

4. Analiza opcji	2
4.1. Zakres i metodyka analizy	2
4.1.1. Założenia	2
4.1.2. Uwarunkowania prawne wyboru optymalnego wariantu	2
4.2. Charakterystyka rozważanych rozwiązań lokalizacyjnych i technologicznych	4
4.2.1. Identyfikacja analizowanych rozwiązań lokalizacyjnych	4
4.2.2. Identyfikacja analizowanych rozwiązań technologicznych	14
4.2.2.1. Etap I. Analiza docelowego systemu unieszkodliwiania odpadów	14
4.2.2.2. Etap II. Analiza szczegółowa wybranego wariantu technologicznego	28
4.2.2.3. Wariant 0 – Optymalizacja wykorzystania istniejących systemów oraz uzupełnienie systemu selektywnej zbiórki odpadów i instalacji wg stanu na lata 2008-2009,	44
4.2.2.4. Wariant I – wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem.	46
4.2.2.5. Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.	52
4.2.2.6. Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.	58
4.2.3. Szacunki kosztów dla rozważanych opcji	61
4.2.3.1. Koszty eksploatacyjne	61
4.2.4. Finansowe i ekonomiczne porównanie rozważanych opcji	63
4.3. Wskazania najlepszych rozwiązań spośród rozważanych opcji	70
4.4. Analiza opcji metod rekultywacji składowisk	71
4.4.1. Szacunkowe koszty zamknięcia i rekultywacji składowiska	71
4.4.1.1. Koszt zamknięcia i rekultywacji wariant I	71
4.4.1.2. Koszt wydobycia odpadów ze składowiska wariant II	72
4.4.2. Wskazania najlepszych rozwiązań spośród rozważanych opcji rekultywacji składowisk	72

4. Analiza opcji

4.1. Zakres i metodyka analizy

4.1.1. Założenia

Celem Studium Wykonalności dla przedsięwzięcia jest wskazanie najlepszego rozwiązania technologicznego i instytucjonalnego mającego na celu uporządkowanie i organizację gospodarki odpadami komunalnymi na terenie Miasta Konina oraz gmin Subregionu Konińskiego, poprzez wyposażenie w kompleksowy system zagospodarowania odpadów powstających na tym obszarze w oparciu o odpowiednią infrastrukturę techniczną. Tworzony system gospodarki odpadami powinien charakteryzować się takimi cechami jak: „regionalność” oraz „perspektywiczność”, tzn., że w przyszłości system ten powinien pozwolić na zagospodarowanie odpadów komunalnych powstających na wskazanym obszarze.

W celu wyboru wariantu inwestycyjnego optymalnego, z technicznego, ekonomicznego i społecznego punktu widzenia przeprowadzono analizę lokalizacyjną oraz analizę opcji dla wariantów inwestycyjnych, które zostały określone na podstawie zidentyfikowanych niedoborów ilościowych i jakościowych systemu gospodarki odpadami. Założenia i wyniki analizy zostały zaprezentowane w poniższych rozdziałach.

Najbardziej efektywny wariant inwestycyjny został zarekomendowany, jako docelowy do wdrożenia i będzie przedmiotem wniosku o dofinansowanie w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Rozważania w zakresie techniczno – technologicznym, finansowym i społecznym, które zostały przedstawione w dalszej części studium, dotyczą już wybranego wariantu inwestycyjnego.

Podstawą wyboru opcji było wyliczenie technicznego kosztu uzyskania efektu ekologicznego, do czego posłużyła analiza DGC - dynamic generation cost.

Dynamiczny koszt jednostkowy jest równy cenie, która pozwala na uzyskanie zdyskontowanych przychodów równych zdyskontowanym kosztom. Inaczej to ujmując, można powiedzieć, że DGC pokazuje, jaki jest techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego. Koszt ten jest wyrażony w złotych na jednostkę efektu ekologicznego.

Analiza opcji wykonana została na podstawie opracowania pn.:

„Koncepcja Programowo-Przestrzenna „Instalacja do termicznego unieszkodliwiania i energetycznego wykorzystania odpadów w Koninie” autorstwa Savona Project Sp. z o.o., ul. Słowackiego 33-37, 33-100 Tarnów.

4.1.2. Uwarunkowania prawne wyboru optymalnego wariantu

Najistotniejsze spośród koniecznych do uwzględnienia uwarunkowań prawnych przy projektowaniu rozwiązań techniczno-technologicznych regionalnego systemu gospodarki odpadami komunalnymi to przepisy Dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylającej niektóre dyrektywy (Dz.U.UE.L.08.312.3 z dnia 22 listopada 2008 r.), przepisy pierwszej z ww. zostały transponowane do prawodawstwa krajowego poprzez ustawę o odpadach oraz rozporządzenia szczegółowe. Zapisy Dyrektywy nr 2008/98/WE zostaną wkrótce transponowane do prawodawstwa krajowego. Dyrektywa w sprawie składowania odpadów szczegółowo i kompleksowo reguluje zagadnienia związane ze składowaniem odpadów. Dyrektywa nr 2008/98/WE wprowadza hierarchię postępowania z odpadami oraz ogólne zasady gospodarki odpadami.

Zgodnie z wprowadzoną ww. dyrektywą hierarchią realizacja przedsięwzięcia powinna stworzyć rozwiązania systemowe umożliwiające:

- zapobiegania powstawaniu odpadów i zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów,
- odzysku odpadów, ich ponownego wykorzystania i recyklingu,
- redukcji ilości odpadów ulegających biodegradacji, kierowanych na składowisko bez ich uprzedniego przetworzenia,
- unieszkodliwiania odpadów ulegających biodegradacji metodami biologicznymi lub termicznymi,

- minimalizacji ilości odpadów wytwarzanych i deponowanych na składowisku odpadów komunalnych,
- bezpiecznego dla środowiska ostatecznego unieszkodliwiania odpadów pozbawionych wartości materiałowych i energetycznych.

Powyższe metody ograniczania ilości odpadów są zgodne z zawartą w przywołanej wyżej Dyrektywie ramowej hierarchią prowadzenia działań. Gospodarowanie odpadami powinno opierać się na zasadach „samowystarczalności” i „bliskości”, polegających na ustanowieniu zintegrowanej i wystarczającej sieci instalacji do unieszkodliwiania odpadów i instalacji do odzysku zmieszanych odpadów komunalnych z uwzględnieniem najlepszej dostępnej techniki (BAT). Sieć powinna umożliwiać unieszkodliwianie i odzysk odpadów w jednej z najbliższej położonych odpowiednich instalacji, za pomocą najodpowiedniejszych metod i technologii, w celu zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska i zdrowia publicznego.

Realizacja systemu gospodarki odpadami komunalnymi na obszarze Subregionu Konińskiego ma także na celu podniesienie świadomości ekologicznej i rozwinięcie zachowań ekologicznych mieszkańców objętych przedsięwzięciem, który zrealizowany zostanie poprzez działania edukacyjne oraz rozbudowę systemu selektywnego zbierania odpadów.

W rozdziale dokonano analizy, której zakres obejmuje system gospodarki odpadami, w głównej mierze technologię ich odzysku i unieszkodliwiania w aspekcie osiągnięcia sformułowanych celów oraz obecnie obowiązujących przepisów prawnych i wymagań wynikających ze zmian tych przepisów w wyniku dostosowywania do prawodawstwa Unii Europejskiej.

Decyzją, którą w zakresie gospodarki odpadami muszą podjąć poszczególne samorządy jest wybór opcji systemowej i technologicznej, która pozwoli w perspektywie najbliższych lat stworzyć nowoczesny i efektywny ekonomicznie i ekologicznie system gospodarowania odpadami, który zapewni spełnienie wyszczególnionych warunków:

1. Ograniczenie ilości odpadów kierowanych na składowiska bez ich uprzedniego przetwarzania.
2. Ograniczenie ilości składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji w stosunku do ich masy wytwarzanej w 1995 r.:
 - do 50% wagowo do 16 lipca 2013 r.,
 - do 35% wagowo do 16 lipca 2020 r.
3. Osiągnięcie do 31 grudnia 2020 r. poziomu recyklingu i przygotowania do ponownego użycia następujących frakcji odpadów komunalnych: papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła w wysokości co najmniej 50% wagowo,
4. Składowanie odpadów wstępnie przetworzonych zgodnie z warunkami określonymi w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dn. 12.06.2007 r. (Dz. U. z 2007, Nr 121, poz. 832) określającym kryteria dopuszczające odpady do składowania, które nie dopuszczają do składowania odpadów ze względu na zawartość węgla organicznego powyżej 5% suchej masy, jak i wartości ciepła spalania powyżej 6 MJ/kg suchej masy (dla odpadów oznaczonych kodem 19 08 05, 19 08 12, 19 08 14, 19 12 12 oraz z grupy 20 od dnia 1 stycznia 2013 r.).
5. Dyrektywa 2004/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 94/62/WE w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych oraz określony termin osiągnięcia poziomów docelowych na 2014 r. Poziomy do uzyskania liczy się od ilości odpadów opakowaniowych przekazanych do odzysku i recyklingu przez przedsiębiorców wprowadzających na rynek produkty w opakowaniach. Do tego poziomu dolicza się ilości odpadów opakowaniowych zebranych selektywnie przez mieszkańców i przekazanych także do odzysku i recyklingu.
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 14 czerwca 2007r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych (Dz. U. 2007 nr 109, poz. 752) określające poziomy odzysku i recyklingu do roku 2014.
7. Zapisy Krajowego Planu Gospodarki Odpadami (KPGO), ustalające konieczność budowy systemów regionalnych dla populacji liczących minimum 150 000 mieszkańców w przypadku mechaniczno-biologicznych metod przekształcania odpadów oraz minimum 300 000 mieszkańców w przypadku termicznych metod przekształcania odpadów (konieczność

- uwzględnienia regionów w wojewódzkich planach gospodarki odpadami i związane z tym wytyczne programów operacyjnych POIiŚ);
8. Zgodnie z zapisami aktualizowanego Planu Gospodarki Odpadami dla Województwa Wielkopolskiego na lata 2008 – 2011 z perspektywą na lata 2012 – 2019, dotyczącymi obszarów zamieszkałych, przez co najmniej 300 tys. mieszkańców preferowaną metodą zagospodarowania zmieszanych odpadów komunalnych jest ich termiczne unieszkodliwianie. Rozwiązanie to przyjmuje się dla ZTUOK Konin (obszar projektu).
 9. Wzrost opłat urzędowych za składowanie odpadów, stymulujący rozwój metod odzysku oraz maksymalne ograniczanie ilości deponowanych odpadów;
 10. Wytyczne Ministerstwa Środowiska dotyczące obowiązku w zakresie ograniczenia ilości składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, określające wymagania dla procesów kompostowania, fermentacji lub MBP oraz podające sposób rozliczania obowiązku w zakresie ograniczania ilości składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, w tym również po termicznym przekształcaniu odpadów;
 11. Ograniczenie rodzajów odpadów wykorzystywanych na warstwy przykrywająco - izolujące (nowelizacja rozporządzenia o lokalizacji, budowie, eksploatacji składowisk odpadów), mające na celu ograniczenie deponowania frakcji drobnej odpadów komunalnych bez opłat za korzystanie ze środowiska;
 12. Zamykanie składowisk nie spełniających wymagań technicznych i formalnych. Wyczerpywanie się pojemności legalnych składowisk, trudności opór społeczny powstający podczas uzgodnień rozbudowy istniejących składowisk lub budowy nowych składowisk.

Wymienione powyżej uwarunkowania powodują wprowadzenie odpowiednich systemów gromadzenia odpadów „u źródła”, a następnie ich technicznego przetwarzania z uwzględnieniem standardów BAT, tak, aby jak najmniejsze ilości odpadów nieprzetworzonych były kierowane na składowiska odpadów.

4.2. Charakterystyka rozważanych rozwiązań lokalizacyjnych i technologicznych

4.2.1. Identyfikacja analizowanych rozwiązań lokalizacyjnych

W niniejszym opracowaniu podjęto się analizy potencjalnych wariantów lokalizacyjnych dla planowanego Zakładu. Przy wyborze rozpatrywanych lokalizacji kierowano się głównie dostępnością i bliskim powiązaniem z istniejącym w Koninie zakładem unieszkodliwiania odpadów – Miejskim Zakładem Gospodarki Odpadami Komunalnymi. Poniżej scharakteryzowano pokrótce rozpatrywane lokalizacje.



Rysunek 4.1 Mapa alternatywnych lokalizacji inwestycji

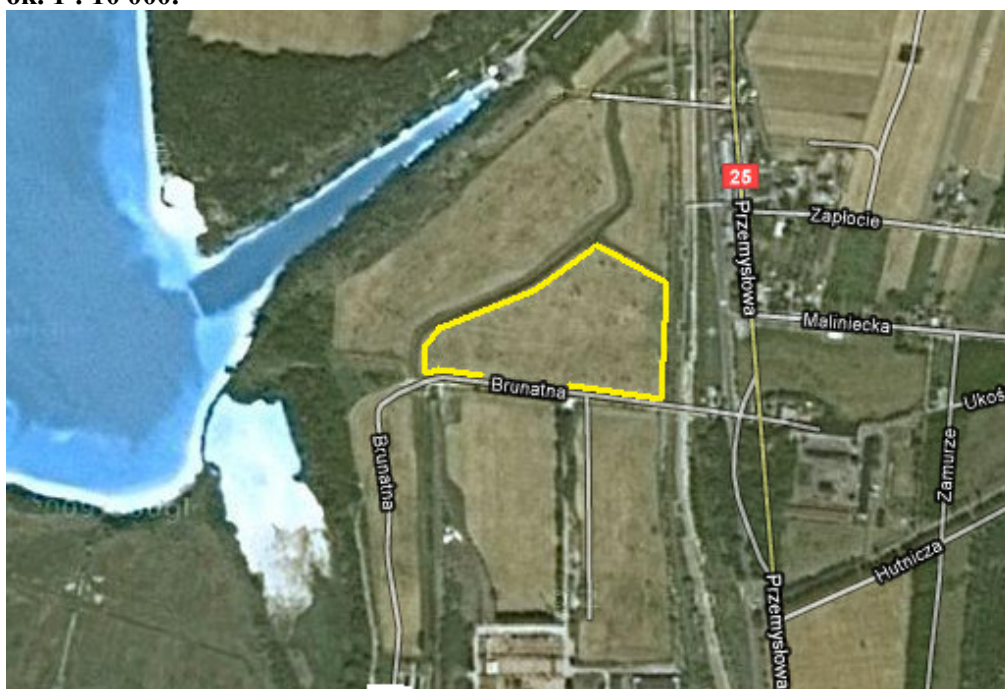
Lokalizacja nr 1 – Konin, ul. Brunatna, dz. 37/5 obr. Maliniec

Jest to teren pogórnicy, którego zaletą jest dostęp do bocznic kolejowej. Teren ten nie jest uzbrojony w infrastrukturę wodociągowo-kanalizacyjną.

Teren zlokalizowany jest na użytkach rolnych, na których obecnie prowadzona jest uprawa rzepaku. Na powierzchni terenu biegną sieci elektroenergetyczne wysokiego napięcia.

Lokalizacja terenu znajduje się w dość znacznym oddaleniu od Miasta Konina (ponad 2 km), natomiast w stosunkowo bliskim sąsiedztwie (ok. 100 m) znajduje się niewielkie skupisko kilku gospodarstw mieszkalnych.

Rysunek 4.2. Rozpatrywana lokalizacja Zakładu przy ul. Brunatnej, dz. 37/5 obr. Maliniec, skala ok. 1 : 10 000.



Lokalizacja nr 2 – Konin, ul. Sulańska, dz. 338 obr. Maliniec

Jest to teren położony na zapleczu byłych hal elektrolizy Huty Aluminium „Konin”. Na opisywanym terenie brak jest uzbrojenia w sieci podziemne. Jest to teren w znacznej części porośnięty drzewami.

Z uwagi na lokalizację terenu w strefie przemysłowej nie pojawia się tutaj problem bliskości osiedli mieszkalnych.

Rysunek 4.3. Rozpatrywana lokalizacja Zakładu przy ul. Sulańskiej, dz. 338 obr. Maliniec, skala ok. 1 : 10 000.



Lokalizacja nr 3 – Konin, ul. Sulańska, dz. 137/3 i 138/1 obr. Maliniec

Obszar zlokalizowany jest na dawnych terenach policyjnych. Brak jest tu uzbrojenia wodociagowo-kanalizacyjnego.

Teren ten, podobnie jak Lokalizacja nr 2, znajduje się w strefie przemysłowej i charakteryzuje się znacznym oddaleniem od osiedli mieszkalnych.

Rysunek 4.4. Rozpatrywana lokalizacja Zakładu przy ul. Sulańskiej, dz. 137/3, 138/1 obr. Maliniec, skala ok. 1 : 10 000.



Lokalizacja nr 4 – Konin, ul. Sulańska, dz. 1436/4, 1436/5 obr. Gosławice

Jest to lokalizacja położona w przemysłowej dzielnicy Konina, charakteryzująca się znacznym oddaleniem od osiedli mieszkalnych. Teren leży na obszarze, zabudowanym już częściowo obiektami Miejskiego Zakładu Gospodarki Odpadami Komunalnymi w Koninie. Teren jest uzbrojony w sieci wodno-kanalizacyjne. Trasa dojazdowa pokrywa się z trasą dowozu odpadów do obecnie funkcjonującej sortowni.

Rysunek 4.5. Rozpatrywana lokalizacja Zakładu przy ul. Sulańskiej, dz. 1436/5 obr. Gosławice, skala ok. 1 : 10 000.



Wybór lokalizacji

Z uwagi na najdogodniejsze położenie (bezpośrednie sąsiedztwo z istniejącą sortownią odpadów oraz składowiskiem odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, dowóz odpadów „sprawdzonym” szlakiem), dogodne warunki hydrogeologiczne do posadowienia budowli, dostępność mediów, położenie na działkach oznaczonych w MPZP jako tereny przemysłowe, znaczne oddalenie od osiedli mieszkalnych, jako lokalizację najbardziej optymalną dla projektowanego Zakładu wybrano Lokalizację nr 4. Lokalizacja ta została zaakceptowana przez miejscowe władze.

Dodatkowo lokalizacja ta charakteryzuje się dogodnym z uwagi na wyprowadzenie energii położeniem. Leży ona w pobliżu kolektora ciepłowniczego łączącego miasto Konin z Elektrownią Konin, do którego zostanie wyprowadzona energia cieplna, oraz dużego odbiorcy energii elektrycznej, jakim jest Huta Aluminium.

OPIS WYBRANEJ LOKALIZACJI

Elementy zagospodarowania terenu

Na terenie przeznaczonym pod lokalizację obiektów planowanego Zakładu nie znajdują się obecnie żadne obiekty budowlane. W bezpośrednim sąsiedztwie terenu Inwestycji, od strony północnej, znajduje się funkcjonująca sortownia odpadów komunalnych (istnieje możliwość bezpośredniego przekazywania odpadów z sortowni do planowanego Zakładu). Od strony południowo-wschodniej z terenem lokalizacji obiektów Zakładu sąsiadują obiekty dawnej oczyszczalni ścieków, obecnie już nie użytkowanej. Pod powierzchnią terenu zlokalizowane zostały sieci wodociągowo-kanalizacyjne.

Rysunek 4.6. Widok z lotu ptaka na teren przeznaczony pod budowę Zakładu oraz jego otoczenie.



Ukształtowanie terenu

Przedmiotowa lokalizacja charakteryzuje się mało zróżnicowaną rzeźbą terenu, o niewielkich różnicach wysokości względnej. Teren otoczony jest ciekami i zbiornikami wodnymi.

Ukształtowanie terenu jest mało zróżnicowane – nie występują tu znaczące różnice wysokości względnej.

Dojazd

Dojazd do terenu przeznaczonego pod lokalizację Zakładu możliwy jest od ul. Przemysłowej (droga krajowa nr 25) poprzez ul. Zapłocie lub ul. Maliniecką do ul. Sulańskiej, skąd wiedzie lokalna droga dojazdowa. Jak już wspomniano we wcześniejszym podrozdziale, trasa dojazdowa do wybranej lokalizacji pokrywa się z trasą dowozu odpadów do obecnie funkcjonującej sortowni, co pozwala przypuszczać, że nie będą pojawiały się problemy związane z transportem odpadów do projektowanego Zakładu.

Warunki hydrogeologiczne

W rejonie Malińca można wyróżnić trzy poziomy wodonośne, licząc od najstarszego: kredowy, trzeciorzędowy i czwartorzędowy.

Najpłytszy poziom związany jest z nawodnionymi piaskami czwartorzędownymi i trzeciorzędowymi. Na skutek działalności górniczej i drenażu, w związku z budową obiektów przemysłowych, utworzył się lej depresji powodując znaczne obniżenie wód przypowierzchniowych lub ich kompletny zanik.

Pod powierzchnią terenu zalega warstwa gruntów antropogenicznych. Teren zlokalizowany został na osadniku składowym opadów paleniskowych pochodzących z Elektrowni „Konin”. Teren w przeszłości rekultywowano – rekultywacja polegająca na wyrównaniu terenu i spychaniu części gruntów nasypowych w strefy przybrzeżne na obwałowania ziemne. Hałda odpadów paleniskowych stworzyła na tym terenie grubą warstwę twardego osadu o składzie mechanicznym podobnym do glin ciężkich, pylastych, utworów pyłowych o małej wodoprzepuszczalności oraz małej odsączalności.

Warunki formalno-prawne

Teren przeznaczony pod realizację Inwestycji zlokalizowany został na działce o numerze ewidencyjnym 1436/5, położonej w obrębie Gosławice. Działka ta znajduje się na terenie oznaczonym w MPZP symbolem 14P/S – tereny produkcji przemysłowej, baz i składów. Charakter projektowanego Zakładu wpisuje Przedsięwzięcie w zakres przeznaczenia terenu w MPZP.

Teren przeznaczony pod lokalizację Przedsięwzięcia znajduje się poza strefami ochronnymi od linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia oraz sieci gazowej wysokiego ciśnienia. Do granicy terenu przeznaczonego pod lokalizację Zakładu usytuowana jest równoległa droga dojazdowa (oznaczona w MPZP symbolem D), od której obowiązuje nieprzekraczalna linia zabudowy o szerokości 10 m. Bezpośrednio przy linii rozgraniczającej ulicy, przy bramach wjazdowych, dopuszcza się lokalizację parterowych obiektów portierni, wartowni, itp.

Teren przeznaczony pod lokalizację inwestycji jest własnością spółki pn. Miejski Zakład Gospodarki Odpadami Komunalnymi sp. z o.o., powołanej dnia 6 kwietnia 2011 r. z przekształcenia miejskiego zakładu budżetowego MZGOK. Udziałowcami spółki są: Miasto Konin i 32 gminy subregionu konińskiego

Ocena wielokryterialna wskazanych lokalizacji

W celu dostarczenia Zamawiającemu miarodajnego narzędzia oceny poszczególnych dostępnych lokalizacji dla posadowienia instalacji systemu, przeprowadzono analizę lokalizacji dla poszczególnych instalacji z zastosowaniem analizy wielokryterialnej, której metodykę omówiono w dalszej części podrozdziału. W analizie uwzględniono następujące lokalizacje:

- Konin, ul. Brunatna, dz. 37/5 obr. Maliniec,
- Konin, ul. Sulańska, dz. 338 obr. Maliniec,
- Konin, ul. Sulańska, dz. 137/3 i 138/1 obr. Maliniec,
- Konin, ul. Sulańska, dz. 1436/4 i 1436/5 obr. Gosławice.

Wybór optymalnej lokalizacji dla instalacji termicznego przekształcania odpadów wymagało podjęcia szeregu trudnych decyzji. Dlatego jako niezależne narzędzie w procesie decyzyjnym, oparte na zestawieniu wielu elementów opisujących daną lokalizację, zastosowano analizę wielokryterialną wyboru lokalizacji.

W analizie, posługiwano się parametrami określającymi charakter lokalizacji, jej potencjał techniczny, środowiskowy, ekonomiczny oraz społeczny.

Jedną z podstawowych czynności we wstępnym etapie analizy wielokryterialnej jest przyjęcie i zdefiniowanie kryteriów, za pomocą których dokonana zostanie charakterystyka porównywanych lokalizacji oraz ich wartościowanie. Zasadą doboru kryteriów jest, aby opisywały one badane zjawisko w sposób możliwie szczegółowy, na poziomie pozwalającym na jego zróżnicowanie.

Kryteria zostały dobrane tak, aby możliwie wieloaspektowo charakteryzowały lokalizacje i jednocześnie pozwalały na szeroką ocenę uwzględniającą kryteria przyrodnicze, społeczne, ekonomiczne, technologiczne czy logistyczne. Dopiero takie opisanie i zwartościowanie badanego zjawiska (lokalizacji) pozwala decydentowi na pełne poznanie zagadnienia i uzyskanie wiarygodnej podstawy do podjęcia decyzji o znaczeniu strategicznym.

Ocena ważności poszczególnych kryteriów jest procesem niezmiennie złożonym. Część kryteriów jest kryteriami wektoryzowanymi czyli dającymi się określić w skali bezwzględnej i te kryteria są stosunkowo łatwe do zwymiarowania. Trudności i niejednoznaczności budzi ocena kryteriów niewektoryzowanych, jak ocena walorów środowiskowych czy odbiór społeczny inwestycji. W takich przypadkach można zdać się jedynie na subiektywną ocenę danego kryterium przez decydentów. Z tego też punktu widzenia analiza wielokryterialna jest analizą zarówno ilościową (kryteria wektoryzowane), jak i jakościową (ocena relacyjna kryterium), w której kryteria te mają różne znaczenie dla podejmującego decyzję. Subiektywność w ocenie kryteriów jakościowych powoduje, iż są one

zdecydowanie trudniejsze do określenia i z punktu widzenia procesu modelowania matematycznego skomplikowane do użycia i interpretacji. Jednak z punktu widzenia odbiorców analizy mają ogromne znaczenie, gdyż dotyczą najczęściej bardzo ważnej i delikatnej materii związanej ze społeczną oceną przedsięwzięcia.

Przyjęte kryteria oceniające zostały ujęte w cztery, poniżej przedstawione grupy:

Kryteria techniczne: oceniające zgodność lokalizacji z możliwościami terenowymi. Bardzo istotna jest tutaj ocena charakteru terenu pod względem stanu infrastrukturalnego, ocena układu komunikacyjnego, konfiguracja działki (wielkość i możliwości terenu).

Kryteria ekologiczne: oceniające wpływ i oddziaływanie projektowanej lokalizacji zakładu na środowisko naturalne. Funkcjonowanie Zakładu zmniejszy znacząco ilość odpadów wymagających unieszkodliwiania i ostatecznego składowania jednak przedsięwzięciu temu towarzyszą skutki uboczne opisywane poprzez emisję do środowiska. W zależności od przyjętej lokalizacji uwzględniono również emisje od transportu odpadów ostatecznych na składowisko. Ocenia się tutaj także sąsiedztwo obszarów chronionych.

Kryteria ekonomiczne: oceniające najczęściej nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacji inwestycji; jednak w ocenie lokalizacji ZTUOK nie jest brana pod uwagę technologia, gdyż nakład na technologię będzie w każdej lokalizacji jednakowy. Oceniane tutaj są koszty eksploatacji, koszty rekompensat środowiskowych, przychody ze sprzedaży energii elektrycznej i ciepłej.

Kryteria społeczne: oceniające przychylność lokalnej społeczności dla planowanej inwestycji. Wyróżniono tutaj: akceptację społeczną, ocenę wprowadzenia nowych uciążliwości transportowych oraz potencjalny rozwój budownictwa.

Kryteria i wskaźniki stanowiące miarę prawidłowości poszczególnych lokalizacji zostały przedstawione powyżej. Ich zestawienie tabelaryczne opisujące poszczególne lokalizacje i ich oceny w skali punktowej stanowi macierz decyzyjna, która stanowi formalny zapis wielokryterialnego problemu decyzyjnego. Jest ona przedstawiona poniżej.

Tabela 4.1. Zestawienie wyników Analizy wielokryterialnej lokalizacji ZTUOK

Kryterium	Opis kryterium	Waga kryterium	ul.Brunatna dz. 37/5	ul.Sulańska dz. 338	ul.Sulańska Dz. 137/3 i 137/1	ul.Sulańska Dz. 1436/4 i 1436/5	ul.Brunatna dz. 37/5	ul.Sulańska dz. 338	Ul.Sulańska Dz. 137/3 i 137/1	Ul.Sulańska Dz. 1436/4 i 1436/5
			Ilość przyznanych punktów Skala 1-3				Wyniki			
Techniczne	Wielkość i możliwości terenu	6	2	2	1	3	12	12	6	18
	Ocena układu komunikacyjnego	6	2	2	2	3	12	12	12	18
	Stan terenu - infrastruktura	5	1	2	1	3	5	10	5	15
Ekologiczne	Aktualny stan środowiska	5	1	2	2	2	5	10	10	10
	Sąsiedztwo obszarów chronionych	6	3	3	3	3	18	18	18	18
	Odległość od składowiska odpadów ostatecznych	6	1	2	2	3	6	12	12	18
Ekonomiczne	Koszty eksploatacji	8	1	2	2	2	8	16	16	16
	Koszty rekompensat środowiskowych	8	1	2	2	3	8	16	16	24
	Przychody ze sprzedaży energii elektrycznej i cieplnej	6	1	2	2	2	6	12	12	12
Społeczne	Wprowadzenie nowych uciążliwości transportowych	5	1	3	2	3	5	15	10	15
	Potencjalny rozwój budownictwa	3	1	3	3	3	3	9	9	9
	Akceptacja społeczna	4	1	3	3	3	4	12	12	12
		Suma Punktów					92	154	138	185

Źródło: opracowanie własne na podstawie ROS

Podsumowanie analizy lokalizacyjnej

W wyniku przeprowadzonej oceny wielokryterialnej, ustalono oceny końcowe dla poszczególnych lokalizacji.

