

***TERMICZNE PRZETWARZANIE  
ODPADÓW Z ODZYSKIEM  
ENERGII ZAWARTEJ W ODPADACH  
I PRZETWORZENIEM JEJ  
NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ***

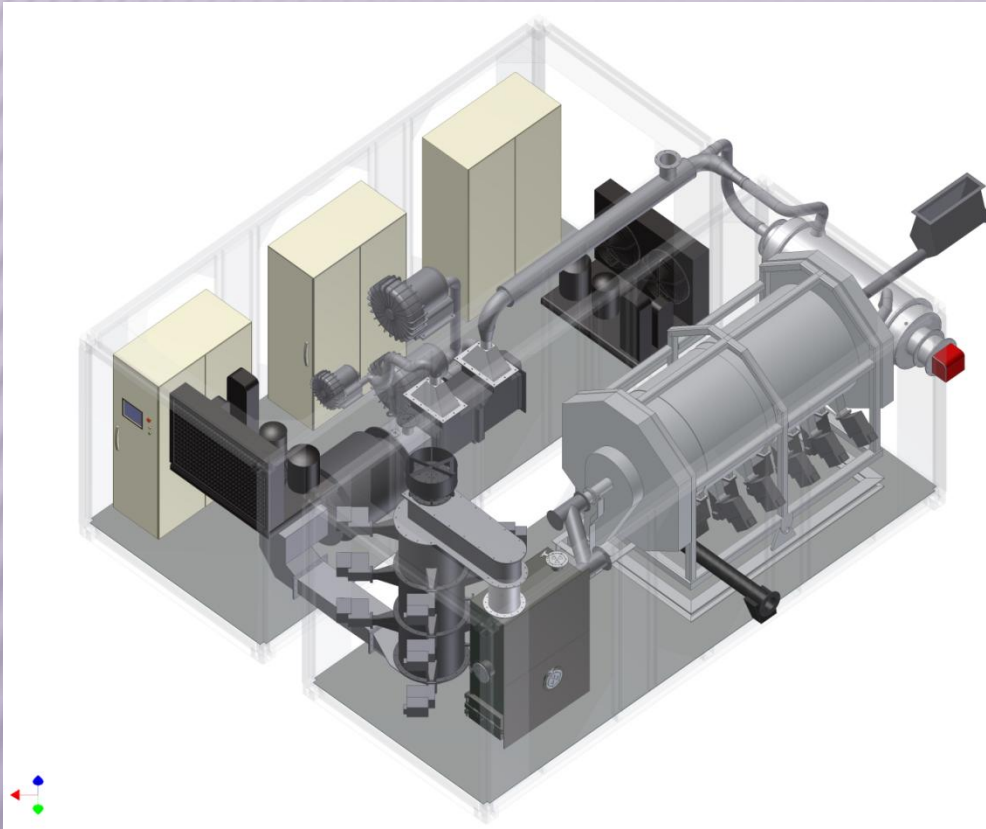
*Materiały własne badawcze i materiały badawczo – wdrożeniowe udostępnione  
w celach badawczych i promocyjnych przez właściciela technologii*

*ATON HT S.A.,*

*opracowane przez Stanisława Linert*

---

*Prezentacja to schematycznie przedstawiony opis koncepcji techniczno – technologicznej oraz osiąganych efektów energetycznych w oparciu o reaktory mikrofalowe ATON –HR służące do termiczno – mikrofalowego przetwarzania odpadów z grupy:*



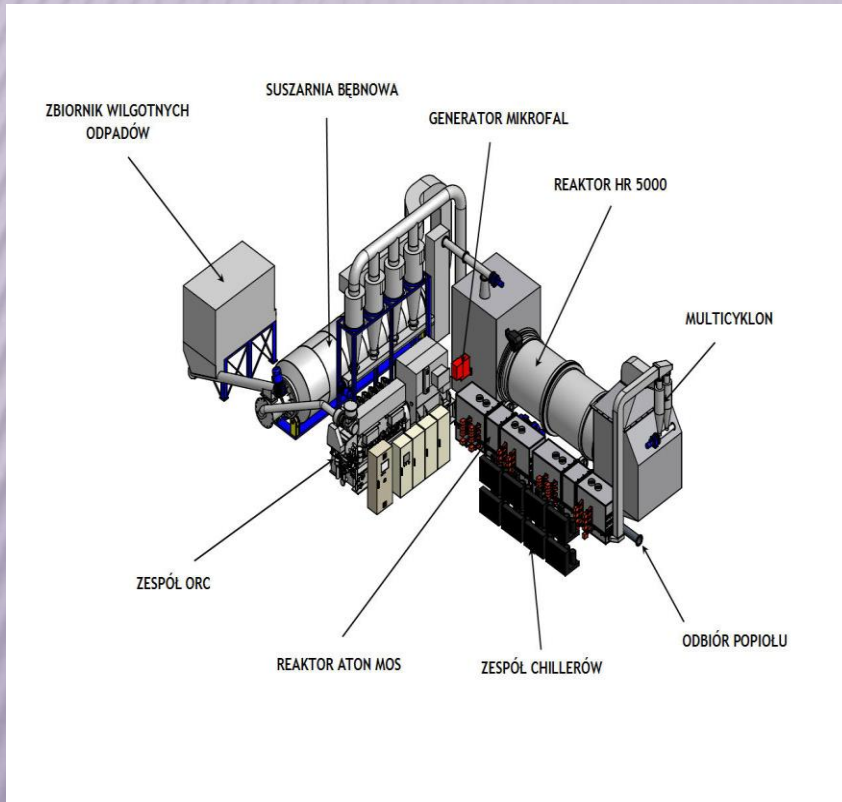
*linia do technologicznego przetwarzania odpadów zbudowana na bazie reaktorów mikrofalowych ATON-HR200 i MOS*

- *odpadów komunalnych,*
- *opon,*
- *tetrakartonów*
- *eternitu.*

*Opis stanowi podstawę wyjściową przyjęcia i opracowania założeń techniczno – ekonomicznych projektu:*

*Badawczego i wdrożeniowego obejmującego założenia procesy termiczno – mikrofalowego przetwarzania odpadów komunalnych i przemysłowych z odzyskiem energii zawartej w odpadach i przetworzenia jej na energię elektryczną oraz cieplną.*

*Dla celów prezentacji opisy urządzeń i instalacji pokazano w sposób przykładowy i ogólny, pozostawiając optymalny wybór rozwiązań technologicznych w oparciu o uzyskane wyniki z procesu badawczego. Rozwiązania technologiczne powinny być oparte o najnowsze zdobycze technologiczne jakimi są reaktory mikrofalowe serii HR 200 i HR 5000 opracowane i skonstruowane przez firmę ATON-HT SA.*



***Projekt dotyczy procesów termicznego przetworzenia oraz zmieszanych odpadów komunalnych w ilości około 20 - 30 tyś. ton rocznie.***

