

Często Zadawane Pytania

CZĘSTO ZADAWANE PYTANIA	3
1. Skąd bierze się CO ₂ i dlaczego jest szkodliwy?	3
2. Dlaczego konieczne jest wychwytywanie CO ₂ - czy absorpcja przez roślinność nie wystarczy?	3
3. Gdzie mogę dowiedzieć się więcej o technologii CCS?	4
4. Gdzie można składować CO ₂ i czy jest to bezpieczne dla środowiska?	4
5. Jakie jest najlepsze miejsce składowania?	4
6. Jak transportowany jest CO ₂ i czy transport jest bezpieczny?	4
7. Co w przypadku wycieku CO ₂ z rurociągu?	5
8. Czy CO ₂ może wyciekać z miejsca składowania i jakie są tego konsekwencje?	5
9. Czy składowanie CO ₂ wpłynie na wody gruntowe?	6
10. Czy składowanie CO ₂ jest możliwe i bezpieczne na obszarach aktywnych sejsmicznie?	6
11. Jakie są doświadczenia w składowaniu CO ₂ na świecie?	6
12. CO ₂ emitowany jest w ogromnych ilościach - ile można zmagazynować (jaka jest pojemność zbiorników)? Czy pojemność jest wystarczająca do znaczącego ograniczenia wpływu na klimat? Czy CCS jest skutecznym sposobem na ograniczenie emisji ditlenku węgla?	6
13. Jaki procent CO ₂ jest emitowany ze źródeł antropogenicznych w porównaniu z naturalnymi?	7
14. Czy składowanie CO ₂ jest opłacalne (miejsca pracy, finansowanie?)	7
15. Proces CCS zużywa energię. Jak CCS wpłynie na wzrost cen produktów?	7
16. Czy CCS powoduje zużycie środków chemicznych i może mieć negatywny wpływ na środowisko?	7
17. Czy wychwytywanie CO ₂ jest rozważane tylko w przypadku dużych instalacji, czy też jest możliwe i opłacalne w przypadku mniejszych emitentów?	8
18. Jakie są korzyści dla firm z wychwytywania CO ₂ ?	8
19. Czy polityka CCS zmniejszy konkurencyjność europejskiego przemysłu w porównaniu np. z Chinami?	8
20. Czy CCS na dużą skalę może być opłacalne?	9
21. Czy CCS jest ważne dla produkcji wodoru?	9
22. A co z potencjałem miejsc pracy w budowaniu CCS?	9
23. Ile projektów CCS i usuwania ditlenku węgla istnieje na świecie?	10
24. W jaki sposób wychwytywany ditlenek węgla jest zatłaczany i jak długo po zatłoczeniu może być bezpiecznie przechowywany?	10

25. Czy uskoki i pęknięcia mogą spowodować migrację zatłoczonego ditlenku węgla na powierzchnię? 10

PYTANIA TECHNICZNE 11

1. Jak prowadzony jest monitoring miejsca składowania i rurociągu CO₂? 11

2. Co dzieje się z CO₂ zatłaczanym do zbiornika? 11

3. Jak transportować CO₂? 12

4. Jaki jest mechanizm wychwytywania i składowania CO₂? 12

5. Czy wychwytywanie ditlenku węgla zmniejsza również inne toksyczne emisje do powietrza?
..... 13

6. Jeśli ditlenek węgla można bezpiecznie pić w wodzie gazowanej i napojach
bezalkoholowych, dlaczego rurociągi z ditlenkiem węgla są niebezpieczne? 13

7. Co oznacza bezpośrednie wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla z powietrza (DACs)?
..... 14

8. Jak wydajne jest bezpośrednie wychwytywanie z powietrza (DAC)? 15

9. Jaka jest różnica między bezpośrednim wychwytywaniem z powietrza a wychwytywaniem i
składowaniem ditlenku węgla? 15

10. Jaką CO₂ może usunąć technologia DAC? 15

11. Czy CCS to to samo, co usuwanie ditlenku węgla? 16

12. Jak wydajne jest wychwytywanie CO₂? 16

13. Jaka jest najskuteczniejsza metoda wychwytywania ditlenku węgla? 16

PYTANIA UZWGLĘDNIAJĄCE SPECYFIKĘ REGIONU 17

1. Czy składowanie CO₂ jest możliwe i bezpieczne na terenach górniczych? 17

2. Kto, jak i jak długo będzie monitorował infrastrukturę CCS po jej wybudowaniu? 17

3. Kto ponosi odpowiedzialność za ewentualne wycieki ditlenku węgla ze składowisk? 17

4. Jakie są regulacje prawne CCS w Polsce? 17

5. Jakie dotacje publiczne zostały przyznane na budowę infrastruktury CCS w UE? 18

6. Ile CO₂ można składować w Polsce? 19

7. Kto decyduje o tym, gdzie ma być składowany ditlenek węgla? 19

CZĘSTO ZADAWANE PYTANIA

1. Skąd bierze się CO₂ i dlaczego jest szkodliwy?

Wiele procesów zachodzących w przyrodzie, jak chociażby oddychanie, jest źródłem CO₂. Gaz ten występuje naturalnie w atmosferze ziemskiej i jest częścią globalnego obiegu węgla. Procesy przemysłowe obejmujące spalanie węglowodorów, to jest węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego, są jedną z głównych przyczyn gromadzenia się CO₂ w atmosferze do nienaturalnie wysokiego poziomu. Dzieje się tak, gdyż podczas spalania węglowodorów w celu uzyskania energii głównymi produktami ubocznymi są woda i CO₂. Szkodliwość CO₂ wynika z faktu, że gaz ten w największym stopniu przyczynia się do powstania efektu cieplarnianego, który powoduje globalne ocieplenie. Efekt cieplarniany występuje, ponieważ mimo że promieniowanie słoneczne jest w stanie przedostać się do atmosfery i ogrzać Ziemię, to ciepło wypromieniowane z powierzchni Ziemi w kierunku przestrzeni kosmicznej nie może uciec tak skutecznie, jak wtedy, gdy gazy atmosferyczne mają swoje naturalne stężenie. Z czasem zjawisko to powoduje wzrost temperatury na Ziemi.

