



XXXVII Konferencja z cyklu
Zagadnienia surowców energetycznych i energii
w gospodarce krajowej



Uwarunkowania środowiskowe technologii zgazowania odpadów

prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska
dr inż. Arkadiusz Primus

Zakopane, 21-23 październik 2024 r.

**Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk**

Plan prezentacji

- I. Model prawno-technologiczny technologii zgazowania odpadów
- II. Instalacja zgazowania odpadów – kluczowe węzły technologiczne
- III. Uwarunkowania środowiskowe technologii - emisje do środowiska
- IV. Wnioski

I. Model prawno-technologiczny technologii zgazowania odpadów

Uwarunkowania prawne

Uwarunkowania prawne dla technologii zgazowania odpadów

Podstawa prawna do kalifikacji technologii zgazowania odpadów jako instalacji termicznego przekształcania odpadów

Dyrektywa 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (ang. Integrated Emission Directive – dyrektywa IED)

Art. 42

(...) Przepisy szczególne dotyczące spalarni odpadów (...) odpadów nie mają zastosowania do instalacji do zgazowania lub pirolizy, jeżeli gazy powstałe w wyniku tego przetwarzania termicznego są oczyszczone w takim stopniu, że przed spalaniem **nie są już odpadami** i nie mogą spowodować **emisji większych niż w wyniku spalania gazu ziemnego**

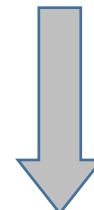
KONSEKWENCJE



Temp. Spalin **>850°C**, w czasie **<2 sek.**
Corg w żużlach i popiołach **<3%**
strata przy prażeniu **<5% s.m.**



Nie obowiązują
Konkluzje BAT dla ITPO



Nie obowiązują
standardy emisyjne dla
„spalania odpadów”



Brak obowiązku
ciągłego monitoring emisji

II. Instalacja zgazowania odpadów Kluczowe węzły technologiczne

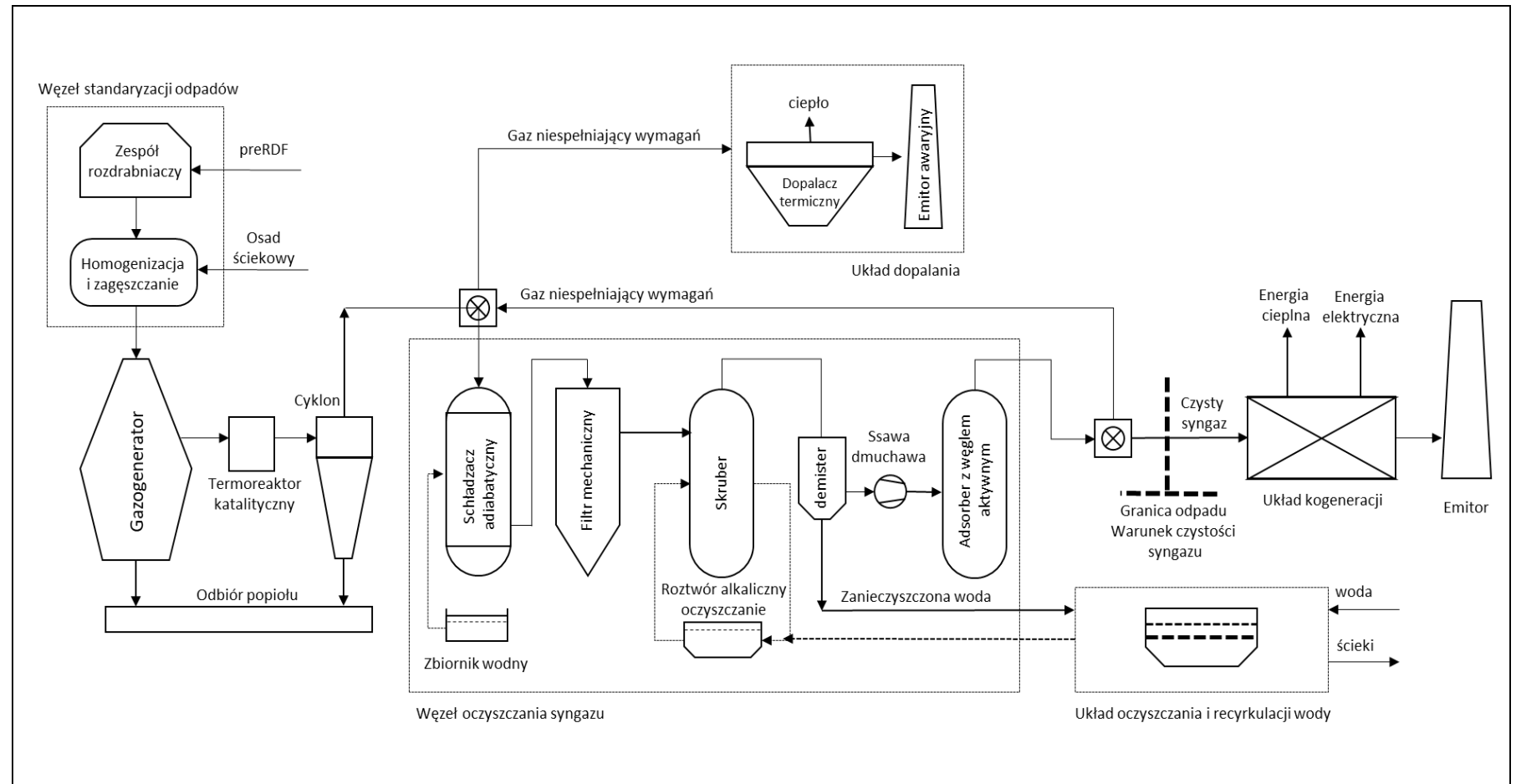
*Schemat ideowy modelowej instalacji zgazowania odpadów preRDF i osadów ściekowych
(na podstawie projektu LIFEcogeneration.pl)*

