniu oprogramowania **MicMac** wersja 6.1.2. Oprogramowanie jest objęte licencją Open Source Software, a jego wykorzystanie jest darmowe.



Obróbka danych źródłowych pozwoliła na skonstruowanie diagramów wpływów bezpośrednich i pośrednich. Dogłębna analiza otrzymanych wyników będzie elementem dalszego etapu projektu, którego celem jest wytypowanie grup czynników istotnych dla rozwoju technologii CO₂-EGS i lokalizacji systemu. Na podstawie analizy czynników uznanych za istotne zostanie dokonany wybór lokalizacji perspektywicznych.



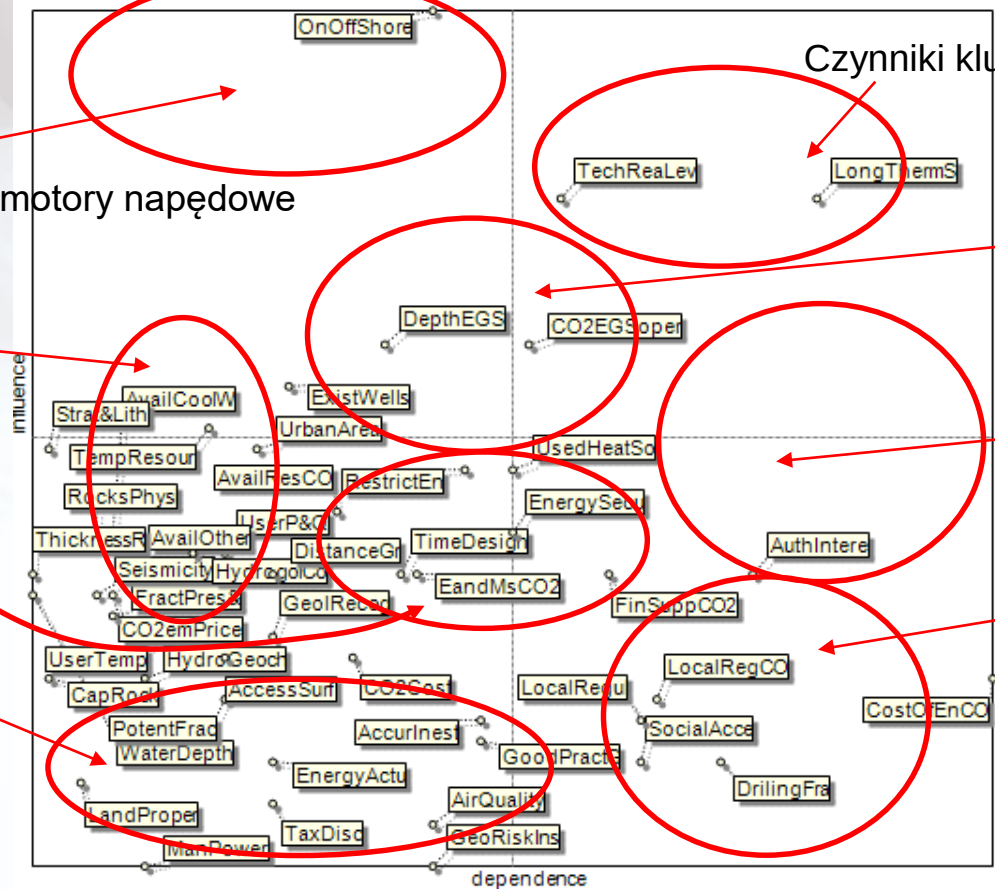
Direct influence graph



- - - - Weakest influences
 — Weak influences
 — Moderate influences
 — Relatively strong influences
 — Strongest influences