Przedstawione wyniki wskazują, z punktu widzenia przyjętych do analizy kryteriów cząstkowych zestawionych w grupy kryteriów głównych, należy uznać za najkorzystniejszą lokalizację na terenie MZGOK w Koninie na ulicy Sulańskiej, na działkach nr 1436/4 i 1436/5 obręb Gosławice.

Korzyści wynikające z lokalizacji planowanego przedsięwzięcia na terenie MZGOK w Koninie można przedstawić w kilku punktach:

- Dogodna lokalizacja w strefie przemysłowej;
- Doprowadzone są media komunalne;
- Teren nie jest objęty żadnymi formami ochrony (przyrody, zabytków);
- Działka położona jest na terenie MZGOK i nie jest obecnie zagospodarowana;
- Brak bezpośredniego sąsiedztwa zabudowy mieszkalnej;

4.2.2. Identyfikacja analizowanych rozwiązań technologicznych

Analizę rozwiązań technologicznych przeprowadzono w dwóch etapach:

Etap I – jego zadaniem było ogólne wykreowanie docelowej technologii unieszkodliwiania odpadów.

Etap II – polega na uszczegółowieniu technologii określonej w etapie I.

4.2.2.1. Etap I. Analiza docelowego systemu unieszkodliwiania odpadów

Celem tego etapu analizy opcji technologicznych jest przedstawienie, ocena i wybór wariantu optymalnego.

1. Przegląd mechaniczno-biologicznych metod przetwarzania odpadów

Procesy biologiczne przeznaczone głównie do przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych, w tym odpadów „pozostałych” (odpadów pozostałych po selektywnym zbieraniu frakcji do odzysku, w tym recyklingu) w celu ich przygotowania do:

- ostatecznego składowania,
- procesów odzysku, w tym odzysku energii, lub termicznego unieszkodliwiania (suszenie biologiczne),

nazywane są procesami **mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP)** (ang. Mechanical Biological Treatment (MBT)).

Termin ten obejmuje procesy: rozdrabniania, przesiewania, sortowania, klasyfikacji i separacji, ustawione w różnorodnych konfiguracjach w celu mechanicznego rozdzielania strumienia odpadów (najczęściej zmieszanych odpadów komunalnych) na frakcje dające się w całości lub w części wykorzystać materiałowo lub/i energetycznie oraz na frakcję ulegającą biodegradacji, odpowiednią dla biologicznego przetwarzania w warunkach tlenowych lub beztlenowych.

Procesy MBP mogą być realizowane w warunkach tlenowych i beztlenowych:

- **tlenowa stabilizacja** - proces biologicznego unieszkodliwiania odpadów w warunkach tlenowych, w wyniku którego wytworzony zostanie nowy odpad - stabilizat, który nie spełnia wymagań dla nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin, ale po dodatkowym doczyszczeniu dla spełnienia określonych wymagań może być poddany odzyskowi lub unieszkodliwianiu poprzez składowanie (w przypadku składowania wymagania określone są w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz

procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. Nr 186, poz. 1553, z późn. zm.);

- **beztlenowa stabilizacja (fermentacja metanowa)** - proces biologicznego unieszkodliwiania odpadów w warunkach beztlenowych, w wyniku którego wytworzony zostanie biogaz oraz nowy odpad - stabilizat, który nie spełnia wymagań dla nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin, ale po dodatkowym doczyszczeniu dla spełnienia określonych wymagań może być poddany odzyskowi lub unieszkodliwianiu poprzez składowanie (ewentualnie termicznemu przekształcaniu); w przypadku składowania odpadów wymagania wskazano powyżej.

Zgodnie z załącznikiem 5 do ustawy o odpadach, procesy biologiczne mogą być klasyfikowane jako:

- a) R3 - recykling lub regeneracja substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (włączając kompostowanie i inne biologiczne procesy przetwarzania),
- b) D8 - obróbka biologiczna nie wymieniona w innym punkcie niniejszego załącznika, w wyniku której powstają odpady, unieszkodliwiane za pomocą któregośkolwiek z procesów wymienionych w punktach od D1 do D12 (np. fermentacja).

Ścisła definicja ogranicza MBP do procesów w miejscu zamkniętym, które umożliwią całkowitą kontrolę rozproszonych emisji. MBP łączą w rzeczywistości kilka typów procesów mechanicznych i biologicznych, które można dobierać w różny sposób, aby osiągnąć różnorodne zamierzone cele. Jako przykład można wymienić połączenia mechanicznego przetworzenia odpadów z fermentacją metanową. W zależności od użytej techniki otrzymywane są nowe produkty: biogaz, paliwo alternatywne, surowce wtórne do recyklingu, części stabilizowane biologicznie (kompost), nawóz organiczny, wreszcie balast przeznaczony do składowania.

Jeśli jakość produktów procesu biologicznego dedykowanego jako proces recyklingu organicznego R3 nie odpowiada wymaganiom dla nawozów lub środków wspomagających uprawę roślin wówczas klasyfikacja tego procesu musi zostać zmieniona na D8.

Produkty procesów biologicznych, które nie spełniają kryteriów jakościowych dla nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin są klasyfikowane jako odpady i nazywane stabilizatami.

Produkt procesu tlenowego - kompost niespełniający wymagań dla nawozów lub środków wspomagających uprawę roślin, czyli stabilizat - jest wówczas klasyfikowany jako odpad o kodzie 19 05 03 - kompost nie odpowiadający wymaganiom (nie nadający się do wykorzystania).

Jeśli produkt procesu fermentacji, czyli fermentat nie spełnia wymagań dla produktu - nawozu organicznego lub środka wspomagającego uprawę roślin, wówczas jest klasyfikowany jako odpad oznaczony w katalogu odpadów kodem 19 06 04 - przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów komunalnych.

Zatem, jeśli otrzymane produkty nie będą spełniać określonych wymagań jakościowych, wówczas w sensie prawnym produkty te zachowują swój status odpadów. Niesie to za sobą problem z zagospodarowaniem powstałych produktów, a więc konieczne jest przewidzenie w planach inwestycyjnych stałych rynków zbytu dla produktów otrzymanych z MBP lub możliwości ich deponowania na składowiskach. Istnienie takich rynków okazuje się niezbędnym warunkiem dla rozwoju MBP i poważnym ich ograniczeniem. Technologie MBP nie stanowią również ostatecznego rozwiązania dla przetwarzania odpadów. Pozostający odpad balastowy musi być składowany. Ilość zagospodarowanej materii organicznej zmniejsza się tylko częściowo, więc korzyści dla środowiska są także ograniczone.

Zaletą może być energetyczne wykorzystanie biogazu, jednak proces fermentacji metanowej odpadów komunalnych jest obecnie w fazie wdrożeniowej i nie ma wystarczających doświadczeń eksploatacyjnych pozwalających na stwierdzenie z całą pewnością, że rozwiązanie takie będzie skuteczne i efektywne.

W KPGO 2014 zaleca się, aby w przypadku aglomeracji lub regionów obejmujących powyżej 300 tys. mieszkańców preferowaną metodą zagospodarowania zmieszanych odpadów komunalnych było ich termiczne przekształcanie, natomiast w przypadku zakładów zagospodarowania odpadów (ZZO) przyjmujących odpady od mniejszej liczby mieszkańców (ale co najmniej 150 000 mieszkańców) - mechaniczno-biologiczne przetwarzanie (MBP) zmieszanych odpadów komunalnych (w tym pozostałości po selektywnym zbieraniu odpadów).

Wymagania BREF/BAT

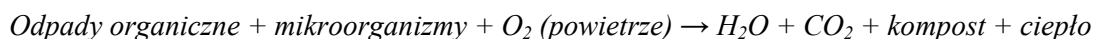
Na poziomie Unii Europejskiej opracowany został dokument referencyjny BAT (Waste Treatments Industries z sierpnia 2006 roku) zawierający następujące wymagania dla rozwiązań technicznych instalacji biologicznego przetwarzania odpadów:

- 1) Należy dostosować dopuszczalne rodzaje odpadów i procesy separacji do typu procesów biologicznego przetwarzania i możliwej do zastosowania techniki ograniczania emisji (np. w zależności od zawartości odpadów nierozkładalnych);
- 2) Należy zastosować następujące rozwiązania fermentacji metanowej:
 - a) ścisła integracja procesu z gospodarką wodno-ściekową,
 - b) recyrkulacja możliwie największych ilości ścieków do reaktora,
 - c) prowadzenie procesu w warunkach termofilowych, jednak dla niektórych typów odpadów proces ten nie może być stosowany,
 - d) mierzenie wartości TOC, ChZT, N, P i Cl- w dopływie i odpływie z reaktora; jeśli to będzie potrzebne należy zwiększyć liczbę monitorowanych parametrów,
 - e) należy maksymalizować produkcję biogazu, sprawdzając jednak jak to wpływa na jakość fermentatu i biogazu;
- 3) Należy ograniczać emisje pyłu, NO_x, SO_x, CO, H₂S i VOC do powietrza (w gazach spalinowych ze spalania biogazu jako paliwa) poprzez zastosowanie odpowiednich kombinacji procesów oczyszczania;
- 4) Należy optymalizować mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów poprzez:
 - a) stosowanie w pełni zamkniętych bioreaktorów,
 - b) unikanie warunków beztlenowych podczas procesu tlenowej stabilizacji poprzez kontrolę przebiegu procesu i ilości wprowadzanego powietrza (użycie stabilnych obiegów powietrza) i dostosowanie napowietrzania do aktualnej intensywności biodegradacji,
 - c) efektywne gospodarowanie wodą,
 - d) izolowanie termiczne ścian hali (reaktorów) biologicznej stabilizacji w procesie tlenowym,
 - e) minimalizację ilości wytwarzanych gazów procesowych, co najmniej do 2500-8000 m³/Mg odpadów (wartości poniżej 2500 m³ też były już osiągnięte),
 - f) zapewnienie jednorodnego składu wsadu do procesu,
 - g) recyrkulację wody poprocesowej lub odpadów w ramach instalacji tlenowej stabilizacji dla wyeliminowania emisji wód na zewnątrz,
 - h) prowadzenie ciągłego monitoringu korelacji pomiędzy kontrolowanymi parametrami biodegradacji i mierzonymi emisjami (gazowymi),
 - i) minimalizację emisji amoniaku przez optymalizację składu masy, a w szczególności wartości ilorazu C:N w przetwarzanych odpadach;
- 5) Należy ograniczyć emisje z instalacji mechaniczno-biologicznej do <500-6000 jz/m³ dla odorów oraz do 1 -20 mg NH₃/m³ przez stosowanie odpowiednich technik procesowych;
- 6) Należy ograniczać emisje do wód, w tym zwłaszcza emisje azotu ogólnego, amoniaku, azotynów i azotanów.

Stabilizacja tlenowa

W procesie stabilizacji tlenowej, mikroorganizmy rozkładają substancję organiczną i produkują dwutlenek węgla, wodę, ciepło oraz kompost - względnie stabilny końcowy produkt procesu.

Proces ten zachodzi wg następującej formuły:



Metody tlenowe charakteryzują się następującymi cechami:

- Są to procesy wymagające stosunkowo dużych powierzchni zabudowy oraz kubatur, w przypadku metod progresywnych. Nawet w metodach reaktorowych stosuje się ekstensywną, drugą fazę procesu,
- Bilans energetyczny stabilizacji tlenowej jest zawsze ujemny. Wprawdzie proces jest egzotermiczny, ale możliwości odzysku ciepła są ograniczone i w praktyce sprowadzają się do jego recyrkulacji wewnątrz obiegu,
- W trakcie procesu nie jest wytwarzany biogaz, który zgodnie z polskim prawodawstwem w całości może być traktowany jako paliwo ze źródeł odnawialnych, a jednocześnie generuje energię, której zbyt lub wykorzystanie na terenie instalacji obniża koszty jej eksploataowania,
- Proces jest trudniejszy w kontroli i automatyzacji niż proces beztlenowy,
- Potencjalne uciążliwości dla środowiska są większe i trudniejsze do kontrolowania niż w przypadku metod beztlenowych.

W ostatnich latach zmienia się rola oraz miejsce stabilizacji tlenowej zmieszanych odpadów komunalnych w systemie gospodarki odpadami. Generalnie odstępuje się od tradycyjnych technologii stabilizacji tlenowej całej masy odpadów komunalnych, z których otrzymuje się kompost nieodpowiedniej jakości i prowadzących do wytwarzania kompostu nieprzydatnego do wykorzystania gospodarczego, gdyż zawiera przeważnie zawiera on nadmierne ilości szkła, tworzyw sztucznych oraz metali ciężkich. Prowadzi to do produkowania nowych odpadów wymagających dalszego unieszkodliwiania. Zawartość metali ciężkich jest, oprócz kryteriów sanitarnych, najważniejszym czynnikiem determinującym możliwość wykorzystania produktu po procesie ich biologicznego unieszkodliwiania. Kompost produkowany ze zmieszanych odpadów komunalnych nie spełnia wymagań środowiskowych oraz wymagań rynku i w większości przypadków jest składowany na składowisku.

Recykling organiczny odpadów zielonych jest najłatwiejszy do realizacji pod względem organizacyjnym i technicznym, jednak nie wystarczy do osiągnięcia założonych celów ograniczenia ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji.

Zgodnie z wymaganiami BAT przedstawia się poniżej wymagane minimalne warunki prowadzenia procesów biologicznych i mechaniczno-biologicznych, które zapewniają uzyskanie produktów tych procesów o wymaganych parametrach jakościowych i wymaganym stopniu ustabilizowania w aspekcie dopuszczenia do składowania na składowiskach odpadów.

Stabilizacja beztlenowa

Technologia unieszkodliwiania odpadów komunalnych z zastosowaniem fermentacji metanowej zyskuje coraz większe grono zwolenników dzięki temu, że proces ten może dotyczyć zarówno wysegregowanej frakcji organicznej ze strumienia zarówno odpadów komunalnych jak i odpadów zmieszanych. Stabilizacja odpadów zmieszanych zapobiega przyszłym problemom z emisją biogazu na składowisku.

Spośród dostępnych metod metanizacji można wymienić jej dwie podstawowe odmiany stosowane do unieszkodliwiania odpadów stałych:

- Fermentacja mokra - najczęściej mezofilowa,
- Fermentacja sucha lub półsucha - najczęściej termofilowa.

Ogólny przebieg procesu opisuje równanie:

Odpady organiczne + mikroorganizmy + H₂O → CH₄ + CO₂ + (H₂S+NH₃) + przefermentowany materiał + energia (termiczna i biochemiczna)

Wyrażając skład chemiczny biofrakcji z odpadów komunalnych wzorem C₆H₁₀₇O₃₇N, oraz przyjmując, że rozkłada się ona całkowicie, a powstające gazy nie rozpuszczają się w roztworze, objętościowy skład gazu byłby następujący: 55,0 % metanu, 43,5 % dwutlenku węgla oraz 1,5 % amoniaku.

Obie odmiany występują w Europie w podobnych proporcjach i posiadają wiele skutecznych wdrożeń. Z polskich doświadczeń wynika, że metody mokre, charakteryzujące się większą kubaturą reaktorów oraz zużyciem wody i produkcją ścieków procesowych, korzystniej jest lokalizować w pobliżu oczyszczalni ścieków, co pozwala na wykorzystanie ich infrastruktury zwłaszcza w zakresie odwadniania osadów pofermentacyjnych.

Technologia przetwarzania odpadów komunalnych z zastosowaniem metanizacji stanowi bez wątpienia nowoczesne rozwiązanie problemu unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Na przykładzie pracujących instalacji można stwierdzić, że zakłady pracujące w oparciu o proces fermentacji nie tylko wypełniają zobowiązania ustawowe w zakresie gospodarki odpadami i chronią środowisko naturalne, ale również osiągają określone korzyści materialne. Ważną zaletą instalacji jest brak konieczności wcześniejszego wysortowywania z odpadów komunalnych frakcji „bio”. Do przeróbki trafiają odpady zmieszane, z których we wstępnej fazie obróbki wydziela się i następnie sprzedaje surowce wtórne nadające się do recyklingu, takie jak: metale, stłuczka szklana czy papier.

Zgodnie z wymaganiami BAT przedstawia się poniżej wymagane minimalne warunki prowadzenia procesów biologicznych i mechaniczno-biologicznych. Procesy te zapewniają uzyskanie produktów o wymaganych parametrach jakościowych i wymaganym stopniu ustabilizowania w aspekcie dopuszczenia do składowania na składowiskach odpadów.

Fermentacja metanowa

Beztlenowy proces rozkładu powinien być realizowany w taki sposób, aby minimalna temperatura 55°C była utrzymana przez okres 24 godzin bez przerwy, a hydrauliczny czas przetrzymania w reaktorze wynosił co najmniej 20 dni.

W przypadku niższej temperatury procesu lub krótszego czasu przetrzymania:

- bioodpady powinny być poddane wstępnej obróbce w temperaturze 70 °C przez jedną godzinę, lub
- przefermentowany materiał powinien zostać poddany końcowej obróbce w temperaturze 70 °C przez jedną godzinę, lub
- przefermentowany materiał zostanie poddany kompostowaniu.

Generalnie zaleca się aby fermentacja w zakresie mezofilowym trwała przez min. 20 dni, a w zakresie termofilowym - min. 12 dni.

Biogaz

W procesie metanizacji powstaje biogaz, który jako paliwo może być spalany dla pozyskania energii, choćby na potrzeby własne zakładu, a jej nadmiar może być sprzedawany na zewnątrz. Efektywność produkcji biogazu i jego jakość zależy w znacznym stopniu od użytych substratów i sposobu prowadzenia procesu fermentacji. Uzyskiwane aktualnie wydajności zawierają się w przedziale od 100 do 200 m³ na tonę odpadów biologicznych. Uzyskany biogaz powinien być oczyszczony (odsączenie), najczęściej na rudzie darniowej oraz (w uzasadnionym przypadku) wzbogacany w metan poprzez usuwanie dwutlenku węgla.

Biogaz najczęściej jest wykorzystywany przez spalanie w instalacjach skojarzonych wytwarzających energię elektryczną i energię cieplną lub po wprowadzeniu do miejskiej sieci gazowej.

Kompost

Ze względu na cechy substratu jest on podobny do kompostu uzyskiwanego w procesach tlenowych. Występuje podobna zależność pomiędzy zawartością metali ciężkich w produkcie końcowym i surowcu wejściowym.

Ograniczenia dla technologii MBP

Do ograniczeń metody należy zaliczyć fakt, że nie stanowi ona ostatecznego rozwiązania dla przetwarzania odpadów oraz nie eliminuje konieczności składowania pozostającego odpadu balastowego. Również ilość zagospodarowanej materii organicznej zmniejsza się choć zasadniczo to jednak tylko częściowo, więc korzyści dla środowiska są także ograniczone. Przy analizie możliwości praktycznego zastosowania technologii opartej na fermentacji należy rozważyć problemy wynikające z konieczności zagospodarowania odpadu balastowego oraz zapewnienia wysokiej jakości produktów końcowych, co jest trudne i bezpośrednio przekłada się na potencjał rynków zbytu dla tych produktów. Powstały balast po technologii MBP wymaga dodatkowo ostatecznego przygotowania (paliwo RDF) - unieszkodliwiania – najprawdopodobniej w instalacjach termicznego unieszkodliwiania.

Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne zakładu fermentacji są zależne od jego przepustowości oraz zastosowanej technologii. Duża rozpiętość kosztów instalacji o tej samej wydajności wynika z zastosowanej technologii.

W analizie wstępnej rozwiązań obejmujących mechaniczno-biologiczne metody unieszkodliwiania odpadów wzięto pod uwagę szereg uwarunkowań, które w perspektywie najbliższych lat ograniczają w sposób istotny zastosowanie ww. metod unieszkodliwiania.

Podstawowym założeniem, warunkującym optymalne rozwiązanie gospodarki odpadami w przypadku metod mechaniczno-biologicznych jest zbadanie dostępności rynku dla produktów końcowych, czyli zidentyfikowanie potencjalnych odbiorców i chłonności rynku na produkt. Jako elementy ryzyka inwestycji instalacji biologicznego unieszkodliwiania odpadów zarówno w przypadku kompostowania czy metanizacji należy wymienić:

- brak jasno sprecyzowanych zaleceń w celu poprawnego zarządzania odpadami ulegającymi biodegradacji, metod ich zbierania, standardów przetwarzania oraz wykorzystania powstałych produktów,
- ciągła dbałość o materiał wsadowy, problemy eksploatacyjne,
- ograniczony i niepewny rynek dla produktów procesu, paliwo wyprodukowane z frakcji wysokokalorycznej nadal jest odpadem i wymaga dalszego termicznego przekształcenia,
- instalacja MBP nie wyeliminuje termicznej utylizacji
- frakcja wysokokaloryczna musi zostać przekazana do pośredniej termicznej utylizacji w spalarniach, cementowniach, ciepłowniach, elektrowniach (uwaga na oczyszczanie spalin)
- brak pewności odbioru takiego paliwa przez cementownie lub energetykę, zwłaszcza w przypadku wzrostu podaży,
- instalacje typu MBP zgodnie z KPGO 2010 zalecane są do stosunkowo małych systemów gospodarki odpadami (poniżej 300.000 Mk), wykorzystywane są najczęściej w małych miastach i to w zależności od funkcjonującego systemu gospodarki odpadami.
- po przetworzeniu w instalacjach typu MBP na składowiska kierowanych będzie nadal ponad 40% masy odpadów (przy założeniu wydzielenia frakcji lekkiej do spalania), a w przypadku spalarni 5 – 8 %.
- ponadto istnieje ryzyko, że odpady po przetworzeniu skierowane na składowisko nadal mogą mieć wartość opałową powyżej 6 MJ/kg s.m.
- pomimo podobnej jak przy kompostowaniu technologii otrzymana frakcja organiczna jest tylko stabilizatem a nigdy kompostem
- konieczność unieszkodliwiania pozostałości z kompostowania/stabilizacji
- stabilizat po doczyszczeniu jako kompost nieodpowiadający normom może zostać wykorzystany w ograniczonym zakresie (większość z obecnie eksploatowanych składowisk

które przewidziano do rekultywacji zostanie zreultywowana w ramach projektu co ogranicza potencjalną możliwość wykorzystania tego produktu MBP.

- niskie temperatury zimą wydłużają czas kompostownia

Biorąc pod uwagę ww. uwarunkowania przeprowadzenie poprawnej analizy opcji dla zapewnienia porównywalności kosztów i efektów danej technologii niezbędne jest ujęcie także kosztów zagospodarowania produktów i pozostałości wytworzonych w danej technologii. W każdym przypadku analiza lokalnych uwarunkowań może decydować o tym czy dana technologia jest korzystniejsza dla danego obszaru i rynku.

W przypadku metod mechaniczno-biologicznych założono, że metody te pozwolą skutecznie osiągnąć wymagany stopień stabilizacji odpadów ulegających biodegradacji umożliwiając zdeponowanie odpadów na składowisku lub po doczyszczeniu mechanicznym wykorzystanie do rekultywacji składowisk lub terenów zdegradowanych.

Natomiast wytworzony balast z mechanicznego przetwarzania odpadów oraz paliwo lub komponenty do paliwa alternatywnego będą musiały zostać poddane docelowo termicznemu unieszkodliwieniu w zewnętrznej instalacji. Zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne wg założeń powinny pozwolić na przekazanie paliwa z odpadów do cementowni lub spalarni odpadów po umiarkowanych kosztach, ponieważ posiadają one wysoką wartość opałową.

Analiza lokalnego rynku pozwala wyciągnąć kilka krytycznych wniosków na podstawie których można skorygować jednostkowe stawki za odbiór ww. odpadów.

Wartość opałowa odpadów balastowych będzie wyższa niż parametry które dopuszcza rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 12.06.2007 r. (Dz. U. z 2007, Nr 121, poz. 832) określające kryteria dopuszczające odpady do składowania, które nie dopuszczają do składowania odpadów ze względu na zawartość węgla organicznego powyżej 5% suchej masy, jak i wartości ciepła spalania powyżej 6 MJ/kg suchej masy (dla odpadów oznaczonych kodem 19 08 05, 19 08 12, 19 08 14, 19 12 12 oraz z grupy 20 oznacza to że od dnia 1 stycznia 2013 r. nie będzie możliwe ich składowanie na składowiskach odpadów tym samym konieczne będzie ich dalsze przetwarzanie). Biorąc pod uwagę podstawowe właściwości frakcji balastowej (wartość opałowa wilgotność), należy brać pod uwagę że odpady te będą musiały trafić do unieszkodliwiania w spalarni odpadów ponieważ cementownie są zainteresowane unieszkodliwianiem odpadów o znacznie wyższej wartości opałowej.

Z punktu widzenia procesu produkcji cementu, stabilności pracy instalacji pieca cementowego oraz jakości wytwarzanego produktu ważne jest odpowiednie przygotowanie odpadów, przede wszystkim pod kątem kaloryczności, jednorodności parametrów i składu chemicznego. Parametry paliwa alternatywnego muszą spełniać kryteria jakościowe

Parametr	Wartość preferowana dla paliw alternatywnych w stanie dostawy
Zawartość wilgoci [%]	< 20
Wartość opałowa [MJ/kg]	> 15
Zawartość popiołu [%]	Niedefiniowana ze względu na charakter odpadów
	< 1

W związku z tym że ww. parametry nie będą możliwe do spełnienia przez balast pozostały po mechaniczno biologicznym przetwarzaniu przyjęto że wymagać on będzie unieszkodliwienia w spalarni odpadów. Na potrzeby analizy przyjęto szacowany koszt unieszkodliwiania ok. 300 PLN/Mg odpadów.

2. Termiczne unieszkodliwianie odpadów

Metody termiczne, zaczynając od prostego spalania w paleniskach rusztowych lub bezrusztowych, poprzez pirolizę oraz produkcję paliwa zastępczego, są najbardziej radykalnymi metodami unieszkodliwiania odpadów tak w zakresie znaczącej redukcji objętości, jak i zapewnienia pełnej higienizacji pozostałości po spalaniu. Wymagają jednakże budowy kosztownych instalacji do samego spalania, a także stosowania wysokosprawnych metod oczyszczania gazów spalinowych.

Koszty inwestycyjne spalarni są najwyższe ze wszystkich metod unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Jednakże spalanie pozwala na znaczące zmniejszenie ilości odpadów kierowanych na składowiska (o 80-90% objętościowo, 40-60% wagowo).

W wyniku procesu unieszkodliwiania odzyskuje się energię cieplną, którą można wykorzystać do ogrzewania osiedli lub przetworzyć na energię elektryczną (z jednej tony odpadów o wartości opałowej 7000 kJ/kg można uzyskać około 5600 MJ ciepła do ogrzewania lub około 590 kWh energii elektrycznej).

Termiczna przeróbka odpadów ma na celu:

- 1) spalanie zawartych w odpadach składników palnych (najlepiej z wykorzystaniem wydzielanego ciepła);
- 2) likwidację zawartych w odpadach organizmów chorobotwórczych;
- 3) maksymalne zmniejszenie masy i objętości przerabianych odpadów;
- 4) przekształcenie niepalnych składników w postać nadającą się do składowania i ewentualnie do wykorzystania.

Spalanie odpadów jest szczególnie przydatną technologią unieszkodliwiania, gdy:

- 1) wymagany jest wysoki stopień redukcji objętości odpadów - brak terenów pod składowanie;
- 2) wymagany jest wysoki stopień destrukcji i higienizacji odpadów;
- 3) odpady odznaczają się znaczną wartością opałową, pozwalającą na obniżenie kosztów unieszkodliwiania dzięki wykorzystaniu wytworzonej energii.

Bazując na wymienionych aktach prawnych do grupy termicznych metod przekształcania odpadów należy zaliczyć:

- 1) bezpośrednie pełne spalanie w różnego typu paleniskach (piecach) - spalanie w nadmiarze powietrza określane jako spalanie bezpośrednie, spalanie metodami konwencjonalnymi, również nazywane spalaniem;
- 2) pirolizę (spalanie pirolityczne) - procesy chemiczne przebiegające w podwyższonych temperaturach, w tym odgazowanie i zgazowanie bez obecności powietrza lub przy jego niewielkim dostępie (nie-doborze); piroliza określana jest również jako dwustopniowe spalanie ze wstępną obróbką termiczną w warunkach beztlenowych lub z ograniczonym dostępem tlenu i spalaniem uzyskanych produktów odgazowania lub zgazowaniem w drugim etapie;
- 3) paliwa z odpadów, które mogą być spalane w różnych paleniskach - w wyniku obróbki mechanicznej lub mechaniczno-biologicznej otrzymywane jest paliwo o lepszych właściwościach fizycznych, mechanicznych i paliwowych, które może być transportowane i magazynowane przez dłuższy okres; paliwo z odpadów często spalane jest łącznie z innymi paliwami (współspalanie);
- 4) procesy plazmowe.

