



Maciej CYRANKA\*, Michał JURCZYK\*

## Uwarunkowania energetyczne, ekonomiczne i prawne odzysku energii z odpadów komunalnych w ramach układów kogeneracji

**STRESZCZENIE:** Artykuł przedstawia spojrzenie na odpady komunalne jako na element nowoczesnej i zdywersyfikowanej polskiej polityki energetycznej. Omówiony został istotny wpływ potencjalnych spalarni odpadów na polską gospodarkę odpadami komunalnymi oraz na sieć energetyczną, zwłaszcza w kwestii miejskich sieci ciepłowniczych. Dodatkowo zostały przedstawione podstawowe uwarunkowania prawne zarówno krajowe, jak i europejskie, które mają decydujący wpływ na współczesny rozwój polskiej infrastruktury odzysku energetycznego z odpadów. Przytoczone zostały przykłady krajów europejskich, w których spalarnie odpadów od dawna stanowią niezbędny oraz doceniany element infrastruktury energetycznej i komunalnej. Zaznaczono również miejsce przynależne spalarniom w zrównoważonej gospodarce odpadami, umiejscowione za metodami recyklingu materiałowego.

Obecny stan polskiej gospodarki odpadami komunalnymi oraz obowiązujące wymagania Unii Europejskiej powodują, że rozbudowa polskiej infrastruktury odzysku energetycznego odpadów jest konieczna i pożądana. Odpady komunalne wykorzystane w celu produkcji energii elektrycznej oraz ciepła sieciowego pozwalają na uniknięcie wykorzystania paliw konwencjonalnych przyczyniając się tym samym do wzrostu bezpieczeństwa energetycznego danego miasta czy regionu. W finalnej części artykułu przedstawiono i omówiono sześć obecnie budowanych lub rozpoczynających swoją pracę polskich spalarni odpadów, wraz z ich potencjalnym wpływem na sieć ciepłowniczą oraz gospodarkę odpadami komunalnymi. O ile w przypadku produkcji energii elektrycznej omawiane

---

\* Mgr inż. – WIMIR KSEiUOŚ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; e-mail: cyranka@agh.edu, jurczyk@agh.edu.pl

spalarnie nie przyniosą znaczących korzyści, o tyle w przypadku produkcji ciepła sieciowego i zagospodarowania odpadów można mówić o znaczącym usprawnieniu i unowocześnieniu polskiej gospodarki.

SŁOWA KLUCZOWE: spalarnie odpadów, kogeneracja, sieci ciepłownicze, ciepło, energia elektryczna, odnawialne źródło energii, OZE

## Wprowadzenie

Zakłady termicznego przekształcania odpadów komunalnych (dalej ZTPOK), potocznie zwane spalarniami odpadów, są zakładami, na terenie których funkcjonuje instalacja przeznaczona do odzysku energii z odpadów komunalnych na drodze ich termicznego przekształcania. Najczęściej wykorzystywanym współcześnie procesem mającym na celu termiczne przekształcania odpadów komunalnych jest ich spalanie w kotłach z rusztem ruchomym (87% ZTPOK w Europie (Lombardi i in. 2014)). Popularność technologii z paleniskiem rusztowym do zagospodarowania odpadów komunalnych wynika głównie z towarzyszącej spalaniu znacznej redukcji masy i objętości odpadów, możliwości przekształcania wielu różnych rodzajów odpadów oraz największej dostępnej obecnie sprawności energetycznej, tzn. stosunku energii (elektrycznej i/lub w postaci ciepła) odzyskanej z odpadów do energii chemicznej zawartej w spalanych odpadach.

Odzysk energii z odpadów komunalnych jest zintegrowanym elementem gospodarki odpadami w krajach, w których funkcjonuje rozbudowany oraz zaawansowany system wykorzystania energii oraz materiałów z odpadów. Przykłady krajów takich, jak np. Niemcy, Holandia i Szwecja pokazują, że technologie odzysku energii z odpadów mogą być uznane za naturalny i niezbędny krok w kierunku istotnego ograniczenia gospodarki odpadami opartej na wysoce negatywnym, w odniesieniu do oddziaływania na środowisko, a przez to niepożądanym procesie składowania odpadów. Jednak należy mieć na uwadze fakt, iż zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju odzysk energii z odpadów powinien być prowadzony dopiero po zapewnieniu maksymalnego możliwego wykorzystania recyklingu materiałowego w zagospodarowaniu odpadów komunalnych. Powyższa zasada znajduje odzwierciedlenie w zaproponowanej przez Unię Europejską (dalej UE) hierarchii postępowania z odpadami (Dyrektywa 2008/98/WE), symbolicznie zobrazowanej na rysunku 1.



Rys. 1. Hierarchia postępowania z odpadami przyjęta przez UE w ramach ramowej dyrektywy w sprawie odpadów (CEWEP 2009)

Fig. 1. Waste Hierarchy adopted by EU within the Waste Framework Directive (CEWEP 2009)

## 1. Rozwój polskiej infrastruktury ZTPOK

Wraz z przystąpieniem do UE Polska zobowiązała się do spełnienia wielu restrykcyjnych wymagań stawianych przez prawo europejskie, zarówno w kwestii gospodarki odpadami komunalnymi, jak i zasobami energetycznymi. W związku z tym rozbudowa polskiej infrastruktury ZTPOK jest niezwykle pożądana, a w przyszłości powinna stanowić ważne ogniwo w polskiej polityce energetycznej i środowiskowej. Wynika to z faktu, że wykorzystanie spalarni odpadów prowadzących odzysk energii z odpadów komunalnych przyczynia się do unowocześnienia zarówno infrastruktury energetycznej, m.in. poprzez wzrost produkcji energii z odnawialnych źródeł energii (dalej OZE), jak i modernizacji infrastruktury ochrony środowiska, m.in. przez wzrost udziału metod odzysku w zagospodarowaniu odpadów komunalnych. I tak na przykład, istnieją opinie, że najprawdopodobniej tylko dzięki wykorzystaniu spalarni odpadów komunalnych, możliwe stanie się osiągnięcie wymaganego prawnie w Polsce poziomu redukcji masy składowanych odpadów ulegających biodegradacji w roku 2020 (65% redukcji masy w stosunku do roku 1995) (Pająk 2009a). Mimo wszystko, przykłady wspomnianych wcześniej krajów europejskich, tj. Niemiec, Holandii i Szwecji, pokazują, że ZTPOK są potrzebnymi oraz korzystnymi ogniwami systemu gospodarki odpadami, synergicznie współpracującym z pozostałymi elementami tego systemu, jak np. instalacjami mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów.

