

W. Nowak, P. Gładysz, M. Ściążko, M.
Strojny

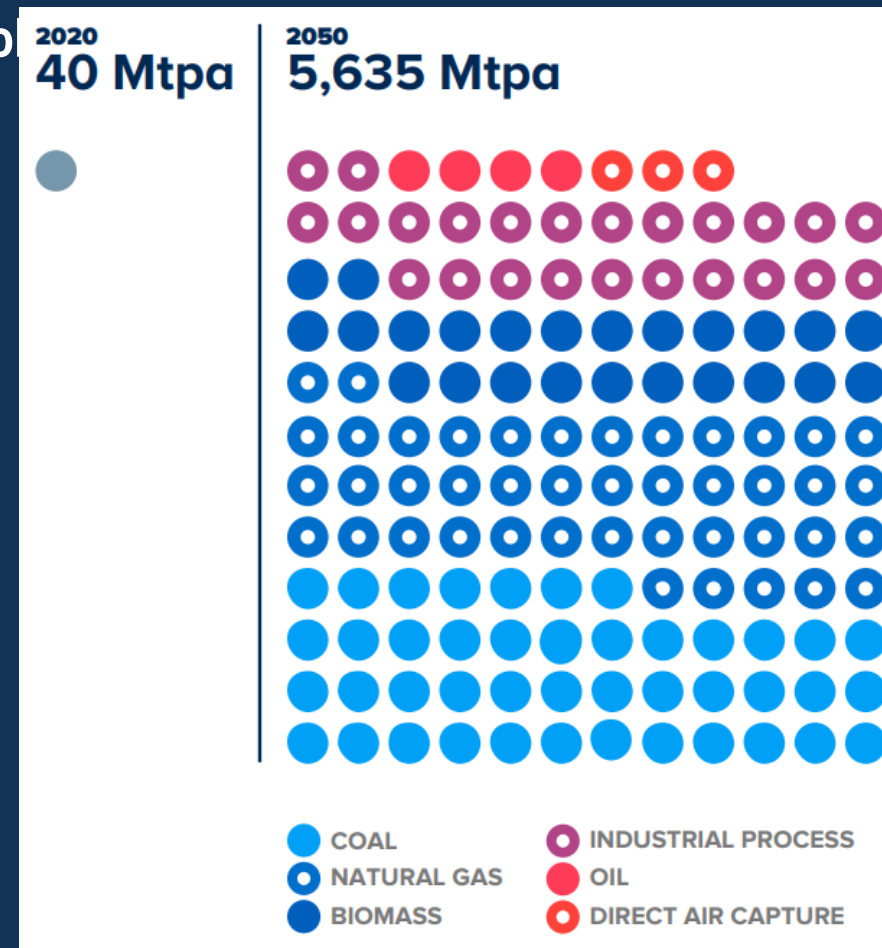
Centrum Energetyki

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Technologie wychwytu, magazynowania, składowania i wykorzystania CO₂ w celach gospodarczych

Stan rozwoju technologii CCS na świecie na koniec 2021 roku

- **27 obiektów komercyjnych wykorzystujących technologię CCS** (sekwestrujących łącznie ok. 36,6 Mt CO₂ na rok).
 - 2 obiekty odstawione od eksploatacji,
 - 4 obiekty w budowie,
 - **58 obiektów w zaawansowanym stanie przygotowań,**
 - 44 obiekty w fazie wstępnej.
- Całkowity wolumen wychwytu dla w/w projektów wynosi **110 Mt CO₂** na rok.



