

## **Termiczne przekształcanie odpadów. Przegląd i porównanie technologii. Emisje**

**Materiał przygotowany dla NFOŚiGW oraz przedstawiony podczas konferencji pt. „Decyzje administracyjne na drodze budowy potrzebnych instalacji gospodarowania odpadami. Przeszkoda czy gwarancja porządku?”. Jego integralną częścią są slajdy z prezentacji wygłoszonej podczas konferencji.**

W prezentacji przedstawiono aktualne informacje na temat odzysku energii z odpadów. Omówiono miejsce i rolę spalarni w systemie zagospodarowania odpadów. Scharakteryzowano właściwości palne odpadów i możliwości wykorzystania ich jako paliwa. Przedstawiono i porównano różne warianty technologiczne spalarni, w tym procesy spalania, pirolizy i zgazowania odpadów. Przedyskutowano technologie oczyszczania spalin oraz gazów poprocesowych dla dotrzymania standardów emisyjnych. Omówiono obawy społeczne związane z eksploatacją spalarni, a także realny wpływ spalania odpadów na zdrowie społeczeństwa. Potwierdzono jednoznacznie pozytywną rolę odzysku energii z odpadów oraz zgodność tego procesu z filozofią gospodarki o obiegu zamkniętym.

### **Wprowadzenie**

Wbrew temu, co sądzi większość społeczeństwa, selektywna zbiórka odpadów nie rozwiązuje problemu ich recyklingu. W dobie powszechnie panującego konsumpcyjnego stylu życia ilość generowanych odpadów komunalnych wzrasta z każdym rokiem. W tej sytuacji odzysk energii z odpadów staje się koniecznością. Rozwiązanie to stanowi naturalną metodę zagospodarowania odpadów, które aktualnie nie nadają się do recyklingu.

Odzysk energii z odpadów – a więc w praktyce ich spalanie – stanowi ogniwo domykające system gospodarki o obiegu zamkniętym. Należy podkreślić, że spalanie odpadów stanowi alternatywę dla ich składowania. Aktualny system zagospodarowania odpadów komunalnych obejmuje ich zbieranie (w tym selektywne) oraz przygotowanie odpadów do odzysku. W przypadku części odpadów, takich jak złom czy szkło, znane technologie recyklingowe pozwalają na przywrócenie recyklingowanemu materiałowi jego pierwotnych cech użytkowych. Wspomniane procesy realizowane są zazwyczaj w wysokich temperaturach i rozwijane były przez szereg dziesięcioleci. Niestety, w przypadku materiałów takich jak zanieczyszczone odpady plastikowe lub wielomateriałowe kompozyty, aktualnie brak dostępnych technologii ich recyklingu (za wyjątkiem zgazowania pozostającego ciągle w fazie demonstracyjnej). W zaistniałej sytuacji stajemy przed alternatywą – składować odpady czy je spalać? Jeśli nie potrafimy zrealizować skutecznego recyklingu wszystkich frakcji odpadów o właściwościach palnych – to powinniśmy prowadzić dla nich skuteczny odzysk energii. Należy jednocześnie pamiętać, że – zgodnie z prawem UE – pojęcia „odzysk” i „recykling” nie są tożsame. Każdy recykling jest bowiem odzyskiem, lecz nie każdy odzysk może być zaklasyfikowany jako recykling. Dotyczy to przede wszystkim odzysku energii oraz wytwarzania materiałów będących następnie nośnikami energii (paliwami). Rocznie w Polsce przybywa bilansowo ok 1,5-3 mln Mg RDF-u. Ich zagospodarowanie termiczne musi uwzględniać w szczególności uzyskanie akceptacji lokalnego społeczeństwa, a także możliwości sfinansowania i opłacalnego eksploataowania odpowiedniej inwestycji.

