

Scenariusz 1: narzędzia i środki

Rozwiązania technologiczne służące mitygacji



Grupa docelowa:

Scenariusz przeznaczony jest dla klas szkoły ponadpodstawowej, ze wskazaniem na klasy III–IV.

Czas zajęć:

45 minut

Zakładane efekty kształcenia

- Uczniowie rozumieją znaczenie pojęć adaptacja i mitygacja w kontekście omawianych sektorów oraz różnicę między nimi.
- Uczniowie rozumieją potrzebę i zasadność podejmowania działań, strategii i polityk adaptacyjnych i mitygacyjnych oraz ogół wagi problemów, którym te działania mają zapobiec lub które mają ograniczyć.
- Uczniowie potrafią wymienić przykłady działań mitygacyjnych w sektorze energetycznym i transportowym.
- Uczniowie zdobywają umiejętność prowadzenia świadomej dyskusji o klimacie i sposobach ochrony przed jego zmianą.

Cele nauczania:

- Nabycie umiejętności w zakresie rozpoznawania zagrożeń i skutków oraz identyfikacji czynników wpływających na zmianę klimatu, związanych z działalnością człowieka, w szczególności z kwestią energetyczną, transportową i innymi sektorami przemysłu, wraz z oceną ich wpływu na środowisko na poziomach: globalnym, regionalnym i lokalnym.
- Poznanie przykładów rozwiązań w sektorach energetycznym i transportowym, z wyróżnieniem metod produkcji, oszczędności energii i zwiększenia wydajności systemu transportu umożliwiających zmniejszenie ich negatywnego wpływu na klimat i środowisko.
- Rozumienie zależności między systemami przemysłowymi i poszczególnymi sektorami działalności człowieka a postępowaniem zmiany klimatu.
- Zdobywanie świadomości na temat powiązania życia codziennego i metod produkcji z aspektem zmiany klimatu.
- Poznanie problematyki zmian klimatu odnośnie do codziennego życia, wykształcenie zrozumienia na temat skutków i przyczyn kryzysu klimatycznego w kontekście najbliższego otoczenia.

Metody pracy:



pogadanka



burza mózgów



praca
w podgrupach



Przebieg zajęć:

Nauczyciel wprowadza i wyjaśnia pojęcie mitygacji w kontekście zagadnień związanych z ochroną klimatu.

Proponowane źródło definicji: <https://klimada2.ios.gov.pl/mitygacja/> (część teoretyczna, wprowadzająca), cyt.: „(...) działania mające na celu zapobieganie lub ograniczanie emisji gazów cieplarnianych”.

Działania te koncentrują się w głównej mierze na poprawie efektywności energetycznej, zwiększaniu udziału energii pochodzącej ze źródeł niskoemisyjnych w końcowym zużyciu energii brutto, sekwestracji (wychwytywaniu i bezpiecznym, trwałym składowaniu CO₂), jak również zmniejszeniu energochłonności sektorów gospodarki.

W nawiązaniu do powyższej definicji nauczyciel zadaje uczniom pytanie o możliwe rozwiązania adaptacyjne i mitygacyjne nastawione na kwestię efektywności energetycznej.

Uczniowie prowadzą burzę mózgową na temat rozwiązań możliwych do zastosowania w budynku szkolnym oraz jego okolicy.

Nauczyciel, bazując na efektach burzy mózgową, zwraca uwagę na przykłady najnowszych rozwiązań w zakresie środków i metod adaptacyjnych i mitygacyjnych:

- Wymianę oświetlenia wewnętrznego na energooszczędne jako zadanie realizowane równoległe z termomodernizacją, stosowanie zintegrowanych systemów ograniczających zużycie energii w obrębie gospodarstwa domowego (np. mechanizm automatycznego wyłączenia się świateł w przypadku braku użytkownika);
- Ocieplanie przegród zewnętrznych obiektu, w tym ścian zewnętrznych, podłóg przy gruncie, dachów;
- Wymianę okien i drzwi zewnętrznych;
- Przebudowę lub wymianę systemów grzewczych albo podłączenie do bardziej efektywnego energetycznie i mniej emisyjnego źródła ciepła w przyszłości, np. elektrowni jądrowej;
- Instalację/przebudowę systemów chłodzących, w tym również z zastosowaniem OZE [odnawialne źródła energii];
- Wymianę systemów wentylacji z rekuperacją i pompami ciepła;
- Montaż i zastosowanie systemów zarządzania energią w budynkach publicznych, m.in. szkolnych;
- Zastosowanie automatyki pogodowej;
- Zastosowanie technologii odnawialnych źródeł energii.

