

Wojciech BIALIK¹
Stanisław GIL²
Piotr MOCEK³
Bogusław GRADON⁴
Bolesław MACHULEC⁵
Józef OCHMAN⁶

OGRANICZENIE SKUTKÓW EMISJI DITLENKU WĘGLA PRZY WYKORZYSTANIU NATURALNEJ SEKWESTRACJI

W artykule przedstawiono analizę możliwości wykorzystania i rozwoju obszarów leśnych o odpowiedniej strukturze drzewostanu, jako ujemnego źródła emisji CO₂ ze szczególnym uwzględnieniem warunków panujących w Polsce. Skala finansowania energetyki jest tak wielka, iż przekierowanie odpowiednich kwot pieniędzy w obszary leśne nie wydaje się być działaniem niewykonalnym. Jedną z możliwości obniżających koszt takiego działania mogłoby być przekazywanie przez agencję rynku rolnego części nieużytków do zalesiania na określony czas, po którym obszar ten jako użytek leśny stawałby się terenem o określonej wartości dodanej. Wykazano, że koszty inwestycji w naturalny sposób pochłaniania CO₂ mogą być nawet dziesięciokrotnie niższe od kosztów budowy instalacji wychwytywania CO₂ ze spalin i magazynowania. Lasy o odpowiedniej strukturze drzewostanu uczestniczą w kształtowaniu poziomu stężeń tego tlenu w atmosferze. Pod względem ekonomicznym inwestowanie w takie źródła wymaga znacznie mniejszych nakładów w porównaniu z proponowanymi metodami sekwestracji dwutlenku węgla. Obecnie wielkość naturalnych źródeł absorpcji CO₂ oraz wysiłki podejmowane w kierunku zwiększenia ich efektywności nie są brane pod uwagę przy doborze kryteriów przydziału limitów emisyjnych poszczególnym krajom Unii Europejskiej. Polska posiada znaczne obszary nieużytków możliwych do zagospodarowania pod uprawy leśne. Zaistnienie odpowiednich przepisów mogłoby stworzyć szansę dla polskiego przemysłu w zakresie dotrzymania zobowiązań proekologicznych przy możliwych do zaakceptowania nakładach finansowych. Problem wymaga dalszych wnikliwych badań.

Słowa kluczowe: CO₂, emisja, globalne ocieplenie, sekwestracja, fotosynteza

¹ Autor do korespondencji: Wojciech Bialik, Politechnika Śląska, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, wojciech.bialik@polsl.pl

² Stanisław Gil, Pol. Śl., 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, stanislaw.gil@polsl.pl

³ Piotr Mocek, Główny Instytut Górnictwa, 40-166 Katowice, Plac Gwarków 1, pmocek@gig.eu

⁴ Bogusław Gradon, Pol. Śl., 40-019 K-ce, ul. Krasińskiego 8, boguslaw.gradon@gmail.com

⁵ Bolesław Machulec, Pol. Śl., 40-019 -ce, ul. Krasińskiego 8, boleslaw.machulec@polsl.pl

⁶ Józef Ochman, Pol. Śl., 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, jozef.ochman@polsl.pl

1. Wprowadzenie

Prognozy prawdopodobnych zmian klimatycznych sprawiają, że rośnie, zwłaszcza w ostatnich latach, zainteresowanie emisją dwutlenku węgla jako gazu cieplarnianego [1]. Chociaż gaz ten powstaje w wielu procesach naturalnych, to powszechnie akceptowany jest pogląd, że główną przyczyną obserwowanego wzrostu jego stężeń w atmosferze i prawdopodobnie zakłócenia ziemskiego efektu cieplarnianego jest gwałtowny rozwój działalności gospodarczej człowieka, zwłaszcza procesów spalania paliw kopalnych dla pozyskiwania ciepła i energii elektrycznej. Udział CO₂ w atmosferze ziemskiej wzrósł o ponad 100 ppm w stosunku do okresu przedindustrialnego i ciągle rośnie. Według prognoz Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) zapotrzebowanie na energię pierwotną w świecie wzrośnie do 2030 roku o 60% w odniesieniu do roku 2002 [2]. Ponadto przewiduje się, że blisko 90% tego zwiększonego zapotrzebowania będzie pochodzić z paliw kopalnych. Konsekwencją prognozowanych zmian rozwojowych może być wzrost globalnej emisji CO₂ z ok. 23 miliardów ton rocznie rejestrowanych na początku bieżącego stulecia do blisko 46 miliardów ton/rok w latach pięćdziesiątych [3]. Z drugiej strony, coraz bardziej realna groźba globalnego ocieplenia zmusza do podejmowania odpowiednich działań [1]. Szczególnie ambitne cele w tym zakresie stawia sobie Unia Europejska, zakładając obniżenie emisji CO₂ w krajach członkowskich do 2020 roku o 20% w stosunku do emisji z początków stulecia [4].