Określenie wariantów do analizy

Na podstawie wyżej przedstawionych teoretycznych rozważań odnośnie docelowych metod unieszkodliwiania odpadów do dalszej analizy wybrano trzy warianty:

Wariant I – Mechaniczno – biologiczne przetwarzanie odpadów z kompostowaniem frakcji biodegradowalnej (wg technologii Biofix).

Wariant II - Mechaniczno – biologiczne przetwarzanie odpadów z kompostowaniem frakcji biodegradowalnej (wg technologii Kompogas).

Wariant III – Termiczne unieszkodliwianie odpadów.

Metodyka analizy

Analiza DGC, będąca miarą ekonomiczną wariantów ma odpowiedzieć na pytanie: który z analizowanych wariantów jest ekonomicznie optymalny biorąc pod uwagę koszty inwestycyjne, koszty eksploatacyjne i przychody generowane przez daną technologię. Analiza DGC została przeprowadzona zarówno dla wariantów mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów jak i dla technologii termicznego unieszkodliwiania odpadów. Wyniki analizy DGC przedstawiono na końcu niniejszego rozdziału.

Analiza wielokryterialna uwzględnia również inne, poza ekonomiczne aspekty, które mogą wpłynąć na ocenę technologii. Miara ekonomiczna nie zawsze jest wystarczającym argumentem za realizacją danej inwestycji, gdyż powodzenie w realizacji musi uwzględniać również aspekty środowiskowe, społeczne, prawne itp.

Analiza wielokryterialna dla Projektu: „Uporządkowanie gospodarki odpadami na terenie subregionu konińskiego”.

Cel analizy wielokryterialnej:

Celem analizy wielokryterialnej jest matematyczna analiza wyboru wariantu gospodarki odpadami dla subregionu konińskiego ze szczególnym uwzględnieniem technologii unieszkodliwiania odpadów.

Wybrany model gospodarki powinien nawiązywać do hierarchii postępowania z odpadami, która została przedstawiono poniżej:

1. Unikanie wytwarzania odpadów



2. Minimalizacja ilości odpadów



3. Recykling



4. Unieszkodliwianie



5. Składowanie

Należy mieć na uwadze, że ocenie podlegać powinny tylko rozwiązania zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju mające na uwadze koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, wiarygodność technologii, możliwość wdrożenia rozwiązania i hierarchię postępowania z odpadami.

Niniejsza analiza dotyczy etapu 4 hierarchii postępowania z odpadami, czyli unieszkodliwiania odpadów – podstawowemu elementowi w przyszłej instalacji unieszkodliwiania odpadów w Koninie.

Na unikanie i minimalizację odpadów oraz recykling największy wpływ ma polityka proekologiczna państwa oraz nawyki konsumenckie, świadomość ekologiczna mieszkańców.

Przyszła technologia zakładu unieszkodliwiania odpadów w Koninie ma natomiast decydujący wpływ na dwa ostatnie elementy wyżej zaprezentowanej hierarchii tj. unieszkodliwianie i składowanie odpadów, a raczej minimalizowanie ilości składowanych odpadów.

We wszystkich niżej zaprezentowanych wariantach występować będzie komponent związany z recyklingiem w postaci selektywnej zbiórki odpadów. Za selektywną zbiórkę odpadów i uzyskanie oczekiwanych poziomów odzysku odpowiedzialne są poszczególne gminy uczestniczące w projekcie, gdyż to one tworzą zaplecze do selektywnej zbiórki odpadów. W przyszłej instalacji powstanie natomiast możliwość ich doczyszczania i przetworzenia.

Warianty podlegające ocenie:

Do analizy przyjęto warianty technologiczne dotyczące unieszkodliwiania odpadów. Ocenie więc poddano ten element związany z gospodarką odpadami i hierarchią postępowania z odpadami, na który wpływ będzie miała zastosowana technologia.

Przyjęto do analizy następujące warianty technologiczne unieszkodliwiania odpadów:

1. Mechaniczno – biologiczne przetwarzanie odpadów ze stabilizacją tlenową frakcji ulegającej biodegradacji.
2. Mechaniczno – biologiczne przetwarzanie odpadów z fermentacją frakcji ulegającej biodegradacji.
3. Termiczne unieszkodliwianie odpadów.

Przyjęte kryteria oceny:

L.p.	Kryterium	Opis kryterium
1.	Techniczne	Ocenie podlegać będzie dostępność technologii. Rozwiązania powszechnie stosowane nie będące prototypem. Technologie ogólnie dostępne, które mogą zostać zastosowane mają przewagę nad rozwiązaniami specjalistycznymi, stosowanymi w ograniczonym zakresie. Technologie stosowane powszechnie (sprawdzone eksploatacyjnie) nie są obciążone dużym ryzykiem związanym z awaryjnością, stabilnością i wywiązaniem się z zakładanego efektu ekologicznego. Odzysk i recykling odpadów stanowią podstawowe sposoby redukcji strumienia powstałych odpadów. Podstawowym zadaniem technologii jest odzysk surowców wtórnych i odzysk energii ze strumienia odpadów, który nie został poddany selektywnej zbiórce odpadów. Pozwala to zaoszczędzić surowce wtórne oraz wykorzystać energię zgromadzoną w odpadach.
2.	Środowiskowe	Dzięki zastosowanym technologiom ograniczy się strumień składowanych odpadów. Jeden z celów KPGO zakłada zmniejszenie ilości składowanych odpadów kierowanych na składowiska. Dyrektywa

		<p>Rady w sprawie składowania odpadów, zakłada ograniczenie ilości składników biodegradowalnych deponowanych na składowiskach odpadów komunalnych.</p> <p>Oceniając wybrane technologie należy mieć na uwadze potencjalny wpływ poszczególnych rozwiązań na komponenty środowiska: powietrze atmosferyczne, wody powierzchniowe i podziemne, oddziaływanie akustyczne, zużycie energii, wykorzystanie powierzchni ziemi. Ocenie poddawane są również pozytywne elementy dla środowiska związane z zastosowaną technologią, jak chociażby wykorzystywanie surowców wtórnych czy odzysk energii w porównaniu z eksploatacją zasobów naturalnych ziemi.</p>
3.	Zaawansowania	<p>Ocenie podlega prawdopodobieństwo współfinansowania inwestycji ze środków zewnętrznych – funduszy UE w świetle zaawansowania przygotowania projektu.</p>
4.	Spoleczno-prawne	<p>Z prawnego punktu widzenia model gospodarki odpadami powinien być zgodny z KPGO oraz dyrektywami unijnymi odnośnie hierarchizacji postępowania z odpadami.</p> <p>Ważnym czynnikiem jest akceptacja społeczna wybranych rozwiązań i ew. sprzeciwu mieszkańców oraz organizacji ekologicznych do proponowanego modelu gospodarki odpadami. Wybrana technologia powinna także być perspektywiczna, tzn. elastyczna na zmieniające się trendy związane z wytwarzaniem odpadów, opakowań, prawa w zakresie postępowania z odpadami.</p>

Poszczególne kryteria zwierają podkryteria (poniżej), które podlegają szczegółowej ocenie.

1. Kryterium techniczne

- 1.1. Dostępność technologii
- 1.2. Sprawdzona technologia
- 1.3. Odzysk surowców wtórnych
- 1.4. Odzysk energii

2. Kryterium środowiskowe

- 2.1. Redukcja ilości składowanych odpadów
- 2.2. Redukcja ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji
- 2.3. Wpływ na środowisko naturalne
- 2.4. Korzyści środowiskowe

3. Kryterium zaawansowania

- 3.1. Możliwość współfinansowania inwestycji ze środków zewnętrznych (pomocowych) w świetle zaawansowania Projektu

4. Kryterium społeczno-prawne

- 4.1. Zgodność z Krajowym i Wojewódzkim Planem Gospodarki Odpadami
- 4.2. Perspektywiczność
- 4.3. Akceptacja społeczna / uwarunkowania lokalne
- 4.4. Zgodność z polityką i dyrektywami UE

System oceny

Dla każdego kryterium została przyznana waga kryterium [W] oraz ilość punktów [P]. Dla każdego kryterium suma wag wynosi 10. Oznacza to, że przyjęto równą wagę (znaczenie) dla każdego z kryteriów. Zróżnicowaniu podlegają natomiast podkryteria.

Dla każdego z podkryteriów przyznano także punkty (od 1 do 5).

Wynik [K] dla podkryteriów jest iloczynem wagi i przyznanych punktów, czyli:

$$[K] = [W] * [P]$$

Suma wyników dla określonej grupy podkryteriów jest łącznym wynikiem uzyskanym dla danego kryterium. Suma punktów uzyskanych w ten sposób dla wszystkich kryteriów jest matematyczną oceną danej technologii.

Kryterium	Waga	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
		MBP+kompostowanie	MBP+fermentacja	Termiczne unieszkodliwianie
		Punkty Wynik	Punkty Wynik	Punkty Wynik
1. Kryterium techniczne		33	30	35
	2	4	2	3
1.1. Dostępność technologii		8	4	6
	1	4	2	3
1.2. Sprawdzona technologia		4	2	3
	4	4	4	2
1.3. Odzysk surowców wtórnych		16	16	8
	3	1	2	4
1.4. Odzysk energii		3	6	12
	2	1	1	3
1.5. Wpływ na pracowników, komfort pracy, higiena		2	2	6
2. Kryterium środowiskowe		23	23	33
	3	3	3	4
2.1. Redukcja ilości składowanych odpadów		9	9	12
	3	2	2	3
2.2. Redukcja ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji		6	6	9
	3	2	2	3
2.3. Wpływ na środowisko naturalne		6	6	9
	1	2	2	3
2.4. Korzyści środowiskowe		2	2	3
3. Kryterium zaawansowania		6	6	8
	2	3	3	4
3.1. Prawdopodobieństwo dofinansowania ze środków UE w świetle zaawansowania projektu		6	6	8
4. Kryterium społeczno-prawne		33	33	41
	3	3	3	4
4.1. Zgodność z Krajowym i Wojewódzkim Planem Gospodarki Odpadami		9	9	12
	2	3	3	4
4.2. Perspektywiczność		6	6	8
	3	2	2	3
4.3. Akceptacja społeczna		6	6	9
	4	3	3	3
4.4. Zgodność z polityką i dyrektywami UE		12	12	12
Razem		95	92	117

Uzasadnienie przyznanej punktacji:

Kryterium	Wyjaśnienie
1. Kryterium techniczne	Największą wagę przypisano do kryterium związanym z odzyskiem surowców wtórnych a następnie odzyskiem energii. Jest to odzwierciedlenie hierarchii postępowania z odpadami, gdzie preferowany jest właśnie odzysk.
1.1. Dostępność technologii	Najwięcej punktów przyznano najbardziej dostępnej na rynku technologii będącej połączeniem MBP i kompostowania. Technologie w oparciu o termiczne unieszkodliwianie są mniej popularne, natomiast jako najmniej dostępną (wysoki stopień skomplikowania i specjalizacji) uznano technologię zawierającą instalację fermentacji
1.2. Sprawdzona technologia	Najwyżej oceniono technologię MBP. Stabilizacja beztlenowa jest technologią dość skomplikowaną i w niektórych miejscach nie do końca spełniającą oczekiwania przed procesem inwestycyjnym. Technologie oparte na termicznym unieszkodliwianiu odpadów otrzymała średnią liczbę punktów.

1.3. Odzysk surowców wtórnych	Najwyżej oceniono warianty oparte na MBP, jako technologie uwzględniające odzysk surowców wtórnych w inny sposób niż termiczne unieszkodliwianie. Znacznie niżej oceniono termiczne unieszkodliwianie, która w swoim założeniu nie obejmuje komponentów związanych z odzyskiem surowców wtórnych.
1.4. Odzysk energii	Najwyżej oceniono oczywiście technologię termicznego unieszkodliwiania, następnie technologie łączące MBP i fermentację a najniżej MBP + kompostowanie.
1.5. Wpływ na pracowników, komfort pracy, higiena	Najwyżej oceniono technologie termicznego unieszkodliwiania odpadów, jako najbardziej bezpieczną i czystą dla pracowników. Nie występują w niej większe zagrożenia higieniczne. Technologie MBP stwarzają o wiele większe zagrożenia higieniczne dla pracowników i powodują o wiele mniejszy komfort pracy.
2. Kryterium środowiskowe	Największą wagę przypisano do możliwości redukcji odpadów składowanych i ulegających biodegradacji oraz ogólny wpływ technologii na środowisko
2.1. Redukcja ilości składowanych odpadów	Najwyżej oceniono Wariant 3, jako najbardziej radykalny, ale zapewniający znaczną redukcję ilości odpadów składowanych.
2.2. Redukcja ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji	Podobnie jak w poprzednim kryterium, najwyżej oceniono wariant związany z termicznym przekształcaniem odpadów a następnie technologie MBP. Wariant 3, czyli termiczne unieszkodliwianie odpadów jest technologią o wiele bardziej radykalną niż mechaniczno-biologiczne przetwarzanie. Strumień odpadów zmieszanych zawierających odpady biodegradowalne kierowany jest do unieszkodliwiania termicznego i po tym procesie eliminuje się całkowicie możliwość udziału odpadów biodegradowalnych w pozostałościach po procesie, które to kierowane są na składowisko balastu. W przypadku technologii MBP, z uwagi na niedoskonałość systemów sortujących, praktycznie po procesie sortowania, istnieje duże prawdopodobieństwo, że w odpadach balastowych znajdują się odpady ulegające biodegradacji.
2.3. Wpływ na środowisko naturalne	Najwyżej oceniono wariant 3, jako najmniej inwazyjny dla środowiska, którego wpływ ogranicza się do emisji do atmosfery. Pozostałe warianty związane z MBP generują większe emisje zapachowe. Ponadto, składowanie odpadów ulegających biodegradacji, a takie występować będą po procesie MBP, niosą zagrożenie dla wód i podziemnych. Ponadto dla wariantów związanych z MBP, jeżeli tworzone będą zintegrowane systemy z innymi instalacjami – np. przygotowanie RDF i termiczne unieszkodliwianie w cementowni lub innych instalacjach, powstaje dodatkowe obciążenie dla środowiska związane z transportem odpadów.
2.4. Korzyści środowiskowe	Preferowano warianty, dzięki którym środowisko jest mniej eksploatowane (zasoby naturalne). Uznano, że technologie oparte na termicznym unieszkodliwianiu oraz odzysku surowców wtórnych są mniej generują wyższe korzyści dla środowiska niż pozostałe.
3. Kryterium zaawansowania	Porównano zaawansowanie projektu, mające wpływ na możliwy termin uzyskania decyzji o dofinansowaniu
3.1. Prawdopodobieństwo dofinansowania ze środków UE w świetle zaawansowania projektu	Projekt uwzględniony jest na liście projektów indywidualnych POIiŚ i została podpisana umowa o dofinansowanie między Beneficjentem a NFOŚiGW, co oznacza, że formalnie zakres projektu (instalacja termicznego unieszkodliwiania odpadów) został zaakceptowany przez Instytucję Pośredniczącą. W przypadku pozostałych technologii projekt byłby znacznie opóźniony.
4. Kryterium społeczno-prawne	Największą wagę przypisano do zgodności z polityką UE w zakresie odpadów
4.1. Zgodność z Krajowym i Wojewódzkim Planem Gospodarki Odpadami	Krajowy program wyznacza cele i kierunki ogólne, natomiast Wojewódzki Plan Gospodarki Odpadami znacznie uściśla rodzaj inwestycji przewidywanych do realizacji poszczególnych regionach. Instalacja termicznego unieszkodliwiania odpadów w Koninie jest zgodna z Wojewódzkim Planem Gospodarki Odpadami, gdzie w rozdziale 5.1.4. Organizacja ponadgminnych systemów gospodarce odpadami komunalnymi, znalazł się zapis: <u>Zakłady termicznego przekształcania odpadów</u> Zakłady termicznego przekształcania odpadów komunalnych planuje się dla aglomeracji i oraz ZZO Konin. W trakcie opracowywania projektu niniejszego planu, budowę instalacji i przekształcania odpadów, w których zagospodarowywane będą odpady komunalne (jako odpadów z przemysłu) planują ponadto prywatni inwestorzy w Koźminie Wlkp. oraz Pniewy.

4.2. Perspektywiczność	Jako najbardziej perspektywiczny / elastyczny uznano wariant 3. Najmniej perspektywiczny jest wariant oparty na MBP.
4.3. Akceptacja społeczna /uwarunkowania lokalne	Technologie termicznego unieszkodliwiania odpadów są zazwyczaj technologiami kontrowersyjnymi, niemniej przeprowadzona ocena oddziaływania na środowisko wykazała, że w warunkach lokalizacyjnych Konina brak jest jakichkolwiek zagrożeń ze społecznego punktu widzenia biorąc pod uwagę mieszkańców jak i organizacje ekologiczne.
4.4. Zgodność z polityką i dyrektywami UE	Uznano, że wszystkie warianty w równym stopniu są zgodne z polityką i dyrektywami UE odnośnie postępowania z odpadami.

Jak wynika z wyżej przedstawionej analizy wielokryterialnej, najbardziej korzystnym wariantem unieszkodliwiania w świetle wyspecyfikowanych kryteriów jest termiczne unieszkodliwianie odpadów. Wariant został predysponowany do dalszych szczegółowych analiz.

Należy jednak podkreślić, iż są to jedynie hipotetyczne warianty, przyjęte do rozważań na potrzeby analizy porównawczej. W praktyce nie ma żadnej gwarancji, że będzie istniała możliwość przekazywania balastu z instalacji MBT do termicznego unieszkodliwiania, gdyż może nie być instalacji chętniej do odbioru balastu z technologii MBT. W sytuacji braku odbiorcy skłonnego do przyjęcia balastu z technologii MBT do spalenia, pojawia się problem z zagospodarowaniem takowego balastu, z uwagi na zakaz składowania tego rodzaju odpadów na składowiskach odpadów. Z tego względu rozważania porównawcze w niniejszej analizie mają jedynie charakter poglądowy, natomiast faktyczne szanse na skuteczne wdrożenie technologii i prawidłowe funkcjonowanie w okresie analizy ma tylko wariant 3, czyli technologia termicznego unieszkodliwiania odpadów.

4.2.2.2. Etap II. Analiza szczegółowa wybranego wariantu technologicznego

Celem analizy wielowariantowej jest wybór i porównanie ze sobą alternatywnych rozwiązań technologicznych, których wspólną cechą jest przekształcanie odpadów komunalnych w sposób termiczny, ze wskazaniem najkorzystniejszego wariantu. Niezależnie od rozpatrywanego wariantu, w każdym z analizowanych rozwiązań przewidziane zostały wymienione zasadnicze elementy Zakładu:

- System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania.
- Bunkier magazynowy paliwa z systemem transportu.
- System termicznego przekształcania odpadów:
- Układ odzysku ciepła ze spalin.
- Turbina parowa ze skraplaczem.
- System oczyszczania spalin.
- System odprowadzania spalin.
- System monitoringu i kontroli.

Analiza i porównanie ze sobą poszczególnych wariantów rozwiązań technologicznych poprzedzona została wyborem, spośród dostępnych na rynku technologii unieszkodliwiania i przekształcania odpadów (mechaniczno-biologiczne i termiczne). W kolejnym rozdziale scharakteryzowano pokrótce poszczególne technologie.

Do analizy alternatywnych rozwiązań wytypowano realne, możliwe do wdrożenia warianty rozwiązań technologicznych. Z uwagi na zapisy aktualizowanego Planu Gospodarki Odpadami dla Województwa Wielkopolskiego na lata 2008 – 2011 z perspektywą na lata 2012 – 2019, dotyczące obszaru projektu liczącego ponad 330 tys. mieszkańców preferowaną metodą zagospodarowania zmieszanych odpadów komunalnych jest ich termiczne unieszkodliwianie.

Rozwiązanie opisane w WPGO przyjęto po analizie dla obszaru projektu. Analizę porównawczą poprzedzono analizą wstępną dostępnych na rynku technologii mechaniczno-biologicznego przetwarzania i termicznego przekształcania odpadów.

Analiza wstępna – wybór wariantów do analizy porównawczej

1. Technologie wykorzystujące plazmę

Opis ogólny

Plazma jest mieszaniną elektronów, jonów i cząstek neutralnych (atomy i cząsteczki). Jest to zjonizowany, przewodzący energię elektryczną gaz o wysokiej temperaturze, powstający na zasadzie interakcji gazu z polem magnetycznym lub elektrycznym. Plazma jest źródłem form reakcyjnych, a wysokie temperatury wspierają gwałtowne reakcje chemiczne.

Procesy plazmowe wykorzystują wysokie temperatury (5 000°C do 15 000°C), powstające na skutek konwersji energii elektrycznej w ciepło w celu produkcji plazmy. W zakres procesów powstawania plazmy wchodzi przepuszczanie prądu elektrycznego o wysokim napięciu przez strumień gazu obojętnego.

W takich warunkach niebezpieczne związki, takie jak polichlorowane bifenyle (PCB), dioksyny, furany, pestycydy itp., są rozbijane do cząstek atomowych poprzez ich wtrysk do plazmy. Proces ten jest stosowany do obróbki substancji organicznych, metali, PCB oraz hexachlorobenzenów (HCB). W wielu przypadkach może być wymagana wstępna obróbka odpadów.

Plazmy termiczne mogą być wytwarzane poprzez:

- przepuszczanie prądu stałego lub zmiennego przez gaz umieszczony pomiędzy elektrodami,
- zastosowanie pola magnetycznego o częstotliwościach radiowych (RF) bez udziału elektrod,
- zastosowanie mikrofal.

Podstawowym parametrem służącym do oceny efektywności metod plazmowych w zakresie usuwania szkodliwych związków jest **DRE (destruction and removal efficiency)** – procent reprezentujący ilość cząstek składnika usuniętych lub rozłożonych w instalacji unieszkodliwiania termicznego w stosunku do liczby cząstek wchodzących do instalacji.

Poniżej przedstawiono różne rodzaje technologii plazmowej.

Łuk elektryczny w otoczce argonu

Jest to proces plazmowy „in flight”, co oznacza, że odpady mieszają się bezpośrednio ze strumieniem plazmy argonowej. Argon został wybrany jako gaz plazmowy z uwagi na to, że jest on gazem obojętnym i nie reaguje ze składnikami pochodni. DRE w przypadku tej technologii określana jest na 99.9998% dla rozbijania substancji wyczerpujących ozon (ODS - Ozone Depleting Substances), przy wydajności 120 kg/h i zużyciu mocy elektrycznej na poziomie 150kW.

Zaletą tej technologii jest to, że charakteryzuje się wysoką sprawnością rozkładu CFC i halonów w skali komercyjnej (ostatnie kilka lat). Charakteryzuje się również niskimi emisjami PCDD/F. Emisje masowe zanieczyszczeń są również niskie ze względu na stosunkowo niewielką ilość spalin produkowanych w procesie. Również bardzo wysoka gęstość energii powoduje kompaktowość procesu.

ICRF – Indukcyjnie łączona plazma o częstotliwości radiowej

W przypadku ICRF, stosowane są indukcyjnie łączone pochodnie plazmowe a łączenie energii plazmy wykonywane jest za pomocą pola elektromagnetycznego wytwarzanego w cewce indukcyjnej. Nieobecność elektrod pozwala na prowadzenie procesu przy użyciu szerokiego zakresu gazów, w środowisku obojętnym, redukcyjnym, utleniającym oraz lepszą niezawodność niż procesy łuku plazmowego.

DRE w przypadku tej technologii wynosi ponad 99,99%, rozkład CFC jest na poziomie 50-80 kg/h.

W dokumencie BREF zaznaczono, że proces został zademonstrowany w skali komercyjnej w celu osiągnięcia wysokiego rozkładu CFC i niskiej emisji zanieczyszczeń. Technologia ICRF nie wymaga

stosowania argonu, i co za tym idzie, koszty eksploatacyjne w tej metodzie są niższe niż w innych, podobnych systemach. Dodatkowo mała ilość gazu produkowana w procesie powoduje niskie poziomy masowe emitowanych zanieczyszczeń

Łuk plazmowy w otoczce CO₂

W tej technologii wysokotemperaturowa plazma wytwarzana jest poprzez wysyłanie wyładowania elektrycznego dużej mocy do gazu obojętnego, takiego jak argon. Po wytworzeniu pola plazmowego, jest ono utrzymywane za pomocą sprężonego powietrza lub jednego z gazów atmosferycznych, zależnie od pożądaných wyników procesu.

Temperatura plazmy wynosi znacznie ponad 5 000°C w punkcie, w którym płynne lub gazowe odpady są bezpośrednio wtryskiwane. Temperatura w górnej części reaktora wynosi około 3 500°C i spada wzdłuż strefy reakcji do poziomu precyzyjnie kontrolowanej temperatury, wynoszącego 1 300°C.

Cechą charakterystyczną procesu jest zastosowanie CO₂ jako gazu utrzymującego plazmę, powstającego w procesie utleniania.

Stwierdzono, że proces charakteryzuje się wysokim DRE składników trwałych. Masowa emisja zanieczyszczeń jest niska, głównie ze względu na małą ilość spalin produkowaną w procesie.

Plazma indukowana przez mikrofałe

Proces ten zasilany jest przez energię mikrofal z częstotliwością wynoszącą 2,45 GHz emitowaną do specjalnie zaprojektowanej matrycy węglowej w celu wytworzenia plazmy termalnej pod ciśnieniem atmosferycznym. Do inicjacji plazmy stosowany jest argon, poza tym do utrzymania plazmy nie jest wymagany żaden gaz.

W przypadku tej metody DRE wynosi 99,99 % dla rozkładu CFC-12 na poziomie 2kg/h.

Proces posiada wysoką efektywność rozkładu i jest w stanie osiągnąć wysokie temperatury robocze w krótkim czasie, dlatego też charakteryzuje się wysoką elastycznością i ograniczonym czasem przestoju.

W tym procesie nie ma potrzeby stosowania gazu obojętnego, co wpływa na polepszenie efektywności zużycia energii, ogranicza koszty eksploatacyjne oraz ilości produkowanych spalin. Ponadto proces jest bardzo kompaktowy.

Łuk plazmowy w środowisku azotu

W procesie tym stosowana jest pochodnia utworzona przez napięcie stałe, działająca z elektrodami chłodzonymi wodą. Jako gaz roboczy zastosowany został azot. Proces stworzony został w 1995 r.

W procesie osiągane jest DRE na poziomie 99,99% przy rozkładzie CFC, HCFC, HFC przy strumieniu wsadu 10 kg/h.

Główną zaletą tej technologii jest kompaktowy rozmiar instalacji. System wymaga 9 x 4,25 m powierzchni dla instalacji, która przewiduje miejsce na jednostkę wytrącania i dehydracji produktów ubocznych (CaCl₂, CaCO₃). Dlatego też system przygotowany jest do transportu na ciężarówce do punktu powstawania odpadów, w związku z czym daje możliwość obróbki w miejscu powstawania.

W technologiach plazmowych wymagany jest system obróbki gazów odlotowych, zależnie od typu obrabianych odpadów, natomiast powstające pozostałości mają postać wityfikatu lub jest to popiół. Sprawności rozkładu dla tej technologii są wysokie i wynoszą >99%.

Technologie plazmowe – podsumowanie

Niewątpliwymi zaletami technologii plazmowych jest unieszkodliwianie szkodliwych substancji w procesie termicznego przekształcania odpadów, powodujące brak konieczności stosowania rozbudowanych systemów oczyszczania spalin. Ponadto produktem procesu termicznego przekształcania w tego typu technologii jest szkliwo, w związku z czym produkty procesu nie wymagają dalszego przetwarzania.

Jednakże mimo opisanych powyżej zalet, technologia plazmowa w zakresie unieszkodliwiania odpadów komunalnych jest wciąż technologią niedojrzałą. Istniejące obiekty wykorzystujące proces plazmowy dedykowane są głównie do przekształcania odpadów niebezpiecznych w stosunkowo małej skali (maksymalnie do 100 000 Mg/rok). Należy również zwrócić uwagę na bardzo dużą energochłonność procesu (według naukowców z Politechniki Koszalińskiej, 1 kWh/kg odpadów). Ponadto jak podaje BREF, mimo, iż technologia plazmowa uważana jest za komercyjną, proces ten może być bardzo złożony, eksploatacyjnie kosztowny i wymagający znacznej ingerencji operatora. Na obecnym etapie

rozwoju tego typu technologii plazmowej, jest to wciąż technologia wymagając dopracowania, aczkolwiek z dużymi perspektywami do stosowania w przyszłości (po udoskonaleniu).

Ze względu na stosunkowo wysokie ryzyko problemów związanych z eksploatacją Zakładu opartego na technologii plazmowej przekształcania odpadów, jak również z powodu braku wiarygodnych i sprawdzonych, źródeł informacji o rzeczywistych nakładach inwestycyjnych i kosztach eksploatacyjnych w przypadku spalania odpadów komunalnych, technologia ta nie będzie rozważana w dalszej analizie.

