

*Instytut Inicjatyw Edukacyjnych i Europejskie Centrum Kształcenia
Praktycznego we Włocławku – Polska*

Stanisław Linert

*Innowacyjne technologie mikrofalowe źródłem efektów ekonomicznych i
aspektów środowiskowych w gospodarce odpadami*

Włocławek, listopad 2012r.

Zawartość Opracowania

1. Wprowadzenie.....	3
2. Opis procesów technologicznych.....	3
2.1. Procesy termicznej utylizacji na przykładzie spalarni odpadów w elektrowniach.....	4
2.2. Zastosowanie i wykorzystanie promieniowania mikrofalowego w procesach utylizacyjno – recyklingowych.....	7
3. Technologia Microwave Thermal Treatment (MTT).....	7
4. Technologia Microwave Carbonisation System (MCS).....	8
5. Technologia Microwave Oxidation System (MOS).....	9
6. Ekonomiczne uzasadnienie nakładów i kosztów wynikających z procesów utylizacji opon z jednoczesną produkcją energii elektrycznej.....	11
7. Wnioski.....	12
8. Literatura.....	14

1. Wprowadzenie

Zanieczyszczenie środowiska odpadami w wyniku niewłaściwego gospodarowania odpadami przybrało rodzaj zjawiska narastającego lawinowo. Powodując zanieczyszczenia i rosnące koszty ich składowania, przetwarzania oraz problemy technicznego zagospodarowania odpadów. Innym nie mniej ważnym problemem są rosnące ceny deponowania i przetwarzania skłaniając do poszukiwania nowych technologii i redukcji kosztów utylizacji i składowania.

Problem narasta na terenach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Istnieje potrzeba wprowadzania procesów dających lepsze efekty ekonomiczne i ochrony środowiska. Kompleksowość w gospodarce odpadami wymusza konieczność ich segregacji u źródła ich powstawania lub w miejscu składowania. Odpady segregowane stanowią podstawę ich dalszego przetworzenia oraz utylizacji. Niesegregowane są mieszaninami substancji, nie nadającymi się do kompostowania, recyklingu czy przetworzenia przetworzenia.



Ryc. 1 Instalacja pirolitycznej spalarni odpadów typu H.P. – polterm [1]

Kraje „nowe” Unii Europejskiej do których należy i Polska powszechnie stosują metodę recyklingu polegającą na deponowaniu odpadów na składowisku lub ich termicznej utylizacji. Procesie najogólniej mówiąc polegającym na zmniejszeniu masy i objętości kosztem dużej emisji substancji szkodliwych do biosfery.

2. Opis procesów technologicznych

Powszechnie stosowanymi metodami pozbywania się odpadów jest ich termiczna utylizacja. Spalanie odpadów stwarza problemy zagospodarowania pozostałości jak: popioły,

odfiltrowany lotny popiół, nasycone sorbenty i odprowadzane ścieki technologiczne. Stanowiąc kolejne źródło zanieczyszczeń środowiska z gazami spalinowymi.

Nierozwiązanym pozostaje problem zagospodarowania pozostałości po spalaniu, popioły i sorbenty to przetworzony odpad niebezpieczny. Należy podjąć starania o wdrożenie technologiczne metod ich przetworzenia. W tym zakresie należy brać pod uwagę:

- redukcję objętości i masy,
- ujednoczenie charakteru odpadu (np. popiół),
- możliwość jednoczesnej utylizacji odpadów stałych ciekłych i gazowych.

Rozwiązaniem mogą okazać się dostępne technicznie i technologicznie metody ich przetworzenia z zastosowaniem *najnowszych dostępnych technik BAT*, gwarantujących

- redukcję masy i objętości,
- ujednoczenie charakteru odpadu (np. popiół),
- możliwość jednoczesnej utylizacji odpadów stałych ciekłych i gazowych.

Zgodnie Prawem Ochrony Środowiska odpady muszą być przetworzone przed ich składowaniem.