	25_Hydrogeoch	26_AvalOther	27_GeoRecog	28_Geophys	29_FractPres&	30_PotentiFrac	31_Seismicity	32_Strat&Lith	33_TempPressor	34_HydroGeoCo	35_DepthEGS	36_CapRock	37_ThicknessGr	38_DistanceGr	39_UrbanArea	40_AccessSurf	41_ManPower	42_SocialAcce	43_GoodPractG	44_EnergySecu	45_AuthIntere	46_LocalRegul	47_LandProper	48_LandProper
1 : RestrictEn	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2 : UsedHeatSo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 : AirQuality	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 : LongTherms	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 : UserP&Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6 : UserTemp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7 : AvailResLo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8 : AvailCoolW	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 : TechRealLev	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
10 : CO2EGSoper	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
11 : TimeDesign	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
12 : EandMSCO2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13 : ExistWells	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14 : OnOffShore	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1
15 : WaterDepth	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
16 : CO2Cost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
17 : GeoRiskIns	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
18 : FinSupPCO2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1
19 : AccurInest	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
20 : CO2emPrice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	0	0
21 : TaxDisc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
22 : DrillingFra	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
23 : EnergyActu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	1	1	1
24 : CostOfenCO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	2	1	1	1
25 : HydroGeoch	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
26 : AvalOther	1	0	2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
27 : GeoRecog	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
28 : Geophys	1	1	1	0	1	2	1	1	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
29 : FractPres&	1	1	1	1	0	2	2	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
30 : PotentiFrac	1	0	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
31 : Seismicity	1	0	1	1	2	2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
32 : Strat&Lith	1	1	2	2	2	1	0	2	2	1	0	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
33 : TempResour	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
34 : HydroGeoCo	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
35 : DepthEGS	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
36 : CapRock	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
37 : ThicknessR	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
38 : DistanceGr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
39 : UrbanArea	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1
40 : AccessSurf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
41 : ManPower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
42 : SocialAcce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	2	0	0
43 : GoodPractG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	2	1	1	0
44 : EnergySecu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0
45 : AuthIntere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	0	0
46 : LocalRegul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1
47 : LocalRegCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
48 : LandProper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Direct influence/dependence map



Czynniki kluczowe

Czynniki regulacyjne

Cele

Efekty

Czynniki zewnętrzne

Cz. pomocnicze

Czynniki autonomiczne



- ❖ Czynnikiem determinującym jest technologia systemów EGS-CO₂
 - systemy lądowe (obszary chronione)
 - systemy budowane na morzu (głębokość wody)
- ❖ Dostęp do źródeł CO₂
- ❖ Poziom regionalnego rozpoznania geologicznego
- ❖ Odległość do sieci elektroenergetycznej i odbiorców ciepła
- ❖ Istniejące otwory wiertnicze (potwierdzające parametry i potencjalne wykorzystanie)
- ❖ Głębokość zalegania interesujących struktur geologicznych (wpływa na temperaturę, bezpieczeństwo, parametry złożowe, koszty, rozwiązania techniczne)
- ❖ Parametry złożowe (cieplne i mechaniczne – szczelinowanie)
- ❖ Dostępna temperatura (wykorzystanie anomalii)

Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: **Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu**, akronim **EnerGizerS**, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



www.energizers.agh.edu.pl



www.norwaygrants.org

 Follow us



www.researchgate.net

Dziękuję za uwagę.

ADRES POCZTOWY

AGH, Al. Mickiewicza 30, Kraków

ADRES E-MAIL

pajakl@agh.edu.pl

TELEFON

+48 12 617 47 63



Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: Niekonwencjonalne systemy geotermalne EGS-CO₂ jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu, akronim EnerGizerS, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

VII OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY

OBRADY **ONLINE** | 28-30.09.2021 rok

ANALIZA EKONOMICZNA NIEKONWENCJONALNYCH SYSTEMÓW
TEMAT: GEOTERMALNYCH Z DWUTLENKIEM WĘGLA JAKO CZYNNIKIEM
ROBOCZYM

AUTOR/AUTORZY: Paweł GŁADYSZ¹, Anna SOWIŹDŹAŁ², Leszek PAJĄK²,
Maciej MIECZNIK³, Anna CHMIELOWSKA²



¹ AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Podstawowych Problemów Energetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; pgladysz@agh.edu.pl

² AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków

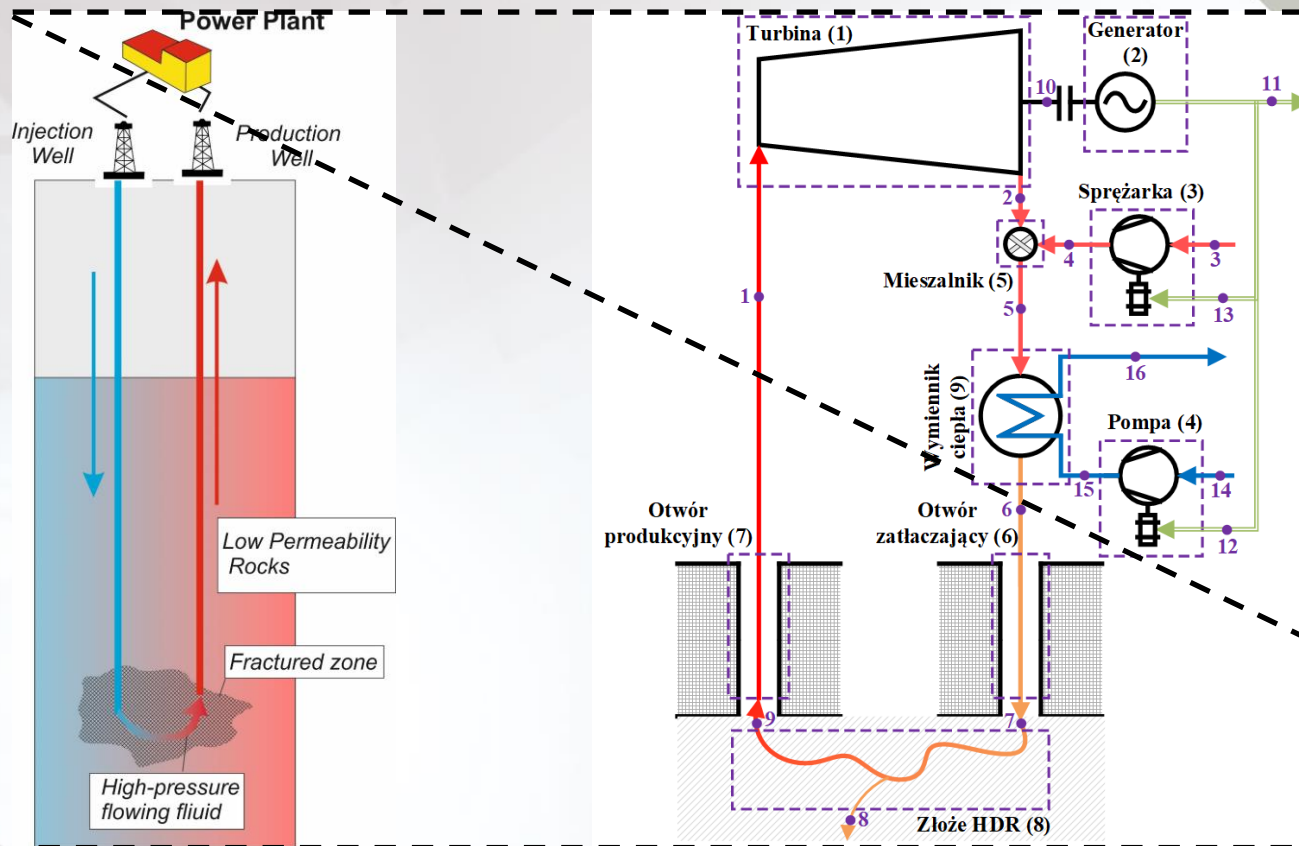
Podczas prezentacji przedstawione zostaną **wstępne wyniki porównawczej analizy ekonomicznej** dla wspomaganego systemu geotermalnego wykorzystującego CO₂ oraz konwencjonalnych metod sekwestracji tego gazu dla wybranego scenariusza sekwestracji wynoszącego **ok. 200 tysięcy ton CO₂ na rok**.

Ponadto, przedstawione zostaną **scenariusze funkcjonowania wspomaganego systemu geotermalnego** dla warunków polskich i norweskich do dalszych analiz.