2. Piroliza i zgazowanie

Opis ogólny

Piroliza i zgazowanie stanowią alternatywne w stosunku do spalania technologie termicznego przekształcania odpadów. Są one z różnym powodzeniem rozwijane od lat siedemdziesiątych. Technologie te na ogół stosuje się do wyselekcjonowanych strumieni odpadów oraz zwykle w mniejszej skali niż spalanie. W trakcie procesu, poprzez odpowiednią kontrolę temperatury, ciśnienia i dostępu powietrza w specjalnie zaprojektowanych reaktorach, oddziela się poszczególne produkty reakcji, które zachodzą również w konwencjonalnych spalarniach odpadów. Systemy pirolizy i zgazowania są nierzadko sprzężone z następującym po nich procesem spalania wytworzonego gazu syntezowego.

Zasadniczą różnicą procesów pirolizy i zagazowania w stosunku do procesu spalania jest to, iż odzyskują one raczej wartość chemiczną z odpadów, niż wartość energetyczną. Otrzymane produkty chemiczne mogą w pewnych przypadkach być następnie użyte jako wsad do innych procesów. Jednakże w przypadku zastosowań związanych z termicznym przekształcaniem odpadów, na ogół stosuje się kombinację procesów pirolizy, zgazowania i spalania, często w ramach jednej instalacji. W takim przypadku instalacje pirolizy i/lub zgazowania odzyskują również wartość energetyczną odpadów, podobnie jak to ma miejsce w przypadku konwencjonalnego spalania odpadów.

Istotną zaletą procesów pirolizy i zgazowania jest zmniejszenie objętości spalin (w stosunku do konwencjonalnej spalarni), a przez to ograniczenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych związanych z oczyszczaniem spalin. Ponadto możliwa jest zwiększona produkcja energii elektrycznej poprzez zastosowanie silników lub turbin gazowych, które pozwalają na osiągnięcie wyższego współczynnika skojarzenia (stosunek wyprodukowanej energii elektrycznej do cieplnej) w porównaniu z układem kocioł – turbina parowa.

Procesy pirolizy

Pod pojęciem pirolizy (odgazowania) rozumiany jest proces chemicznego, endotermicznego rozkładu substancji organicznych, bogatych w węgiel, w temperaturach podwyższonych, w środowisku całkowicie pozbawionym tlenu, bądź przy niewielkiej jego obecności. Zasadniczo wszystkie odpady, które można kompostować i/lub spalać mogą być również poddawane procesowi pirolizy. Ilość i skład produktów pirolizy zależy od składu odpadów i temperatury procesu. W procesie pirolizy uzyskuje się:

- fazę gazową, tzw. gaz pirolityczny, który zawiera przede wszystkim parę wodną, wodór, metan, etan i ich homologi, wyższe węglowodory alifatyczne (C₂-C₄), tlenek i dwutlenek węgla oraz inne związki gazowe jak: H₂S, NH₃, HCl, HF, HCN;
- fazę stałą, tzw. koks pirolityczny, substancje obojętne oraz pyły ze znaczną zawartością metali ciężkich itp.;
- fazę płynną, którą stanowią kondensaty wodne i oleiste, składające się z mieszaniny olejów i smół, wody oraz składników organicznych.

Produkty ciekłe są złożoną mieszaniną węglowodorów i wymagają dalszego przetwarzania przed ich wykorzystaniem. Z kolei wytwarzany gaz charakteryzuje się wyższą wartością opałową, niż ten uzyskiwany w procesie zgazowania. Wartość ta kształtuje się na poziomie 15-30 MJ/Nm³ dla RDF oraz 5-15 MJ/Nm³ dla odpadów komunalnych.

Ilość i skład powstających produktów zależy głównie od rodzaju i składu odpadów, górnego zakresu stosowanych temperatur oraz czasu przebywania w reaktorze pirolitycznym.

W zależności od temperatury prowadzenia procesu wyróżnia się pirolizę niskotemperaturową (450-700°C) i wysokotemperaturową (900-1 100°C).

Proces pirolizy można podzielić również na:

- Pirolizę powolną (slow pyrolysis) - proces prowadzony w niskich temperaturach z dużym uzyskiem fazy stałej.
- Pirolizę szybką (fast pyrolysis) - proces optymalizowany pod kątem uzysku dużej ilości ciekłych i gazowych produktów.

Piroliza może być prowadzona w:

- Reaktorach szybowych i ze złożem fluidalnym, w których ruch masy odbywa się pionowo.
- Reaktorach obrotowych oraz piecach przepychowych i innych piecach dwukomorowych z kontrolowanym udziałem powietrza, w których ruch masy odbywa się poziomo lub wsad się nie przemieszcza.

Reaktory pirolityczne mogą pracować pod ciśnieniem atmosferycznym, jak i w warunkach podciśnienia lub nadciśnienia.

W termicznym przetwarzaniu odpadów piroliza jest wykorzystywana do:

- unieszkodliwiania odpadów z bezpośrednim spalaniem (dopaleniem) powstałego gazu procesowego (pirolitycznego) oraz uzyskaniem mało toksycznej fazy stałej (popiołu lub żużla albo bogatego w węgiel koksu pirolitycznego);
- wytworzenie z odpadów gazu opałowego i ewentualnie także paliwa stałego lub płynnego, nadających się do spalania w urządzeniach energetycznych;
- wydzielenie z odpadów cennych związków chemicznych, możliwych do zastosowania w różnych procesach przemysłowych.

Procesy zgazowania

Zgazowanie polega na przekształceniu w wysokich temperaturach węgla zawartego w danym surowcu lub paliwie stałym w paliwo gazowe, składające się głównie z tlenku i dwutlenku węgla, wodoru, metanu, azotu i pary wodnej. Proces zgazowania zachodzi zwykle w temperaturze około 1 200-1 400°C. W odróżnieniu od procesu pirolizy (odgazowania), zgazowanie odbywa się najczęściej przy pewnym udziale tlenu (dostarczającego energię) i wody. Zgazowanie jest więc, podobnie jak spalanie, zachodzącym w wysokiej temperaturze procesem konwersji termochemicznej, z tą jednak różnicą, że jej produktem nie jest ciepło, lecz gaz, który dopiero po spaleniu dostarcza energii cieplnej. Poza wytwarzaniem ciepła, gaz ten może być także wykorzystywany do innych celów, np. w turbinach, służących do produkcji elektryczności i maszynach, wykonujących pracę mechaniczną. W przypadku spalania tak powstałego gazu instalacja powinna spełnić warunki stawiane instalacjom termicznego przekształcania odpadów.

Zgazowanie można prowadzić różnymi metodami oraz w różnych warunkach ciśnienia i temperatury, ale przeważnie odbywa się to z udziałem określonych ilości tlenu i pary wodnej. W procesie tym zachodzą głównie reakcje węgla z parą wodną i tlenem oraz z powstającym dwutlenkiem węgla i wodorem, a także reakcje wtórne pomiędzy wytwarzającym się tlenkiem węgla, a parą wodną.

Zastosowanie procesów pirolizy i zgazowania

Procesy pirolizy i zgazowania znajdują powszechne zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Procesem zgazowania obejmuje się głównie paliwa stałe (węgiel kamienny lub brunatny) w celu wytworzenia niskokalorycznego gazu opałowego - gazu syntezowego, wykorzystywanego w przemyśle chemicznym lub gazu wysokometanowego (po dodatkowej metanizacji katalitycznej), który może być skierowany bezpośrednio do sieci gazociągowej.

Na rynku dostępnych jest lub znajduje się w fazie rozwoju kilka różnych technologii zgazowania, przeznaczonych dla odpadów komunalnych. Ważnym jest w takim przypadku, aby charakterystyka odpadów podawanych na instalacje mieściła się we wcześniej określonych granicach, co zwykle wymaga uprzedniej obróbki odpadów.

Charakterystycznymi cechami procesu zgazowania odpadów są:

- Mniejsze objętości gazu w porównaniu z objętością spalin w procesie spalania (przy użyciu czystego tlenu – nawet dziesięciokrotnie);

- Powstawanie przede wszystkim CO (a nie CO₂);
- Mniejsze przepływy ścieków z oczyszczania gazu syntezowego.

Piroliza i zgazowanie – podsumowanie

W niniejszym opracowaniu wykluczono zastosowanie „czystej” technologii pirolizy i/lub zgazowania odpadów oraz wykorzystania gazów generatorowych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Technologie te w odniesieniu do odpadów komunalnych nie są bowiem wystarczająco zaawansowane, rozpowszechnione i sprawdzone w praktyce eksploatacyjnej, aby zastosować je dla termicznego przekształcania odpadów komunalnych w pełnej skali przemysłowej, jak ma to miejsce w analizowanym Projekcie.

Interesującym rozwiązaniem jest natomiast wykorzystanie procesu wstępnego zgazowania w połączeniu ze spalaniem powstałych produktów (np. w piecu rusztowym z komorą dopalania) – proces zgazowania znajduje zastosowanie w tym przypadku, jako jedna z faz termicznego przekształcania odpadów. Zastosowanie takiej technologii zostało rozważone jako jeden z wariantów w dalszej analizie.

3. Spalanie w złożu fluidalnym

Opis ogólny

Technologia złoża fluidalnego jest stosowana od dziesięcioleci, głównie do spalania homogenicznych (jednorodnych) paliw. Wśród nich są: węgiel kamienny, węgiel brunatny, osady ściekowe i biomasa (np. drewno). Spalarnie oparte na złożu fluidalnym są najczęściej zaprojektowane do spalania rozdrobnionych i wstępnie przygotowanych odpadów np. RDF lub osadów ściekowych.

Piec fluidalny stanowi wyłożona wykładziną ogniotrwałą komora spalania w formie pionowego cylindra. W dolnej części złoża materiału inertnego (np. piasek lub popiół), leżącego na ruszcie lub rozdzielaczu powietrznym, ulega fluidyzacji przy pomocy powietrza. Odpady do spalania są podawane w sposób ciągły do złoża piaskowego od góry lub z boku.

Podgrzane wstępnie powietrze jest wprowadzane do komory spalania poprzez otwory w płycie dennej, tworzącej złożo fluidalne z piasku znajdującego się w komorze spalania. Odpady są podawane do reaktora przez pompę lub podajnik ślimakowy.

W złożu fluidalnym zachodzi suszenie, odgazowanie (wydzielenie części lotnych), zapłon oraz spalanie. Temperatura w wolnej przestrzeni ponad złożem (tzw. „freeboard”) zwykle wynosi pomiędzy 850°C i 950°C. Ta przestrzeń ponad złożem jest zaprojektowana, aby zapewnić zatrzymanie gazów w strefie spalania. W samym złożu temperatura jest niższa i może wynosi 650°C lub więcej.

Ponieważ reaktor ze swej natury zapewnia dobre mieszanie, systemy spalania fluidalnego cechują się generalnie równomiernym rozkładem temperatur i tlenu, co z kolei zapewnia stabilną pracę. Przy niejednorodnych odpadach, spalanie fluidalne wymaga procesu wstępnego przygotowania odpadów, tak, aby spełniały one wymagania odnośnie wymiarów cząstek. Dla niektórych odpadów można to osiągnąć poprzez połączenie selektywnej zbiórki i/lub wstępną obróbkę, np. rozdrabnianie. Niektóre typy złoża fluidalnych (np. obrotowe złoża fluidalne) mogą przyjmować większe cząstki odpadów niż inne. Jeżeli mamy taki przypadek odpady mogą wymagać jedynie zgrubnego rozdrobnienia.

Obróbka wstępna zwykle składa się z sortowania, kruszenia większych części inertnych oraz rozdrabniania. Może być również wymagane usunięcie metali żelaznych i nieżelaznych. Wymiary cząstek paliwa muszą być małe, często o średnicy maksymalnej 50 mm. Jednakże w złożach wirujących (obrotowych) dopuszcza się części o wymiarach 200-300 mm.

Stosunkowo wysoki koszt obróbki wstępnej wymaganej dla niektórych odpadów ograniczył ekonomiczne zastosowanie tych systemów do dużych projektów. Zostało to w niektórych przypadkach zniwelowane poprzez selektywną zbiórkę odpadów oraz opracowanie standardów jakościowych dla paliw pochodzących z odpadów (RDF). Takie systemy jakości stały się sposobem produkcji bardziej odpowiedniego wsadu dla tej technologii. Połączenie odpadów o kontrolowanej jakości (zamiast odpadów zmieszanych i nieprzygotowanych) oraz złoża fluidalnego pozwala na dobrą kontrolę procesu spalania oraz możliwość uproszczonej, a więc tańszej, obróbki spalin.

W oparciu o prędkość gazu oraz konstrukcję dna dyszowego (dystrybutor powietrza) wyróżnia się następujące odmiany technologii pieca fluidalnego:

- Złoże fluidalne stacjonarne (pęcherzowe) – pracujące na ciśnieniu atmosferycznym lub na nadciśnieniu: materiał inertny jest mieszany, ale wynikający z tego ruch cząstek stałych do góry nie jest znaczący (rys. poniżej).
- Złoże fluidalne wirujące (obrotowe) - jest wersją złoża pęcherzowego; w tym przypadku złoże fluidalne obraca się w komorze spalania. Skutkuje to dłuższym czasem przetrzymania w komorze spalania. Wirujące złoże fluidalne są stosowane od kilkunastu lat dla zmieszanych odpadów komunalnych.
- Złoże fluidalne cyrkulacyjne - wyższe prędkości gazu w komorze spalania powodują częściowe wynoszenie paliwa i materiału złoża, które są następnie zawracane do komory spalania poprzez kanał recyrkulacyjny (rys. poniżej).

Aby rozpocząć proces spalania, złoże fluidalne winno być podgrzane do co najmniej temperatury zapłonu dozowanych odpadów (lub wyższej jeżeli wymagają tego przepisy). Można to osiągnąć poprzez wstępny podgrzew powietrza przy pomocy palnika gazowego lub olejowego, który pozostaje włączony do momentu, od którego spalanie zachodzi niezależnie. Odpady spadają do złoża fluidalnego, gdzie ulegają dezintegracji poprzez abrazję oraz spalanie. Zwykle większość popiołów jest unoszona wraz z gazami spalinowymi i wymaga wyłapania w instalacji oczyszczania spalin, aczkolwiek rzeczywista proporcja między popiołami dennymi (usuniętymi z podstawy złoża) oraz popiołami lotnymi zależy od technologii złoża fluidalnego oraz samych odpadów.

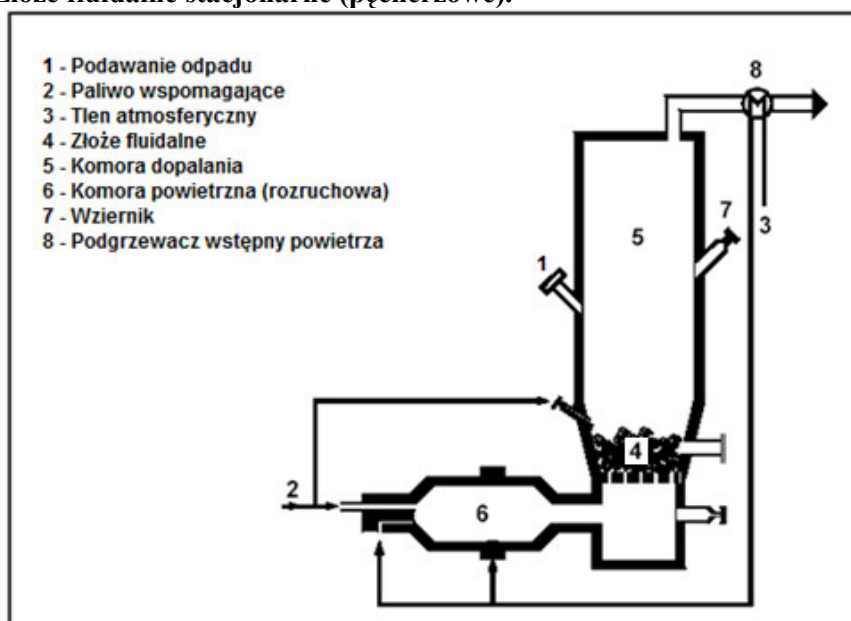
Aby zapobiec problemom w instalacji spalania odpadów ze złożem fluidalnym z zapychaniem kotła oraz tzw. aglomeracji złoża należy kontrolować jakość odpadów (głównie zapewniając, że niski jest udział Cl, K, Na oraz Al) oraz dostosować odpowiednio konstrukcję kotła i pieca.

Złoże fluidalne stacjonarne (pęcherzowe)

Systemy spalania ze stacjonarnym złożem fluidalnym stosowane są – już od dłuższego czasu – do spalania szlamów przemysłowych z oczyszczania instalacji przemysłowych, a także do spalania osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych. W tym zakresie dostępne rozwiązania określane są jako „stan techniki”, co sytuuje je w bardzo konkretnym obszarze zastosowań. Systemy spalania ze stacjonarnym złożem fluidalnym oraz z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym wykorzystywane są także w instalacjach spalania stałych odpadów, odpowiednio dobrze przygotowanych – spreparowanych do postaci tzw. paliw z odpadów (paliw zastępczych, paliw formowanych, paliw wtórnych, RDF).

Złoże stacjonarne lub pęcherzowe składa się z wyłożonej komory spalania o kształcie cylindrycznym lub prostopadłościennym, dna dyszowego oraz palnika rozruchowego usytuowanego poniżej.

Rysunek 4.7. Złoże fluidalne stacjonarne (pęcherzowe).



Podgrzane wstępnie powietrze przepływa przez dno dystrybucyjne (rozdzielacz) oraz doprowadza materiał złoża do fluidyzacji. Zależnie od przeznaczenia instalacji stosuje się różny materiał (piasek kwarcowy, bazalt, mulit itp.) oraz różny rozmiar ziaren (około 0,5-3,0 mm).

Odpady mogą być podawane od góry - w głowicy pieca, z boku – urządzeniem podającym lub wstrzyknięte bezpośrednio do złoża. W złożu odpady ulegają dezintegracji oraz wymieszaniu z gorącym materiałem złoża. Następnie są osuszane i częściowo spalane. Pozostałe frakcje (lotne oraz drobne cząstki) są spalane powyżej złoża – w tzw. „freeboard” (wolna przestrzeń nad złożem). Pozostały popiół i pyły są usuwane razem ze spalinami w głowicy pieca.

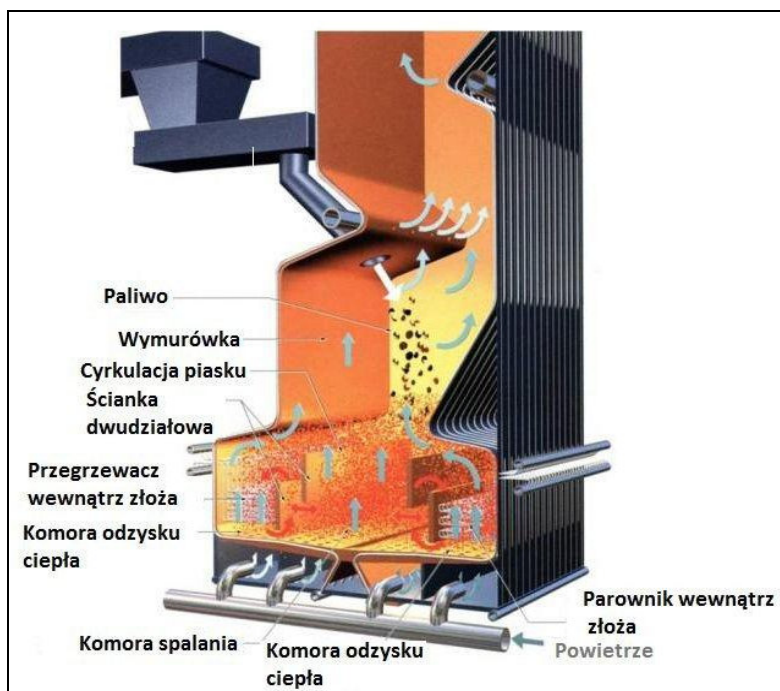
Zwykle piec jest wstępnie podgrzewany do temperatury roboczej zanim rozpocznie się podawanie odpadów. W tym celu stosuje się komorę rozruchową (powietrzną) poniżej płyty dystrybutora (dna złoża). Jest to korzystniejsze w stosunku do palnika umieszczonego nad złożem, ponieważ ciepło jest w tym przypadku wprowadzone bezpośrednio do złoża fluidalnego. Dodatkowy podgrzew wstępny można zrealizować poprzez lance gazowe, które wystają ponad dnem złoża (dystrybutorem) i są zanurzone w piasku. Odpady są dozowane, jeżeli piec osiągnie temperaturę roboczą, tj. 850°C.

Podgrzew wstępny powietrza może być wyeliminowany całkowicie, jeżeli obrabiane są odpady o wysokiej wartości opałowej (np. wysuszone osady ściekowe, drewno, odpady zwierzęce). Ciepło może być odzyskane w wymiennikach przeponowych i/lub zanurzonych w złożu fluidalnym.

ZŁOŻE FLUIDALNE WIRUJĄCE (OBROTOWE).

Szczególną odmianą złoża pęcherzowego jest obrotowe złożo fluidalne z powodzeniem zastosowane w ponad 140-ciu obiektach na terenie europy i dalekiego wschodu.

Rysunek 1. Zasada działania obrotowego złoża fluidalnego



Źródło :IEA

Charakterystyczną cechą tego rozwiązania jest pochylone w kierunku odbioru popiołu dno sitowe lub odpowiednio usytuowane wewnątrz złoża ścianki wymuszające obrotowe mieszanie się złoża. Konstrukcja ta powoduje spychanie spieków i ciężkich nie poddających się fluidyzacji materiałów w najniższą strefę paleniska, gdzie zostają dopalane a następnie usunięte wraz z popiołem. Proces ten ułatwiają szerokie śluzy wypełnione nie fluidyzującym popiołem i zamknięcie przenośnikami ślimakowymi. Cechy te łączące zalety złoża stacjonarnego i cyrkulacyjnego powodują, że konstrukcja ta

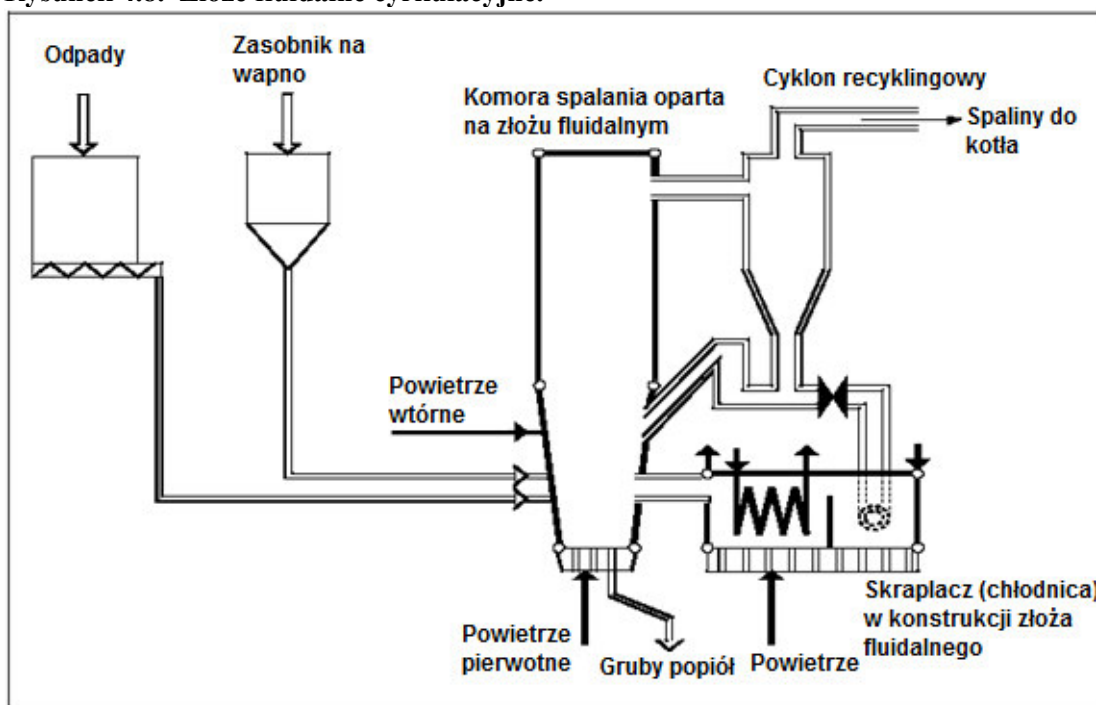
jest bardziej predysponowania do wykorzystania w instalacjach spalania odpadów stałych w tym wstępnie przygotowanych i rozdrobnionych odpadów komunalnych.

Mimo zalet tego rozwiązania i przejścia fazy problemów „wieku dziecięcego”, technologie te nadal nie są uznawane za odpowiednie dla spalania zmieszanych odpadów komunalnych.

Złoże fluidalne cyrkulacyjne

Złoże fluidalne cyrkulacyjne jest szczególnie właściwe dla spalania odwodnionych i podsuszonych osadów ściekowych. Pracuje przy drobnym uziarnieniu materiału złoża oraz przy wysokich prędkościach gazu, który usuwa większość cząstek stałych z komory fluidalnej wraz ze spalinami. Następnie cząstki te są wyłapywane w cyklonie współprądowym oraz zawracane do komory spalania.

Rysunek 4.8. Złoże fluidalne cyrkulacyjne.



Zaletą tego procesu jest fakt, że wysokie obciążenie cieplne oraz równomierny rozkład temperatur na wysokości pieca może być osiągnięty przy małej objętości komory reakcyjnej. Wielkość instalacji jest zwykle większa niż przy złożach stacjonarnych oraz można obrabiać większy zakres odpadów. Odpady są podawane z boku komory spalania oraz są spalane w temperaturze 850-950°C. Skraplacz fluidalny znajduje się pomiędzy cyklonami oraz cyrkulacyjnym złożem fluidalnym i chłodzi on zawracane popioły. Przy zastosowaniu tej metody można kontrolować wyprowadzenie ciepła z układu.

Zgodnie z BREF, technologie pęcherzowego złoża fluidalnego oraz cyrkulacyjnego złoża fluidalnego rzadko stosuje się do nieprzetworzonych odpadów komunalnych. Jako stosowaną dla tych odpadów wymienia się w BREF technologię wirującego (obrotowego) złoża fluidalnego.

SPALANIE W ZŁOŻU FLUIDALNYM – PODSUMOWANIE.

Z uwagi na aerodynamikę złoża i związane z tym trudności ze sterowaniem jego pracą (wywiewanie drobnych i lekkich frakcji oraz tworzenie stref martwych przez frakcje ciężkie – do przerwania procesu), jak również powstawanie spieków w przypadku nagromadzenia się potasu lub miejscowego przegrzania złoża, w systemach takich konieczne jest rozdrobnienie odpadów przed podaniem do kotła, a nawet specjalne ich przetworzenie (np. „paliwo” z odpadów-RDF) ułatwiające dozowanie i pracę złoża. Przetworzone (wysuszone, wyselekcjonowane i odpowiednio wzbogacone) odpady charakteryzują się w porównaniu ze zmieszаныmi odpadami komunalnymi wyższą wartością opałową i niższą wilgotnością, są również bardziej jednorodne.

Ma to szczególnie duże znaczenie w systemach spalania ze złożem cyrkulacyjnym w których przygotowanie odpadów do spalania wymaga lepszego przygotowania paliwa (jednorodność jakościowa, wymiarowa i bez zanieczyszczeń inertych), w porównaniu ze złożem stacjonarnym.

W przypadku stosowania paleniska z obrotowym złożem fluidalnym preparowanie odpadów do spalania ograniczone jest przede wszystkim do oddzielenia frakcji inertych o znacznych gabarytach.

W porównaniu z paleniskami rusztowymi, w złożu fluidalnym możliwe jest uzyskanie wyższych obciążeń termicznych na jednostkę powierzchni paleniska. Jednak z uwagi na występujące w złożu fluidalnym duże opory powietrza, zastosowana moc dmuchaw podających powietrze do spalania (powietrze fluidyzacyjne) jest w tym przypadku zdecydowanie wyższa niż dla palenisk rusztowych.

Mankament ten może być częściowo złagodzony poprzez włączenie w układ parowo-wodny kotła układu schładzania materiału złoża jako ostatniego stopnia przegrzewu pary. Umożliwia to wyższy niż w przypadku kotłów odzysknicowych w systemach rusztowych stopień przegrzewu pary i uzyskanie wyższej produkcji energii elektrycznej. Zastosowanie technologii fluidalnej zapewnia również osiągnięcie wyższego stopnia wypalenia materii organicznej, poprzez lepszy dostęp powietrza do spalanych cząsteczek, oraz odsłanianie niespalonego materiału poprzez ciągłe ścieranie wypalonej warstwy.

Spalanie w złożu fluidalnym zmieszanych odpadów komunalnych, jest mało rozpowszechnione w krajach Unii Europejskiej ze względu na następujące i opisane wyżej problemy jak również na wyższy koszt systemu oczyszczania spalin spowodowany ich większym zapyleniem.. Szeroko stosowane jest natomiast spalanie w złożu fluidalnym osadów ściekowych, których postać nie wymaga specjalnej obróbki i stwarza ogromne trudności przy spalaniu na ruszcie..

Z uwagi na rzadkość stosowania złoża fluidalnego przy spalaniu zmieszanych odpadów komunalnych, rozwiązania oparte na tej technologii nie poddano dalszym rozważaniom w analizie wariantowej.