2.1. Procesy termicznej utylizacji na przykładzie spalarni odpadów w elektrowniach

Termiczna utylizacja odpadów jest określeniem ukrywającym zwalczane przez społeczeństwa spalarnie odpadów. Można uniknąć rezygnując z budowy spalarni na rzecz modernizacji istniejących kotłowni węglowych współspalających paliwo z odpadów. Modernizacji należałoby poddać nawet kilkadziesiąt kotłowni węglowych obejmujących:

- dostosowanie układów nawęglania do zasilania odpadami lub paliwem z odpadów,
- przebudowaniu rusztów i instalacji oczyszczania spalin.

Korzyści płynące z procesów modernizacyjnych:

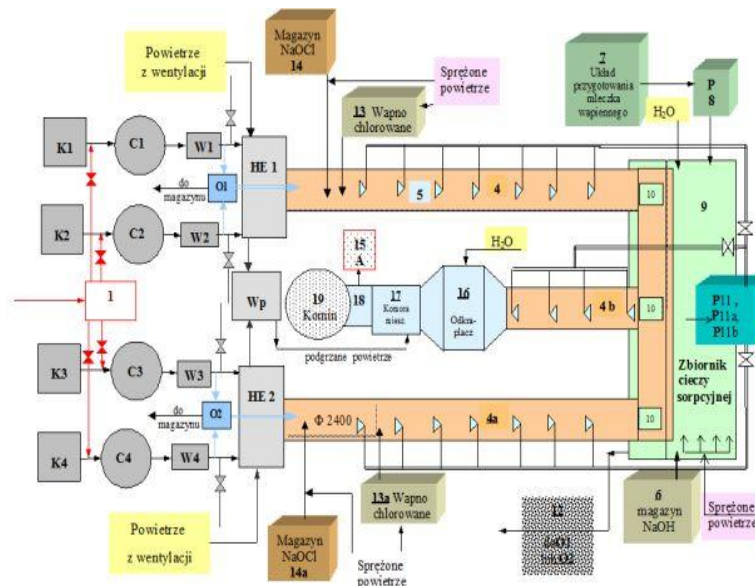
- a. brak problemu z odbiorem ciepła,
- b. nie zachodzi konieczność budowy sieci cieplnych, dróg dojazdowych, składowisk itp.,
- c. modernizacji w pierwszej kolejności powinny zostać kotłownie na obrzeżach miast.
- d. emisja zanieczyszczeń zmodernizowanej kotłowni będzie znacznie niższa, można w
- e. powszechnie dostępnym miejscu zainstalować monitoring aktualnego stężenia emitowanych zanieczyszczeń.

Zapewniając hermetyczny dowóz paliwa z odpadów lub odpadów i obniżając opłaty za ciepłą wodę i ogrzewanie, można uzyskać akceptację społeczną modernizacji elektrowni. Rycina 2 prezentuje projekt modernizacji kotłowni wyposażonej w 4 kotły WR-25 i dobudowanej

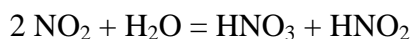
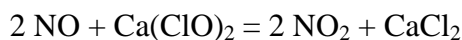
instalacji oczyszczania spalin. Projekt skonstruowano, aby wykorzystać istniejący układ przepływu spalin. Proces oczyszczania składa się z operacji:

- usuwanie dioksan, furanów i metali ciężkich uzyskuje się przez iniekcję węgla aktywnego do spalin przed istniejącymi cyklonami,
- ciepło spalin wykorzystuje się do podgrzania powietrza, które wprowadzone do spalin oczyszczonych podwyższa temperaturę spalin emitowanych, a także do wysuszenia szlamów z oczyszczania spalin,
- proces oczyszczania spalin polega na zraszaniu alkaliczną cieczą z dodatkiem utleniacza

Reaktor wyposażono w 2 niezależne układy do ograniczania emisji NO_x, rtęci (Hg) i metali ciężkich. Na wlocie do reaktora zainstalowano układ iniekcji do spalin pyłu wapna chlorowanego **13** lub **13a**, działający zgodnie z reakcją:

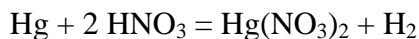


Ryc. 2 Schemat instalacji do oczyszczania spalin z kotłowni [2]



kwasy reagują z NaOH lub Ca(OH)₂ tworząc odpowiednie azotany lub azotyny.

