

■ **Jakub Bator,**  
Członek Zarządu, Krakowski Holding Komunalny S.A. Krakowie

# Innowacyjne technologie wychwytu, składowania oraz utylizacji CO<sub>2</sub>

W ostatnich latach można zauważyć znaczny wzrost rozwoju ekonomicznego na całym świecie. Naturalnym następstwem tego jest zwiększone zapotrzebowanie na energię, czego konsekwencją jest zużywanie większych ilości paliw, a w szczególności paliw kopalnych, które stanowią główne źródło energii. Efektem tego jest zdecydowany wzrost emisji gazów cieplarnianych, a zwłaszcza ditlenku węgla, który jest uważany za główne źródło powstawania efektu cieplarnianego. Z tego względu dekarbonizacja systemu energetycznego jest jednym z kluczowych elementów dla realizacji postawionych przez UE celów klimatycznych, gdzie jednym z głównych założeń jest osiągnięcie neutralności klimatycznej pod względem emisji ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>) do 2050 r.

Bez względu na obowiązki nakładane przez regulacje prawne, powinno się podejmować wszelkie działania, które spowodują zredukowanie emisji CO<sub>2</sub>, także na szczeblu lokalnym. Jed-

znaczona za jedną z kluczowych technologii. Metoda ta w znaczący sposób może obniżyć emisję CO<sub>2</sub>, dlatego też coraz częściej jej stosowanie jest rozważane zarówno w zakładach przemysłowych

CO<sub>2</sub> może być usuwany z procesów energetycznych przed, po lub podczas procesu spalania paliwa w kotle. Usunięcie CO<sub>2</sub> przed spaleniem, czyli tzw. pre-combustion, jest rozwiązaniem opierającym się na procesie zgazowania węgla w obecności tlenu w warunkach wysokiego ciśnienia. Produktem tego procesu jest gaz syntezowy, zawierający wodór i dwutlenek węgla. Dwutlenek węgla może być również usuwany w procesie oxy-spalania, czyli spalania paliwa w mieszaninie tlenu i dwutlenku węgla. CO<sub>2</sub> ze spalin końcowych zawracany jest do procesu w celu regulowania temperatury spalania w kotle.

”

Usunięcie dwutlenku węgla po procesie spalania, czyli tzw. post-combustion jest najczęściej spotykaną metodą w przypadku klasycznych elektrowni opalanych węglem

ną z możliwości obniżenia poziomu gazów cieplarnianych jest zastosowanie technologii wychwytu CO<sub>2</sub>, jego składowania lub utylizacji (CCUS), która jest

wych produkujących energię elektryczną i ciepłą, jak i w cementowniach oraz instalacjach termicznego przekształcania odpadów komunalnych.

Powstałe w ten sposób spaliny stanowią mieszaninę głównie dwutlenku węgla i pary wodnej. Usuwanie dwutlenku węgla po procesie spalania, czyli tzw. post-combustion jest najczęściej spotykaną metodą w przypadku klasycznych elektrowni opalanych węglem. Układ technologiczny sprowadza się do dodania do wyposażenia bloku energetycznego zespołu urządzeń pełniących funkcję absorbera i desorbera  $\text{CO}_2$ . Kiedy  $\text{CO}_2$  zostanie wychwycony, kolejnym etapem jest przetransportowanie go w miejsce potencjalnego składowania. Najlepszą formą transportu jest rurociąg. Ostatni etap procesu CCS to składowanie lub inne zagospodarowanie dwutlenku węgla (sekwestracja)<sup>1</sup>.

Metody sekwestracji dzieli się na:

- Biologiczne - czyli wychwyt dwutlenku węgla poprzez biosferę (proces fotosyntezy, który zapewnia redukcję dwutlenku węgla przy pomocy naturalnej energii słonecznej i procesu biologicznego w roślinie do postaci tlenu)<sup>2</sup>.
- Fizyczne składowanie (tzw. składowanie geologiczne) - składowanie  $\text{CO}_2$  w głębokich strukturach geologicznych, jest jedną z możliwości ograniczenia emisji  $\text{CO}_2$  do atmosfery<sup>3</sup>. Technologia wychwytu i składowania dwutlenku węgla w głębokich strukturach geologicznych (górotworze, lub w dnach morskich), co prawda nie pozwala na bezpośrednie obniżenie antropogenicznej emisji  $\text{CO}_2$ , uważana jest jednak za najbardziej obiecującą i dostępną w krótkim czasie technologię, która pozwalałaby na zmniejszenie ilości emitowanego do atmosfery  $\text{CO}_2$ , a tym samym na łagodzenie skutków antropogenicznej emisji  $\text{CO}_2$ <sup>4</sup>.
- Chemiczne - czyli mineralna karbonatyzacja, zwana również mineralną sekwestracją. Metoda ta, może być rozważana zarówno w kontekście składowania, jak i utylizacji



Rys. 1. Popioły lotne po mineralnej karbonatyzacji

$\text{CO}_2$ . Polega na reakcji  $\text{CO}_2$  z tlenkami metali (np. magnez, tlenek wapnia)<sup>5</sup>. Rezultatem połączenia są cementopodobne substytuty,

gotowe do dalszego przetwarzania, takie jak:

– substytut materiału budowlanego (pustaki, materiały budowlane),

- substytut nawozu mineralnego (wzmoczona humifikacja, biologiczna inicjacja kwasów huminowych, pozwalająca roślinom przy rekultywacji nieużytków wzbogacić wegetację),
- może stanowić również nawóz wapniowy do odkwaszania gleb jako zastosowanie rolnicze<sup>6</sup>.