Węzły technologiczne

- Węzeł standaryzacji odpadów
- Węzeł zgazowania odpadów
- Węzeł oczyszczania syngazu
- Węzeł produkcji energii

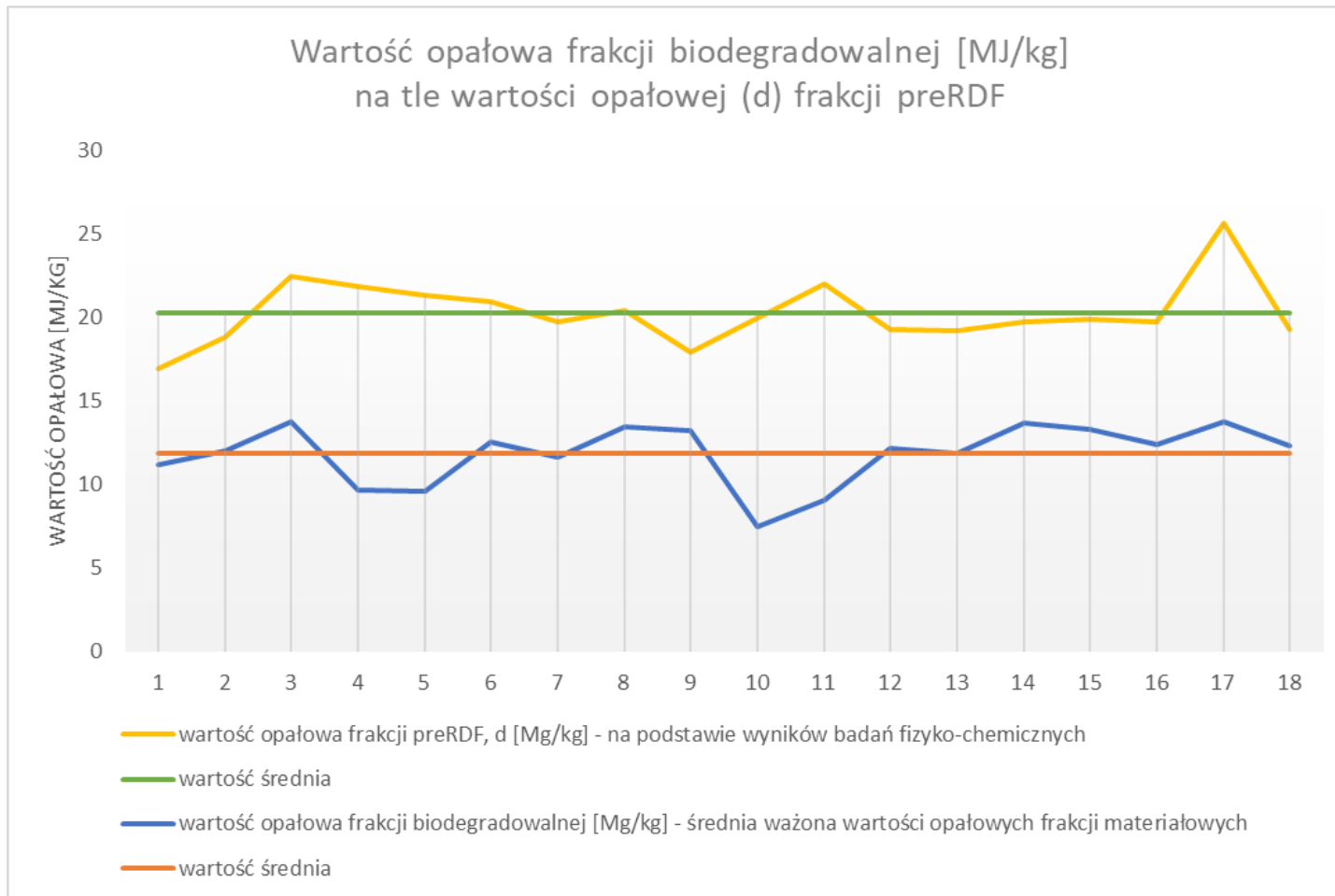
Układy i obiegi wspomagające

- Układ dopalania syngazu (w warunkach odbiegających od normalnych)
- Oczyszczania i recyrkulacji roztworów alkalicznych