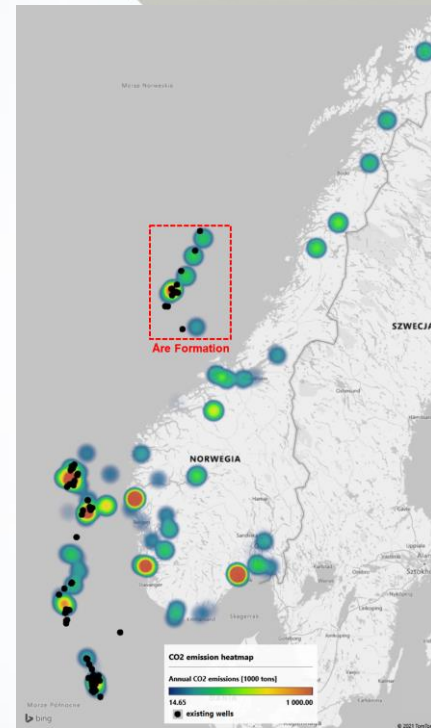
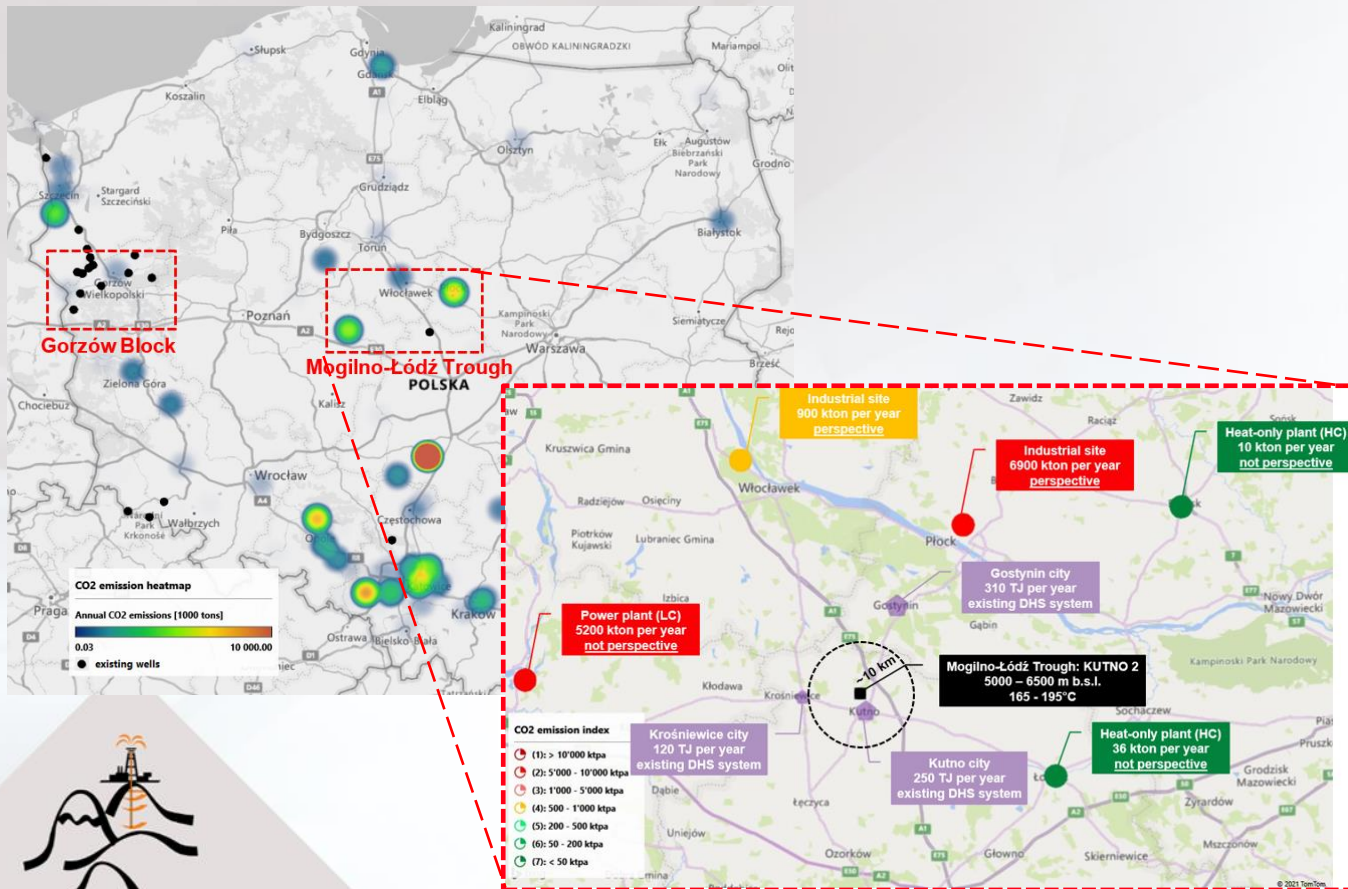
Więcej o danych, założeniach i metodologii:

- *Carbon dioxide-enhanced geothermal systems for heat and electricity production: Energy and economic analyses for central Poland*. Gładysz, P., Sowizdżał, A., Miecznik, M., Pająk, L.; Energy Conversion and Management, 2020, 220, 113142
- *Techno-economic assessment of a combined heat and power plant integrated with carbon dioxide removal technology: A case study for central Poland*. Gładysz, P., Sowizdżał, A., Miecznik, M., Hacaga, M., Pająk, L.; Energies, 2020, 13(11), 2841





TEMAT: MATERIAŁY I METODY: LOKALIZACJA



Dane procesowe	Wartość i jednostka
Ilość sekwestrowanego CO ₂	207 276,9 Mg CO ₂ /rok
Bilans energii elektrycznej w systemie CO ₂ -EGS:	
- produkcja energii elektrycznej brutto	23 102,85 MWh/rok
- elektryczne potrzeby własne	3 017,72 MWh/rok
- produkcja energii elektrycznej netto	20 085,13 MWh/rok
Dane ekonomiczne	Wartość i jednostka
Całkowite nakłady inwestycyjne, w tym:	23 373 859 EUR
- odwierty i stymulacja hydrauliczna złoża	17 803 800 EUR
- układ energetyczny na nadkrytyczne CO ₂	5 570 059 EUR
Koszty operacyjne	393 851 EUR/rok
Stopa dyskonta	10%
Okres eksploatacji	30 lat

Sekwestracja 5%
cyrkulowanego
CO₂

Udział CAPEX dla
złoża i odwiertów
<75%

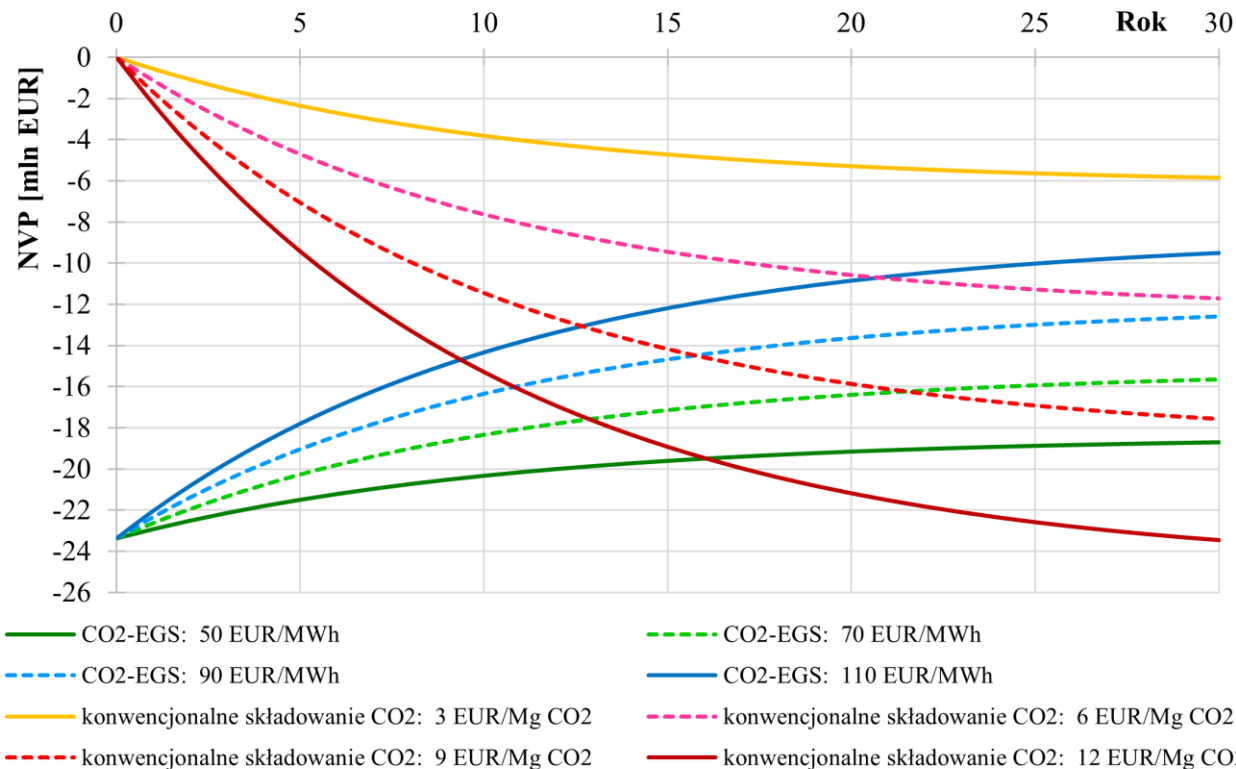
Jednostkowy
CAPEX to ok.
7090 EUR/kW_{el}

