

## *Kogeneracja*

*szansą rozwoju energetyki rozproszonej wykorzystującej  
innowacyjne technologie odzyskiwania i przetwarzania  
energii zawartej w odpadach komunalnych i przemysłowych*



*Stanisław Linert*

*Włocławek czerwiec 2016r.*

### *Zwartość opracowania*

1. Wstęp.....	3
2. Kogeneracja tradycyjna.....	6
3. Tradycyjne systemy kogeneracyjne w aspekcie techniczno – ekonomicznym.....	8
4. Podstawy procesów mikrofalowych.....	9
5. Utylizacja odpadów komunalnych z jednoczesną produkcją energii elektrycznej i ciepła.....	11
6. Mikrofalowa karbonizacja opon samochodowych.....	14
7. Podsumowanie i Wnioski.....	18
8. Literatura.....	21

## 1. Wstęp

Polski system energetyczny w odróżnieniu od systemów energetycznych „starej Unii” oparty jest o niskoefektywne energetyczne przetwarzanie energii pierwotnej zawartej w węglu. Przy okazji warto podkreślić, że dla celów energetycznych pozyskiwany jest węgiel o niskich parametrach energetycznych a nawet co daje się zauważyć w większości ciepłowni tzw. muł węglowy. Większość krajów Unii Europejskiej wytwarzanie podstawowych **nośników energii**, ciepła i energii elektrycznej, w znacznym udziale opiera na procesach cieplnych z wykorzystaniem energii chemicznej lub jądrowej. Obecnie w zależności od kraju udział energii rozproszonej uzyskiwanej z energii wiatru, słońca czy biomasy wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu procent zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą.

Ograniczanie emisji gazów cieplarnianych i zwiększanie efektywności wykorzystywania paliw to priorytety polityki Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska. Wyrazem takich działań jest dyrektywa **2004/8/WE - W sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii**.

*Cóż to takiego jest Kogeneracja? i czy Kogeneracja jest czymś nowym w polskim systemie energetycznym* – posługując się wiedzą encyklopedyczną możemy powiedzieć, że:

***Kogeneracja jest procesem wytwarzania energii, w którym równocześnie generowana jest energia elektryczna oraz ciepło. Jest to zatem zaplanowany wysokosprawny proces technologiczny, w którym energia wytwarzana jest z użyciem relatywnie czystych paliw takich jak gaz ziemny czy biogaz. Kogeneracja przyczynia się do ograniczenia emisji zanieczyszczeń oraz zmniejszenia zużycia paliw kopalnych.***

Należy zauważyć, że procesy Kogeneracji oparte na procesach spalania węgla, paliw płynnych czy gazu nie są nowymi procesami i znane są od dawna. W tradycyjnym układzie energetycznym,

- **energia elektryczna** produkowana w elektrowni - przy sprawności ok. 36% (średnia sprawność elektrowni UE wynosi 40% - źródło: EUROSTAT).
- **Energia ciepła** pochodzi z ciepłowni miejskich lub lokalnych kotłowni ze sprawnością 80 - 90% - źródło: EUROSTAT).

Produkcja energii elektrycznej i ciepłej odbywa się w procesach kogeneracji. Jest to proces polegający na konwersji termodynamicznej energii chemicznej zawartej w paliwach stałych, ciekłych i gazowych do wartości nośników użytecznych takich jak;

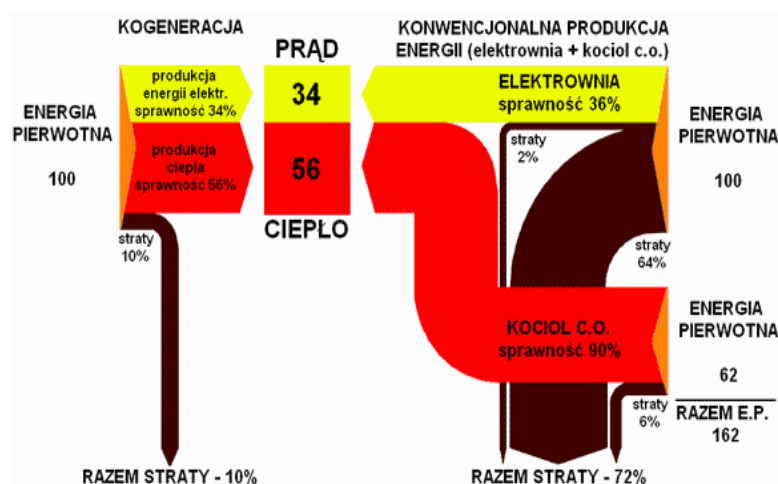
- a. Ciepło – zimno,
- b. energia elektrycznej – energia mechaniczna.