Metaliczna rtęć rozpuszcza się w kropelkach HNO₃ zgodnie z reakcją:



Odpadowy roztwór NaOCl, podawany do reaktora kropelkami <= 63 mikrometrów, i dyszy na sprężone powietrze z układu **14** lub **14a**. Pierwszy (Ca(ClO)₂) **13** i **13a**, drugi (NaOCl) **14** i **14a** układ dozowania utleniaczy stosowany w przypadku wzrostu stężenia NO i Hg⁰ w spalinach oczyszczonych, mierzonych analizatorem **15**. Oczyszczone w reaktorze spaliny o temperaturze 30-40 °C wpłyną do zmywanego wodą odkraplacza **16**, a następnie do komory

mieszania **17**, w której spaliny są podgrzane gorącym powietrzem do temperatury powyżej kondensacji pary wodnej w kominie. Spaliny dalej wpłyną do kształtki **18** dobudowanej przy kanale wlotowym spalin do komina **19**. Oczyszczone i podgrzane spaliny wprowadzi się do komina z zainstalowanym układem analitycznym **15** umożliwiającym pomiary stężeń zanieczyszczeń w spalinach.

Tab. 1. Dane wyjściowe do projektu instalacji oczyszczania spalin [2]

Paliwo z odpadów: strumień = max 24 Mg/h, wartość opałowa = 17,84 MJ/kg, H₂O = 12%, gęstość paliwa = 250 kg/m³, temperatura topnienia popiołu = 1193 ± 16⁰C

L.p.	Charakterystyka paliwa	Emisja bez instalacji oczyszczającej	Emisja po instalacji oczyszczającej	Stężenie
	Nazwa składnika			
	g/kg sm.			
		kg/h	kg/h	mg/m ³ n
1	Chlor = 7,7	171,0 (HCl)	1,829	10
2	Siarka = 2,8	120,96 (SO ₂)	9,144	50
3	Ołów = 0,118	2,243	10,0183	0,1
4	Chrom = 0,138	0,874	0,0183	0,1
5	Miedź = 0,25	2,64	0,0183	0,1
6	Mangan = 0,1582	1,336	0,0183	0,1
7	Nikiel = 0,043	0,272	0,0183	0,1
8	Arsen = 0,00144	0,0274	0,0183	0,1
9	Kadm + rtęć = 0,0021	0,0423	0,000366	0,002
10	Azot = 10,2	90,613 (NO ₂)	36,576	200
11	Fluor = 0,8	18,19 (HF)	0,183	1
12	Popiół = 200	720,0	1,829	10

Stężenia zanieczyszczeń po oczyszczeniu spalin nie przekroczą stężeń dopuszczalnych.

W strukturze, gdy właścicielem kotłowni i odpadów jest miasto lub osiedle, można założyć że nastąpi sprzężenie umożliwiające właściwą gospodarkę odpadami i energią cieplną oraz nie będzie trzeba musieli wydawać ogromnych pieniędzy na kupno spalarni za granicą.

Metody alternatywne do procesów spalania również dotyczą termicznego przekształcania do nich należą metody mikrofalowe lub plazmowe. Metody plazmowe są metodami skutecznymi lecz bardzo kosztownymi inwestycyjnie i eksploatacyjnie, mogą być zatem stosowane w przypadkach gdy nie spełniają oczekiwań i wymogów inne znane metody.

2.2. Zastosowanie i wykorzystanie promieniowania mikrofalowego w procesach utylizacyjno - recyklingowych

Realizując założenia Dyrektyw Unii Europejskiej i krajowych aktów prawnych, podjęto prace wprowadzające alternatywne metody technologiczne radykalnie rozwiązujące problematykę poszczególnych grup odpadów.

