



Projekt koncepcyjny budowy Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów dla Gminy Połczyn-Zdrój

Tadeusz Piecuch, Janusz Dąbrowski
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Konieczność przeróbki i wykorzystania odpadów jako surowców wtórnych, co określane jest jednym słowem – utylizacja – jest od wielu lat problemem, który szczególnie obecnie, staje się niezwykle pilnym do kompleksowego rozwiązania w skali rejonu, kraju, Europy i jeszcze szerzej w skali świata [8–10,14,23,30,47].

Istnieje szereg koncepcji a więc i technologii rozwiązania tego problemu i wykorzystania różnego rodzaju odpadów do określonych celów, co oczywiście wymaga wcześniej ich rodzajowego posortowania lub też (co obecnie jest wdrażane) sortowania u źródła ich powstawania.

Jest sprawą oczywistą, że takie wysortowane z odpadów surowce wtórne często nie są już najwyższej jakości surowcem do ich ponownego wykorzystania, toteż szuka się innych rozwiązań technologicznych dla ich pozbycia się a przynajmniej ich częściowej likwidacji, zaś przy okazji w pewnym zakresie ich wykorzystania. Właśnie ten sposób to termiczna utylizacja odpadów, w wyniku której w przypadku klasycznego spalania odpadów palnych otrzymuje się spaliny, których energię cieplną można wykorzystać lub w przypadku pirolizy można spożytkować powstały w tym procesie gaz lub olej pirolityczny [19,21–38,48–51].

Spalanie, czyli intensywne utlenianie w wysokiej temperaturze ma przewagę nad pirolizą, czyli rozkładem termicznym bez dostępu tlenu w tym, że spalanie jest o wiele bardziej wydajne.

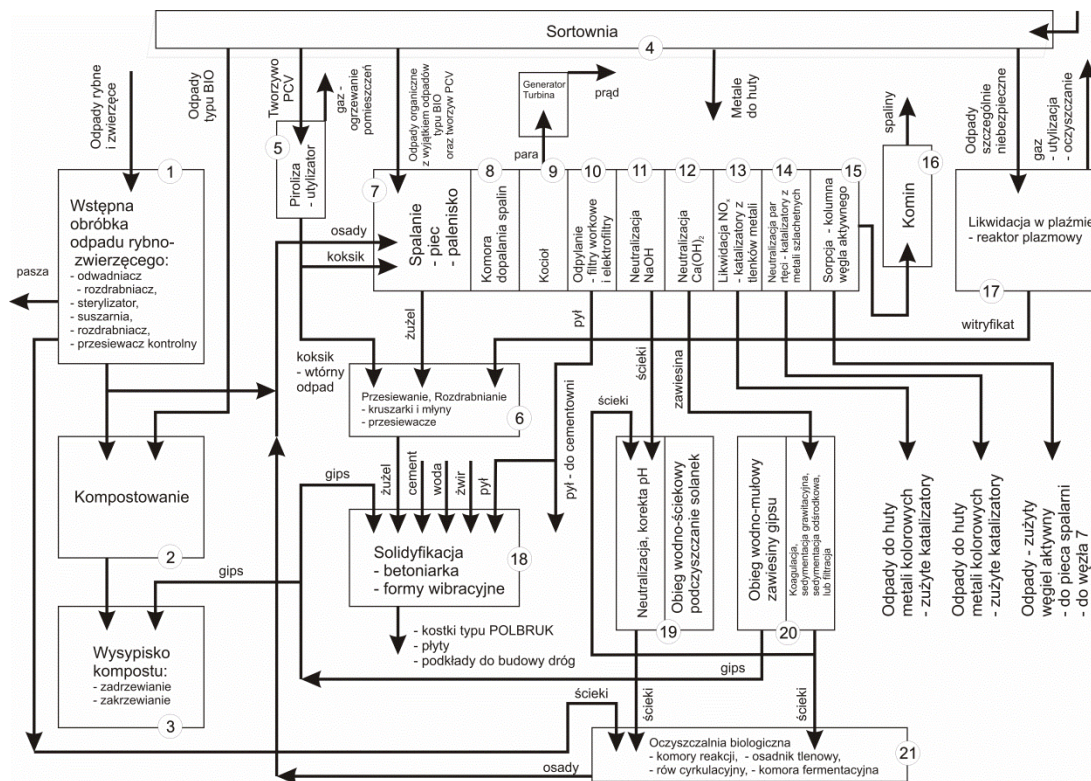
Ogólnie ujmując każdy z tych procesów ma swoje wady i zalety, podobnie jak proces pośredni termicznej utylizacji odpadów zwany w literaturze quasi pirolizą [30–33,38,39].

Zakłady termicznej utylizacji odpadów zwane także zakładami termicznego unieszkodliwiania odpadów, zostały wprowadzone przed kilku laty w Polsce do ogólnego planu gospodarki odpadami (2011) i miało ich powstać ogólnie 12 – w tym 2 w województwie zachodniopomorskim (Szczecin oraz Koszalin). Wszystkie te planowane w naszym kraju inwestycje spalarniane, to duże obiekty energetyczne projektowane w grupie tych 12, o wydajności wsadu do pieca spalarni w przedziale od powyżej 90 tys. Mg/a do 150 tys. Mg/a [1,7–10,18,21,22,44].

Projekt koncepcyjny budowy Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów opracował w roku 2000 Tadeusz Piecuch na zlecenie Zachodniopomorskiego Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska w Szczecinie – co potem przedstawił w swoich licznych publikacjach, m.in. [31,33,38].

Oдноśny koncepcyjny projekt (rysunek 1) uwzględniał m.in. obok ciągu spalarnianego (podwójnego) także niezależne węzły pirolizy oraz plazmy, zlokalizowane w wydzielonych halach technologicznych – gdyż nie należy spalać odpadów, które zawierają w swych składzie powyżej 0,5% chloru i takie mogą być kierowane do procesu pirolizy (jednakże, należy zwrócić uwagę na względy związane z transferem chloru do produktów pirolitycznych oraz na względy korozyjne aparatury) lub też szczególnie niebezpieczne odpady (broń chemiczna, biologiczna, pestycydy itp., które należy niszczyć w plazmie) [31].

Koncepcja kompleksowego zakładu termicznej utylizacji odpadów dla Województwa Zachodniopomorskiego opracowana przez Tadeusza Piecucha obejmowała także utylizację odpadów mięsnych, drobiowych i rybnych z pełnym wielowariantowym ciągiem wykorzystania tego typu odpadów, zależnie od ich jakości w momencie dostawy (pasza, mączka) i koszt takiej inwestycji Tadeusz Piecuch oszacował na rząd ponad 1 miliarda PLN a lokalizację zaproponował w okolicach Nowogardu jako miejsca w miarę centralnego wobec potencjalnych dostaw odpadów z całego Województwa Zachodniopomorskiego [31].



Rys. 1. Koncepcja kompleksowego zakładu termicznej utylizacji odpadów dla Województwa Zachodniopomorskiego opracowana przez prof. Tadeusza Piecucha [31]; źródło: opracowanie własne
Fig. 1. Concept of comprehensive waste incineration plant for the West Pomerania Province developed by prof. Tadeusz Piecuch [31]

Oczywiście zgromadzenie takich środków jest ogromnie trudne i projekt ten nie doczekał się realizacji aczkolwiek przystąpiono do budowy spalarni odpadów dla miasta – Metropolii Szczecin. Pomimo upływu kilku lat i już wydatkowania znacznych środków finansowych; na opracowanie wstępnego studium wykonalności, studium wykonalności oraz założeń techniczno-ekonomicznych dla spalarni w Koszalinie nie przystąpiono do dzisiaj do realizacji projektu technicznego i sprawa ucichła. Skoro nie wiadomo o co chodzi, to zapewne chodzi o pieniądze na taką inwestycję, a z odpadami trzeba coś zrobić [8–12]. Pozostaje więc otwarte pytanie czy budować dalej spalarnię odpadów gdy nie ma środków finansowych na tak duże inwestycje i czy ewentualnie nie przystąpić do budowy mniejszych spalarni odpadów (a więc tańszych inwestycyjnie).