Koszty ekologiczne [5] stają się coraz bardziej istotnym składnikiem ogólnych kosztów działalności gospodarczej, zwłaszcza w obliczu rysującej się tendencji do zaostrzania limitów emisyjnych przyznawanych w ramach handlu zezwoleniami na emisję. Emitenci zmuszeni są wybierać pomiędzy nakładami na inwestycje proekologiczne, a koniecznością zakupu odpowiedniej ilości zezwoleń. Nie bez znaczenia są również koszty społeczne, objawiające się często wzrostem cen ciepła i energii elektrycznej.

Dostępne obecnie sposoby obniżania emisji CO₂ to między innymi:

- poprawa sprawności energijnej istniejących urządzeń,
- rozwój energetyki jądrowej,
- wykorzystanie bezemisyjnych odnawialnych źródeł energii,
- zwiększenie sprawności elektrowni konwencjonalnych przez zastosowanie kotłów na parametry nadkrytyczne.

Intensywnie badana i rozwijana jest metoda sekwestracji CO₂ w połączeniu ze spalaniem w czystym tlenie. Stosunkowo niewiele uwagi poświęca się roli oraz możliwości intensyfikacji usuwania drobin CO₂ z atmosfery w naturalnym procesie fotosyntezy. W artykule przedstawiono wyniki analizy tego kierunku działań w zestawieniu z metodą sekwestracji dla warunków panujących w Polsce.

2. Sekwestracja CO₂

Usuwanie CO₂ ze spalin i jego sekwestracja pozwala prawie całkowicie wyeliminować emisję tego tlenku z dużych urządzeń cieplnych pod warunkiem uniknięcia emisji wtórnych. Do wysoce skutecznych metod usuwania CO₂ należą metody membranowe i absorpcyjne z regeneracją sorbentu [6]. Metody te, możliwe do realizacji w skali wielkoprzemysłowej, prowadzą do otrzymania stężonego roztworu o zawartości dwutlenku węgla powyżej 90%. Roztwór taki mógłby być następnie wtlaczany w otwory geologiczne lub głębiny morskie. Do najbardziej efektywnych metod, spośród dotychczas opracowanych, należy metoda polegająca na separacji CO₂ na membranach, a następnie wtlaczaniu go w wodę morską bezpośrednio w elektrowni. Proces przebiega podczas przepływu spalin przez warstwę rozdrobnionego kamienia wapiennego ciągle zwilżanego wodą [7]. W rezultacie woda zostaje nasycona dwuwęglanami i jest odprowadzana do morza. Koszt usuwania CO₂ tą metodą dla elektrowni w obszarach nadmorskich waha się w granicach od 40 do 140 pln/MgCO₂. Jej wadą jest możliwość występowania zaburzeń w pływach oceanicznych.

W warunkach polskich koszty budowy instalacji pochłaniającej zakładaną wartość 20% emisji CO₂ wraz z kosztami eksploatacji w założonym okresie 25 lat oscylują wokół wartości 1,0-1,5 pln/W. Sam koszt składowania w zależności od typu instalacji wynosi 0,1 do 0,14 pln/kWh dla bloków parowo gazowych, 0,21 do 0,42 pln/kWh dla kotła pyłowego i 0,14 do 0,25 pln/kWh dla kotła działającego w zintegrowanym cyklu ze zgazowaniem węgla [8]. Sumy te składają się na wartość dodaną kosztów energii elektrycznej w wysokości 0,37 do 0,83 pln/kWh. Ponoszenie takich kosztów przez energetykę zawodową może przy obecnych taryfach prowadzić do nieakceptowanego społecznie nawet pięciokrotnego wzrostu cen energii elektrycznej.