Spalarnie odpadów komunalnych daleko zaawansowane w budowie oraz te, które aktualnie rozpoczynają swoją eksploatację na terenie Polski (tj. w Białymstoku, Bydgoszczy, Koninie, Krakowie, Poznaniu i Szczecinie) w związku ze skalą podjętych przedsięwzięć oraz potencjal-

nym wpływem na otoczenie, są współcześnie jednymi z najważniejszych narodowych inwestycji w zakresie ochrony środowiska. Jednocześnie liczba planowanych obecnie polskich inwestycji ZTPOK sięga nawet 30 zakładów, jednak ich sumaryczna wydajność (tj. ok 3,8–3,9 mln Mg/rok) wydaje się wciąż niewystarczająca, aby osiągnąć planowaną do 2020 roku ustawowo wymaganą redukcję masy składowanych odpadów biodegradowalnych (Wielgosiński 2014). Mimo to oczywisty jest fakt, iż nie można zaprzeczyć bardzo istotnej roli przyszłych ZTPOK w polskiej polityce środowiskowej ponieważ krajowa gospodarka odpadami komunalnymi wciąż pozostaje oparta głównie na składowaniu odpadów (63,1% – udział odpadów składowanych w odpadach komunalnych zebranych w 2013 roku (GUS 2014)). Natomiast oddanie do użytku chociażby sześciu wspomnianych wcześniej ZTPOK, mimo wszystko znacząco przyczyni się do wzrostu udziału form odzysku w zagospodarowaniu odpadów komunalnych (planowana łączna wydajność 974 tys. ton/rok (Styś i Foks 2014)). Omawiane zakłady będą spełniały rolę ponadregionalnych regionalnych instalacji do przetwarzania odpadów komunalnych (dalej RIPOK), których budowa, utrzymanie i eksploatacja według prawa polskiego (MS 2011) będzie należeć do zadań gmin. Natomiast sama decyzja o nadaniu statusu RIPOK realizowana będzie z poziomu samorządu województwa. Nadanie władzom gminy kompetencji nadzorczych nad spalarniami nastąpiło w celu ograniczenia przeszkód administracyjnych mogących stanąć na drodze do wzrostu innowacyjności gospodarki i realizacji zobowiązań wynikających z członkostwa Polski w UE (Styś i Foks 2014).

Zacofanie polskiej gospodarki odpadami w zakresie wykorzystania metod termicznego przekształcania odpadów komunalnych, tzn. obecność tylko jednego zakładu o niewielkiej wydajności (tj. warszawskiego ZUSOK), jest o tyle interesujące, o ile pierwszym zakładem tego typu w naszym kraju była spalarnia wybudowana w Warszawie w 1912 r. (pracująca do II wojny światowej). Warto zauważyć, że na Zachodzie już od lat 60. XX wieku zaczęto na masową skalę budować spalarnie oraz usprawniać je pod kątem ograniczania emisji niebezpiecznych zanieczyszczeń gazowych. W tym samym czasie w Polsce kwestię spalania odpadów komunalnych całkowicie zanedbano, nie budując ani jednego ZTPOK. Pomimo ewidentnych politycznych i gospodarczych korzyści (wynikających m.in. z umów z UE), realizacja polskich projektów spalarni odpadów okazuje się zadaniem niezwykle problemowym dla kolejnych kadencji rządzących. I tak np. budowa ZTPOK dla Krakowa była rozważana od roku 1992 (Generowicz i in. 2009), a lista indykatorywna projektów indywidualnych Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2007–2013, uwzględniała 12 spalarni odpadów komunalnych do budowy w latach 2007–2014.

Częściowym wyjaśnieniem tak wielkich opóźnień w budowie spalarni odpadów mogą być wysokie koszty inwestycyjne tego typu zakładów, które w przypadku budowanych aktualnie 6 polskich spalarni stanowią razem koszt ok. 3 miliardów PLN (Styś i Foks 2014). Przyczyn opóźnień w realizacji polskich projektów ZTPOK można się również doszukiwać w sprzeciwie społeczności lokalnych odnośnie do ich budowy w pobliżu terenów mieszkalnych oraz w polskim prawie dotyczącym zamówień publicznych. Jednak w obu przypadkach można zaobserwować korzystne dla rozwoju ZTPOK zmiany, a mianowicie wg badania (Deloitte 2011) aż 73% mieszkańców polskich miast zgodziłoby się na budowę spalarni odpadów w ich dzielnicy, a prze-

prowadzane obecnie nowelizacje ustawy o zamówieniach publicznych pozwalają przypuszczać, że w przyszłości środowisko administracyjno-finansowe będzie bardziej przyjazne dla realizacji dużych projektów odzysku energii z odpadów.

## 2. Odzysk energii z odpadów w kogeneracji

Wykorzystanie odpadów komunalnych w celu produkcji energii niesie ze sobą wiele korzyści ekologicznych, które są przede wszystkim związane ze zmniejszeniem obciążenia środowiska przez składowane odpady. Oczywiście nie mniejsze korzyści wynikają z możliwości produkcji w ZTPOK energii, której wytworzenie wpływa pozytywnie na zmniejszenie zużycia paliw konwencjonalnych w polskiej energetyce. W obliczu pakietu klimatycznego (3 x 20) oraz coraz bardziej zaostrzonych wymogów ekologiczno-energetycznych w dyrektywach UE można przyjąć, że obecnie rozbudowywana infrastruktura odzysku energetycznego odpadów staje się niezwykle ważnym elementem polskiej polityki energetycznej. Około 50% energii wytwarzanej w europejskich spalarniach pochodzi z części odpadów o charakterze podobnym do biomasy, tzn. o korzystniejszym bilansie CO<sub>2</sub> w stosunku do paliw kopalnych (CEWEP 2014). Badania wskazują, że gdy odzyskowi energetycznemu podda się odpady komunalne składające się w 56% z frakcji biodegradowalnej, emisja właściwa CO<sub>2</sub> wyniesie 0,40 Mg/MWh<sub>e</sub>, w porównaniu do 0,84 Mg/MWh<sub>e</sub> dla konwencjonalnej elektrowni węglowej i ok 0,66 Mg/MWh<sub>e</sub> średnio dla polskich elektrowni (Gohlke 2009; Fruergaard 2010).

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 2 czerwca 2010 r. (MŚ 2010) można przyjąć, że nawet 42% energii odzyskanej w ZTPOK pochodzi z energii chemicznej zawartej we frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych (jak np. odpady kuchenne, biomasa odpadowa, papier i tektura). W związku z tym wykorzystanie odpadów komunalnych do produkcji energii prowadzi do wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE).