Oczywiście duże spalarnie odpadów o wydajności w przedziale 90–150 tys. Mg/a umożliwiają sprawniejsze prowadzenie całego procesu technologicznego. Przy założeniu tej samej jakości oczyszczania spalin dla średnich i małych spalarni, mniejszy jest jednostkowy koszt eksploatacyjny, gdyż lepiej wykorzystywani są pracownicy tak dużego zakładu (np. musi być zabezpieczonych wiele etatów bez względu na to jaki będzie przepływ ilościowy odpadów przez spalarnię). Podobnie duży zakład termicznej utylizacji odpadów musi posiadać wysoce sprawne i nowoczesne chemiczne laboratorium kontrolne a w średniej i oczywiście małej spalarni funkcjonowanie takiego laboratorium jest zbędne, gdyż można korzystać z laboratoriów zewnętrznych [36,38].

Duże zakłady energetyczne, jakimi są spalarnie, mają większy wpływ na środowisko, aniżeli mniejsze spalarnie. Także koszty transportu odpadów dla dostawców są mniejsze.

Z drugiej jednak strony, jakość np. oczyszczania spalin jest przynajmniej potencjalnie niższa niż w instalacjach dużych spalarni, w których mamy wprowadzoną automatykę, ciągły monitoring i wysoce kwalifikowaną obsługę.

Nie mniej jednak decydent zawsze (czy prawie zawsze) stoi przed problemem tzw. wyboru mniejszego zła i nie można wykluczyć, że w przypadku małych rejonów takich jak np. Powiat, a nawet jeszcze mniejszych czyli Gmina – samorządy lokalne, starosta, burmistrz lub wójt mogą zdecydować się na budowę tego typu lokalnych spalarni, które siłą rzeczy będą powstawały przy już istniejących składowiskach odpadów, a więc zakładów mających swoją strukturę organizacyjną (zaple-

cze personalne), a także już istniejące sortownie, place składowe, transportery, wagi, samochody itp.

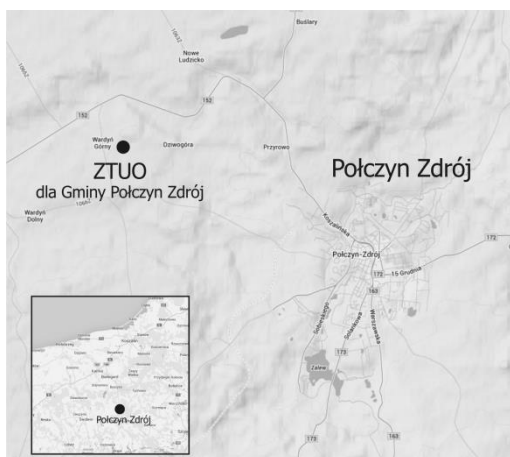
Tak więc dla przykładu Autorzy przedstawili swoją propozycję budowy Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów dla turystycznego powiatu, a mianowicie Powiatu Drawskiego, przy założeniu utylizacji odpadów palnych w granicach 12 tys. Mg/a, a więc takiego, który przykładowo obsłużyłby w pełni Powiat Drawski oraz sąsiedni Powiat Świdwiński [42].

W niniejszej publikacji, przedstawiono propozycję jeszcze mniejszej wydajnościowo spalarni odpadów, budowanej bowiem na potrzeby jednej gminy – tu przykładowo Gminy Połczyn-Zdrój.

W tej publikacji Autorzy starają się prognozować, jakie byłyby koszty inwestycyjne i eksploatacyjne takiej spalarni przy założeniu maksymalnie możliwego jej inwestycyjnego „odchudzenia” – czyli wprowadzając maksymalne oszczędności inwestycyjne a potem eksploatacyjne.

2. Gmina Połczyn-Zdrój

Proponuje się, aby spalarnię na potrzeby Gminy Połczyn-Zdrój zlokalizować w miejscowości Wardyn Górny oddalonej od Miasta Połczyn-Zdrój o około 7 km – rysunek 2. Dojazd do miejscowości Wardyn Górny odbywa się drogą wojewódzką nr 152 a spalarnia jest hipotetycznie ulokowana w obszarze Gminy Połczyn-Zdrój na działce określonej numerem 117/3.



Rys. 2. Mapa lokalizacji Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów dla Gminy Połczyn-Zdrój;

źródło: <https://maps.google.pl>

Fig. 2. Map of location of Waste Incineration Plant for the Połczyn-Zdrój Municipality
Source: <https://maps.google.pl>

Za taką lokalizacją przemawia to, że występują tam gleby o niskiej kategorii i działka jest w znacznej odległości od zabudowań mieszkalnych. Działka ta znajduje się poza parkami występowania tzw. wód powierzchniowych płynących w promieniu do około 400 m i co niezwykle ważne, właśnie w Wardyniu Górnym ulokowany jest Zakład Gospodarki Odpadami dla Gminy Połczyn-Zdrój, w którym to funkcjonuje kwatery składowania odpadów, sortownia oraz ich kompostownia.

Składowisko odpadów ma pojemność około 60 tys. m³ i jest ono izolowane geomembraną HDPE o grubości 1,5 mm. Posiada przepompownie, drenaż odcieków, wagę samochodową, brodzik dezynfekcyjny, sieć wodociągową oraz drogi wewnętrzne. Niezależnie od powyższego segregacja odpadów następuje na taśmie sortowniczej a dalej zamontowany jest przenośnik kanałowy nadawy oraz przenośnik wznoszący odpady do prasy hydrauliczno-mechanicznej, a ponadto na wyposażeniu są kontenery, wózek widłowy, ładowarka, pojazd do przenoszenia kontenerów i pojemników.

W ramach kompostowni odpadów funkcjonuje koparko-ładowarka, przetrucarka do kompostu, sito samojezdne do segregacji kompostu oraz taśmociąg.

W Zakładzie Gospodarki Odpadami Gminy Połczyn-Zdrój znajdują się też obiekty inżynierskie o charakterze pomocniczym, jak myjnia pojazdów, zbiornik bezodpływowy, garaż, sieć elektryczna i oświetlenie zewnętrzne terenu oraz budynek administracyjno-socjalny.

Biorąc powyższe informacje pod uwagę, proponowana spalarnia odpadów uzupełniłaby wyposażenie techniczne Zakładu Gospodarki Odpadami dla Gminy Połczyn-Zdrój w Wardyniu Górnym.

3. Ilość i skład morfologiczny odpadów Gminy Połczyn-Zdrój

Obecnie składowisko odpadów w Wardyniu Górnym, przyjmuje rocznie około 14800 Mg wszystkich odpadów. Ilość tych odpadów jest większa niż ilość odpadów wytwarzanych w samej Gminie Połczyn-Zdrój, a to oznacza dopływ odpadów na składowisko spoza Gminy Połczyn-Zdrój – na czym zapewne zakład Gospodarki Odpadami, a więc Gmina Połczyn-Zdrój zarabia.

Na podstawie analizy wielu danych (źródło – wojewódzki plan gospodarki odpadami), można oszacować w przybliżeniu, iż odpadów nadających się do spalania a więc tzw. palnych (pomijając odpady typu BIO, przeznaczone do kompostowania) jest około 3700 Mg rocznie.