Stosowane metody termicznego przetwarzania odpadów nie rozwiązują problemu standardów emisji substancji szkodliwych do atmosfery. Wdrażanie krajowych rozwiązań innowacyjnych pozwoliło skonstruować rozwiązania zaspokajające potrzeby. Przeciwdziałając metodzie deponowania odpadów przez ich zakopanie, należy postawić pytanie - *czy problem likwidujemy, czy też na małym obszarze powodujemy zagęszczenie i natężenie materiałów niebezpiecznych?*

Zasady mikrofalowego niszczenia odpadów oparto na przekazaniu energii cząsteczkom substancji organicznych zawartych w odpadach, efektem jest rozpad na cząsteczki o mniejszej masie molowej. Reakcję prowadzi się do uzyskania lekkich związków organicznych przyjmujących formę gazową. Zredukowane substancje organiczne pozostają w formie karbonizatu przenoszonych się do pojemników. Procesy mikrofalowego niszczenia odpadów niebezpiecznych pochodzenia organicznego i mineralnego należą do najefektywniejszych z jednoczesnym stosunkowo niskim kosztem eksploatacyjnym.

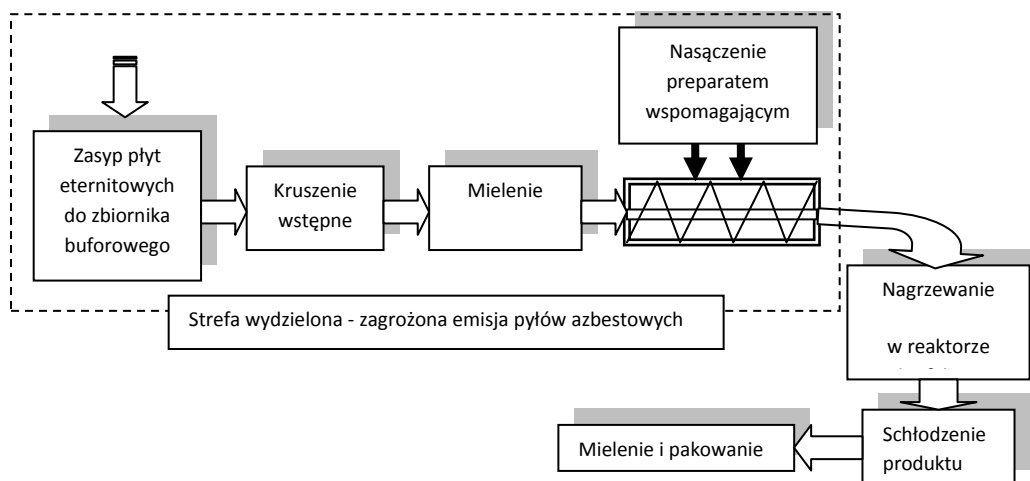
Takie walory techniczno – ekonomiczne przemawiają za powszechnym stosowaniem mikrofal do niszczenia materiałów niebezpiecznych.

Na przykładzie istniejących i przebadanych instalacji przedstawię i omówię procesy:

- utylizacji na bazie technologii **MTT**,
- karbonizacji opon samochodowych przy użyciu reaktorów typu **MOS** i **MCS**.

3. Technologia Microwave Thermal Treatment (MTT)

Microwave Thermal Treatment (MTT) to innowacyjne rozwiązanie unieszkodliwiania odpadów w sprawnych energetycznie reaktorach unieszkodliwiających odpady w bardzo wysokich temperaturach, przy kosztach eksploatacji wielokrotnie mniejszych od dotychczas znanych i stosowanych urządzeń i technologii.



Ryc. 3 Schemat instalacji do termicznej utylizacji odpadów [3]

Instalacja i technologia mogą być realizowana w stacjonarnych instalacjach przemysłowych o pracy ciągłej, jak i małych mobilnych zestawach reaktorów wykonujących zadanie w miejscach dużych skupisk materiałów niebezpiecznych jak składowiska.