***W zależności od przyjętych rozwiązań celu uzyskania najkorzystniejszych efektów ekonomicznych i energetycznych odpady komunalne powinny i muszą być wzbogacane odpadami przemysłowymi jak :***

- a. oponami,***
- b. tetrakartonami,***
- c. eternitem zawierającym azbest***

*linia technologiczna przetwarzania odpadów  
zbudowana na bazie reaktorów  
HR5000 + MOS + ORC z suszarką odpadów*

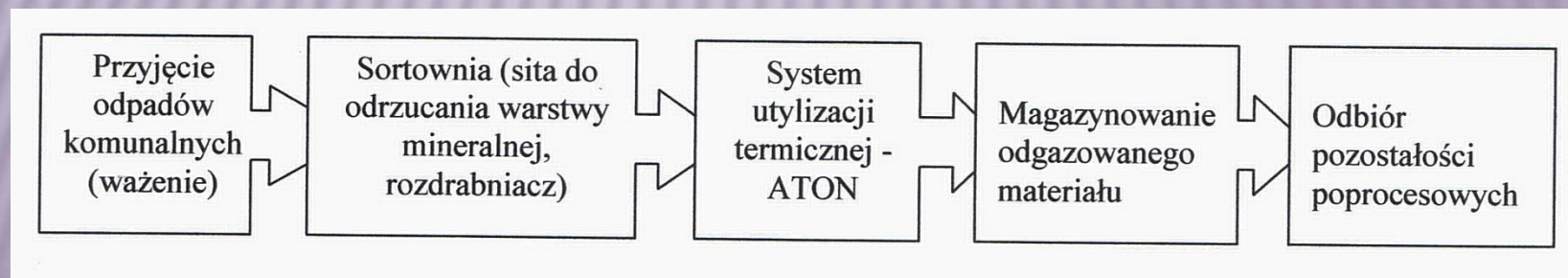


*Odpady komunalne dostarczane do zakładu przetwarzania odpadów i składowiska w Machnacu w ilości do 20 - 30 tyś. ton rocznie, zawierają warstwę mineralną stanowiącą około 30% dostarczanych odpadów. Po jej usunięciu pozostaje do przetworzenia 15 – 21 tyś. ton. Ilość ta w okresie letnim ulega zwiększeniu o około 10 tyś ton oraz praktycznie jest pozbawiona warstwy mineralnej.*

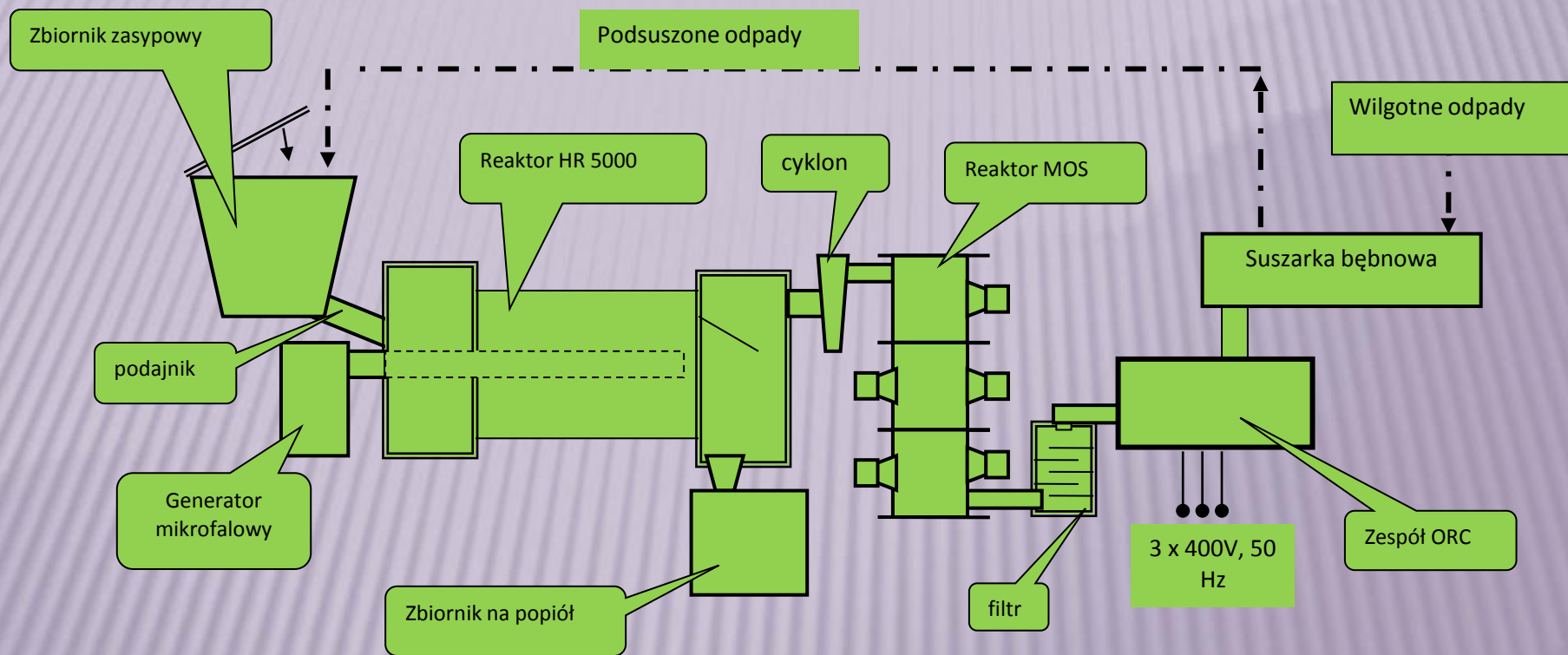
*Odpady zmieszane to odpady o różnym poziomie i wartości kalorycznej. Do prezentacji już znanych i opracowanych efektów przyjęto wartości średniej kaloryczności wynoszącej 10 - 16 MJ/kg przy wilgotności 30 - 40%.*

***Schematycznie przedstawiona linia przetwarzania odpadów składająca się z :***

- ***sita do odrzucania warstwy mineralnej,***
- ***rozdrabniacza,***
- ***systemu utylizacji termicznej,***
- ***wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.***



# Schemat linii technologicznej do unieszkodliwiania odpadów komunalnych



## *Charakterystyka utylizowanych odpadów:*

*Instalacja dokonuje obróbki termicznej strumienia odpadów komunalnych o przyjętych kodach:*

- *19-12-12 posortownicza frakcja nadsitowa BALAST > 70mm,*
- *19-12-10 frakcje – paliwa alternatywne,*
- *20-01-08 odpady ulegające biodegradacji,*
- *20-01-08 odpady kuchenne ulegające biodegradacji.*

*Dla określenia kaloryczności surowca oraz zawartości wody wykonane zostały badania laboratoryjne pobranych próbek w Zakładzie Badawczo-Rozwojowym ATON-HT SA.*