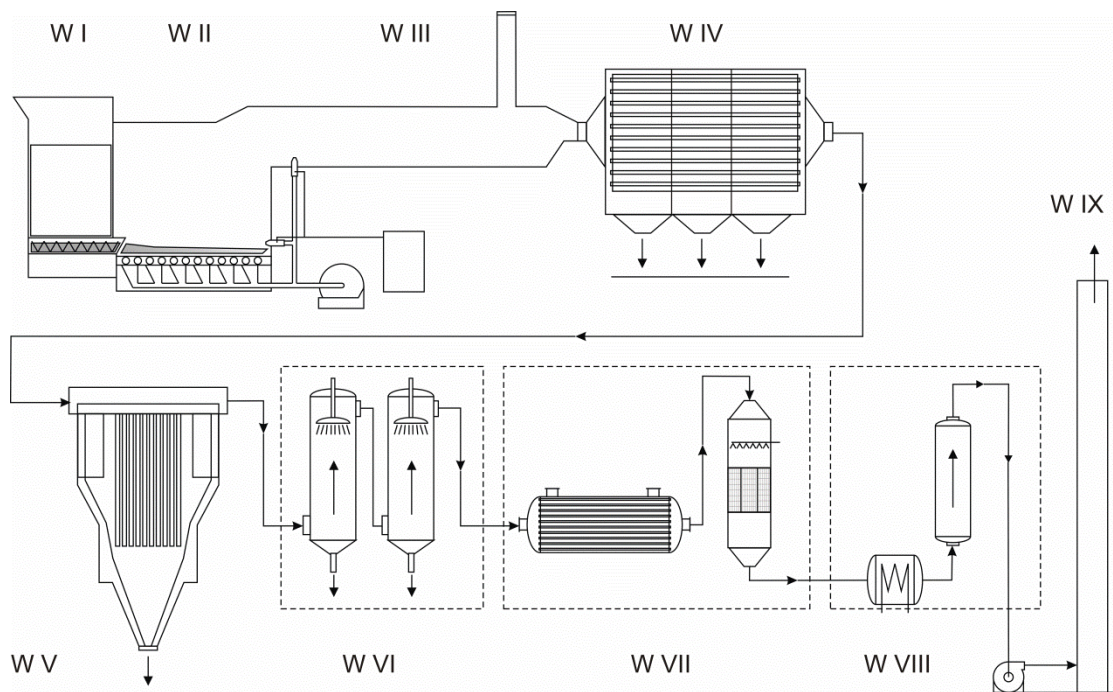
Właśnie wobec takiej przybliżonej ilości odpadów można zaproponować ciąg technologiczny spalarni odpadów, która powstanie w ramach Zakładu Gospodarki Odpadami Gminy Połczyn-Zdrój w Wardyniu Górnym.

4. Układ technologiczny proponowanej spalarni odpadów

Układ technologiczny proponowanej spalarni odpadów przedstawiono na schemacie – rysunek 3.

Dostarczone odpady muszą być oczywiście zważone, dlatego pierwszym węzłem technologicznym jest waga, która już aktualnie pracuje w Zakładzie Gospodarki Odpadami Gminy Połczyn-Zdrój w Wardyniu Górnym. Znając skład morfologiczny odpadów możemy w przybliżeniu określić jaka część dostarczanych do tego zakładu odpadów to odpady palne, mianowicie przyjęto, że w skali roku będzie to rząd w przedziale 3600–4000 tys. Mg/a. Przyjmuje się, że dla tak małej spalarni odpadów nie będzie się wprowadzać mechanicznych urządzeń załadunkowych do pieca, gdyż w takim przypadku byłoby to mało efektywne w sensie ekonomicznym.

Drugim węzłem W II jest centralny punkt ciągu spalarnianego tj. piec rusztowy, a po nim niezwykle ważny węzeł destrukcji węglowodorów, które znalazły się w spalinach, a mianowicie komora dopalania – W III. Aby w tych węzłach dobrze spalały się odpady oraz dopalały węglowodory, a w szczególności polichlorowane dibenzodioksyny i polichlorowane dibenzofurany temperatura powinna przekraczać 1200°C a czas dopalania spalin powinien przekroczyć 2,5 s. Dlatego też konieczne jest zastosowanie dopalaczy tzw. lanc (na ropę lub gaz) co oczywiście podniesie koszt eksploatacyjny układu technologicznego ale równocześnie podniesie efekt ekologiczny czyli jakość oczyszczania spalin [12,13, 19,31–33].



Rys. 3. Schemat technologiczny podstawowych węzłów technologicznych Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów dla Gminy Połczyn-Zdrój; W I – węzeł załadunku odpadów, W II – piec rusztowy, W III – komora dopalania, W IV – kocioł odzyskowy, W V – filtr workowy, W VI, W VII – węzły redukcji gazów spalinowych, W VIII – węzeł sorpcji na węglu aktywnym, W IX – komin; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Technological diagram of the basic technology nodes of the Waste Incineration Plant for Połczyn-Zdrój Municipality; W I – waste loading node, W II – grate furnace, W III – combustion chamber, W IV – heat exchangers, W V – bag filter, W VI, W VII – reduction of the flue gas, W VIII – sorption node on active carbon, W IV – stack

Następny węzeł W IV to węzeł użytecznego odzysku ciepła z jednoczesnym ostudzeniem spalin przed ich odpylaniem. W tym miejscu, poprzez zastosowanie kotła odzyskowego, będzie można uzyskać ciepłą (gorącą) wodę użytkową, która może być wykorzystana na potrzeby własne Zakładu np. w pomieszczeniu socjalnym dla personelu zatrudnionego w Zakładzie Gospodarki Odpadami w Wardyniu Górnym, a także może być stosowana do ogrzewania pomieszczeń socjalnych oraz hal Zakładu. Wydajność tak małej spalarni jest jednak zbyt mała, aby dla niej zaprojektować wykorzystanie ciepła spalin do produkcji prądu do sieci [12,13,19,48].

Na schemacie (rysunek 3), zaznaczony jest także wymiennik ciepła – węzeł W VIII, który musi w tym ciągu technologicznym także schłodzić spaliny przed ich wejściem do węzła sorpcji na węglu aktywnym – węzeł W IX.

Dopiero spaliny schłodzone w węźle W IV mogą przejść na filtry workowe węzeł W V, gdzie wydzielony zostanie drugi rodzaj wtórnego odpadu, tzw. pyły. Pierwszym odpadem wtórnym będzie bowiem żużel, pochodzący z pieca spalarni.

Następnie spaliny przechodzą do węzła uławiania gazów, głównie takich jak chlorowodór i fluorowodór oraz ditlenek siarki, – węzeł W VI, gdzie w skruberach stosuje się natryski wodorotlenków. Proponuje się tu układ dwustopniowy, tj. taki, że na pierwszym stopniu wprowadzi się natrysk z wodorotlenku sodu przeciwwąadowo do ruchu spalin i wówczas pojawiają się tzw. solanki, głównie roztwór chlorku sodu, a stosunkowo rzadziej fluorku sodu (to też zależy od zanieczyszczeń w spalinach) [31–33].

Przewiduje się, że rozcieńczenie tych słonych ścieków będzie duże i nie trzeba budować małej oczyszczalni ścieków w obrębie zakładu, lecz co najwyżej filtr biologiczny i poprzez ten filtr odprowadzać ścieki do kanalizacji (być może nie zawsze będzie włączany drugi stopień uławiania gazów, ale to zależy od rodzaju odpadów) [20].

Na drugim stopniu węzła W VI proponuje się zastosowanie natrysku roztworu mleka wapiennego, czyli wodorotlenku wapnia, również przeciwwąadowo do ruchu spalin i tu wytrąci się siarczan wapnia, tzw. gips (zazwyczaj nie jest to czysty gips, gdyż pojawiają się w nim siarczany metali zależnie od zanieczyszczeń występujących w spalinach, a mających związek ze składem chemicznym odpadów). Ten gips jest kolej-

nym trzecim odpadem wtórnym stałym obok pyłów z odpylaczy oraz żużla z pieca spalarni [31–33].