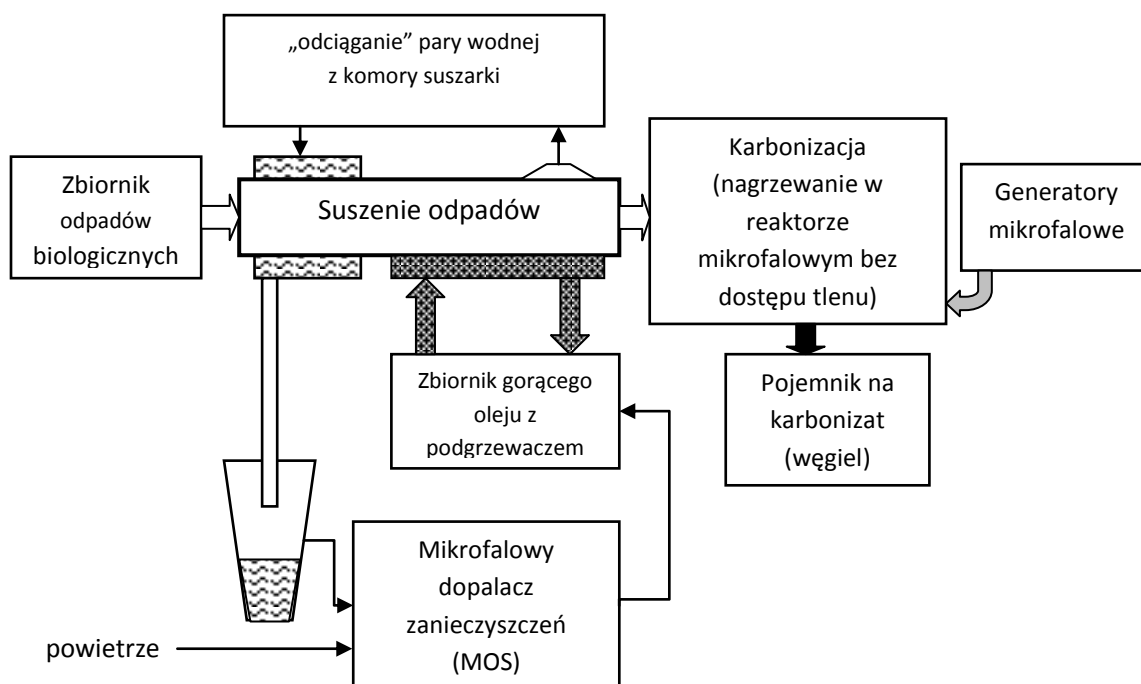
4. Technologia Microwave Carbonisation System (MCS)

Zapewnia procesy karbonizacji odpadów pochodzenia organicznego i mineralnego w technologii MCS, połączenie reaktorów *MTT* (*Microwave Thermal Treatment*) i *MOS* (*Microwave Oxidation System*) doprowadziło do opracowania technologii *MCS* (*Microwave Carbonisation System*). Tworząc system rozwiązań techniczno - technologicznych unieszkodliwiających odpady stanowiące zagrożenie dla ludzi i środowiska naturalnego. Technologia utylizacji odpadów jest zespołem procesów karbonizacji z wykorzystujących energię mikrofalową. Procesy opracowywane i wdrażane przez firmę ATON-HT SA upraszczają unieszkodliwianie odpadów i eliminując uciążliwy i drogi transport przy znacznej redukcji kosztów procesu.

Utylizowany materiał suszony jest w trakcie przenoszenia w przenośniku ślimakowym z intensywnie nagrzewanymi ściankami przy wykorzystaniu gorącego oleju przepływającego w układzie zamkniętym i podgrzewanego grzałkami elektrycznymi oraz gorącymi gazami. Para wodna uwalniana z materiału w trakcie suszenia odprowadzana jest kanałem do w pierwszej części przenośnika ślimakowego ulegając skropleniu na ściance transportera nagrzewa chłodny materiał wprowadzany ze zbiornika odpadów odzyskując część energii zużytej na odparowanie wody z materiału.

Odpady podlegają wstępnej obróbce termicznej w przenośniku ślimakowym z

intensywnie nagrzewanymi ściankami przy wykorzystaniu gorącego oleju przepływającego w układzie zamkniętym.



Ryc. 4 Schemat blokowy reaktora mikrofalowego do utylizacji odpadów organicznych z uboju drobiu metodą MCS [5]

Para wodna uwalniana w trakcie suszenia odprowadzana jest kanałem do komory w pierwszej części przenośnika ślimakowego ulegając skropleniu na ściance transportera nagrzewa chłodny materiał wprowadzany ze zbiornika odpadów. Wyszuszony materiał przenoszony jest do komory mikrofalowej, w której nagrzewany jest do wysokiej temperatury około 500 - 600°C w warunkach beztlenowych lub w jego silnego niedoboru. Gazy pirolityczne uwalniane z reaktora mikrofalowego odprowadzane są przez kanał odlotowy z wentylatorem wyciągowym do mikrofalowego oczyszczacza gazu, w którym dopalane są w wysokiej temperaturze w urządzeniu **MOS**.

