

**UZUPEŁNIAJĄCE BADANIA SKŁADU FRAKCJI
0-60 mm ODPADÓW KOMUNALNYCH DLA
POTRZEB PRZEDSIĘWZIĘCIA
„SYSTEM GOSPODARKI ODPADAMI ŚLĘZA-OŁAWA”**

Sprawozdanie z badań

**dr inż. Emilia den Boer
dr inż. Kamil Banaszkiewicz
inż. Szymon Ciesielski
tech. lab. Elżbieta Samolej**

Wrocław, marzec 2012

Skład zespołu badawczego:

dr inż. Emilia den Boer
dr inż. Kamil Banaszkiewicz
inż. Szymon Ciesielski
tech. lab. Elżbieta Samolej

Współpraca – studenci Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej

Sebastian Stawiski
Krzysztof Skowron
Joanna Marczakiewicz
Daria Lewandowska
Sylwia Parszyk
Aleksandra Madera

SPIS TREŚCI

1. Cel i zakres opracowania.....	4
2. Ogólne przedstawienie problematyki wykonanych badań odpadów i ich metodyki	4
3. Wyniki badań	6
3.1 Skład granulometryczny frakcji < 60 mm.....	6
3.2 Średni skład morfologiczny frakcji < 60 mm.....	7
3.3 Właściwości fizyko-chemiczne odpadów frakcji <60 mm.....	9
Uwodnienie i masa organiczna	9
Wydzielanie frakcji drobnych w okresie zimowym.....	10
Zawartość siarki	11
4. Zdjęcia z sortowania.....	13
Załącznik	23

1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przedstawienie wyników uzupełniających badań (w stosunku do wyników badań z roku 2008) odpadów komunalnych frakcji 0-60 mm przeprowadzonych w marcu 2012. Frakcja <60 mm w zmodernizowanej instalacji będzie kierowana do biologicznego przetwarzania w technologii beztlenowej fermentacji. Badania przeprowadzono dla uzyskania charakterystyki składu i właściwości odpadów wymaganej dla określenia jakości strumienia odpadów kierowanych do procesu fermentacji w najbardziej niekorzystnym okresie, jakim jest okres grzewczy.

Zakres opracowania obejmuje:

- krótkie wprowadzenie do problematyki badań odpadów komunalnych i ich metodyki,
- przedstawienie wyników badań składu granulometrycznego, materiałowego oraz fiz.-chem. odpadów kierowanych do ZZO Gać w okresie grzewczym
- omówienie wyników badań w kontekście przydatności poddanych badaniom odpadów do procesu fermentacji.

2. Ogólne przedstawienie problematyki wykonanych badań odpadów i ich metodyki

W dniu 07.02.2012 w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej pod poz. 2012/S 25-040342 ogłoszony został przetarg nieograniczony „Modernizacja i rozbudowa Zakładu Gospodarowania Odpadami w m. Gać Budowa części biologicznej MBP (fermentacja)” w ramach projektu "System gospodarki odpadami Ślęza – Oława. Załącznik nr 8 do Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) stanowi raport dotyczący wyników badań składu granulometrycznego i morfologicznego oraz fizykochemicznego odpadów przeprowadzonych przez okres pełnego roku (4 sezony) w 2008 roku. Badania te dają dość pełny obraz właściwości całego strumienia odpadów wytwarzanego w omawianym regionie. Natomiast w ramach tych uzupełniających badań skupiono się na parametrach strumienia który będzie kierowany do fermentacji, m.in. w celu określenia wielkości granicznej wielkości frakcji drobnej, która musi być usuwana z frakcji < 60 mm przed komową fermentacji w okresie zimowym.

Skład odpadów wytwarzanych na terenach wiejsko-miejskich w Polsce, jakim jest region z którego pochodzą odpady trafiające do ZGO Gać, w zasadniczym stopniu odbiega od składu odpadów wytwarzanych w innych krajach Unii Europejskiej, w których dotychczas eksploatowane były instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów w technologii beztlenowej i z których pochodzi zdecydowana większość referencji potencjalnych dostawców technologii. Ta rozbieżność wynika przede wszystkim ze stosowania w Polsce na terenach wiejsko-miejskich indywidualnego ogrzewania w oparciu o paliwa stałe, głównie na bazie węgla. Konsekwencją tego jest występowanie w odpadach komunalnych, zwłaszcza w odpadach z terenów wiejskich i mniejszych miast znacznej ilości odpadów mineralnych w postaci żużli i popiołów. Występują one głównie we frakcjach drobnych, których udział masowy w kierowanej do fermentacji frakcji <60 mm jest stosunkowo wysoki. Podwyższona zawartość frakcji mineralnej w odpadach w okresie grzewczym stanowi problem, który wymaga szczególnej uwagi na etapie projektowania i doboru urządzeń przygotowania wsadu do fermentacji. Oprócz pogorszenia parametrów fizycznych odpadów, wysoka zawartości pozostałości po spalaniu węgla ma również wpływ na skład chemiczny odpadów. Szczególnie istotnym parametrem jest tutaj podwyższona zawartość siarki w odpadach kierowanych do fermentacji. Związki siarki w procesie fermentacji przechodzą w formę siarkowodoru, zwiększając poziom zanieczyszczenia biogazu tym związkiem. Wymaga to również szczególnej uwagi na etapie doboru układu oczyszczania biogazu, który musi zapewnić jakość biogazu wymaganą z uwagi na parametry pracy agregatów prądotwórczych.