4. Spalanie w piecu rusztowym

Opis ogólny

Instalacje z paleniskami rusztowymi są najbardziej rozpowszechnioną grupą technologiczną używaną dla celów termicznego przekształcania odpadów komunalnych. Jest to obecnie najchętniej i najczęściej stosowane rozwiązanie w krajach UE. Według BREF w Europie około 90% instalacji przeznaczonych do termicznego przekształcania odpadów komunalnych wyposażone jest w ruszt. Jedyna w Polsce instalacja termicznego przekształcania odpadów komunalnych, stanowiąca część ZUSOK w Warszawie, oparta jest również na technologii rusztowej. Technologia rusztowa, najbardziej dojrzała technologicznie, o znanych parametrach ekonomicznych budowy i eksploatacji, umożliwia przekształcanie wszystkich rodzajów stałych odpadów komunalnych, jak również na zasadzie współspalania odwodnionych osadów ściekowych i niezainfekowanych odpadów medycznych.

Systemy spalania na ruszcie zwykle składają się z następujących elementów:

- układ podawania odpadów (zasilanie);
- ruszt paleniskowy;
- układ usuwania popiołów dennych;
- system podawania powietrza do spalania;
- komora spalania;
- palniki wspomagające.

Podawanie odpadów

Lej zasypowy jest stosowany do ciągłego podawania odpadów. Napelniany jest on partiami przy pomocy np. suwnicy i chwytaka. Ponieważ powierzchnia leja narażona jest na duże obciążenia i oddziaływania, dobiera się materiał odporny na tarcie (np. blachę kotłową lub odporne na ścieranie żeliwo). Materiał musi również wytrzymać przypadkowe oddziaływanie ognia.

Odpady są zwykle wyładowywane z bunkra do śluzy podawczej przy pomocy suwnicy, a następnie podawane do pieca poprzez rampę hydrauliczną lub inny system transportujący. Ruszt przesuwaa odpady poprzez poszczególne strefy komory spalania.

Systemy rusztowe pozwalają na spalanie odpadów właściwie bez potrzeby ich wstępnego przygotowania. Jedyne co musi być wykonywane, to rozdrabnianie, na ogół przy wyładowywaniu do

bunkra odpadów wielkogabarytowych. Ograniczenia pod względem rozmiarów gabarytowych odpadów kierowanych do spalania wynikają właściwie tylko z gabarytów leja dozowania odpadów na ruszt. Homogenizowanie odpadów kierowanych do spalania na ruszcie odbywać się może bezpośrednio w obszarze bunkra odpadów, przy pomocy chwytaka łupinowego suwnicy, co jest typowym zabiegiem wykonywanym przez operatora suwnicy. W rusztowych systemach spalania odpady na ruszt dozowane są porcjami.

Jeżeli dostarczane odpady nie podlegają obróbce wstępnej, to są zazwyczaj bardzo heterogeniczne, zarówno jeśli chodzi o rozmiary jak i charakter. Dlatego też lej załadowniczy wymiaruje się w taki sposób, aby odpady gabarytowe przeszły przez niego, oraz aby nie tworzyły się mostki i nie następowała blokada. Należy tego unikać, ponieważ w przeciwnym razie zasilanie odpadami jest nierównomierne, a powietrze dostaje się do pieca w sposób niekontrolowany.

Ściany śluzu załadowniczej mogą być chronione przed wysoką temperaturą na następujące sposoby:

- konstrukcja dwupłaszczowa chłodzona wodą;
- membranowa konstrukcja ścian;
- zawory zamykające chłodzone wodą;
- ognioodporna wykładzina ceramiczna.

Typy rusztów

Każdy rodzaj rusztu musi spełniać określone wymagania dotyczące sposobu dostarczania powietrza pierwotnego pod ruszt, możliwości jego dodatkowego chłodzenia (wodą, gdy kaloryczność odpadów jest wysoka i chłodzenie powietrzem jest niewystarczające), szybkości przemieszczania się, jak i mieszania odpadów. Czas przebywania odpadów na ruszcie wynosi zwykle nie więcej niż 60 minut.

Najczęściej i najchętniej używanym do spalania zmieszanych odpadów komunalnych jest ruszt posuwisto-zwrotny ze względu na jego niezawodność i bardzo dobre parametry techniczne. Jakość wypalenia odpadów jest bardzo wysoka. Drugim stosowanym w spalarniach odpadów komunalnych typem rusztu jest ruszt walcowy. Rzadziej stosuje się natomiast ruszty ruchome taśmowe (przy tego typu ruszcie ograniczone są możliwości mieszania/wstrząsania odpadów, odpady są mieszane jedynie przy przejściu z jednej taśmy na drugą).

Ruszt posuwisto-zwrotny składa się z ułożonych schodkowo rusztowin w sekcjach rozpiętych na szerokość pieca. Odpowiednie ruchy rusztowin zapewniają wymagany poziom wymieszania odpadów oraz oczyszczanie szczelin doprowadzających powietrze do procesu spalania (powietrze pierwotne, które spełnia także rolę czynnika chłodzącego ruszt). Występuje wiele odmian tego typu rusztów z dodatkowo poruszającymi się sekcjami i innymi kombinacjami (np. forward feed grate – rusztowiny tworzą szereg stopni, które oscylują poziomo i przesuwają odpady w kierunku systemu odzuzłania; reverse feed grate – rusztowiny oscylują w kierunku przeciwnym do przesuwu odpadów). W każdym przypadku jednak musi być zapewnione właściwe podawanie powietrza do spalania, odpowiednia prędkość przesuwu odpadów na ruszcie, odpowiednie wstrząsanie i przemieszanie odpadów na ruszcie.

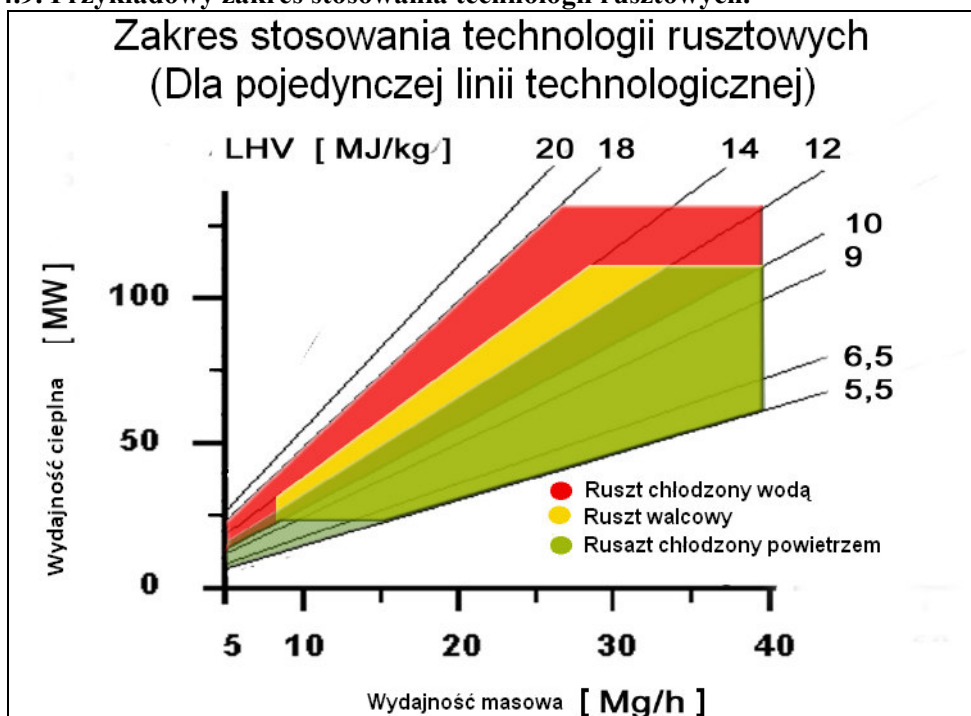
Ruszt walcowy składa się natomiast z kilku (najczęściej 5-6) walców, ułożonych w sposób zapewniający, że jest on pochylony do poziomu pod pewnym kątem (np. 20°). Poszczególne walce działają niezależnie pod względem prędkości obrotowej, a więc i posuwu odpadów na ruszcie. Rozwiązanie takie umożliwia stosunkowo prostą i niezawodną regulację procesu spalania w poszczególnych strefach (dopływ powietrza, prędkość przesuwu, CO, CO₂ itp.).

Ruszty najczęściej są chłodzone powietrzem, choć stosuje się też ruszty chłodzone wodą (lub inną cieczą). Przepływ medium chłodzącego odbywa się od stref chłodniejszych do stopniowo coraz gorętszych, aby zmaksymalizować wymianę ciepła. W przypadku rusztów chłodzonych wodą, dotyczy to zwykle dwóch pierwszych segmentów (stref) rusztu

Chłodzenie wodą stosuje się najczęściej, jeżeli wartość opałowa odpadów komunalnych jest wyższa niż 12 MJ/kg (dostawcy podają wartości w przedziale 12-15 MJ/kg). Konstrukcja systemów chłodzenia wodą jest nieco bardziej złożona niż w przypadku zastosowania powietrza.

Na poniższym wykresie zaprezentowano zakres stosowania technologii rusztowych wg jednego z dostawców tego typu systemów.

Rysunek 4.9. Przykładowy zakres stosowania technologii rusztowych.



Komora paleniskowa

Proces spalania odbywa się powyżej rusztu w komorze zwanej komorą paleniskową. Jako całość komora paleniskowa składa się z rusztu usytuowanego w jej dolnej części, chłodzonych i nie chłodzonych bocznych ścian pieca oraz stropu górnego. Gazy generowane przy spalaniu odpadów komunalnych mają dużą lotność, dlatego sam proces spalania odbywa się ponad rusztem, a tylko niewielka jego część na samym ruszcie.

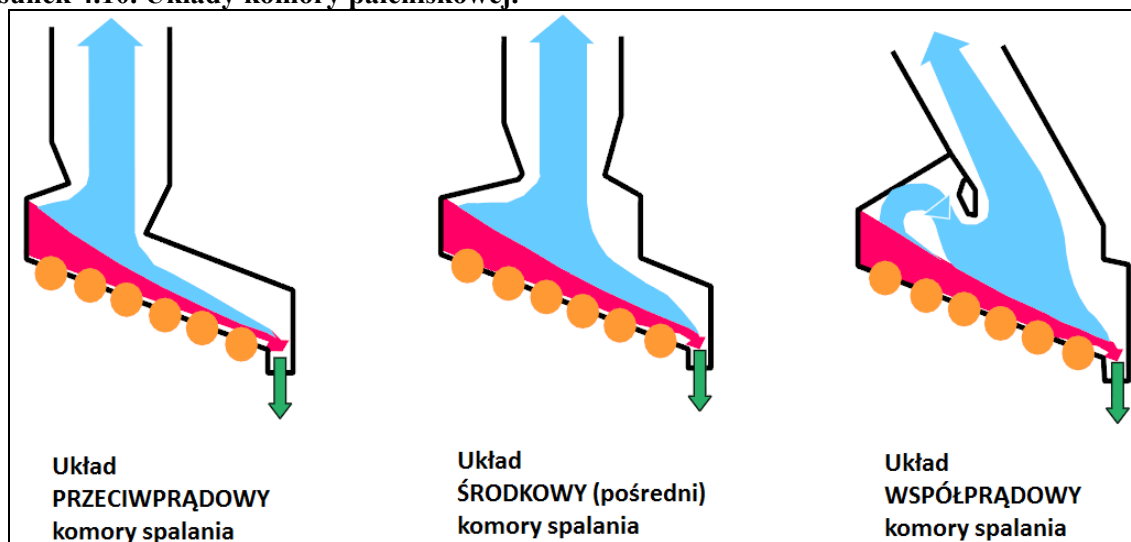
Przy projektowaniu komory paleniskowej zwraca się szczególną uwagę na następujące aspekty:

- kształt, rozmiar i dopuszczalne obciążenie cieplne rusztu - decydują o wielkości przekroju komory paleniskowej;
- wysoką turbulencję spalin, efektywne wymieszanie spalin jest istotne dla dobrego ich dopalenia;
- wystarczającą objętość dla zapewnienia wymaganego prawnie czasu przebywania spalin przez co najmniej 2 s w temperaturze powyżej 850°C;
- częściowe schładzanie spalin, aby uniknąć osadzania się gorącego, rozmiękłego lotnego popiołu na powierzchniach ogrzewalnych kotła, temperatura spalin nie może przekroczyć górnego limitu przy wyjściu z komory paleniskowej.

Szczegółowa konstrukcja komory paleniskowej związana jest zwykle z typem rusztu i wymaga ona pewnych kompromisów, jako że wymagania procesowe zmieniają się wraz z charakterystyką odpadów. Każdy dostawca posiada własną kombinację rusztu i komory paleniskowej, których konstrukcja uwarunkowana jest osiągnięciem określonych parametrów właściwych dla ich systemów oraz opiera się na ich indywidualnych doświadczeniach i know-how. Zgodnie z BREF europejscy operatorzy nie stwierdzili zasadniczych korzyści lub wad związanych z różnymi konstrukcjami komory paleniskowej.

Zasadniczo rozróżnia się trzy różne układy komory paleniskowej, przedstawione na rysunku poniżej. Nazewnictwo pochodzi od kierunku przepływu spalin w stosunku do strumienia odpadów na ruszcie: współprądowy, przeciwprądowy i środkowy (mieszany).

Rysunek 4.10. Układy komory paleniskowej.



W układzie współprądowym komory paleniskowej, powietrze pierwotne kierowane jest współprądowo względem kierunku przesuwu odpadów na ruszcie, tak więc wylot spalin znajduje się przy końcu rusztu. W tym układzie następuje wymiana stosunkowo niewielkiej ilości energii pomiędzy spalinami oraz odpadami na ruszcie. Zaletą tego rozwiązania jest, że spaliny mają najdłuższy czas przebywania w obszarze zapłonu oraz, że muszą przejść przez obszar maksymalnej temperatury. Przy niskich wartościach opałowych powietrze pierwotne musi być wstępnie podgrzane, aby ułatwić zapłon odpadów.

W układzie przeciwprądowym komory paleniskowej powietrze pierwotne i odpady na ruszcie przemieszczają się w przeciwnych kierunkach, tak więc wylot spalin znajduje się przy początku rusztu. Gorące spaliny ułatwiają podsuszenie i zapłon odpadów. W układzie tym należy jednak zwrócić uwagę, aby z pieca nie wydostawały się niedopalone gazy. Dlatego też co do zasady w układzie tym wymaga się większej ilości powietrza wtórnego lub górnego.

W układzie środkowym (centralnym) komory paleniskowej stosuje się rozwiązanie pośrednie w stosunku do dwóch wymienionych powyżej. Charakterystyka odpadów komunalnych zmienia się bowiem znacznie, stąd układ centralny komory paleniskowej stanowi kompromis pozwalający na zasilanie odpadami o szerokim spektrum wartości opałowej. Należy zapewnić dobre wymieszanie wszystkich częściowych strumieni spalin poprzez odpowiednie profile i kierownice i/lub wtrysk powietrza wtórnego. W układzie tym wylot spalin znajduje się nad środkową częścią rusztu.

System odżużlania

System odżużlania stosuje się celem schłodzenia i usunięcia pozostałości stałych, które gromadzą się na ruszcie. Układ ten spełnia równocześnie funkcję służby powietrznej pieca od strony wylotu pozostałości. Woda stosowana do chłodzenia jest na wylocie zwykle oddzielana od popiołów i może być zawracana do układu odżużlania. Czasami wymagane może być odprowadzenie ścieków (wody chłodzącej), aby zapobiec odkładaniu się soli.

Spalanie w piecu rusztowym – podsumowanie

Technologia oparta na spalaniu odpadów komunalnych w piecu rusztowym (w różnych możliwych konfiguracjach rusztu i komory spalania) jest najbardziej sprawdzoną i najczęściej stosowaną w Europie. Technologia ta posiada dla odpadów komunalnych najlepsze właściwości techniczno-ruchowe oraz dużą efektywność energetyczną.

Jak informuje BREF istnieją natomiast ograniczenia przy współspalaniu odpadów komunalnych i osadów ściekowych – zwykle nie zaleca się współspalania przy udziale masowym odpadów ściekowych powyżej 10% w strumieniu odpadów podawanych do termicznego przekształcenia, współspalanie przy udziale masowym osadów ściekowych w strumieniu spalanych odpadów na poziomie powyżej 20% uniemożliwia zwykle poprawne prowadzenie procesu technologicznego.

Ze względu na powszechność zastosowania i uznanie technologii spalania w piecu rusztowym jako technologii dających dobre efekty przy spalaniu odpadów komunalnych, technologia ta brana jest również pod uwagę w niniejszym opracowaniu w dalszej analizie, przy uwzględnieniu wymienionych powyżej ograniczeń.

5. Spalanie w piecu obrotowym

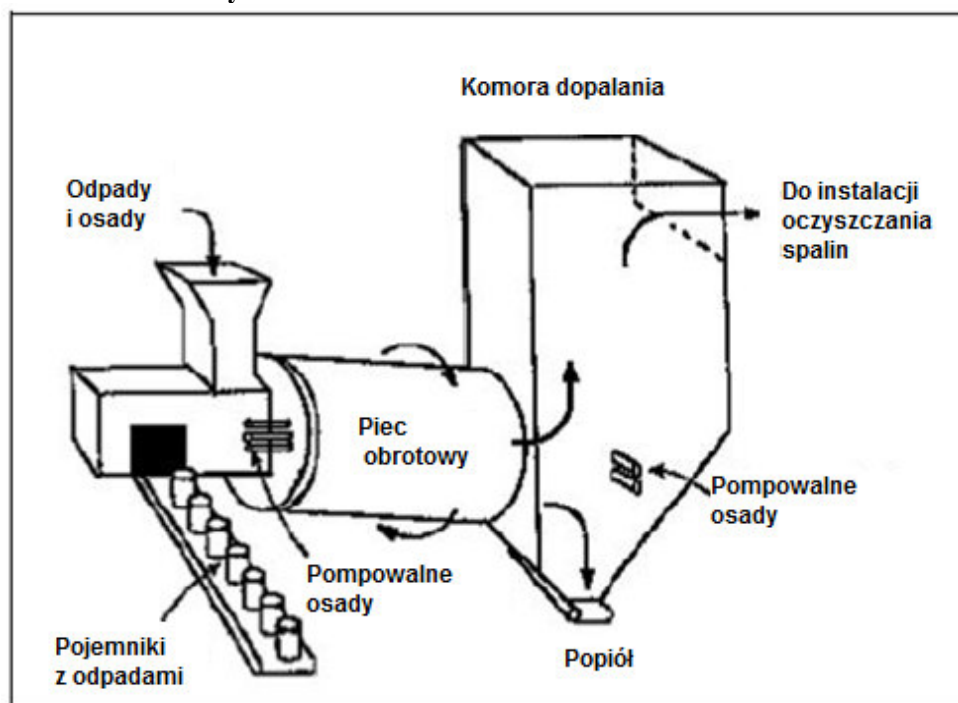
Opis technologii

Piec obrotowy jest sprawdzoną technologią i mogą być w nim spalane niemal wszystkie odpady, niezależnie od składu. Piece te są szeroko stosowane przede wszystkim do spalania odpadów niebezpiecznych. Technologia ta jest także powszechnie stosowana do spalania odpadów medycznych oraz w znacznie mniejszym zakresie do spalania odpadów komunalnych.

Temperatura robocza pieca obrotowego stosowanego do odpadów waha się od około 500°C (jako urządzenie zgazowujące) do 1450°C (jako wysokotemperaturowy piec do topienia popiołów). W przypadku zastosowań dla konwencjonalnego spalania w atmosferze tlenowej, temperatura zwykle wynosi powyżej 850°C.

Schematyczny rysunek pieca obrotowego przedstawiono poniżej.

Rysunek 4.11. Piec obrotowy.



Piec obrotowy składa się z cylindrycznego zbiornika pochylonego lekko wzdłuż swojej osi poziomej. Zbiornik zwykle położony jest na rolkach, pozwalających na jego obrót lub oscylacje wokół swojej osi (ruch obrotowo-zwrotny). Odpady są przemieszczane wewnątrz pieca siłą grawitacji w trakcie jego obrotu.

Czas przebywania materiałów stałych w piecu określony jest przez kąt pochylenia pieca oraz prędkość obrotową: zwykle, aby osiągnąć dobre spalanie odpadów, wystarczający jest czas przebywania pomiędzy 30 i 90 minut.

W piecach obrotowych mogą być spalane odpady stałe, ciekłe, gazowe oraz osady. Odpady stałe są zwykle podawane przez nie-obracający się lej. Odpady ciekłe mogą być wtryskiwane przez dysze. Odpady nadające się pompowania mogą być podawane poprzez rurę chłodzoną wodą.

Aby zwiększyć rozkład związków toksycznych zwykle dodaje się komorę dopalania. Stosuje się też dodatkowe dopalanie przy użyciu odpadów ciekłych lub dodatkowego paliwa, aby utrzymać temperatury zapewniające rozkład spalanych odpadów.

Spalanie w piecu obrotowym – podsumowanie

Jak już wspomniano na początku opisu tej technologii piec obrotowy znajduje zastosowanie głównie w przypadku spalania odpadów niebezpiecznych, zaś stosunkowo rzadko przy spalaniu odpadów komunalnych. W związku z powyższym technologia ta nie została poddana rozważaniom w dalszej analizie.

6. Podsumowanie metod termicznego przekształcania odpadów

W tabeli poniżej przedstawiono syntetyczne porównanie omówionych wyżej technologii termicznego przekształcania odpadów komunalnych.

Tabela 4.2. Porównanie wybranych metod termicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych.

Metoda	Zalety	Wady
Piroliza i zgazowywanie	<ul style="list-style-type: none"> Wytworzenie z odpadów gazu pirolitycznego / syntezyowego, który może być wykorzystany do celów energetycznych (w tym CHP) lub jako wsad do procesów przemysłowych. Możliwość wydzielenia z odpadów cennych związków chemicznych. Niska temperatura – obniżenie sublimacji metali. Brak płomienia – zmniejszenie ilości pyłów. Brak wymogów w stosunku do wartości opałowej. Możliwość zastosowania do unieszkodliwiania szerokiej gamy odpadów. Rezultatem procesu jest mało toksyczna faza stała (popiół, żużel) i/lub bogaty w węgiel koks pirolityczny. zmniejszenie objętości spalin (w stosunku do konwencjonalnej spalarni), a przez to ograniczenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych związanych z oczyszczaniem spalin. zwiększona produkcja energii elektrycznej poprzez zastosowanie silników lub turbin gazowych, które 	<ul style="list-style-type: none"> Nie zalecane dla większych instalacji. Konieczność oczyszczania paliwa (gazu syntezyowego) na miejscu – dodatkowy koszt (jednak mniejszy w porównaniu z oczyszczaniem spalin). Problemy z kontrolą procesu. Wysoki koszt inwestycji. Wysoki koszt unieszkodliwiania. Brak referencji – największe instalacje w Europie w Karlsruhe i Ansbach (Niemcy) oraz w Tessinie (Szwajcaria) zamknięte z powodu trudności eksploatacyjnych.

Metoda	Zalety	Wady
	umożliwiają osiągnięcie wyższego współczynnika skojarzenia (w porównaniu z układem kocioł-turbina parowa).	
Instalacje plazmowe	<ul style="list-style-type: none"> • Dokładna dezintegracja nawet bardzo trwałych związków chemicznych • Brak konieczności stosowania urządzeń ochrony powietrza • Uzyskanie pozostałości w formie niewymywalnego szkliwa nadającego się do zagospodarowania 	<ul style="list-style-type: none"> • Bardzo niedojrzała technologia • Bardzo wysoka konsumpcja energii elektrycznej • Bardzo wysokie temperatury pracy wpływające na trwałość urządzenia
Spalanie w piecu rusztowym	<ul style="list-style-type: none"> • Technologia powszechnie stosowana i sprawdzona w praktyce eksploatacyjnej - liczne referencje w Europie - ponad 380 eksploatowanych instalacji. • Zalecana dla większych instalacji (duże aglomeracje pow. 300 000 mieszkańców) • Wprowadzanie odpadów bez ich wstępnego przygotowywania. • Redukcja objętości odpadów nawet 95%. • Możliwa i efektywna produkcja energii w kogeneracji. • Efektywne oczyszczanie spalin - dioksyny, furany, tlenki azotu, metale ciężkie. • Odzysk i zagospodarowanie żużli poprocesowych. • Energetyczne wykorzystanie odpadów zmieszanych, jak i odpadów pozostałych po procesie segregacji i odzysku surowców – zamknięcie systemu. • Koszt unieszkodliwiania w dużych instalacjach porównywalny ze składowaniem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trudne do zagospodarowania pozostałości z oczyszczania gazów – stabilizacja i przekazanie do miejsca składowania odpadów końcowych (balast). • Wysokie koszty składowania pozostałości. • Wysoki koszt inwestycji.
Współspalanie odpadów	<ul style="list-style-type: none"> • Istniejąca podstawowa infrastruktura – instalacje i systemy energetyczne. • Oszczędność nieodnawialnych paliw kopalnych. • Większa akceptacja społeczna. • Jasno określone wymagania prawne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Istniejące urządzenia (z wyjątkiem pieców do wypalania klinkiery) nie spełniają podstawowych parametrów procesowych wymaganych przy współspalaniu odpadów. • W przypadku kotłów energetycznych zakres prac dostosowawczych jest równoważny wymianie kotła. • Podwyższone w stosunku do instalacji energetycznych standardy emisji zanieczyszczeń.

Metoda	Zalety	Wady
		<ul style="list-style-type: none"> Konieczność rozbudowy systemu oczyszczania spalin w instalacji energetycznej. Konieczność preparowania odpadów przed ich podaniem do spalania. Pogorszenie parametrów i ilości pierwotnie wytwarzanej energii. Zagrożenie korozją wysokotemperaturową.

Źródło: Koncepcja Programowo-Przestrzenna „Instalacja do termicznego unieszkodliwiania i energetycznego wykorzystania odpadów w Koninie”

Przewidziano analizę następujących wariantów technologicznych termicznego przekształcania odpadów:

Uwzględniając przedstawioną powyżej analizę wstępną zdefiniowano trzy warianty do dalszej analizy, opierające się na następujących technologiach:

- Wariant I – wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem.
- Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.
- Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.

Dokonano również ogólnej charakterystyki Wariantu „0” - wariant utrzymujący istniejący stan rzeczy, zakładający jedynie optymalizację wykorzystania istniejących systemów oraz uzupełnienie systemu selektywnej zbiórki odpadów i instalacji wg stanu na lata 2008-2009,

Opisy poszczególnych wariantów technologicznych oraz ich porównanie przedstawiono poniżej.

4.2.2.3. Wariant 0 – Optymalizacja wykorzystania istniejących systemów oraz uzupełnienie systemu selektywnej zbiórki odpadów i instalacji wg stanu na lata 2008-2009,

Wariant „0” polegać będzie na optymalizacji wykorzystania istniejących systemów oraz uzupełnienie systemu selektywnej zbiórki odpadów i instalacji wg stanu na lata 2008-2009. Obecnie funkcjonuje model gospodarki odpadami, w którym zbieraniem i transportem odpadów zajmują się firmy prywatne i zakłady komunalne. Bardzo ważny jest tutaj udział sektora prywatnego. Do największych firm prywatnych należą: „Eko Serwis” sp. z o.o. Kutno; Zakład Oczyszczania Terenu „BAKUN”; „Eko Skórtex” Tomice. Inne podmioty zajmujące się zbieraniem i transportem odpadów to jednostki samorządowe, przedsiębiorstwa ze 100% udziałem gmin, do nich należą m.in.: ZGKiM w Kleczewie; PGKiM Turek; MZUK Sp. z o.o. Koło; ZGKiM Golina, PGKiM Konin.

Projekt „Uporządkowanie Gospodarki Odpadami na Terenie Subregionu Konińskiego” realizowany będzie na terenie czterech powiatów (koniński, kolski, śłupecki, turecki) województwa Wielkopolskiego.

System gospodarki odpadami na terenie objętym projektem, pod względem organizacji zbiórki i wywozu odpadów podzielony jest między podmioty prywatne, gminne jednostki organizacyjne oraz spółki komunalne ze 100% udziałem gmin. Usługą wywozu odpadów na obszarze objętym projektem zajmują się podmioty prywatne, podmioty będące jednostkami budżetowymi gmin oraz spółki komunalne, w których głównym udziałowcem jest gmina.

Na obszarze objętym projektowanym systemem gospodarki odpadami, zorganizowanym wywozem odpadów objętych jest ok. 80% mieszkańców obszarów wiejskich oraz 81% mieszkańców obszarów miejskich. Pozostali mieszkańcy, którzy nie mają podpisanych umów na wywóz odpadów pozbywają się ich w sposób niekontrolowany. Odpady te trafiają głównie do lasów i na „dzikie” wysypiska. Istnieje, zatem konieczność uszczelnienia systemu zbiórki odpadów a zarazem potencjalna możliwość rozwoju firm wywozowych obecnych na rynku.

System unieszkodliwiania odpadów w gminach opiera się głównie na składowaniu odpadów na 19 gminnych składowiskach. Ilość składowisk ulegnie zmniejszeniu, ponieważ nie wszystkie z obecnie eksploatowanych spełniają minimalne wymagania formalne i techniczne jak również część z nich zostanie niebawem zapełnionych. Większość składowisk jest w złym stanie technicznym w związku, z czym stanowią one potencjalne zagrożenie dla wód powierzchniowych i podziemnych. Znaczna ich ilość eksploatowana jest nieprawidłowo, często brakuje wymaganych decyzji administracyjnych, legalizujących ich stan prawny, a tym samym określających niezbędne rozwiązania techniczne i sposób eksploatacji. Większość obiektów nie posiada odpowiednio zabezpieczonego podłoża, drenażu odcieków, a także piezometrów i urządzeń odgazowujących. Na niewielu obiektach prowadzone są systematycznie badania monitoringowe.