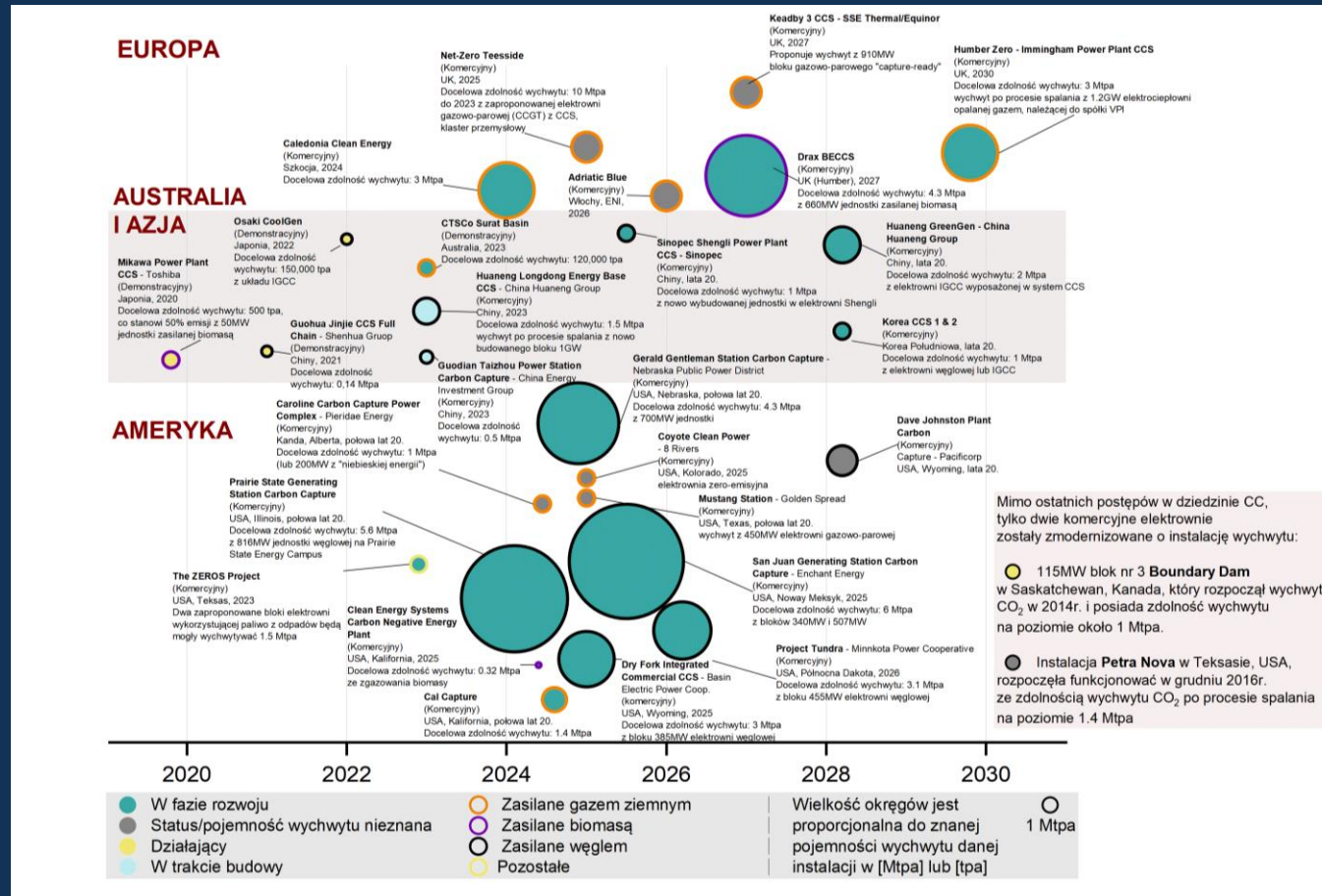
Rola CCS według scenariusza IEA SDS w roku 2050