- Oczyszczania i recyrkulacji wody procesowej



III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Efektywność energetyczna

Efektywność produkcji energii odnawialnej



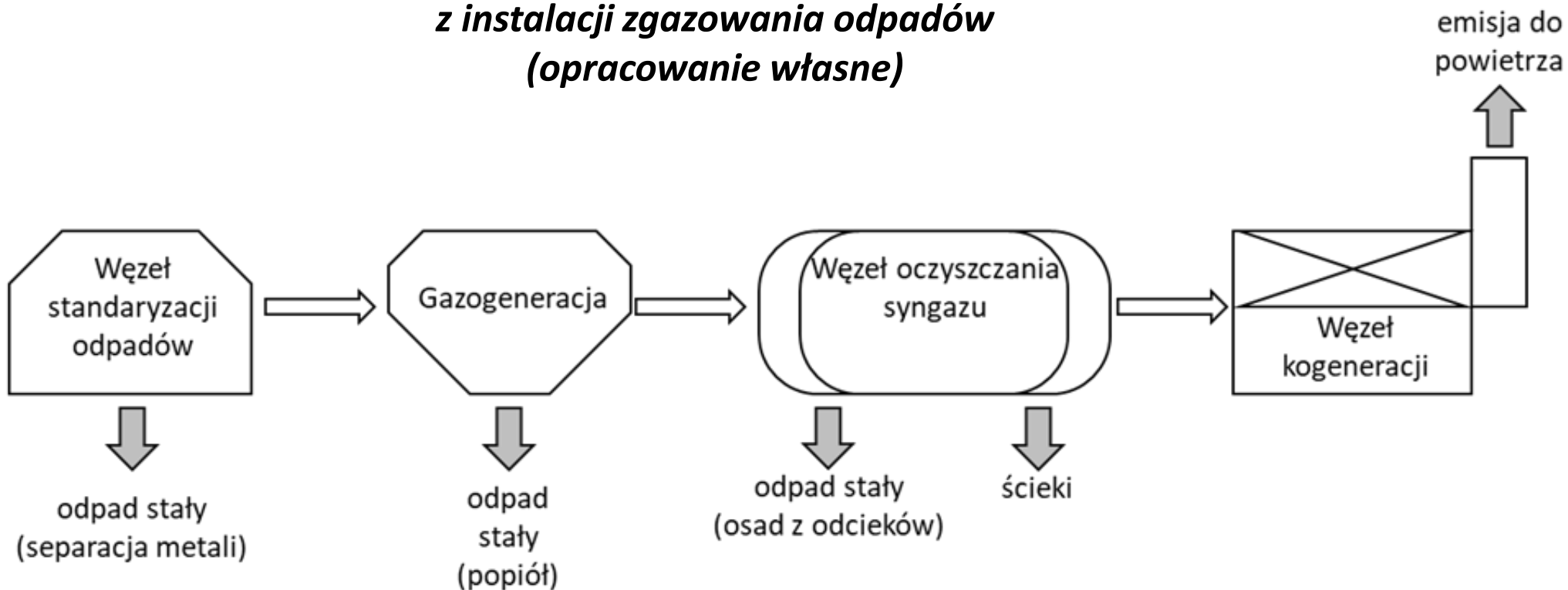
Obliczona wartość opałowa frakcji biodegradowalnej na tle oznaczonej wartości opałowej (d) frakcji preRDF