W ramach analizy:

- zakres **cen sprzedaży energii elektrycznej** z układu CO₂-EGS: 50 – 110 EUR/MWh
- zakres **kosztów konwencjonalnego składowania CO₂**: 3 – 12 EUR/ Mg CO₂



$$NPV = \sum_{\tau=0}^n \frac{CF_{\tau}}{(1+r)^{\tau}} - I_{inw}$$



Jeżeli występuje punkt przecięcia krzywych – większa efektywność ekonomiczna dla CO₂-EGS nad konwencjonalnym składowaniem.



- Wyniki wstępnej porównawczej analizy ekonomicznej wskazują na potencjalne **korzyści finansowe wynikające z sekwestracji dwutlenku węgla w ramach pracy wspomaganych systemów geotermalnych** w stosunku do metod konwencjonalnych składowania CO₂ w formacjach geologicznych.
- Konieczne są **bardziej szczegółowe badania** w obszarze budowy i długofalowej eksploatacji systemów CO₂-EGS, zarówno w części złożowej, jak i naziemnej instalacji energetycznej.
- Zagadnienia te adresowane są w ramach polsko-norweskiego projektu „Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu” (EnerGizerS), gdzie **dla wybranych scenariuszy dla warunków polskich i norweskich przeprowadzone zostaną szczegółowe analizy**, w tym analizy techno-ekonomiczne.



Więcej o CO₂-EGS: Projekt Badawczy nr
2017/24/C/ST8/00204 sfinansowany ze środków
Narodowego Centrum Nauk

Parametry	Scenariusz 1	Scenariusz 2	Scenariusz 3
Lokalizacja	· Polska · na lądzie	· Polska · na lądzie	· Norwegia · na morzu
Formacja geologiczna i jej parametry	· blok gorzowski · skały wulkaniczne i osadowe · 160 °C na głębokości ok. 4,3 km	· niecka mogileńsko-lódzka · skały osadowe · od 165 do 195 °C na głębokości od 5 do 6,5 km	· obszar Åre · piaskowce · od 155 do 167 °C na głębokości od 4 do 4,7 km
Charakterystyka produkcji	· kogeneracja · ciepło dostarczane do miejskiego systemu ciepłowniczego	· kogeneracja · ciepło dostarczane do miejskiego systemu ciepłowniczego	· wyłącznie produkcja energii elektrycznej
Typ układu energetycznego	· układ bezpośredni na nadkrytyczne CO₂ w obiegu Braytona	· układ pośredni z obiegiem ORC	· układ hybrydowy (obieg na nadkrytyczne CO₂ oraz obieg ORC)

Potencjalne **korzyści** wynikające z **kogeneracji**:

- poprawa rentowności realizacji systemu CO₂-EGS (NPV ↑)
- zmniejszenie zapotrzebowanie na wodę chłodzącą (problem dostępności)

Potencjalne **problemy** wynikające z **kogeneracji**:

- bliskość skupisk ludzkich (sieć ciepłownicza)
- bariery legislacyjne związane z składowaniem/utyлизacją CO₂ w obszarach zurbanizowanych

+3
dodatkowe
scenariusze



Parametry	Scenariusz 4	Scenariusz 5	Scenariusz 6
Lokalizacja	· Polska · na lądzie	· Polska · na lądzie	· Norwegia · na morzu
Formacja geologiczna i jej parametry	· blok gorzowski · skały wulkaniczne i osadowe · 160 °C na głębokości ok. 4,3 km	· niecka mogileńsko-łódzka · skały osadowe · od 165 do 195 °C na głębokości od 5 do 6,5 km	· obszar Åre · piaskowce · od 155 do 167 °C na głębokości od 4 do 4,7 km
Charakterystyka produkcji	· kogeneracja · ciepło dostarczane do miejskiego systemu ciepłowniczego	· wyłącznie produkcja energii elektrycznej	· kogeneracja · ciepło dla potrzeb platformy wiertniczej
Typ układu energetycznego	· układ hybrydowy (obieg na nadkrytyczne CO₂ oraz obieg ORC)	· układ hybrydowy (obieg na nadkrytyczne CO₂ oraz obieg ORC)	· układ hybrydowy (obieg na nadkrytyczne CO₂ oraz obieg ORC)