Narzędzie dodatkowe

Nauczyciel może przedstawić uczniom interaktywną platformę „ekodom”: <https://ekodom.eko.org.pl/>, pozwalającą na wyliczenie kosztów strat energii cieplnej i elektrycznej; do zapoznania się przez uczniów we własnym zakresie.

Nauczyciel może także zwrócić uwagę na fakt, że poza rozwiązaniami technologicznymi ważne są też codzienne, niskokosztowe działania jak np. odstawianie kaloryferów (często znajdują się za sofami lub kotarami, co blokuje przepływ powietrza), wyłączenie urządzeń, które pobierają prąd, a nie są używane, szybkie i intensywne wietrzenie. Więcej: <https://20stopni.pl/>

Następnie nauczyciel, angażując uczniów w dyskusję, dokonuje przeglądu najnowszych rozwiązań technologicznych w zakresie OZE i alternatywnych źródeł zasilania w następujących sektorach: budownictwo, przemysł i transport.

Możliwe jest podzielenie klasy na trzy grupy. Każda z grup ma się skoncentrować na wybranym sektorze i postarać opracować, według własnej wiedzy, listę potencjalnych rozwiązań służących zwiększeniu wydajności energetycznej. Pomysły każdej z grup można zaprezentować na forum i porównać z innowacjami wypisanymi poniżej..

Aby wypełnić założenia porozumienia paryskiego i ograniczyć wzrost średniej globalnej temperatury do 1,5°C, konieczne jest ograniczenie globalnych emisji o 55% do roku 2030. Wymaga to transformacji energetycznej i przejścia z energetyki opalanej paliwami kopalnymi i gazem ziemnym na niskoemisyjne źródła energii, takie jak energetyka jądrowa czy OZE.

W ramach działań mitygacyjnych, mających umożliwić osiągnięcie założonego celu, stosuje się szereg rozwiązań energooszczędnych, takich jak:

1. W budownictwie

Obok rozwiązań wymienionych wyżej w ramach burzy mózgów szczególnie ważne są:

- urządzenia i instalacje do wysokosprawnej produkcji energii elektrycznej, ciepła lub chłodu w skojarzeniu (wysokosprawna ko-/trigeneracja); proces pozwalający na jednoczesną produkcję prądu elektrycznego i ciepła;
- zwiększenie efektywności energetycznej budynków poprzez prowadzenie termomodernizacji i konstrukcja budynków zeroemisyjnych;
- przyłączenie budynku do sieci ciepłowniczej jako sposób na ograniczenie zjawiska tzw. niskiej emisji;
- urządzenia do produkcji ciepła opalane biomasą odpadową (kotły na biomasę); stanowią alternatywę dla nadal popularnych w Polsce kotłów węglowych lub gazowych; opalanie biomasą wiąże się z potencjalnymi problemami wynikającymi z kwestii jej produkcji, takimi jak deforestacja i niezrównoważone uprawy, jest jednak bardziej preferowane od opalania węglem;
- układy (ogniwa) fotowoltaiczne; montaż paneli fotowoltaicznych na dachach budynków prywatnych i publicznych;
- lokalne magazyny energii pozwalające zwiększyć miejscową autokonsumpcję energii z paneli PV;
- pompy ciepła; rodzaj systemu wykorzystującego wymianę ciepła, umożliwiając, zależnie od potrzeby, chłodzenie lub ogrzewanie budynku; emisyjność tego rozwiązania zależy od emisyjności źródła zasilania – pompy ciepła zasilane są prądem elektrycznym;
- kolektory słoneczne; urządzenia zamieniające energię świetlną na ciepłą, działając analogicznie do paneli fotowoltaicznych (które służą jednak do produkcji energii elektrycznej); stanowią ekologiczny sposób pozyskania ciepła głównie dla ciepłej wody użytkowej w okresie letnim;
- małe (mikro-) turbiny wiatrowe (budynkowe prądnice wiatrowe); generujące prąd turbiny wiatrowe o małych rozmiarach, montowane na potrzeby indywidualnych, mniejszych budynków;
- urządzenia i instalacje do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła opalane biogazem (pozyskiwanym np. na drodze obróbki materii organicznej); często uznawane za rozwiązanie tymczasowe, przejściowe, na drodze odchodzenia od opalania węglem;
- urządzenia do produkcji ciepła zasilane energią geotermalną; instalacje czerpiące energię ciepłą pochodzącą ze źródeł geotermalnych, stanowiące systemy grzewcze.