GLOBAL
STATUS
OF CCS
2020

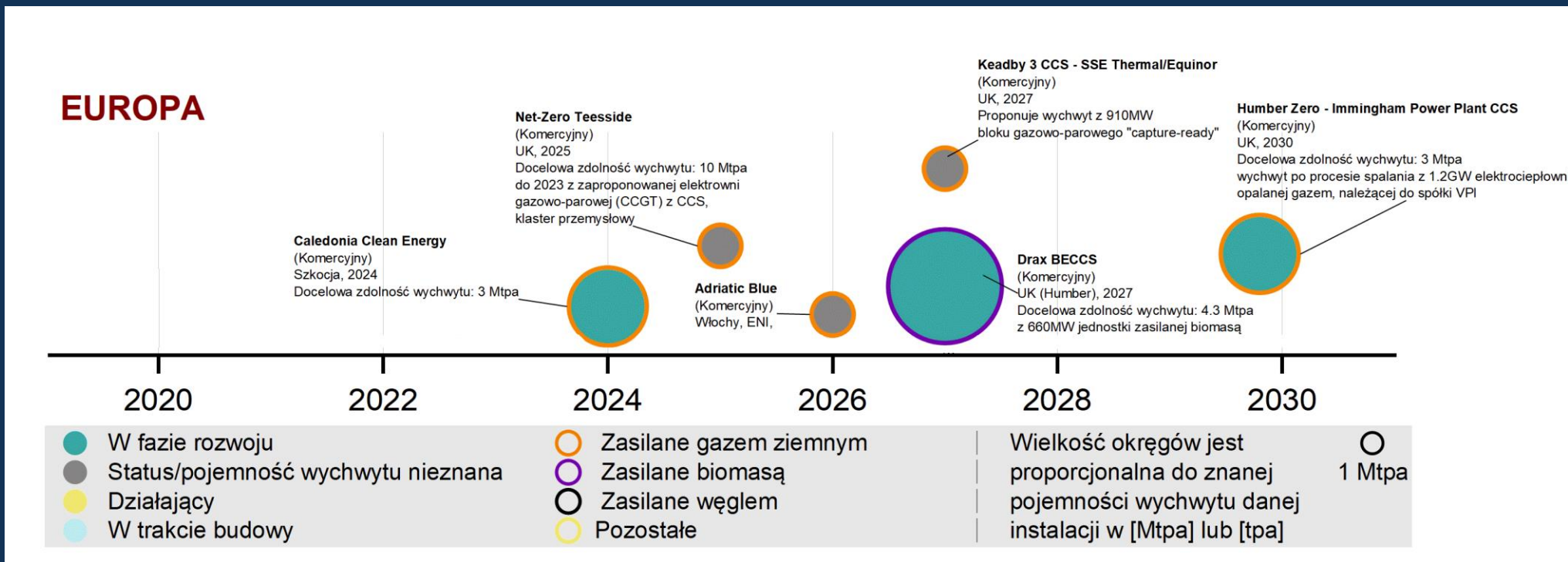
GLOBAL STATUS OF
CCS 2021

Aktualne przedsięwzięcia CCS w sektorze energetyki na świecie:

- **Europa** – głównie dla układów zasilanych gazem ziemnym i biomasą,
- **Ameryka** – głównie dla układów zasilanych węglem,
- **Kanada** – blok nr 3 Boudry Dam (115 MW) w eksploatacji (zasilany węglem z wychwytem post-combustion na bazie MEA).





Aktualne przedsięwzięcia CCS w sektorze energetyki w Europie:



Całkowity wolumen wychwytu dla w/w projektów ok **25 Mt CO₂** na rok.

Kierunki rozwoju technologii CCUS na świecie:

- zmiana w 2018 roku legislacji podatkowej (**Federal 45Q Tax Credit**) w USA, która wprowadziła zachęty podatkowe dla składowania CO₂ sięgające 50 USD za każdą tonę dwutlenku węgla – **efekt: ponad 20 nowych projektów poddano szczegółowej analizie** (o łącznej wydajności 50 Mt CO₂ na rok)
 - nowe plany (propozycje w Senacie USA) podniesienia poziomu zachęt:
 - do 85 USD/t CO₂ (dla wychwytu i składowania ze źródeł konwencjonalnych)
 - do 120 USD/t CO₂ (dla bezpośredniego **45Q**  **45Q**  składowania CO₂ z atmosfery i składowania)

Kierunki rozwoju technologii CCUS na świecie:

- **rozwój hubów i klastrów energetyczno-przemysłowych**, które pozwalają zmniejszyć koszty transportu i składowania poprzez efekt skali oraz współdzielenie ryzyka – **efekt: 15 hubów i klastrów CCUS** (w eksploatacji lub w zaawansowanym stanie przygotowań), m.in.: CarbonSAFE (Stany Zjednoczone), Zero Carbon Humber (Wielka Brytania), Northern Lights (Norwegia), Porthos (Holandia)



Kierunki rozwoju technologii CCUS na świecie:

- **rozwój gospodarki wodorowej**, gdzie zgazowanie węgla oraz reforming gazu ziemnego z CCS należą do najtańszych opcji produkcji wodoru na skalę komercyjną – **efekt: propozycje projektów Pouakai Hydrogen Production (Nowa Zelandia), Hydrogen Energy Supply Chain (Australia), Hydrogen to Humber Saltend (Wielka Brytania)**
- ... i wiele innych obszarów jak wykorzystanie przemysłowe wychwyconego CO₂, bezpośredni wychwyt CO₂ z atmosfery, ujemne emisje z różnych sektorów... **i powiązane z tym projekty w Polsce, Europie i na Świecie!**

Czy jesteśmy gotowi na technologie CCUS w Polsce?