2. Dlaczego konieczne jest wychwytywanie CO₂ - czy absorpcja przez roślinność nie wystarczy?

Roślinność odgrywa kluczową rolę w pochłanianiu ditlenku węgla (CO₂) z atmosfery w procesie fotosyntezy. Istnieje jednak kilka powodów, dla których poleganie wyłącznie na naturalnej roślinności w celu ograniczenia emisji CO₂ może nie wystarczyć. Chociaż rośliny skutecznie absorbują CO₂, istnieje granica tego, ile mogą wchłonąć. Ekosystemy Ziemi, w tym lasy i oceany, mogą wchłonąć jedynie określoną ilość CO₂, zanim osiągną swoją pojemność. Ponieważ działalność człowieka powoduje ciągłe uwalnianie znacznych ilości CO₂ do atmosfery, pojemność naturalnych pochłaniaczy może zostać przekroczona. Działalność człowieka, taka jak wylesianie, urbanizacja i rolnictwo, może prowadzić do niszczenia lasów i innych ekosystemów, które działają jak pochłaniacze ditlenku węgla. Kiedy obszary te zostaną przystosowane do innych zastosowań, ich zdolność do pochłaniania CO₂ znacznie się zmniejsza, co z kolei przyczynia się do wzrostu poziomu CO₂ w atmosferze. Sama zmiana klimatu może mieć negatywny wpływ na naturalne ekosystemy, potencjalnie zmniejszając ich zdolność do skutecznego pochłaniania CO₂. Na przykład rosnące temperatury i zmienione wzorce opadów mogą przyczyniać się do ograniczenia wzrostu roślin i zmniejszonej zdolności absorpcji CO₂. Chociaż roślinność może absorbować CO₂, proces ten jest stosunkowo powolny w porównaniu z tempem, w jakim działalność człowieka uwalnia CO₂ do atmosfery. Oznacza to, że gdybyśmy polegali wyłącznie na naturalnych pochłaniaczach ditlenku węgla, osiągnięcie znaczącej redukcji poziomu CO₂ w atmosferze mogłoby zająć zbyt dużo czasu. Technologie wychwytywania i składowania

ditlenku węgla (CCS) umożliwiają bezpośrednie wychwytywanie emisji CO₂ z procesów przemysłowych i elektrowni zanim zostaną one uwolnione do atmosfery. Takie podejście pozwala na bardziej kontrolowane i wydajne usuwanie CO₂ z powietrza, co może być szczególnie przydatne w sektorach, w których dekarbonizacja jest trudna. Aby osiągnąć globalne cele klimatyczne, będziemy musieli osiągnąć „ujemne emisje netto”, co oznacza, że usuwamy z atmosfery więcej CO₂, niż emitujemy. Wymaga to aktywnego wychwytywania i przechowywania CO₂ w stopniu przekraczającym możliwości naturalnych pochłaniaczy.

3. Gdzie mogę dowiedzieć się więcej o technologii CCS?

Więcej na temat technologii CCS można dowiedzieć się np. z ogólnodostępnego bezpłatnego kursu online <https://www.edx.org/learn/climate-change/the-university-of-edinburgh-climate-change-carbon-capture-and-storage>

4. Gdzie można składować CO₂ i czy jest to bezpieczne dla środowiska?

CO₂ można składować w odpowiednio rozpoznanych, bezpiecznych strukturach geologicznych. Wybór optymalnej struktury powinien zapewniać zarówno odpowiednią pojemność składowania jak bezpieczeństwo w odniesieniu do środowiska naturalnego oraz zdrowia i bezpieczeństwa ludzi. CO₂ można składować w złożach ropy naftowej i gazu ziemnego (z jednoczesnym wspomaganie wydobywania tych surowców), w głębokich formacje wodonośnych (o dużym zasoleniu) czy też wyeksploatowanych pokładach węgla.

5. Jakie jest najlepsze miejsce składowania?

Wybór „najlepszego” miejsca do składowania ditlenku węgla (CCS) zależy od różnych czynników, w tym względów geologicznych, technicznych, ekonomicznych i środowiskowych. Nie ma jednej uniwersalnej odpowiedzi, ponieważ różne miejsca składowania mogą być odpowiednie z różnych powodów.

6. Jak transportowany jest CO₂ i czy transport jest bezpieczny?

W zależności od miejsca składowania i odległości od źródła CO₂ (zwykle emitera, takiego jak elektrownia gazowa) jest on transportowany rurociągami lub cysternami transportem drogowym, kolejowym lub morskim. Transport jest bezpieczny, o ile odbywa się zgodnie z wytycznymi prawnymi.

7. Co w przypadku wycieku CO₂ z rurociągu?

Projekty CCS mają na celu minimalizację ryzyka wycieków, a branża stale pracuje nad udoskonalaniem środków i technologii bezpieczeństwa. Jak w przypadku każdej działalności przemysłowej, dokładne planowanie, przestrzeganie najlepszych praktyk, przejrzystość i zaangażowanie w bezpieczeństwo to istotne elementy odpowiedzialnego wdrożenia CCS. Zapobieganie wyciekom i szybkie reagowanie na wszelkie występujące wycieki to krytyczne aspekty projektów CCS. Aby zminimalizować ryzyko wycieków, stosuje się rygorystyczne standardy inżynieryjne i konstrukcyjne. Obejmuje to stosowanie wysokiej jakości materiałów do budowy rurociągów, wdrażanie solidnych protokołów monitorowania i konserwacji oraz zapewnienie właściwych procedur budowy i instalacji. Projekty CCS obejmują zaawansowane systemy monitorowania w celu jak najszybszego wykrywania wszelkich wycieków oraz posiadają kompleksowe plany reagowania w sytuacjach awaryjnych na wypadek wycieków lub innych incydentów. Plany te określają kroki, jakie należy podjąć w przypadku wycieku, w tym powiadomienie odpowiednich władz, ewakuację potencjalnie dotkniętych obszarów i wdrożenie strategii mających na celu zatrzymanie lub złagodzenie wycieku. W przypadku wykrycia wycieku podejmowane są wysiłki mające na celu jego powstrzymanie i złagodzenie. Może to obejmować zamknięcie uszkodzonej części rurociągu, odizolowanie miejsca składowania lub podjęcie innych odpowiednich działań w celu powstrzymania uwalniania CO₂. Przed wdrożeniem projektów CCS przeprowadza się obszerne modelowanie i ocenę ryzyka w celu przewidzenia potencjalnych scenariuszy wycieków i ich skutków. Pomaga to w projektowaniu strategii złagodzenia skutków i planów reagowania kryzysowego. Projekty CCS podlegają regulacjom i nadzorowi odpowiednich organów w celu zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Ramy regulacyjne często wymagają od operatorów spełniania określonych norm bezpieczeństwa i eksploatacji oraz poddawania się regularnym kontrolom.

8. Czy CO₂ może wyciekać z miejsca składowania i jakie są tego konsekwencje?

Długoterminowe konsekwencje składowania CO₂ pod ziemią są bardzo dobrze poznane, ponieważ wykazano, że naturalnie występujące zbiorniki bezpiecznie przechowują CO₂ przez dziesiątki milionów lat. Najbardziej odpowiednie miejsca do składowania CO₂ znajdują się co najmniej 800 metrów pod dnem morskim i znajdują się w tych samych formacjach geologicznych, co złoża ropy i gazu. Te same struktury geologiczne i mechanizmy, które przez miliony lat zabezpieczały ropę i gaz, w równym stopniu gwarantują, że CO₂ zostanie bezpiecznie związany i nie będzie mógł powrócić na powierzchnię.