Zasadne jest łączenie powyższych technologii, np. fotowoltaika pozwala na zasilenie pomp ciepła bez konieczności zakupu energii z sieci.

W toku lekcji nauczyciel zwraca uwagę na potrzebę wykorzystania lokalnie dostępnych, odnawialnych źródeł energii, celem zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Uczniowie zastanawiają się nad dostępnymi w regionie źródłami energii.

2. W przemyśle

W ogólnie rozumianym przemyśle mitygacja polega głównie na zmianie źródła energii potrzebnej we wszelkiego rodzaju procesach wytwórczych. Najważniejszym podejściem są tutaj:

- elektryfikacja przemysłu (przejdzie na zasilanie elektryczne); w celu ograniczenia emisji kluczowa jest dekarbonizacja źródła energii elektrycznej;
- recykling chemiczny – odprowadzanie organicznych i chemicznych produktów procesów w celu wykorzystania na przykład jako biopaliwo; w przypadku tworzyw sztucznych proces polega na rozkładzie polimerów na wyjściowe elementy składowe (monomery), z których możliwa jest ponowna produkcja tworzyw;
- zasilanie wodorowe, bazując na wodorze wyprodukowanym na drodze elektrolizy (np. wody);
- zamknięcie obiegu węgla w procesie (sekwestracja węgla stanowiącego efekt produkcji); odzyskiwanie węgla z wytwarzanych odpadów (np. żywności, pozostałości materii organicznej po produkcji rolnej, odpadów drewnianych z przemysłu) zapobiega jego uwalnianiu się do atmosfery.

Informacja

Kluczowym elementem podejścia ekologicznego jest idea gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oznaczająca pozostawienie odpadów i produktów w obiegu gospodarczym i ich ponowne wykorzystanie w zamkniętym cyklu. GOZ stanowi przeciwieństwo gospodarki liniowej bazującej na schemacie: weź – wyprodukuj – użyj – wyrzuć.

GOZ to koncepcja gospodarcza, w której produkty, materiały i surowce powinny pozostawać w gospodarce tak długo, jak to możliwe, a wytwarzanie odpadów powinno zostać maksymalnie zminimalizowane.

W omawianym kontekście przykładem działania zgodnego z założeniami GOZ mogą być metody kompostowania odpadów organicznych, z systemami wyłapywania powstającego metanu i gazów cieplarnianych. Innym przykładem jest wykorzystanie drewna i materiałów pochodzenia naturalnego na przykład w budownictwie, a także przerabianie wypalonego paliwa jądrowego i produkcji nowego paliwa typu MOX otrzymanego z recyklingu zużytego paliwa jądrowego.

3. W transporcie

Zadanie dodatkowe

Jakie możliwe działania służące ograniczeniu emisji z sektora transportu potrafisz wymienić? Spróbuj podać znane ci przykłady ze świata i kraju.

Przykładowe odpowiedzi:

- kampanie społeczne promujące transport rowerowy;
- dofinansowania na transport zbiorowy i publiczny, rozwój infrastruktury;
- koncepcja miasta 15-minutowego, ograniczającego potrzebę przemieszczania się;
- wprowadzenie ograniczonego dostępu samochodów spalinowych do miast (np. w Holandii i w pewnym stopniu w Krakowie) lub zamykanie niektórych rejonów miasta dla ruchu samochodowego (np. Bukareszt, gdzie na weekend pewne ulice są zamykane i oddawane do użytku obywatelom);
- programy dofinansowania zakupu pojazdów elektrycznych;
- kampanie społeczne zachęcające do rezygnacji z samochodów.