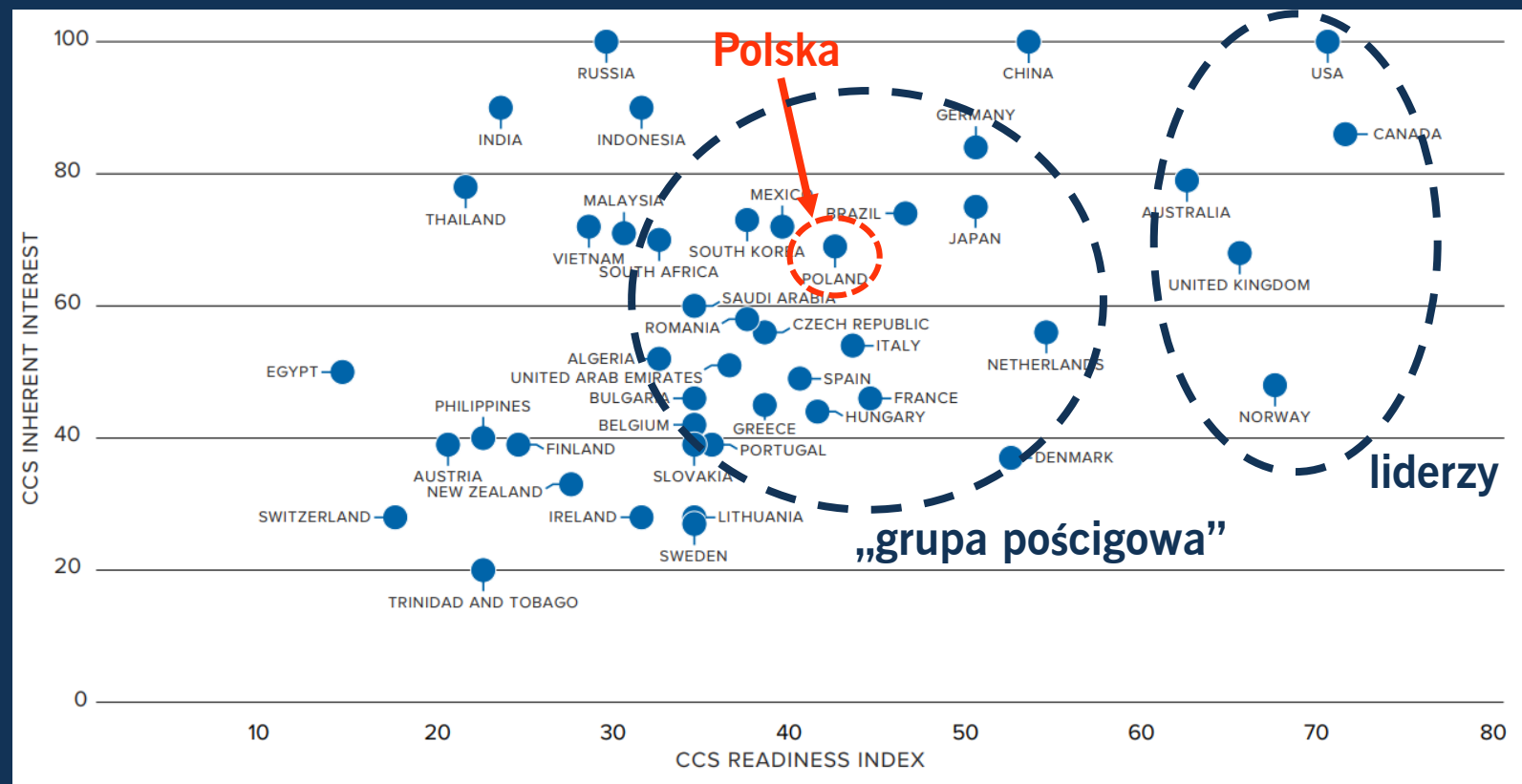
CCS Readiness Index (CCS-RI):

- polityka i strategia
- regulacje prawne
- rozpoznanie geologiczne

vs rola i znaczenie CCS w gospodarce

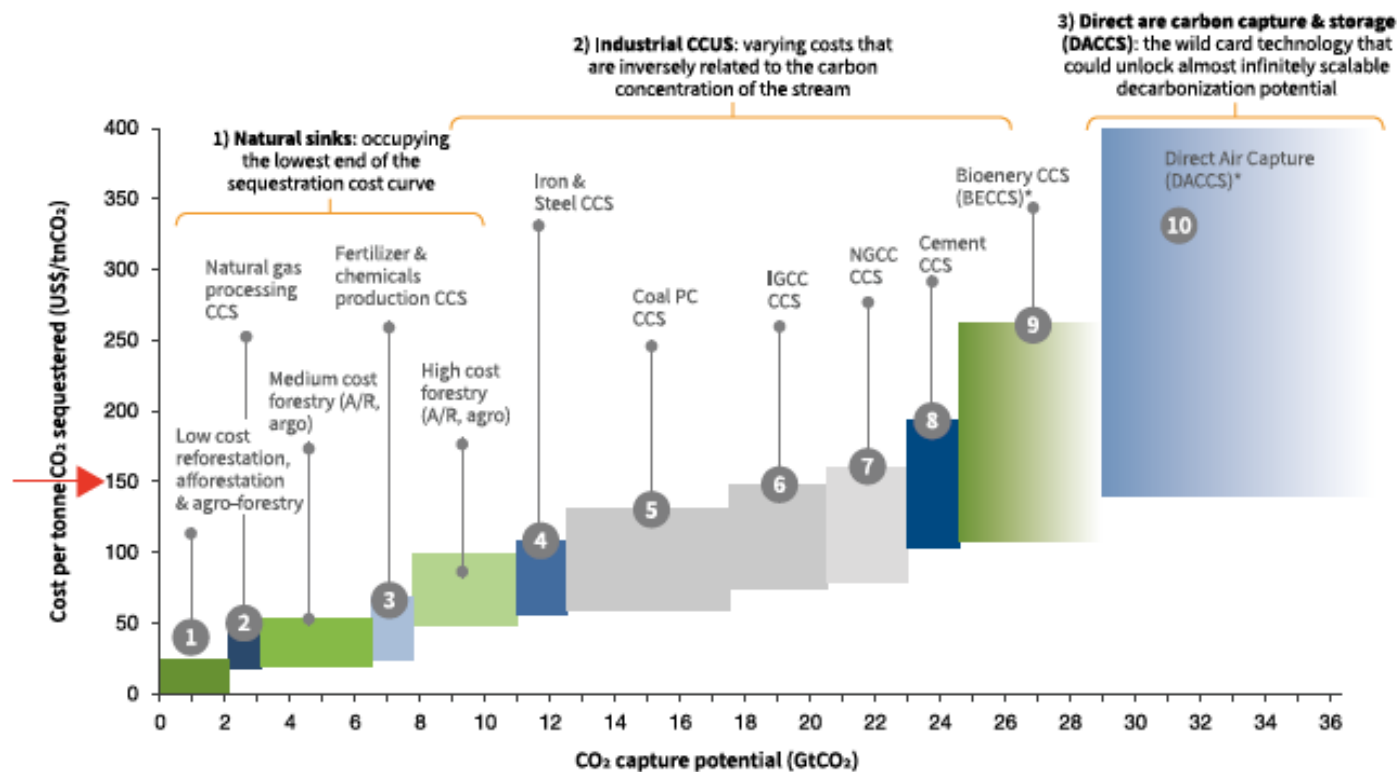
Dla Polski (2018 rok):