Kolejnym, niezwykle ważnym węzłem tego układu jest instalacja redukcji tlenków azotu – W VII. Tlenki azotu nie są bezpośrednio szkodliwe dla człowieka natomiast posiadają fatalną właściwość łatwego łączenia się z rodnikami węglowodorowymi tworząc bardzo nowotwórcze związki chemiczne tzw. nadtlenki acetylu.

Istnieją różne metody redukcji tlenków azotu do czystego azotu, ale metodą najczęściej stosowaną jest wtrysk amoniaku do spalin, gdzie w wyniku szeregu reakcji chemicznych uwalniany jest tzw. wolny azot z tych tlenków. Proces uwalniania wolnego azotu z tlenków (redukcja) zachodzi dobrze w wysokiej temperaturze rzędu ok 850°C, lecz można go także dobrze stosować przy niższej temperaturze spalin rzędu 350°C, lecz wówczas potrzebne są tzw. katalizatory na bazie tlenków wolframu, molibdenu, a najlepiej wanadu, a to niestety kosztuje [2–6,26,41–46].

Ponieważ spaliny zostały już bardzo schłodzone, a w szczególności w uprzednim węźle W VI, gdzie zastosowano natryski węglowodorów wapnia oraz sodu i będą one miały temperaturę rzędu około 150°C, konieczne jest ich podgrzanie przed wejściem do węzła redukcji tlenków azotu – W VII. Trzeba więc tuż przed tym węzłem zastosować odpowiedni rekuperator, aby te mocno już schłodzone spaliny podgrzać do temperatury ok. 350°C przy założeniu zakupu katalizatorów. Pamiętać należy o tym, że podgrzanie spalin przy stosowaniu wtrysku amoniaku grozi wybuchem, dlatego tym bardziej należy stosować katalityczną metodę redukcji tlenków azotu, w której wystarczy temperatura spalin rzędu 350°C, a nie aż 850°C jak w metodzie niekatalitycznej [31–33,45,46].

Oczywiście spaliny, które wychodzą z węzła redukcji tlenków azotu NO_x, mając temperaturę rzędu 350°C, są zbyt gorące, aby wprowadzić je na ostatni węzeł oczyszczania spalin jakim jest proces sorpcji na węglu aktywnym (węzeł W VIII). Przy tej temperaturze nastąpiłby bowiem samozapłon węgla aktywnego i dlatego konieczny jest jeszcze jeden wymiennik ciepła [31–33]. Schłodzone spaliny po przejściu przez kolumny sorpcyjne W VIII emitowane będą do atmosfery za pomocą wentylatora wyciągowego poprzez komin W IX, który jest ostatnim węzłem proponowanej technologii.

Węzeł sorpcji W VIII doczyszczają spaliny głównie z resztek węglowodorów w tym może usunąć niewielką część polichlorowanych dibenzodioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów, które znalazły się w spalinach [36,38].

W omówionej powyżej technologii powstają na bieżąco wtórne odpady (popiół, pył, gips), które należy zagospodarować. Najlepszym i najłatwiejszym sposobem jest solidyfikacja, a więc zestalanie w postaci kostek lub płyt [16,31–33]. Dlatego też zaproponowano zakup betoniarki, kruszarki oraz form na takie prefabrykaty typu POLBRUK z sugestią konieczności ich zagospodarowania na terenie Gminy Połczyn-Zdrój.

5. Analiza proponowanego układu technologicznego

Opisany powyżej układ technologiczny tzw. ciągu spalarnianego, proponuje się do wdrożenia, kierując się głównie możliwie jak najniższymi kosztami inwestycyjnymi oraz eksploatacyjnymi. Siłą rzeczy nie zawiera on szeregu ważnych węzłów technologicznych, które mogły i powinny się pojawić w pełnym, kompleksowym zakładzie termicznej neutralizacji i utylizacji odpadów, tak jak to pokazano w pracach Tadeusza Piecucha [36,38].

Ujmując więc skrótowo, w tak małej spalarni nie zastosowano po odpylaczach workowych (węzeł W V) kolejnego węzła odpylającego spaliny tj. uławiaczy elektrostatycznych, które mogą przechwycić tzw. mikropyłki, które przedostały się niestety przez filtry workowe i pozostały w spalinach. Właśnie te mikropyłki są najbardziej szkodliwe dla organizmu człowieka w aspekcie mechanicznych uszkodzeń oskrzeli i płuc w przypadku ich wdychania, a dodatkowo adsorbują dioksyny i furany, węglowodory a więc substancje rakotwórcze. Niestety uławiacze elektrostatyczne (zwane też czasem w piśmiennictwie elektrofiltrami – co jest nazwą nieprecyzyjną, gdyż przecież w tych urządzeniach następuje przyciąganie pyłów o przeciwjonach przez elektrody można by trafniej nazwać sedymentacją elektrostatyczną) są niezwykle kosztowne eksploatacyjnie i także wymagają fachowej obsługi (uprawnienia) co w sposób oczywisty także podniesie koszt robocizny jako jeden ze składników poszczególnych kosztów eksploatacyjnych – tu tak zwanych kosztów robocizny.

Ponieważ wydajność tej instalacji spalarnianej jest mała, można więc przyjąć, że ewentualna emisja mikropyłków będzie poniżej normowanej wartości.

Kolejnym węzłem, który nie został uwzględniony w tej propozycji projektowej jest węzeł eliminacji par rtęci. Pary rtęci można najłatwiej uławiać wykorzystując jej specyficzne własności tworzenia stopów z metalami szlachetnymi tzw. amalgamatów. Oczywiście zakup platyny, złota lub ewentualnie srebra to także ogromny koszt inwestycyjny, tym bardziej przecież, po pewnym czasie takie amalgamaty stają się złomem (czyli wtórnym odpadem). Powszechnie znanym zjawiskiem jest obecność rtęci w węglach [15]. Jednakże, obecnie oficjalnie rtęć została wycofana z budowy wielu urządzeń powszechnego użytku jak termometry, lampy itp. – nie mniej jednak nie można w stu procentach wykluczyć przedostania się rtęci do odpadów (stare lampy, stare termometry, inne niektóre urządzenia automatyki, w których stosowana była rtęć). Przyjmuje się jednak, że ryzyko pojawienia się rtęci jest tak małe, że gdyby nawet przypadkowo miało to miejsce to jej rozproszenie w ostatecznie podczyszczonych spalinach wydostających się kominem – węzeł W X do atmosfery powinno być zupełnie śladowe [31–33].

Typowa, klasyczna spalarnia powinna posiadać bardzo dobrze wyposażone laboratorium – a więc właściwą aparaturę analityczną, umożliwiającą ciągły monitoring spalin oraz oznaczenia chemiczne przyjmowanych do spalania odpadów (głównie oznaczenia chloru, który nie może przekraczać 0,5% oraz fluoru, który nie powinien przekraczać 0,01% w strukturze odpadów). Równocześnie podniesione byłyby koszty robocizny, gdyż zatrudnienie w laboratorium wysoce wyspecjalizowanych chemików z zakresu analizy instrumentalnej (m.in. chromatografia, spektrometria) to pensje znaczenie powyżej średniej krajowej.

Obiekt spalarni powinien także posiadać chociaż małe zaplecze typu warsztatu mechanicznego do bieżących napraw oraz powinien posiadać dział transportu; z tego też tu zrezygnowano, przyjmując, że ewentualne naprawy będą wykonywać nowo przyjęci pracownicy obsługi instalacji spalarnianej.

