

TECHNOLOGIA CCS – ASPEKTY PRAWNE I BEZPIECZEŃSTWO METODY

WSTĘP

Technologia sekwestracji CO₂ – aspekty prawne i bezpieczeństwo metody

Perturbacje klimatyczne ostatnich dekad powodują, poza ludzkimi tragediami, olbrzymie i wymierne straty gospodarcze w różnych miejscach globu. Choć, jak zauważa prof. Zbigniew Jaworowski (Rzeczpospolita, 2008), „pogląd, że człowiek może wpływać – świadomie bądź nie – na klimat globalny, jest przejawem pychy. Naszym klimatem rządzi Słońce i naturalne procesy zachodzące na Ziemi”. Zdecydowana większość badaczy klimatu, w tym klimatologów – ale już nie paleoklimatologów – wiąże nasilenie ekstremalnych zjawisk klimatycznych z rosnącą ilością CO₂ w atmosferze ziemskiej, prowadzącą do pogłębiania się tzw. efektu szklarniowego. Jednakże udział cywilizacyjny w globalnej emisji dwutlenku węgla to ledwie kilka procent, a tym samym wpływ człowieka na globalne ocieplenie, jeśli w ogóle jest, to znikomy. Ponadto dla geologów jest oczywiste, że w historii Ziemi klimat na różnych obszarach zmieniał się nierzadko diametralnie, a poziom CO₂ w okresach geologicznych nigdy nie był stały, wahając się nieporównywalnie silniej niż współcześnie.

Pomijając kontrowersję wokół przyczyn zaburzeń klimatu jest oczywiste, że działalność człowieka przyczynia się do wzrostu koncentracji CO₂ w atmosferze. Rządy wielu państw, ONZ, a także Komisja Europejska (KE) uznały przeciwdziałanie zmianom klimatu za jeden z podstawowych priorytetów, upatrując przyczyn w nadmiernej emisji CO₂, spowodowanej spalaniem paliw kopalnych. Stężenie dwutlenku węgla w atmosferze ziemskiej bowiem, które przez ostatnie 10 tys. lat oscylowało wokół 280 ppm, od połowy XIX w. wzrasta o około 1,2 do 2 ppm rocznie i obecnie wynosi około 380 ppm (Stern, 2006). Do metod ograniczających emisję dwutlenku węgla do atmosfery należą „poprawa sprawności wytwarzania energii, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, współspalanie biomasy z węglem, rozwój kogeneracji oraz wdrożenie technologii CCS, która pozwala na wychwytywanie do 90% emisji CO₂ z elektrowni konwencjonalnych” (Raport, 2010).

W tej sytuacji technologia wychwytywania dwutlenku węgla ze spalanych paliw kopalnych, pospolicie zwana sekwestracją CO₂, oraz jego składowanie w głębokich strukturach geologicznych i poziomach wodonośnych, popularnie określane CCS (Carbon Capture and Storage), wydaje się być złotym rozwiązaniem umożliwiającym z jednej strony przy stosunkowo taniej eksploatacji korzystanie z ciągle dostępnych zasobów surowców energetycznych, a z drugiej pozbycie się istotnej i coraz bardziej rosnącej emisji CO₂ do atmosfery. W tym celu w 2009 r. International Energy Agency ogłosiła Mapę drogową CCS dla Świata (<http://www.carboncapturejournal.com/display-news.php?NewsID=577>), a UE wydała pierwszy akt prawny w postaci dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/31/WE w sprawie geologicznego składowania dwu-

tlenu węgla oraz zmieniająca dyrektywę Rady 85/337/EWG, Euratom i inne dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady. Dyrektywa ta stanowi wytyczne dla ustanowienia ram prawnych i czasowych dla wprowadzenia technologii podziemnego składowania CO₂ w państwach członkowskich UE. Jest ona ważna o tyle, że reguluje działalność związaną ze składowaniem dwutlenku węgla, jako że przedsięwzięcia takie zostały podjęte przez niektóre państwa UE znacznie wcześniej, w tym Polskę (Gašiewicz i in., 2010). Na przykład w Borzęcinie k. Wrocławia od 1995 r. działa najstarsza w Europie instalacja wychwytywania i składowania gazów kwaśnych (CO₂ i H₂S) w strefie wodonośnej poniżej złoża gazu (http://www.mos.gov.pl/g2/big/2010_10/aa57e0157c61389df6c29f6973bcf67d.pdf), a w latach 2001–2005 zrealizowano składowanie dwutlenku węgla w pokładach węgla w kopalni „Silesia” na obszarze GZW (projekt RECOPOL) (https://skladowanie.pgi.gov.pl/twiki/pub/CO2/WebHome/Podziemne_sk%B3adowanie_CO2_w_Polsce.pdf). Obecnie nadzór nad stosowaniem CCS będzie sprawowany przez państwa członkowskie, z udziałem Komisji Europejskiej.