### **RDF jako paliwo**

Paliwo z odpadów (RDF – Recovery Derived Fuel) w praktyce gospodarczej wytwarzane jest z palnych frakcji odpadów komunalnych nienadających się do recyklingu, a także z odpadowej biomasy, odpadów przemysłowych, a czasami osadów ściekowych. Paliwo to ze względu na swoje właściwości chemiczne (slajd 15) oraz cechy użytkowe (slajd 16) ułożone jest pomiędzy torfem, węglem brunatnym i biomasą. Zazwyczaj RDF charakteryzuje się wartością opałową na poziomie 12-20 MJ/kg, co pozwala na jego stabilne samodzielne spalanie. RDF może być wytwarzany wyłącznie z odpadów innych niż niebezpieczne. W systemie europejskich oraz polskich norm opisano też właściwości paliwa SRF (Solid Recovery Fuel), nazywanego „paliwem wtórnym”. Każdy odpad o właściwościach palnych może zostać sklasyfikowany wg kodyfikacji SRF poprzez oznaczenie trzech parametrów: wartości opałowej oraz zawartości chloru i rtęci (slajdy 18-19). Mówiąc obrazowo – RDF opisany liczbowo powyższymi parametrami jest SRF-em. Jakość wytwarzanego w Polsce RDF-u jest zróżnicowana i zazwyczaj dostosowana do wymagań jednostki odbierającej odpady do spalania. Należy pamiętać, że SRF zawiera w sobie również sporą ilość biomasy (zazwyczaj 25-45%).

### **Odzysk energii z odpadów**

Potencjał energetyczny RDF-u generowanego w Polsce odpowiada ok. 3 mln Mg paliwa o wartości opałowej 15 MJ/kg. Ilość wyprodukowanego ciepła z RDF-u można oszacować na poziomie 50 mln GJ rocznie. Potencjał ten odpowiada aktualnej produkcji ciepła z OZE w kraju (dane za 2020 r.). Oczywiście, gdy porównamy tę ilość ciepła z aktualną produkcją ciepła z węgla, to ciepło z RDF-u (slajd 24) nie może stanowić

tutaj alternatywy. Niemniej, w dobie oszczędności energii i walki o każdy GJ energii wskazane ilości są niebagatelne, tym bardziej że RDF jest dostępny lokalnie i za darmo.

Każda instalacja do odzysku energii z odpadów (slajd 25) składa się z bloku przygotowania paliwa, a następnie bloku jego termicznej konwersji. Gorące spaliny (względnie gazy procesowe) są następnie kierowane do bloku odzysku energii oraz do bloku oczyszczania. W procesie generowane są odpady oraz energia (elektryczna i ciepła). Zagospodarowanie odpadów w UE wskazuje, że we wszystkich krajach przodujących gospodarczo (kraje starej UE15) spalanie odpadów jest powszechnie stosowane. Zgodnie z lansowanymi modelami społecznymi, spalanie odpadów zastąpiło ich składowanie. W najbogatszych krajach wszystkie odpady są recyklingowane bądź spalane. Na terenie UE15 działa kilkaset spalarni odpadów, a ilość spalanych odpadów w UE wynosi średnio prawie 150 kg rocznie na mieszkańca, co stanowi 2-krotność spalania odpadów w Polsce. W naszym kraju odzysk energii z odpadów prowadzony jest w dedykowanych spalarniach odpadów komunalnych oraz w cementowniach (slajd 31). Proces spalania odpadów jest szczegółowo zdefiniowany w stosownych ustawach i rozporządzeniach.

### **Przegląd technologii – konwersja termiczna**

Konwersja termiczna odpadów może być zrealizowana w procesach: spalania, zgazowania lub pirolizy. Wszystkie 3 procesy różnią się ilością czynnika utleniającego (najczęściej powietrze) wprowadzanego do procesu (slajd 35). W procesie spalania ilość wprowadzanego tlenu jest zawsze większa od wymagań stechiometrycznego utleniania substancji palnej zawartej w paliwie. W procesie powstają gorące spaliny (kierowane do odzysku energii) oraz popiół. W procesie zgazowania ilość wprowadzanego tlenu jest mniejsza od wymagań stechiometrycznych (zazwyczaj 30-50%). W procesie powstają gorący gaz procesowy o właściwościach palnych oraz popiół. W procesie pirolizy do układu nie wprowadza się tlenu, lecz ciepło niezbędne do przebiegu procesu. W procesie powstają gaz pirolityczny (najczęściej zwracany do procesu), stały karbonizat oraz oleje i smoły. Należy pamiętać, że gazy procesowe (ze zgazowania i pirolizy) różnią się istotnie swoim składem w zależności od stosowanego paliwa oraz warunków prowadzenia procesu (slajd 36). Wszystkie procesy spalania odpadów można sklasyfikować wg konstrukcji reaktora spalania oraz sposobu przepływu fazy stałej i gazowej (slajdy 39-40). Najpowszechniej w praktyce przemysłowej spotykamy się z: piecami szybowymi (paliwo przesuwa się grawitacyjnie), piecami rusztowymi (ruch paliwa wymuszany jest ruchem mechanicznego rusztu), piecami obrotowymi (ruch paliwa wymuszany jest obrotami całego pieca) oraz piecami fluidalnymi (ruch paliwa wymuszany jest przepływem fazy gazowej). W procesach zgazowania i pirolizy, których schematy blokowe przedstawiono na slajdach 41-42, powstają gazy procesowe, które następnie po oczyszczeniu można zastosować w procesach syntezy chemicznej. Proces ten jednakże jest skomplikowany technicznie i efektywny ekonomicznie wyłącznie w dużej skali.