W ramach pewnej kompleksowości zakładu termicznej neutralizacji i utylizacji odpadów powinien także znajdować się węzeł technologiczny pirolizy, w którym likwiduje się odpady (głównie odpady tworzyw sztucznych), gdzie ilość chloru w ich strukturze przekracza 0,5%

(np. odpady typu PCV – z polichloru winylu). W przypadku braku układu neutralizacji tego typu odpadów, należy je dostarczać do spalarni centralnych a nie lokalnych. Wreszcie w takim pełnym kompleksowym zakładzie powinien funkcjonować węzeł technologiczny plazmy, w którym likwidowano by odpady szczególnie niebezpieczne (w gminach wiejskich są to na przykład pestycydy a szerzej ujmując broń bakteriologiczna, akumulatory itp.) [24,25,27–29,34,35].

Takie „odchudzanie” inwestycji będzie miało oczywiście pewien negatywny skutek dla jej jakości funkcjonowania, gdyż brak pewnych węzłów spowoduje to, że w danym mikroregionie pojawią się skoncentrowane zagrożenia ekologiczne, lecz właśnie dlatego, że jest to instalacja o bardzo małej przepustowości (przeróbki termicznej odpadów) ten negatywny wpływ staje się w dużym stopniu zminimalizowany.

Z drugiej jednak strony wpłynie to wyraźnie pozytywnie na obniżenie kosztów nie tylko inwestycyjnych, ale przede wszystkim na obniżenie jednostkowego wskaźnika kosztu eksploatacyjnego, bowiem w jego skład wchodzi takie czynniki jak koszt amortyzacji oraz koszt robocizny.

6. Koszty inwestycje

Oszacowane koszty inwestycyjne ciągu spalarnianego, schematycznie przedstawionego na rysunku 3. zostały ujęte jako poszczególne pozycje w tabeli 1. Koszt zakupu poszczególnych urządzeń dodatkowo obejmuje koszt infrastruktury towarzyszącej, usług inżynierskich, uruchomienia instalacji, monitoringu i aparatury kontrolno-pomiarowej. W ostatniej kolumnie tej tabeli wskazano również adres kontaktowy wytwórcy poszczególnych urządzeń, którego kierownictwo w wielu przypadkach służyło także konsultacjami w odniesieniu do kosztów zakupu urządzenia wraz z montażem.

Oczywiście, jest to tylko koszt przybliżony, który może ulegać wahaniom zależnie od aktualnej koniunktury (ilości zamówień) a także sytuacji gospodarczej naszego kraju. Nie mniej jednak biorąc pod uwagę doświadczenie Autorów tego artykułu w tej problematyce, można prognozować z dużym prawdopodobieństwem, że błąd oszacowania nie będzie duży (powinien mieścić się w granicach $\pm 10\%$).

Tabela 1. Zestawienie kosztów inwestycyjnych budowy Zakładu Gospodarki Odpadami Gminy Połczyn-Zdrój w Wardyniu Górnym

Table 1. Summary of capital costs of construction of Połczyn-Zdrój Municipality Waste Management Plant in Wardyń Górny

Lp.	Obiekt – urządzenie	Zakup urządzenia z infrastrukturą i montażem [PLN]	Producent – sprzedawca; adres kontaktowy
1.	Plac składowy (1000 m ²)	100 000	WIDAR Sp. z o.o. Dariusz Chanulak, ul. Al. Monte Cassino 6, 75-412 Koszalin; e-mail: widar66@tlen.pl
2.	Hala Technologiczna (w tym komin)	1 600 000	WIDAR Sp. z o.o. Dariusz Chanulak, ul. Al. Monte Cassino 6, 75-412 Koszalin; e-mail: widar66@tlen.pl
3.	Piec rusztowy (6 m ²)	330 000	Zakład Ślusarsko-Kotlarski Zdzisław Marciniak, Dobra Nadzieja 43, 63-300 Pleszew tel./fax. 062 74 27 491 e-mail: arek_marciniak@o2.pl
4.	Komora dopalania	2 000 000	Zakład Ślusarsko-Kotlarski Zdzisław Marciniak, Dobra Nadzieja 43, 63-300 Pleszew tel./fax. 062 74 27 491 e-mail: arek_marciniak@o2.pl

Tabela 1. cd
Table 1. cont

Lp.	Obiekt – urządzenie	Zakup urządzenia z infrastrukturą i montażem [PLN]	Producent – sprzedawca; adres kontaktowy
5.	Kocioł odzyskowy	350 000	RAFAKO S.A. ul. Łąkowa 33, 47-400 Racibórz, tel. 032 410 10 00
6.	Filtry workowe	350 000	PSG SYSTEMIS Sp. z o.o., ul. Szczecińska 823, 80-392 Gdańsk, tel. 088 12 91 239
7.	Instalacja uławiaczy gazów (1. i 2. stopień)	500 000	Firma ENERGO-SPAW ul. Naramowicka 291, 61-601 Poznań
8.	Instalacja redukcji NO _x	1 000 000	
9.	Instalacja wymienników ciepła (po redukcji NO _x)	100 000	SINKOS Sp. z o.o. ul. Piotra i Pawła 45d, 75-015 Police, tel. 091 42 44 180
10.	Instalacja sorpcji na węglu aktywnym	400 000	Firma ENERGO-SPAW ul. Naramowicka 291, 61-601 Poznań

Tabela 1. cd
Table 1. cont

Lp.	Obiekt – urządzenie	Zakup urządzenia z infrastrukturą i montażem [PLN]	Producent – sprzedawca; adres kontaktowy
11.	Kruszarka (2 szt.)	160 000	Firma CARBOMA ul. Pszczyńska 167, 43-175 Wyry woj. śląskie tel. 032 71 86 730 Andrzej Stelmach tel. 512513747
12.	Betoniarka (2 szt. 80 dm ³)	4 000	FELIX Sp. z o.o. ul. Pułaskiego 39, 42-300 Myszków tel. 034 31 35 500; e-mail: felix@felix.pl
13.	Stół wibracyjny (2 szt.) i formy wykonane z polipropylenu (wytrzymują 300 odlewów)	56 000	Firma WIDER-BET Paweł Widera, Konrad Widera, ul. Konstytucji 3 Maja 40-50 97-200 Tomaszów Mazowiecki; tel. 601993660
			Przedsiębiorstwo METPOL ul. Osadnicza 34, 63-700 Krotoszyn, Ireneusz Kusztełak, tel. 062 72 20 000 Mikołaj Molski; tel. 502 546 902
			Firma ALU-PACK Piotr Włodarczyk, ul. Unruga 111, 81-153 Gdynia
			Formy płyt i kostek PHU Marcin Kowalewski, ul. Wolności 4/12, 41-300 Nysa tel. 888-212-119; www.formydokostki.pl

Zatem, suma potrzebnych środków na tą inwestycję została określona na 6,95 mln PLN a więc można przyjąć w zaokrągleniu, że kwota inwestycyjna wyniesie około 7 mln PLN.

Otóż, tego typu kwota powinna być wyłożona w części przez budżet Gminy Połczyn-Zdrój, przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz wojewódzki Zachodniopomorski Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz przez Unię Europejską. Wymaga to przede wszystkim chęci i determinacji ze strony władz Gminy Połczyn-Zdrój a także akceptacji mieszkańców Gminy Połczyn-Zdrój poprzez stosowną edukację ekologiczną [37].

Z tabeli 1 wynika, że koszt tzw. części budowlanej (plac składowy i hala technologiczna), to rząd 1,7 mln PLN. Reszta, czyli około 5,3 mln PLN to zakup urządzeń wraz z ich montażem.

7. Jednostkowy koszt eksploatacyjny

Jednostkowy koszt eksploatacyjny wyliczony jest ze wzoru (1), w którym w liczniku występują poszczególne koszty rodzajowe, które musi użytkownik ponieść w ciągu roku, a w mianowniku występuje roczna ilość odpadów (Mg/a), która jest przyjęta do spalania w piecu spalarni.

$$K_J = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6}{P} [\text{zł/t}] \quad (1)$$

gdzie:

K_1 – koszt amortyzacji (PLN/a),

K_2 – koszt robocizny (PLN/a),

K_3 – koszt energii elektrycznej (PLN/a),

K_4 – koszt zużytych materiałów (tzw. materiałowe) – PLN/a,

K_5 – koszt remontów bieżących (PLN/a),

K_6 – koszt remontów średnich – PLN/a,

P – ilość przyjętych odpadów do spalania (Mg/a).