Obecnie na terenie subregionu konińskiego eksploatowane są 4 składowiska odpadów: w Mieście Koninie, w Gminie: Wilczyn i Wierzbinek, Kleczew.

Na obszarze projektu funkcjonują następujące główne instalacje przetwarzania odpadów:

Miejski Zakład Gospodarki Odpadami Komunalnymi Konin ul. Sulańska 13

Teren zakładu położonego w obrębie Gosławice obejmuje łącznie 34,1 ha z czego:

- 6,07 ha zajmuje sortownia odpadów z obiektami towarzyszącymi (na działkach nr 1436/5 i 1437),
- 28,03 ha zajmuje składowisko odpadów z obiektami towarzyszącymi (na działkach nr 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443)

Główne obiekty technologiczne zakładu:

- sortownia odpadów z linią sortowniczą odpadów zmieszanych, linią sortowniczą butelek PET, linią sortowniczą do stłuczki szklanej $Q = 25\ 000\ \text{Mg/rok}$ na 2 zmiany (obecnie pracuje w maksymalnej przepustowości III zmiany)
- kompostownia odpadów pracująca w systemie CTI $Q = 13\ 000\ \text{Mg/rok}$
- składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne

Sortownia odpadów

Sortownia odpadów położona jest w części A terenu zakładu. W budynku zainstalowane są 3 linie sortownicze:

- odpadów komunalnych zmieszanych
- tworzyw sztucznych
- szkła.

W skład linii sortowniczej odpadów komunalnych zmieszanych wchodzi:

- Zasobnik wyładowczy
- Przenośnik taśmowy
- Sito bębnowe 90 mm
- Przenośnik kanałowy
- Kabina sortownicza 8 stanowiskowa
- Separator ferromagnetyczny
- Prasa kanałowa
- Perforator butelek PET

Wydajność linii wynosi 25 000 Mg/rok przy pracy 2-zmianowej (12 500 Mg/rok/zmianę)

Podstawowe parametry linii sortowniczej tworzyw PET są następujące:

- ilość stanowisk sortowniczych – 6 szt.
- ilość sortowanych frakcji – 8
- pojemność leja załadowniczego – 3 m³
- zdolność przerobowa – 900 kg/h.

Linia do sortowania szkła pozwala na oddzielenie zanieczyszczeń, ręczne sortowanie szkła na kolory, obróbkę mechaniczną – rozdrabnianie i ujednoludnienie oraz oczyszczenie z ferromagnetyków i aluminium. Wydajność linii sortowniczej wynosi 2 Mg/h.

Kompostownia odpadów organicznych

Kompostownia odpadów organicznych pracuje w systemie CTI (COMPOST TECHNOLOGIES INCORPORATED) opartym na prowadzeniu procesu kompostowania w rękawach foliowych. System kompostowania w rękawach foliowych oparty jest na zastosowaniu taniego zasobnika z wymuszonym napowietrzaniem, umożliwiającą w wysokim stopniu sterowanie procesem zachodzącym w masie kompostowej. Zasobnik stanowi podłużny polietylenowy rękaw o średnicy do 3,0 m i długości do 75 m. Wymuszone napowietrzanie, służące utrzymaniu warunków tlenowych, odbywa się za pomocą doprowadzającej powietrze elektrycznej dmuchawy, poprzez dwie perforowane rury ułożone na całej długości rękawa. Wsad jest załadowywany do rękawa przy pomocy specjalnie przeznaczonych do tego celu prasy do napełniania rękawów, której konstrukcja opiera się na urządzeniach stosowanych w powiązanej z rolnictwem branży paszowej. Wydajność linii do kompostowania wynosi 13 000 Mg/rok.

Kwaterna składowania

Kwaterna składowania o aktualnej powierzchni 16,89 ha (wg projektu z 2005 roku) została zlokalizowana w miejscu dawnego wyrobiska piasku, które z kolei zostało wypełnione popiołami paleniskowymi Elektrowni Pątnów-Konin. Ocenia się, że miąższość warstwy popiołów wynosi 6,0-6,9 m w części północnej i zwiększa się w kierunku południowym do 7,35 – 7,9 m. Kształtem teren zbliżony jest do trapezu i został wyznaczony wałem z popiołu o wysokości ok. 2,0 m i nachyleniu skarp około 1: 1,5. Eksploatację obiektu rozpoczęto w 1986, deponując odpady komunalne bezpośrednio na byłej hałdzie popiołu zgodnie z projektem technicznym opracowanym przez BP-Konin. Pierwotna rzędna składowania odpadów wynosiła około 92,5 m n.p.m. Składowanie odpadów odbywa się warstwami o miąższości ok. 2 m na całej powierzchni składowiska systemem sektorowym. Odpady są zagęszczane kompaktorem. Rzędne stropu składowiska w lipcu 2005 roku oscylowały w granicach 93,7 – 98,3 m n.p.m. Ocenia się, że do chwili obecnej na składowisku zostało zdeponowanych ok. 1 mln m³ odpadów. Kwaterna jest podzielona na 3 sektory składowania. Zabezpieczenie dna kwatery składowania stanowi warstwa popiołów. W 2006 roku uruchomiona została instalacja odgazowania składowiska składająca się z 26 studni odgazowujących, stacji ssaw oraz pochodni spalającej biogaz. Obecnie na składowisku znajduje się 70 studni odgazowujących, zbierających gaz w celu jego przetworzenia na energię elektryczną w elektrowni biogazowej o mocy 407 kW. Trwają prace rozruchowe, niezbędne przed włączeniem do publicznej sieci energetycznej. Docelowo na składowisku znajdować się będzie 150 studni, a moc uzyskiwana z biogazu ma wynosić 1 MW.

Poza główną instalacją regionu istnieją lub zostały zaplanowane niewielkie instalacje o znaczeniu lokalnym:

- składowisko Zbójno Gmina i Miasto Kłodawa - składowisko w Zbójnie posiada infrastrukturę techniczną (kompaktor, spychacz, prasa, kruszarka oraz ręczna linia sortownicza, waga elektroniczna). Na składowisku wybierane są surowce wtórne z przywiezionych odpadów zmieszanych, na placu magazynowym gromadzone są odpady wielkogabarytowe.

- składowisko w m. Genowefa, Gmina Kleczew - zaplanowano rozbudowę składowiska w Genowefie o linię technologiczną do segregacji odpadów

Łączna przepustowość ww. instalacji nie zapewnia odpowiedniego przetworzenia odpadów przed składowaniem i wypełnienie zobowiązań samorządów w zakresie ograniczania ilości składowanych odpadów ogółem jak również ograniczania ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji. Dlatego konieczny jest rozwój infrastruktury i systemu gospodarki odpadami, aby spełnić wymogi narzucane przez istniejące przepisy a dalsze utrzymywanie obecnego stanu za bezcelowe i sprzeczne z wyznaczonymi kierunkami rozwoju w KPGO.

4.2.2.4. Wariant I – wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem.

Opis ogólny

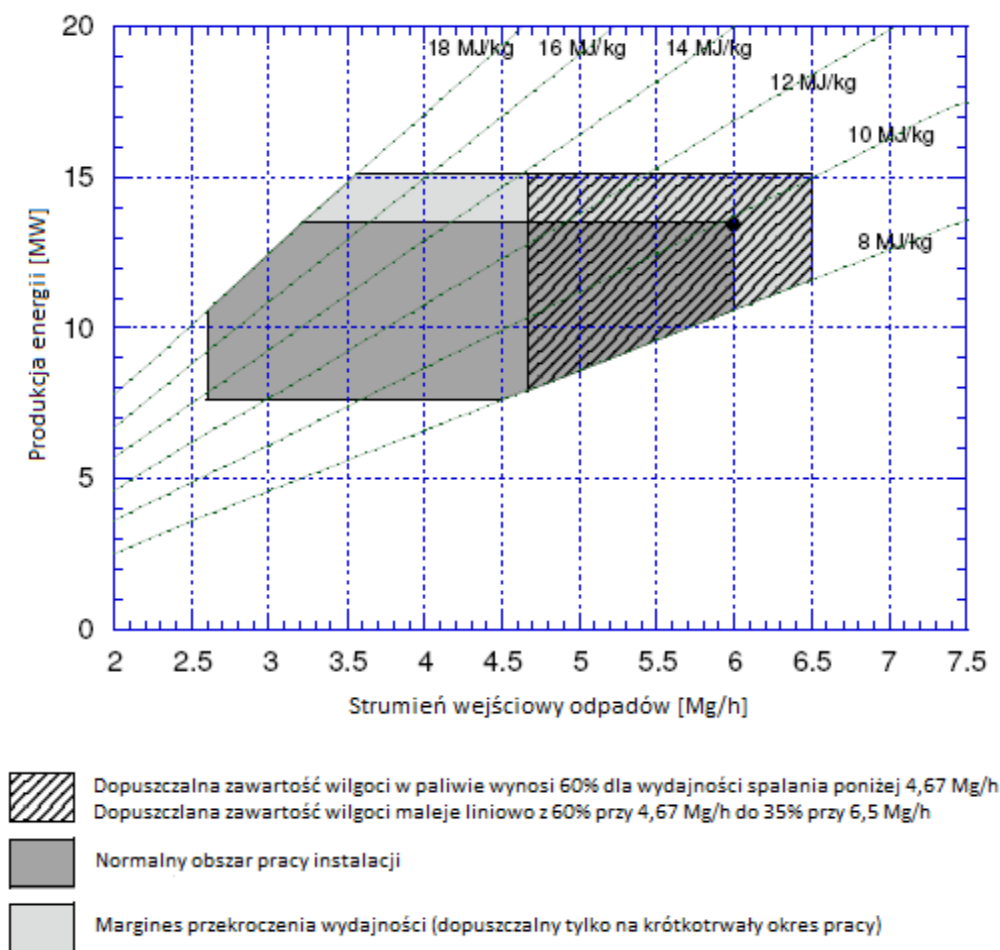
Pierwszym z analizowanych wariantów technologicznych (Wariant I) instalacji termicznego przekształcania odpadów jest rozwiązanie polegające na zastosowaniu zgazowania z dopalaniem (spalania połączonego ze wstępnym zgazowaniem odpadów). Proces przebiega dwuetapowo: pierwszym etapem jest zgazowanie zaś drugim dopalenie w wydzielonej komorze. Jest to technologia wykorzystująca kompilację procesów opisanych powyżej w rozdziałach w analizie wstępnej

W wariantcie tym przewidziano dwie niezależne linie technologiczne termicznego przekształcania odpadów o nominalnej wydajności godzinowej 6 Mg/h każda (z możliwością chwilowego przeciążenia do 6,5 Mg/h). Łączna produkcja energii w obu paleniskach, przy nominalnym strumieniu i wartości opałowej odpadów równej 9 MJ/kg wyniesie ok. 25 MW_{Th}.

Jak wynika z załączonego poniżej wykresu, w opisywanej technologii zalecana wartość opałowa wsadu winna wynosić minimum ok. 8 MJ/kg przeprowadzone badania wartości opałowej wskazują, że średnia wartość opałowa odpadów wynosi ok 7,34 MJ/kg. Podwyższenie wartości opałowej odpadów realizowane będzie w systemie mechaniczno-biologicznego suszenia (tzw. MBS).

Minimalna z uwagi na prowadzony proces technologiczny wartość opałowa wynosi 8MJ/kg. Dla tej wartości suma termicznej wydajności obu linii technologicznych wyniesie ok. 25 MW_{th}.

Rysunek 4.12. Zakres pracy pojedynczej linii przykładowej instalacji dla Wariantu I.



Z powyższego wykresu można wywnioskować również, że zalecana zawartość wilgoci w paliwie nie powinna przekraczać 60%, z zastrzeżeniem, że przy spalaniu strumienia paliwa zbliżonego do maksymalnej wydajności wskazana jest wilgotność nieprzekraczająca 35%. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami średnia wartość opałowa dla przebadanych frakcji odpadów wynosi poniżej 30%. Zastosowanie wstępnego mechaniczno-biologicznego suszenia dodatkowo zabezpiecza przed wystąpieniem nadmiernej wilgotności paliwa, oraz pozwala na zagwarantowanie wartości opałowej paliwa na poziomie powyżej granicznej wartości 8MJ/kg.

Wstępne przygotowanie odpadów w instalacji MBS

Odpady dostarczane są do hali maszynowej gdzie trafiają na rozrywarękę worków i przesiewane są na sicie bębnowym o średnicy ok. 40 mm. Następnie zmieszane odpady z frakcji nadsitowej kierowane są przenośnikiem taśmowym do instalacji termicznego przekształcania, zaś zmieszane odpady frakcji poniżej 40 mm składowane są w bunkrze. Odpady frakcji <40 mm charakteryzują się dużą zawartością frakcji organicznej, dzięki czemu stanowią dobry wsad do procesu MBS.

Z bunkra odpady przenoszone są przy pomocy chwytaka do zamykanych, napowietrzanych reaktorów mechaniczno-biologicznego suszenia. W reaktorach tych odpady przebywają przez ok. 7 dni, wykorzystując naturalne właściwości materii organicznej do nagrzewania się, w wyniku czego następuje wzrost temperatury skutkujący odparowywaniem wilgoci z odpadów. Rozkład wilgotności i temperatury wewnątrz reaktorów MBS sterowany jest przy pomocy systemu komputerowego. Powstający w wyniku procesu kondensat odprowadzany jest do instalacji kanalizacyjnej, skąd musi zostać skierowany do podczyszczalni ścieków.

W przeciwieństwie do typowych instalacji MBS, nie następuje tutaj dalsze sortowanie odpadów, lecz cały podsuszony strumień kierowany jest do instalacji termicznego przekształcania – eliminuje to problem zagospodarowania odsortu oraz ogranicza do niezbędnego minimum zużycie energii elektrycznej na cele zbędnego w tym przypadku dalszego sortowania.

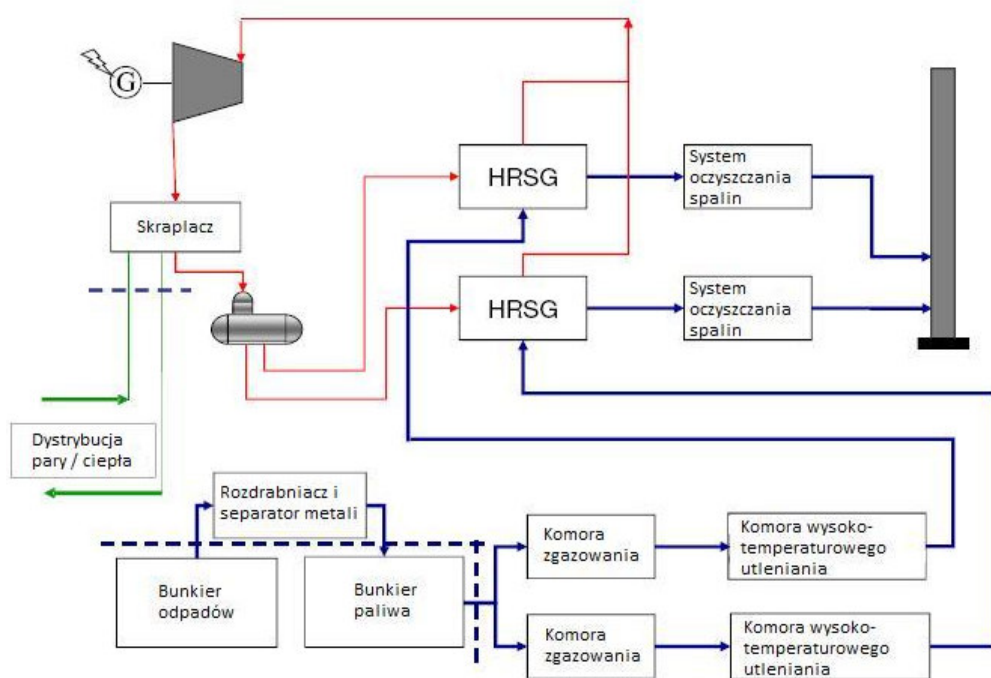
W czasie procesu masa odpadów frakcji <40 mm zmniejsza się o ok. 25%, zaś udział masowy wilgoci maleje z ok. 50% na wejściu do ok. 33% na wyjściu z procesu – skutkuje to podwyższeniem wartości opałowej całego strumienia zmieszanych odpadów komunalnych z ok. 7,34 MJ/kg do ok. 8,18 MJ/kg. Zgodnie z prognozą procentowy wzrost odzysku surowców wtórnych z odpadów, będzie nieco niższy niż tempo wzrostu ilości odpadów kierowanych do ITPO, co powodowało zapewnia stały wzrost wartości opałowej odpadów po procesie MBS aż do osiągnięcia poziomu 9,48 MJ/kg w roku 2027 o ile nie zmieni się struktura powstawania odpadów i nie zostanie zwiększona selektywna zbiórka odpadów.

Podstawowe elementy technologiczne instalacji termicznego przekształcania odpadów – Wariant I

Instalacja termicznego przekształcania odpadów w Wariantcie I składa się z następujących podstawowych elementów technologicznych:

- System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania.
- Bunkier magazynowy paliwa z systemem transportu.
- System termicznego przekształcania odpadów:
 - Komora zgazowania.
 - Komora wysokotemperaturowego utleniania (dopalania).
- Układ odzysku ciepła ze spalin – HRSG (Heat Recovery Steam Generator).
- Turbina parowa kondensacyjno upustowa ze skraplaczem.
- Chłodnica wentylatorowa
- Wymienniki ciepłownicze
- System oczyszczania spalin (technologia półsucha).
- System odprowadzania spalin.
- System monitoringu i kontroli.

Rysunek 4.13. Schemat technologiczny instalacji termicznego przekształcania odpadów – Wariant I.



System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania

Dostarczane, wstępnie przetworzone w wyniku procesu MBS odpady, wyładowywane są do bunkra odpadów. Technologia ta przewiduje wstępne przygotowanie odpadów do procesu termicznego przekształcania poprzez ich wstępne rozdrabnianie (na rozdrabniaczu) oraz separację metali żelaznych (po rozdrobnieniu, na separatorze magnetycznym).

Odpady z bunkra do rozdrabniacza podawane są przy pomocy chwytaka, sterowanego przez operatora. Dodatkowym zadaniem chwytaka jest usuwanie niepożądanych elementów z odpadów (np. butle gazowe). Niepożądane elementy oraz wyseparowane metale magazynowane są w oddzielnych kontenerach.

Wstępnie przygotowane odpady są wyładowywane z rozdrabniacza i separatora metali do bunkra paliwa.

Bunkier magazynowy paliwa z systemem transportu

Wstępnie przygotowane odpady, stanowiące paliwo dla procesu termicznego przekształcania, są czasowo magazynowane w bunkrze paliwa, po czym zostają podawane do lejów samowyładowczych (osobnego dla każdej z dwóch linii technologicznych termicznego przekształcania). Podawanie do lejów odbywa się przy pomocy chwytaka. Bezpośrednio z leja paliwo trafia do systemu podawania paliwa do odpowiedniej dla danej linii technologicznej komory zgazowania. Emisja zanieczyszczeń odorowych do powietrza eliminowana jest poprzez zasysanie zanieczyszczonego powietrza z bunkra i kierowanie tego powietrza do procesu wysokotemperaturowego utleniania paliwa podczas termicznego przekształcania.

System termicznego przekształcania odpadów

Termiczne przekształcanie odpadów zachodzi dwuetapowo. Procesy odparowania, pirolizy i zgazowania zachodzą w wydzielonej komorze. W kolejnej komorze zachodzi wysokotemperaturowe utlenianie gazów, wspomagane poprzez iniekcję powietrza i zawracanych gazów procesowych (spalin).

Komora odgazowania

Komora zgazowania wyposażona jest w poziomy ruszt chłodzony olejem. Ruszt podzielony jest na kilka wydzielonych sekcji, każda z tych sekcji posiada niezależny układ dostarczania powietrza. Paliwo podawane jest do komory zgazowania za pomocą sterowanego hydraulicznie, chłodzonego wodą, tłoka. Na wlocie do komory zgazowania zainstalowana jest chłodzona wodą gilotyna. Zasadniczą funkcją gilotyny jest kontrolowane grubości warstwy paliwa na ruszcie. Transport paliwa wzdłuż rusztu

realizowany jest przy pomocy sterowanego hydraulicznie, chłodzonego wodą, podajnika (podajnik podwójny). Podajnik ten zaprojektowany został w sposób, że zapewnia on, poza transportowaniem paliwa wzdłuż rusztu, również mieszanie i homogenizację paliwa.

Szybkość podawania odpadów do komory zgazowania optymalizowana jest poprzez system sterowania dobierający parametry w zależności od bieżących uwarunkowań. System ten steruje również szybkością transportowania odpadów wzdłuż rusztu. Popioły denne są wyładowywane z komory zgazowania w końcowej części rusztu. Popioły te są następnie chłodzone wodą i transportowane do zewnętrznego magazynu, skąd mogą być ładowane na samochody ciężarowe.

Komora dopalania

Powstały w wyniku zgazowania gaz (syn-gaz) trafia do komory wysokotemperaturowego utleniania gdzie następuje proces dopalania. Powietrze i recykulowane spaliny podawane są do procesu dopalania za pomocą specjalnie do tego celu zaprojektowanych dysz zapewniając wymagane parametry temperatury procesu. Gazy wylotowe opuszczające komorę dopalania przechodzą przez rekuperacyjny wymiennik ciepła (HRSG) produkując parę. Komora wysokotemperaturowego utleniania wyposażona jest ponadto w palniki wspomagające, używane podczas rozruchu instalacji oraz wspomagające proces, jeśli temperatura spadnie poniżej wymaganej wartości 850°C.

Układ odzysku ciepła ze spalin – HRSG

Układ odzysku ciepła konwertuje energię spalin poprzez rurowy wymiennik ciepła powodując przejście skroplin w postać pary. Konstrukcja wymiennika jest kombinacją sekcji wodnej, spalinowej i ekonomizera. Sekcja wodna składa się z parowacza i przegrzewacza pary – w celach serwisowych i konserwacyjnych istnieje możliwość łatwego demontażu tych elementów. Układ wyposażony jest w zbiornik wody zasilającej, pompy wody zasilającej, system uzupełniania wody, zbiornik rozprężny oraz wyposażenie umożliwiające oczyszczanie powierzchni wymiany ciepła (po stronie gorących spalin) w czasie pracy instalacji. Dane techniczne dla pojedynczego układu odzysku ciepła (dla jednej linii technologicznej) przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 4.3. Dane techniczne układu odzysku ciepła dla linii technologicznej w Wariancie I.

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary	40 bar
2	Temperatura pary na wyjściu z wymiennika	400°C
3	Temperatura kondensatu na wejściu do kotła	130°C
4	Energia chemiczna w odpadach	2 x 12,6 MW
5	Wydajność nominalna (wydajność pary)	2 x 14,6 t/h

Turbina parowa przeciwpiętna ze skraplaczem

Para z układu odzysku ciepła transportowana jest do przeciwpiętnej turbiny parowej w celu produkcji energii elektrycznej. Rozprężona w turbinie para ulega następnie kondensacji w chłodzonym wodą skraplaczu. Ciepło ze skraplacza może być odbierane przez zewnętrzną sieć ciepłą lub inny układ odbioru ciepła. Skroplony kondensat kierowany jest ponownie do HRSG.

Parametry techniczne dla przewidzianej turbiny przedstawiono poniżej.

Tabela 4.4. Dane techniczne turbiny w Wariancie I praca z maksymalną produkcją energii cieplnej z upustu.

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary na wlocie	40 bar
2	Temperatura pary na wlocie	400°C
3	Ciśnienie pary na upuście	2,6 bar

Lp.	Parametr	Wartość
4	Nominalna moc elektryczna na wyjściu	3,0 MW
5	Nominalna moc cieplna na wyjściu	16 MW

W powyższej tabeli podano parametry nominalne. Rzeczywista moc elektryczna i cieplna na wyjściu uzależniona jest od strumienia masowego paliwa, właściwości paliwa oraz sposobu prowadzenia procesu termicznego przekształcania.

W przypadku pracy bez odbioru ciepła (praca kondensacyjna) założono następujące parametry pracy układu.

Tabela 4.5. Dane techniczne turbiny w Wariancie I praca w kondensacji.

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary na wlocie	39 bar
2	Temperatura pary na wlocie	395°C
3	Ciśnienie w kondensatorze	0,9 bar
4	Nominalna moc elektryczna na wyjściu	7 MW
5	Nominalna moc cieplna na wyjściu	0 MW

Dla projektowanego Zakładu przewidziano jedną turbinę parową oraz jeden skraplacz, nie przyporządkowując tych urządzeń do poszczególnych linii technologicznych.

System oczyszczania spalin

Dla każdej z linii technologicznych termicznego przekształcania odpadów przewidziano indywidualny system oczyszczania spalin. System oczyszczania spalin, do oczyszczania gazów procesowych, wykorzystuje tzw. metodę „półsuchą”. Każdy z niezależnych systemów składa się z:

- silosu z absorbentem,
- instalacji przygotowania sorbentu
- filtra workowego,
- instalacji odzysku nieprzereagowanego sorbentu
- silosu magazynowego na pyły z procesu oczyszczania spalin.

Oczyszczanie gazów procesowych oparte jest na iniekcji absorbentu (mleczka wapiennego i węgla aktywnego) do przewodów spalinowych przed filtrem workowym w celu absorpcji związków kwaśnych oraz adsorpcji metali ciężkich i dioksyn. Popioły lotne i produkty reakcji oczyszczania spalin są następnie separowane na filtrze workowym.

Odseparowane na filtrze zanieczyszczenia zbierane są na dnie jednostki filtracyjnej a następnie transportowane są do silosu buforowego. Silos jest opróżniany w regularnych interwałach czasowych i kierowane bezpośrednio do instalacji stabilizacji i zestalania, a następnie kierowane na wysypisko.

System odprowadzania spalin

System odprowadzania spalin składa się z wentylatorów spalin oraz przewodów spalinowych z kominem. Wentylatory spalin zapewniają wymagany dla procesów zgazowania i wysokotemperaturowego utleniania przepływ gazów oraz wymuszają właściwy przepływ spalin. Część gazów procesowych jest recyrkulowana do komory wysokotemperaturowego utleniania przy wykorzystaniu wentylatorów recyrkulacyjnych.

System monitoringu i kontroli

Instalacja wyposażona jest w system monitoringu i kontroli zapewniający automatyczną kontrolę procesu. Operatorzy mają możliwość sterowania systemem poprzez specjalnie zaprojektowany interfejs z poziomu stacji operatorskiej. Operatorzy zapewniona mają również możliwość odczytu istotnych danych, jak np. poziomy emisji.

4.2.2.5. Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.

Opis ogólny

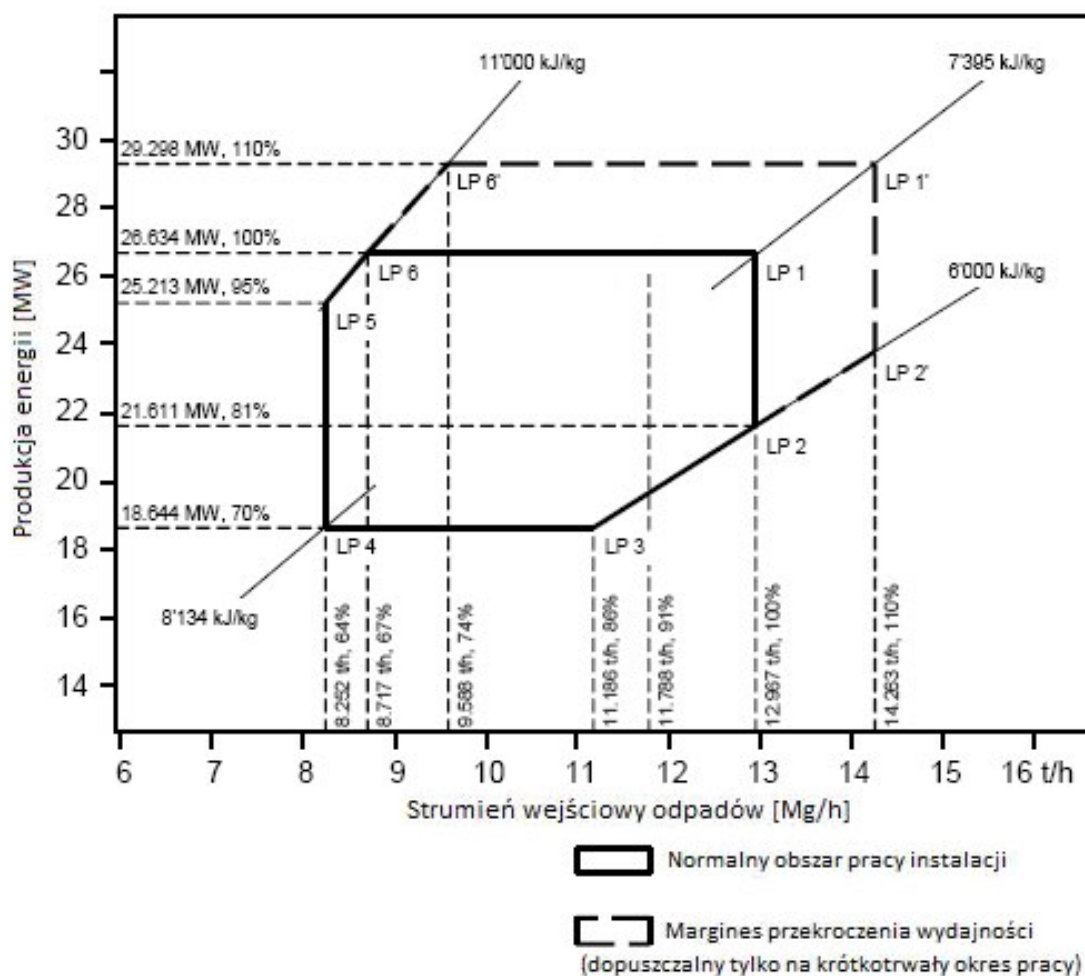
Drugim wariantem technologicznym (Wariant II) instalacji termicznego przekształcania odpadów poddanym analizie jest rozwiązanie polegające na spalaniu odpadów w piecu rusztowym. Proces spalania przebiega tu na ruszcie ruchomym.