Schematycznie przedstawiona technologia utylizacji odpadów w technologii MCS może być stosowana w zależności od rodzaju odpadów, ich składu i przewidywanego sposobu „zagospodarowania” produktów procesu.

5. Technologia Microwave Oxidation System (MOS)

Istotną i zaletą technologii jest radykalna redukcja produktów spalania oraz zmniejszenie ilości gazów odlotowych. Mniejsza ilość gazów odlotowych pozwala

zmniejszyć wymiary dopalacza i nakłady energii. System pozwala precyzyjnie utrzymywać optymalne temperatury gazów odlotowych, gwarantując uzyskanie wysokiej skuteczności procesu. Istotnym elementem w proponowanym systemie jest wysoka skuteczność oczyszczanych gazów w porównaniu z metodami konwencjonalnymi.

Wyniki przeprowadzonych analiz dokumentują wyjątkowo dużą skuteczność niszczenia materiałów niebezpiecznych przy użyciu termiki mikrofalowej. Najistotniejszym wskaźnikiem jest ich obojętność dla ekosfery. Takie wnioski można wysnuć na podstawie szczegółowych badań laboratoryjnych dokonanych w Pracowni Analiz Instrumentalnych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika pod kierunkiem prof. Stanisława Biniaka powstające produkty odpadowe nie stanowią żadnego zagrożenia dla organizmów żywych oraz placówek naukowo badawczych we Wrocławiu.

Tab. 2 Tabelaryczne zestawienie wyników analiz elementarnych produktów poddanych termicznie – mikrofalowej obróbce [4]

Rodzaj materiału badanego	Analiza Elementarna					
	N %	C %	H %	Popiół %	Suma CHN + popiół %	Pozostałe Pierwiastki %
Eternit – metoda produkcji pionowa	0,366	0,086	0,254	99	99,706	0,294
Karbonizat odpadów z ubojni drobiu	7,41	52,90	2,98	29,94	93,23	6,77
Karbonizat utylizacji ptaków - kurczak	4,54	37,92	3,54	47,41	93,41	6,59
Karbonizacja opon samochodowych	0,46	85,97	5,51	3,92	95,86	4,14

Technologia MOS jest elementem podnoszącym jakość procesów utylizacji odpadów ograniczono się tylko do zasygnalizowania procesu. Gdyż nie bez znaczenia pozostaje jakość gazów odlotowych (spalin) w procesach termicznej utylizacji.

Istotą jednak jest redukcja kosztów utylizacji i aspekt środowiskowy jaki jest uzyskiwany w wyniku stosowania prezentowanych technologii.

Nie bez znaczenia na uzyskiwane efekty ekonomiczne mają wartości kaloryczne odpadów poddawanych termicznemu przetwarzaniu z wykorzystaniem energii zawartej w mikrofalach. Wybrane i najpowszechniej stwarzające problemy składowania podano w tabeli

w odniesie do wartości kalorycznej podstawowych źródeł energii jakimi jest węgiel i ropa naftowa.

Tab. 3 Wartości kaloryczne nośników energii i odpadów [4]

<i>L</i>	<i>Nazwa produktu</i>	<i>jednostka</i>	<i>wartość</i>
<i>1.</i>	<i>Węgiel</i>	<i>MJ / kg</i>	<i>20</i>
<i>2.</i>	<i>Ropa naftowa</i>	<i>MJ / kg</i>	<i>25</i>
<i>3.</i>	<i>Odpady komunalne</i>	<i>MJ / kg</i>	<i>6 – 12</i>
<i>4.</i>	<i>opony</i>	<i>MJ / kg</i>	<i>30</i>

6. Ekonomiczne uzasadnienie nakładów i kosztów wynikających z procesów utylizacji opon z jednoczesną produkcją energii elektrycznej

Dla uproszczenia i prezentacji omawianych technologii w systemach przyjęto prezentację kosztów związanych z utylizacją opon o wartości kalorycznej podanej w tabeli 3.