W sektorze transportu działania mitygacyjne dotyczą głównie odejścia od silników spalinowych, gdzie źródło zasilania stanowią paliwa kopalne lub ich pochodne. Do niektórych alternatywnych paliw należeć mogą:

- **wodór** – podobnie jak w przemyśle stanowi wydajne, wysokoenergetyczne paliwo; pozyskiwany może być na drodze rozpadu, zwykle elektrolizy (rozkładu pod wpływem prądu elektrycznego) lub pirolizy (rozkładu pod wpływem energii termicznej) wody albo związków organicznych; popularnym rozwiązaniem z uwagi na niski koszt jest produkcja wodoru z gazu ziemnego w procesie reformingu parowego; procesu tego nie można jednak uznać za rozwiązanie ekologiczne ze względu na emisję CO₂;
- **biopaliwa** – paliwa pozyskane na drodze obróbki biomasy; w przypadku biopaliw największe wyzwanie stanowi ich produkcja: produkcja materii organicznej w formie roślin energetycznych (np. miskant, wierzba energetyczna, spartyna) na biopaliwa wymaga wygospodarowania terenu rolnego, potencjalnego nawożenia, nawadniania, a następnie dalszej obróbki chemicznej i przemysłowej, co stanowi proces względnie energochłonny i może wiązać się z problematyczną kwestią deforestacji (prowadzonej celem uzyskania terenu lub materii roślinnej samej w sobie); należy jednak uwzględnić również pozytywne aspekty – produkcja biomasy zapewnia możliwość efektywnego zagospodarowania nieużytków rolnych, terenów poprzemysłowych lub gleb marginalnych; uprawa roślin energetycznych może służyć fitoremediacji, poprawie jakości gleby i potencjalnej akumulacji metali ciężkich; w pełni ekologicznym rozwiązaniem jest produkcja biopaliw z odpadów organicznych powstałych wskutek produkcji rolnej lub przemysłowej; szczególnie istotnymi biopaliwami są m.in. amoniak i metanol;
- **amoniak** – możliwy do uzyskania na drodze obróbki biomasy, stanowi biopaliwo; choć jest mało wydajny energetycznie, może stanowić źródło o wiele bardziej wydajnego wodoru; istnieją silniki operujące w ten sposób, gdzie podczas pracy silnika z amoniaku pozyskiwany jest wodór stanowiący paliwo;
- **prąd elektryczny** – pozyskany może być z powszechnie znanych źródeł odnawialnych (takich jak fotowoltaika) lub energii jądrowej, stanowiąc niskoemisyjne, wydajne źródło zasilania;
- **paliwa syntetyczne** – paliwa otrzymane sztucznie, na drodze syntezy z innych wysokoenergetycznych substancji, takich jak węgiel, gaz ziemny lub biomasa, czy wychwytywanego CO₂; często stanowią wydajniejsze źródło zasilania niż tradycyjne paliwa, zależnie od procesu produkcji, jednak mogą nie być niskoemisyjne.

Część dodatkowa

Nauczyciel przekazuje uczniom wiedzę z zakresu technik sekwestracji i utylizacji węgla w kontekście metod CCS i CCU jako ciekawostki z zakresu innowacji technologicznej.

Za postępującą zmianę klimatu odpowiada emisja gazów cieplarnianych, spośród których największy udział stanowi dwutlenek węgla. Najskuteczniejsza walka ze zmianami klimatu polega na działaniu nacelowanym na ograniczenia emisji.

W związku z tym w kontekście mitygacji na szczególną uwagę zasługują technologie sekwestracji węgla, czyli systemy wychwytyjące dwutlenek węgla z miejsca jego emisji lub bezpośrednio z atmosfery. Jest to mechanizm wymierzony bezpośrednio w źródło problemu kryzysu klimatycznego.

Wyróżnia się systemy CCS (carbon capture and storage – wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla) oraz CCU (carbon capture and utilization – wychwytywanie i utylizacja dwutlenku węgla).