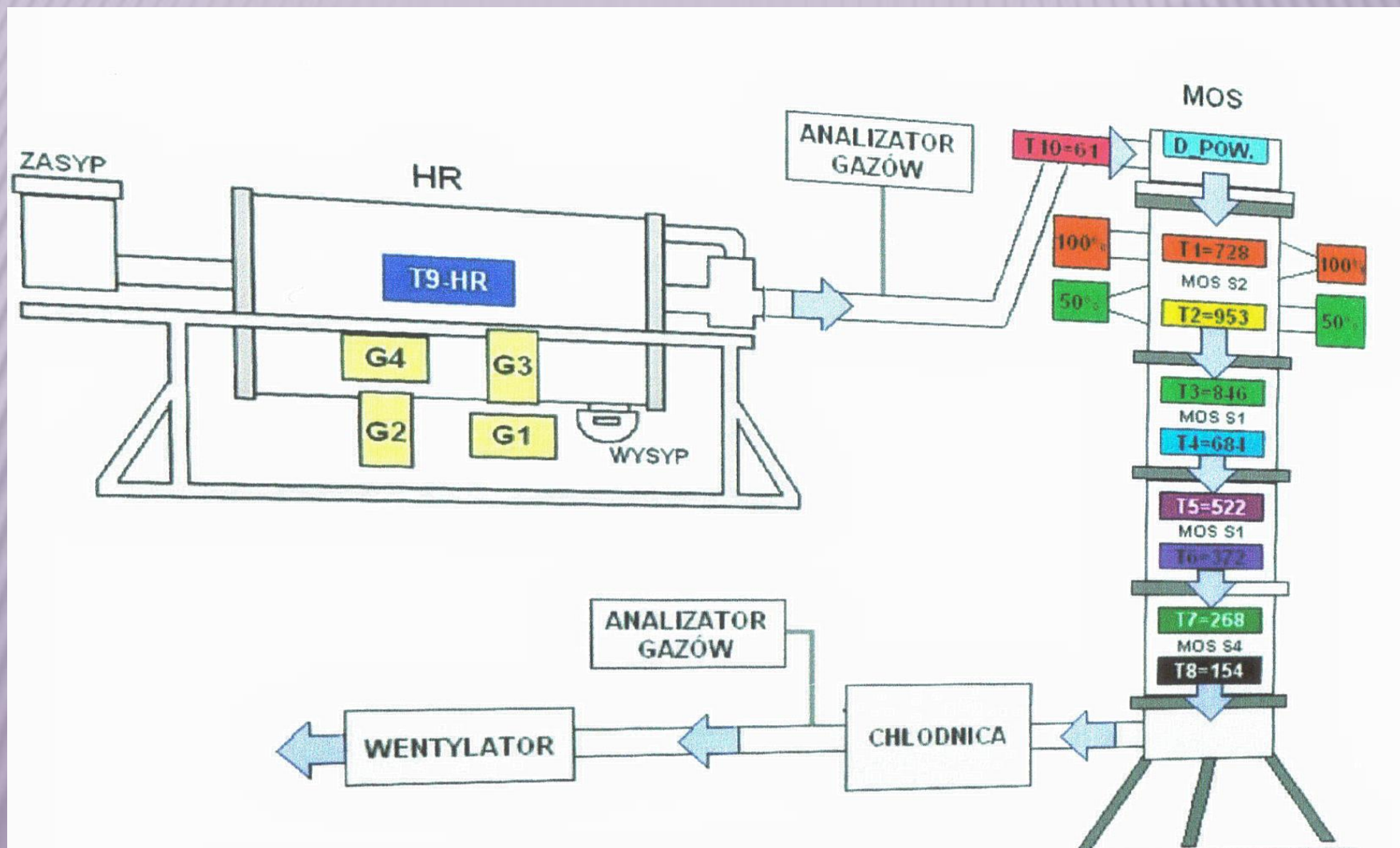
*Wyniki przykładowe testów podano w tabelach:*