Proces mineralnej karbonatyzacji może być rozważany zarówno w kontekście składowania, jak i utylizacji CO<sub>2</sub>. W Zakładzie Termicznego Przekształcania Odpadów w Kraków (ZTPO Kraków) przeprowadzane są badania mające na celu określenie w jakich warunkach, tj. pod jakim ciśnieniem i w jakiej temperaturze mineralna karbonaty-

ku wapnia, mogą one zostać wykorzystane jako wartościowy produkt, m. in. w produkcji materiałów budowlanych. Z tego względu istotnym elementem badań jest modyfikacja odpadu w taki sposób, aby zmienić właściwości fizyko-chemiczne, a co za tym idzie - jego kod z odpadu niebezpiecznego na inny niż niebezpieczny.

Przedmiotem badań było pobranie próbek popiołów lotnych charakteryzujących się wysoką zawartością tlenu wapnia i poddanie ich procesowi mineralnej karbonatyzacji w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia. Przeprowadzone badania miały na celu określenie temperatury, w której proces mineralnej karbonatyzacji cechuje się największą wydajnością. Obecność

ni zredukować ilość tlenu wapnia jaki występuje w składzie UPS - na rzecz powstającego węglanu wapnia. Przeprowadzone badania eksperymentalne pokazują, że możliwe jest zmniejszenie udziału CaO w badanych próbkach i tym samym zwiększenie zawartości CaCO<sub>3</sub>. Wyniki badań stanowią podstawę do prowadzenia dalszych analiz w zakresie możliwości wykorzystania tej metody w spalarniach odpadów. Metoda chemicznej sekwestracji pozwala przekształcić CO<sub>2</sub> z odpadów w wartościowe produkty, takie jak: chemikalia, paliwa, jednocześnie przyczyniając się do łagodzenia zmian klimatu. Rysunek 1 przedstawia zdjęcie popiołów lotnych po procesie mineralnej karbonatyzacji.

Technologie wychwytu CO<sub>2</sub> są jedną z najważniejszych metod pozwalających na osiągnięcie celów klimatycznych UE, dlatego też coraz częściej są stosowane zarówno w zakładach przemysłowych produkujących energię elektryczną i ciepłą, cementowniach oraz instalacjach termicznego przekształcania odpadów komunalnych. Jedną z innowacyjnych możliwości wychwytu ditlenku węgla jest mineralna karbonatyzacja. Proces mineralnej karbonatyzacji może być rozważany zarówno w kontekście składowania, jak i utylizacji CO<sub>2</sub>. Mineralna karbonatyzacja ditlenku węgla, ze względu na swój potencjał, jest istotną metodą sekwestracji CO<sub>2</sub> neutralną dla środowiska, dlatego zasadne jest prowadzenie dalszych badań nad jej wykorzystaniem i właściwościami. □

” Metoda chemicznej sekwestracji pozwala przekształcić CO<sub>2</sub> z odpadów w wartościowe produkty, takie jak: chemikalia, paliwa, jednocześnie przyczyniając się do łagodzenia zmian klimatu

zacja ma największą wydajność. Na tej podstawie, będzie możliwe zadecydowanie o zasadności wdrożenia mineralnej karbonatyzacji popiołów lotnych w ZTPO Kraków, jako innowacyjnej technologii wychwytu, składowania oraz utylizacji CO<sub>2</sub>. Przedmiotem niniejszych badań są popioły lotne pochodzące z ZTPO Kraków, stanowiące jeden z głównych produktów ubocznych powstałych w wyniku spalania odpadów komunalnych. Popioły z procesu termicznego przetwarzania odpadów charakteryzują się wysoką zawartością tlenu glinu, tlenu krzemu i tlen-

węglanów była najwyższa w próbkach poddanych najwyższej temperaturze, wraz ze wzrostem temperatury zwiększyła się również wydajność zachodzenia reakcji. Proces mineralnej karbonatyzacji w warunkach laboratoryjnych charakteryzuje się większą wydajnością oraz szybszym czasem zachodzenia reakcji niż w warunkach naturalnych. Pojemność sorpcyjna ditlenku węgla w popiołach lotnych zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury. Proces karbonatyzacji mineralnej z wykorzystaniem wysokowapniowych popiołów lotnych ma na celu w jak największym stop-

#### Przypisy

- 1 J. Hausner, B. Białecka: Analiza procesu wdrażania czystych technologii węglowych w Polsce, 2012.
- 2 B. Igliński, R. Buczkowski, M. Cichosz: Technologie bioenergetyczne, Toruń 2009.
- 3 R. M. Cuéllar-Franca, A. Azapagic: Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts; Journal of CO<sub>2</sub> Utilization Volume 9, March 2015.
- 4 J. Dubiński, A. Koterias: Possibilities of CO<sub>2</sub> storage in geological formations, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2014.
- 5 R. M. Cuéllar-Franca, A. Azapagic: Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts; Journal of CO<sub>2</sub> Utilization Volume 9, March 2015.
- 6 N. Czuma, D. Ciupek, J. Bator, K. Czerw, K. Zarębska: Determination of carbonates content in fly ashes from municipal waste incineration plant, 2020.