Rodzaje reaktorów zgazowania przedstawiono na slajdach 45-48. Należy w tym miejscu podkreślić, że prowadzenie procesu pirolizy – względnie zgazowania odpadów – jest bardziej skomplikowane niż ich spalanie. W świecie na skalę komercyjną eksploatowanych jest obecnie niewiele instalacji tego typu. Od wielu lat prowadzone są badania nad opracowaniem skutecznej metody zgazowania odpadów, w tym zwłaszcza wysokotemperaturowego zgazowania tlenowego. Prace te jednakże znajdują się najczęściej w fazie rozwojowej i demonstracyjnej. Zazwyczaj technologie te – choć bardzo atrakcyjne – nie mogą pochwalić się stosowną listą referencyjną wdrożeń przemysłowych.

Baza danych eksperckich w zakresie zgazowania i pirolizy odpadów znajduje się w Instytucie Technologii Paliw i Energii w Zabrze (chętnie udzielamy konsultacji i wsparcia – zapraszamy).

### **Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu procesowego**

Diagram ogólny oczyszczania spalin i gazów procesowych przedstawiono na slajdzie 52. W zależności od usuwanych zanieczyszczeń oraz ich koncentracji, a także wymagań procesowych i formalnych stosowane są tutaj różne operacje jednostkowe. Na slajdach 53-54 przedstawiono różne metody usuwania zanieczyszczeń z fazy gazowej, a także porównanie sposobu oczyszczania spalin i palnych gazów procesowych. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na różnice pomiędzy procesami oczyszczania spalin, a procesami oczyszczania gazów procesowych.

Oczyszczanie spalin z procesu spalania odpadów podyktowane jest zazwyczaj wymogami środowiskowymi zapisanymi w stosowanych pozwoleniach. Należy podkreślić, że wymagania dla procesu spalania odpadów są o wiele ostrzejsze od wymagań dla spalania stałych paliw kopalnych czy biomasy. Dotyczy to zarówno ilości monitorowanych zanieczyszczeń, jak i poziomów ich dopuszczalnych stężeń. Oznacza to, że w przypadku oczyszczania spalin ze spalania odpadów konieczne będzie zastosowanie rozbudowanego wielostopniowego układu usuwania zanieczyszczeń pyłowych i gazowych, a także aerozoli, organiki i metali ciężkich. W przypadku oczyszczania gazów procesowych zazwyczaj organizacja procesu oczyszczania zależy

od zaplanowanego sposobu wykorzystania oczyszczonego gazu procesowego. W przypadku prostego odzysku ciepła (kocioł) wymagania te będą podobne do prostego procesu spalania odpadów. Jednakże w przypadku zastosowania gazu procesowego do generacji energii elektrycznej np. w silniku gazowym lub turbinie wymagania stopnia oczyszczenia gazu będą zazwyczaj wyższe i wynikają z wymogów eksploatacyjnych konkretnego urządzenia. Jeszcze większym wyzwaniem jest zastosowanie gazu procesowego do syntez chemicznych – gdzie wymagania czystości gazu podyktowane są względami pracy katalizatora odpowiednich syntez. I tak oczyszczanie gazu procesowego dla odzysku energii to zazwyczaj poziom zanieczyszczeń liczony w [mg], dla ogniw paliwowych w [ppm], a dla katalitycznych syntez chemicznych w [ppb] (slajd 56).