Krytycy metody sekwestracji, zwłaszcza składowania CO₂ w jamach geologicznych zwracają uwagę na możliwość wystąpienia wtórnych emisji wskutek dyfuzji tlenku w kierunku powierzchni Ziemi. Należy również zauważyć, że metody sorpcyjne nie są technologiami bezodpadowymi, a produkty sorpcji nie nadają się w pełni do ponownego wykorzystania. Zastosowanie sekwestracji może spowodować spadek skumulowanej sprawności obiegu elektrociepłowni o ok. 7 do 10%. Przy wysokich kosztach utylizacji CO₂ może się zdarzyć, że w wyniku kalkulacji ekonomicznej producenci energii przyjmą opłaty za emisje jako bardziej opłacalne, wstrzymując tym samym inwestycje proekologiczne.

3. Sorpcja CO₂ przez obszary leśne

W ramach badań problemu przeprowadzono symulację dodatkowego zalesienia obszarów nieużytków. Przyjęto przy tym następujące założenia:

- pełna eksploatacja lasu rozpoczyna się po 50 latach,

- sadzone są lasy mieszane charakterystyczne dla pierwotnego drzewostanu Polski.

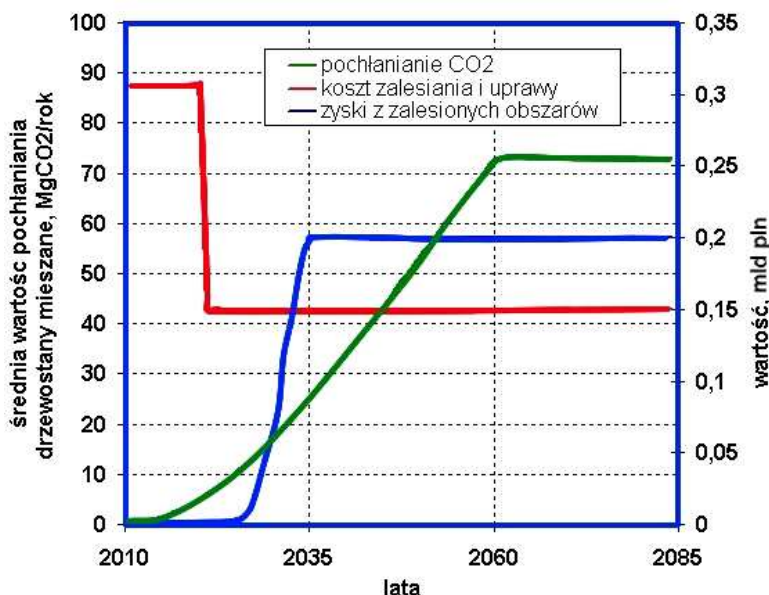
Przeprowadzono również obliczenia dla obiegów współspalania biomasy z węglem. Obliczenia wykonano dla dwóch mieszanin węgla i biomasy: o zawartości 20% i 5% masowych pierwiastka węgla z biomasy. W obydwu przypadkach 25% wkładu biomasy stanowiły odpady drzewne pozyskiwane z upraw własnych. Na podstawie analiz dostępnych danych dla drzewostanów charakterystycznych dla Polski [9] wyznaczono wartości pochłaniania CO₂.

Rezultaty badań dotyczą drzewostanów z całego obszaru naszego kraju. Badania zamieszczone w pracy [9] pozwoliły określić szybkość pochłaniania różnego typu drzewostanów. Zakładając addytywność wartości pochłaniania mieszanego drzewostanu wyznaczano zdolności akumulacji CO₂ dla różnego rodzaju nasadzeń. Kalkulacja ekonomiczna pokazała (rys. 1), że w obecnej sytuacji rynkowej najlepszą metodą absorpcji CO₂ może być zwiększanie areałów upraw leśnych, szczególnie lasów mieszanych ze zróżnicowaną strukturą biologiczną odporną na szkodniki.