Korzyści ekologiczno-energetyczne pracy spalarni odpadów w znacznym stopniu zależą od odpowiednio wysokiej sprawności energetycznej odzysku. Współcześnie przykłada się wiele uwagi do budowy i eksploatacji ZTPOK w sposób zapewniający optymalny odzysk energii, tzn. w taki, podczas którego generowana jest maksymalna ilość energii przy równoczesnym braku zagrożeń dla środowiska naturalnego i wysokiej dyspozycyjności spalarni. Zostało udowodnione, że jednym z najważniejszych aspektów decydujących o wysokiej sprawności spalarni odpadów jest jej praca w kogeneracji, przy czym jako kogenerację należy rozumieć (Prawo energetyczne 1997):

*kogeneracja – równoczesne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej lub mechanicznej w trakcie tego samego procesu technologicznego.*

Wiele dokumentów, jak chociażby dokumenty dotyczące najlepszych technik (IPPC 2006) wskazuje, że praca spalarni w skojarzeniu jest najlepszą techniką do stosowania w celu optymalnego odzysku energetycznego odpadów. Praca każdej jednostki wytwarzającej energię w ko-

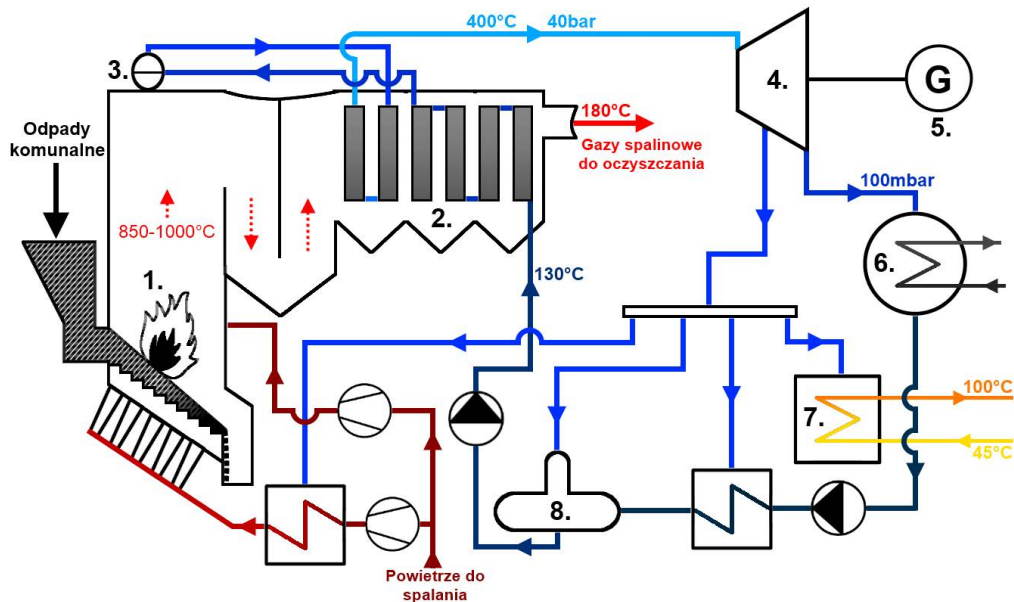
generacji skutkuje mniejszym zapotrzebowaniem procesu na paliwo aniżeli korzystanie z oddzielnej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Współczesne promowanie wysoko wydajnej kogeneracji na podstawie realnego zapotrzebowania na ciepło użytkowe jest jednym z głównych priorytetów polityki energetycznej UE. Uważa się, iż potencjał kogeneracji w wytwarzaniu energii w Europie jest obecnie wykorzystywany w niewystarczającym stopniu. W myśl dyrektywy (Dyrektywa 2012/27/UE) wszystkie państwa członkowskie są zobligowane do podjęcia środków, które zapewnią lepsze wykorzystanie potencjału kogeneracji w ramach instrumentów wewnętrznego rynku energii, czyli również w ramach infrastruktury ZTPOK.

Można przyjąć, że w spalarniach odpadów pracujących w kogeneracji z jednej tony odpadów o wartości opałowej wynoszącej 10 MJ/kg można wytworzyć około 2 MWh<sub>th</sub> ciepła oraz  $\frac{2}{3}$  MWh<sub>e</sub> energii elektrycznej (Kamuk 2013). Kogeneracja powinna być rozpatrywana przez agencje rządowe, jako adekwatna droga w kierunku mniejszej emisji, większej sprawności, mniejszych kosztów oraz większej wiarygodności przyszłej energetyki, w tym tej opartej na spalaniu odpadów. W dokumencie (IEA 2008), przygotowanym przez Międzynarodową Agencję Energetyczną (ang. *International Energy Agency* – IEA) przedstawiono kilka głównych rezultatów analizy na temat wykorzystania kogeneracji:

- ◆ Kogeneracja może zredukować emisję CO<sub>2</sub>, przyczyniając się tym samym do znaczącego wkładu w działania na rzecz zapobiegania zmianom klimatu.
- ◆ Zwiększenie wykorzystania kogeneracji zmniejszy inwestycje na rynku energii w związku ze zredukowanym zapotrzebowaniem na nowe jednostki wytwórcze oraz sieci przesyłowe i dystrybucyjne. Co więcej, może się to przełożyć na spadek cen energii dla odbiorców końcowych.
- ◆ Potencjał do rozwoju kogeneracji istotnie zależy od uwarunkowań i możliwości określonych państw. W krajach, które opierają swoją energetykę na paliwach kopalnych, jak np. Polska, potencjał ten jest większy niż w krajach uzyskujących energię na drodze innych procesów, jak np. Norwegia, której energetyka opiera się w znacznym stopniu na energii z elektrowni wodnych.

W przypadku spalarni odpadów praca w kogeneracji opiera się na dobraniu odpowiedniej zabudowy oraz konfiguracji obiegu parowo-wodnego. Obiegi parowo-wodne stanowią techniczną podstawę odzysku energii z odpadów komunalnych oraz są obecnie dominującym typem procesu konwersji energii chemicznej odpadów w energię elektryczną i ciepło (Lombardi i in. 2014). Schemat obiegu parowo-wodnego ZTPOK pracującego w kogeneracji przedstawiono na rysunku 2.

Woda podawana do kotła spalarni odbiera energię cieplną od spalanych odpadów, dzięki czemu zmienia się w parę przegrzaną (w przypadku produkcji tylko ciepła – w parę nasyconą) o parametrach, które zazwyczaj wynoszą około 400°C i 40 bar (Lombardi i in. 2014; Kamuk 2013). Para ta następnie jest kierowana do turbiny, gdzie oddając energię cieplną wykonuje pracę zamienioną za pośrednictwem turbogeneratora w energię elektryczną. Wybór określonego typu turbiny jest aspektem decydującym o ilościowych i jakościowych możliwościach produkcji ciepła w spalarni. W przypadku, kiedy wytwarzana ma być tylko energia elektryczna wybiera się turbiny kondensacyjne. Natomiast w przypadku uwzględnienia dodatkowo produkcji energii



Rys. 2. Schemat obiegu ciepłego spalarni odpadów z kotłem rusztowym i turbiną upustowo-kondensacyjną  
 1 – komora spalania, 2 – strefa wymienników ciepła, 3 – walczak, 4 – turbina, 5 – generator, 6 – skraplacz,  
 7 – wymiennik ciepła sieci ciepłowniczej, 8 – odgazowywacz

Fig. 2. Scheme of waste incinerator thermal cycle with grate boiler and extraction condensing turbine

w postaci ciepła, ZTPOK zostaje wyposażony w turbinę upustowo-kondensacyjną lub przeciwną, zależnie od planowanej ilości produkowanego ciepła.