W wariantcie tym, ze względu na stosunkowo niewielką wydajności instalacji (jak na technologie rusztową), przewidziano jedną linię technologiczną termicznego przekształcania odpadów o nominalnej wydajności godzinowej 12 Mg/h. Łączna ilość energii chemicznej w palenisku, przy zakładanym strumieniu na poziomie roku 2009 (9,44 Mg/h) i średniej wartości opałowej paliwa 7,34, wyniesie ok. 19,25 MW.

Uwzględniając prognozowany wzrost ilości odpadów do 10,93 Mg/h pracy Instalacji oraz uzyskanie występującej w dużych aglomeracjach miejskich wartości opałowej odpadów na poziomie 8,51MJ/kg instalacja musi być zaprojektowana i wykonana tak by wykorzystać moc ok. 26, MW dostarczonej energii chemicznej.

Elastyczność działania Zakładu w zależności od zmiennego strumienia odpadów na wejściu, ze względu na zastosowanie jednej linii technologicznej jest nieco niższa niż w przypadku Wariantu I i wymaga bardziej stabilnego strumienia odpadów. Jak wynika z załączonego poniżej wykresu, w przedstawianej w Wariencie II technologii dopuszcza się jednak znacznie niższą wartość opałową paliwa niż w przypadku Wariantu I. Z tego względu w Wariencie II nie przewiduje się wstępnego suszenia odpadów przed ich termicznym przekształcaniem. Również możliwość pracy pod znacznie niższym niż obliczeniowe obciążeniem nie jest istotnym atutem IPTO z uwagi na fakt, że głównym jej zadaniem jest zmniejszenie objętości odpadów, a praca przy nominalnym obciążeniu minimalizuje koszty eksploatacji.

Rysunek 4.14. Zakres pracy przykładowej instalacji o wydajności podobnej do wymaganej w Wariencie II i III.

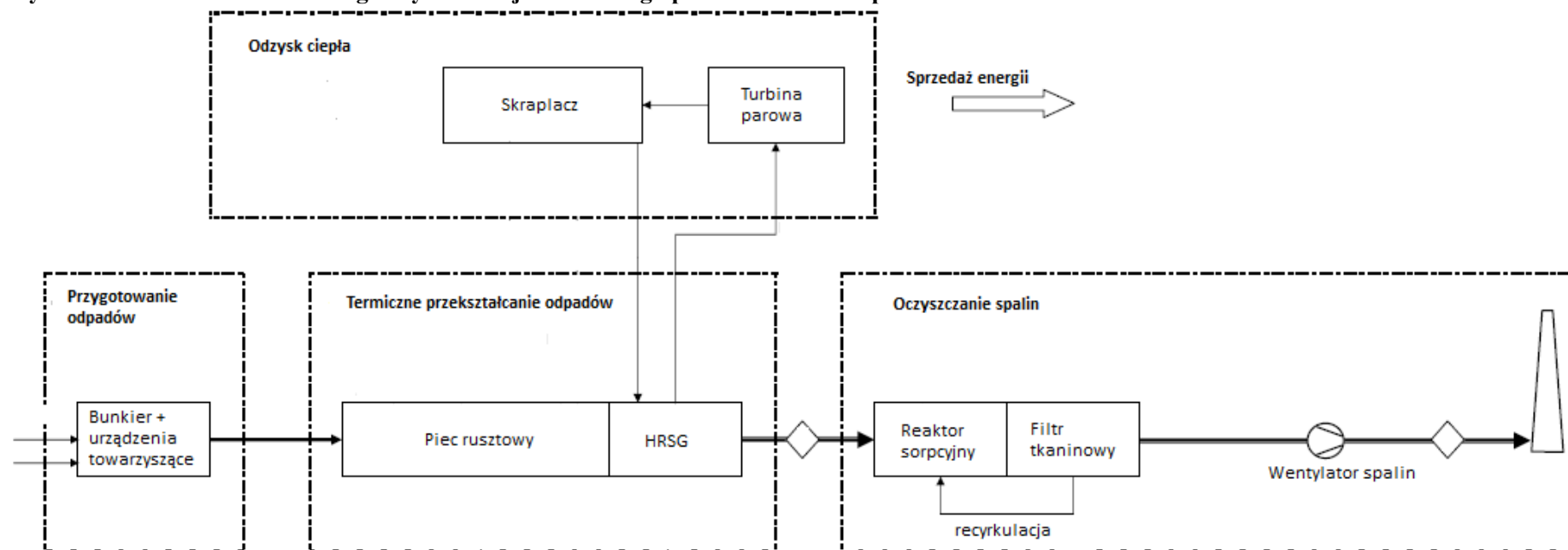


Podstawowe elementy technologiczne instalacji termicznego przekształcania odpadów – Wariant II

Instalacja termicznego przekształcania odpadów w Wariancie II składa się z następujących podstawowych elementów technologicznych:

- System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania z bunkrem magazynowym paliwa i systemem transportu.
- System spalania odpadów w piecu rusztowym
- Układ odzysku ciepła ze spalin – HRSG (Heat Recovery Steam Generator).
- Turbina parowa upustowo-kondensacyjna ze skraplaczem.
- System oczyszczania spalin (technologia półsucha).
- System odprowadzania spalin.
- System monitoringu i kontroli.

Rysunek 4.15. Schemat technologiczny instalacji termicznego przekształcania odpadów – Wariant II.



System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania z bunkrem magazynowym paliwa i systemem transportu

Odpady dowożone są samochodami ciężarowymi, skąd są wyładowywane i kierowane do wstępnego przygotowania do procesu termicznego przekształcania, polegającego na wstępnym rozdrabnianiu (na rozdrabniaczu). Wstępnie przygotowane odpady są wyładowywane do bunkra paliwa.

Wstępnie przygotowane odpady, stanowiące paliwo dla procesu termicznego przekształcania, są czasowo magazynowane w bunkrze paliwa, po czym są podawane, podobnie jak w Wariancie I, przy pomocy chwytaka, na linię technologiczną.

Emisja zanieczyszczeń odorowych do powietrza, analogicznie jak w Wariancie I, eliminowana jest poprzez zasysanie zanieczyszczonego powietrza z bunkra i kierowanie tego powietrza do procesu wysokotemperaturowego utleniania paliwa podczas termicznego przekształcania.

System spalania odpadów w piecu rusztowym

Należy zauważyć, że spalanie odpadów w piecu rusztowym jest najszerzej na świecie stosowaną technologią termicznego przekształcania zmieszanych odpadów komunalnych. Z tego też względu technologia ta uważana jest za najpewniejszą z punktu widzenia eksploatacji instalacji.

Szybkość podawania odpadów na ruszt kontrolowana jest w opisywanej technologii przez specjalnie zaprojektowany układ podajników. Przewidziany ruszt zaprojektowany jest jako posuwisto-zwrotny, składający się z ustandaryzowanych modułów (sekcji). Sekcje rusztu, pochylone pod kątem 15°-25° do poziomu, zapewniają transport odpadów w palenisku z optymalną prędkością i optymalnym ułożeniem. Konstrukcja rusztu dopasowana jest do wydajności instalacji oraz wartości opałowej paliwa. Ruszt wykonany jest jako chłodzony powietrzem, jednakże istnieje również opcja wykonania z chłodzeniem wodą (zalecane w przypadku wysokich wartości opałowych paliwa).

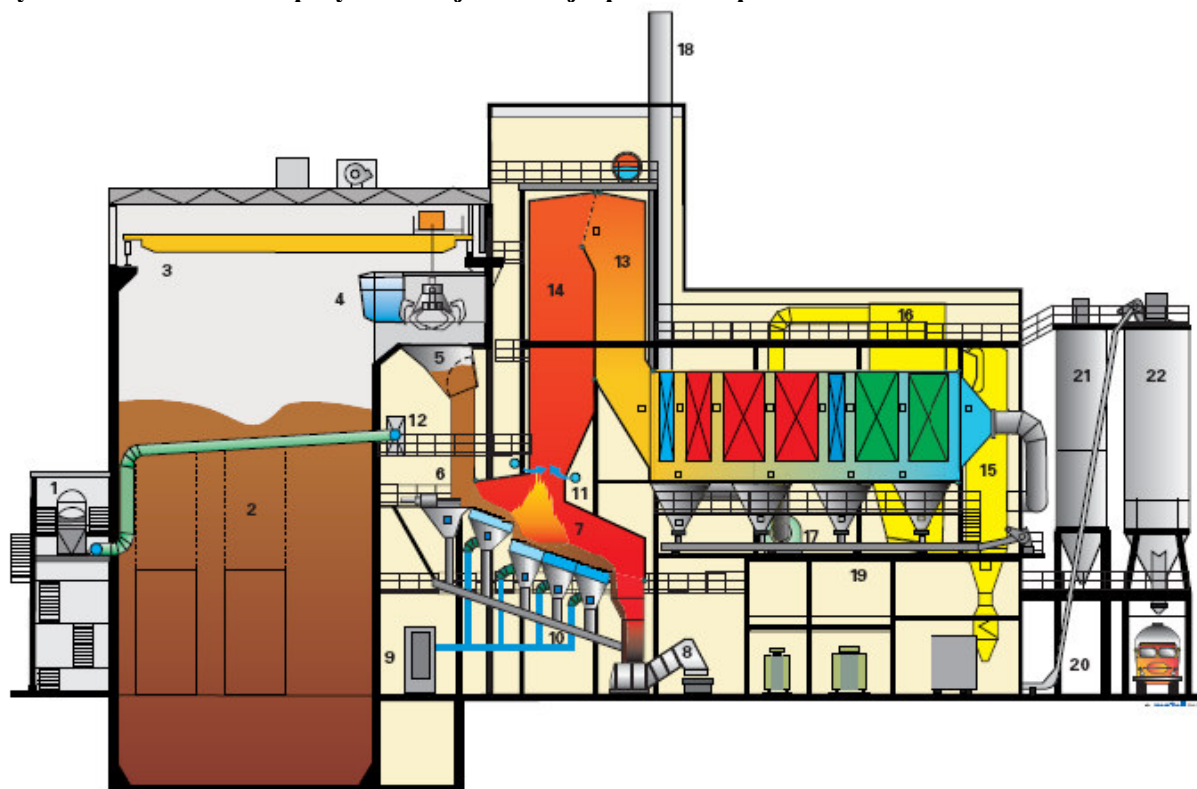
Cały ruszt podzielony jest wzdłużnie na cztery lub pięć stref. Każda ze stref odpowiedzialna jest za określoną fazę termicznego przekształcania odpadów: suszenie, odgazowanie, zgazowanie i spalanie. Proces termicznego przekształcania odpadów jest kontrolowany osobno w każdej ze stref. Osobno w każdej ze stref kontrolowana jest również prędkość przesuwu rusztu. Każdy z modułów rusztu posiada indywidualne doprowadzenie powietrza.

Powyżej rusztu znajduje się komora dopalania, do której dostarczane jest dodatkowe powietrze procesowe. W komorze tej następuje dopalenie gazów powstających w wyniku spalania odpadów na ruszcie. W komorze tej następuje również wstrzyknięcie 25% roztworu NH_3 , mającego za zadanie oczyszczenie gazów odlotowych z NO_x .

Popioły denne są wyładowywane z komory spalania w końcowej części rusztu. Popioły te są następnie chłodzone wodą i transportowane do zewnętrznego magazynu, skąd mogą być ładowane na samochody ciężarowe.

Schematyczny rysunek opisywanej technologii systemu spalania odpadów z systemami towarzyszącymi (podawanie paliwa, oczyszczanie spalin) przedstawiono poniżej.

Rysunek 4.16. Schemat przykładowej instalacji spalania odpadów – Wariant II.



Legenda do rysunku

- | | |
|--|---|
| 1 – przenośnik paliwa | 12 – odbiór powietrza z bunkra |
| 2 – bunkier paliwa | 13 – HRSG |
| 3 – suwnica z chwytakiem | 14 – iniektory systemu SNCR |
| 4 – kabina operatora chwytaka | 15 – reaktor sorpcyjny (półsuche oczyszczanie spalin) |
| 5 – lej zasypowy | 16 – filtr tkaninowy |
| 6 – podajnik | 17 – wentylator spalin |
| 7 – ruszt | 18 – komin |
| 8 – zsypnia popiołów dennych | 19 – system transportu pyłu i popiołu |
| 9 – wstępny podgrzew powietrza I stopnia | 20 – system transportu pozostałości |
| 10 – dystrybucja powietrza I stopnia | 21 – silos wapna |
| 11 – dysze powietrza II stopnia | 22 – silos pozostałości |

Układ odzysku ciepła ze spalin – HRSG

Odzysk ciepła ze spalin następuje w zintegrowanym z paleniskiem kotle odzysknicowym spełniającym analogiczną funkcję jak system odzysku ciepła opisany w Wariantach I i II. Spaliny ogrzewają kondensat powodując jego odparowanie i przegrzewają powstającą parę. Przegrzanie pary następuje tu jednakże do znacznie wyższych parametrów niż opisano to w Wariantach I i II: $p = 40 \text{ bar}$, $t = 400^\circ\text{C}$. Przegrzana para kierowana jest do turbiny.

Tabela 4.6. Dane techniczne układu odzysku ciepła w Wariacie II.

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary	40 bar
2	Temperatura pary na wyjściu z wymiennika	400°C
3	Temperatura wody na wejściu do wymiennika	130°C

Lp.	Parametr	Wartość
4	Energia chemiczna w odpadach	28,5 MW

Turbina parowa przeciwpężna ze skraplaczem

Turbina działa na analogicznej zasadzie, jak to opisano w Wariancie I. Różnica jest natomiast w parametrach.

Parametry techniczne dla przewidzianej w Wariancie II turbiny przedstawiono poniżej.

Tabela 4.7. Dane techniczne turbiny w Wariancie II praca w kogeneracji.

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary na wlocie	39 bar
2	Temperatura pary na wlocie	395°C
3	Ciśnienie pary na wylocie	2,6 bar
4	Nominalna moc elektryczna na wyjściu	3,4 MW
5	Nominalna moc cieplna na wyjściu	19,0 MW

W powyższej tabeli podano parametry nominalne. Rzeczywista moc elektryczna i cieplna na wyjściu uzależniona jest od strumienia masowego paliwa, właściwości paliwa oraz sposobu prowadzenia procesu termicznego przekształcania.

Tabela 4.8. Dane techniczne turbiny w Wariancie II praca w kondensacji

Lp.	Parametr	Wartość
1	Ciśnienie pary na wlocie	39 bar
2	Temperatura pary na wlocie	395°C
3	Ciśnienie pary na wylocie	0,4 bar
4	Nominalna moc elektryczna na wyjściu	5,4 MW
5	Nominalna moc cieplna na wyjściu	0 MW

System oczyszczania spalin

W Wariancie II zaprojektowano system oczyszczania spalin wykorzystujący tzw. metodę „półsuchą”. System ten składa się następujących podstawowych elementów:

- reaktora sorpcyjnego (zasilanego sorbentami),
- filtra tkaninowego,
- silosu magazynowego na pyły z procesu oczyszczania spalin (silosu pozostałości).

Oczyszczanie gazów procesowych oparte jest na iniekcji sorbentu (wapna i węgla aktywnego) do przewodów spalinowych przed filtrem workowym, w reaktorze sorpcyjnym, w celu absorpcji związków kwaśnych oraz adsorpcji metali ciężkich i dioksyn. Iniekcja absorbentu, następuje w sposób „mokry” (wstrzykiwany jest roztwór wodny sorbentów). Strumień wody w roztworze jest odbierany w taki sposób, aby w kontakcie z oczyszczanymi gazami całość odparowała. Przedstawiony system oczyszczania spalin charakteryzuje się wyższą skutecznością (lepszy kontakt sorbentu z zanieczyszczeniami) niż w przypadku systemu suchego. Popioły lotne i produkty reakcji oczyszczania spalin są następnie separowane na filtrze tkaninowym.

W opisywanym systemie oczyszczania spalin przewidziano układ recyrkulacji sorbentów, które nie uległy reakcji ze związkami oczyszczanych gazów. Sorbenty te, po wyłapaniu na filtrze tkaninowym, zwracane są do reaktora sorpcyjnego w celu ponownego wykorzystania.

Odseparowane na filtrze zanieczyszczenia zbierane są na dnie jednostki filtracyjnej a następnie transportowane są pneumatycznie do silosu magazynowego. Silos jest opróżniany w regularnych interwałach czasowych poprzez zaprojektowany system opróżniania, zanieczyszczenia trafiać mogą na podjeżdżające samochody osobowe, lub do być kierowane bezpośrednio do instalacji stabilizacji i unieszkodliwiania.

System odprowadzania spalin

System odprowadzania spalin składa się z wentylatorów spalin oraz przewodów spalinowych z kominem. Wentylatory spalin zapewniają wymagany dla procesów zgazowania i wysokotemperaturowego utleniania przepływ gazów oraz wymuszają właściwy przepływ spalin. Część gazów procesowych jest recyrkulowana do komory wysokotemperaturowego utleniania przy wykorzystaniu wentylatorów recyrkulacyjnych.

System monitoringu i kontroli

Przewidziany system monitoringu i kontroli spełnia funkcje analogiczne, jak opisano w Wariantach I i II.

4.2.2.6. Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.

Opis ogólny

Wariant III polega na rozbudowaniu Wariantu II o system odzysku ciepła utajonego z wilgoci zawartej w spalinach z procesu termicznego przekształcania odpadów. Ze względu na to, że Wariant II został opisany w poprzednim rozdziale, w niniejszym rozdziale skupiono się jedynie na opisie systemu

Odzysk ciepła utajonego

Odzysk ciepła utajonego w Wariacie III zachodzi dzięki zastosowaniu wymiennika przeponowego (wymiana ciepła na drodze spaliny – woda) oraz rekuperatora – wymiennika obrotowego (wymiana ciepła i wilgoci na drodze spaliny – powietrze).

Wymiennik przeponowy

W pierwszym stopniu, aby spaliny zostały schłodzone znacznie poniżej punktu rosy stosuje się wymiennik przeponowy. Schłodzenie spalin poniżej punktu rosy możliwe jest dzięki obniżeniu temperatury wody powrotnej do poziomu około 40°C. Wymiennik ten zaprojektowany jest, jako osobne urządzenie, poprzedzone płuczką doczyszczającą na drodze spalin opuszczających system odpylania i oczyszczania spalin.

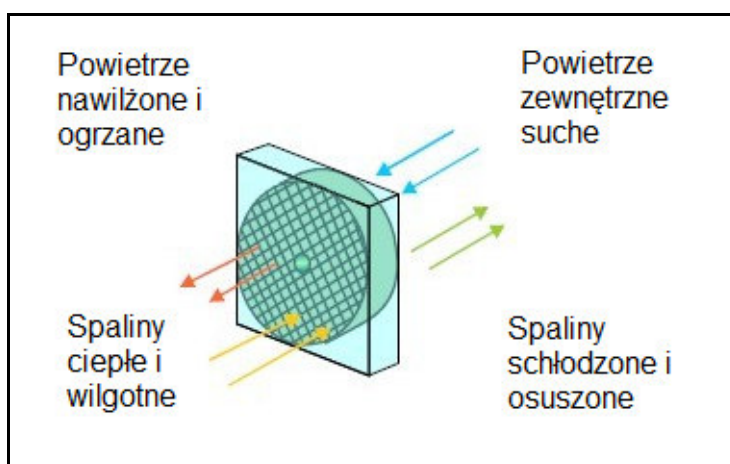
Wymienniki te posiadają konstrukcję zapewniającą:

- swobodny spływ kondensatu,
- odporność na korozję niskotemperaturową,
- wymianę znacznego strumienia ciepła przy niewielkiej różnicy temperatur (znaczne przepływy czynnika chłodzącego).

Rekuperator

Po przejściu powietrza przez wymiennik przeponowy, drugi stopień odzysku ciepła utajonego następuje w wymienniku obrotowym. Odbiór ciepła i wilgoci ze spalin realizowany jest tutaj poprzez nawilżanie i ogrzewanie powietrza pierwotnego, kierowanego do strefy spalania. Schemat działania urządzenia przedstawiono poniżej.

Rysunek 4.17. Zasada działania wymiennika obrotowego.



Źródło: BREF

W wymienniku obrotowym obraca się cały rdzeń wymiennika, powodując ruch powietrza wewnątrz urządzenia. Spaliny przepływając przez obrotowy element wymiennika, składający się z szeregu szczelin, okresowo nagrzewają go. W strefie omywania rotora zimnym powietrzem oddaje on ciepło ogrzewając przepływające powietrze.

W wymienniku obrotowym, poza wymianą ciepła, zachodzi również wymiana masy. Ścianki urządzenia nagrzewając się od spalin absorbują część wilgoci ze spalin. Następnie po dokonaniu obrotu i umieszczeniu nagrzanego elementu wymiennika w strudze powietrza nagrzewa się ono odbierając również wodę. Ciągłe obracanie rotora powoduje, że w poszczególnych strefach znajdują się okresowo kolejne segmenty rotora powodując ciągłą wymianę ciepła i masy.

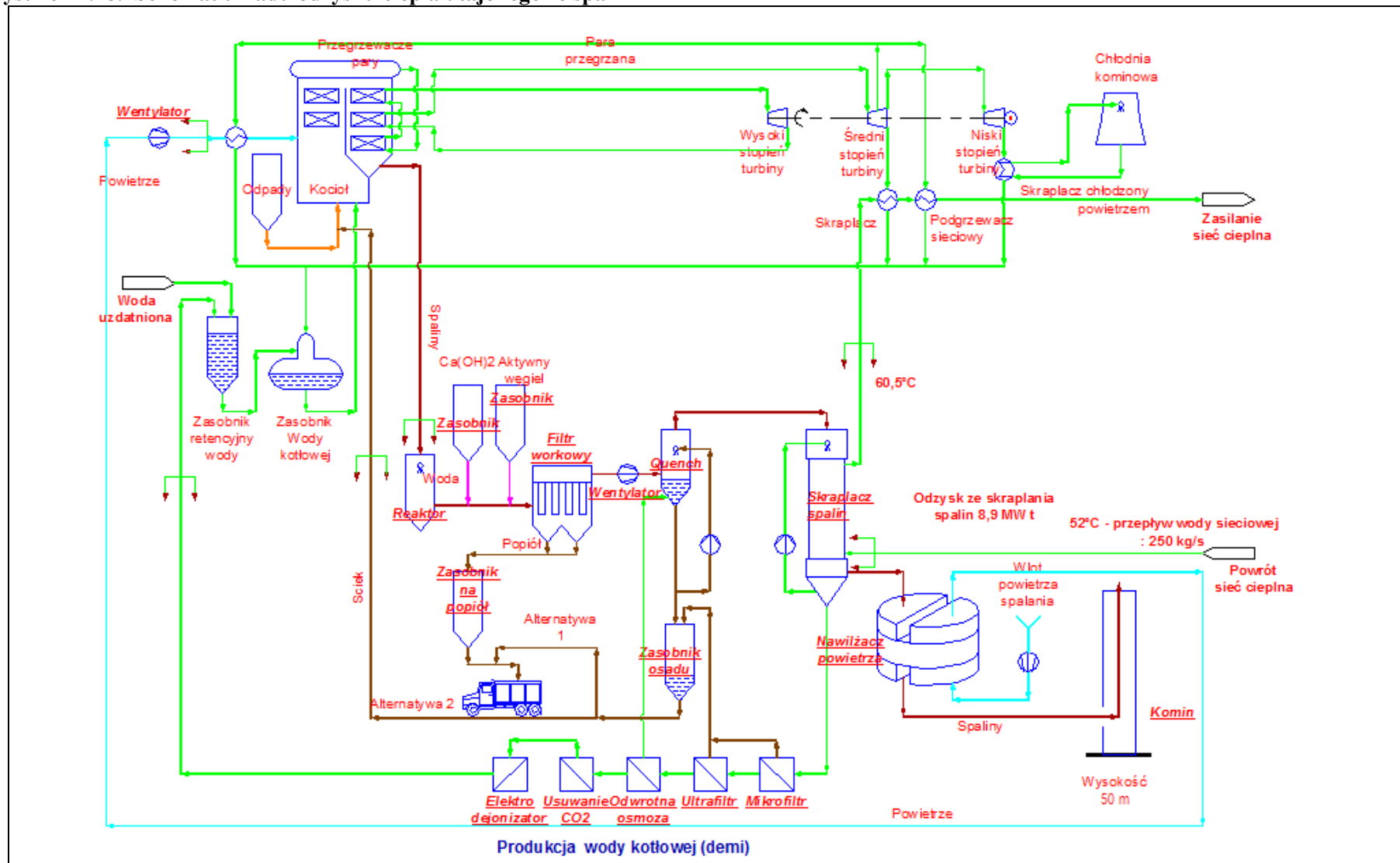
W celu wyeliminowania wykrapłania się wilgoci w kanałach powietrznych wstępnie ogrzane spaliny powietrze podmuchowe zostaje dodatkowo podgrzane przy pomocy gorącej wody, ciepło to nie jest tracone, lecz polepsza bilans energetyczny paleniska.

Ochłodzone spaliny, pozbawione dodatkowo wilgoci w rekuperatorze obrotowym również mają mniejszą skłonność do wykrapłania kondensatu w kanałach spalinowych. Sprawność wymiennika wynosi ok. 82-85%.

Oczyszczanie kondensatu

Kondensat wykoplony ze spalin jest oczyszczany w mikrofiltrze, ultrafiltrze oraz filtrze wykorzystującym proces odwróconej osmozy. Następnie z kondensatu usuwane jest CO₂. Po przejściu przez dejonizator oczyszczony kondensat może znaleźć zastosowanie użytkowe (np. wykorzystanie w akumulatorach).

Rysunek 4.18. Schemat układu odzysku ciepła utajonego ze spalin



Źródło: materiały RADSCAN

Czynniki wpływające na skuteczność systemu

Należy zaznaczyć, że skuteczność działania systemu odzysku ciepła z pary wodnej zawartej w spalinach zależy od wielu czynników:

- temperatury wody powrotnej w sieci,
- zapotrzebowania na ciepło (zapewnienie odbioru ciepła),
- zawartości wilgoci w spalinach (zawartość wilgoci i wodoru w paliwie),
- składu chemicznego spalin,
- temperatury powietrza,
- wilgotności powietrza.

Najważniejszymi z nich, limitującymi skuteczność i stopień wykorzystania powyższej technologii są trzy pierwsze.

4.2.3. Szacunki kosztów dla rozważanych opcji

4.2.3.1. Koszty eksploatacyjne

W poniższych tabelach przedstawiono szacunkowe koszty eksploatacyjne i przychody dla każdego z analizowanych wariantów technologicznych.

Wariant I - wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem

Koszty inwestycyjne	286 936 230
Koszty eksploatacyjne	13 657 285
- koszty wynagrodzeń i świadczeń społecznych	2 765 211
- media i energia	884 911
- reagenty i addytywa	1 555 328
- utrzymanie i remonty	7 753 500
- koszty frakcjonowania żużli	736 270
- koszty stabilizacji i zestalania	481 522
- koszty zrzutu ścieków i deponowania	2 245 754
Przychody	10 304 522
- sprzedaż energii elektrycznej i zielonych certyfikatów	4 415 725
- sprzedaż energii cieplnej	5 243 549
- sprzedaż złomu	645 248

Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.

Koszty inwestycyjne	296 331 000
Koszty eksploatacyjne	19 935 498
- koszty wynagrodzeń i świadczeń społecznych	2 075 084
- media i energia	2 670 895
- reagenty i addytywa	2 680 749
- utrzymanie i remonty	7 286 725
- koszty frakcjonowania żużli	985 751
- koszty stabilizacji i zestalania	814 124
- koszty zrzutu ścieków i deponowania	3 422 170
Przychody	11 392 751
- sprzedaż energii elektrycznej i zielonych certyfikatów	7 802 809
- sprzedaż energii cieplnej	2 598 031
- sprzedaż złomu	991 912

Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.