*Data analizy: 30.03 – 01.04. 2012*

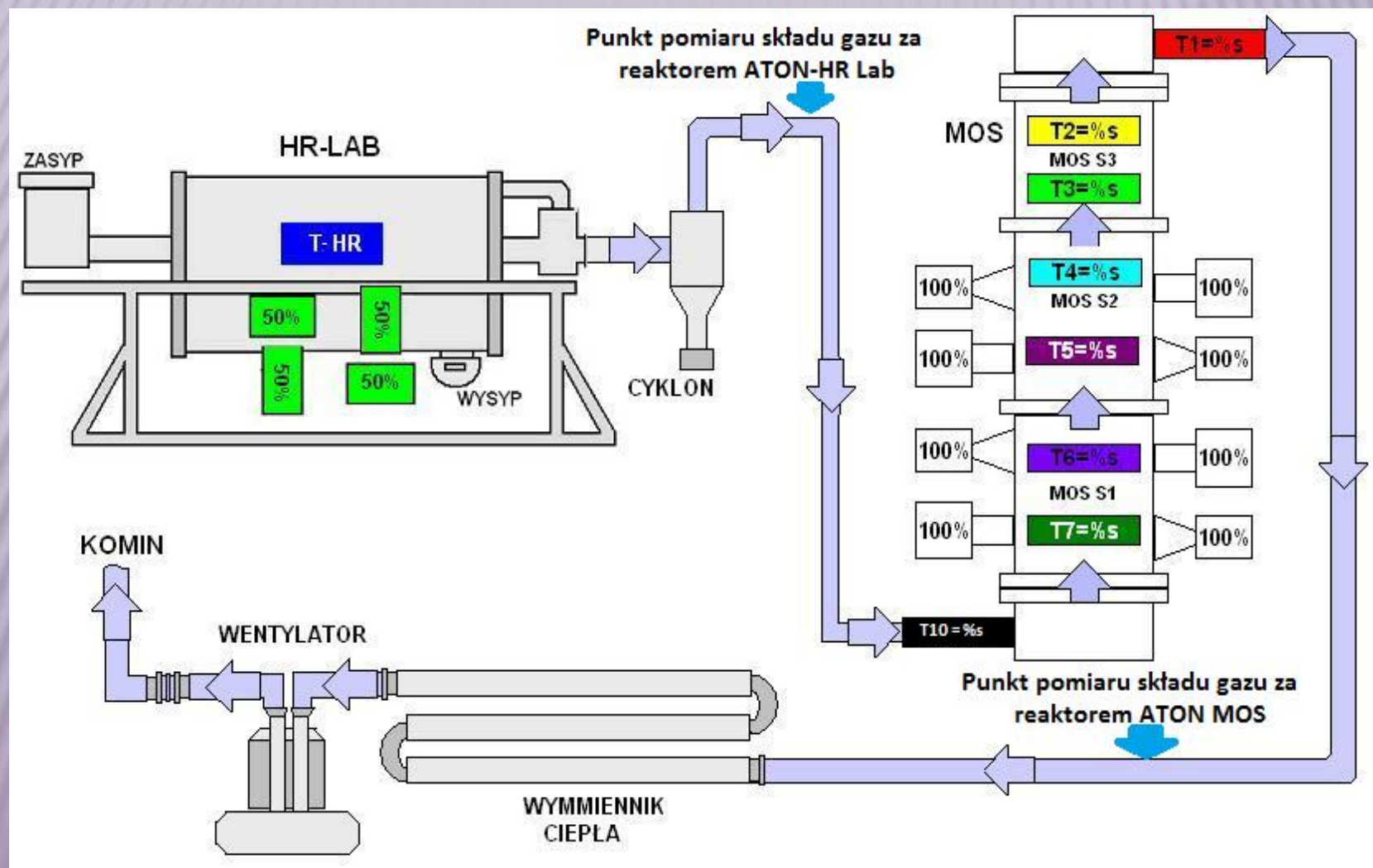
*Wyniki:*



*Schemat półprzemysłowej linii technologicznej zastosowanej do atonizacji odpadów komunalnych – ATON HR-lab. oraz oksydacji gazów odlotowych. Analiza gazów odlotowych była prowadzona przed i za reaktorem ATO MOS-lab.*



*Schemat instalacji i przebiegu procesu monitorowany na ekranie monitora – z wynikami pomiarów oraz parametrów pomocniczych podczas prowadzenia procesu technologicznego w różnych sekcjach i konfiguracji mocy mikrofalowej*





Nazwa próbki	Kaloryczność (ciepło spalania)		Przedział ufności	Wilgotność [%]
	[MJ/Kg]			
	Suchej masy	średnia		
CBR_37(2012) A (PODSITOWA)	12,2558	<b>11,1602</b>	± 1,4566	41,4130
	11,5538			41,1470
	12,3751			51,1320
	10,7077			32,2830
	9,7738			41,5460
	9,9720			31,9570
	11,4831			45,0320
CBR_37(2012) B (BALAST)	19,7263	<b>20,3955</b>	± 2,1892	29,0340
	19,7797			29,1780
	20,5799			28,3900
	18,4306			29,6360
	22,4963			21,6110
	22,4627			35,1130
	19,2928			38,2590

## *Analiza składu elementarnego odpadów*

Nazwa próbki	Oznaczenia	Stan	Wrex	Wtr	W	A	V	FC	FR
			%	%	%	%	%	%	-
<b>CBR_37/20 12/B</b>	<b><i>B1</i></b>	<b><i>Roboczy</i></b>	<b><i>29,84</i></b>	<b><i>31,29</i></b>	<b><i>1,45</i></b>	<b><i>36,02</i></b>	<b><i>25,47</i></b>	<b><i>7,23</i></b>	<b><i>0,28</i></b>
		Analityczny			2,06	51,33	36,30	10,31	0,28
		Suchy				52,41	37,06	10,52	0,28
		Suchy bezpopiolo wy					77,88	22,12	0,28
<b>CBR_37/20 12/B</b>	<b><i>B2</i></b>	<b><i>Roboczy</i></b>	<b><i>30,08</i></b>	<b><i>31,55</i></b>	<b><i>1,46</i></b>	<b><i>35,24</i></b>	<b><i>26,12</i></b>	<b><i>7,09</i></b>	<b><i>0,27</i></b>
		Analityczny			2,09	50,41	37,36	10,14	0,27
		Suchy				51,49	38,16	10,36	0,27
		Suchy bezpopiolo wy					78,65	21,35	0,27
<b>CDR_37/20 12/A</b>	<b><i>A1</i></b>	<b><i>Roboczy</i></b>	<b><i>39,42</i></b>	<b><i>40,84</i></b>	<b><i>1,41</i></b>	<b><i>19,77</i></b>	<b><i>34,61</i></b>	<b><i>4,79</i></b>	<b><i>0,14</i></b>
		Analityczny			2,33	32,63	57,14	7,90	0,14
		Suchy				33,41	58,50	8,09	0,14
		Suchy bezpopiolo wy					87,85	12,15	0,14
<b>CBR_37/20 12/A</b>	<b><i>A2</i></b>	<b><i>Roboczy</i></b>	<b><i>40,24</i></b>	<b><i>41,36</i></b>	<b><i>1,12</i></b>	<b><i>16,19</i></b>	<b><i>36,75</i></b>	<b><i>5,71</i></b>	<b><i>0,16</i></b>
		Analityczny			1,87	27,09	61,50	9,55	0,16
		Suchy				27,60	62,67	9,73	0,16
		Suchy bezpopiolo wy					86,56	13,44	0,16

Nazwa próbki	Oznaczenia	Stan	C	H	N	S	O
			%	%	%	%	%
CBR_37/2 012/B	B1	Roboczy	26,98	3,43	0,45	0,22	31,46
		Analityczny	38,45	4,89	0,65	0,32	2,31
		Suchy	39,26	4,99	0,66	0,32	2,35
		Suchy bezpopiołowy	82,50	10,48	1,38	0,68	4,95
CBR_37/2 012/B	B2	Roboczy	27,74	3,55	0,48	0,25	31,28
		Analityczny	39,67	5,07	0,69	0,35	1,71
		Suchy	40,52	5,18	0,70	0,36	1,75
		Suchy bezpopiołowy	83,52	10,67	1,45	0,75	3,61
CDR_37/2 012/A	A1	Roboczy	16,60	1,85	0,45	0,41	59,51
		Analityczny	27,40	3,06	0,74	0,68	33,16
		Suchy	28,05	3,13	0,76	0,69	33,95
		Suchy bezpopiołowy	42,13	4,71	1,14	1,04	50,98
CBR_37/2 012/A	A2	Roboczy	13,73	1,64	0,42	0,33	66,59
		Analityczny	22,98	2,74	0,70	0,55	44,08
		Suchy	23,41	2,79	0,71	0,56	44,92
		Suchy bezpopiołowy	32,34	3,86	0,98	0,77	62,05

### Spis oznaczeń:

*Wrex* - wilgoć przemijająca w stanie roboczym

*Wtr* - zawartość wilgoci całkowitej w paliwie w stanie roboczym

*W* - wilgoć

*A* - popiół

*V* - części lotne

*FC* - zawartość stałych części palnych (Fixet Carbon) :

*FR* - wskaźnik paliwowy (Fuel Ratio):



## *Produkty gazowe procesu:*

*W trakcie termicznego przekształcania odpadów w reaktorze ATON HR uwalniane są gazy, które następnie oczyszczane są w reaktorze ATON MOS. Dodatkowo po wychłodzeniu gazów są dodatkowo oczyszczane w węglowym filtrze końcowym.*

*Skład gazów na wyjściu instalacji był wielokrotnie badany dla różnych odpadów poddawanych termicznemu procesowi.*

*We wszystkich testowanych przypadkach skład gazów na wyjściu z instalacji spełniał obowiązujące w Polsce i w UE przepisy oraz normy. Standardy zestawiono w kolejnym załączniku tabelarycznym.*

