

Hubert Smorąg,
Fabryka Kotłów SEFAKO S.A.

Sławomir Stelmach,
Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Ciepłownie na RDF. Czy to się opłaca?

Nadwyżka wytwarzanego RDF oraz zalety posiadania systemów ciepłowniczych w Polsce spowodowały potrzebę analizy rozbudowy ciepłowni lokalnych w oparciu o budowę małych instalacji do przetwarzania RDF na ciepłą wodę do celów ogrzewania i c.w.u. Główną zaletą systemowego zaopatrzenia ludności w ciepło jest dostarczenie ciepłej wody i ogrzewania przy najniższych możliwych kosztach, wynikających z uwarunkowań rynkowych i regulacyjnych oraz zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, co do wymogów jakości i niezawodności dostarczania ciepła.

Według Głównego Urzędu Statystycznego 38 mln mieszkańców w Polsce mieszka w 314 powiatach i 66 miastach na prawach powiatów. Średnia liczba mieszkańców w powiatach wynosi około 101 tysięcy. W Polsce 50% mieszkańców obsługiwanych jest przez systemy ciepłownicze. Dla przykładu w Islandii liczba ta oscyluje wokół 99%, a po drugiej stronie statystyki jest Norwegia z udziałem około 1%. W 2018 r. generacja ciepła w Polsce dzieliła się według paliwa na węgiel kamienny 71%, gaz ziemny 9% oraz biomasę 8%.

Jednocześnie według danych Głównego Urzędu Statystycznego za 2017 r. w Polsce mieszkańcy wytworzyli 12 mln ton odpadów. Termicznie przekształcony, w 9 istniejących instalacjach, był zaledwie 24% strumień tych odpadów. Składowanych zostało prawie 42% wytworzonych odpadów komunalnych. Istniejące instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania wytworzyły w ciągu roku 3,5 mln ton frakcji palnej - RDF. Udział RDF w spalanych odpadach wynosi około 40%.

Niektóre obecne i przyszłe programy pomocowe, warunkują przyznanie pomocy publicznej jedynie przedsiębiorstwom ciepłowniczym, które posiadają status efektywnego systemu ciepłowniczego. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że zaproponowane rozwiązanie nie wpisuje się w program przekształcenia systemów ciepłowniczych w systemy „efektywne energetycznie”. Według Rozporządzenia Ministra Gospodarki (Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej) w sprawie udzielania pomocy publicznej na projekty inwestycyjne w zakresie bu-

dowy lub przebudowy sieci ciepłowniczej, będącej częścią efektywnego energetycznie systemu, pomoc finansowa w formie dotacji udzielanej przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na projekty inwestycyjne może być przyznana jedynie przedsiębiorstwu ciepłowniczym posiadającym status Efektywnego Systemu Ciepłowniczego.

Dyrektywa o Efektywności Energetycznej definiuje ESC jako system, w którym do produkcji ciepła wykorzystuje się co najmniej:

- 50% energii z odnawialnych źródeł energii,
- 50% ciepła odpadowego,
- 75% ciepła pochodzącego z kogeneracji,
- 50% energii i ciepła pochodzącej z połączenia powyższych punktów.

Zatem spalanie RDF w kotle wodnym nie poprawia statusu lokalnego systemu ciepłowniczego w tym zakresie. Skorzystanie z tego mechanizmu byłoby możliwe w dwóch sytuacjach:

- rozszerzenia definicji OZE na odpady komunalne, bez względu na stosunek udziału frakcji biodegradowalnej w odpadach,
- zakwalifikowania procesu przetwarzania odpadów w energię, jako wytwarzanie ciepła odpadowego.