Koszty inwestycyjne	349 085 737
Koszty eksploatacyjne	16 412 268
- koszty wynagrodzeń i świadczeń społecznych	2 339 793
- media i energia	1 027 097
- reagenty i addytywa	1 448 611
- utrzymanie i remonty	7 707 500
- koszty frakcjonowania zużli	736 270
- koszty stabilizacji i zestalania	608 220
- koszty zrzutu ścieków i deponowania	2 544 777
Przychody	11 688 459
- sprzedaż energii elektrycznej	4 255 054
- sprzedaż energii cieplnej	6 692 533
- sprzedaż złomu	740 872

Wariant IV - system stabilizacji tlenowej Biofix:

Koszty inwestycyjne	78858000
Koszt materiałów i energii [PLN/rok]	2586078
Koszt usług obcych [PLN/rok]	3966718
Koszt opłat środowiskowych	700000
Koszt wynagrodzeń	3076198
Koszt świadczeń	1515142
Koszty pozostałe	180709
Razem koszty zmienne	12024846

Wariant V - system fermentacji suchej Kompogas

Koszty inwestycyjne	182718000
Koszt materiałów i energii [PLN/rok]	1201268
Koszt usług obcych [PLN/rok]	4872919
Koszt opłat środowiskowych	700000
Koszt wynagrodzeń	3117269
Koszt świadczeń	1535371
Koszty pozostałe	905436
Razem koszty zmienne	12332262

Dla obu wariantów IV i V ilość balastu do termicznego przekształcania ok. 45 % strumienia po odjęciu selektywnej zbiórki wynosi +/- 45 000 Mg/rok. Przy stawce w spalarni odpadów ok. 300 PLN/Mg, koszt termicznego unieszkodliwiania balastu wynosi 13,5 mln PLN/rok. Należy jednak podkreślić, iż są to jedynie hipotetyczne koszty termicznego unieszkodliwiania balastu w całym analizowanym okresie. W praktyce nie ma żadnej gwarancji, że będzie istniała możliwość przekazywania balastu do termicznego unieszkodliwiania, gdyż może nie być instalacji chętniej do odbioru balastu z technologii MBT. W sytuacji braku odbiorcy skłonnego do przyjęcia balastu z technologii MBT do spalania, pojawia się problem z zagospodarowaniem takowego balastu, z uwagi na zakaz składowania tego rodzaju odpadów na składowiskach odpadów. Z tego względu rozważania porównawcze w niniejszej analizie DGC mają jedynie charakter poglądowy, natomiast faktyczne szanse na skuteczne wdrożenie technologii i prawidłowe funkcjonowanie w okresie analizy mają tylko warianty 1 do 3, czyli technologie termicznego przekształcania odpadów.

Ponadto w wariantcie IV przychody ze sprzedaży surowców wyniosłyby ok. 2 mln PLN/rok, natomiast w wariantcie V poza przychodami ze sprzedaży surowców ok. 2 mln PLN/rok miałyby jeszcze miejsce przychody ze sprzedaży ciepła i energii ze spalania biogazu z fermentacji: ok. 6,6 mln PLN/rok.

Podane w powyższych tabelach koszty operacyjne nie obejmują kosztów ubezpieczenia. Ponadto, tabele zawierają koszty wg poziomów cen na moment przygotowania dokumentacji aplikacyjnej, tzn. nie zindeksowane o wskaźnik inflacji w kolejnych latach. W modelu finansowym, przygotowanym na potrzeby analizy luki finansowej i analizy płynności, omówionych w dalszych rozdziałach niniejszego studium wykonalności, koszty operacyjne wybranego do realizacji wariantu uwzględniają prognozowany na kolejne lata analizy wskaźnik inflacji.

4.2.4. Finansowe i ekonomiczne porównanie rozważanych opcji

Zestawienie niezbędnych nakładów na realizację oraz podstawowych parametrów technologicznych i ruchowych dla analizowanych wariantów przedstawione zostało w rozdziale 4.2.3.

We wszystkich wariantach takie funkcje jak:

- sortowanie mechaniczne i manualne odpadów zmieszanych,
- sortowanie odpadów zbieranych selektywnie,
- demontaż odpadów wielkogabarytowych,
- przetwarzania odpadów budowlanych,
- składowanie balastu,

pozostają takie same. Wspólne pozostają również pozostałe obiekty przewidziane do realizacji w ramach projektu w pozostałych lokalizacjach (rekultywacje składowisk, inne).

W każdym z analizowanych rozwiązań przewidziane zostały wymienione zasadnicze elementy Zakładu:

- System odbioru i wstępnego przygotowania odpadów do procesu termicznego przekształcania.
- Bunkier magazynowy paliwa z systemem transportu.
- System termicznego przekształcania odpadów:
- Układ odzysku ciepła ze spalin.
- Turbina parowa ze skraplaczem.
- System oczyszczania spalin.
- System odprowadzania spalin.
- System monitoringu i kontroli,

W celu zoptymalizowania zakresu wariantu inwestycyjnego wykorzystano analizę efektywności kosztowej – metodykę Dynamicznego Kosztu Jednostkowego (miernik ten bazuje na danych kosztowych i ilościowych z całego okresu użytkowania inwestycji uwzględniając zarówno moment realizacji, a także okres jego eksploatacji).

Obliczony został **techniczny koszt** uzyskania jednostki **efektu ekologicznego**, którego wartość jest pomocna w (selekcji) zakresu projektu.

Ocena efektywności kosztowej została wykonana dla **trzech wariantów inwestycyjnych**, bazujących na alternatywnych ofertach technologii termicznego przekształcania odpadów i dwóch wariantów inwestycyjnych, bazujących na alternatywnych ofertach technologii zagospodarowania odpadów:

1. Wariant I – wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem.
2. Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.
3. Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.
4. Wariant IV - system stabilizacji tlenowej Biofix,
5. Wariant V - system fermentacji suchej Kompogas.

Zaprezentowane podejście dotyczące wyboru wariantu technologicznego zostało oparte o metodykę Dynamicznego Kosztu Jednostkowego DGC. Dynamiczny Koszt Jednostkowy pokazuje, jaki jest

techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego. Zastosowanie metodyki DGC dla wyboru wariantu jest w pełni uzasadnione, gdyż takie podejście traktuje społeczeństwo jako inwestora, który powinien wybrać opcję, charakteryzującą się najniższą wartością jednostkowego kosztu uzyskania efektu ekologicznego, czyli zagospodarowania tony odpadów.

Założenia finansowe

W toku obliczeń wskaźnika DGC przyjęto dla wszystkich technologii jednolite **założenia**:

- Analiza w cenach stałych; realna stopa dyskontowa wynosi 5%.
- Niezamortyzowaną część nakładów inwestycyjnych na koniec analizy (wartość rezydualna) ujęto w analizie jako umniejszenie kosztów inwestycyjnych w ostatnim roku analizy.
- Analizę wykonano dla okresu 25 lat.
- Efektem ekologicznym we wszystkich wariantach jest redukcja masy odpadów.

Koszty eksploatacyjne

Stawki amortyzacji dla obu wariantów inwestycyjnych przyjęto na poziomie **10%** dla urządzeń i maszyn oraz **2,5%** dla budowli. Koszt amortyzacji jest w ogóle pominięty w wyliczeniu Dynamicznego Kosztu Jednostkowego DGC, ponieważ po stronie kosztów inwestycyjnych są ujęte nakłady odtworzeniowe, które mają miejsce w zależności od stawki amortyzacyjnej odpowiednio wcześniej dla maszyn i urządzeń i później dla budynków i budowli.

Koszty stałe poza amortyzacją przyjęto na poziomie 2% kosztów inwestycyjnych.

Koszty eksploatacyjne poszczególnych wariantów zostały pomniejszone o przychody ze sprzedaży energii elektrycznej i sprzedaży zielonych certyfikatów, energii cieplnej oraz złomu.

Scenariusz 1- Wariant I – wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem.

Koszty				Udział %	Koszt inwest [PLN]	Okres amortyzacji technicznej [lata]
Razem:					286 936 230	
Maszyny i urządzenia				49,2%	141 172 625	10
Roboty budowlano - montażowe				50,8%	145 763 605	40
Koszty poniesione w roku 2010				0%	0	
Koszty poniesione w roku 2011				10%	28 693 623	
Koszty poniesione w roku 2012				30%	86 080 869	
Koszty poniesione w roku 2013				30%	86 080 869	
Koszty poniesione w roku 2014				30%	86 080 869	
Kategoria				Ilość	Koszt jedn [PLN/Mg]	Koszt całk [PLN/rok]
Koszty eksploatacyjne zmienne [PLN/Mg]					49,89	
Koszty eksploatacyjne stałe [PLN /rok]						2 915 272
Jednostkowy Koszt Dynamiczny						
Lata	Koszty Inwestycyjne [PLN]	Koszty eksploatacyjne [PLN]	Redukcja masy odpadów [Mg/rok]			
2010	0	0	0			
2011	28 693 623	0	0			
2012	86 080 869	0	0			
2013	86 080 869	0	0			
2014	86 080 869	0	0			
2015	0	6 268 035	67 197			
2016	0	6 348 268	68 805			
2017	0	6 380 572	69 452			
2018	0	6 245 591	66 747			
2019	0	6 102 412	63 878			
2020	0	5 951 510	60 853			
2021	0	6 000 773	61 840			
2022	0	6 022 297	62 272			
2023	0	6 042 841	62 684			
2024	141 172 625	6 062 366	63 075			
2025	0	6 080 835	63 445			
2026	0	6 098 327	63 796			
2027	0	6 114 840	64 127			
2028	0	6 130 486	64 440			
2029	0	6 145 323	64 738			
2030	0	6 159 438	65 020			
2031	0	6 172 849	65 289			
2032	0	6 185 696	65 547			
2033	0	6 198 080	65 795			
2034	-72 881 802	6 210 068	66 035			
NPV	285 035 659	60 082 921	633 673			
DGC/Mg	544,63 PLN/Mg					

Źródło: opracowanie własne

Scenariusz 2 - Wariant II – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym.

Koszty				Udział %	Koszt inwest [PLN]	Okres amortyzacji technicznej [lata]
Razem:					296 331 000	
Maszyny i urządzenia				66,2%	196 132 461	10
Roboty budowlano - montażowe				33,8%	100 198 539	40
Koszty poniesione w roku 2010				0%	0	
Koszty poniesione w roku 2011				0%	367 670	
Koszty poniesione w roku 2012				25%	74 010 334	
Koszty poniesione w roku 2013				40%	118 374 932	
Koszty poniesione w roku 2014				35%	103 578 064	

Kategoria				Ilość	Koszt jedn [PLN/Mg]	Koszt całk [PLN/rok]
Koszty eksploatacyjne zmienne [PLN/Mg]					88,83	
Koszty eksploatacyjne stałe [PLN /rok]						2 003 971

Jednostkowy Koszt Dynamiczny

Lata	Koszty Inwestycyjne [PLN]	Koszty eksploatacyjne [PLN]	Redukcja masy odpadów [Mg/rok]
2010	0	0	0
2011	367 670	0	0
2012	74 010 334	0	0
2013	118 374 932	0	0
2014	103 578 064	0	0
2015	0	10 546 717	96 171
2016	0	10 751 148	98 472
2017	0	10 833 457	99 399
2018	0	10 489 530	95 527
2019	0	10 124 714	91 420
2020	0	9 740 219	87 092
2021	0	9 865 742	88 505
2022	0	9 920 584	89 122
2023	0	9 972 930	89 711
2024	60 925 291	10 022 677	90 271
2025	0	10 069 736	90 801
2026	0	10 114 306	91 303
2027	0	10 156 379	91 777
2028	40 528 738	10 196 245	92 225
2029	0	10 234 051	92 651
2030	24 317 243	10 270 015	93 056
2031	0	10 304 185	93 440
2032	0	10 336 920	93 809
2033	0	10 368 474	94 164
2034	-50 099 269	10 399 018	94 508
NPV	282 088 610	100 126 530	906 899
DGC/Mg		421,45 PLN/Mg	

Źródło: opracowanie własne

Scenariusz 3 - Wariant III – wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego.

Koszty				Udział %	Koszt inwest [PLN]	Okres amortyzacji technicznej [lata]
Razem:					349 085 737	
Maszyny i urządzenia				52,6%	183 699 216	10
Roboty budowlano - montażowe				47,4%	165 386 521	40
Koszty poniesione w roku 2010				0%	0	
Koszty poniesione w roku 2011				10%	34 908 574	
Koszty poniesione w roku 2012				30%	104 725 721	
Koszty poniesione w roku 2013				40%	139 634 295	
Koszty poniesione w roku 2014				20%	69 817 147	
Kategoria				Ilość	Koszt jedn [PLN/Mg]	Koszt całkow [PLN/rok]
Koszty eksploatacyjne zmienne [PLN/Mg]					49,12	
Koszty eksploatacyjne stałe [PLN /rok]						3 307 730
Jednostkowy Koszt Dynamiczny						
Lata	Koszty Inwestycyjne [PLN]	Koszty eksploatacyjne [PLN]	Redukcja masy odpadów [Mg/rok]			
2010	0	0	0			
2011	34 908 574	0	0			
2012	104 725 721	0	0			
2013	139 634 295	0	0			
2014	69 817 147	0	0			
2015	0	8 031 540	96 171			
2016	0	8 144 582	98 472			
2017	0	8 190 096	99 399			
2018	0	7 999 917	95 527			
2019	0	7 798 188	91 420			
2020	0	7 585 577	87 092			
2021	0	7 654 986	88 505			
2022	0	7 685 312	89 122			
2023	0	7 714 257	89 711			
2024	183 699 216	7 741 765	90 271			
2025	0	7 767 788	90 801			
2026	0	7 792 433	91 303			
2027	0	7 815 698	91 777			
2028	0	7 837 742	92 225			
2029	0	7 858 647	92 651			
2030	0	7 878 534	93 056			
2031	0	7 897 429	93 440			
2032	0	7 915 530	93 809			
2033	0	7 932 978	94 164			
2034	-82 693 261	7 949 868	94 508			
NPV	355 653 077	76 844 149	906 899			
DGC/Mg		476,90 PLN/Mg				

Źródło: opracowanie własne

Scenariusz 4 - Wariant IV – wykorzystanie technologii MBT - system stabilizacji tlenowej Biofix.

Koszty				Udział %	Koszt inwest [PLN]	Okres amortyzacji technicznej [lata]
Razem:					78 858 000	
Maszyny i urządzenia				30,0%	23 657 400	10
Roboty budowlano - montażowe				70,0%	55 200 600	40
Koszty poniesione w roku 2010				0%	0	
Koszty poniesione w roku 2011				0%	97 842	
Koszty poniesione w roku 2012				25%	19 695 229	
Koszty poniesione w roku 2013				40%	31 501 295	
Koszty poniesione w roku 2014				35%	27 563 633	
Kategoria				Ilość	Koszt jedn [PLN/Mg]	Koszt całkow [PLN/rok]
Koszty eksploatacyjne zmienne [PLN/Mg]					244,62	
Koszty eksploatacyjne stałe [PLN /rok]						569 327
Jednostkowy Koszt Dynamiczny						
Lata	Koszty Inwestycyjne [PLN]	Koszty eksploatacyjne [PLN]	Redukcja masy odpadów [Mg/rok]			
2010	0	0	0			
2011	97 842	0	0			
2012	19 695 229	0	0			
2013	31 501 295	0	0			
2014	27 563 633	0	0			
2015	0	24 094 173	96 171			
2016	0	24 657 129	98 472			
2017	0	24 883 792	99 399			
2018	0	23 936 692	95 527			
2019	0	22 932 070	91 420			
2020	0	21 873 254	87 092			
2021	0	22 218 916	88 505			
2022	0	22 369 940	89 122			
2023	0	22 514 088	89 711			
2024	23 657 400	22 651 080	90 271			
2025	0	22 780 672	90 801			
2026	0	22 903 408	91 303			
2027	0	23 019 269	91 777			
2028	0	23 129 048	92 225			
2029	0	23 233 159	92 651			
2030	0	23 332 196	93 056			
2031	0	23 426 291	93 440			
2032	0	23 516 438	93 809			
2033	0	23 603 330	94 164			
2034	-27 600 300	23 687 443	94 508			
NPV	67 844 416	227 400 463	906 899			
DGC/Mg	325,55 PLN/Mg					

Źródło: opracowanie własne

Scenariusz 5 - Wariant V – wykorzystanie technologii MBT- system fermentacji suchej Kompogas

Koszty				Udział %	Koszt inwest [PLN]	Okres amortyzacji technicznej [lata]
Razem:					131 963 000	
Maszyny i urządzenia				30,0%	39 588 900	10
Roboty budowlano - montażowe				70,0%	92 374 100	40
Koszty poniesione w roku 2010				0%	0	
Koszty poniesione w roku 2011				0%	163 732	
Koszty poniesione w roku 2012				25%	32 958 501	
Koszty poniesione w roku 2013				40%	52 715 076	
Koszty poniesione w roku 2014				35%	46 125 691	
Kategoria				Ilość	Koszt jedn [PLN/Mg]	Koszt całkow [PLN/rok]
Koszty eksploatacyjne zmienne [PLN/Mg]					179,18	
Koszty eksploatacyjne stałe [PLN /rok]						3 703 056
Jednostkowy Koszt Dynamiczny						
Lata	Koszty Inwestycyjne [PLN]	Koszty eksploatacyjne [PLN]	Redukcja masy odpadów [Mg/rok]			
2010	0	0	0			
2011	163 732	0	0			
2012	32 958 501	0	0			
2013	52 715 076	0	0			
2014	46 125 691	0	0			
2015	0	20 935 318	96 171			
2016	0	21 347 691	98 472			
2017	0	21 513 724	99 399			
2018	0	20 819 961	95 527			
2019	0	20 084 062	91 420			
2020	0	19 308 465	87 092			
2021	0	19 561 667	88 505			
2022	0	19 672 295	89 122			
2023	0	19 777 885	89 711			
2024	39 588 900	19 878 233	90 271			
2025	0	19 973 161	90 801			
2026	0	20 063 067	91 303			
2027	0	20 147 936	91 777			
2028	0	20 228 352	92 225			
2029	0	20 304 614	92 651			
2030	0	20 377 160	93 056			
2031	0	20 446 086	93 440			
2032	0	20 512 120	93 809			
2033	0	20 575 769	94 164			
2034	-46 187 050	20 637 383	94 508			
NPV	113 532 585	198 660 061	906 899			
DGC/Mg	344,24 PLN/Mg					

Źródło: opracowanie własne

Wyniki zdyskontowanej analizy DGC zostały przedstawione w tabeli zbiorczej poniżej.

Tabela 4.9. Zbiorcze zestawienie wyników analizy DGC dla poszczególnych technologii

Lp	Zadanie	DGC [zł/m ³]	Koszty inwestycyjne [zł]	Koszty eksploatacyjne zmienne [zł w 2015 r.]	Koszty eksploatacyjne stałe [zł w 2015 r.]	Przychody pomniejszające koszty eksploatacyjne w analizie DGC [zł w 2015 r.]
1	WARIANT I - wykorzystanie technologii zgazowania oraz technologii rusztowej z dopalaniem	545	286 936 230	13 657 284,85	2 915 272,10	10 304 521,66
2	WARIANT II - wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym	421	296 331 000	19 935 497,91	2 003 970,78	11 392 751,39
3	WARIANT III - wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym z odzyskiem ciepła utajonego	477	349 085 737	16 412 268,27	3 307 730,43	11 688 458,96
4	WARIANT IV - MBT Biofix	326	78 858 000	25 524 845,88	569 327,20	2 000 000,00
4	WARIANT V - MBT Kampogas	344	131 963 000	25 832 262,40	3 703 055,76	8 600 000,00

**produkcja odpadów, nakład i koszt zmienny podane są w wartościach zdyskontowanych*

Źródło: opracowanie własne

4.3. Wskazania najlepszych rozwiązań spośród rozważanych opcji

Analiza wielowariantowa wykazała, że wariant unieszkodliwiania odpadów w oparciu o technologię termicznego unieszkodliwiania odpadów jest wariantem optymalnym. Na podstawie analizy DGC można skonstatować, że Wariant II należy rekomendować do wdrożenia, ze względu na niższy koszt DGC spośród wariantów termicznego unieszkodliwiania odpadów, czyli wariantów 1 do 3.

Wykonane szacunki wpływu wszystkich rozwiązań technologicznych na wzrost ceny przyjęcia odpadów wskazują na przewagę wariantu II, dla którego cena przyjęcia odpadów będzie niższa z racji niższych kosztów eksploatacyjnych i z uwagi na niższy koszt inwestycyjny. W porównaniu z wariantami mechaniczno biologicznego przetwarzania odpadów (wariant IV i V) w których nakłady inwestycyjne są niższe, wariant II charakteryzuje się wyższym poziomem dynamicznego kosztu jednostkowego.

Należy jednak podkreślić, iż warianty IV i V zawierają hipotetyczne koszty termicznego unieszkodliwiania balastu w całym analizowanym okresie. W praktyce nie ma żadnej gwarancji, że będzie istniała możliwość przekazywania balastu do termicznego unieszkodliwiania, gdyż może nie być instalacji skłonnej do odbioru balastu z technologii MBT. W sytuacji braku odbiorcy do przyjęcia balastu z technologii MBT do spalania, pojawia się problem z zagospodarowaniem takowego balastu, z uwagi na zakaz składowania tego rodzaju odpadów na składowiskach odpadów. Przyjęcie wariantu IV lub V nie gwarantuje możliwości ostatecznego unieszkodliwiania odpadów i z uwagi na ogromne ryzyko nie może być preferowane do realizacji. Z tego względu rozważania porównawcze w niniejszej analizie DGC mają jedynie charakter poglądowy, natomiast faktyczne szanse na skuteczne wdrożenie technologii i prawidłowe funkcjonowanie w okresie analizy mają tylko warianty I do III, czyli technologie termicznego przekształcania odpadów.

Analizując dotychczasowe doświadczenia europejskie należy zaznaczyć, że w ich świetle technologia termicznego przekształcania odpadów metodą spalania w piecu rusztowym jest uzasadniona technologicznie z uwagi na wieloletnie doświadczenia z zakresie stosowania tej technologii w odniesieniu do odpadów komunalnych i stabilność technologii.

Z uwagi na wysokość nakładów oraz wielkość łącznych kosztów operacyjnych wariantem zdecydowanie korzystniejszym jest wariant II spośród analizowanych wariantów termicznego unieszkodliwiania odpadów, czyli wariantów I do III. Przewiduje on wykorzystanie technologii spalania w piecu rusztowym i taki wariant został wybrany do realizacji w ramach projektu.

4.4. Analiza opcji metod rekultywacji składowisk

Dla potrzeb analizy opcji technologicznych metod rekultywacji składowisk porównano dwie metody z których pierwsza polega na przeprowadzeniu rekultywacji technicznej i biologicznej za pomocą kształtowania kolejnych warstw rekultywacyjnych na zdeponowanych odpadach i rekultywacji biologicznej, druga metoda polega odspojeniu zgromadzonych odpadów wraz z określoną warstwą zanieczyszczonego gruntu wywiezieniem ww. masy odpadów i gruntu na składowisko spełniające wymogi ochrony środowiska oraz zagospodarowanie terenu poprzez uzupełnienie powstałej niecki nawiezieniem warstwy okrywowej oraz rekultywację biologiczną.

Przedstawione niżej koszty przyjęto dla teoretycznego obiektu przyjmując jednakową kubaturę zgromadzonych odpadów i podobne koszty wykonania prac wstępnych (mapa, projekt, dokumentacja techniczna itp.) o powierzchni ok. 0,6 ha i ilości zdeponowanych odpadów ok. 12600 Mg W przypadku wydobywania odpadów przyjęto ich transport do składowiska na odległość ok. 75 km.

4.4.1. Szacunkowe koszty zamknięcia i rekultywacji składowiska

4.4.1.1. Koszt zamknięcia i rekultywacji wariant I

W tabeli poniżej przedstawiono koszty zamknięcia i rekultywacji składowiska z założeniem wykonania prac

Tabela 4.10. Szacunki kosztów zamknięcia i rekultywacji składowiska dla wariantu I.

Lp.	Specyfikacja robót	Koszt prac		
		J.m.	Ilość jedn.	[PLN]
Prace wstępne				33 000
Rekultywacja techniczna składowiska		m²p.z.	6 000	290 900
3.	Uporządkowanie wysypiska, przemieszczanie odpadów	m³	1 000	7 100
4.	Plantowanie powierzchni	m²	6 000	10 200
5.	Wykonanie warstwy stabilizującej z odpadów mineralnych lub pospółki (0,15 m)	m³	900	38 700
6.	Zakup i dowóz gruntu na warstwę izolacyjną (głina 0,25 m)	m³	1 500	78 000
7.	Przykrycie powierzchni warstwą gruntu gliniastego o grub. 0,25 m	m³	1 500	57 000
8.	Wykonanie studni odgazowujących głęb. 3 m	szt.	6	6 000
9.	Zakup i dowóz humusu	m³	1 200	58 200
10.	Rozścielenie humusu grub. 0,2 m z wyrównaniem powierzchni	m²	6 000	31 200
11.	Rów opaskowy wokół składowiska	mb	300	4 500
Rekultywacja biologiczna składowiska		m²p.z.	6 000	13 010
12.	Obsianie powierzchni mieszanką traw	m²	6 000	9 000
13.	Sadzonki wierzby wiciowej z nasadzeniami	szt.	300	2 850
14.	Nasadzenia drzew	szt.	40	1 160
Monitoring po zamknięciu składowiska				60 000
15.	Do kalkulacji przyjęto okres 30 lat (przy założeniu, że badania po 5 latach wykazują, że składowisko nie oddziałuje na środowisko)	pomiar	30	60 000
Koszt RAZEM		m²p.z.	6 000	396 910

4.4.1.2. Koszt wydobycia odpadów ze składowiska wariant II

W tabeli poniżej przedstawiono szacunkową wycenę wydobycia, transportu i składowania odpadów na innym składowisku, wraz z rekultywacją terenu wysypiska po wydobyciu odpadów.

Tabela 4.11. Szacunki kosztów wydobycia i zagospodarowania odpadów dla wariantu II.

L.p.	Specyfikacja robót	Koszt prac [PLN]		
		J.m.	Ilość jednostek	
Prace wstępne				33 000
Wydobycie i zagospodarowanie odpadów ze składowiska		Mg	12600	1985000
3.	Prace przygotowawcze, m.in. wykonanie dojazdów do miejsca załadunku odpadów	m ²	100	5 000
4.	Załadunek i wywóz odpadów na odl. ok. 75 km	m ³	18 000	594 000
5.	Opłata za przyjęcie odpadów na składowisku	Mg	12600	1386000
Wypełnienie wyrobiska i rekultywacja terenu po wydobyciu		m ²	6000	353 310
6.	Dowóz i wypełnienie wyrobiska gruntem mineralnym (pospółką), ew. odpadami dopuszczonymi do wykorzystania do poziomu terenu (1,0 m)	m ³	6 000	258 000
7.	Zakup i dowóz humusu	m ³	900	43 650
8.	Rozścielenie humusu grub. 15 cm z wyrównaniem powierzchni	m ²	6 000	39 600
9.	Obsianie powierzchni mieszanką traw	m ²	6 000	9 000
10.	Sadzonki wierzby wiciowej i innych krzewów z nasadzeniami	szt.	200	1 900
11.	Nasadzenia drzew	szt.	40	1 160
Monitoring po zamknięciu wysypiska				10 000
12.	Do kalkulacji przyjęto 5 lat badań	rok	2	10 000
Koszt RAZEM		Mg.	12 600	2381310

*) w przypadku gdy składowisko jest składowiskiem nie spełniającym wymagań ochrony środowiska i nie dokonywano opłat za składowanie wówczas stawka za przyjęcie wydobytych odpadów przekroczy przyjętą wartość 110,0 PLN/Mg.

4.4.2. Wskazania najlepszych rozwiązań spośród rozważanych opcji rekultywacji składowisk

Analiza opcji rekultywacji składowisk pozwala oszacować wstępnie koszty obu rozwiązań dla potencjalnego obiektu. Wariant nr 2 jest bardziej kosztowny i dlatego zdecydowano o wyborze takiego rozwiązania tylko w jednym przypadku. W pozostałych przypadkach wybrano wariant nr 1 przeprowadzeniu rekultywacji technicznej i biologicznej za pomocą kształtowania kolejnych warstw rekultywacyjnych na zdeponowanych odpadach i rekultywacji biologicznej.

Za wyborem wariantu nr 2 w tej konkretnej lokalizacji (Rekultywacja składowiska odpadów w Cisewie, gmina Turek) przemawiały lokalne uwarunkowania m.in. dostępność materiału na wypełnienie niekiedy niewielka powierzchnia składowiska i koszty transportu odpadów na składowisko. W przypadku wariantu nr 1 rekultywacji składowisk przewidzianych do rekultywacji założyć należy

że w ramach działań rekultywacyjnych (rekultywacji technicznej) w pierwszej kolejności wykonane zostanie uporządkowanie i odpowiednie ukształtowanie terenu składowiska tj. przemieszczenie odpadów składowanych poza kwaterą na powierzchnię kwatery. Zmniejszenie powierzchni rekultywowanej kwatery pozwoli na ograniczenie kosztów związanych z konstrukcją uszczelnienia poprzez racjonalne ograniczenie powierzchni wymagającej okrywy rekultywacyjnej z zachowaniem odpowiednich, bezpiecznych, łagodnych spadków i przy zachowaniu dopuszczalnych rzędnych składowiska.