Koszty amortyzacji wyliczono, przyjmując, że części tzw. budowlane (plac i hala technologiczna), które stanowią około 1,7 mln PLN mają się zwrócić w ciągu 20 lat, natomiast koszty zakupu i montażu urządzeń mają się zwrócić za 6 lat, co jest odniesione do kwoty około 5,25 mln PLN. Biorąc powyższe pod uwagę, koszt amortyzacji dla części budow-

lanej wyniósłby około 85 tys. PLN/a, a koszt amortyzacji urządzeń wyniósłby około 875 tys. PLN/a. W sumie dało to więc kwotę amortyzacji K_1 równą 960 tys. PLN/a.

Koszty robocizny K_2 założono jako koszty bezpośrednie, w skład których wchodzi m.in. stawki płac zasadniczych, płace dodatkowe (dodatki stażowe i inne regulaminowe), płace uzupełniające (wynagrodzenia za urlopy i inne płatne nieobecności), obciążenia z tytułu podatku od płac, składek na rzecz ZUS oraz ubezpieczenia.

Koszty te przyjęto jak niżej:

- 1 etat technologa, który powinien być osobą po studiach wyższych, po kierunku inżynierii środowiska i będzie zarabiał 4 tys. PLN brutto (na miesiąc, co w przypadku 13 miesięcy płatnych w roku (w tym 13. pensja) daje kwotę rzędu 52 tys. PLN rocznie,
- 6 etatów obsługi ciągu spalarnianego, zakładając średnią płacę brutto 3 tys. PLN/miesiąc co w przypadku 13. pensji daje, w zaokrągleniu, kwotę około 235 tys. PLN rocznie.

Zatem, łączny roczny koszt robocizny wyniesie około 287 tys. PLN, co znowu można zaokrąglić do 290 tys. PLN/a.

Koszt energii elektrycznej K_3 można oszacować na około 4 tys. PLN miesięcznie, co przez 12 miesięcy pracy daje kwotę rzędu 48 tys. PLN. Można, więc przyjąć do dalszych wyliczeń ten koszt energii w granicach 50 tys. PLN/a.

Koszty materiałowe K_4 , a więc przede wszystkim gaz lub ropa do lanc, zużycie wody, opłaty za ścieki, zużycie wodorotlenku wapnia i wodorotlenku sodu, ewentualnie cement i żwir i inne można oszacować na około 400 tys. PLN/a.

Koszt remontów bieżących K_5 przyjmuje się najczęściej jako 4% kwoty kosztów inwestycyjnych. Ponieważ w tym przypadku przyjęto, iż dla tak małej spalarni odpadów nie uwzględnia się kosztów tzw. remontów średnich ($K_6 = 0$) to w tym przypadku przyjęto nieco wyższy odpis na remonty bieżące K_5 , który wyniesie 5% ceny inwestycji, a to daje kwotę 350 tys. PLN/a.

Zatem, podstawiając do wzoru jak wyżej, wyliczony koszt jednostkowy eksploatacyjny dla wartości wsadu do pieca równej 3 700 Mg/a wyniesie około 556 PLN/a, a więc można go zaokrąglić do dalszej dyskusji jako kwotę rzędu około 560 PLN/a.

Powyższa analiza wskazuje jednocześnie jak łatwo ten jednostkowy koszt eksploatacyjny zmienia się, gdy tylko nieco zmienimy poszczególne składniki kosztów występujące w liczniku, a więc gdy przykładowo obniżymy wartość licznika na przykład oszczędzając na etatach (robocizna) lub na kosztach materiałowych (co tu jest ewentualnie możliwe) lub innych.

Tak wyliczony koszt jednostkowy określa więc koszt, jaki poniesie zakład (tu ciąg spalarniany), aby termicznie zneutralizować i zutylizować, około 3 700 Mg/a odpadów palnych w piecu spalarni.

Oczywiście, kierownictwo Zakładu Gospodarki Odpadami dla Połczyna-Zdroju w Wardyniu Górnym musi osiągnąć zysk. Gdyby więc, oto przykładowo, chciało zarobić 30 PLN na każdej tonie przyjętych odpadów a więc wyznaczyłoby cenę rzędu 590 PLN za tonę, to wówczas mogłoby zarobić rocznie około 111 tys. PLN. Jest to oczywiście niewielki zysk (ewentualny dodatkowy zysk ze sprzedaży kostki brukowej), ale przecież z bardzo małej spalarni trudno aby osiągać duży zysk.

8. Logistyka pracy ciągu spalarnianego w Zakładzie Gospodarki Odpadami dla Połczyna-Zdroju w Wardyniu Górnym

Problem dobrej organizacji pracy w przypadku gdyby tego typu inwestycja została wdrożona jest niezwykle ważny. Otóż, dla dobrej jakości pracy pieca wskazane jest i celowe aby pracował on w sposób ciągły.

Gdyby przykładowo przyjąć, że zakupiony i zamontowany w tej spalarni piec (dosyć typowy – wytwarzany przez kotlarzy w polskim „zagłębiu kotłowym” jakim jest Miasto Pleszew w Wielkopolsce) miał wydajność rzędu około 610 kg/h czyli około 0,61 Mg/h to wówczas przy założeniu pracy 252 dni (doby) po 24 h/dobę otrzymamy 6048 h pracy ciągłej pieca w okresie roku a to przy wydajności 0,61 Mg/h da nam wydajność równą 3689,28 Mg/a, a więc potrzebną w przybliżeniu wydajność 3700 Mg/a odpadów jako wsadu do takiego pieca spalarni.

Oczywiście, pozostałe dni w roku (jednakże nie może to być sezon letni, gdyż w tym okresie występuje zwiększenie ilości odpadów) można przeznaczyć na remonty bieżące ciągu spalarnianego (głównie czyszczenie pieca), prace przygotowawcze przy gromadzeniu dostarczanych przecież w sposób ciągły odpadów do Zakładu Gospodarki Odpadami w Wardyniu

Górnym a także na urlopy pracowników bezpośredniej obsługi ciągu spalarnianego. Oczywiście w takim systemie organizacji pracy, istnieje możliwość manewru przyporządkowania zatrudnionych osób do tej linii technologicznej, także do innych prac w obrębie zakładu.

Ogólną charakterystykę spalarni odpadów dla Gminy Połczyn-Zdrój przedstawia tabela 2, w której oszacowano także moc termiczną kotła tej spalarni, jeżeli założy się wartość energetyczną odpadów stanowiących wsad do pieca na około 16 MJ/kg.

9. Podsumowanie – wnioski

Poruszony w tej publikacji temat budowy małych spalarni, ma pobudzić dyskusję, jakie spalarnie ewentualnie budować, jakie są wady i zalety, gdyby takie spalarnie o różnych wydajnościach ze sobą porównywać i to w odniesieniu do realnych możliwości inwestycyjnych – tu w tym przypadku zarówno możliwości naszego kraju jak i możliwości naszego zachodniopomorskiego województwa.

Zachodzi więc pytanie takie, że mimo poniesionych znacznych kosztów na wstępne etapy projektowe (ponad 2 mln PLN) ucichła sprawa budowy Zakładu Termicznego Unieszkodliwiania Odpadów dla Miasta Koszalina i Powiatu Koszalin, które liczy przecież około 110 tys. mieszkańców i wytwarza rocznie około 30–33 tys. Mg odpadów palnych i gdzie rozpoczęto projektowanie spalarni na 94 tys. Mg wsadu do pieca na rok – nie rozważyć przypadkiem budowy mniejszych spalarni odpadów o charakterze powiatowym a nawet gminnym jak w przypadku rozważanych w niniejszym artykule.