W związku z powyższymi problemami, postanowiono wykonać dodatkowe badania w okresie grzewczym, w celu zweryfikowania wyników wcześniej prowadzonych badań oraz w celu uzupełnienia charakterystyki frakcji 0-60 mm, tak aby umożliwić oferentom weryfikację proponowanych rozwiązań, a w przyszłości uniknąć problemów eksploatacyjnych.

Do badań pobrano frakcję < 60 mm wydzielaną na sicie obrotowych. W 2008 roku, kiedy prowadzone były wcześniejsze badania, w instalacji nie była jeszcze wydzielana frakcja <60 mm. Zmiana sita miała miejsce w ramach prac przygotowawczych do rozbudowy zakładu. Ta zmiana jest bardzo istotna, gdyż samo sito może mieć również pewien wpływ na obecną jakość odpadów.

Do badań pobrano z zasobni ZGO w Gaci próby odpadów z czterech dni roboczych: 16.03., 19.03, 20.03. i 19.03.2012 r. Łącznie pobrano dziesięć prób ok. 30 kg, następnie próby pobierane w ciągu jednego dnia uśredniono i poddano dalszym badaniom.

Próby pobieranych odpadów komunalnych pochodziły głównie z gospodarstw domowych oraz z małych obiektów infrastruktury i obsługi ludności itp., odbieranych wspólnie z odpadami komunalnymi z gospodarstw domowych.

Badania wykonano zgodnie z metodyką referencyjną zalecaną przez Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami oraz NFOŚiGW (www.mos.gov.pl).

We wszystkich czterech próbach wykonano:

- **badania składu frakcyjnego (analiza sitowa)** z podziałem na 5 frakcji ziarnowych:

- 1) poniżej 10 mm,
- 2) 10-25 mm,
- 3) 15-20 mm,
- 4) 20-40 mm,
- 5) 40 - 60 mm,

- **badania morfologii odpadów (składu materiałowego)**

Badania składu morfologicznego (materiałowego) frakcji 20 – 40 mm i 40 – 60 mm wykonano w podziale na 11 głównych frakcji materiałowych (odpady organiczne (kuchenne i ogrodowe oraz zielone), papier, tworzywa sztuczne, tekstylia, drewno, szkło, metale, odpady wielomateriałowe, odpady niebezpieczne, odpady inertne, inne odpady). Natomiast we frakcjach 10 – 15 mm i 15 – 20 mm określono łączną zawartość frakcji ulegających biodegradacji (BIO) i frakcji nie ulegających biodegradacji (nie BIO).

- **badania wilgotności i straty prażenia wybranych frakcji ziarnowych i materiałowych**

(dla 1 uśrednionej próby odpadów z czterech dni), w tym:

- analiza wilgotności i straty prażenia frakcji < 10 mm,
- 2 x 1 analiza wilgotności i straty prażenia frakcji 10-15 mm (odrębnie dla całości i części biodegradowalnej - BIO)
- 2 x 1 analiza wilgotności i straty prażenia frakcji 15 - 20 mm (odrębnie dla całości i części biodegradowalnej - BIO),
- 7 analiz wilgotności i straty prażenia frakcji 40-60 mm (odrębnie dla każdej z organicznych frakcji odpadów: odpady organiczne (kuchenne i ogrodowe oraz zielone), papier, tworzywa sztuczne, tekstylia, drewno, odpady wielomateriałowe, inne odpady),
- 7 analiz wilgotności i straty prażenia frakcji 40-60 mm (odrębnie dla każdej z organicznych frakcji odpadów: odpady organiczne (kuchenne i ogrodowe oraz zielone), papier, tworzywa sztuczne, tekstylia, drewno, odpady wielomateriałowe, inne odpady),

Zawartość siarki całkowitej w pięciu uśrednionych próbach: frakcji <10 mm, frakcji 10-15 mm, frakcji 15-20 mm, frakcji biodegradowalnej 20 – 40 mm (odpady organiczne + papier) oraz frakcji biodegradowalnej 40 – 60 mm (odpady organiczne + papier). Dla oznaczenia zawartości siarki całkowitej próby zostały rozdrobnione, wysuszone, uśrednione i poddane analizie elementarnej.