### 3. Energia z odpadów w miejskiej sieci ciepłowniczej

Opierając się na wielu przykładach można stwierdzić, że kwestią najistotniejszą dla efektywnie prowadzonego odzysku energii z odpadów komunalnych jest możliwość ekonomicznego wykorzystania wyprodukowanej w ZTPOK energii pod postacią ciepła. Energia taka służy głównie do zasilania przesyłowych sieci ciepłowniczych, tzn. takich, które koncentrują się na spełnieniu potrzeb klientów w ciepło nisko- i średniotemperaturowe (tj. 75–115°C), poprzez wykorzystanie tzw. ciepła odpadowego. Za ciepło odpadowe można przyjąć ciepło tracone w układach skraplania obiegów parowo-wodnych ZTPOK pracujących w kondensacji (tzn. produkcji tylko energii elektrycznej), które wynosi ok. 55% energii chemicznej zawartej w odpadach (Tobiasen i Kamuk 2013). Para po wykonaniu pracy w turbinie wciąż posiada potencjał do jej energetycznego wykorzystania, ale już właściwie tylko jako medium służące do wytworzenia ciepła

użytkowego. Jednak w ramach dążenia do optymalnej sprawności energetycznej ZTPOK każda opłacalna ekonomicznie możliwość wykorzystania energii wyzwolonej z odpadów komunalnych powinna zostać zrealizowana. Dodatkowo na korzyść wykorzystania niskotemperaturowej energii z odpadów świadczy współcześnie obserwowalny wzrost zainteresowania możliwościami dostarczania do sieci miejskich energii w postaci ciepła ze źródeł odnawialnych. Ponadto w przyszłości z pewnością będzie wzrastało zainteresowanie wykorzystaniem ciepła sieciowego do celów chłodniczych, co dodatkowo zwiększy korzyści energetyczno-środowiskowe pracy ZTPOK w skojarzeniu.

Efektywna praca ZTPOK w skojarzeniu musi oczywiście być podparta podłączeniem do odpowiednio pojemnej oraz stabilnej sieci ciepłowniczej. W przypadku przesyłu wytwarzanego w ZTPOK ciepła do odbiorców końcowych (miejska sieć ciepłownicza bądź zakład przemysłowy), jedną z najważniejszych kwestii jest zapewnienie stabilnego zapotrzebowania na ciepło przez cały rok. Tylko długoterminowy kontrakt pomiędzy spalarnią a odbiorcą ciepła, korzystny dla obu stron, zapewni stabilną pracę spalarni z najlepszą sprawnością energetyczną. Dokument ([Euroheat & Power 2013](#)) wskazuje na ważną rolę spalarni odpadów w sieciach ciepłowniczych związanych z obszarami miejskimi, zwłaszcza w przypadku długoterminowych korzyści płynących z rozbudowy sieci ciepłowniczych.

Europejskie ZTPOK były w roku 2011 źródłem ok. 31 TWh<sub>e</sub> energii elektrycznej i 78 TWh<sub>th</sub> ciepła. Do sieci ciepłowniczych zaopatrujących mieszkalnictwo oraz sektor usług zostało skierowane ok. 50 TWh<sub>th</sub> ciepła, co stanowi ok. 10% całkowitej podaży do europejskich miejskich sieci ciepłowniczych ([CEWEP 2014](#)). Niektóre przykłady państw europejskich pokazują, że odpady komunalne mogą być wręcz niezbędnym elementem infrastruktury energetycznej, jak np. w Norwegii czy Danii, gdzie energia z odpadów ma odpowiednio 43,6% i 18,3% udziału w całkowitej produkcji ciepła (dane na rok 2011) ([CoolswEEP 2013](#)).

Stosowanie w spalarniach odpadów złożonych, efektywnych oraz niezawodnych systemów oczyszczania spalin gwarantuje ich pracę w warunkach spełniających restrykcyjne wymogi prawa polskiego i wspólnotowego w kwestii emisji zanieczyszczeń gazowych. Poza emisjami do powietrza, inne potencjalne zanieczyszczenia środowiska emitowane ze spalarni odpadów to: emisje do wody, procesowe pozostałości stałe (m.in. żużel i odpad z instalacji oczyszczania spalin) oraz hałas i wibracje. Każdy współczesny zakład tego typu wykorzystuje w swojej zabudowie nowoczesne i skuteczne rozwiązania mające na celu zapewnienie najmniejszej możliwej produkcji wymienionych wyżej zanieczyszczeń. Obecny stan techniki pozwala na prawie całkowite wyeliminowanie szkodliwości powyżej przytoczonych czynników, umożliwiając pomyślną lokalizację ZTPOK w pobliżu miejskich centrów (np. Brno, Paryż, Wiedeń i wiele innych).

„Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014” ([KPGO 2010](#)) zakłada, że spalanie odpadów jest preferowaną metodą zagospodarowania odpadów w regionach gospodarki odpadami obejmujących co najmniej 300 tys. mieszkańców. Okazuje się, że duże miasta są naturalnym otoczeniem spalarni odpadów, które dzięki swojej specyfice przynoszą wiele korzyści dla mieszkańców i pozwalają na szersze wdrożenia koncepcji tzw. inteligentnych miast (ang. *smart cities*). Gęsto zamieszkane regiony uzasadniają wykorzystanie w ich obrębie ZTPOK o dużej wydajności. Natomiast wraz ze wzrostem wydajności obsługiwanego ZTPOK wzrasta sprawność energetyczna



przewodzonego odzysku, zmniejszają się koszty właściwe instalacji, a stosowanie wyrafinowanych rozwiązań technicznych jest bardziej uzasadnione ekonomicznie.

W związku z tym wysoka gęstość zaludnienia obszaru w pobliżu ZTPOK ma trojako bardzo korzystny wpływ na racjonalność zastosowania kogeneracji podczas prowadzonego odzysku energii. Po pierwsze, praca w pobliżu ośrodka wielkomiejskiego sprzyja wystarczającej ilości i jakości odpadów komunalnych przeznaczonych do spalania. W dużych polskich miastach wytwarzane jest bowiem ponad 45% masy odpadów komunalnych (Deloitte 2011), których znaczna część to odpady o wysokiej przydatności do termicznego przekształcania, jak np. odpady opakowaniowe. Po drugie, umiejscowienie spalarni w pobliżu terenów gęsto zamieszkałych i przemysłowych ma korzystny wpływ na rozmiar popytu na produkowane ciepło sieciowe. Sieci ciepłownicze mają często charakter lokalny, tzn. ograniczają się do obszaru jednego miasta. A więc dystans dzielący ZTPOK od odbiorców ciepła powinien być zminimalizowany w celu uniknięcia wysokich kosztów instalacji oraz nadmiernych strat ciepłych. Po trzecie, koszty transportu odpadów są minimalne w porównaniu z zakładami umiejscowionymi poza granicami miast.