Tabela 2. Charakterystyka proponowanej spalarni odpadów
Table 2. Characteristics of the proposed Waste Incineration Plant

założona wydajność kotła, Mg/h		0,61			
założony czas pracy, h/rok		24 h/db · 252 db/rok = 6048 h/rok			
założona wartość energetyczna odpadów, MJ/kg		16			
moc termiczna kotła, kW		0,61 Mg/h · 16 tys. J/g = 9 760 MJ/h = 2 711 kW			
przykładowe parametry kotła					
wydajność, kg/h	moc, kW	komora spalania			
		objętość, m ³		wys/dł/szer, m	
610	2 700	14,5		3/2/2,4	
roczny koszt eksploatacyjny K, PLN/a		2 050 000			
amortyzacja K ₁	robocizna K ₂	energia K ₃	materiały K ₄	remonty b. K ₅	remonty śr. K ₆
960 000	290 000	50 000	400 000	350 000	0
roczny wsad odpadów P, Mg/a		610 kg/h · 6 048 h/rok = 3 689,28 Mg/a			
jednostkowy koszt eksploatacyjny K _J = K/P, PLN/Mg		555,66			

Zatem, z przeprowadzonej powyżej analizy studialno-projektowej nasuwają się pewne ogólne wnioski, mianowicie takie:

1. duże spalarnie odpadów koncentrują swą szkodliwą działalność w obszarze, w którym są ulokowane w sposób niewątpliwie większy niż małe spalarnie ale rozproszone jako powiatowe a nawet gminne, jak w tym przykładzie,
2. realność budowy spalarni małych powoduje automatycznie gorszą ich jakość pracy, gdyż nie opłaca się wprowadzać wszystkich węzłów technologicznych – lecz z drugiej strony budowa tych małych powoduje przez mały przerób, że ich szkodliwość dla otoczenia jest niewielka i rozproszona,
3. jednostkowy koszt eksploatacyjny jest tym mniejszy im ogólnie większa jest wydajność, czyli przerób odpadów w piecu spalarni, mimo „odchudzenia” układu technologicznego ze względów oszczędnościowych kosztem jakości pracy.

Literatura

1. **Czechowska-Kosacka A.:** *Sewage Sludge as a Source of Renewable Energy*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15, 314–323 (2013).
2. **Dąbrowski J., Piecuch T.:** *Mathematical Description of Combustion Process of Selected Groups of Waste*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 253–268 (2011).
3. **Dąbrowski J., Piecuch T.:** *Badania laboratoryjne nad możliwością współspalania mialu węglowego wraz z osadami ściekowymi*. Przegląd Górniczy. Nr 11, 137–147 (2010).
4. **Dąbrowski J., Piecuch T.:** *Badania laboratoryjne nad możliwością współspalania wybranych grup odpadów tworzyw sztucznych wraz z osadami ściekowymi*. Polityka Energetyczna. Tom 14, Zeszyt 1. 213–236, Kraków 2011.
5. **Dąbrowski J., Piecuch T.:** *Badania laboratoryjne nad możliwością współspalania osadów ściekowych wraz z odpadami gumowymi*. Inżynieria Ekologiczna. Nr 25. 55–66, Warszawa 2011.
6. **Dąbrowski J., Dąbrowski T., Piecuch T.:** *Laboratory Studies on the Effectiveness of NO_x Reduction by Selective Catalytic Reduction SCR Method*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15, 301–313 (2013).

7. **Gajda A., Melka K.:** *Krajowy sektor energetyczny – ocena wpływu nowych mocy na ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza w latach 2008–2009*. Polityka Energetyczna. Tom 12, Rok 2009, 61–69.
8. **Gawłowski S.:** *Zarządzanie pozyskanymi funduszami unijnymi w Polsce w obszarze ochrony środowiska*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 269–282 (2011).
9. **Gawłowski S., Gawłowska-Listowska R., Piecuch T.:** *Uwarunkowania i prognoza bezpieczeństwa energetycznego Polski na lata 2010–2110*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 10, 127–176 (2012).
10. **Gawłowski S., Listowska-Gawłowska R., Piecuch T.:** *Bezpieczeństwo energetyczne Kraju*. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2010, 206.
11. **Grudziński Z.:** *Koszty środowiskowe wynikające z użytkowania węgla kamiennego w energetyce zawodowej*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15, 2249–2266 (2013).
12. **Hehlmann J., Szeja W., Jodkowski M.:** *Badania procesu spalania poli-dyspersyjnych mieszanek węglowych nowej generacji z dominującym udziałem węgla quasi koksowych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 891–902 (2011).
13. **Hehlmann J., Mokrosz W., Jodkowski M., Szlęk A., Kubica K., Kaczmarek M., Fengier E., Kuberka M.:** *Sposób i kocioł do kontrolowanego spalania paliw*. Zgłoszenie patentowe P384927 (2008).
14. **Jakowczyk J., Piecuch T.:** *Koncepcja wykorzystania wysypiska odpadów Miasta Słupska w Bierkowie do budowy kompleksowego zakładu utylizacji odpadów*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 4, 75–132 (2002).
15. **Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J.:** *Studies of mercury content in selected coal seams of the Upper Silesian Coal Basin* Mineral Resources Management (Gospodarka Surowcami Mineralnymi), IGSMiE PAN, Vol. 29, issue 4. 95–106 (2013).
16. **Kołodziejczyk U., Cwiąkała M., Widuch A.:** *Use of fly-ash for the production of hydraulic binding agents and for soil stabilization* Mineral Resources Management (Gospodarka Surowcami Mineralnymi), IGSMiE PAN, Vol. 28, issue 4. 15–27 (2012).
17. **Kubena V., Mullerova J., Valicej J., Harnicarova M., Hryniewicz T., Rokosz K., Vaclavik V., Michalovic R.:** *Modyfikacje dotyczące powietrza spalania w kotle pirolitycznym*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 14, 182–201 (2012).

18. **Lorenz U., Grudziński Z.:** *Współspalanie węgla i biomasy w energetyce – ceny koszty na przykładzie węgla brunatnego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 11, 1245–1256 (2009).
19. **Miller U.:** *Praktyczne aspekty spalania biomasy w kotłach rusztowych. Doświadczenia eksploatacyjne na przykładzie współspalania biomasy w kotłach WR-10 w Ciepłowni DPM w Koszalinie*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 739–750 (2009).
20. **Milaszewski R.:** *Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem wód powierzchniowych*. Ekonomia i Środowisko, Nr 2, Rok 2013, 20–25.
21. **Pająk T.:** *Termiczna utylizacja odpadów komunalnych jako element współczesnej kompleksowej gospodarki odpadami*. Przegląd Komunalny nr 3 (78), marzec 1998, 17–41.
22. **Pająk T.:** *Termiczne unieszkodliwianie odpadów w systemie gospodarki odpadami komunalnymi*. IV Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami „Systemu Gospodarki Odpadami”. Materiały Konferencyjne. Poznań-Piła maj 2001, 27–30.
23. **Pawłowski L. (red.):** *Utylizacja odpadów niebezpiecznych w piecach cementowych*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 1997, 164.
24. **Piecuch T., Dąbrowski T.:** *Pyrolytical Utilization of Wastes from Fish Processing Plant Wastewater Treatment*. Archives of Environmental Protection vol. 32, no. 3, 2006.
25. **Piecuch T., Dąbrowski T., Piekarski J., Dąbrowski J.:** *Energetyczne wykorzystanie odpadów przemysłu chemii organicznej*. Kwartalnik Gaz Rosji, Sankt-Petersburg, 74–77, 2/2007 oraz 80–81, 3/2007.
26. **Piecuch T., Juraszka B.:** *Spalanie osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne oraz utylizacja powstałych popiołów*. Polityka Energetyczna, Tom 10, Zeszyt 2, 2007.
27. **Piecuch T., Dąbrowski T., Dąbrowski J., Piekarski J.:** *Technologia produkcji gazu pizolitycznego*. Kwartalnik Gazinform, Sankt-Petersburg, 3(22), 45–47, 2008.
28. **Piecuch T., Dąbrowski T., Dąbrowski J., Piekarski J.:** *Wykorzystanie odpadów chemii organicznej do produkcji gazu pizolitycznego*. Kwartalnik Inżynierskie Systemy, Sankt-Petersburg, No 3(36), 66–71, 2008.
29. **Piecuch T., Dąbrowski T., Dąbrowski J., Piekarski J.:** *Energetyczne i ekologiczne rozwiązanie problemów utylizacji odpadów na bazie zaawansowanej technologii produkcji gazu pizolitycznego*. Miesięcznik Rynek Instalacji, Lwów, 10 (137), 27–29, 2008.
30. **Piecuch T.:** *Utylizacja odpadów przemysłowych*. Podręcznik Politechniki Koszalińskiej, Wydanie 1, 220, (1996). Wydanie 2, 220, (2000).