9. Czy składowanie CO₂ wpłynie na wody gruntowe?

Miejsca składowania CO₂ to porowate i przepuszczalne warstwy skał, w których przestrzenie porów są wypełnione solanką lub „słoną” wodą z formacji, a nie wodą słodką lub użytkową. Dlatego celowo unika się składowania w warstwach wodonośnych słodkiej wody. Ponadto dokładne mapowanie warstw skał pod powierzchnią przy wykorzystaniu nieniszczących pomiarów geofizycznych uzyskanych na powierzchni lądu w celu wytyczenia i zmierzenia wymiarów miejsca składowania, gwarantuje, że warstwy wodonośne wykorzystywane do pułapkowania CO₂ są oddzielone i odizolowane od otaczających warstw skał. Jednym z wymagań dotyczących składowania CO₂ jest to, że po wtłoczeniu CO₂ do magazynu musi on mieć możliwość przedostania się w obrębie magazynu, ale nie z magazynu do otaczających skał.

10. Czy składowanie CO₂ jest możliwe i bezpieczne na obszarach aktywnych sejsmicznie?

Miejsca składowania CO₂ są zwykle zlokalizowane z dala od stref trzęsień ziemi lub obszarów wysokiego ryzyka. Basen Morza Północnego jest obszarem stabilnym tektonicznie i chociaż zjawiska sejsmiczne zdarzają się sporadycznie, jak dotąd nie zaobserwowano znaczącego wpływu na działalność związaną z wydobywaniem ropy i gazu, co daje pewność co do niskiego prawdopodobieństwa i stopnia potencjalnego wpływu na operacje geologicznego składowania CO₂. Dowody pochodzące z dwóch projektów demonstracyjnych w Japonii (projekt pilotażowy Nagaoka w 2004 r. i projekt demonstracyjny Tomakomai CCS w 2018 r.), jednym z najbardziej aktywnych sejsmicznie rejonów na świecie, potwierdziły, że nie wykryto żadnych wycieków po dużych trzęsieniach ziemi, a zatłaczanie CO₂ jest w sposób bezpieczny kontynuowane.

11. Jakie są doświadczenia w składowaniu CO₂ na świecie?

Przykładami są między innymi Sleipner w Norwegii, In Salah w Algierii i Aqua Store (Quest) w Kanadzie.

12. CO₂ emitowany jest w ogromnych ilościach - ile można zmagazynować (jaka jest pojemność zbiorników)? Czy pojemność jest wystarczająca do znaczącego ograniczenia wpływu na klimat? Czy CCS jest skutecznym sposobem na ograniczenie emisji dwutlenku węgla?

CCS to bardzo skuteczny sposób na redukcję emisji gazów cieplarnianych. Miejsca składowania CCS mają pojemność w przedziale od 10 do 100 milionów ton. Jeśli byłyby stosowane na całym świecie, miałyby zdolność do ograniczania emisji i zahamowania wzrostu stężenia gazów cieplarnianych.

13. Jaki procent CO₂ jest emitowany ze źródeł antropogenicznych w porównaniu z naturalnymi?

Według danych szwajcarskiego instytutu IPCC natura produkuje ponad 770 mld ton ditlenku węgla rocznie, z czego około 57 procent to emisja lądowa (lasy, zwierzęta, wegetacja), a 43 procent oceany. Działalność człowieka emituje około 42,1 mld ton CO₂, co stanowi około 5,2 procent emisji całkowitej. Chociaż antropogeniczna emisja ditlenku węgla jest znacznie mniejsza od naturalnej, stanowi jednak stałą nadwyżkę, która kumuluje się w atmosferze i zakłóca naturalną równowagę, powodując zmianę bilansu radiacyjnego Ziemi.

14. Czy składowanie CO₂ jest opłacalne (miejsca pracy, finansowanie?)

Ekonomiczna opłacalność składowania CO₂ może się różnić w zależności od czynników takich jak postęp technologiczny, wsparcie polityczne, popyt rynkowy i odbiór społeczny. Należy pamiętać, że krajobraz gospodarczy może się szybko zmieniać i będzie się różnił w różnych krajach. Przyjęcie CCS jako realnego rozwiązania pozwalającego na redukcję emisji CO₂ często zależy od połączenia postępu technologicznego, polityk wspierających, dynamiki rynku i postaw społecznych. W związku z tym przy podejmowaniu decyzji wskazane i istotne są bieżące oceny wykonalności ekonomicznej CCS.

15. Proces CCS zużywa energię. Jak CCS wpłynie na wzrost cen produktów?

Proces CCS rzeczywiście zużywa energię, co może mieć wpływ na koszty ogólne, a także potencjalnie wpływać na ceny produktów. Należy zauważyć, że potencjalny wpływ na ceny produktów będzie się różnić w zależności od specyfiki danej branży, koszyka energetycznego regionu, poziomu emisji CO₂, dostępności zachęt i dotacji oraz innych czynników. Decyzje polityczne, postrzeganie społeczne i warunki rynkowe również odgrywają znaczącą rolę w określaniu wpływu przyjęcia CCS na ceny produktów. Ogólnie rzecz biorąc, chociaż CCS może wiązać się z dodatkowymi kosztami związanymi ze wzrostem zużycia energii, jego wpływ na ceny produktów będzie zależał od złożonego wzajemnego oddziaływania postępu technologicznego, ram polityki, dynamiki rynku i zachowań konsumentów.

16. Czy CCS powoduje zużycie środków chemicznych i może mieć negatywny wpływ na środowisko?

Procesy wychwytywania i składowania ditlenku węgla (CCS) mogą obejmować użycie chemikaliów i innych materiałów, co wiąże się z potencjalnymi kwestiami

środowiskowymi. Wpływ chemikaliów stosowanych w procesie CCS na środowisko różni się w zależności od ich rodzaju, stężenia, praktyk postępowania i ogólnej infrastruktury CCS. Aby złagodzić potencjalny negatywny wpływ na środowisko, należy przestrzegać praktyk odpowiedzialnego zarządzania. W miarę ciągłego rozwoju technologii CCS prowadzone są badania i rozwój w celu zidentyfikowania bardziej przyjaznych dla środowiska i wydajnych procesów oraz materiałów do wychwytywania. Ogólnie rzecz biorąc, wpływem chemikaliów CCS na środowisko można zarządzać poprzez odpowiednie projektowanie, wdrażanie i nadzór nad projektami CCS.

17. Czy wychwytywanie CO₂ jest rozważane tylko w przypadku dużych instalacji, czy też jest możliwe i opłacalne w przypadku mniejszych emitentów?