- rola i znaczenie CCS: 62 / 100 punktów
- CCS-RI: 42 / 100 punktów, w tym:
 - rozpoznanie geologiczne: 68 / 100 pkt
 - regulacje prawne: 51 / 100 pkt
 - polityka i strategia: 7 / 100 pkt



Potencjalne koszty implementacji CCS

Figure 6.1 Carbon sequestration cost curve (US\$/tn CO₂ eq) and the GHG emissions abatement potential (GtCO₂ eq)



*Indicates technologies still in early (pilot) stage of development

Source: Goldman Sachs, Equity Research 2020

Dotychczasowe lokalizacje i technologie CCS analizowane w Polsce:

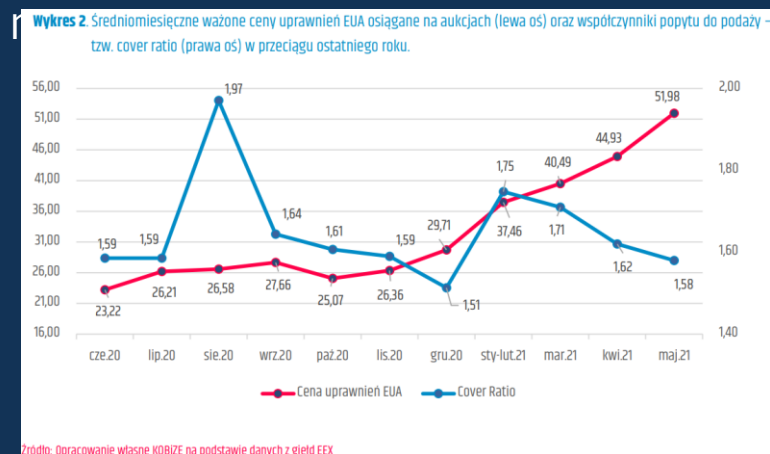
- układ *Post-Combustion* w elektrowni Bełchatów
- układ *IGCC* w elektrowni Łaziska
- poligeneracja w Kędzierzynie-Koźlu
- składowanie na Morzu Bałtyckim i w strukturach lądowych (ok. 10-15 mld ton CO₂)

Głównymi wnioskami z tych analiz (studiów wykonalności) była opłacalność inwestycji CCS przy ok. **60 EUR₂₀₁₈/t CO₂** oraz **brak adekwatnego otoczenia prawnego i systemów wsparcia.**

Perspektywy dla lokalizacji i technologii CCS w Polsce:

- modernizacja „nowych” jednostek klasy 500 i 1000 MW
- nowobudowane bloki gazowo-parowe
- przemysł (cementownie, petrochemia)
- inwestycje wymienione w Umowie Społecznej, m.in. IGCC+CCS, SNG+CCS, infrastruktura do transportu

Cenę uprawnień do emisji CO₂ już



Aktualne lokalizacje i technologie CCS analizowane w Polsce:

- **Techniczno-ekonomiczne uwarunkowania dla wychwytu i składowania CO₂ w wybranych istniejących obiektach referencyjnych energetyki:**

- **modernizacja** bloku 1075 MW w elektrowni Kozienice,
- **modernizacja** bloku gazowo-parowego w elektrowni Dolna Odra,
- **modernizacja** bloku gazowo-parowego elektrociepłowni we Włocławku,
- **nowobudowany układ IGCC z CCS** w elektrowni Łaziska.