3. Wyniki badań

Z uwagi na ograniczoną liczbę pobranych i analizowanych prób wyniki badań należy traktować jako uzupełniające w stosunku do badań o znacznie szerszym zakresie prowadzonych w 2008 roku. W raporcie przedstawiono również wyniki dodatkowych badań, które zespół Politechniki Wrocławskiej przeprowadził w październiku 2010, w ramach projektu badawczego REMOWE. W ramach badań pobrano 3 wtedy próby o odpadów < 80 mm, o masie ok. 50 kg każda.

Poniżej przedstawione zostaną wyniki badań dla każdej z czterech uśrednionych prób. Każda próba dotyczy innego dnia z okresu 16-21.03.2012. Próby zostały pobrane w okresie grzewczym, jednak w obszarze objętym badaniami już od ponad 2 tygodni przed poborem prób panowały dodatnie temperatury. Składy odpadów z 4 dni uśredniono. W opisanym procedurze nie ma możliwości dokładnego przypisania odpadów do rejonów miejskich lub wiejskich, w związku z powyższym wynik ten należy traktować jako średni dla rejonu objętego badaniami.

W załączniku zamieszczono szereg zdjęć pobieranych do badań frakcji, które mogą być pomocne w analizie danych.

3.1 Skład granulometryczny frakcji < 60 mm

Skład granulometryczny pobranych prób przedstawiono w tabeli 1. Największy średni udział z wydzielonej na sicie mechanicznym frakcji 0-60 mm miała frakcja granulometryczna 20 – 40 mm (średnio 34,9%). Bardzo wysoki był również udział masowy frakcji drobnej <10 mm (24,5%).

Tabela 1. Skład granulometryczny frakcji < 60 mm [% masy]

Frakcja	Próba 1 16.03.12	Próba 2 19.03.12	Próba 3 20.03.12	Próba 4 21.03.12	zakres	Średni
40 - 60 mm	13,13	23,16	11,87	12,85	11,87 – 23,16	15,25
20-40 mm	36,87	34,15	41,17	27,33	27,33 – 41,17	34,88
15-20 mm	21,36	15,52	12,12	19,79	12,12 – 21,36	17,20
10-15 mm	7,82	7,15	8,21	9,47	7,15 – 9,47	8,16
< 10 mm	20,81	20,02	26,63	30,56	20,02 – 30,56	24,51
	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00

Porównanie otrzymanych wyników składu granulometrycznego frakcji <60 mm z wynikami badań przeprowadzonych w 2008 roku.

Tabela 2 przedstawia porównanie składu granulometrycznego frakcji < 60 mm stwierdzonego w obecnych próbach oraz wartości średniorocznych i z okresów wiosennego i zimowego (grzewczych) w 2008 roku, jak również ze wspomnianych dodatkowych badań prowadzonych w 2010 roku. W porównaniu z odpadami z 2008 roku obecne próby zawierały mniej frakcji większych 20 – 60 mm (obecnie łącznie ok. 50,1%) w porównaniu z próbą całoroczną z 2008 roku (62,7%) oraz z okresu

wiosennego 2008 (55,45%) i zimowego 2008 (63,54%). Zdecydowanie większy udział miały obecnie frakcje drobne, zwłaszcza 10 – 20 mm (obecnie: 25,4%) w porównaniu z rokiem 2008. W tej frakcji stwierdzono w obecnych badaniach znaczne ilości żużli po spalaniu w domowych paleniskach. Natomiast zawartość w odpadach frakcji <10 mm była najwyższa wiosną 2008 roku. W październiku 2010 roku również stwierdzono bardzo wysoką zawartość frakcji < 10 mm. W odpadach z października 2010 udział frakcji 40 – 60 mm był zdecydowanie najniższy, a zawartość drobnych frakcji < 20 mm najwyższa w porównaniu do innych okresów.

Tabela 2. Skład granulometryczny frakcji < 60 mm obecnie i w 2008 roku [% masy]

Frakcja	Średni obecny	2008 średnioroczny	2008 wiosna	2008 zima	2010 jesień
40 - 60 mm	15,25	26,37	20,21	26,64	11,75
20-40 mm	34,88	36,32	35,24	36,90	34,57
15-20 mm	17,2	15,95	12,29	18,71	24,41
10-15 mm	8,16				
< 10 mm	24,51	21,36	32,26	17,74	29,27
suma	100	100,0	100,00	100,00	100,00

3.2 Średni skład morfologiczny frakcji < 60 mm

Na podstawie danych zawartych w załączniku, w tabelach Z1- Z4 obliczono średni skład frakcji <60 mm odpadach pobranych w ciągu 4 dni badań. Skład ten przedstawiony został w tabeli 3. W obydwu frakcjach powyżej 20 mm największy udział masowy przypadł na odpady kuchenne i ogrodowe, jednak należy stwierdzić, że zawartości frakcji inertnych, takich jak kamienie oraz przede wszystkim szkło również występowały w bardzo wysokich ilościach.