System CCS jest aktywnie rozwijany i stopniowo wprowadzany na rynek. Składowanie dwutlenku węgla polega na wpompowywaniu go pod wysokim ciśnieniem, w formie gazowej lub ciekłej, w formacje geologiczne celem uwięzienia w strukturach podziemnych.

Wyróżnia się następujące metody przechowywania dwutlenku węgla:

Składowanie geologiczne (podziemne):

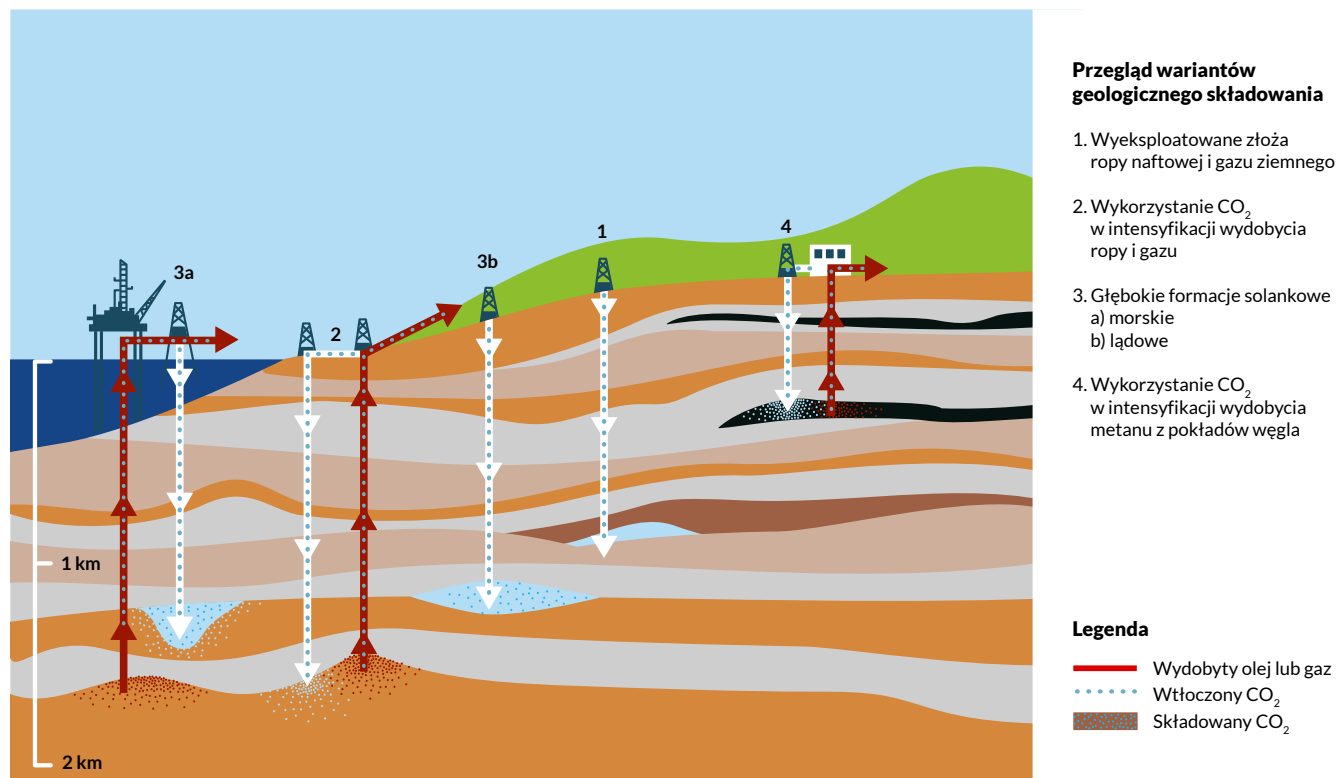
- składowanie w wyczerpanych złożach gazu ziemnego, np. w Norwegii (program Northern Lights);
- składowanie w wyczerpanych złożach węgla;
- składowanie w formacjach solankowych;
- składowanie poprzez wspomagany odzysk gazu – dwutlenek węgla wpompowywany jest na miejsce zyskiwanego odwiertowo gazu ziemnego;
- składowanie poprzez wspomagany odzysk gazu lub ropy – dwutlenek węgla wpompowywany jest na miejsce zyskiwanej odwiertowo ropy naftowej lub gazu ziemnego; wzrost ciśnienia w pokładzie ułatwia odzysk materiału, należy jednak pamiętać, że metoda ta, mimo sekwestracji CO₂, stanowi pośrednio narzędzie pozyskiwania paliw kopalnych.