- **Studium wykonalności zintegrowanego układu CCS dla przemysłu cementowego w Polsce:**

- strategia dla **10 cementowni** (lokalizacji),
- propozycja powołania **klastrów (hubów)** transportu i składowania CO₂.

Ogólne wnioski:

- modernizacje mają swoje **wyzwania technologiczne**, ale są możliwe do realizacji,
- **bariery legislacyjne** po stronie transportu i składowania CO₂ (w trakcie zmian),
- dynamika na rynku energii znacząco wpływa również na **opłacalność CCS w energetyce**.

Ogólne wnioski:

- **CCS** dla przemysłu cementowego jako **kluczowy** element utrzymania na rynku,
- wysoka **gotowość technologiczna** i organizacyjna dla wychwytu CO₂.

Potencjał dla CCS w energetyce (opracowanie własne)

Dla **istniejących bloków węglowych** w Polsce potencjał zastosowania technologii CCS wynosi **ponad 6 GW**, a **kolejne 4 GW** są w **blokach gazowo-parowych** (istniejących i tych będących w budowie).

- bloki węglowe: **głównie bloki klasy 900-1000 MW_{el}** (nowe bloki w elektrowniach Bełchatów, Jaworzno, Kozienice i Opole) oraz mniejszych **jednostek klasy 500 MW_{el}** (np. blok B11 w elektrowni Turów),
- bloki gazowo-parowe: potencjał skumulowany w **blokach klasy 700 MW_{el}** (np. dwa nowobudowane bloki w elektrowni Dolna Odra) i **400-500 MW_{el}** (np. bloki elektrociepłowni Żerań lub Włocławek).

Biorąc pod uwagę poszczególne lokalizacje o wysokim potencjale ekonomicznym i dogodnych uwarunkowania technologicznych, możemy mówić o budowie w energetyce zawodowej:

- ponad **15 zintegrowanych instalacji do wychwytu CO₂**,
- **kilku sieci** transportu dwutlenku węgla (tzw. **huby transportowe**) oraz

Projekty CCS w Polsce

Projekty technologiczne CCS w Polsce – zgłoszone do współfinansowania ze środków UE.



POLAND EU CCS INTERCONNECTOR

(projekt PCI)

- transport CO₂ (wydajność od 2,7 do 8,7 Mt CO₂ na rok)
- infrastruktura do transportu CO₂ z infrastrukturą pomocniczą (magazyny)
- port Gdańsk – **terminal importowo-eksportowy**
- promotor: Air Liquide Polska Sp. z o.o.
- uruchomienie (deklaracja): 06.2026

KUJAWY GEO4ECOPLANET

(Fundusz Innowacyjności)

- pełny łańcuch technologii CCS w przemyśle cementowym
- wychwytu CO₂ w technologii Cryocap FG (Air Liquide) o wydajności ok. 1 Mt CO₂ na rok)
- **ujemne emisje CO₂** w ramach cementowni
- promotor: Lafarge Polska
- uruchomienie (deklaracja): 2027 rok

Strategia rozwoju technologii wychwytu, transportu, utylizacji i składowania CO₂ w Polsce oraz pilotaż Polskiego Klastra CCUS

Akronim: **CCUS.pl**

Skład konsorcjum:

- Akademia Górniczo-Hutnicza (lider konsorcjum)
- Ministerstwo Rozwoju i Technologii (lider merytoryczny – podmiot wdrażający), w procesie zmiany na Ministerstwo Klimatu i Środowiska
- WiseEuropa - Fundacja Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych i Europejskich (partner społeczno-gospodarczy)

