

## Co to znaczy „Czyste Technologie Węglowe” ?

Wdrażanie innowacyjnych technologii decyduje o rozwoju gospodarki krajowej. Czyste Technologie Węglowe z pewnością do nich należą, a ponieważ energetyka europejska w znaczącym stopniu opiera się na wykorzystaniu węgla, ich rozwój to niezwykle aktualny temat. Co się jednak kryje pod tym pojęciem?

Analiza wielu pozycji literaturowych, w szczególności opublikowanych w ostatnich latach w kraju i za granicą, skłania do refleksji, że pojęcie „Czyste Technologie Węglowe” (CTW) coraz powszechniej jest ograniczane do technologii nieszkodliwej dla środowiska i ekonomicznie uzasadnionej utylizacji węgla, zwłaszcza od momentu, gdy zidentyfikowano problem niekorzystnych zmian klimatu Ziemi, wskutek emisji tzw. gazów cieplarnianych. Takie podejście różni się od tradycyjnego pojmowania zakresu tematycznego CTW, na przykład według programu Clean Coal Technologies realizowanego w USA. Z założenia zakres tematyczny programu obejmował różne aspekty zarówno produkcji, jak i utylizacji węgla. W międzyczasie termin: „Clean Coal Technologies” (Czyste Technologie Węglowe - CTW) rozpowszechnił się i obecnie jest używany w odniesieniu do wszelkich działań zmniejszających uciążliwość ekologiczną produkcji i utylizacji węgla.

Przez czyste technologie węglowe należy rozumieć **technologie zaprojektowane w celu poprawy skuteczności wydobycia, przeróbki, przetwarzania oraz utylizacji węgla i zwiększenia akceptowalności tych procesów z uwagi na ich wpływ na środowisko naturalne.**

Można wyróżnić cztery główne podobszary, z którymi wiążą się CTW:

- wydobycie węgla i przeróbka (tzw. mechaniczna przeróbka węgla),
- transport, składowanie węgla i uśrednianie węgla,
- wykorzystanie węgla (w energetyce oraz przetwórstwo węgla),
- zagospodarowanie „pozostałości” z wydobycia i wykorzystania węgla, czyli różnego rodzaju odpadów

Powyższy podział, chociaż został przeprowadzony według „ogniw łańcucha węglowego”, nie jest w rzeczywistości tak jednoznaczny, jak to z pozoru wygląda. Pewne specyficzne dla danego podobszaru działania mogą być mechanizmami realizacji celów CTW w innych podobszarach. Przykładem może być „zagospodarowanie pozostałości z wydobycia i wykorzystania węgla”. Oprócz zasygnalizowanych w dalszej części niniejszego tekstu różnorodnych działań, jednym ze sposobów zagospodarowania pewnej kategorii „odpadów” może być ich spalanie – przypisane podobszarowi „wykorzystania węgla”. Wiązać się to może z wykorzystaniem technik spalania w złożu fluidalnym. Inny przykład: techniki właściwe przeróbce węgla – usuwanie zanieczyszczeń typu substancja mineralna (niepalna) z paliwa przed jego wykorzystaniem, może być realizowana już u użytkowników węgla. Można tu zaliczyć techniki usuwania zanieczyszczeń z węgla po jego głębokim zmieleniu przed spalaniem, realizacji którego to mielenia nie sposób sobie wyobrazić u producentów węgla. Można takie przykłady mnożyć.

Zakres tematyczny CTW jest zatem bardzo szeroki. Opracowano i wdrożono już wiele różnych technologii i rozwiązań, które można zaliczyć do CTW. Pozwoliły one, przy relatywnie niskich kosztach, wyeliminować lub przynajmniej w poważnym stopniu ograniczyć szkodliwy wpływ eksploatacji, przeróbki, przetwórstwa i utylizacji węgla na środowisko naturalne i zwiększyć ich skuteczność. Poniżej wymienia się szereg już podjętych i podejmowanych działań oraz kierunków prac badawczo-rozwojowych w obszarze CTW. Wyszczególnienie to nie jest z pewnością równoznaczne z wyczerpaniem tematu. Wręcz przeciwnie, zarówno ciągły rozwój naukowy, jak i obszerność tematu czynią zamiar zupełnego wyczerpania tematu zadaniem niemalże niemożliwym.

### 1. Podobszar wydobycia i przeróbki węgla.

Ważnym określeniem użytym w definicji CTW jest skuteczność. Skuteczność pojawia się najczęściej w kontekście sprawności konwersji energii chemicznej zawartej w paliwie na energię elektryczną i ciepłą w energetyce. Można jednak wymienić wiele innych miar skuteczności dotyczących CTW, najczęściej powszechnie znanych. Jedną z nich jest „czystość” eksploatacji węgla. „Czystość” eksploatacji można powiązać z zagadnieniem „wystarczalności” zasobów węgla w Polsce. O wystarczalności zasobów decydują nie tylko same ich rezerwy w sensie geologicznym, ale również sprawność, z jaką, przy ekonomicznie uzasadnionych kosztach, można uzyskać urobek węglowy. Z dostępnych danych wynika, że sprawność wykorzystania węgla, w odniesieniu do zasobów bilansowych węgla, jest w Polsce bardzo mała.