31. **Piecuch T.:** *Koncepcja kompleksowego rozwiązania gospodarki odpadami w skali Województwa Zachodniopomorskiego*. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 21 Seria: Inżynieria Środowiska. Politechnika Koszalińska, Koszalin 2003, 79–113.
32. **Piecuch T., Dąbek L., Juraszka B.:** *Spalanie i piroliza odpadów oraz ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin*. Podręcznik Politechniki Koszalińskiej. 529, Koszalin 2002.
33. **Piecuch T.:** *Zarys metod termicznej utylizacji odpadów*. Podręcznik Politechniki Koszalińskiej. 396. Koszalin 2006.
34. **Piecuch T.:** *The Pyrolytic Convective Waste Utilizer*. Environmental Science Research – Volume 58, 1999, Kluwer Academic (Plenum Publisher - New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow).
35. **Piecuch T., Dąbrowski T., Hryniewicz T., Żuchowicki W.:** *Polish Made Pyrolytic Convective Waste Utilizer of WPS Type. Structure Principle of Operation and Evaluation. Problems of Residue Management after Thermal Waste Utilization*. The Journal of Solid Waste Technology and Management. Volume 26, November 3/4 1999. Editor: Iraj Zandi, University of Pennsylvania and Editor: Ronald L. Mersky, University Widener – USA.
36. **Piecuch T.:** *Termiczna utylizacja odpadów – wdrażać czy nie?* Polska Akademia Nauk, Oddział Gdańsk, Komisja Ekosfery, Monografia, listopad 1999. wydano nakładem Komisji Ekosfery PAN, ul. Waryńskiego 17, 71-310, Szczecin, tel. (061) 4876743.
37. **Piecuch I., Piecuch T.:** *Nauczanie o środowisku – nigdy nie jest za wcześnie i nigdy nie jest za późno*. Rocznik Ochrona Środowiska. (Annual Set The Environment Protection), 13, 711–722 (2011).
38. **Piecuch T.:** *Termiczna utylizacja odpadów*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 2, 11–38 (2000).
39. **Piecuch T., Dąbrowski T., Dąbrowski J., Lubierski M., Juraszka B., Kościerzyńska-Siekan G., Jantos K.:** *Analiza pracy spalarni odpadów Szpitala Wojewódzkiego w Koszalinie – spaliny, ścieki, wtórny odpad*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 5 11–38 (2003).
40. **Piecuch T., Dąbrowski J., Dąbrowski T.:** *Laboratory Investigations on Possibility of Thermal Utilisation of Post-production Waste Polyester*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 11 88–101 (2009).
41. **Piecuch T., Dąbrowski J., Dąbrowski T.:** *Laboratory Investigations and Preliminary Project of Installation for Utilization of Waste from Polyester Forming*. Polish Journal of Environmental Studies, Volume 5: Series of Monographs; HARD, Olsztyn 2009, 59–64.

42. **Piecuch T., Dąbrowski J., Lewandowski M.:** *Projekt koncepcyjny budowy Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów dla Powiatu Drawskiego*. Materiały Budowlane 11 (495) Warszawa 2013.
43. **Szkarowski A., Janta-Lipińska A.:** *Optymalizacja pracy kotłowa metodą sterowanego poziomu niezupełności spalania*. Polityka Energetyczna. Tom 12, 129–137, (2009).
44. **Wandrasz J.:** *Gospodarka odpadami medycznymi*. Wydawnictwo: Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2000, 446.
45. **Wielgoński G.:** *Emisja dioksyn z procesów termicznych i metody jej ograniczania*. Monografia. Polska Akademia Nauk. Oddział w Łodzi. Komisja Ochrony Środowiska. Łódź 2009, 217.
46. **Wielgoński G.:** *Study of the catalytic decomposition of PCDD/Fs on $V_2O_5-WO_3/Al_2O_3-TiO_2$ catalyst*. Rozdział w monografii „Environmental Engineering” ed.: Pawłowski L., Dudzińska M., Pawłowski A. Taylor & Francis, London 2006, 495–499.
47. **Yucheng Cao, Pawłowski L.:** *Lubelskie doświadczenia we współspalaniu odpadów komunalnych w przemyśle cementowym*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 132–145, 14 (2012).
48. **Zaporowski B.:** *Efektywność ekonomiczna technologii wytwarzania energii elektrycznej* Polityka Energetyczna Tom 16 Zeszyt 4, 65–76 (2013).
49. **Zarzycki R., Kratofil M., Pawłowski D., Ścisłowska M., Kobylecki R., Bis Z.:** *Analiza spalania pyłu węglowego w przedpalenisku cyklonowym* Polityka Energetyczna Tom 16 Zeszyt 4, 313–323 (2013).
50. **Zarzycki R., Kratofil M., Pawłowski D., Ścisłowska M., Kobylecki R., Bis Z.:** *Układ podawania paliwa do przedpaleniska cyklonowego* Polityka Energetyczna Tom 16 Zeszyt 4, 301–311 (2013).
51. **Zechner V., Guziurek M., Fecko P.:** *Application of brown coal pyrolytic oils in black coal slurry flotation* Mineral Resources Management (Gospodarka Surowcami Mineralnymi), IGSMiE PAN, Vol. 29, issue 2. 51–67 (2013).

Conceptual Project of Construction of Waste Incineration Plant for Połczyn Zdrój Municipality

Abstract

The problem of construction of small or relatively medium waste incineration plants is presented in the present work with the aim to stimulate discussion as to what types of incineration plants should be constructed. What the advantages and disadvantages of small (a few thousand tons of waste per year),

medium (over a dozen thousand tons of waste per year), and large (from a few dozen up to 150 thousand Mg/year) incineration plants are.

The capacity (incinerator feed) of the waste incineration plant designed for the Połczyn Zdrój municipality is only about 3700 Mg/year.

The research and design analysis performed in the present work show that:

- large waste incineration plants concentrate their damaging operation in the area where they are situated to a clearly greater extent than in the case of small incineration plants distributed as district or even municipality plants, which is the case in the present example,
- the actual conditions of constructing small incineration plants automatically result in lowering the quality of their operation, as it is not economic to introduce all the process units – however, on the other hand, small incineration plants are less harmful to the environment, thanks to their limited capacity, and their negative influence is more distributed,
- the greater the capacity, that is, the amount of waste processed in the plant incinerator, the lower the unit operating cost, despite the fact that the capacity is limited at the cost of the operating quality of the incineration plant.

Słowa kluczowe: spalarnia odpadów, projekt koncepcyjny, analiza ekonomiczna

Key words: waste incineration plant, conceptual project, economic analysis