### *Układ HR + MOS + podzespoły (media wyjścia):*

- strumień spalin około 14400 m<sup>3</sup>N/h*
- ilość pary wodnej około 350 m<sup>3</sup>N/h*

*Zestawienie wyników emisji z urządzenia typu ATON HR + ATON MOS z ustawą Dz.U. 2005 nr 260, poz. 2181.*

Lp.	Nazwa substancji	Standardy emisyjne w mg/m <sup>3</sup> (dla dioksyn i furanów w ng/m <sup>3</sup> ), przy zawartości 11% tlenu w gazach odlotowych	Urządzenie ATON HR + MOS w warunkach pomiaru	Przeliczenie na wymagane 11% tlenu w gazach odlotowych
		Średnie dobowe	Średnie dobowe	
1.	pył ogółem	10	1,05	1,16
2.	chlorowodór	10	<0,03	<0,033
3.	fluorowodór	1	<0,03	<0,033
4.	dwutlenek siarki	50	<0,01	<0,011
5.	tlenek węgla	50	29,47	32,74
6.	tlenek azotu i dwutlenek azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu z istniejących instalacji o zdolności przerobowej większej niż 6Mg odpadów spalanych lub z nowych instalacji	200	115,53	128,36
	tlenek azotu i dwutlenek azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu z istniejących instalacji o zdolności przerobowej do 6Mg odpadów spalanych	400	115,53	128,36
7.	metale ciężkie i ich związki wyrażone jako metal	Średnie z próby o czasie trwania od 30 minut do 8 godzin		
	kadm + tal	0,05	0,00002	0,000022
	rtęć	0,05	0,00016	0,00017
	antymon + arsen + ołów + chrom + kobalt + miedź + mangan + nikiel + wanad	0,5	0,013	0,014
8.	dioksyny i furany	Średnia z próby o czasie trwania od 6 do 8 godzin 0,1	0,016	0,017

## *Emisja dioxyn i furanów.*

*Wyniki badań obecności substancji niebezpiecznych w gazach wylotowych wskazują, że na wyjściu z instalacji, stężenia tych substancji i związków chemicznych są ponad 5- krotnie niższe od stężeń dopuszczalnych ujętych w normach UE.*

*Przykładowe wyniki zestawiono w tabeli.*

*Pełne zestawienie wyników badań prowadzonych przez certyfikowane laboratorium znajduje się w dokumentach badawczych prowadzonego procesu.*

	<i>ATON 200</i>	<i>Normy UE</i>
<i>Odpady niebezpieczne z chlorem (ok. 4%)</i>	<i>0,016 ng TEQ/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt; 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup></i>
<i>Odpady niebezpieczne różne, w tym pestycydy</i>	<i>0,019 ng TEQ/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt; 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup></i>



## ***Emisja hałasów w instalacji:***

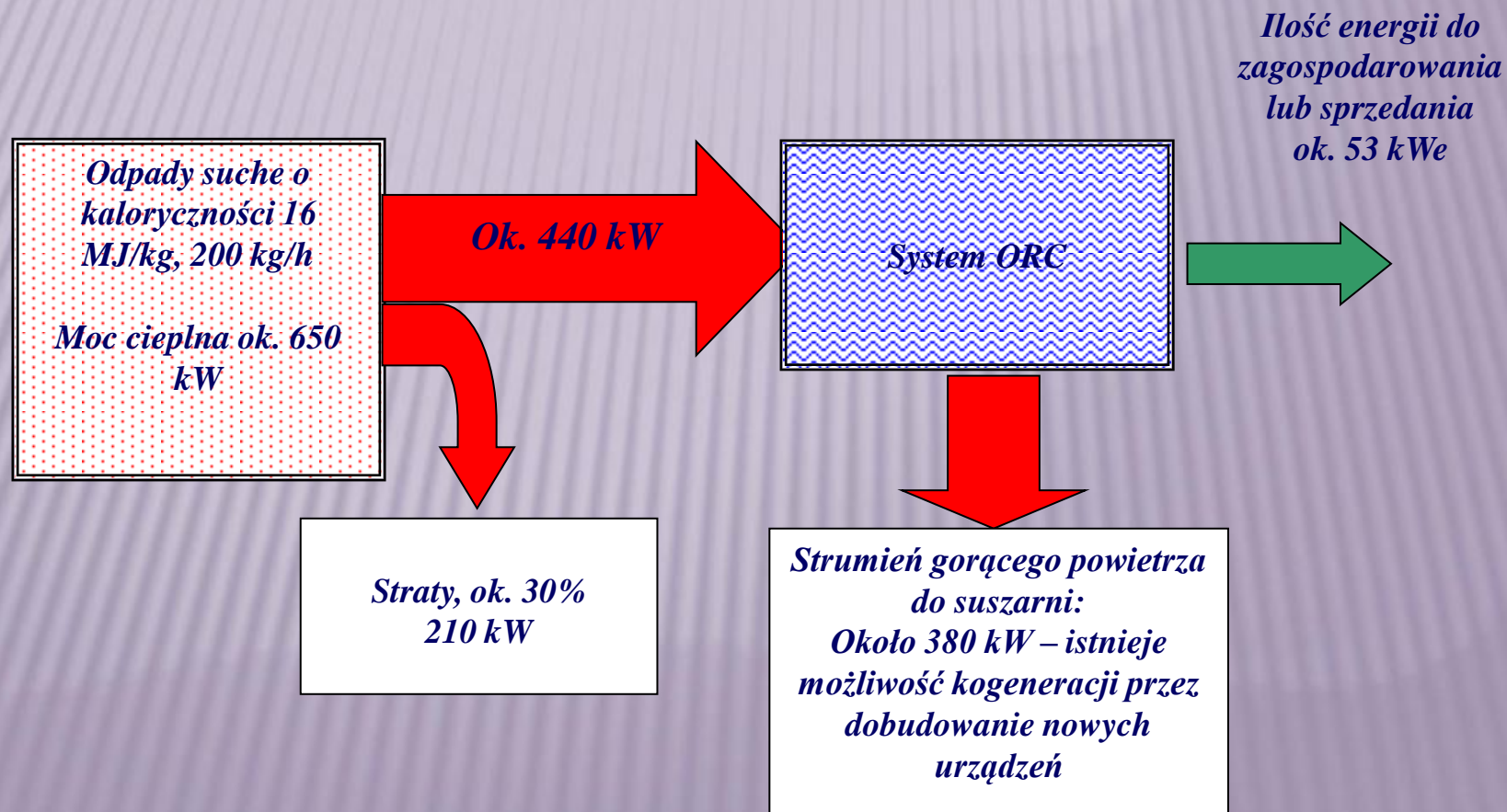
*Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników w zakresie poziomu emisji hałasu, należy stwierdzić, że obowiązujące w Polsce normy natężenia i poziomu hałasu nie zostały przekroczone w podczas pracy przemysłowej linii technologicznej. Między innymi na tej podstawie jest wystawiany certyfikat producenta CE.*