Zmniejszanie skuteczności wydobywania jest wynikiem koncentracji produkcji i zaistniałej monokultury technologii eksploatacji węgla w Polsce. Z uwagi na konieczność zmniejszania kosztów wydobywania, za korzystne uważa się urabianie węgla kombajnami ścianowymi. Nie wszystkie jednak fragmenty złoża można wydobyć z zastosowaniem kombajnów ścianowych. Pozostawienie resztki złoża, to nie tylko zmniejszenie skuteczności jego eksploatacji, ale również stworzenie skomplikowanych warunków osiadania górotworu za frontem eksploatacyjnym, co wiąże się ze zwiększonym oddziaływaniem wydobywania węgla na powierzchnię i bardziej złożonym przebiegiem jej deformacji, co w efekcie potęguje występowanie szkód górniczych.

Z kolei selekcja wydobywanych węgli, wzbogacanie urobku węglowego i tworzenie mieszanek węglowych to podstawowe działania podejmowane by spełnić wymagania jakościowe użytkownikom węgla.

Przeróbka węgla, z najważniejszymi procesami wzbogacania, ma na celu uzyskanie paliwa węglowego o najwyższej jakości, pozbawionego w maksymalnym stopniu różnorodnych zanieczyszczeń naturalnych i innych, które mogą trafić do urobku węglowego. Nie ulega już wątpliwości, że nie można w standardowych procesach przeróbczych wyprodukować paliwa węglowego, którego spalanie i inne wykorzystanie nie wiązałoby z emisją różnorodnych zanieczyszczeń o ponadnormatywnych wartościach. Tym niemniej przeróbka węgla jest nieodłącznym elementem CTW w łańcuchu węglowym, choćby z uwagi na fakt zmniejszania masy transportowanego paliwa węglowego wskutek usunięcia z niego masy niepalnych i szkodliwych zanieczyszczeń.

Istnieje szereg metod wzbogacania węgla i jego demineralizacji. Najskuteczniejszymi z nich są metody „głębokie” bazujące na dużym rozdrobnieniu oczyszczanego węgla, co sprzyja uwalnianiu zawartych w nim minerałów. w procesach: flotacji, aglomeracji olejowej, rozdziału w cieczy ciężkiej, elektroseparatoracji, bioprocessów separacji chemicznej i inne. Technologie takie są wciąż na etapie rozwoju i ich koszty wciąż przekraczają uzyskiwane z ich stosowania korzyści.

Ocenia się między innymi, że oczyszczenie węgla w procesie produkcji – wzbogacanie węgla w zakładach przeróbczych – i utylizacja paliwa o minimalnej zawartości zanieczyszczeń – balastu (w tym wilgoci) - może dać co najmniej 2–3% poprawę sprawności konwersji energii chemicznej paliwa na energię elektryczną i ciepłą.

Również inne działania z pogranicza przeróbki węgla zasługują na miano CTW. Dzięki szerokiej działalności badawczo-wdrożeniowej w ostatnich latach nastąpiło rozszerzenie oferty paliwa węglowego poprzez produkcję:

- paliw węglowych o indywidualnych wymaganiach
- pyłu węglowego
- „ciekłego” węgla
- paliw korygowanych dodatkami
- paliw mieszanych

## **2. Podobszar transportu i składowania węgla**

Ocenia się że ponad 60 % światowej produkcji węgla wykorzystuje się w odległości nie większej niż 50 km od miejsca produkcji. Tym niemniej, przewóz węgla jest ważnym etapem łańcucha węglowego. Około 10% produkowanego węgla jest natomiast przedmiotem handlu międzynarodowego. Uzasadniona jest więc produkcja węgla o maksymalnej kaloryczności, czyli pozbawionego niepalnych zanieczyszczeń mineralnych. Koszty transportu jednostki energii chemicznej zawartej w paliwie są wówczas najmniejsze.

Przykład CTW w zakresie składowania węgla wiąże się z pyleniem, co oprócz aspektu ekologicznego (pyły w środowisku), może mieć też aspekt ekonomiczny (straty paliwa). Są to jednak ilości niewielkie i dotąd precyzyjnie nieoszacowane. Rozwiązaniem problemu mogą być preparaty, których stosowanie powoduje utrwalanie i zaskorupianie powierzchni węgla w środku transportu, co wyraźnie zmniejsza pylenie.