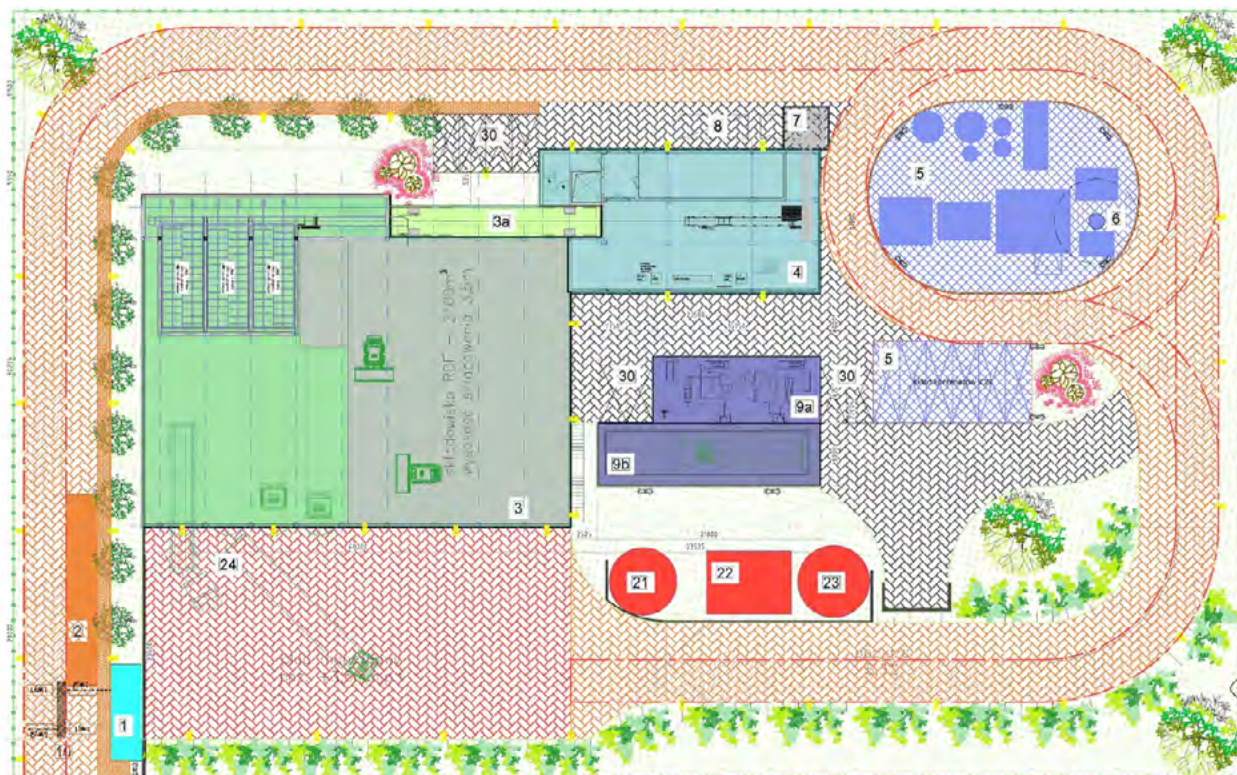
W przypadku potraktowania odpadów jako OZE, można uzasadniać proces powstawania odpadów, jako systematyczny i odnawialny, a kaloryczność odpadów powyżej 6 MJ/kg znamionuje paliwo, czyli źródło energii. W drugim przypadku można rozpatrywać wytwarzanie ciepła odpadowego w procesie przetwarzania odpadów w energię. Oba podejścia wymagają wprowadzenia zmian legislacyjnych w obowiązujących regulacjach.

Uwzględniając potrzebę użycia nadwyżki RDF oraz szansę wykorzystania rozwiniętego ciepłownictwa systemowego określono podstawowe założenia dla rozbudowy ciepłowni o kocioł wodny na RDF. Założenia:

- kocioł wodny w technologii rusztowej,
- wpięcie kotła na wspólny kolektor,
- parametry ciepłownicze,
- wykorzystanie nadwyżki odpadów w formie RDF,
- parametry paliwa wg badań ICHPW,
- emisje środowiskowe spełniające poziomy konkluzji BAT.

W celu wykonania analizy opłacalności dla budowy ciepłowni na RDF zdefiniowano parametry paliwa eksploatacyjnego, wykonano koncepcję techniczną, projekt kotła i zagospodarowania terenu, dobrano urządzenia i instalacje. Zdefiniowano czasokres wykonania inwestycji bez uwzględnienia decyzji i uzgodnień formalno-prawnych. Określono nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne. W konsekwencji wykonano analizę opłacalności finansowej wraz z analizą wrażliwości.

Do analizy przyjęto 2 wielkości inwestycji w oparciu o kocioł 16 MW i 5 MW. Prace były prowadzone przez projek-



Rys. 1. Przykładowe zagospodarowanie terenu

tantów z Fabryki Kottów SEFAKO S.A. w zakresie części budowlanej i kotłowej oraz przez zespół specjalistów z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w zakresie instalacji oczyszczania spalin i wykonania analizy opłacalności.