Jednocześnie poziom wymagań w stosunku do czystości gazu przenosi się na skomplikowanie instalacji jego oczyszczania (slajdy 58-63).

### **Emisje do powietrza**

Praktyka wskazuje, że pomimo dotrzymania w spalarniach wysoce restrykcyjnych wymogów w stosunku do emisji do powietrza, każda nowa inwestycja w Polsce napotyka na agresywny opór ze strony części lokalnej społeczności. Opór ten jest irracjonalny i w znacznej części podsycany przez „zawodowych ekologów”, niezwiązanych z konkretną lokalizacją spalarni. Co warto podkreślić, nigdzie w Polsce nie zanotowano protestów lokalnej społeczności w stosunku do eksploatowanych od lat nowoczesnych spalarni. Obawy lokalnej społeczności nie mogą jednakże być bagatelizowane. Dotyczą one w szczególności: obaw w stosunku do transportu odpadów do spalarni po drogach lokalnych oraz o spadek wartości nieruchomości w pobliżu nowej spalarni, a także obaw w kwestii wpływu instalacji na zdrowie mieszkańców.

Standardy emisyjne ze spalania odpadów są znacznie ostrzejsze od standardów dla spalania paliw stałych, w tym węgla (slajdy 69-70). Trzeba zauważyć, że niezależnie od zanieczyszczeń spalarnia odpadów emituje relatywnie mniej CO<sub>2</sub> niż np. elektrownie używające węgla brunatny. Emisje z nowych polskich spalarni odpadów odpowiadają najostrzejszym wymogom prawa unijnego. Dotyczy to w szczególności dioksyn i metali ciężkich (slajdy 72-73). Należy ponadto podkreślić, że każda nowa spalarnia wyposażona jest w system monitoringu zanieczyszczeń połączony z automatycznym odcięciem podawania odpadów do instalacji w sytuacji przekroczenia standardu emisyjnego. Monitoring emisji jest także udostępniany publicznie na stronach internetowych w celu możliwości prowadzenia kontroli społecznej dla pracy spalarni. Wszystkie opisane powyżej fakty jednoznacznie wskazują na bezpieczeństwo środowiskowe i zdrowotne, które można zagwarantować dla nowoczesnej spalarni RDF-u.

### **Podsumowanie**

Odzysk energii z odpadów stał się koniecznością we współczesnym cywilizowanym świecie. Odzysk ten nie stoi w żadnym wypadku w sprzeczności z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). Spalanie RDF-u uzupełniają i zamykają pętle materiałowe w ramach GOZ-u. W Polsce eksploatowanych jest aktualnie kilka nowoczesnych spalarni odpadów, spełniających wszystkie wymogi emisyjne. Spalarnie te wkomponowały się w lokalne środowisko i pracują bezawaryjnie od lat, nie budząc kontrowersji wśród lokalnej społeczności.

Procesy odzysku energii z RDF-u mogą być realizowane w procesie zarówno spalania, zgazowania, jak i pirolizy. Każdy z tych procesów ma swoje specyficzne zalety. Należy zwrócić uwagę, że bardziej zaawansowane technologicznie procesy przed pełnoskalowym wdrożeniem muszą zostać dogłębnie przetestowane w instalacjach demonstracyjnych w celu potwierdzenia ich bezawaryjności i bezpieczeństwa środowiskowego.

Bez powszechnego wdrożenia odzysku energii z odpadów nie rozwiążemy problemu odpadów komunalnych w Polsce. Należy pamiętać, że ilość aktualnie spalanych w Polsce odpadów jest znacznie mniejsza od średniej unijnej. Prawidłowo zbudowana i eksploatowana spalarnia RDF-u jest w pełni bezpieczna środowiskowo i zdrowotnie.

Uruchomiony w Polsce (przez NFOŚiGW) program wsparcia finansowego budowy nowych spalarni RDF-u jest wysoce potrzebny społecznie i środowiskowo.

**dr inż. Aleksander Sobolewski**

dyrektor Instytutu Technologii Paliw i Energii