Wychwytywanie dwutlenku węgla ze spalanych paliw kopalnych, a następnie składowanie w głębokich strukturach geologicznych i poziomach wodonośnych jest nowym sposobem na eliminację tego ważnego składnika gazów cieplarnianych. Jak każda nowa technologia, tak i ta ujawniła dotychczas szereg problemów, wymagających analizy i rozpoznania. Należą do nich m.in. aspekty prawne, technologiczne i bezpieczeństwa składowania dwutlenku węgla. Zbiór publikacji w niniejszym wydaniu Przeglądu Geologicznego (PG) jest skoncentrowany na dwóch kontekstach CCS, aspektach prawnych oraz zagadnieniu bezpieczeństwa składowania CO₂ w Polsce. Powinno być zrozumiałe dla czytelnika, że zbiór ten nie pretenduje ani do systematycznego przeglądu zagadnień związanych z ww. problemami, ani też do ich syntetycznego ujęcia. Zebrane artykuły nie wyczerpują też wszystkich kwestii bezpośrednio związanych z poruszonymi przez autorów zagadnieniami, prezentują one natomiast aktualny stan legislacji w kraju i poglądy, niekiedy kontrowersyjne, w odniesieniu do bezpieczeństwa podziemnych zbiorników CO₂. Tym samym otwierają one pole do dyskusji tych i innych problemów związanych z geologicznym składowaniem dwutlenku węgla, będącym jednym z największych współczesnych wyzwań geologii, bowiem nie wszystkie istotne aspekty tego przedsięwzięcia mogą być z przyczyn niezależnych dogłębnie i pewnie sprawdzone oraz estetykowane. PG jest dobrym forum krajowym do prezentacji i dyskusji o tym problemie – zapraszamy zatem specjalistów i znawców do przedstawienia swoich poglądów dotyczących technologii CCS.

Przyjęcie „dyrektywy CCS” przez Parlament Europejski i Radę w 2009 r. wymusiło potrzebę zmian w prawodawstwie państw członkowskich UE. Nowa działalność, jaką jest geologiczne składowanie dwutlenku węgla, jest w istocie czynnością złożoną, obejmującą szereg innych aspektów praktycznych, takich jak cały kompleks spraw związanych z koncesją, robotami geologicznymi, transportem medium, planami zagospodarowania, zabezpieczeniami finansowymi, nadzorem, monitoringiem, informacją geologiczną, kontrolą i zamykaniem składowiska, opłatami i in. Są one wyczerpująco przedstawione przez Mariolę Jakoniak.

O ile możliwości zatłaczania CO₂ w struktury geologiczne w Europie są dogodne, to wprowadzanie projektów demonstracyjnych napotyka trudności spowodowane głównie kosztami, a także protestami społecznymi. Jednym z głównych problemów jest tempo rozwoju metody CCS, dlatego też budowa jednostek demonstracyjnych ma na celu doskonalenie tej technologii, zmierzające do obniżenia strat energii w tym procesie i kosztów jej stosowania. Z tego powodu, a także z przyjętego przez UE założenia, że technologia CCS może się rozwijać wolno i na zasadach rynkowych, jak również po to, by istotnie wesprzeć unijne cele klimatyczne, UE podjęła decyzję o dofinansowaniu pierwszych 10–12 projektów demonstracyjnych CCS (Raport, 2010). W Polsce najbardziej zaawansowany projekt CCS związany z budową instalacji demonstracyjnej do wychwytywania i składowania dwutlenku węgla z bloku 858 MW w PGE Elektrowni Bełchatów S.A. został wycofany z konkursu o dofinansowanie ze środków europejskich. Jak stwierdzają Małgorzata Mika-Bryska i Elżbieta Wróblewska, w Polsce brak jest ekonomicznego uzasadnienia dla budowy dużych projektów demonstracyjnych, wymagają one bowiem udziału środków państwowych. Kluczowe są zatem koszty technologii wychwytywania i składowania CO₂, wydatek energii na obsługę ciągu CCS, który w konsekwencji obniża sprawność bloków energetycznych. Autorki postulują też dalszy rozwój technologii CCS, gdyż jej stan obecny nie wskazuje na szybką komercjalizację tej działalności. Jest to o tyle uzasadnione, że choć składniki tej technologii są generalnie znane, to stosowane na małą skalę (w przemyśle spożywczym, przy eksploatacji złóż węglowodorów), nie przekładają się one na działania przemysłu wielkoskalowego, obejmującego oczyszczanie gazów spalinowych elektrowni, cementowni, hut. W związku z tym prace koncentrują się na doskonaleniu najdroższego składnika technologii CCS, tj. na technikach wychwytu CO₂. Nie widać również długoterminowej rentowności projektów demonstracyjnych, choć przewidywania specjalistów wskazują, że CCS na szeroką skalę w elektrowniach może stać się opłacalne w perspektywie 10–15 lat.