Chociaż wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla jest często kojarzone z dużymi instalacjami przemysłowymi i elektrowniami, wzrasta zainteresowanie badaniem wykonalności zastosowania CCS również w przypadku mniejszych emitentów. Potencjał opłacalności i praktyczności zależy od różnych czynników, w tym skali emisji, dostępnych technologii i względów ekonomicznych. Chociaż mniejsi emitenci mogą mieć inne wyzwania i uwarunkowania w porównaniu z większymi instalacjami, badany jest potencjał opłacalnych i praktycznych rozwiązań CCS dla mniejszych źródeł. Wsparcie polityczne, innowacje technologiczne i współpraca między zainteresowanymi stronami mogą przyczynić się do zwiększenia dostępności i zastosowania CCS w szerszej gamie źródeł emisji, niezależnie od ich wielkości.

18. Jakie są korzyści dla firm z wychwytywania CO₂?

Wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla może zapewnić szereg korzyści firmom i branżom, zwłaszcza tym o znacznych emisjach CO₂. Niektóre kluczowe korzyści dla firm to redukcja emisji i zgodność z przepisami, utrzymanie licencji na prowadzenie działalności, zrównoważone operacje, zabezpieczenie na przyszłość w obliczu wzrostu cen emisji ditlenku węgla i zarządzania ryzykiem, przywództwo w zakresie innowacji i technologii, dywersyfikacja strumieni przychodów oraz wsparcie regulacyjne i polityczne. Dlatego wdrażanie technologii CCS może być zgodne z celami środowiskowymi, gospodarczymi i strategicznymi.

19. Czy polityka CCS zmniejszy konkurencyjność europejskiego przemysłu w porównaniu np. z Chinami?

Wpływ polityki CCS na konkurencyjność europejskiego przemysłu w porównaniu z innymi rejonami, takimi jak Chiny, to złożona kwestia, która zależy od różnych czynników, w tym uregulowań prawnych, postępu technologicznego, dynamiki rynku i światowych wysiłków na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Ostatecznie wpływ polityki

CCS na konkurencyjność europejskiego przemysłu w porównaniu z Chinami zależy od tego, jak dobrze te polityki są zaprojektowane, wdrażane i wspierane. Jeśli polityki CCS zostaną dostosowane do szerszych strategii gospodarczych, będą stymulować innowacje i ułatwiać globalną współpracę, mogą potencjalnie stymulować wzrost gospodarczy, tworzenie miejsc pracy i zrównoważony rozwój, jednocześnie stawiając czoła wyzwaniom związanym ze zmianą klimatu.

20. Czy CCS na dużą skalę może być opłacalne?

CCS na dużą skalę może być opłacalne, ale jego opłacalność ekonomiczna zależy od kilku czynników, w tym postępu technologicznego, wsparcia politycznego, warunków rynkowych i specyficznego kontekstu każdego projektu. Opłacalność CCS na dużą skalę może różnić się w zależności od regionu, branży i specyfiki projektu. Szczegółowe studia wykonalności, dokładne oceny kosztów i wszechstronna analiza ekonomiczna są niezbędne do ustalenia, czy konkretny projekt CCS na dużą skalę jest opłacalny ekonomicznie. Ponadto dostępność finansowania, akceptacja społeczna i ramy regulacyjne również odgrywają znaczącą rolę w określaniu ogólnej wykonalności i powodzenia dużych projektów CCS.

21. Czy CCS jest ważne dla produkcji wodoru?

Tak, CCS może odegrać kluczową rolę w produkcji wodoru, szczególnie gdy wodór pochodzi z paliw kopalnych. Wodór jest uważany za obiecujący nośnik czystej energii, który może przyczynić się do dekarbonizacji różnych sektorów, w tym transportu, przemysłu i wytwarzania energii. Jednakże produkcja wodoru z paliw kopalnych (takich jak gaz ziemny) może skutkować emisją CO₂, jeśli nie zostaną wdrożone środki łagodzące, takie jak CCS.

22. A co z potencjałem miejsc pracy w budowaniu CCS?

Budowa infrastruktury CCS może potencjalnie stworzyć szereg możliwości zatrudnienia w różnych sektorach. Rozwój, budowa, obsługa i utrzymanie projektów CCS wymagają zróżnicowanej siły roboczej posiadającej wiedzę specjalistyczną w zakresie inżynierii, technologii, badań, zarządzania projektami i nie tylko. W miarę ewolucji i szerszego stosowania technologii CCS zapotrzebowanie na wykwalifikowanych specjalistów w różnych dziedzinach prawdopodobnie wzrośnie. Możliwości zatrudnienia w sektorze związanym z CCS powinny obejmować szeroki zakres umiejętności i wiedzy specjalistycznej, przyczyniając się do wzrostu gospodarczego, redukcji emisji i przejścia na gospodarkę niskoemisyjną.

23. Ile projektów CCS i usuwania ditlenku węgla istnieje na świecie?

Według raportu Global CCS Institute „The Global Status of CCS 2022” na koniec 2022 r. 30 projektów CCS było w fazie eksploatacji, 11 w budowie i 153 w fazie rozwoju.

24. W jaki sposób wychwytywany ditlenek węgla jest zatłaczany i jak długo po zatłoczeniu może być bezpiecznie przechowywany?

Zatłaczany CO₂ może być bezpiecznie magazynowany pod ziemią za pomocą kilku mechanizmów: *Pułapkowanie strukturalne – formacja spichlerzowa składa się z porowatej skały z małymi przestrzeniami zwanymi porami. CO₂ jest wtryskiwany do tych porów i zostaje uwięziony w strukturze skały. Z biegiem czasu CO₂ może mineralizować, tworząc stabilne związki, które blokują go w miejscu. *Cap Rock – warstwa nieprzepuszczalnego nadkładu skalnego jest położona nad formacją magazynującą. Skała ta zapobiega migracji CO₂ w górę i ucieczce do atmosfery. *Pułapkowanie wypornościowe – CO₂ jest gęstszy niż płyny w formacji magazynującej, co powoduje, że opada i pozostaje uwięziony pod gęstszymi warstwami solanki. *Reakcje geochemiczne – z biegiem czasu wstrzyknięty CO₂ może reagować z otaczającą skałą i płynami złożowymi, prowadząc do mineralizacji i zmian chemicznych, które dodatkowo unieruchamiają CO₂. Czas bezpiecznego przechowywania może być dość długi. Formacje geologiczne przechowują gaz ziemny i inne płyny od milionów lat. Choć dokładne ramy czasowe mogą się różnić w zależności od specyficznych cech geologicznych składowiska, dobrze wybrane formacje mogą bezpiecznie składować CO₂ przez tysiące, a nawet miliony lat.