Składowanie oceaniczne:

- wtrysk ciekłego lub stałego dwutlenku węgla na dno oceanu – tworzenie jezior dwutlenku węgla spoczywających w formie płynnej pod powierzchnią wody;
- wtrysk gazowego lub ciekłego dwutlenku węgla bezpośrednio do toni wodnej.

Kluczowe jest zaznaczenie negatywnego wpływu metod składowania oceanicznego na ekosystemy - metoda ta skutkuje zakwaszeniem wód. IPCC szacuje dopuszczalny limit wprowadzonego do oceanu dwutlenku węgla, bez znaczących negatywnych skutków, na 1000 Gt dwutlenku węgla. Aktualnie oceany naturalnie chłoną 2,4 Gt CO₂ rocznie.

Mechanizm składowania geologicznego:

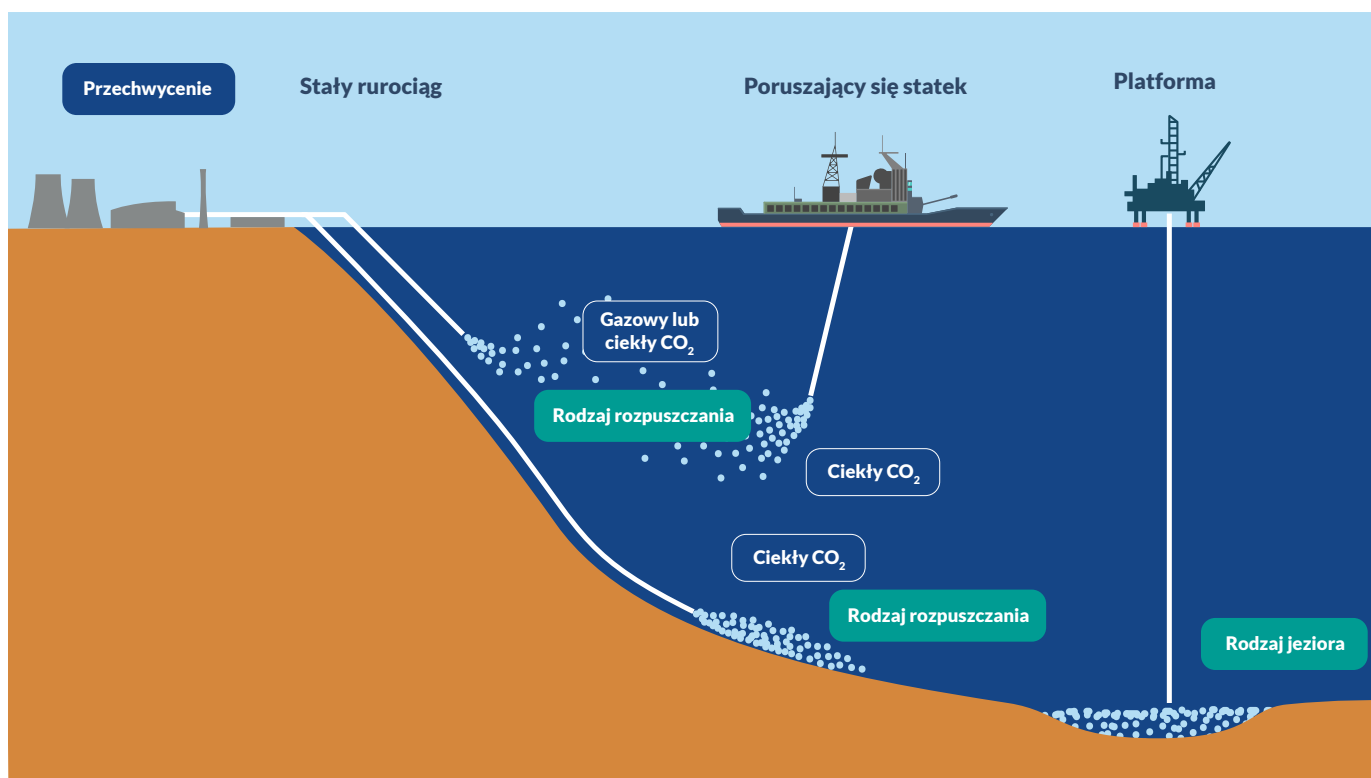


Rys. 1. źródło; IPCC special report Carbon Dioxide Capture and Storage, Summary for Policymakers, A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Montreal, 2005.