Liczne projekty CCS (z)realizowane na całym świecie wydają się jasno dowodzić, że geologiczne składowanie CO₂ jest bezpieczne. Znany medialnie przypadek pp. Kerr z kanadyjskiej prowincji Saskatchewan, którzy opuścili swoją posiadłość na skutek, potwierdzonego przez specjalistów, niezwyklego stężenia dwutlenku węgla w ich ziemi w 2011 r. przekonuje wielu, że pompowanie pod ziemię dwutlenku węgla wcale nie jest bezpiecznym sposobem ochrony środowiska. Podejrzanie bowiem padło na kon-

cern energetyczny Cenovus, który na pobliskim polu naftowym Weyburn-Midale wpompowuje dwutlenek węgla na głębokość ok. 1,5 km. Jednakże badania wykazały, że wody z tego obszaru zawierały normalne ilości helu, co wykluczyło powstanie przecieku (New Scientist, 2011). Podobne przypadki, jak również nieznaną metodą prowadzą niekiedy do wzrostu społecznego sceptycyzmu wobec technologii CCS. Na sceptycyzm może wskazywać wstrzeźliwość Niemiec wobec ogólnoswiatowej tendencji do geologicznego składowania dwutlenku węgla w strukturach geologicznych.

Prawo federalne Niemiec jest ramowe, a jego wprowadzenie w landach jest regulowane przez prawo poszczególnych krajów związkowych. Peter Gerling wskazuje, że negatywne stanowiska czterech landów odnośnie możliwości składowania CO₂ w perspektywnym basenie północnoniemieckim eliminuje większą część potencjalnego obszaru dla zmagazynowania dwutlenku węgla w Niemczech. Autor konkluduje pesymistycznie, że obecnie technologia CCS nie stanowi dla ustawodawstwa niemieckiego istotnego elementu ochrony klimatu i by mimo wszystko włączyć się w ogólnoswiatowy trend należy rozważyć możliwość składowania CO₂ na obszarach morskich poza 12-milową strefą wód terytorialnych.

Mateusz Mamczar i Mariusz Orion-Jędrysek, porównując prawodawstwo, sytuację geologiczną Niemiec i Polski oraz stwierdzając, że technologia CCS jest nie do końca sprawdzona i konieczne są dalsze badania, formułują postulat (czasowej?) rezygnacji z projektów podziemnego składowania CO₂. Możliwość taką przewiduje „dyrektywa CCS”. Aby to zrealizować autorzy proponują jak najszybszą zmianę ustawy Prawo geologiczne i górnicze, uchwalonej we wrześniu 2013 r., która nie daje dostatecznej ochrony dla ludzi i środowiska i uzupełnienia jej o możliwości jakie daje art. 4 ust. 1 Dyrektywy 2009/31/WE.

Adam Wójcicki prezentuje główne typy struktur geologicznych i mechanizmy wpływające na pojemność geologicznego składowania CO₂ w poziomach wodonośnych solankowych. Autor ten wskazuje, że jedyne realne zagrożenia dla środowiska można wiązać z eksploatacją złóż węglowodorów i naruszeniem integralności poziomów uszczelniających w ich nadkładzie, powodujących wstrząsy sejsmiczne, co w naszych warunkach geologicznych uznaje za mało prawdopodobne. Podsumowując stwierdza, że nie są znane przykłady istotnego oddziaływania geologicznego składowania CO₂ na środowisko, choć są notowane (wstrząsy sejsmiczne) w przypadku innych, podobnych technologicznie przedsięwzięć, wykorzystujących górotwór, jak np. geotermia, szczelinowanie hydrauliczne.