Potencjalne **korzyści** wynikające z **układów hybrydowych**:

- zwiększenie mocy elektrycznej z układu ($E_{el} \uparrow$)
- maksymalizacja wykorzystania dostępnej energii petrotermalnej

Potencjalne **problemy** wynikające z **układów hybrydowych** :

- wyższe nakłady inwestycyjne
- większa złożoność technologiczna układu



Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: **Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu**, akronim **EnerGizerS**, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



www.energizers.agh.edu.pl



www.norwaygrants.org

 Follow us



www.researchgate.net



Dziękuję za uwagę.

ADRES POCZTOWY

AGH, Al. Mickiewicza 30, Kraków

ADRES E-MAIL

pgladysz@agh.edu.pl

TELEFON

+48 12 617 26 81

VII OGÓLNOPOLSKI KONGRES GEOTERMALNY

OBRADY **ONLINE** | 28-30.09.2021 rok

TEMAT: ANALIZA ASPEKTÓW PRAWNYCH DLA LOKALIZACJI
SYSTEMÓW EGS-CO₂ W POLSCE

AUTOR/AUTORZY: Barbara TOMASZEWSKA¹, Anna SOWIŹDŻAŁ¹,
Leszek PAJĄK¹, Anna CHMIELOWSKA¹,
Paweł GŁADYSZ², Maciej MIECZNIK³



¹ AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Podstawowych Problemów Energetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków

- rozpoznanie kluczowych regulacji formalno-prawnych związanych z wdrożeniem koncepcji EGS-CO₂
- działania na pograniczu wielu aktów prawnych, dyrektyw i regulacji krajowych,
- wychwytywanie, przesył, składowanie CO₂, pozyskanie energii geotermalnej....
- zagospodarowanie podziemnego składowiska CO₂



- dyrektywa 2009/31/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 kwietnia 2009 w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla oraz zmieniająca dyrektywę Rady 85/337/EWG, dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE, 2001/80/WE, 2004/35/WE, 2006/12/WE, 2008/1/WE
- ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2020.1064)
- ustawa z 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. 2021.716)
- rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 maja 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinien odpowiadać plan zagospodarowania podziemnego składowiska dwutlenku węgla (Dz.U.2014.591)
- rozporządzenie z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz. U.2016.2033)
- ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2020.283)



1. Koncesjonowanie: wydobycie wód termalnych a składowanie dwutlenku węgla
Rozdział 4a - Podziemne składowanie dwutlenku węgla
Dział VIIIA Rejestr obszarów górniczych i zamkniętych podziemnych składowisk dwutlenku węgla,
Dział IX Administracja, państwowa służba geologiczna, Krajowy Administrator Podziemnych Składowisk Dwutlenku Węgla i nadzór.
2. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód termalnych a dokumentacja hydrogeologiczna w związku z zatłaczaniem dwutlenku węgla (warunki hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskich na potrzeby podziemnego składowania dwutlenku węgla)



Koncesja jest najsilniejszą formą państwowej kontroli działalności gospodarczej, która wiąże się z ograniczaniem swobody podmiotów gospodarczych.

Wyraża zgodę organu publicznego na podjęcie i wykonywanie działalności gospodarczej przez danego przedsiębiorcę i stanowi odstąpienie przez państwo od monopolu w danej dziedzinie.



Koncesja na podziemne składowanie dwutlenku węgla musi określać: ilość oraz charakterystykę, w tym:

- ☐ źródło pochodzenia CO₂, który będzie zatłaczany do podziemnego składowiska;
 - ☐ dopuszczalny skład strumienia CO₂, który będzie zatłaczany do podziemnego składowiska CO₂;
 - ☐ informacje o jednostce hydrogeologicznej rozumianej jako fragment litosfery stanowiący przestrzennie i dynamicznie zdefiniowany system krążenia wód podziemnych, dający się opisać parametrami hydrogeologicznymi poziomów wodonośnych i rozdzielających je utworów półprzepuszczalnych;
 - ☐ wartość ciśnienia granicznego w kompleksie podziemnego składowania dwutlenku węgla;
 - ☐ maksymalną wydajność i ciśnienie zatłaczania CO₂, który będzie zatłaczany do podziemnego składowiska CO₂;
- zakres i sposób monitoringu kompleksu podziemnego składowania CO₂; minimalną wysokość zabezpieczenia finansowego.