Tabela 3. Sumaryczny skład morfologiczny odpadów frakcji < 60 mm z czterech dni [% wagowy]

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	7,19	18,67				25,86
Drewno	0,17	0,19				0,36
Papier i tektura	2,20	2,29				4,49
Tworzywa sztuczne	0,49	0,63				1,12
Szkło	1,76	7,64				9,40
Tekstylia	0,28	0,04				0,33
Metale	0,45	0,49				0,94
Odp. niebezpiecz.	0,05	0,00				0,05
Wielomateriałowe	0,98	0,99				1,97
Inertne	1,45	3,88				5,34
Inne kategorie	0,22	0,05				0,28
BIO			10,88	5,72		16,60
nie BIO			6,32	2,44		8,76
<10 mm					24,51	24,51
SUMA	15,25	34,88	17,20	8,16	24,51	100,00

Porównanie z danymi z poprzednich lat

W tabeli 4 przedstawiono analogiczne dane dla całego regionu i roku 2008 (na podstawie tabeli 50 z raportu końcowego z badań). Natomiast w tabeli 5 zawarto odpowiednie wyniki dla października 2010. Można stwierdzić przede wszystkim, że w uśrednionych wynikach całorocznych zawartość odpadów kuchennych i ogrodowych jest znacznie wyższa niż w miesiącach zimowych „grzewczych”. Ponadto odpady z 2008 cechowała znacznie niższa zawartość szkła we frakcji 20-40 mm niż w pozostałych dwóch okresach. Generalnie okres zimowy cechuje stosunkowo niska zawartość frakcji ulegającej w odpadach kierowanych do fermentacji, a ponadto odpady organiczne są w tym okresie zanieczyszczone drobną frakcją mineralną.

Tabela 4. Sumaryczny skład morfologiczny odpadów frakcji < 60 mm z roku 2008 [% wagowy]

	40-60 mm	20-40 mm	10-20 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	14,16	29,61			43,77
Drewno	0,04	0,02			0,06
Papier i tektura	4,46	1,20			5,66
Tworzywa sztuczne	3,10	0,78			3,88
Szkło	1,58	0,38			1,96
Tekstylia	0,26	0,04			0,30
Metale	0,76	0,20			0,96
Odp. niebezp.	0,04	0,00			0,04
Wielomateriałowe	0,80	0,18			0,98
Inertne	0,58	1,00			1,58
Inne kategorie	0,44	0,70			1,14
10 – 20 mm			14,82		14,82
<10 mm				24,80	24,80
suma	26,23	34,11	14,82	24,80	100

Tabela 5. Sumaryczny skład morfologiczny odpadów frakcji < 60 mm, jesień 2010 [% wagowy]

	40-60 mm	20-40 mm	10-20 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	3,24	13,33			16,57
Drewno	0,05	0,12			0,17
Papier i tektura	2,74	1,70			4,44
Tworzywa sztuczne	1,23	1,23			2,45
Szkło	2,43	14,59			17,02
Tekstylia	0,07	0,06			0,13
Metale	0,34	0,34			0,68
Odp. niebezp.	0,00	0,04			0,04
Wielomateriałowe	0,86	0,14			1,00
Inertne	0,56	1,07			1,64
Inne kategorie	0,23	1,96			2,18
BIO 10-20 mm			14,86		14,86
nieBIO 10-20 mm			9,55		9,55
<10 mm				29,27	29,27
SUMA	11,75	34,57	24,41	29,27	100,00

3.3 Właściwości fizyko-chemiczne odpadów frakcji <60 mm

Uwodnienie i masa organiczna

Tabela 4 przedstawia wyniki oznaczeń uwodnienia i masy organicznej poszczególnych frakcji odpadów, wykonane przez laboratorium Politechniki Wrocławskiej. Uwodnienie oznaczono poprzez wysuszenie prób w 105°C, a masę organiczną jako strata prażenia w 550°C. Masa organiczna oznaczona tą metoda obejmuje zarówno materiały biodegradowalne (kuchenne i ogrodowe, papier, tektura, drewno), jak i organiczne niebiodegradowalne takie jak tworzywa sztuczne czy po części biodegradowalne (jak wielomateriałowe). Jednak na podstawie badań składu odpadów (tabela 3) można stwierdzić, że udział odpadów organicznych niebiodegradowalnych jest stosunkowo niewielki i wynosi dla frakcji 40 – 60 mm tylko ok. 15% wszystkich organicznych we frakcji 40-60 mm i mniej niż 10% we frakcji 20-40 mm.