Informacja do Rys. 1:

Grafika przedstawia współczesne metody składowania węgla w litosferze. Na schemacie numerem 1 oznaczono składowanie w wyczerpanych złożach gazu ziemnego i ropy. Numerem 2 oznaczono system wpompowywania dwutlenku węgla do istniejących rezerwarów gazu ziemnego i ropy, co skutkuje wzrostem ciśnienia i ułatwieniem wydobycia. Numerem 3 oznaczono metodę składowania w głęboko położonych poziomych wodonośnych (odpowiednio pod powierzchnią dna morskiego dla 3a i na lądzie dla 3b). Numerem 4 oznaczono analogiczną do numeru 2 metodę składowania węgla w istniejących pokładach węgla i metanu.

Mechanizm składowania oceanicznego:



Rys. 2. źródło; IPCC special report Carbon Dioxide Capture and Storage, Summary for Policymakers, A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Montreal, 2005.

Informacja do Rys. 2:

Na grafice przedstawiono w sposób schematyczny metody oceanicznego składowania dwutlenku węgla. Zobrazowano sposoby wprowadzania dwutlenku węgla z poziomu platformy, jednostki pływającej lub lądu. Mianem dissolution type określa się dyspersję dwutlenku węgla w fazie gazowej (gaseous) lub ciekłej (liquid) skutkującą jego rozpuszczeniem w toni wodnej. Termin lake type oznacza składowanie dwutlenku węgla w formie płynnej na dnie oceanicznym, w formie podwodnych jezior.

Metody CCU opierają się na analogicznych założeniach, jednak wychwycony dwutlenek węgla poddawany jest dalszej dowolnej obróbce.

Przykładowe potencjalne zastosowania wychwyconego dwutlenku węgla:

- produkcja paliw syntetycznych na bazie węgla odzyskanego z atmosfery,
- produkcja nawozów,
- mineralizacja węgla na cele przemysłowe.

SŁOWNIK POJĘĆ

Deforestacja – proces wycinki i zanikania powierzchni zalesionej.

Energochłonność – stopień zużycia energii oznaczający łączną ilość energii spożytkowanej na dany proces.

Fitoremediacja – praktyka wykorzystująca roślinność w celu oczyszczania środowiska; odpowiedni dobór roślin prowadzi na przykład do poprawy jakości gleby poprzez wychwycenie metali ciężkich.

Monomer – cząsteczki stanowiące podstawową jednostkę budulcową tworzyw sztucznych, zdolne kształtować długie powtarzalne łańcuchy (polimery).

Rekuperacja (cieplna) – proces odzyskiwania energii cieplnej układu z gazów wylotowych i nie tylko; jest często stosowany w gospodarstwach domowych i zakładach przemysłowych, z wykorzystaniem urządzenia zwanego rekuperatorem, zwiększa wydajność energetyczną.

Sekwestracja – wychwytywanie określonej substancji ze środowiska, w którym się znajduje; w przypadku dwutlenku węgla jest to proces wiązania go z atmosfery i składowania w skondensowanej, niegazowej formie.

Źródła niskoemisyjne – źródła energii charakteryzujące się niewielkim stopniem emisji gazów cieplarnianych i wywierające nieznaczny wpływ na klimat.

Literatura i materiały dodatkowe

IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926

IPCC, 2005: *Summary for Policymakers: Carbon Dioxide Capture and Storage* [Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (Eds.)] Cambridge University Press, UK. pp 431. Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge CB2 2RU ENGLAND

Klimada 2.0; <https://klimada2.ios.gov.pl/mitygacja/> (dostęp z dnia 10.05.2022)