Udział **energii odnawialnej** w energii wytworzonej w wyniku termicznego przetwarzania odpadów dla badanych próbek frakcji nadsitowej preRDF z **20%** udziałem osadów ściekowych:

$$E_{OZE} = 0,45 \times E$$

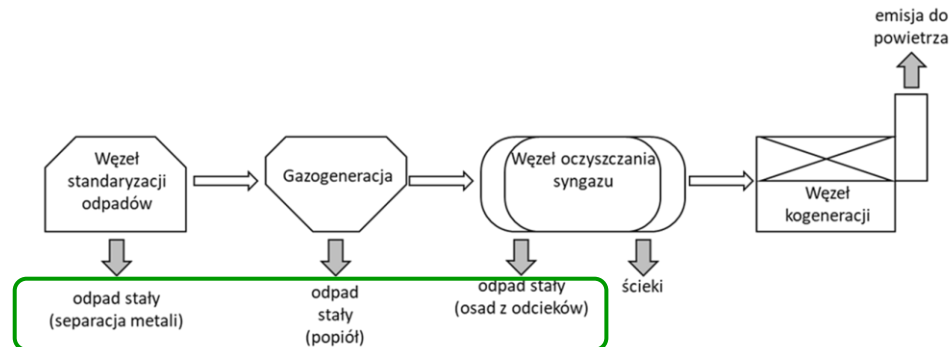
III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska

**Źródła powstawania i wprowadzania (emitowania)
zanieczyszczeń do środowiska
z instalacji zgazowania odpadów
(opracowanie własne)**



III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – odpady stałe

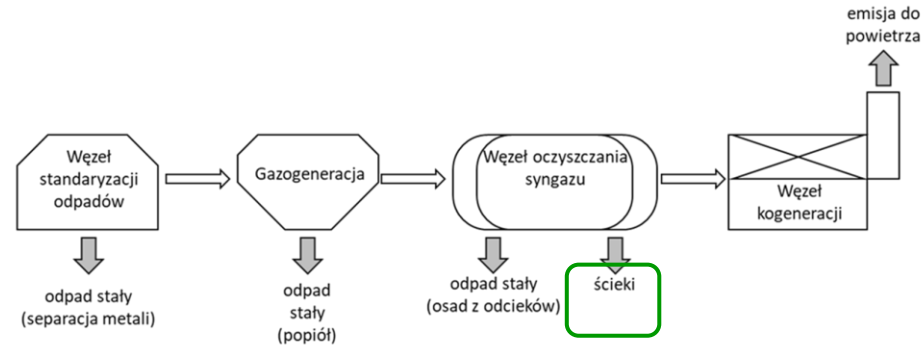
Zestawienie zbiorcze uwarunkowań środowiskowych emisji z modelowej instalacji zgazowania odpadów [opracowanie własne]