Całkowite koszty uprawy z uwzględnieniem przygotowania, nawożenia i walki ze szkodnikami kształtuje się na poziomie 4000 zł/hektar. Wykup ziemi z zasobów Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa po cenach rynkowych to koszt rzędu 8000 zł/hektar. Możliwe są dwie opcje: w pierwszej ziemia jest zalesiana w ramach własności państwowej, a w drugiej kupowana z zasobów nieużytków rolnych. W pierwszym przypadku koszty jednostkowe wynoszą 0,46 zł/W (0,12 zł/kWh) dla starych instalacji o sprawności 0,36 współspalających 20% biomasy i 0,32 zł/W (0,09 zł/kWh) dla instalacji nowych o sprawności 45%. Przy wykupie gleby z zasobów nieużytków rolnych wartości te wynoszą kolejno 0,36 zł/kWh oraz 0,27 zł/kWh. W analizie obydwu opcji przyjęto minimalną wartość pochłaniania CO₂ na poziomie 72 MgCO₂/(rok-hektar).

Jak widać z przeprowadzonych kalkulacji, prezentowany kierunek działania może stanowić bardzo interesujące rozwiązanie z punktu widzenia kosztów energii. Przynosi on również inne korzyści społeczne wynikające z rozsądnie prowadzonej strategii zalesiania. Warto podkreślić, że prezentowana analiza została przeprowadzona dla założonego pochłaniania pięciokrotnie większej ilości CO₂, niż miało to miejsce w przypadku analiz ekonomicznych układów absorpcyjno-desorpcyjnych.

Lasy zajmują około 28% obszaru Polski. Planuje się, że do 2020 roku ich powierzchnia powiększy się o dodatkowe 2%. Kompensacja 40% całkowitej emisji przemysłowej CO₂, jeśli przyjąć ją na poziomie uprawnień, czyli 208.5 Mg/rok wymagałaby zwiększenia tej powierzchni o dalsze 4%. Inwestycją w ramach omawianej metody byłoby zatem powiększenie obszaru zalesionego kosztem nieużytków do 33-34% terytorium naszego kraju, co jest możliwe do osiągnięcia.



Rys. 1. Przewidywane efekty zalesienia obszaru nieużytków o powierzchni 2×10^6 hektarów

Fig. 1. The predicted effects of afforestation of wastelands of 2×10^6 ha

Skala finansowania energetyki jest tak wielka, iż przekierowanie odpowiednich kwot pieniędzy w obszary leśne nie wydaje się być działaniem niewykonalnym. Jedną z możliwości obniżających koszt takiego działania mogłoby być przekazywanie przez agencję rynku rolnego części nieużytków do zalesiania na określony czas, po którym obszar ten jako użytek leśny stawałby się terenem o określonej wartości dodanej. Interesująca jest również możliwość pozyskiwania w sposób racjonalny z obszarów zalesionych przez sektor energetyczny określonych ilości biomasy w postaci naturalnego odpadu drzewnego. Taka internalizacja działań może zatem dawać wiele pożytecznych efektów. Należy również pamiętać o walorach rekreacyjnych nowych kompleksów leśnych.

Lasy o odpowiedniej strukturze drzewostanu stanowią „ujemne źródło” CO₂, uczestniczące w kształtowaniu poziomu stężeń tego tlenu w atmosferze. Pod względem ekonomicznym inwestowanie w takie źródła wymaga znacznie mniejszych nakładów w porównaniu z proponowanymi metodami sekwestracji dwutlenku węgla.