■ Budowa instalacji

Koncepcja techniczna obejmowała prace projektowe, wytwarzanie, dostawy, montaż, rozruch i odbiory w formule „pod klucz”, budowę instalacji kotłowni wodnej do odzysku energii z RDF. Nowobudowana kotłownia składa się z jednego kotła wodnego, wodnorurowego, rusztowego wraz z budynkami i instalacjami towarzyszącymi.

■ Część budowlana - wielobranżowa

Założono, że teren inwestycyjny powinien znajdować się na terenach zabudowy techniczno-produkcyjnej lub terenach przemysłowych z przeznaczeniem działalności uciążliwej. Teren działki inwestycyjnej ma około 0,9 ha i musi mieć umożliwiony dojazd do dro-

gi publicznej szerokości min. 5 m. Przy granicach terenu inwestycyjnego będzie możliwość przyłączenia się do sieci elektroenergetycznej, sieci kanalizacji sanitarnej, deszczowej i przemysłowej oraz do magistrali wodociągowej. Podstawowe parametry budynku kotłowni to wysokość 25 m, długość 23,5 m i szerokość 14 m.

Podawanie i magazynowanie paliwa:

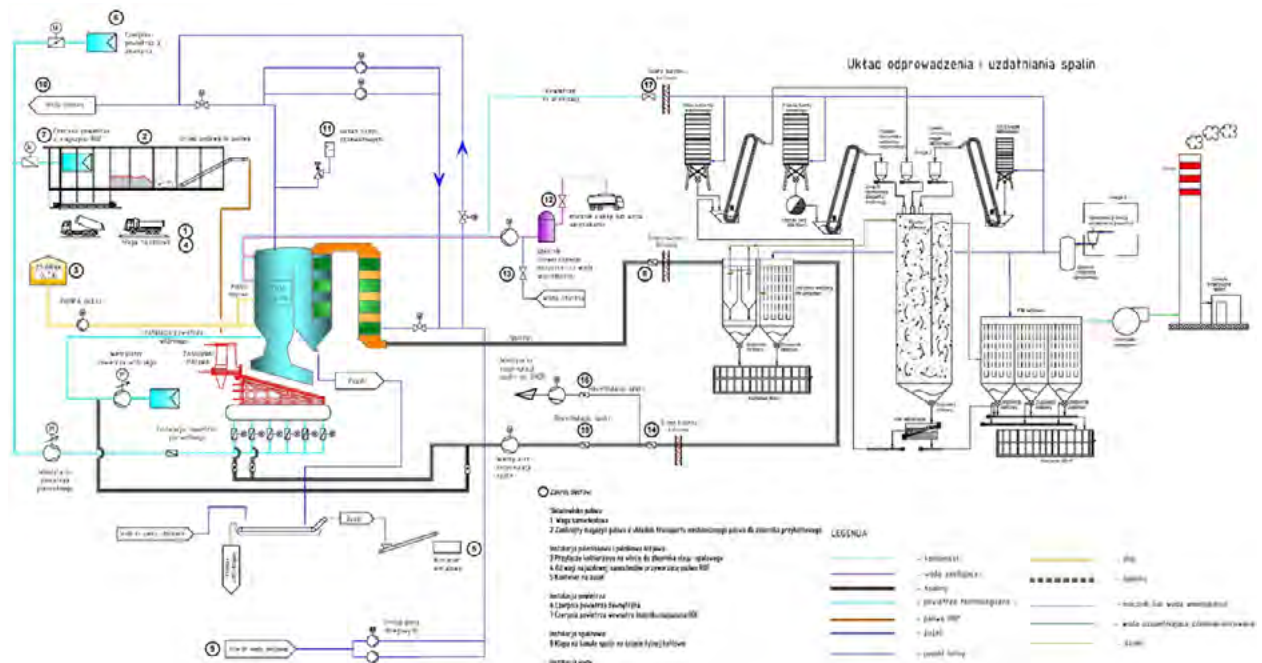
- paliwo dowożone transportem samochodowym,
- ilość RDF kontrolowana za pomocą wagi najazdowej przed budynkiem magazynowym,
- magazynowanie RDF - zbiornik przykottowy w wydzielonej części budynku kotłowni,
- budynek wyposażony w instalację dezodoryzacyjną,
- wstępny magazyn technologiczny jako wydzielona część magazynowa w formie wstępnego zbiornika o pojemności 300 m³ i placu składowym o pojemności 2 100 m³,
- paliwo z magazynu za pomocą ruchomej podłogi wysypywane jest na ciąg przenośników taśmowych,

którymi transportowane jest do zasypu zbiornika przykottowego,

- taśmowy separator magnetyczny ze skierowaniem elementów metalowych do pojemnika metalowego,
- magazyn RDF zlokalizowany na poziomie +3,5 m, zdolność magazynowa 2 100 m³, stanowi 4 dniowy zapas paliwa podstawowego /12, 5 MJ/kg, $\rho = 250 \text{ kg/m}^3$ / przy max wydajności kotła.