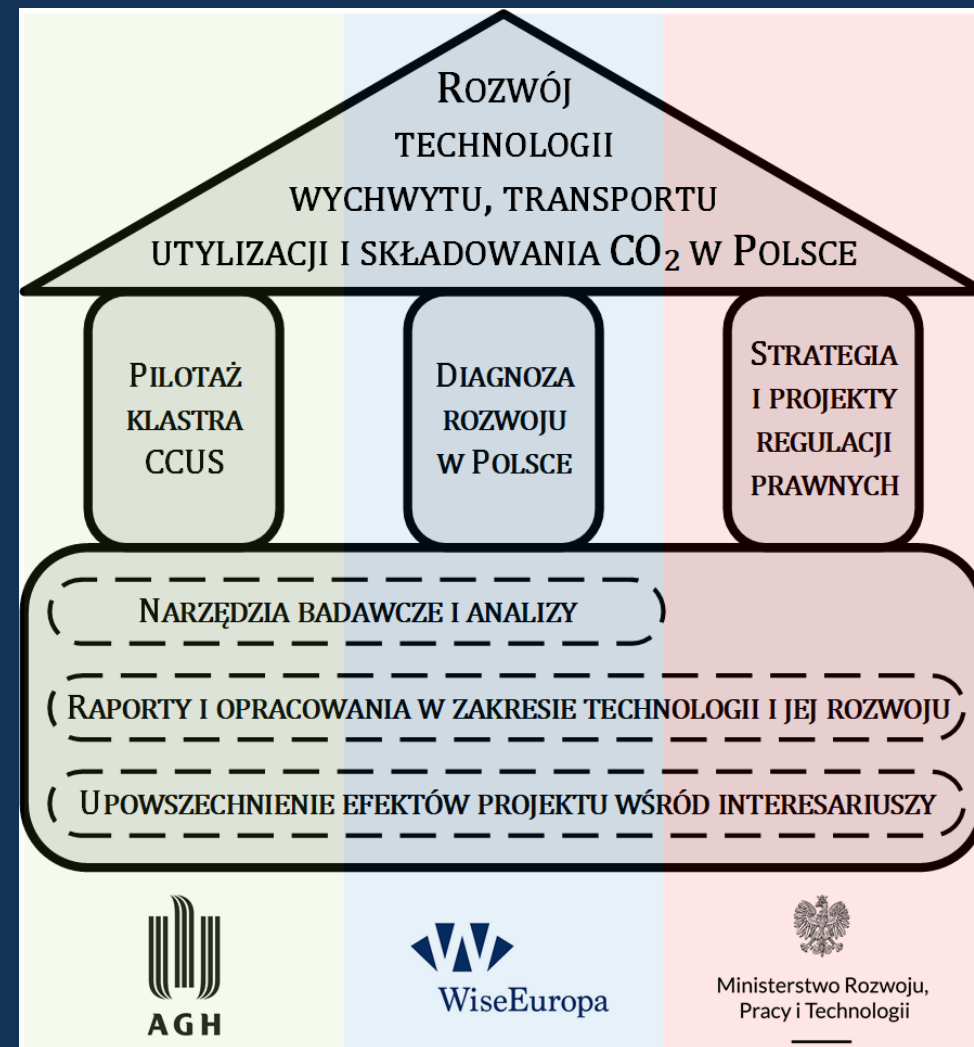
Program: **GOSPOSTRATEG III Narodowego Centrum Badań i Rozwoju**

Rozpoczęcie projektu: 31 marca 2021 r.

Okres realizacji projektu: 36 miesięcy

Główne cele projektu:

1. opracowanie **strategii rozwoju technologii CCUS w Polsce**,
2. przygotowanie **projektów adekwatnych regulacji prawnych** stymulujących ten rozwój w sposób zrównoważony ekonomicznie, społecznie i środowiskowo,
3. przygotowanie **pilotażu pierwszego polskiego klastra CCUS**, który stanowić będzie zaplecze badawczo-doradcze dla dalszego rozwoju tej technologii w kraju.