Bezpieczeństwo podziemnych składowisk wymaga rozwiązania wielu złożonych problemów nie tylko technicznych, ale i geologicznych. Bezpieczeństwo to ma zapewnić wykorzystanie odpowiednich kompleksów skalnych (o dużej miąższości, znacznym rozprzestrzenieniu i dobrych właściwościach kolektorskich), izolowanych od otoczenia (Tarkowski & Stopa, 2007). Grzegorz Pieńkowski, cytując szereg danych analitycznych bez bezpośredniego związku z cechami skał zbiornikowych, wpływającymi bezpośrednio na bezpieczeństwo składowania CO₂, przedstawia interesujący przykład zastosowania analizy sedymentologicznej i korelacji stratygraficzno-se-

kwencyjnej dla wyznaczenia rozkładu przestrzennego układów sekwestracyjno-magazynowych w serii osadowej dolnej jury w epikontynentalnym basenie Polski. Czy jednak rozpoznanie architektury facjalnej jest wystarczające do stwierdzenia, że geologiczne składowanie CO₂ jest bezpieczne?

Z punktu widzenia prezentowanych w tym zbiorze publikacji zagrożenia składowaniem CO₂ w strukturach geologicznych nie ma. Należy jednak podkreślić, że publikacje te nie stanowią pełnego spektrum zagadnień związanych z bezpieczeństwem tych zbiorników podziemnych. Dwutlenek węgla nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi, nawet jeśli przedostanie się ze składowiska na powierzchnię. Istotne jest co innego. Ze względu na niewielkie doświadczenia z CCS i nieznaną długoterminowe skutki podziemnego składowania CO₂ technologia ta może budzić wątpliwości. W czasie niedawnej Międzynarodowej Konferencji POWER RING 2014 – „Europejski rynek energii między Zjednoczoną Europą i odrębnością narodową” (Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 8.12.2014) prof. Jerzy Buzek, przewodniczący Komisji Parlamentu Europejskiego ds. Przemysłu, Badań Naukowych i Energetyki, a także przewodniczący Społecznej Rady ds. Zrównoważonego Rozwoju Energetyki powiedział w czasie uroczystego otwarcia:

„Nie należy unikać paliw kopalnych, należy zmniejszyć ich emisyjność. Technologia CCS, której jestem zwolennikiem nieprzerwanie od 8 lat, która napotyka tak wielkie opory w naszym kraju – przyznajmy to, często polityczne, z nieznanymi konsekwencjami. Pamiętając, że nie jest ona sprawdzona, ale pamiętając także, że każda innowacyjność polega na tym, że zabieramy się za niesprawdzoną technologię. Jak technologia jest sprawdzona, trudno mówić o innowacyjności. I to do nas należy obowiązek, żeby się nią zająć, a Unia Europejska chce płacić i jest gotowa płacić” (https://www.youtube.com/watch?v=2oeHgQeR_28).

Chociaż Grzegorz Pieńkowski odsyła obawiających się metody CCS (co ważne nie zawsze przeciwników) poza sferę nauki, w sferę „mityczno-ideologiczną”, to z całą pewnością nie można dzisiaj w sposób wiążący rozwiązać obawy społecznej odnośnie bezpieczeństwa technologii CCS i to pomimo skutecznego składowania CO₂ w strukturach podziemnych (np. Tarkowski & Stopa, 2007). Przyznał to też prof. J. Buzek. Pomijając kwestię tektoniki obszarów warto pamiętać, że procesy lityfikacji i delityfikacji z udziałem CO₂ mogą przebiegać bardzo szybko. Wystarczy tu przypomnieć żniwa kamienne na plażach wysp Pacyfiku, gdzie ludność corocznie eksploatuje zlityfikowane płyty piaszczyste do celów budowlanych, czy też pospolite zjawiska krasowe powodujące niekiedy zjawiska katastrofalne, jak w Chorwacji czy na Florydzie.