Potwierdzeniem słuszności koncepcji lokalizowania ZTPOK w obszarach o gęstym zaludnieniu są przykłady europejskich spalarni odpadów, które w znacznej większości są budowane w bezpośrednim pobliżu centrów ośrodków wielkomiejskich. Przykładem takiego rozwiązania jest chociażby austriacka spalarnia Spittelau w Wiedniu, która rozpoczęła pracę w 1971 roku. Najwyższy stopień zaawansowania technicznego zastosowanych rozwiązań spowodował, że lokalizacja tego obiektu (niecałe 4 km od ścisłego centrum Wiednia) została powszechnie zaakceptowana, a moc cieplna instalacji (60 MW<sub>th</sub>) zaspokaja potrzeby pobliskiego szpitala oraz innych, w tym indywidualnych odbiorców (Pająk 2009b). Jako inny miarodajny przykład mogą posłużyć 3 spalarnie ulokowane na terenie Paryża, zlokalizowane nie dalej niż 6 km od ścisłego centrum miasta, które razem zaspokajają ok. 50% potrzeb tamtejszej miejskiej sieci ciepłowniczej (CEWEP 2014).

Uważa się, iż Polska sieć ciepłownicza należy do dosyć dobrze rozwiniętych. Nasza narodowa sieć przesyłowa wynosi ogółem 16,1 tys. km (GUS 2013), a do sieci podłączonych jest ok. 41% mieszkańców (Coolswep 2013). Co więcej, w przyszłości popyt na ciepło sieciowe w Polsce będzie najprawdopodobniej stabilnie rosł (15% wzrostu zużycia ciepła sieciowego w latach 2010–2030, wg prognozy (PwC 2012)). Pozwala to przypuszczać, że łatwo będzie znaleźć zapotrzebowanie na wytworzone w ZTPOK ciepło, przyczyniając się tym samym do wzrostu sprawności i opłacalności spalarni. Jednak należy pamiętać o tym, że z racji klimatu umiarkowanego panującego w Polsce, zapotrzebowanie na ciepło ma charakter zmienny w skali roku. W związku z tym większość powstających obecnie w Polsce spalarni odpadów zakłada wykorzystanie turbin upustowo-kondensacyjnych, które pozwalają na dostosowanie produkcji energii pod postacią ciepła w zależności od aktualnego popytu na ciepło sieciowe.

## 4. Ekonomiczne aspekty kogeneracji w ZTPOK

W przypadku wykorzystania ciepła odpadowego z ZTPOK dla potrzeb sieci ciepłowniczej z ekonomicznego punktu widzenia długoterminowe korzyści przeważają nad kosztami inwestycyjnymi (CEWEP 2014). Obecnie ZTPOK są zdecydowanie droższe w budowie i eksploatacji niż inne elementy energetyki zawodowej, jak np. parowe jednostki wytwórcze oparte na spalaniu węgla. Wynika to głównie z faktu, że spalanie odpadów jest procesem dużo mniej stabilnym aniżeli spalanie paliw konwencjonalnych, oraz że każda spalarnia odpadów musi być wyposażona w rozbudowane a przez to drogie instalacje neutralizacji emisji gazowych i pozostałości stałych po procesie spalania i oczyszczania spalin. Aczkolwiek, według Uchwały Senatu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 sierpnia 2014 r. w sprawie wniesienia do Sejmu ustawy o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw, spalarniom odpadów, jako ponadregionalnym RIPOK, jest gwarantowane wsparcie inwestycyjne ze środków Unii Europejskiej oraz Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Niemniej jednak, o ile w przypadku odzysku energetycznego odpadów można mówić o jednej z najdroższych form zagospodarowania odpadów komunalnych, o tyle spalarnie odpadów okazują się być jednym z tańszych źródeł energii pochodzącej z OZE. Okazuje się, że energia odzyskana z odpadów komunalnych należy do jednych z najtańszych OZE, ustępując jedynie energii wiatru. Dane zestawione w (Xydis i Koroneos 2012) pozyskane z badań literaturowych odnośnie kosztów właściwych oraz sprawności energetycznej poszczególnych OZE przedstawia poniższa tabela 1.

TABELA 1. Koszty i sprawności poszczególnych jednostek OZE, na podstawie (Xydis i Koroneos 2012)

TABLE 1. Unit costs and units efficiency from different renewable energy sources, based on (Xydis & Koroneos 2012)

Rodzaj OZE	Koszty właściwe [€/kWh]	Sprawność energetyczna jednostek wytwórczych [%]*
Energii z odpadów komunalnych	0,04	25–30
Fotowoltaika	0,20	10–15
Słoneczna	0,125	25–30
Wiatr	0,038	20–38
Biomasa	0,08	25–60
Geotermia	0,106	75–85
Woda	0,045	35–45

\* W przypadku produkcji tylko energii elektrycznej.

Ekonomiczną opłacalność funkcjonowania ZTPOK, jako źródła energii potwierdza praca warszawskiego ZUSOK, który jest najtańszym źródłem energii w Warszawie, a roczny zysk ze sprzedaży ciepła wynosi około 3 mln zł (Wadas 2008).

Polskie prawo uwzględnia mechanizm wsparcia finansowego dla energii elektrycznej wyprodukowanej w kogeneracji, tzw. czerwone certyfikaty, oraz dla energii pochodzenia OZE, tzw. zielone certyfikaty. Oba typy certyfikatów wydawanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki są przyznawane producentom dodatkowo do regularnego wynagrodzenia za sprzedaną energię. Jednak obecnie wyrażane są obawy, że spalarnie odpadów mogą mieć problemy z uzyskaniem wsparcia do uzyskania zielonych certyfikatów z racji różnych interpretacji biomasy według nowej ustawy o odnawialnych źródłach energii (MŚ 2015).

Systemy wsparcia finansowego mogą się okazać niezbędne do zapewnienia konkurencyjności spalarni odpadów na rynku ciepła sieciowego. Jednak według dyrektywy (Dyrektywa 2012/27/UE) systemy wsparcia publicznego w zakresie promowania kogeneracji powinny koncentrować się głównie na wsparciu kogeneracji opartej na ekonomicznie uzasadnionym zapotrzebowaniu na ciepło i chłodzenie. Jakkolwiek większość spalarni odpadów jest ekonomicznie opłacalnych z racji tego, że wykorzystanie odpadów komunalnych, jako paliwa zapewnia dochody związane z opłatami wnoszonymi przez dostawców odpadów. Oczywiście planowanie ekonomicznych aspektów pracy ZTPOK w kogeneracji wiąże się z wieloma niepewnościami, m.in.: ceną sprzedawanej energii elektrycznej i ciepła, niepewnymi mechanizmami wsparcia oraz niestabilnymi trendami w generowaniu i zagospodarowaniu odpadów komunalnych. Ponadto, w przypadku sprzedaży ciepła do danego zakładu przemysłowego należy brać pod uwagę również możliwość jego bankructwa i zamknięcia. Powyższe problemy mogą zostać częściowo uniknięte poprzez zapewnienie ustalonych cen na energię w całym okresie eksploatacji (które jednak są zdecydowanie mniej korzystne) lub poprzez zapewnienie odpowiednich systemów wsparcia finansowego w odpowiednio długim okresie czasu.