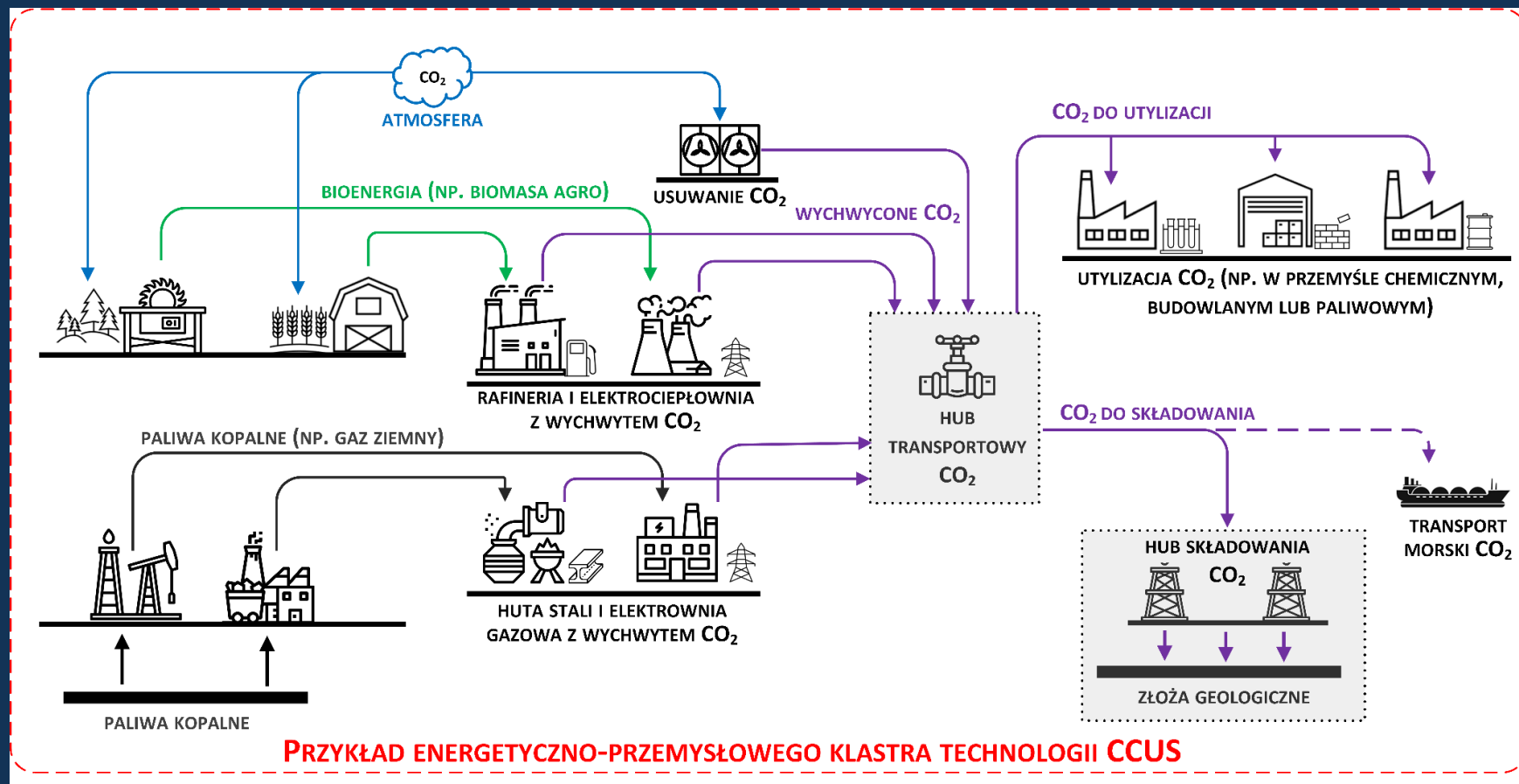


Pozostałe cele projektu:

4. opracowanie, walidacja i demonstracja **komplementarny narzędzi badawczych do doboru oraz oceny wpływu technologii** wychwytu, transportu i składowania CO₂ na poziomie poszczególnych instalacji oraz klastrów energetyczno-przemysłowych z punktu widzenia technologicznego, ekonomiczno-środowiskowego oraz społeczno-gospodarczego;
5. przygotowanie szeregu **raportów i opracowań** w zakresie **kluczowych aspektów rozwoju technologii** wychwytu, transportu, utylizacji i składowania dwutlenku węgla w Polsce;
6. przygotowanie i przeprowadzenie szeregu **działań upowszechniających efekty projektu** dedykowanych dla różnych grup interesariuszy.

Przekrój technologii CCUS adresowanych w projekcie:

- wychwyt CO₂ z **energetyki zawodowej**
- wychwyt CO₂ ze **źródeł przemysłowych**
- technologie wychwytu CO₂ ze źródeł wykorzystujących **bioenergię**
- technologie **usuwania CO₂ z atmosfery**
- technologie **przemysłowego wykorzystania CO₂** w gospodarce
- technologie **transportu CO₂**
- technologie i **lokalizacje**



Przekrój technologii CCUS – ujęcie klastrów energetyczno-przemysłowych

Perspektywy dla projektu CCUS.pl

- **Nowe technologie i platformy technologiczne w bazie danych** – jesteśmy zawsze otwarci na współpracę.
- **Nowa baza danych – projekty (na różnych etapach zaawansowania) projektów CCUS w Polsce** – agregacja wiedzy w obszarze tego, co dzieje się w Polsce, aby wspomagać administrację centralną i Rząd w podejmowaniu decyzji.
- **Nowe konfiguracje klastrów energetyczno-przemysłowych** – dla potrzeb modelowania procesowego i symulacji pracy oraz wsparcia ich rozwoju.
- **Klaster CCUS.pl** – pilotaż działań organizacyjnych upowszechniających i informacyjnych



Strategia rozwoju technologii wychwytu,
transportu, utylizacji i składowania CO₂
w Polsce oraz pilotaż Polskiego Klastra CCUS



Ministerstwo Rozwoju,
Pracy i Technologii



Dziękujemy za uwagę

msc@agh.edu.pl
pawel.gladysz@agh.edu.pl
rzecznik@ccus.pl

Projekt współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków GOSPOSTRATEG