■ Instalacja paleniskowa

- instalacja rusztowa składająca się ze zbiornika podawczego, podajnika tłokowego, rusztu schodkowego posuwisto-zwrotnego z agregatem hydraulicznym,
- zbiornik podawczy, którego pojemność zabezpiecza 45 minutową pracę kotła przy 16 MW, na paliwie 12,5 MJ/kg,
- podajnik tłokowy z napędem hydraulicznym pozwalający na ciągłe i równomierne podawanie paliwa na pokład rusztu,
- ruszt schodkowy posuwisto-zwrot-



Rys. 2. Schemat techniczny

- ny o trzech strefach powietrza podmuchowego,
- instalacja powietrza podmuchowego z wentylatorem zasysane z przestrzeni magazynu paliwa i z zewnątrz,
 - instalacja powietrza wtórnego z wentylatorem zasysane jest z przestrzeni magazynu paliwa,
 - instalacja olejowa z 2 palnikami rozpałkowo-podtrzymującymi o mocy 2 MW każdy wraz ze zbiornikiem oleju opałowego lekkiego, agregatami olejowymi,
 - instalacja recyrkulacji spalin z wentylatorem spalin,
 - instalacja czyszczenia powierzchni grzewczych kotła poprzez zabudowane urządzenia zraszające oraz generatory fal uderzeniowych,
 - instalacja odżużlania.

■ Kocioł

Kocioł jest zaprojektowany jako dwa oddzielne bloki. Pierwszy jest utworzony ze ścian szczelnych i tworzy on jednolitą bryłę zawierającą 3 ciągi spalin. Drugim blokiem jest podgrzewacz wody umieszczony jako 4-ty ciąg spalin, zamknięty w obudowie z blach i spawanych profili stalowych.

■ Instalacja oczyszczania spalin

Instalacja oczyszczania spalin działa w oparciu o metodę pól suchą z wykorzystaniem trzech sorbentów: sodowego, wapniowego i węgla aktywnego.

Instalacja składa się z:

- odpylacz wstępny - filtrobicyklon,
- trzy zespoły dozowania sorbentów do reaktora,
- reaktor pionowy,
- filtr workowy,
- wentylator wyciągowy,
- emitör,
- stacja monitoringu spalin,
- sprężarka wraz ze stacją uzdatniania powietrza oraz zbiornikiem buforowym,
- silosy sorbentów - sorbent wapniowy, sorbent sodowy i węgiel aktywny,
- przenośniki talerzykowe transportujące sorbenty do zespołów dozowania,
- przenośniki ślimakowe transportujące sorbenty odpadowe do kontenerów oraz zawracające nieprzereagowany sorbent do procesu,
- sito wibracyjne oddzielające nieprzereagowaną frakcję sorbentu.

W celu ograniczenia emisji NO_x , kocioł wyposażony jest w instalację SNCR wykorzystującą wodę amoniakalną (24,5%) wraz z instalacją rozładunku, magazynowania i dystrybucji, zbiornik magazynowy, skruber, układ dystrybucji

wody amoniakalnej z pompami, układem sterowania.

Gwarancje techniczne środowiskowe - nowe konkluzje BAT dla spalania odpadów:

- Tlenki azotu jako $\text{NO}_2 < 120 \text{ mg/Nm}^3$,
- Tlenek węgla jako $\text{CO} < 50 \text{ mg/Nm}^3$,
- Amoniak jako $\text{NH}_3 < 10 \text{ mg/Nm}^3$,
- Poziom hałasu urządzenia w odległości 1 m $< 85 \text{ dB(A)}$.

■ Analiza finansowa

Na potrzeby przeprowadzenia analizy finansowej dokonano niezbędnych założeń. Wkład własny określono na poziomie 10 mln zł. Pozostałą część zaplanowano pokryć z kredytowania przy założonym oprocentowaniu kredytu 5%, a okres kredytowania 10 lat. Obliczona stopa dyskonta jako średni ważony koszt kapitału (tj. wkładu własnego i kredytu) wyniosła 5,54%.