25. Czy uskoki i pęknięcia mogą spowodować migrację zatłoczonego ditlenku węgla na powierzchnię?

Uskoki i pęknięcia w formacjach geologicznych, w których składowany jest ditlenek węgla (CO₂), mogą potencjalnie umożliwić migrację CO₂ w kierunku powierzchni, jeśli zapewnią ścieżki przemieszczania się w górę. Właśnie dlatego wybór lokalizacji, charakterystyka geologiczna i monitorowanie są kluczowymi aspektami zapewnienia bezpiecznego składowania CO₂ w formacjach geologicznych. Geologiczne składowiska są starannie wybierane, aby zminimalizować ryzyko związane z migracją CO₂. Ocena miejsca i monitorowanie pomagają zidentyfikować potencjalne ryzyko i umożliwiają wdrożenie środków zapobiegających ucieczce CO₂. Odpowiedzialne projekty CCS traktują priorytetowo bezpieczeństwo i długoterminową integralność składowania, aby zapewnić bezpieczne składowanie CO₂.

PYTANIA TECHNICZNE

1. Jak prowadzony jest monitoring miejsca składowania i rurociągu CO₂?

Monitoring obejmuje różne techniki zapewniające bezpieczne składowanie ditlenku węgla (CO₂) zarówno w miejscach składowania, jak i podczas transportu rurociągami. Monitorowanie składowiska oraz rurociągu obejmuje połączenie teledetekcji, analizy danych i pomiarów fizycznych w celu zapewnienia bezpiecznego i skutecznego zarządzania CO₂. Techniki monitorowania współpracują ze sobą w celu natychmiastowego wykrycia i rozwiązania wszelkich ewentualnych problemów, co pozwala na ograniczenie potencjalnych zagrożeń oraz zagwarantowanie bezpiecznego przechowywania i transportu. Techniki monitorowania miejsca składowania obejmują: charakterystykę geologiczną przed rozpoczęciem zatłaczania; regularne monitorowanie powierzchni obejmujące pomiary parametrów, takich jak stężenie CO₂ w atmosferze, deformację gruntu i aktywność mikrosejsmiczną; monitoring podziemny, obejmujący zmiany ciśnienia i temperatury w obrębie formacji magazynowej (studnie zatłaczające wyposażone są w czujniki monitorujące zachowanie zatłaczanego CO₂); badania znacznikowe polegające na dodawaniu do wstrzykniętego CO₂ znacznika w celu śledzenia jego ruchu i dyspersji w formacji składowiska. Ponadto obrazowanie geofizyczne, takie jak badania sejsmiczne i radar penetrujący ziemię mogą dostarczyć szczegółowych obrazów warstw podpowierzchniowych, pomagając w identyfikacji potencjalnych ścieżek migracji CO₂. W przypadku pobierania próbek płynów złożowych, próbki ze studni monitorujących można analizować pod kątem zmian w stężeniu i składzie CO₂, co może wskazywać na potencjalną migrację. Techniki monitorowania rurociągów obejmują m.in. czujniki ciśnienia i przepływu wzdłuż rurociągu monitorujące ciśnienie, natężenie przepływu i temperaturę, aby zapewnić bezpieczny i wydajny transport CO₂. Systemy wykrywania nieszczelności stale monitorują wszelkie spadki ciśnienia, które mogłyby wskazywać na wyciek. Teledetekcja satelitarna umożliwia wykrywanie wycieków CO₂ poprzez pomiar stężenia tego gazu w atmosferze. Badania lotnicze z wykorzystaniem dronów lub samolotów wyposażonych w specjalistyczne czujniki mogą zapewnić monitorowanie infrastruktury rurociągów w czasie rzeczywistym i wykrywanie potencjalnych wycieków. Czujniki naziemne i stacje monitorujące wzdłuż trasy rurociągu mogą wykryć każdy wzrost stężenia CO₂ w pobliżu rurociągu. Wreszcie, systemy reagowania kryzysowego mogą wstrzymać pracę rurociągu w przypadku wykrycia wycieków lub innych nieprawidłowości.

2. Co dzieje się z CO₂ zatłaczanym do zbiornika?

Ditlenek węgla jest wprowadzany pod ziemię w stanie nadkrytycznym, co daje mu możliwość stosunkowo szybkiej penetracji porów obecnych w skale. W stanie tym nie

istnieje ostra granica między cieczą i gazem, a gęstość substancji jest wysoka i w przypadku CO₂ może wynieść nawet 600 kg/m³. Gdy ditlenek węgla w stanie nadkrytycznym osiągnie docelową głębokość (zazwyczaj około kilometra), jest zatrzymywany w porach siłami kapilarnymi, co zapobiega jego ucieczce. Mechanizm fizyczny magazynowania geologicznego nazywany jest pułapkowaniem.

3. Jak transportować CO₂?

Ditlenek węgla w zależności od odległości może być transportowany na różne sposoby. Oto kilka typowych metod transportu CO₂: rurociągami, transportem morskim, ciężarówkami i wagonami kolejowymi (w cysternach). Jedną z najpowszechniejszych metod transportu CO₂ na duże odległości ze źródeł do miejsc składowania są specjalnie zbudowane rurociągi. Rurociągi CO₂ są pod wieloma względami podobne do rurociągów gazu ziemnego, ale konstrukcja i materiały muszą uwzględniać specyfikę i właściwości CO₂. CO₂ można również transportować w postaci płynnej statkami, zwłaszcza na większe odległości przez oceany. W tym celu CO₂ należy skroplić i sprężyć. Na statkach stosowane są specjalistyczne zbiorniki magazynujące do przechowywania ciekłego CO₂. Transport morski jest często wykorzystywany do transportu CO₂ pomiędzy krajami lub regionami.. CO₂ można dodatkowo transportować samochodami ciężarowymi i wagonami szynowymi. Zwykle transportuje się go w pojemnikach pod ciśnieniem, w postaci sprężonego gazu lub cieczy w specjalistycznych zbiornikach. Metodę tę często stosuje się w przypadku krótszych odległości lub gdy infrastruktura rurociągową nie jest dostępna.

4. Jaki jest mechanizm wychwytywania i składowania CO₂?

Mechanizm wychwytywania i składowania ditlenku węgla polega na wychwytywaniu CO₂ ze źródła emisji (z procesów przemysłowych lub elektrowni), sprężaniu wychwyconego CO₂, a następnie wstrzykiwaniu go do głębokich formacji geologicznych w celu długoterminowego składowania. Mechanizm ten ma na celu ograniczenie emisji CO₂ do atmosfery i złagodzenie jego wpływu na zmiany klimatyczne. Technologie wychwytywania CO₂ można z grubsza podzielić na wychwytywanie po spalaniu (CO₂ jest wychwytywane ze gazów spalinowych po spalaniu paliw kopalnych), wychwytywanie przed spalaniem (CO₂ oddziela się od węglowodorów przed ich spalaniem, np. w połączonym cyklu technologii bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa, IGCC) lub spalanie tlenowo-paliwowe (paliwa kopalne spalane są w środowisku bogatym w tlen, w wyniku czego powstaje skoncentrowany strumień CO₂). Następnie wychwycony CO₂ jest oczyszczany w celu usunięcia zanieczyszczeń i substancji zanieczyszczających oraz kompresowany w celu zwiększenia jego gęstości, co ułatwia transport i zatłaczanie. Sprężony CO₂ transportowany jest z miejsca wychwytu do odpowiedniego składowiska

geologicznego przy użyciu rurociągów lub innych metod transportu. Na miejscu składowania CO₂ jest zatłaczany do podziemnych głębokich formacji geologicznych, gdzie jest pułapkowany i bezpiecznie składowany, co ogranicza jego wpływ na środowisko i pomaga osiągnąć cele w zakresie redukcji emisji.