Podsumowując, maksymalne korzyści ekonomiczne wynikające z pracy ZTPOK w kogeneracji są osiągalne tylko w przypadku precyzyjnego dopasowania specyfikacji zakładu do uwarunkowań techniczno-ekonomicznych rynku energii w jego otoczeniu.

Ze względu na sezonowe zmiany składu odpadów komunalnych, spalarnie odpadów nie mogą pracować jako stałe źródło energii. Wahaniami właściwości paliwowych odpadów komunalnych skutkują fluktuacjami ilości produkowanej w ZTPOK energii cieplnej. Co więcej, spalarnie odpadów komunalnych nie mogą, tak jak konwencjonalne elektrociepłownie, magazynować na swoim terenie paliwa niezbędnego do pracy zakładu przez dłuższy czas. Zazwyczaj ilość odpadów przetrzymywanych w bunkrach współczesnych ZTPOK pozwala na eksploatację zakładu przez maksimum 1 tydzień (Kamuk 2013). Jednak można przyjąć, że długoterminowe zaopatrzenie spalarni w odpady jest bardziej stabilne niż zaopatrzenie np. w gaz ziemny (w związku z niestabilnościami cen gazu w dłuższej perspektywie), co może korzystnie wpływać na ceny energii.

## 5. Polskie projekty ZTPOK

Tabela 2 przedstawia zakładane parametry eksploatacyjne polskich projektów ZTPOK będących aktualnie w budowie, bądź tych, których rozruch przewidziano na przełomie roku 2015 i 2016.

TABELA 2. Dane projektowe dla 6 polskich ZTPOK

TABLE 2. Design data for 6 Polish WtE plants

	Białystok		Bydgoszcz	Konin	Kraków	Poznań	Szczecin	
	sezon grzew.	lato					sezon grzew.	lato
Wydajność* ZTPOK [Mg/rok]	120 000	120 000	180 000	94 000	220 000	210 000	150 000	150 000
Wartość opałowa odpadów [kJ/kg]*	7 500	7 500	8 500	8 500	8 800	9110	10 500	10 500
Nominalny czas pracy [h]*	5 280	2 520	7 800	7 800	7 800	7800	5 136	2 664
Moc elektryczna netto [MWe]*	2,29	5,47	6,9	2,2	6,4	7,6	6,3	9,4
Energia elektryczna netto [MWhe]*	12 091	13 784	53 820	17 296	49 920	59 280	32 357	25 042
Moc cieplna [MWth]*	20	5	27,7	19	35	40	27	8
Ciepło [MWhth]*	105 600	12 600	216 060	148 200	273 000	312 000	138 672	21 312
Sprawność energetyczna**	0,5763		0,635	0,745	0,600	0,611	0,497	
R1***	0,790		0,895	0,945	0,804	0,825	0,750	

\* Dane dotyczące parametrów procesowych spalarni pochodzą z raportów o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko zestawionych w (Cyranka 2012).

\*\* Wartości wyznaczone wg zależności:

$$\text{Sprawność energetyczna} = \frac{\text{Energia cieplna} + \text{Energia elektryczna}}{\text{Energia dostarczana z odpadami}}$$

\*\*\* Współczynnik R1, wg Dyrektywy 2008/98/WE, służy określeniu sprawności energetycznej obiektów przetwarzania termicznego przeznaczonych wyłącznie do przetwarzania komunalnych odpadów stałych oraz rozróżnieniu czy w danym obiekcie zachodzi proces odzysku (R1) czy też proces unieszkodliwiania odpadów komunalnych (D10). Wskaźniki niezbędne do obliczeń zaczerpnięto z (CEWEP 2012).

W momencie, kiedy wszystkie wymienione wyżej spalarnie zaczną pracować z nominalną wydajnością, udział form odzysku odpadów komunalnych w polskiej gospodarce odpadami z pewnością znacząco wzrośnie. Łączna wydajność powyższych 6 ZTPOK wynosi 974 tys. ton rocznie, co w odniesieniu do całkowitej ilości odpadów komunalnych wytworzonych w Polsce w 2013 r. (tzn. ok. 11 294,9 tys. ton (GUS 2014)) stanowi ok. 8,6%. W przypadku produkcji energii, potencjalny wpływ opisywanych 6 ZTPOK nie jest już niestety tak znaczący, tzn. ni-

niejsze zakłady mogą pokryć ok. 0,2% polskiego zapotrzebowania na energię elektryczną (tj. 15 7980 GWh<sub>e</sub> w 2013 r. (URE 2014)), oraz ok. 2,2% w przypadku zapotrzebowania na energię w postaci ciepła sieciowego (56 963 GWh<sub>th</sub> w 2013 r. (GUS 2014)). Będą to wartości odpowiadające ok. 2,0% polskiej produkcji energii elektrycznej z OZE (13 137 GWh<sub>e</sub> w 2011 r. (GUS 2012)) oraz 22,3% w przypadku ciepła z OZE (4 267 GWh<sub>th</sub> w 2011 r. (GUS 2012)).

Dodatkowo powyższa tabela 2 prezentuje wartości sprawności energetycznej, czyli wskaźnika określającego stopień wykorzystania energii chemicznej odpadów komunalnych. Wysokie wartości sprawności energetycznej przedstawionych spalarni wynikają ze znacznego udziału energii pod postacią ciepła w całkowitej ilości energii produkowanej w ZTPOK. Sprawność energetyczna (oparta na wykorzystaniu w obliczeniach wartości opałowej odpadów) ZTPOK pracujących w kogeneracji może się zbliżyć nawet do 100%, jak ma to miejsce np. w prognozach dla spalarni Copenhill w Kopenhadze, która będzie produkować 55 MW<sub>e</sub> energii elektrycznej i 157 MW<sub>th</sub> pod postacią ciepła dla sieci ciepłowniczej, przy sprawności energetycznej netto: 94,8% (Søndergaard i in. 2014). Natomiast w przypadku produkcji w ZTPOK jedynie ciepła sieciowego, sprawność energetyczna może przekroczyć nawet 100%, co w przypadku omawianego zakładu dla Kopenhagi przejawia się w produkcji 247 MW<sub>th</sub> przy sprawności energetycznej wynoszącej aż 107%.