Okres obliczeniowy projektu określono na poziomie 20 lat: 3 lata budowy i 17 lat eksploatacji. Czasokres realizacji inwestycji obliczono na 30 miesięcy.

Łączne nakłady inwestycyjne wyniosły 94,2 mln zł. Koszty nie uwzględniały działki i przyłączy zewnętrznych.

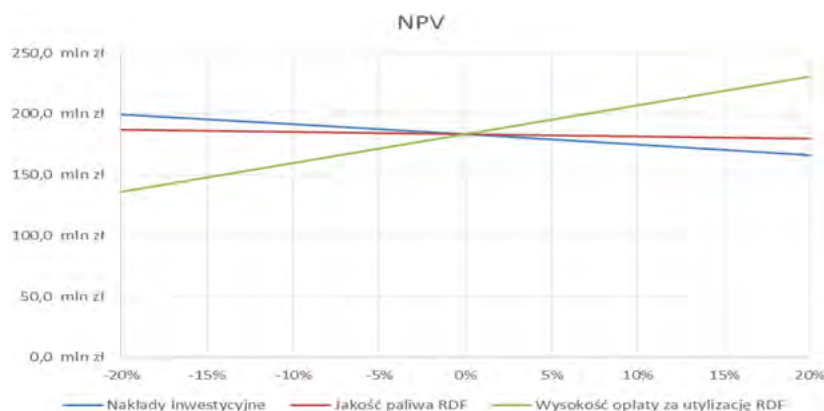
Do analizy ekonomicznej wariantu bazowego przyjęto cenę za utylizację 1 tony RDF na poziomie 700 zł. Przychody z tytułu ciepła przyjęto na poziomie 144 zł/MWh bez względu na taryfę. Określo-

Parametr	Jedn.	Paliwo dolne 10 MJ/kg $\rho = 150 \text{ kg/m}^3$	Paliwo gwarancyjne 12,5 MJ/kg $\rho = 250 \text{ kg/m}^3$	Paliwo górne 15 MJ/kg $\rho = 350 \text{ kg/m}^3$
Wydajność cieplna maksymalna trwała	MWt		16,0	
Wydajność cieplna minimalna	MWt		7	
Temperatura wody na wlocie do kotła	°C		70	
Temperatura wody na wylocie z kotła	°C		150	
Ciśnienie wody na wylocie z kotła	bar (g)		16	
Natężenie przepływu wody przez kocioł	t/h		169,9	
Sprawność obliczeniowa	%		> 83,0	
Temperatura spalin na wylocie z kotła	°C		> 170	
Ilość spalin na wylocie z kotła	m^3_n/h	45 384	45 720	45 600
Ilość spalin recyrkulowanych	m^3_n/h	12 187	15 439	18 000
Zużycie paliwa	kg/h	6 940	5 552	4 626
Zużycie paliwa dla 7800 h/a	t/a	54 132	43 305	36 083