5. Czy wychwytywanie ditlenku węgla zmniejsza również inne toksyczne emisje do powietrza?

Wychwytywanie ditlenku węgla za pomocą technologii CCS może przynieść dodatkowe korzyści, w tym potencjalną redukcję innych szkodliwych substancji zanieczyszczających powietrze i emisji toksycznych. Chociaż głównym celem CCS jest ograniczenie emisji CO₂ i walka ze zmianami klimatycznymi, proces wychwytywania może również prowadzić do usunięcia niektórych współzanieczyszczeń. Wiele technologii wychwytywania ditlenku węgla obejmuje wychwytywanie CO₂ z gazów spalinowych lub emisji przemysłowych. Gazy te często zawierają współzanieczyszczające substancje, takie jak ditlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (NO_x) i cząstki stałe. W ramach procesu wychwytywania niektóre z tych współzanieczyszczeń można w różnym stopniu usunąć. Na przykład niektóre metody wychwytu ditlenku węgla, takie jak wychwytywanie po spalaniu z wykorzystaniem absorpcji w rozpuszczalniku, obejmują oczyszczanie gazów spalinowych. Podczas procesu płukania można również wychwycić SO₂ i inne kwaśne gazy, co prowadzi do zmniejszenia emisji ditlenku siarki, głównej przyczyny kwaśnych deszczy i problemów z oddychaniem. Inne procesy wychwytywania, które obejmują filtrację lub płukanie, mogą również wychwytywać drobne cząstki stałe i niektóre zanieczyszczenia unoszące się w powietrzu, co prowadzi do poprawy jakości powietrza w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu wychwytyjącego. Chociaż korzyści te są obiecujące, należy zauważyć, że stopień wychwytywania współzanieczyszczeń zależy od konkretnej zastosowanej technologii, charakterystyki źródła emisji i projektu systemu wychwytu. Ponadto niektóre metody wychwytu mogą wymagać dodatkowych etapów lub technologii ukierunkowanych na wychwytywanie współzanieczyszczeń. Podstawowym celem CCS pozostaje redukcja emisji CO₂ w celu łagodzenia zmian klimatycznych.

6. Jeśli ditlenek węgla można bezpiecznie pić w wodzie gazowanej i napojach bezalkoholowych, dlaczego rurociągi z ditlenkiem węgla są niebezpieczne?

Chociaż ditlenek węgla (CO₂) jest powszechnie stosowany w napojach gazowanych i ogólnie jest bezpieczny, jeśli właściwie się z nim obchodzić, istnieją różnice pomiędzy stosowaniem CO₂ w napojach a jego transportem rurociągami, który wymaga szczegółowej analizy. Potencjalne zagrożenia związane z rurociągami CO₂ wynikają przede wszystkim z właściwości gazu, jego ciśnienia oraz konieczności prawidłowego postępowania i stosowania środków bezpieczeństwa. Powody, dla których rurociągi

CO₂ można uznać za potencjalnie niebezpieczne, są następujące: wysokie ciśnienie, pod którym duże ilości CO₂ transportowane są rurociągami, podczas gdy CO₂ w napojach wstępuje zazwyczaj pod stosunkowo niskim ciśnieniem. Dodatkowo CO₂ stosowany w napojach jest oczyszczany w celu spełnienia rygorystycznych norm dotyczących żywności. Systemy rurociągów mogą transportować CO₂ o różnym stopniu czystości, w tym przemysłowy lub handlowy, mogący zawierać zanieczyszczenia lub substancje zanieczyszczające potencjalnie zagrażające bezpieczeństwu. Ponadto wyciek z rurociągu CO₂ może spowodować uwolnienie znacznych ilości gazu, który może wyprzeć tlen z otoczenia. W zamkniętych przestrzeniach lub obszarach o słabej wentylacji uwolnienie CO₂ może nawet prowadzić do uduszenia, jeśli poziom tlenu spadnie poniżej określonej granicy. Ponadto uwolnienie dużej ilości CO₂ z rurociągu może przyczynić się do emisji gazów cieplarnianych i negatywnie wpłynąć na środowisko. Żadna z tych sytuacji nie może mieć miejsca w przypadku uwolnienia CO₂ z napoju. Należy podkreślić, że systemy rurociągów CO₂ można projektować, budować i eksploatować bezpiecznie, jeśli przestrzegane są odpowiednie standardy inżynierskie, protokoły bezpieczeństwa i praktyki monitorowania. Istnieją przepisy i normy zapewniające bezpieczny transport CO₂ rurociągami, a firmy obsługujące takie systemy mają obowiązek przestrzegać tych przepisów, aby zminimalizować ryzyko dla zdrowia ludzkiego, bezpieczeństwa i środowiska. Natomiast stosowanie CO₂ w napojach wiąże się z kontrolowanymi i regulowanymi warunkami, w których gaz rozpuszcza się w cieczy pod niskim ciśnieniem, co stanowi zupełnie inny scenariusz niż transport dużych ilości CO₂ rurociągami.

7. Co oznacza bezpośrednie wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla z powietrza (DACs)?

„Bezpośrednie wychwytywanie i składowanie powietrza” (Direct Air Capture and Storage - DACS) to termin odnoszący się do połączenia technologii i procesów mających na celu bezpośrednie wychwytywanie ditlenku węgla z otaczającego powietrza, a następnie jego bezpieczne składowanie, często pod ziemią, w celu złagodzenia jego wpływu na klimat. DACS polega na usuwaniu CO₂ z powietrza zamiast wychwytywania go bezpośrednio ze źródeł emisji przemysłowych lub elektrowni. Technologie DACS obejmują tworzenie systemów, które mogą zasysać powietrze, ekstrahować CO₂, a następnie zatęczać go w celu przechowywania lub wykorzystania. Technologie te zazwyczaj wykorzystują sorbenty, rozpuszczalniki lub inne procesy chemiczne do pochłaniania CO₂ z powietrza, po którym następuje etap desorpcji w celu uwolnienia wychwyconego CO₂, często w formie stężonej. Technologie DACS mają potencjał do wychwytywania CO₂ ze źródeł rozproszonych, dzięki czemu mają szerokie spektrum zastosowań.