Należy jednak pamiętać o tym, że dla sieci energetycznej to energia elektryczna odgrywa zdecydowanie cenniejszą rolę i to jej produkcja jest bardziej premiowana. Jakkolwiek w spalarni odpadów dużo łatwiej jest wytworzyć określoną ilość energii w postaci ciepła aniżeli tą samą ilość energii elektrycznej. Fakt ten wynika z podstawowych praw termodynamiki oraz z faktu, iż w spalarniach odpadów parametry pary są ograniczone w związku z silnie korozyjną naturą gazów spalinowych, co z kolei ogranicza możliwości efektywnej produkcji energii elektrycznej. W przypadku wytwarzania w ZTPOK jedynie energii elektrycznej sprawność energetyczna (iloraz ilości energii wyprodukowanej do całkowitej energii dostarczonej, w tym energii importowanej) dla europejskich spalarni wynosi średnio 26,1%, w przypadku wytwarzania tylko ciepła 77,2% a w przypadku pracy w skojarzeniu 52,1% (CEWEP 2012).

Uwzględnienie specyfiki produkcji energii w ZTPOK doprowadziło do sporządzenia przez administrację UE tzw. formuły R1 (Dyrektywa 2008/98/WE). Formuła matematyczna R1 oparta jest na określeniu efektów energetycznych towarzyszących pracy spalarni odpadów wraz z uwzględnieniem korekt dotyczących m.in. zastosowania paliw pomocniczych oraz współczynników rozróżniających odmienne wartości ciepła i energii elektrycznej. Formuła R1 służy głównie rozróżnieniu, czy na terenie danego ZTPOK prowadzony jest efektywny odzysk energetyczny (R1), czy też unieszkodliwianie termiczne (D10) odpadów komunalnych. Według prawa UE wartość współczynnika R1, obligatoryjna dla ZTPOK chcących prowadzić efektywny proces odzysku energetycznego, musi być równa lub większa niż 0,65 (Dyrektywa 2008/98/WE). Jak widać na przedstawionej wcześniej tabeli 2, praca wszystkich omawianych polskich projektów ZTPOK w przypadku kogeneracji umożliwia spełnienie powyższego warunku.

## Podsumowanie

Wykorzystanie odpadów komunalnych w celach produkcji równocześnie energii elektrycznej oraz ciepła sieciowego z całą pewnością może zostać uznane za pożądany i niezmiernie korzystny element polskiej polityki energetycznej. Eksploatacja powstających aktualnie spalarni weszła przez polską sieć energetyczną w energię ze źródeł alternatywnych (planowana łączna produkcja energii 264 GWh<sub>e</sub> i 1 227 GWh<sub>th</sub>) oraz przyczyni się do wzrostu dywersyfikacji i stabilności dostaw energii. Co więcej, efektywne wykorzystanie polskich odpadów w spalarniach opartych na kogeneracji zwiększy bezpieczeństwo energetyczne danego miasta czy regionu oraz zmniejszy wykorzystanie krajowych i importowanych zasobów paliw kopalnych. Dodatkowo efektywna praca ZTPOK w skojarzeniu wiąże się z wieloma istotnymi korzyściami środowiskowymi, niezbędnymi do spełnienia przez Polskę wymagań stawianych przez UE w kwestii ochrony środowiska, takich jak m.in. zwiększenie udziału OZE w krajowej energetyce oraz zmniejszenie ilości odpadów składowanych. Oczywiście należy pamiętać o tym, że odzysk energetyczny odpadów nie jest priorytetowym sposobem na wykorzystanie odpadów komunalnych, bowiem zgodnie z hierarchią zagospodarowania odpadów propagowaną przez UE (rys. 1), odzysk energii z odpadów należy uwzględnić dopiero po metodach polegających na ich ponownym wykorzystaniu bądź odzysku materiałowym.

Spalarnie odpadów do tej pory były pomijane w polskich scenariuszach polityki energetycznej i komunalnej pomimo tego, że jak pokazują przykłady niektórych krajów europejskich, stanowią one istotne ogniwo gospodarki odpadami i sieci energetycznej, zwłaszcza w ramach rynku ciepłowniczego. Obecny prawie całkowity brak wykorzystania energii z odpadów w polskiej sieci energetycznej świadczy o wielkim potencjale, który może zostać wykorzystany przez rozbudowywaną polską infrastrukturę ZTPOK. Należy pamiętać o tym, że zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju dużo większy priorytet w ramach nowoczesnej i kompleksowej gospodarki odpadami komunalnymi należy się odzyskowi materiałowemu aniżeli energetycznemu. Zwłaszcza biorąc pod uwagę fakt, iż obecne działania legislacyjne UE koncentrują się coraz bardziej na gospodarce, o tzw. obiegu zamkniętym (ang. *circular economy*), której bardzo ambitnym celem jest np. osiągnięcie poziomu recyklingu materiałowego i ponownego wykorzystania odpadów komunalnych na poziomie 70% do roku 2030 (EC 2014).

Polskie ZTPOK mogą okazać się istotnymi strategicznymi źródłami energii dla nowoczesnych lokalnych sieci ciepłowniczych, stanowiąc istotny wkład w modernizację oraz dywersyfikację źródeł ciepła. Aczkolwiek zakładów tego typu z pewnością nie można uznawać za podstawową jednostkę wytwarzania ciepła, głównie ze względu na relatywnie niewielką moc oraz wysoką niestabilność w produkcji energii związaną z wahaniami składu przekształcanych odpadów. Niejednorodny i niestabilny charakter odpadów komunalnych w roli paliwa powoduje, że ZTPOK mogą być jedynie elementem wspierającym odpowiednio stabilny i sprawny system zaopatrzenia w ciepło sieciowe. Jakkolwiek ostateczna decyzja o produkcji ciepła w ZTPOK zależy m.in. od położenia geograficznego, lokalnej infrastruktury, sposobu wykorzystania oraz cen energii i jej nośników.