Koszt budowy linii technologicznej do karbonizacji opon w ilości - 1.500 kg/h z jednoczesną produkcją energii elektrycznej i produktem ubocznym procesu technologicznego jakim jest podgrzewana woda kształtuje się na poziomie 22 – 24mln PLN.

Dla uproszczenia nie przedstawia się pełnej analizy ekonomicznej podając najistotniejsze składniki procesu technologicznego uwzględniające koszty i efekt ekonomiczny.

Z załączonym ;poniżej uproszczonym zestawieniem tabelarycznym efektów produkcyjnych i kosztów wynika, że szacunkowy koszt utylizacji opon w przeliczeniu na koszt jednostkowy pozwala uzyskać zysk brutto wynikający tylko z wyprodukowanej energii elektrycznej na poziomie 2.010PLN. Jednocześnie karbonizując 1,5 tony opon, uzyskując około 200 – 250 kg związku mineralno – organicznego zawierającego 80 – 90% czystego węgla, który poddany oczyszczeniu ze związków mineralnych stanowi podstawę do uzyskania węgla aktywowanego np. do produkcji filtrów do wody. Uzyskany z procesów karbonizacji produkt jest praktycznie podstawowym materiałem wsadowym stosowanym w przemyśle oponiarskim do produkcji opon.

Uzyskany efekt ekonomiczny świadczy o uzasadnionym podejmowaniu i prowadzeniu działań mających na celu wprowadzanie technologii innowacyjnych do osiągnięcia efektów gospodarczo – ekonomicznych dla lokalnych podmiotów gospodarczych oraz regionalnych.

Ponadto tego typu działania gospodarczo – ekonomiczne powodują istotne zmniejszenie skali problemu deponowania wielu materiałów stanowiących w danym

momencie odpad, który poddany przeróbce z zastosowaniem właściwej technologii nie tylko zmniejsza lub redukuje skalę problemu ale i pozwala osiągnąć znaczący efekt ekonomiczny.

Tab. 4 Uproszczona analiza kalkulacyjno – kosztowa utylizacji opon z jednoczesną produkcją energii elektrycznej w ciągu 1 godziny [6]

<i>L</i>	<i>P</i>	<i>Nazwa czynności / procesu</i>	<i>jednostka</i>	<i>ilość</i>	<i>cena</i>	<i>wartość</i>
<i>1</i>		<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Koszt podstawowy						
<i>1.</i>		ilość opon poddawanych karbonizacji - granulat	kg / h	1.500	300	450,0
<i>2.</i>		średnie zużycie energii	kWh	300	0,69	207,0
<i>3.</i>		Wynagrodzenie pracownika - operatora	godz.	1	75,0	25,0
<i>4.</i>		Koszty eksploatacyjno – amortyzacyjne (koszty maszynogodziny)	godz.	1	98,0	98,0
		Razem				830,0
Efekt produkcyjno - ekonomiczny						
<i>4.</i>		ilość wyprodukowanej energii elektrycznej	kWh	4.000	0,71	2.840,0
<i>5.</i>		Ilość wyprodukowanej ciepłej wody o temp. 60 – 75 ⁰ C	m ³	20	8,0	160,0
<i>6.</i>		Dopłata z NFOŚiGW z tytułu utylizacji opon (wartość uśredniona)	tona	1,5	900	1.350,0
		Razem				4.350,0

W przykładowych wyliczeniach pokazano i posłużono się zaledwie drobnym wycinkiem całokształtu zagadnień związanych w pełną analizą rzeczowo finansową przedsięwzięcia.

7. Wnioski

Procesy utylizacji produktów pochodzenia organicznego i mineralnego w oparciu o rozwiązania technologiczne z wykorzystaniem energii zawartej w mikrofalach pokazują skalę możliwości i prezentują zasadność stosowania tych technologii.

W przedstawionym zarysie analizy ekonomiczno – kosztowej można postawić założenie, że efekt ekonomiczny świadczy o prawidłowym kierunku i uzasadnionym podejmowaniu działań mających na celu wprowadzanie technologii innowacyjnych do osiągania efektów gospodarczo – ekonomicznych. przez lokalne i regionalne podmioty gospodarcze. Tego typu działania ekonomiczno – gospodarcze stymulują wzrost gospodarczy i wpływają na zmniejszenie stopy bezrobocia stającej się coraz poważniejszym problemem dla samorządów i rządów.