*W tabeli poniżej zestawiono wyniki końcowe natężenia poziomu hałasu dla urządzeń typu ATON HR i ATON MOS.*

<i><b>Nazwa urządzenia</b></i>	<i><b>Średni poziom emisji</b></i>	<i><b>Normalizowany limit</b></i>
<i><b>ATON HR</b></i>	<i><b>77,3dB</b></i>	<i><b>85dB</b></i>
<i><b>ATON MOS</b></i>	<i><b>71,9dB</b></i>	<i><b>85dB</b></i>

## *Bilans mocy odpadów ( masa sucha) o kaloryczności ok. 16 MJ/kg*

*Odpady komunalne z zawartością celulozy (papier, tektura), elementów drewna z fragmentami i elementami tworzyw sztucznych. Frakcja schodząca z linii segregacyjnej.*



*Zużyte, wyeksploatowane opony samochodowe stają się coraz większym problemem w naszym kraju.*

*w 2000r ich liczba zużytych osiągnęła wartość - 115 tys. ton,  
w 2005r na składowiskach zdeponowano - 131tys. ton, .*

*Gumowy stos rośnie. Pozbycie się starych opon z czystym sumieniem poprzez umieszczenie ich na legalnych składowiskach śmieci, kosztuje 50-60zł za tonę. O ile właściciel składowiska zechce je przyjąć. Na ogół czyni to niechętnie ze względu na rosnące zagrożenie pożarowe, jakie stwarzają odpady gumowe. Przedsiębiorstwa zajmujące się ich unieszkodliwianiem w spalarniach pobierają za usługę do 300 do 3tys. zł za tonę.*

*Opony są bardzo wydajnym energetycznie paliwem. Ich wartość energetyczna wynosi 30MJ/kg dla porównania wartości energetyczne:*

- *węgla - 25 MJ/kg,*
- *ropy naftowej - 38 MJ/kg,*
- *tetrakartonów - 23 MJ/kg,*

*Spalanie opon w cementowniach stosowane było w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Japonii, Niemczech i w Belgii. W Anglii i w Niemczech powstały pierwsze elektrownie, w których paliwem były opony.*



*Dotychczas przeprowadzony proces badawczy obejmujący procesy karbonizacji opon obejmował procesy badawcze mające ustalić i określić:*

- dopracowanie procedur obejmujących metody utylizacji zużytych opon,*
- prowadzenie badań i analiz laboratoryjnych otrzymanego karbonizatu,*
- określenie kinetyki, sprawności i wydajności procesu,*
- prowadzenie analiz składu gazów odlotowych opuszczających reaktor.*

*Badania wykonywano przez własną jednostkę CBR oraz zewnętrzne laboratoria dysponujące odpowiednim potencjałem i certyfikatami.*

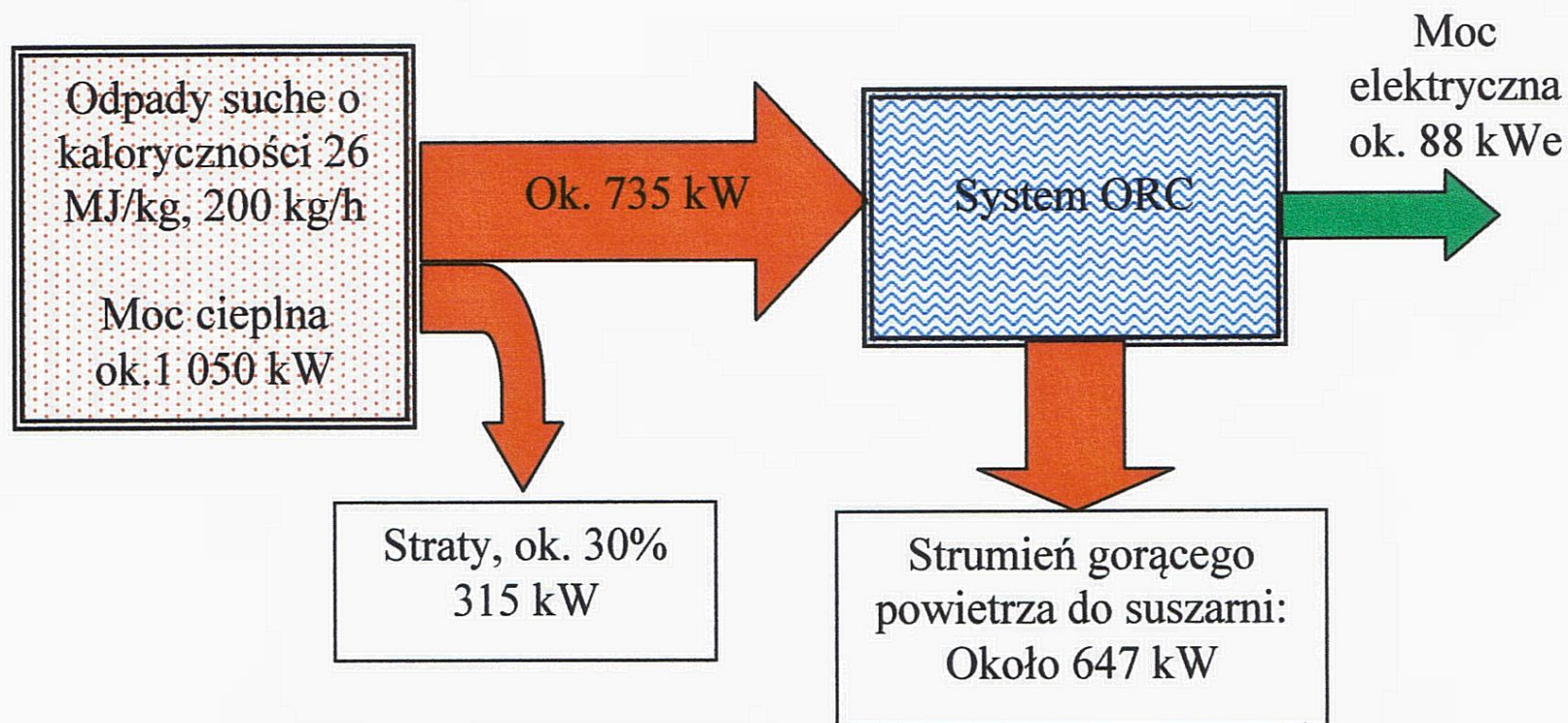
*Celem prowadzonych badań było i jest opracowanie przemysłowego procesu skutecznego odzyskiwania energii z procesu karbonizacji zużytych opon w aspekcie technologicznym i ekonomicznym.*