Tabela 6. Sumaryczny skład morfologiczny odpadów frakcji < 60 mm, jesień 2010 [% wagowy]

Lp.	Rodzaj badanej frakcji prób	Uwodnienie [%]	Masa organiczna [% s.m.]
1	40 - 60 mm kuchenne i ogrodowe	76,76	82,38
2	40 - 60 mm drewno	52,39	87,96
3	40 - 60 mm papier + tektura	48,69	78,07
4	40 - 60 mm tworzywa	13,5	80,46
5	40 - 60 mm tekstylia	45,33	75,33
6	40 - 60 mm Wielomateriałowe	24,18	69,74
7	40 - 60 mm inne	34,52	88,99
8	20 - 40 mm kuchenne i ogrodowe	72,23	76,76
9	20 - 40 mm drewno	35,79	91,96
10	20 - 40 mm papier + tektura	50,37	74,38
11	20 - 40 mm tworzywa	8,57	86,7
12	20 - 40 mm tekstylia	43,95	85
13	20 - 40 mm Wielomateriałowe	16,05	78,46

Lp.	Rodzaj badanej frakcji prób	Uwodnienie [%]	Masa organiczna [% s.m.]
14	20 - 40 mm inne	23,99	88,99
15	15 – 20 mm	44,16	41,17
16	15 – 20 mm bio	57,34	68,57
17	10 – 15 mm	38,89	35,27
18	10 – 15 mm bio	43,91	48,72
19	< 10 mm	35,25	34,68

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 6 obliczono średnie uwodnienia i zawartości masy organicznej w poszczególnych frakcjach granulometrycznych. Zarówno uwodnienie, jak i zawartość frakcji organicznej są najwyższe we frakcji 40 -60 mm. Średnie ważone uwodnienie całej frakcji <60 mm wynosi 42,5%, a średnia zawartość masy organicznej 36,22% s.m.

Tabela 7. Średnie uwodnienia i zawartości frakcji organicznej we frakcjach granulometrycznych

	40-60	20-40	15-20	10-15	<10	Średnia ważona
Uwodnienie, %	48,84	44,86	44,35	38,25	35,25	42,49
Masa organiczna, % s.m.	44,01	31,97	41,26	35,13	34,68	36,22

Wydzielanie frakcji drobnych w okresie zimowym

W oparciu o powyższe wyniki obliczono hipotetyczne składy frakcji < 60 mm po wydzieleniu frakcji drobnych w trzech wariantach: 1) < 10 mm, 2) <15 mm i 3) <20 mm.

Tabela 8. Hipotetyczny skład frakcji do fermentacji po wydzieleniu frakcji drobnych [% masy]

Frakcja	10 - 60 mm	15-60 mm	20-60 mm
Kuchenne i ogrodowe	16,21	18,47	25,36
Drewno	0,47	0,54	0,74
Papier i tektura	5,35	6,10	8,38
Tworzywa sztuczne	2,37	2,70	3,71
Szkło	22,22	25,32	34,77
Tekstylna	0,42	0,48	0,66
Metale	2,22	2,53	3,47
Odp. Niebezp.	0,12	0,14	0,19
Wielomateriałowe	3,73	4,25	5,84
Inertne	10,35	11,79	16,19
Inne kategorie	0,44	0,50	0,69
15-20 bio	10,97	12,50	
15-20 niebio	12,88	14,67	
10-15 bio	7,59		
10-15 niebio	4,66		
SUMA	100,00	100,00	100,00
<i>Uwodnienie, %</i>	<i>44,84</i>	<i>45,64</i>	<i>46,08</i>
<i>Masa organiczna, % s.m.</i>	<i>36,80</i>	<i>37,03</i>	<i>35,45</i>

Zmniejszenie masy strumienia do fermentacji na skutek wydzielenia frakcji drobnej z frakcji <60 mm:

Z uwagi na proponowane rozwiązanie oparte na odseparowaniu drobnej frakcji przed komorą fermentacji można się spodziewać następujących ubytków początkowej masy frakcji <60 mm, wariantowo:

- wydzielenie frakcji <10 mm – redukcja masy do ok. 75%
- wydzielenie frakcji <15 mm – redukcja masy do ok. 67,3%
- wydzielenie frakcji <20 mm – redukcja masy do ok. 49,9%

Do powyższych ubytków masy należy doliczyć kolejną redukcję w wyniku wydzielenia na sicie balistycznym frakcji mineralnej z odpadów kierowanych do fermentacji. Należy dążyć do ograniczenia strat frakcji biodegradowalnej na tym sicie.