Obecnie wielkość naturalnych źródeł absorpcji CO₂ oraz wysiłki podejmowane w kierunku zwiększenia ich efektywności nie są brane pod uwagę przy doborze kryteriów przydziału limitów emisyjnych poszczególnym krajom Unii Europejskiej. Polska posiada znaczne obszary nieużytków możliwych do zagospodarowania pod uprawy leśne. Zaistnienie odpowiednich przepisów mogłoby

stworzyć szansę dla polskiego przemysłu w zakresie dotrzymania zobowiązań proekologicznych przy możliwych do zaakceptowania nakładach finansowych. Problem wymaga dalszych wnikliwych badań.

4. Wnioski

- Prowadzenie planowanej gospodarki leśnej przynosi wymierne korzyści całemu środowisku przyrodniczemu, zalesienie pierwotnymi drzewostanami w całym cyklu działania charakteryzuje się zarówno niższą kosztocłonnością jak i znacznie niższą ilością odpadowych substancji w odniesieniu do sorpcji chemicznej.
- Koszt inwestycji w lasy jako źródło usuwania drobin CO₂ z atmosfery jest około dziesięć razy niższy od kosztów inwestycji w technologie sekwestracji.
- Polityka zamiennego zalesiania w skali globalnej nie tylko pozwoli zmniejszyć emisje, ale może również w rezultacie zmniejszać stężenia CO₂ w atmosferze.
- Rozwój naturalnych metod usuwania CO₂ z atmosfery wymaga zmiany kryteriów przyznawania limitów emisji CO₂ dla krajów UE, tak, aby były one powiązane z wielkością obszarów zalesionych w danym kraju oraz wysiłkami podejmowanymi w kierunku zwiększenia ich efektywności.

Literatura

- [1] IPCC Fourth Assessment Report 2007.
- [2] World Energy Outlook 2004, International Energy Agency, (61 2004 25 1P1)ISBN-92-64-1081-73-2004, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/weo2004.pdf> [dostęp: 2010 r.].
- [3] Pacala S., Sokolow R.: Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies, *Science*, 305, 5686, 2004, pp. 968-972.
- [4] http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm [dostęp: 2010 r.].
- [5] Pigou A.C.: *The Economics of Welfare* (4-th edition), Macmillan and Co., London 1932.
- [6] Pacheco M.A.: *Mass Transfer, Kinetics and Rate-Based Modeling of Reactive Absorption*, The University of Texas at Austin, 1998.
- [7] Rau G.H., Caldeira K.: Minimizing Effects of CO₂ Storage in Oceans, *Science* 11, 295, 2002, pp. 275–276.
- [8] Balcewicz J.: Podziemna sekwestracja dwutlenku węgla, *Gigawat Energia*, nr 2, 2006.
- [9] Zianis D., Makipaa R., Mencuccini M.: Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species In Europe, *Silva Fennica* 4, 2005.

LIMITATION OF THE IMPACT OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS USING NATURAL SEQUESTRATION

Summary

The article presents an analysis of the use and development the forest areas about the appropriate structure tree stand as negative sources of CO₂ emissions with particular emphasis on conditions in Poland. Financing scale of power industry is so large that the redirecting of appropriate amounts of money in forest areas does not seem to be an impossible action. One possibility to lower the cost of such action would be forwarding uncultivated by an agricultural market agency for afforestation for a limited time, after which the forest terrain would become an area of a specific added value. It has been shown that the investment cost of natural way CO₂ absorption can be up to ten times lower than the cost of plant construction to capture CO₂ from the flue gas and storage. Forests of suitable stand structure take part in the level of concentration of the oxide in the atmosphere. In economic terms, investing in such sources requires much less effort compared with the proposed methods of carbon dioxide sequestration. Currently, the volume of natural sources of CO₂ absorption and efforts to increase their efficiency are not taken into considered when selecting the criteria for the allocation of emission limits to individual countries of the European Union. Poland has vast areas of wastelands possible to development under plantation forestry. The occurrence of the relevant provisions could create an opportunity for the Polish industry in terms of its commitments under the environmental acceptable cost. The problem requires further in-depth research.

Keywords: carbon dioxide emission, global warming, sequestration, photosynthesis

DOI:10.7862/rb.2014.74

Przesłano do redakcji: 18.11.2014 r.

Przyjęto do druku: 16.12.2014 r.