Rodzaj emisji	Proces - źródło emisji	Miejsce powstawania/emisji	Uwarunkowania środowiskowe
Odpady	Przetwarzanie preRDF	Standaryzacja odpadów (nadawy)	Odpady użytkowe przeznaczone do odzysku - elementy metalowe z doczyszczania preRDF przed homogenizacją z osadami ściekowymi
	Popioły i pyły z procesu zgazowania odpadów	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> • Brak płynięcia substancji mineralnej – brak żużli • Podwyższona zawartość węgla organicznego i zaadsorbowanych produktów niepełnego spalania • Prawdopodobna klasyfikacja jako odpady niebezpieczne
	Osady z oczyszczania odcieków	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> • Wytrącone i odwodnione mechanicznie sole powstałe z neutralizacji substancji kwaśnych w syngazie • Śladowe ilości węgla organicznego (węglowodory i pochodne)

III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – ścieki

Zestawienie zbiorcze uwarunkowań środowiskowych emisji z modelowej instalacji zgazowania odpadów [opracowanie własne]

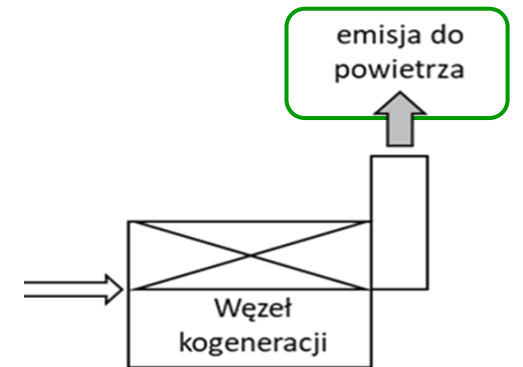


Rodzaj emisji	Proces - źródło emisji	Miejsce powstawania/emisji	Uwarunkowania środowiskowe
Ścieki	Odcieki technologiczne z oczyszczania roztworu absorpcyjnego w oczyszczalni ścieków	Oczyszczanie syngazu – obieg technologiczny roztworu absorpcyjnego	<ul style="list-style-type: none"> Zneutralizowany wodny roztwór – zasilanie obiegu roztworu absorpcyjnego Nadmiar – odprowadzany do kanalizacji jako ścieki przemysłowe

III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – substancje gazowo-pyłowe

Zestawienie maksymalnych wartości stężeń w sieci receptorów poza terenem zakładu (symulacja dyfuzji zanieczyszczeń)

Lp.	Nazwa zanieczyszczenia	Najwyższe stężenie maksymalne D 1h, µg/m ³			Najwyższe stężenie średnioroczne Da, µg/m ³		
		Obliczone	Dopuszczalne	% stężenia dopuszczalnego	Obliczone	Dopuszczalne (Da – R)*	% stężenia dopuszczalnego
1	pył PM-10	6,0	280	2,14	0,136	36	0,38
2	dwutlenek siarki	10,0	350	2,86	0,679	18	3,77
3	tlenki azotu jako NO2	63,5	200	31,75	4,298	36	11,94
4	tlenek węgla	40,1	30000	0,13	1,357	brak	-
5	węgiel elementarny	4,0	150	2,67	0,136	7,2	1,89
6	amoniak	4,0	400	1,00	0,272	45	0,60
7	arsen	0,05	0,2	25,00	0,0034	0,0054	62,96
8	fluor	1,60	30	5,33	0,0272	1,8	1,51
9	kadm	0,005	0,52	0,96	0,0003	0,0045	6,67
10	chlorowodór	24,1	200	12,05	0,272	22,5	1,21
11	mangan	0,05	9	0,56	0,0034	0,9	0,38
12	miedź	0,05	20	0,25	0,0034	0,54	0,63
13	nikiel	0,05	0,23	21,74	0,0034	0,018	18,89
14	ołów	0,05	5	1,00	0,0034	0,45	0,76
15	rtęć	0,01	0,7	1,43	0,0007	0,036	1,94
16	wanad	0,05	2,3	2,17	0,0034	0,225	1,51
17	chrom (VI)	0,05	4,6	1,09	0,0034	0,36	0,94
18	antymon i jego związki	0,05	23	0,22	0,0034	1,8	0,19
19	kobalt	0,05	5	1,00	0,0034	0,36	0,94
20	tal	0,005	1	0,50	0,0003	0,117	0,26
21	pył PM 2,5	6,0	brak	-	0,136	18	0,76
22	dioksyiny i furany	0,039 x 10 ⁻⁶	brak	-	0,0026 x 10 ⁻⁶	brak	-