Tab. 1. Parametry techniczne

Surowce		
Woda amoniakalna 24,5% dla SNCR	153,000 kg/h	1,28 zł/kg
Olej opałowy lekki (LFO) 42,6 MJ/kg	15,656 dm ³ /h	2,50 zł/dm ³
Sorbent sodowy NaHCO ₃	146,600 kg/h	1,58 zł/kg
Sorbent wapniowy Ca(OH) ₂	64,700 kg/h	0,50 zł/kg
Węgiel aktywny	5,500 kg/h	6,00 zł/kg
Media		
Energia elektryczna na potrzeby kotłowni	362,500 kWh/h	0,40 zł/kWh
Energia elektryczna na potrzeby oczyszczania spalin	550,000 kWh/h	0,40 zł/kWh
Woda do wytworzenia wody demineralizowanej w węźle odazotowania	0,003 m ³ /h	4,23 zł/m ³
Odpady		
19 01 12 - żużle paleniskowe	0,770 Mg/h	50,0 zł/Mg
19 01 13* - popioły lotne zawierające substancje niebezpieczne (pył z instalacji wstępnego odpylania z wykorzystaniem multicyklonów i odpalaczy workowych)	0,224 Mg/h	500,0 zł/Mg
19 01 07* - odpady stałe z oczyszczania gazów odlotowych (zawierające zużyte sorbenty wapniowe i/lub sodowe oraz zużyty pylisty węgiel aktywny)	0,499 Mg/h	550,0 zł/Mg
Opłaty za korzystanie ze środowiska		
Emisja CO ₂ w spalinach	6,738 Mg/h	0,30 zł/Mg
Emisja pyłu w spalinach	0,028 kg/h	0,60 zł/kg
Emisja SO ₂ w spalinach	1,108 kg/h	0,55 zł/kg
Emisja HCl w spalinach	0,222 kg/h	1,33 zł/kg
Emisja HF w spalinach	0,014 kg/h	1,33 zł/kg
Emisja NH ₃ w spalinach	0,277 kg/h	0,46 zł/kg
Emisja NO _x w spalinach	3,325 kg/h	0,55 zł/kg
Emisja CO w spalinach	1,385 kg/h	0,11 zł/kg
Emisja Cd w spalinach	0,001 kg/h	197,60 zł/kg
Emisja Pb w spalinach	0,008 kg/h	45,19 zł/kg
Zakup uprawnień do emisji gazów cieplarnianych		
Nie stosuje się przepisów EU ETS dla spalarni odpadów komunalnych i niebezpiecznych i dla instalacji o mocy <20 MW w paliwie. W przypadku niniejszej instalacji moc w paliwie wynosi: 19,3 MW, więc zakup uprawnień do emisji CO ₂ nie jest wymagany		

Tab. 2. Dane wejściowe do analizy ekonomicznej



Rys. 3. Analiza wrażliwości wartości zaktualizowanej netto na zmianę wybranych parametrów

no ceny adytywów, mediów, kosztów z tytułu utylizacji żużli i popiołów oraz opłat za emisję, a także pozostałe koszty zmienne i stałe funkcjonowania instalacji. Dane przedstawiono w tabeli 2.

Uzyskano poziom przychodów ze sprzedaży ciepła i utylizacji RDF na poziomie 47 mln zł.

Z przedstawionych założeń otrzymaliśmy bardzo atrakcyjne wskaźniki

opłacalności przedsięwzięcia. Prosty okres zwrotu wyniósł 40 miesięcy, a po uwzględnieniu stopy dyskonta 70 miesięcy. Wewnętrzna stopa zwrotu wynosi ponad 22%, a NPV nadwyżka zaktualizowanych przychodów netto nad poniesionymi nakładami początkowymi wynosi 183 mln zł.

Próg rentowności takiego przedsięwzięcia jest na poziomie 160 zł za tonę przetworzonego RDF. Powyższe pozwala obronić tezę, że dla założonego poziomu dokładności kalkulacji budowa instalacji o wydajności 16 MW w oparciu o kocioł wodny jest opłacalna.

Podobnej analizie poddano instalację budowy kotła wodnego o wydajności 5 MW. Wskaźniki dla instalacji 5 MW nie są już tak atrakcyjne. Wartość inwestycji kształtuje się na poziomie 73 mln zł. Progiem rentowności przedsięwzięcia jest zwiększenie stawki do 695 zł za tonę RDF. Inwestycja byłaby opłacalna, gdyby np. nakłady inwestycyjne zostały obniżone o min. 34% w stosunku do wariantu bazowego.

Wnioski

Kierunek modernizacji ciepłowni w Polsce poprzez zabudowę kotłów wodnych na RDF jest właściwy i opłacalny. Barię dla takiej rozbudowy może stanowić wysoki poziom nakładów inwestycyjnych. Inwestycja taka daje możliwość zastąpienia wodnych kotłów węglowych bez zmiany technologii kotłowni oraz w oparciu o istniejące systemy technologiczne. Ciepłownia na RDF nie poprawia jej statusu w zakresie efektywnego systemu ciepłowniczego, ale jest około 30% do 50% tańsza od podobnej mocy kotłowni generującej energię elektryczną i ciepło. Personel eksploatacyjny przyzwyczajony do kotłów wodnych na węgiel kamienny bezproblemowo przejdzie na RDF.

Istnieje potencjał do optymalizacji zaproponowanych rozwiązań oraz poprawy opłacalności poprzez uproszczenie procesów projektowania oraz standaryzację. Analiza opłacalności każdorazowo powinna być wykonana dla wybranej lokalizacji po uwzględnieniu jej indywidualnych lokalnych warunków i cen. □