### 3. Podobszar utylizacji i przetwarzania węgla

W tym podobszarze tematycznym obserwuje się obecnie największą aktywność w zakresie opracowywania nowych CTW, zwłaszcza w odniesieniu do redukcji emisji CO<sub>2</sub>. Jedne z najbardziej zaawansowanych prac badawczych obejmują obecnie również upłynnianie i zgazowanie węgla, w tym zgazowanie w złożu. Główny Instytut Górnictwa aktywnie uczestniczy w i w tym nurcie.

Prowadzone są także badania nad możliwością powiązania przemysłowych procesów chemicznych, hutniczych i produkcji materiałów budowlanych z pozyskaniem energii cieplnej i elektrycznej.

Jednym z ciekawszych rozwiązań w tym zakresie jest produkcja metanolu i amoniaku w połączeniu z wytwarzaniem energii elektrycznej w oparciu o zgazowanie węgla.

Zero-emisyjna produkcja energii z paliw kopalnych to jeden z najważniejszych obecnie nurtów badawczych. W tym temacie powołano również Europejską Platformę Technologiczną .

Generalizując istniejące rozwiązania w tym obszarze można podzielić na:

1. technologie oczyszczania spalin
  - odsiarczanie przy użyciu różnego rodzaju sorbentów
  - selektywną redukcję katalityczną
  - odazotowanie metodami amoniakalnymi
  - usuwanie CO<sub>2</sub> metodami chemicznymi i fizycznymi
  - sekwestracja CO<sub>2</sub> w podziemnych strukturach geologicznych.
2. Spalanie, w tym
  - nadkrytyczne i ultra-nadkrytyczne siłownie z kotłami pyłowymi
  - siłownie z atmosferycznymi, cyrkulacyjnymi kotłami fluidalnymi w tym na parametry nadkrytyczne, a decelowo ultranadkrytyczne (w Polsce, w Elektrowni Łągisza w Będzinie, budowany jest aktualnie największy w świecie blok fluidalny na parametry nadkrytyczne
  - układy spalania w atmosferze wzbogaconej w tlen (oxy – comustion)
3. Zgazowanie
  - wysokosprawne układy zgazowania węgla, biomasy i odpadów (IGCC)
  - zgazowanie podziemne

Osobną grupę łączącą różne zagadnienia dwóch ostatnich sposobów wykorzystania węgla stanowią układy hybrydowe.

4. Trigeneration – uwzględnienie dodatkowo zapotrzebowania na czynnik chłodniczy
5. Polityka wodorowa

Jak już wspomniano w podobszarze wykorzystania węgla najwięcej uwagi w zakresie CTW poświęca się redukcji negatywnego oddziaływania na klimat ziemi emisji gazów cieplarnianych , głównie CO<sub>2</sub>. Wychwytywanie, transport i usuwanie CO<sub>2</sub> oraz wiążące się z nimi zagadnienia

prawne, szeroko rozumianego bezpieczeństwa ich wdrażania oraz zapewnienia akceptowalności lokalnych społeczności jest przedmiotem ogólnoswiatowych działań.

#### **4. Zagospodarowanie „pozostałości” z produkcji węgla i energetyki**

Na odpady z produkcji węgla składają się głównie odpady z przeróbki mechanicznej i odpady z robót przygotowawczych. Obecnie sukcesywnie zmniejsza się ilości skały płonnej zagospodarowywanej w dotychczasowy „bierny” sposób, tj. przez składowanie na hałdach i zwałowiskach, na rzecz bardziej opłacalnych, i bardziej przyjaznych dla środowiska, sposobów zagospodarowywania. Sposobami zagospodarowywania odpadów górniczych są:

- gospodarcze wykorzystanie istniejących hałd pod kątem odzysku zawartego w nich węgla oraz do produkcji kruszywa,
- wykorzystanie odpadów do rekultywacji oraz prac inżyniersko-technicznych,

Własności ubocznych produktów spalania, umożliwiają wykorzystanie ich do makroniwelacji oraz rekultywacji terenów zdegradowanych morfologicznie. Wynika to z ich aktywności hydraulicznej. Wyróżnić można następujące kierunki wykorzystania odpadów paleniskowych:

- prewencję pożarową w rekultywacji odpadami górniczymi
- makroniwelację terenu, wypełnianie wyrobisk, poprawę parametrów geotechnicznych
- budowę dróg i nasypów kolejowych

Odpady z energetycznego spalania węgla stwarzają nieco większe możliwości potencjalnego zagospodarowywania. Szczególnie interesujące jest zagospodarowywanie mikrosfer powstających w procesie spalania węgla, a także rzadko spotykanych odmian minerałów, takich jak na przykład odporne na wysokie temperatury mullitu. W przyszłości zastosowanie odpadów paleniskowych, ze względu na własności sorpcyjne, będzie również możliwe do budowy reaktywnych barier hydrogeologicznych. Zdolności sorpcyjne popiołów mogą zostać wykorzystane również do zatrzymywania zanieczyszczeń migrujących w środowisku wód podziemnych.