III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – substancje gazowo-pyłowe

Zestawienie zbiorcze uwarunkowań środowiskowych emisji z modelowej instalacji zgazowania odpadów [opracowanie własne]

Rodzaj emisji	Proces - źródło emisji	Miejsce powstawania/emisji	Uwarunkowania środowiskowe
Substancje gazowo-pyłowe	Pył i metale ciężkie	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Emisja pyłu powiązana z emisją metali o wysokich temperaturach topnienia i wrzenia – syngaz wysokoskutecznie odpylany w szeregu urządzeń oczyszczania syngazu Emisja gazowa – rtęci, selenu i arsenu - ograniczenie emisji poprzez adsorpcję na sorbentach (węgiel aktywny) Śladowa emisja pozostałych metali ciężkich – specjacja w popiele
	Związki siarki (siarkowodór, tlenki siarki)	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Siarka utleniania i zredukowana w procesie zgazowania Związki usuwane z dużą skutecznością w układzie oczyszczania syngazu Spalanie resztkowych (śladowych) ilości związków siarki w silniku – emisja SO₂
	Związki azotu	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Równowaga reakcji zgazowania przesunięta w kierunku syntezy podtlenku azotu, amoniaku i cyjanowodoru – skuteczna separacja w układzie oczyszczania syngazu Synteza termicznych tlenków azotu ograniczona ze względu na temperaturę procesu w strefie utleniania Możliwa ponowna synteza tlenków azotu w spalaniu syngazu w silniku
		Spalanie w silniku	<ul style="list-style-type: none"> Niska zawartość tlenków azotu i amoniaku (główne związki) w syngazie Możliwa ponowna synteza tlenków azotu podczas spalania syngazu w silniku Niskokaloryczny syngaz – niskie zdolności do syntezy termicznych związków azotu

III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – substancje gazowo-pyłowe

Zestawienie zbiorcze uwarunkowań środowiskowych emisji z modelowej instalacji zgazowania odpadów [opracowanie własne]

Rodzaj emisji	Proces - źródło emisji	Miejsce powstawania/emisji	Uwarunkowania środowiskowe
Substancje gazowo-pyłowe	produkty niepełnego spalania węglowodory alifatyczne i aromatyczne i pochodne	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Względnie sprzyjające warunki termochemiczne do powstawania produktów niepełnego spalania - krótki czas przebiegu reakcji w strefie spalania oraz stechiometryczny niedobór tlenu w strefie redukcji (zgazowania) Termokatalityczny rozkład łańcuchów węglowych w podwyższonych temperaturach
		Spalanie w silniku	<ul style="list-style-type: none"> Niskie zdolności do syntezy większych łańcuchów węglowych Wysoka temperatura spalania i duża nadwyżka stechiometryczna tlenu – korzystne warunki dla dopalania resztkowych produktów niepełnego spalania Bardzo niskie prawdopodobieństwo rekombinacji do tworzenia łańcuchów węglowych
	Związki chloru, fluoru i bromu	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Synteza ukierunkowana na tworzenie kwasów wodorowych (HCl, HF i HBr) Reaktywność związków w fazie gazowej i udział w syntezach rodników węglowodorowych wysoka skuteczność usuwania z syngazu w procesie absorpcji zasadowej
		Spalanie w silniku	Śladowe ilości w spalonym syngazie