8. Jak wydajne jest bezpośrednie wychwytywanie z powietrza (DAC)?

Bezpośrednie wychwytywanie ditlenku węgla z powietrza (DAC) to technologia, która wciąż znajduje się w fazie rozwoju i wdrażania, a jej wydajność może się różnić w zależności od konkretnej technologii, projektu i parametrów operacyjnych systemu DAC. Na efektywność systemu DAC wpływają takie czynniki jak zużycie energii, szybkość wychwytywania i koszty. Należy zauważyć, że efektywność można mierzyć na różne sposoby, w tym efektywność energetyczną, efektywność kosztową i ilość CO₂ wychwyconego na jednostkę wsadu. Chociaż niektóre projekty DAC wykazały wykonalność wychwytywania CO₂ z powietrza, osiągnięcie wysokiego poziomu efektywności, który sprawi, że technologia ta będzie zasadniczo opłacalna i skalowalna, pozostaje wyzwaniem, któremu, miejmy nadzieję, uda się sprostać w ciągu najbliższych kilku lat.

9. Jaka jest różnica między bezpośrednim wychwytywaniem z powietrza a wychwytywaniem i składowaniem ditlenku węgla?

Bezpośrednie wychwytywanie powietrza (DAC) oraz wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla (CCS) to technologie mające na celu redukcję emisji ditlenku węgla i łagodzenie zmiany klimatu, jednak różniące się pod względem celu i zastosowania. Celem DAC jest usuwanie CO₂ bezpośrednio z atmosfery, co może przyczynić się do osiągnięcia ujemnych emisji i złagodzenia skumulowanych skutków wcześniejszych emisji. CCS natomiast koncentruje się przede wszystkim na wychwytywaniu CO₂ z określonych źródeł przemysłowych lub punktowych przed jego emisją, mając na celu zapobieganie emisjom do atmosfery i zmniejszenie śladu węglowego tych źródeł. Obie technologie mają swoje własne wyzwania i potencjalne korzyści w kontekście przeciwdziałania zmianom klimatycznym i mogą się uzupełniać w kompleksowej strategii redukcji emisji ditlenku węgla.

10. Jaką CO₂ może usunąć technologia DAC?

Ilość CO₂ usuwanego za pomocą technologii bezpośredniego wychwytywania powietrza (DAC) może się znacznie różnić w zależności od kilku czynników, w tym konkretnej zastosowanej technologii, wielkości instalacji DAC, jej parametrów operacyjnych oraz dostępności zasobów, takich jak energia czy materiały sorbentowe. DAC jest wciąż rozwijającą się technologią, której skalowalność i wydajność ewoluują. Zdolność usuwania CO₂ przez instalacje DAC może wahać się od kilku ton do setek tysięcy ton CO₂ rocznie. W miarę rozwoju technologii powstają większe i bardziej wydajne instalacje DAC, które mogą mieć znaczący potencjał przy osiągnięciu celów w zakresie ujemnych emisji.

11. Czy CCS to to samo, co usuwanie ditlenku węgla?

Wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla (CCS) oraz usuwanie ditlenku węgla (Carbon Dioxide Removal – CDR) to pojęcia powiązane, ale mające różne znaczenia w kontekście łagodzenia zmian klimatu. Chociaż zarówno CCS, jak i CDR to strategie łagodzenia zmian klimatu poprzez zmniejszenie stężenia CO₂ w atmosferze, mają one różne cele i podejścia. CCS koncentruje się przede wszystkim na emisjach z określonych źródeł, zapobiegając emisji CO₂ do atmosfery. Natomiast technologia CDR koncentruje się na usuwaniu CO₂ już obecnego w atmosferze, co potencjalnie prowadzi do redukcji netto poziomu CO₂ w atmosferze. Obie strategie odgrywają ważną rolę w osiągnięciu globalnych celów klimatycznych i przejściu do bardziej zrównoważonej i niskoemisyjnej przyszłości.

12. Jak wydajne jest wychwytywanie CO₂?

Wydajność technologii wychwytywania ditlenku węgla (CO₂) może się znacznie różnić w zależności od konkretnej zastosowanej technologii, charakterystyki źródła emisji i parametrów operacyjnych procesu wychwytywania. Na efektywność wychwytywania CO₂ wpływają takie czynniki jak zużycie energii, stopień wychwytu (najnowsze badania wskazują, że osiągalny współczynnik wychwytywania sięga 99%) oraz koszty. Postępy w technologii, inżynierii i wsparcie polityczne mogą przyczynić się do poprawy efektywności metod wychwytywania CO₂. W miarę ciągłego rozwoju dziedziny wychwytywania i utylizacji ditlenku węgla, efektywność technologii wychwytywania może ulegać dalszym zmianom.

13. Jaka jest najskuteczniejsza metoda wychwytywania ditlenku węgla?

Nie ma jednej „najskuteczniejszej” metody wychwytywania ditlenku węgla, która miałaby uniwersalne zastosowanie we wszystkich scenariuszach. Skuteczność metod wychwytywania ditlenku węgla zależy od różnych czynników, w tym od rodzaju źródła emisji, konkretnych celów wychwytywania ditlenku węgla, dostępności zasobów i względów ekonomicznych. Różne metody mają różne zalety i ograniczenia. „Najskuteczniejsza” metoda może się różnić w zależności od kontekstu. Na przykład wychwytywanie po spalaniu nadaje się do modernizacji istniejących obiektów, podczas gdy DAC może odegrać znaczącą rolę w rozwiązaniu problemu emisji ze źródeł rozproszonych. Wybór metody często uwzględnia czynniki równoważące, takie jak wydajność, koszt, zużycie energii, skalowalność i względy regulacyjne. Co więcej, badania i rozwój technologii są w toku, a nowe osiągnięcia mogą w przyszłości zmienić krajobraz technologii wychwytywania ditlenku węgla.

PYTANIA UZWGLĘDNIAJĄCE SPECYFIKĘ REGIONU

1. Czy składowanie CO₂ jest możliwe i bezpieczne na terenach górniczych?

Warto zauważyć, że chociaż składowanie CO₂ na terenach pogórnich jest koncepcyjnie wykonalne, jest to złożone przedsięwzięcie, które wymaga kompleksowej oceny miejsca, szczegółowych badań inżynierskich i oceny ryzyka. Bezpieczeństwo i długoterminową skuteczność składowania CO₂ w takich miejscach należy dokładnie ocenić w każdym przypadku z osobna, biorąc pod uwagę warunki geologiczne, względy środowiskowe i potencjalny wpływ na społeczności lokalne.

2. Kto, jak i jak długo będzie monitorował infrastrukturę CCS po jej wybudowaniu?

Odpowiedzialność za monitorowanie zazwyczaj obejmuje agencje rządowe, organy regulacyjne, operatorów projektów i niezależne organizacje. Specyfika monitorowania może się różnić w zależności od jurysdykcji, przepisów i konkretnego projektu CCS.