Wydzielenie drobnych frakcji oprócz poprawy warunków prowadzenia procesu (mniejsza zawartość frakcji mineralnej) przyczyni się również do straty zawartej w tych frakcjach masy organicznej, a co za tym idzie ilości możliwego do pozyskania biogazu. Na skutek wydzielenia drobnych frakcji (zawierających również organiczną) nastąpi redukcja ilości biodegradowalnej masy organicznej we wsadzie do fermentatora w stosunku do ilości odpadów organicznych w całej frakcji <60 mm, wariantowo:

- wydzielenie frakcji <10 mm – redukcja suchej masy organicznej do 74%
- wydzielenie frakcji <15 mm – redukcja suchej masy organicznej do 65%
- wydzielenie frakcji <20 mm – redukcja suchej masy organicznej do 45%.

Zawartość siarki

Zawartość siarki w odpadach ma wpływ na zanieczyszczenie siarkowodorem (H_2S) powstającego w fermentacji biogazu. Źródłem siarki w odpadach komunalnych mogą być popioły i żużle z indywidualnych systemów ogrzewania, a spośród innych materiałów źródłem znacznych ilości siarki mogą być odpady budowlane, a zwłaszcza powszechnie stosowane w budownictwie płyty kartonowo-gipsowe. Badania zawartości siarki w odpadach wykonało Laboratorium Analiz Elementarnych Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. W tabeli 9 przedstawione zostały wyniki analizy.

Tabela 9. Zawartość siarki w próbach odpadów pobranych w ZGO w Gaci w marcu 2012

Próba	zawartość, % s.m.
40 - 60 mm (biodegradowalne)	0,45
20 - 40 mm (biodegradowalne)	0,42
15 - 20 mm	0,29
10 - 15 mm	0,78
< 10 mm	0,72

Zawartość siarki elementarnej jest najwyższa w drobnych frakcjach: 10 – 15 mm i <10 mm i wynosi ponad 0,7% s.m. Podobnie wysokie stężenia stwierdzono w próbach pobranych w październiku 2010, stwierdzono wtedy następujące zawartości siarki:

- frakcja <10 mm - 1,1% S
- frakcja niebiodegradowalna 10-20 mm: 0,49% S
- frakcja biodegradowalnej 10-20 mm: 0,39% S.

Tak wysokie stężenia siarki w odpadach nie występują w odpadach z dużych miast gdzie tylko w niewielkim stopniu stosuje się ogrzewanie indywidualne paliwami stałymi.

Dla porównania w tabeli 10 przedstawiono zawartości siarki w odpadach z dużych miast – Warszawy i Wrocławia. Dane z Wrocławia wskazują, że średnioroczna zawartość siarki w odpadach z terenu miasta Wrocław wynosi 0,09% w zabudowie wysokiej, 0,12% w zabudowie starej i nowej zwartej, typu centrum oraz 0,08% w zabudowie jednorodzinnej rozproszonej. Przedstawione średnie zawartości siarki w odpadach z dużych miast są kilkukrotnie (siedmiokrotnie) niższe niż w przypadku odpadów trafiających z terenów miejsko-wiejskich w rejonie ZGO Gać. Z uwagi na powyższy problem w projektowaniu należy uwzględnić możliwe bardzo wysokie zanieczyszczenie biogazu (5000 ppm i wyższe) i stąd konieczność zastosowania odpowiedniego układu usuwania siarki z biogazu. Usuwanie drobnych frakcji z odpadów kierowanych do fermentacji zapewni obniżenie zawartości w siarki w mieszaninie. Najkorzystniejszą opcją pod tym względem jest usuwanie frakcji <15 mm.

Tabela 10. Zawartość siarki w próbach odpadów pobranych z dużych miast

Próba	Warszawa % s.m.	Wrocław I kwartał 2011, % s.m.
>100 mm	0,1	0,04 – 0,11
60 - -100 mm	0,1	0,05 - 0,17 (40 – 100 mm)
40 – 60 mm	0,2	
10 – 40 mmmm	0,1	0,05 – 0,08
< 10 mm	0,1	0,07 - 0,39

4. Wnioski

- Przedstawione wyniki badań stanowią uzupełnienie badań prowadzonych w roku 2008 i nie powinny być traktowane jako średnie całoroczny, tylko jako średnie dane dla najmniej korzystnego okresu grzewczego,
- Do badań pobrano próby < 60 mm wydzielone na sicie mechanicznym w sortowni, co nie było jeszcze możliwe na etapie badań w 2008 roku,

Na podstawie wyników badań odpadów z frakcji <60 mm w marcu 2012 można stwierdzić co następuje:

- Badane odpady charakteryzowały się znaczną zawartością frakcji drobnych, stanowiących odpowiednio: frakcja <10 mm – 24,5% wagowych, frakcja 10 – 15 mm – 8,2% i frakcja 15 – 20 mm – 17,2%, wartości te są szczególnie podwyższone w okresie grzewczym,
- W składzie frakcji > 20 mm dominowały odpady kuchenne i ogrodowe, jednak znaczny był też udział odpadów niepożądanych typu szkło czy materiały inertne
- Średnie uwodnienie odpadów wyniosło 42,5%, a zawartość frakcji organicznej w odpadach wynosiła ok. 35,2%.
- W badaniach opartych na oznaczeniu siarki elementarnej stwierdzono wysokie zawartości siarki w odpadach kierowanych do fermentacji. Zawartości siarki są 7 do 8-krotnie wyższe niż w odpadach z dużych miast Polski
- W celu wyeliminowania problemów związanych z zanieczyszczeniem biogazu siarkowodorem zaleca się w okresie grzewczym wydzielenie frakcji <15 mm, która nie powinna być kierowana do tlenowej mechaniczno-biologicznej stabilizacji.

5. Załącznik

Załącznik 1: Zdjęcia z sortowania



Rysunek 1. Frakcja 40 – 60 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 2. Frakcja 40 – 60 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 3. Frakcja 40 – 60 mm, próba 19.03.2012



Rysunek 4. Frakcja 40 – 60 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 5. Sortowanie frakcji 40 – 60 mm



Rysunek 6. Frakcja 40-60 mm, próba 16.03.2012, wydzielone tworzywa sztuczne



Rysunek 7. Frakcja 40-60 mm, próba 16.03.2012, wydzielone inertne



Rysunek 8. Frakcja 40-60 mm, próba 16.03.2012, wydzielone szkło



Rysunek 9. Frakcja 40 – 60, wydzielone organiczne biodegradowalne



Rysunek 10. Frakcja <40 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 11. Frakcja 20-40 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 12. Frakcja 20-40 mm, próba 19.03.2012



Rysunek 13. Frakcja 20 – 40 mm



Rysunek 14. Frakcja 20 – 40 mm (wydzielona frakcja inertna)



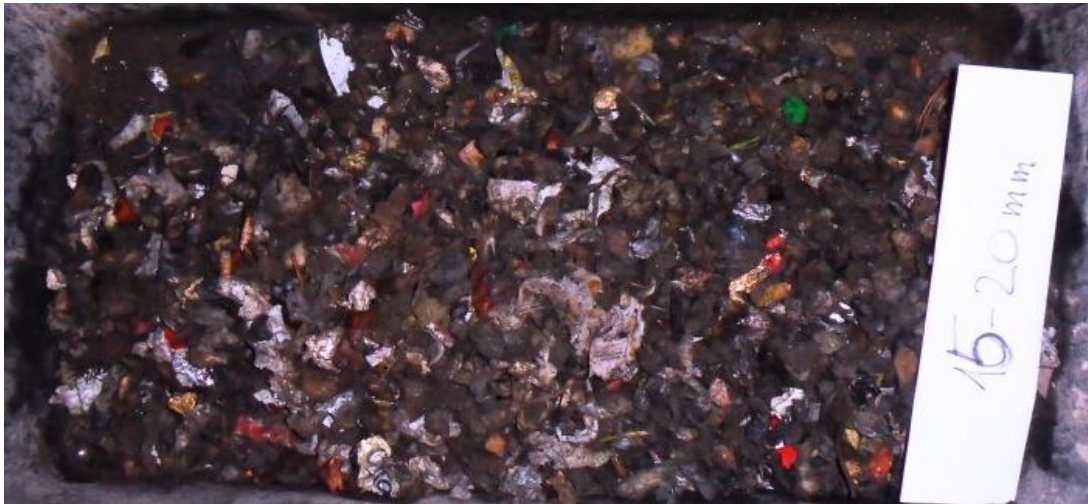
Rysunek 15. Frakcja 20 – 40 mm (wydzielona frakcja interna)