Pomijając więc kwestie związane z *public relations*, brak analizy właściwości petrofizycznych i cech strukturalnych skał zbiornikowych (niejednorodność zrębu skalnego) (por. Baines & Worden, 2004) i bardzo krótki czas funkcjonowania składowisk CO₂ (struktury geologiczne reagują znacznie wolniej) powoduje konieczność predykcji CO₂ w podziemnym zbiorniku dlatego, że żadne eksperymenty ani testy nie mogą przebiegać w skali tysięcy lat. Co istotne, wiele modeli geochemicznych przewiduje, że znaczący procent zatłoczonego CO₂ będzie reagować ze skałami zbiornika, tworząc stałe fazy mineralne i efektywnie sekwestrując CO₂ (np. Baines & Worden, 2004; Wil-

kinson i in., 2009). Pierwszorzędnym zadaniem jest zatem identyfikacja reakcji chemicznych, które wystąpią i dokładne określenie ilości CO₂ biorącego w nich udział. Jak to wpłynie na stabilność podziemnego zbiornika? Jest to ważne i dlatego, że zakłada się, że technologie wychwytywania dwutlenku węgla z procesów spalania paliw i magazynowania go pod ziemią posłużą ludzkości przez kilkadziesiąt lat, do czasu, aż wynalezione zostaną inne metody wytwarzania energii niż z paliw kopalnych (Raport, 2010).

Międzynarodowa Agencja Energii, rozważając różne scenariusze do 2050 r. szacuje, że zastosowanie CCS może doprowadzić do ok. 20% redukcji emisji CO₂ na świecie. Jak na ludzkie możliwości jest to pewnie dużo. Czy jednak ta ilość zatrzymanego (bo przecież nie usuniętego) CO₂, ten znikomy (rzędu promili) wkład ludzkości w ogólny poziom tego gazu w atmosferze ziemskiej jest w stanie zatrzymać procesy planetarne? Czyż rzeczywiście nie jest to tylko przejaw ludzkiej pychy?

Być może, i miejmy nadzieję, że ten „cywilizacyjny” wkład w redukcję CO₂ w atmosferze ziemskiej może złagodzić klimatyczne fluktuacje, które zaczynają nękać dynamicznie rozwijającą się ludzkość i wesprzeć naturalną sekwestrację CO₂ przez najbardziej efektywne procesy biotyczne (bio-sekwestracja), jakimi są oceaniczne systemy wód powierzchniowych. Niewątpliwą korzyścią zaś jest to, jak zauważył G. Pieńkowski, że rozwój technologii CCS i związanej z tym wiedzy może się przyczynić do rozwoju innych technologii, np. wspomaganie produkcji węglowodorów (także niekonwencjonalnych) czy magazynowania substancji użytecznych (metanu) w solankowych poziomach wodonośnych.

LITERATURA ŹRÓDŁOWA

- BAINES S.J. & WORDEN R.H. (red.) 2004 – Geological Storage of Carbon Dioxide. Geological Society, London. Special Publications, 233: 17–28.
- GAŚIEWICZ A., BOS C., CZAPOWSKI G., EVANS D., GÓRECKI W., HAJTO M., HOLLIDAY D., HOLLOWAY S., JONES N., KASIŃSKI J., KĘPIŃSKA B., KRAMERS L., LAENEN B., LOTT G., LOKHORST A., MATHIESEN A., MAY F., ROWLEY J., SCHMIDT S., SEDLACEK R., SEIBT P., SIMMELINK E., TARKOWSKI R., ULIASZ-MISIAK B., VAN WEES D., WILDENBORG A., WOLFGGRAMM M. & WONG T. 2010 – Applied geology. [W:] Doornenbal J.C. & Stevenson A.G. (red.) Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. EAGE Publications b.v. (Houten): 283–299.
- NEW SCIENTIST 2011 – Carbon capture and storage gets a clean bill of health. New Scientist, 15 Dec 2011, no. 2843.
- RAPORT 2010 – Technologia wychwytywania i geologicznego składowania dwutlenku węgla (CCS) sposobem na złagodzenie zmian klimatu. Raport na zlecenie Polskiej Konfederacji Pracodawców Prywatnych Lewiatan. Warszawa.
- RZECZPOSPOLITA 2008 – Człowiek nie ma nic do klimatu. Wywiad Marcina Rafałowicza.
- STERN N. 2006 – The Economics of Climate Change, The Stern Review, Cambridge University Press.
- TARKOWSKI R. & STOPA J. 2007 – Szczelność struktury geologicznej przeznaczonej do podziemnego składowania dwutlenku węgla. Gosp. Sur. Mineral., 23 (1): 29–137.
- WILKINSON M., HASZELDINE R.S., FALLICK A.E., ODLING N., STOKER S.J. & GATLIFF R.W. 2009 – CO₂-mineral reaction in a natural analogue for CO₂ storage-implications for modeling. J. Sediment. Research, 79: 486–494.

Andrzej Gaśiewicz
Redaktor Naczelny PG