*Całościowym założeniem metody jest osiągnięcie celów:*

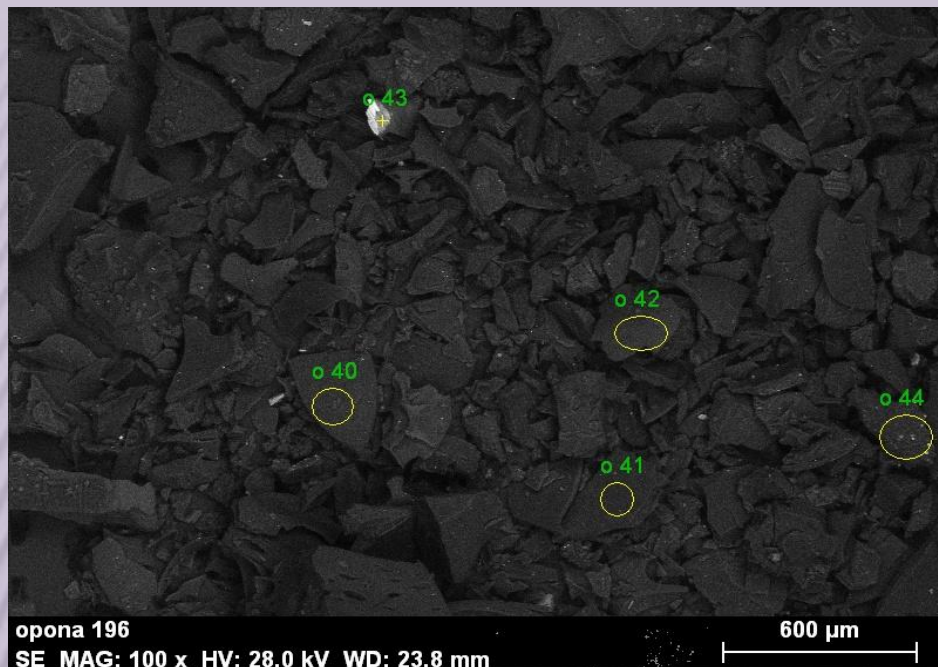
- a. utylizacji opon poprzez ich atonizację/zgazowanie,*
- b. zagospodarowywanie strumienia wysokoenergetycznych gazów w silnikach spalinowych z jednoczesną produkcją energii elektrycznej,*
- c. oczyszczanie gazów w układzie MOS, w celu zapobiegania wtórnego zanieczyszczenia środowiska naturalnego*

## *Bilans mocy odpadów ( masa sucha) o kaloryczności 26 - 30 MJ/kg*

*Bilans mocy dla mieszaniny odpadów komunalnych i przemysłowych w stosunku objętościowym 2 : 1 prowadzony w reaktorze ATON HT 200*







*Mass percent (%)*

*Spectrum C O Al S Fe Cu Zn*

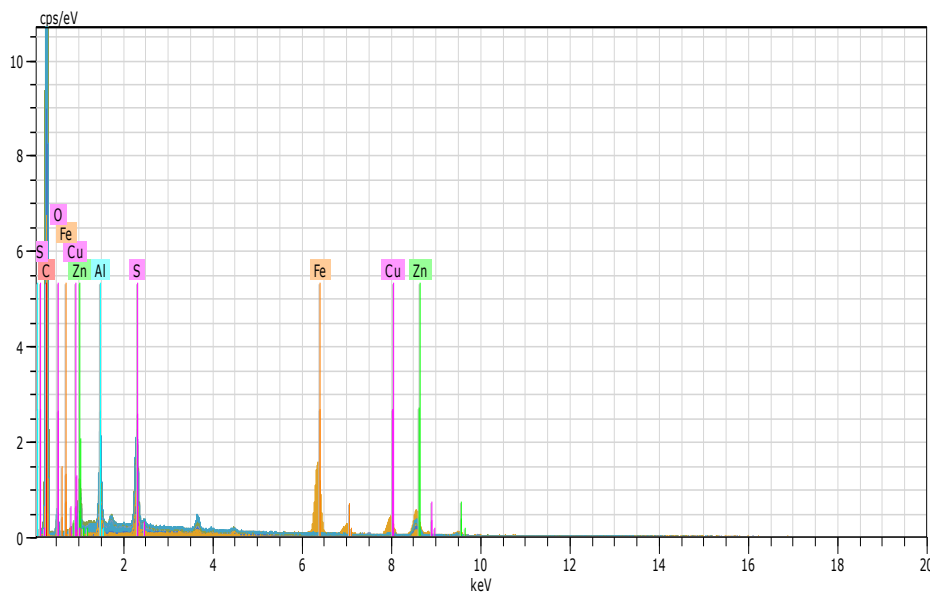
	C	O	Al	S	Fe	Cu	Zn
<i>o 40</i>	95.28	- 1.52	1.39	-	-	- 1.81	
<i>o 41</i>	94.75	- 1.01	1.77	-	-	- 1.76	
<i>o 42</i>	95.99	- 0.74	1.41	-	-	- 1.86	
<i>o 43</i>	40.58	- 3.70	1.50	9.88	5.26	8.60	
<i>o 44</i>	39.48	57.06	0.84	0.59	-	- 2.03	

<i>Elementarna</i>	<i>Popiół</i>	<i>Suma CHN i popiół</i>
<i>N = 0.46 %</i>	<i>3,92 %</i>	<i>95,86 %</i>
<i>C = 85.97 %</i>		

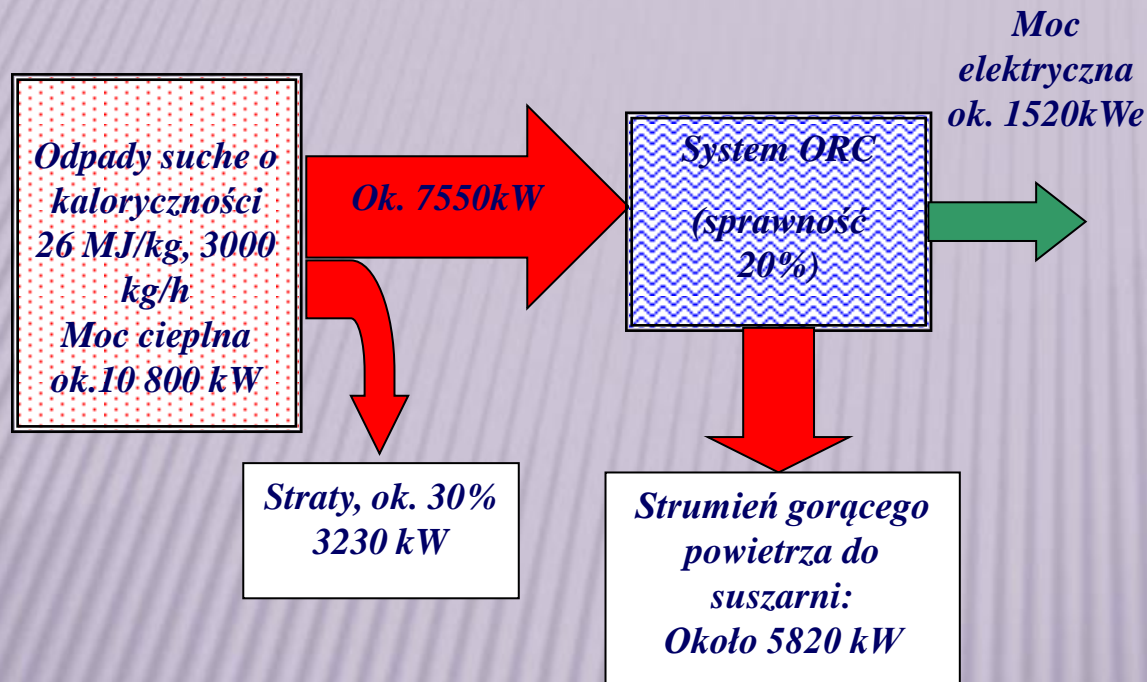
*Obrazowanie SEM wykonano skaningowym mikroskopem elektronowym LEO 1430VP, produkcji LEO Electron Microscopy Ltd, Cambridge, England, rok produkcji 2001.*