Nie mniej ważnym elementem jest aspekt ekonomiczno – środowiskowy polegający:

- a. na zmniejszaniu redukcji odpadów zalegających na składowiskach,
- b. produkcja energii elektrycznej z wykorzystaniem odpadów co zmniejsza zużycie tradycyjnych nieodnawialnych źródeł pozyskania energii,
- c. wykorzystanie w procesach recyklingu wsadu i odpadu z procesów karbonizacji, co redukuje ilości składowanych odpadów przedłużając znacznie żywotność eksploatowanych składowisk.
- d. pobudza i stymuluje rozwój przedsiębiorczości poprzez zagospodarowywanie produktów recyklingu dla celów gospodarczych.

W przykładowych wyliczeniach pokazano i posłużono się zaledwie drobnym wycinkiem całokształtu zagadnień związanych w pełną analizą rzeczowo finansową przedsięwzięcia.

Przyjmując założenia techniczno – ekonomiczne i czasookresu amortyzacji linii produkcyjnej wynoszącej 5 lat przy okresie eksploatacji wynoszącym 8 godz/dobę. Linia technologiczna w celu właściwych efektów ekonomicznych powinna pracować przez całą dobę wówczas uwzględniając jej naturalne zużycie osłon i koszty pośrednie czasookres amortyzacji ulega skróceniu do 3 lat.

1. Stosowanie technologii mikrofalowej do utylizacji odpadów mineralnych i organicznych jest technologią uzasadnioną nie tylko technologicznie ale i w pełni ekonomicznie z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju.
2. Stosunkowo prosta konstrukcja technologiczna i mobilność poszczególnych instalacji stosującej do niszczenia skoncentrowane pole mikrofalowe pokazuje zasadność korzystania z tych procesów technologicznych.

8. Literatura

1. Poloterm Olsztyn – spalarnie technologiczne odpadów
2. www.nowa-energia.com.pl termiczna-utyliczacja-czy-spalarnie-odpadów/
schemat_oczyszczania_spalin_z_kotłowni
3. R. Parosa, Mikrofałe w procesach utylizacji odpadów – materiały nie publikowane;
ATON HT -2008
4. Materiały badawcze do pracy magisterskiej i praca magisterska
5. Mikrofałe w technologii unieszkodliwiania – ATON HT S.A. – materiały nie
publikowane i publikowane
6. Energetyczne zagospodarowanie opon – wykorzystanie innowacyjnych metod
mikrofałowych – ATON HT – Wrocław 2010
7. Biuletyn Informacji Prawnej Ministerstwa Ochrony Środowiska
8. E. Reszke, Mineralizacja mikrofałowa – Analityka, nauka i praktyka; 4/2001
str. 22 – 25
8. K. Wystalska, J. Bień; Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr. 33; Instytut
Ochrony Środowiska – Warszawa 2007; - Stałe i gazowe produkty uzyskane w
procesie plazmowego przekształcania odpadów.
9. Kuznetsov, D.V., Raev, V.A., Kuranov, G.L., Arapov, O.V., Kostikov, R.R. Russ. J.
Org. Chem. 2005 (41) 1719
10. J. Niewczas ; Sprawozdanie z badań instalacji technologicznej MOS MTT; Wrocław
2008
11. Ustawa z dnia 27.04.2001 roku, Prawo ochrony środowiska, Dz.U. nr 62, Poz. 627,
12. POLSKA NORMA PN-Z-04030-7. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości
pyłu. „ Pomiar stężenia i strumienia masy pyłu w gazach odlotowych metodą
grawimetryczną
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23.12.2004r. w sprawie wymagań w
zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Dz.U. Nr. 283, Poz. 2842,
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005r. w sprawie standardów
15. Grochowalski A. "Metody pomiaru stężenia dioksyn w spalinach i innych gazach
odlotowych - zagadnienia normatywne. III-Międzynarodowe Sympozjum - Dioksyny
Człowiek-Środowisko, Kraków, 17-18.09.1998