III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska – substancje gazowo-pyłowe

Zestawienie zbiorcze uwarunkowań środowiskowych emisji z modelowej instalacji zgazowania odpadów [opracowanie własne]

Rodzaj emisji	Proces - źródło emisji	Miejsce powstawania/emisji	Uwarunkowania środowiskowe
Substancje gazowo-pyłowe	Dioksyny i furany	Zgazowanie	<ul style="list-style-type: none"> Ograniczone możliwości syntezy - Wysoka temperatura w strefie spalania i redukcji (> 900°C) oraz stechiometryczny niedobór tlenu Wtórna synteza (mechanizm de novo) ograniczona poprzez niską zawartość tlenu w syngazie (<2%) w temperaturach 200-400°C
		Spalanie w silniku	<ul style="list-style-type: none"> Skuteczne usuwanie chlorowodoru i jego rodników chlorowych w absorpcji zasadowej Znacząco ograniczone możliwości syntezy podczas spalania syngazu – śladowa zawartość chloru i wysoka temperatura

III. Uwarunkowania środowiskowe technologii Emisje do środowiska

Zestawie kluczowych uwarunkowań oceny środowiskowej instalacji zgazowania

Wpływ na środowisko

**Dopuszczalny przy zachowaniu
środków technicznych i kontroli
bieżącej**

Rodzaj emisji do środowiska	Podstawowe wymagania techniczne i organizacyjne ochrony środowiska
Gospodarka odpadami	<ul style="list-style-type: none">• Prawidłowe zarządzanie logistyką dostaw i odbiorów odpadów• Szczelne nawierzchnie i place manewrowe• Magazynowanie odpadów zgodnie z wymogami• Monitoring techniczny i procesowy instalacji• Stabilizacja – minimalizacja wymywalności metali
Wytwarzanie ścieków	<ul style="list-style-type: none">• Oczyszczanie/neutralizacja ścieków technologicznych• Monitoring techniczny i procesowy oczyszczalni• Szczelna kanalizacja i zbiorniki• Maksymalizacja recyrkulacji odcieków w układzie oczyszczania syngazu
Emisja do powietrza atmosferycznego	<ul style="list-style-type: none">• Standaryzacja odpadu (nadawy do zgazowania)• Optymalizacja i kontrola procesu zgazowania• Rozbudowany układ oczyszczania syngazu• Bieżąca kontrola stanu technicznego instalacji zgazowania• Ciągły monitoring procesowy i środowiskowy instalacji i silnika
Emisja hałasu	<ul style="list-style-type: none">• Dobór urządzeń o możliwie niskich mocach akustycznych• Zabudowa urządzeń w budynkach i halach

IV. WNIOSKI

Wnioski

- **Technologia zgazowania odpadów nie posiada jednoznacznie zdefiniowanych ram prawnych w krajowym systemie regulacji**
- **Przeanalizowane zestawienie środowiskowych wymogów prawnych w powiązaniu z warunkami technicznymi stanowić może model prawno-technologiczny dla wdrożeń technologii zgazowania odpadów w krajowym oraz Unijnym systemie regulacji prawnych**
- **Uwarunkowania środowiskowe dla wdrożeń technologii zgazowania odpadów powinny koncentrować się na:**
 - **Optymalizacji procesu zgazowania,**
 - **Technologiach oczyszczania syngazu,**
 - **Bezpieczeństwie procesowym,**
- **Modelowa instalacja zgazowania odpadów charakteryzuje się atrakcyjnym poziomem wykorzystania energii chemicznej z paliwa (56,1%) oraz wysokim współczynnikiem skojarzenia (39,3%)**
- **Należy rozpatrzyć wprowadzenie dedykowanych ram prawnych dla wdrożeń komercyjnych instalacji zgazowania odpadów**

Dziękuję za uwagę