Dopuszczalny **skład strumienia CO₂** zatłaczanego do podziemnego składowiska **określa koncesja**. Na przedsiębiorcę został nałożony **obowiązek akceptowania składu strumienia dwutlenku węgla po przeprowadzeniu oceny ryzyka**.

Zgodnie z dyrektywą w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla **strumień dwutlenku węgla składa się w przeważającej części z dwutlenku węgla**, przy czym może on zawierać **domieszki przypadkowych towarzyszących mu substancji, pochodzących z procesu źródłowego, wychwytywania lub zatłaczania, oraz substancje znacznikowe dodane po to, aby pomóc w monitorowaniu i weryfikacji migracji CO₂**.

Ocena ryzyka, ma na celu wykazanie, czy stężenia wszystkich przypadkowych i dodanych substancji są poniżej poziomów, które mogłyby niekorzystnie wpłynąć na integralność składowiska lub właściwej infrastruktury transportowej, stanowić znaczące ryzyko zagrożenia dla środowiska lub zdrowia ludzkiego lub naruszać wymogi mających zastosowanie przepisów wspólnotowych.



- 1) optymalny wariant wykorzystania pojemności podziemnego składowiska dwutlenku węgla, z uwzględnieniem:
 - a) warunków geologicznych kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla,
 - b) technicznych możliwości oraz ekonomicznych uwarunkowań eksploatacji składowiska,
 - c) przewidywanego sposobu zamknięcia składowiska i likwidacji zakładu górniczego;
- 2) działania niezbędne w zakresie ochrony środowiska, bezpieczeństwa powszechnego oraz życia i zdrowia ludzi, w tym najlepszą dostępną i bezpieczną technologię eksploatacji podziemnego składowiska dwutlenku węgla.

Kluczowe uwarunkowania dla planu, uwzględniając specyfikę warunków geologicznych określają:

- Załącznik Nr 1 - szczegółowe wymagania, jakim powinien odpowiadać plan monitoringu kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla,
- Załącznik Nr 3 - szczegółowe wymagania, jakim powinien odpowiadać tymczasowy plan działań po zamknięciu podziemnego składowiska dwutlenku węgla.



Zapewnienie równego i otwartego dostępu do sieci transportowej dwutlenku węgla i podziemnych składowisk dwutlenku węgla

Sieć transportowa dwutlenku węgla to sieć służąca do przesyłania dwutlenku węgla, wraz z towarzyszącymi jej tłoczniami lub stacjami redukcyjnymi, za której ruch sieciowy jest odpowiedzialny **operator sieci transportowej CO₂**.

- odpowiedzialny jest za bieżące i długookresowe bezpieczeństwo funkcjonowania tej sieci, jej eksploatację, konserwację, remonty oraz niezbędną rozbudowę.

Zadaniem Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki jest zapewnienie równego i otwartego dostępu do sieci transportowej dwutlenku węgla.



Kluczowe regulacje formalno-prawne związane lokalizacją EGS-CO₂ uregulowane są w trzech ustawach:

- ☐ Prawo geologiczne i górnicze,
- ☐ Ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocenach oddziaływania na środowisko,
- ☐ Prawo energetyczne.

Kompetencje organów:

- ☐ Minister Klimatu i Środowiska,
- ☐ Marszałek Województwa,
- ☐ Prezes Urzędu Regulacji Energetyki,
- ☐ i inne.



Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: **Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu**, akronim **EnerGizerS**, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



www.energizers.agh.edu.pl



www.norwaygrants.org

 Follow us



www.researchgate.net

Dziękuję za uwagę.

ADRES POCZTOWY

AGH, Al. Mickiewicza 30, Kraków

ADRES E-MAIL

bts@agh.edu.pl

TELEFON

+48 602 599 656



Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: Niekonwencjonalne systemy geotermalne EGS-CO₂ jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu, akronim EnerGizerS, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.