3. Kto ponosi odpowiedzialność za ewentualne wycieki ditlenku węgla ze składowisk?

Kwestia odpowiedzialności za potencjalny wyciek ditlenku węgla ze składowisk w ramach projektów wychwytywania i składowania ditlenku węgla (CCS) jest ważnym zagadnieniem prawnym i regulacyjnym. Odpowiedzialność zazwyczaj obejmuje wiele stron, w tym operatorów projektów, organy regulacyjne i organizacje zewnętrzne. Szczegóły mogą się różnić w zależności od jurysdykcji, przepisów i ustaleń umownych. Projekty CCS zazwyczaj podlegają kompleksowym procesom wydawania pozwoleń, zatwierdzania i nadzorowi regulacyjnemu, aby zapewnić, że spełniają standardy bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Umowy prawne, kontrakty i polisy ubezpieczeniowe często odgrywają rolę w definiowaniu strategii zarządzania odpowiedzialnością i ryzykiem.

4. Jakie są regulacje prawne CCS w Polsce?

Zapisy Dyrektywy CCS zostały implementowane do prawa polskiego głównie w dwóch dokumentach poprzez nowelizację z dnia 27 września 2013 r. zmieniającą ustawę z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze oraz Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. Regulacje te obejmowały głównie wytyczne dot. poszukiwania lub rozpoznawania kompleksu podziemnego składowania ditlenku węgla oraz samo podziemne składowanie oraz przesyłania CO₂ w celu podziemnego składowania. Ponadto akty te dopuszczały prowadzenie działalności w zakresie CCS wyłącznie w celu przeprowadzenia projektu demonstracyjnego wychwytu i składowania ditlenku węgla. Zapisy te były istotną barierą dla rozwoju technologii CCS, dlatego w 2021 r. podjęto prace nad nowelizacją. Zniesienie części barier dla rozwoju CCS nastąpiło poprzez

nowelizację ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz innych ustaw z dnia 16 czerwca 2023 r. Najważniejsze zmiany obejmują zniesienie zapisu o projektach demonstracyjnych oraz umożliwienie prowadzenia przedsięwzięć składających poniżej 100 kiloton CO₂ rocznie z uproszczeniem procedury koncesyjnej oraz przy braku konieczności uzyskania opinii Komisji Europejskiej. Umożliwiono składowanie CO₂ w górotworze obejmującym obszary lądowe, a także struktury złożowe węglowodorów, a także przy intensyfikacji wydobycia węglowodorów. Dopuszczalne jest również składowanie na lądzie, niemniej jednak konieczna jest zmiana prawa wykonawczego, tj. rozporządzenia Ministra Środowiska, które jak dotąd nie zostało zmienione, ograniczając tym samym możliwość saldowania wyłącznie w zbiorniku kambryjskim, czyli na obszarze morskim położonym na Morzu Bałtyckim. Obecnie trwają prace nad usunięciem innych barier w rozwoju CCS w polskim prawie, związanych między innymi z kwestią sieci przesyłowej, transportu a tym samym konieczności zmiany przepisów i m.in. implementacji zapisów znowelizowanej 10 maja 2023 r. Dyrektywy ETS.

5. Jakie dotacje publiczne zostały przyznane na budowę infrastruktury CCS w UE?

Unia Europejska (UE) wspiera infrastrukturę wychwytywania i składowania ditlenku węgla za pośrednictwem różnych mechanizmów i programów finansowania. Programy te mają na celu przyspieszenie rozwoju i wdrażania technologii CCS, aby pomóc w łagodzeniu emisji gazów cieplarnianych. Dostępność finansowania i dotacji może się różnić w zależności od takich czynników jak kraj, skala projektu, zastosowanie technologii i konkretne programy finansowania. Ponadto mechanizmy i programy finansowania mogą ewoluować z biegiem czasu w odpowiedzi na rozwój polityki i zmieniające się priorytety. Najnowsza historia finansowania UE przedstawia się następująco: w ramach Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji dostępne jest finansowanie na poziomie UE w wysokości 19 mld EUR (2021–2027), które wchodzi w zakres Zielonego Ładu UE (2020) i powiązanej ustawy o przemyśle zerowym netto (2023). Finansowanie wspiera ambicje UE dotyczące zdolności zatłaczania do 2030 r. na poziomie 50 Mt rocznie. UE posiada również fundusz innowacyjny ETS (2022), który przeznaczył 3 miliardy euro na 24 projekty, w tym 11 projektów CCUS. Państwa członkowskie mogą również zapewnić własne wsparcie. Dania ogłosiła utworzenie funduszu o wartości 2,4 miliarda euro na wsparcie CCS (2021). Holandia ogłosiła utworzenie funduszu o wartości 2 miliardów euro na wsparcie wychwytywania ditlenku węgla dla sieci portów Portos Rotterdam (2022). Historycznie rzecz biorąc, istniało wiele programów finansowania CCUS: NER300 (2013) – 300 mln euro; Konkurs brytyjski (2012) – 1 miliard funtów; EEPR (2009) – 1 miliard euro; 7PR (2007–2013).

6. Ile CO₂ można składować w Polsce?

Potencjał możliwości składowania ditlenku węgla (CO₂) w konkretnym kraju, takim jak Polska, może się różnić w zależności od czynników geologicznych, dostępności odpowiednich formacji do składowania oraz zdolności tych formacji do bezpiecznego składowania CO₂ w perspektywie długoterminowej. Zdolność do magazynowania CO₂ mierzy się zazwyczaj w kategoriach objętości CO₂, którą można bezpiecznie składować pod ziemią. Obecnie trwają prace badawcze mające na celu oszacowanie wielkości potencjalnych magazynów CO₂ w Polsce.

7. Kto decyduje o tym, gdzie ma być składowany ditlenek węgla?

W proces decyzyjny dotyczący określenia miejsca składowania ditlenku węgla (CO₂) zaangażowanych jest wiele zainteresowanych stron, w tym organy rządowe, organy regulacyjne, deweloperzy projektów, eksperci naukowcy, społeczności lokalne. Szczegóły mogą się różnić w zależności od jurysdykcji, przepisów i charakteru projektu wychwytywania i składowania ditlenku węgla (CCS). Ostatecznie to charakterystyka geologiczna składowiska decyduje o tym, czy może ono skutecznie służyć jako długoterminowe składowisko CO₂. Chociaż w procesie wyboru lokalizacji uwzględnia się również czynniki ekonomiczne i logistyczne, to bezpieczeństwo jest sprawą najwyższej wagi. Rygorystyczne oceny geologiczne, nadzór regulacyjny i przestrzeganie ustalonych protokołów bezpieczeństwa mają kluczowe znaczenie dla odpowiedzialnej realizacji projektów wychwytywania i składowania ditlenku węgla (CCS).