## Literatura

- CEWEP 2009 – Waste in (Mega) Watt out, Booklet. CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants, Brussels. [Online] Dostępne w: [http://www.cewep.eu/information/publicationsandstudies/statements/ceweppublications/m\\_407](http://www.cewep.eu/information/publicationsandstudies/statements/ceweppublications/m_407) [Dostęp: 14.06.15].
- CEWEP 2012 – Energy Efficiency Report III (Status 2007–2010) – ANNEX B, Bamberg, s. 35.
- CEWEP 2014 – Warmth from Waste: A Win-Win Synergy Background Paper for project development on District Energy from Waste: a common initiative. Raport przygotowany przez CEWEP oraz European Suppliers of Waste to Energy Technology (ESWET) i Euroheat & Power, s. 24.
- Coolsweep 2013 – Drivers for waste-to-energy in Europe. Project under the European Union 7th Framework Programme, s. 94. [Online] Dostępne w: <http://coolsweep.org/publications/> [Dostęp: 14.06.15].
- CYRANKA, M. 2012. *Efektywność energetyczna krajowych projektów instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych*. Praca inżynierska, AGH, Kraków, s. 106.
- DELOITTE, 2011 – Gospodarka odpadami w Polsce – Wyzwania w świetle wymogów unijnych i zmian legislacyjnych, opinie społeczne i perspektywy. Raport przygotowany przez Deloitte, koncern energetyczny Fortum oraz firmę badawczą 4P Research Mix.
- Dyrektywa 2008/98/WE – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy. 2008.
- Dyrektywa 2012/27/UE – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE. 2012.
- EC 2014 – Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, publikacja online European Commission, Brussels, 02.07.2014. [Online] Dostępne w: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/Legal%20proposal%20review%20targets.pdf> [Dostęp: 14.06.15].
- Euroheat & Power 2013 – Heat Roadmap Europe 2050 Second pre-study for the EU27, Aalborg University for Euroheat & Power, Aalborg, s. 236.
- FRUERGGAARD, T. 2010. Environmentally sustainable utilization of waste resources for energy production. Technical University of Denmark - PhD Thesis, Kongens Lyngby.
- GENEROWICZ i in. 2009 – GENEROWICZ, A., PAULI WILGA, J. i SACHARCZUK, J. 2009. *Aktualizacja wyboru lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów na podstawie analizy wielokryterialnej*. Krakowski Holding Komunalny S.A., Kraków.
- GOHLKE, O. 2009. Efficiency of energy recovery from municipal solid waste and the resultant effect on the greenhouse gas balance. *Waste Management* vol. 27, s. 894–906.
- GUS 2012 – Energia ze źródeł odnawialnych w 2011 r., Warszawa, s. 83.
- GUS 2014 – Infrastruktura komunalna w 2013 r. – informacje i opracowania statystyczne, Warszawa, s. 36.
- IPPC 2006 – BREF Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control, Seville. [Online] Dostępne w: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf) [Dostęp: 14.06.15].
- IEA 2008 – Combined Heat and Power – Evaluating the benefits of greater global investment, International Energy Agency, Paris. [Online] Dostępne w: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp\\_report.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp_report.pdf) [Dostęp: 14.06.15].
- KAMUK, B. 2013. Waste to Energy in low and middle income countries. ISWA - the International Solid Waste Association, Vienna. [Online] Dostępne w: [https://www.iswa.org/index.php?eID=tx\\_iswaknowledgebase\\_download&documentUId=3252](https://www.iswa.org/index.php?eID=tx_iswaknowledgebase_download&documentUId=3252) [Dostęp: 14.06.15].
- KPGO 2010 – Krajowy plan gospodarki odpadami 2014” przyjęty uchwałą Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r., projekt z dnia 30 lipca 2010 r., (M. P. Nr 101, poz. 1183).

- LOMBARDI i in. 2014 – LOMBARDI, L., CARNEVALE, E. i CORTI, A. 2014. A review of technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. *Waste Management* vol. 37, s. 26–44.
- MS 2011 – Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach – tekst znowelizowany 01.01.2012 r. (Dz. U. Nr 152 z dnia 25.07.2011 r., poz. 897).
- MS 2015 – Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, (Dz. U. 2015 z dnia 3 kwietnia 2015 r., poz. 478).
- MŚ 2010 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 czerwca 2010 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych, (Dz. U. 2010 Nr 117, poz. 788).
- PAJAŁ, T. 2009a. Stan zaawansowania i ocena projektów instalacji termicznego przekształcania odpadów dla dużych polskich miast. [W:] *Efektywne zarządzanie przedsiębiorstwem oczyszczania miasta i gospodarki odpadami poprzez wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych*. Konferencja ogólnopolska, 12–14 lutego 2009, Kraków: materiały konferencyjne, s. 13–23.
- PAJAŁ, T. 2009b. *Po Wiedeńsku, czyli kompleksowo traktowane odpady*. Kraków.
- Prawo energetyczne 1997 – Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne, (Dz. U. 1997 Nr 54 poz. 348).
- PwC 2012 – Rynek ciepła w Polsce. Raport PwC na zamówienie i we współpracy z Fortum Power and Heat Polska, Warszawa, s. 32.
- SØNDERGAARD i in. 2014 – SØNDERGAARD, IA., HULGAARD, T. i TOBIASEN, L. 2014. High Efficient Waste-to-Energy Facilities. [W:] Thomé-Kozmiensky, K.J., Thiel S. *Waste Management*, Volume 4, TK Verlag, s. 163–174.
- STYŚ, T. i FOKS, R. 2014. Rynek gospodarowania odpadami komunalnymi w Polsce – Perspektywa 2030, Instytut Sobieskiego, Warszawa. [Online] Dostępne w: <http://www.sobieski.org.pl/rynek-gospodarowania-odpadami-komunalnymi/> [Dostęp: 14.06.2015].
- TOBIASEN, L. i KAMUK, B. 2013. Waste to energy (WTE) systems for district heating. [W:] Klinghoffer N. *Waste to Energy Conversion Technology*, Woodhead Publishing, s. 3–14.
- URE 2014 – Charakterystyka rynku energii elektrycznej 2013, publikacja online Urzędu Regulacji Energetyki, 24.06.2014. [Online] Dostępne w: <http://www.ure.gov.pl/pl/rynki-energii/energia-elektryczna/charakterystyka-rynku/5785,2013.html> [Dostęp: 14.06.2015].
- WADAS, T. 2008. Odzysk energetyczny z odpadów komunalnych na przykładzie instalacji termicznego przekształcania odpadów w ZUSOK. „Eksperci o ZTPO” – Konferencja EKOVIS, Kraków.
- WIELGOSIŃSKI, G. 2014. Instalacje Termicznego Przekształcania Odpadów Komunalnych w kontekście RIPOK – wybór technologii i koncepcji rozwiązania problemu. *Nowa Energia* nr 1(37), s. 17–23.
- XYDIS, G. i KORONEOS, C. 2012. A linear programming approach for the optimal planning of a future energy system. Potential contribution of energy recovery from municipal solid wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 16, s. 369–378.



Maciej CYRANKA, Michał JURCZYK

## Energy, economic and legal determinants for cogeneration energy recovery from municipal waste

### Abstract

This article presents a look at municipal waste as an element of a modern and diversified Polish energy policy. It describes the significant impact of potential waste incineration plants on municipal waste management and energy networks, especially in terms of district heating in Poland. In addition, it presents both national and European basic legal conditions, which have a decisive impact on the development of modern Polish municipal waste energy recovery facilities. Examples of European countries are presented where waste incineration plants have a long tradition and are an essential and valued part of the energy generation infrastructure. The proper place for incineration plants in sustainable waste management is noted, i.e. after methods of recycling.

The current state of Polish municipal waste management and the current European Union requirements are causing the development of Polish waste-to-energy infrastructure to be both needed and wanted. Municipal waste used as a regional source of electricity and heat allow for the avoidance of the use of conventional fuels, thus contributing to increased national energy security. In the final part of the article six currently under construction Polish waste incineration plants are presented together with their potential impact on the power grid and municipal waste management. Those facilities bring no significant benefits in the case of electricity production, but in the case of thermal energy production and waste management they can be a significant contribution for the improvement and modernization of the Polish economy.

**KEYWORDS:** waste incineration, cogeneration, district heating, thermal energy, electricity, renewable energy sources, RES