Rysunek 16. Frakcja < 20 mm, próba 16.03.2012



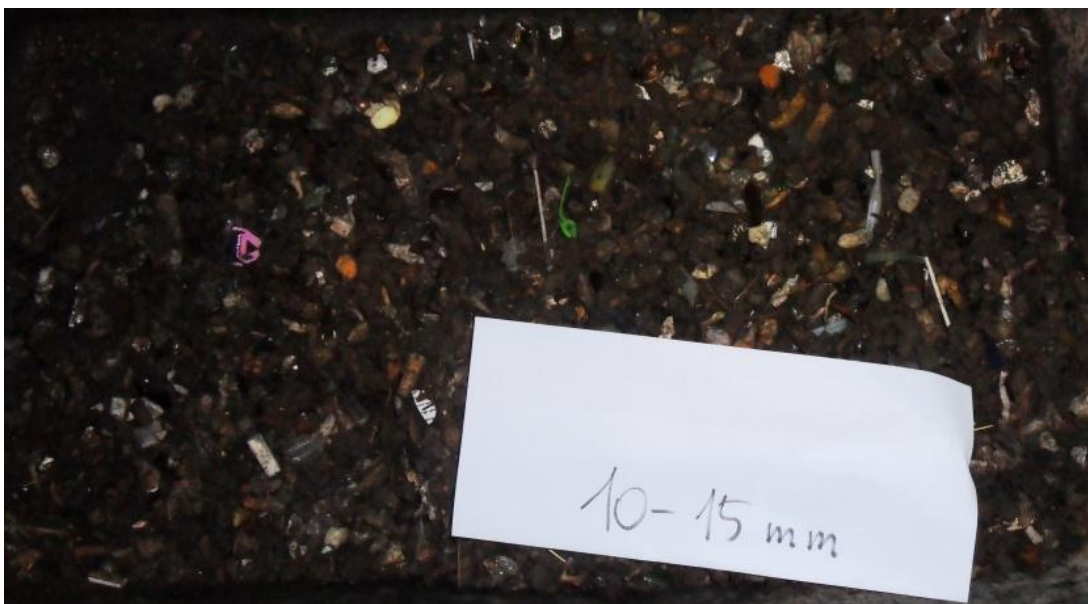
Rysunek 17. Frakcja < 20 mm, próba 19.03.2012



Rysunek 18. Frakcja 15- 20 mm, próba 16.03.2012



Rysunek 19. Frakcja < 15 mm



Rysunek 20. Frakcja 10-15 mm



Rysunek 21. Frakcja <math>< 10\text{ mm}</math>

Załącznik 2

Tabela Z-1 . Skład morfologiczny próby odpadów frakcji < 60 mm z 16.03.2012 [% masy]

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	5,35	18,53				23,87
Drewno	0,14	0,15				0,29
Papier i tektura	2,95	4,85				7,79
Tworzywa sztuczne	0,37	0,91				1,28
Szkło	1,54	9,41				10,94
Tekstylia	0,53	0,05				0,58
Metale	0,24	0,35				0,59
Odp. Niebezp.	0,00	0,00				0,00
Wielomateriałowe	1,02	0,76				1,78
Inertne	0,80	1,77				2,57
Inne kategorie	0,20	0,10				0,30
BIO			15,98	6,83		22,81
nie BIO			5,38	0,99		6,37
<10 mm					20,81	20,81
	13,13	36,87	21,36	7,82	20,81	100,00

Tabela Z-2. Skład morfologiczny próby odpadów frakcji < 60 mm z 19.03.2012 [% masy]

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	12,50	16,09				28,59
Drewno	0,28	0,17				0,45
Papier i tektura	1,87	1,13				3,00
Tworzywa sztuczne	0,85	0,98				1,83
Szkło	2,86	6,50				9,36
Tekstylia	0,31	0,06				0,37
Metale	0,14	1,21				1,35
Odp. niebezp.	0,00	0,00				0,00
Wielomateriałowe	1,47	1,15				2,63
Inertne	2,81	6,75				9,56
Inne kategorie	0,06	0,11				0,17
BIO			7,99	4,07		12,06
nie BIO			7,53	3,08		10,61
<10 mm					20,02	20,02
						100,00

Tabela Z-3. Skład morfologiczny próby odpadów frakcji < 60 mm z 20.03.2012 [% masy]

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	4,02	23,65				27,68
Drewno	0,10	0,44				0,54
Papier i tektura	1,96	1,97				3,93
Tworzywa sztuczne	0,45	0,44				0,89
Szkło	1,55	7,66				9,21
Tekstylia	0,21	0,07				0,28
Metale	0,24	0,29				0,53

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Odp. niebezpiecz.	0,21	0,00				0,21
Wielomateriałowe	0,83	1,75				2,58
Inertne	1,75	4,89				6,65
Inne kategorie	0,55	0,00				0,55
BIO			6,47	5,43		11,90
nie BIO			5,65	2,78		8,43
<10 mm					26,63	26,63
						100,00

Tabela Z-4. Skład morfologiczny próby odpadów frakcji < 60 mm z 21.03.2012 [% masy]

	40-60 mm	20-40 mm	15-20 mm	10-15 mm	<10 mm	SUMA
Kuchenne i ogrodowe	6,90	16,40				23,30
Drewno	0,13	0,00				0,13
Papier i tektura	2,02	1,21				3,23
Tworzywa sztuczne	0,29	0,20				0,50
Szkło	1,10	6,98				8,08
Tekstylia	0,08	0,00				0,08
Metale	1,18	0,10				1,28
Odp. Niebezpiecz.	0,00	0,00				0,00
Wielomateriałowe	0,61	0,30				0,92
Inertne	0,45	2,13				2,58
Inne kategorie	0,08	0,00				0,08
BIO			13,06	6,56		19,63
nie BIO			6,73	2,91		9,63
<10 mm					30,56	30,56
						100,00