*Analizę EDS wykonano energodispersyjnym spektrometrem rentgenowskim Quantax 200, produkcji Bruker-AXS Microanalysis GmbH, Berlin, Germany, z detektorem EDX XFlash 4010, rok produkcji 2008.*

*Badań karbonizatu otrzymanego z opon mikroskopem skaningowym dokonano po raz pierwszy w 2008 w PAI UMK*



# *Bilans mocy dla przetwarzania mieszaniny odpadów komunalnych i przemysłowych o kaloryczności 26 MJ/h reaktor ATON-HR 5000*



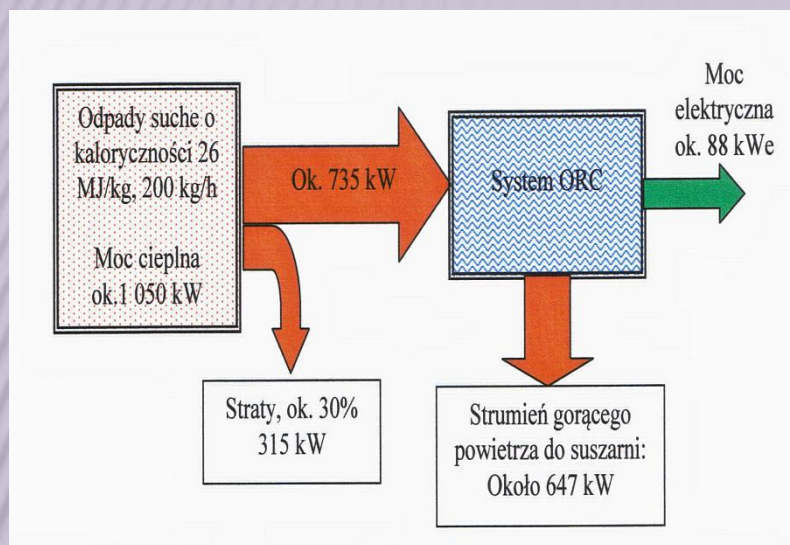
**wydajność: - 3 tony/h,**  
**sprawność ORC 20%**

**skład mieszanki ;**

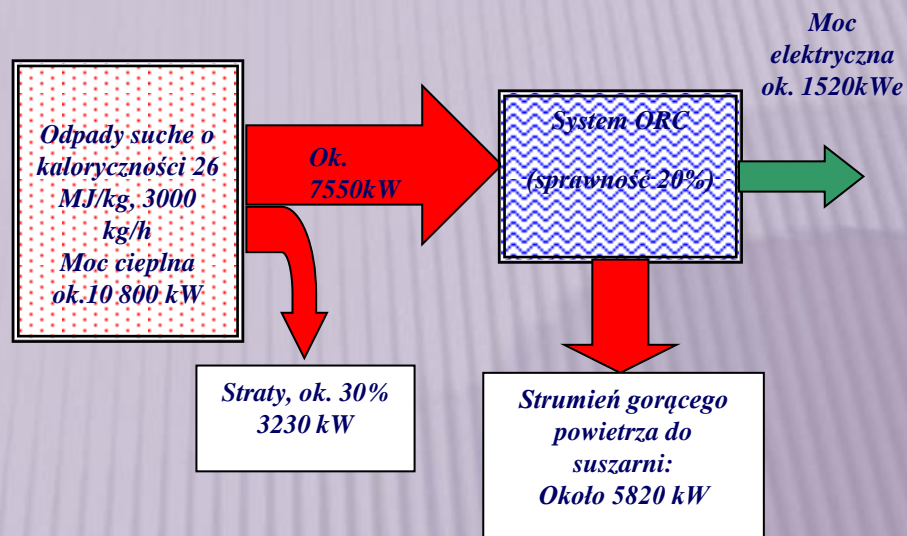
- **odpady komunalne - 2,2 t**
- **opony - 0,8 t**



## Porównanie bilansu mocy z odpadów o kaloryczności 26 - 30 MJ/kg



**reaktor ATON HT 200**



**reaktor ATON-HR 5000**

Z bilansów wynika, że utylizacja odpadów z reaktora ATON-HR 200 wytwarza energię elektryczną pokrywającą zapotrzebowanie - z niewielką nadwyżką.

Trzeba podnieść kaloryczności odpadów do 30 MJ/kg poprzez dodawanie opon i tetrakartonów. W celu uzyskania efektu ekonomicznego i ekologicznego doskonałym dodatkiem jest eternit oraz stosowanie reaktorów ATON HT 200 i ATON HT 5000.

**Wówczas zapewnimy efekt ekonomiczny i energetyczny w połączeniu z ekologicznym. Założenia potwierdzić może projekt badawczo – wdrożeniowy.**

*Na zakończenie postłużę się cytatem jednego z największych myślicieli starożytnej kultury - Seneki Młodszego;*

*... „ Kto żyje w zgodzie ze środowiskiem, ten nigdy nie będzie biedny”...*

*słowa wypowiedziane wiele stuleci wcześniej, w naszych czasach nabierają szczególnego znaczenia.*

- 1. Wytwarzamy tysiące ton odpadów i śmieci.*
- 2. Miejsc do składowania „ nikomu nie potrzebnych produktów ” jest coraz mniej. znaczna część nawet na składowiskach stwarza zagrożenie dla ekosfery.*
- 3. Ci co zajmują się i ich przetworzeniem stają się niejednokrotnie potentatami finansowymi.*

*W obecnych czasach trzeba sięgać do najnowszych zdobyczy nauki i techniki aby unicestwić zbędne produkty i wyroby działalności człowieka*

*W niniejszej prezentacji wykorzystano wyniki badań, testów i procesów technologicznych przeprowadzonych w:*

- *Ośrodka Badawczo – Rozwojowym ATON-HT SA.,*
- *Pracowni Analiz Instrumentalnych przy UMK w Toruniu,*
- *Uniwersytecie Techniczno Przyrodniczym we Wrocławiu.*

*Dziękuję za Uwagę*