Realizacja procesów odbywa się w urządzeniu lub w grupie urządzeń połączonych ze sobą w linię technologiczną. Zatem procesy Kogeneracji mogą być realizowane;

- w dużych elektrociepłowniach zawodowych, i
- rozproszonych układach mniejszych mocy, w układach CHP - z ang. Combined Heat and Power.

Aby wytworzyć taki sam efekt końcowy w tradycyjnym układzie musimy zużyć o 62% więcej energii pierwotnej (np. gazu), niż w układzie skojarzonym - kogeneracyjnym.

Na rycinie zobrazowano efekty produkcyjne w systemie energetycznym tradycyjnym i kogeneracyjnym.



Ryc. 1 Produkcja energii w systemie tradycyjnym i w systemie Kogeneracji;

źródło; <http://www.kogeneracja.net>

Upowszechnianie produkcji energii cieplnej i elektrycznej w procesach skojarzonych powoduje redukcję gazów cieplarnianych o około 30%, w sektorze energetycznym, który jest największym producentem gazów cieplarnianych w gospodarce. Redukcja tych gazów skutkuje zmniejszeniem wydatków na zakup uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>. Zmniejszenie zużycia paliw stałych przekłada się na zmniejszenie produkcji odpadów powstających w wyniku procesów spalania takich jak żużel, pyły odcieki pokotłowniane. Efektywność energetyczna istniejących elektrociepłowni kogeneracyjnych przynosi już wymierne korzyści ekonomiczne,

które mogą wzrosnąć wraz ze wzrostem efektywności energetycznej i poprawą jakości technologicznej elektrociepłowni ko generacyjnych.

Obecne uregulowania prawne dotyczące rozwoju procesów kogeneracji ulegają częstym zmianom i dostosowaniom do obowiązujących przepisów międzynarodowych.

- 8 stycznia 2010 r. Sejm dokonał zmian w Prawie energetycznym, w taki sposób, aby ceny ciepła z kogeneracji były traktowane w sposób rynkowy. Obecnie trwają prace nad kolejnymi modyfikacjami Prawa Energetycznego i całego tzw. Trójpaku energetycznego.
- Zgodnie z polityką energetyczną Polski do roku 2030, przewiduje się wiele innych zmian legislacyjnych, korzystnych dla rozwoju kogeneracji, co w konsekwencji, powinno doprowadzić do podwojenia produkcji ciepła z kogeneracji do roku 2020.

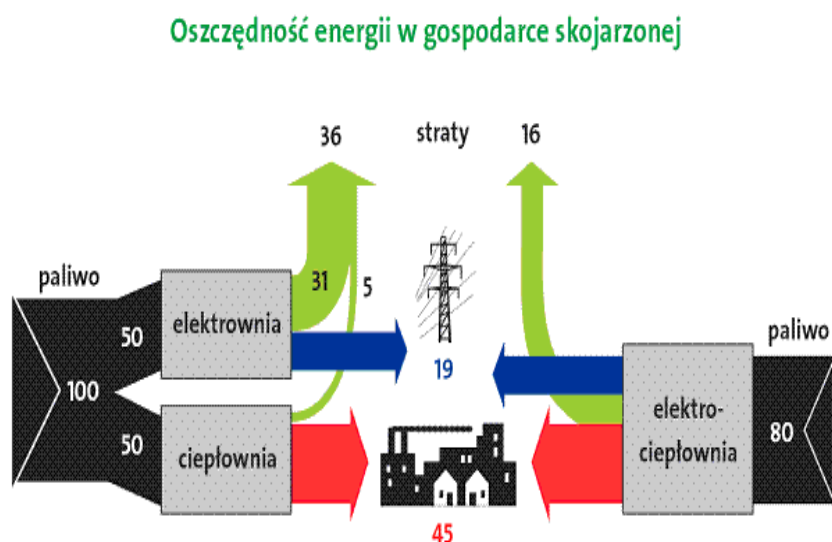
Cele Polityki energetycznej są zbieżne z celami Odnowionej Strategii Lizbońskiej i Odnowionej Strategii Zrównoważonego Rozwoju UE. Polityka energetyczna będzie zmierzać do realizacji zobowiązania, wyrażonego w strategiach UE, mówiących o przekształceniu Europy w gospodarkę o niskiej emisji CO<sub>2</sub> oraz pewnym, zrównoważonym i konkurencyjnym zaopatrzeniu w energię.

Poprawa efektywności energetycznej jest jednym z priorytetów unijnej polityki energetycznej z wyznaczonym do roku 2020 celem zmniejszenia zużycia energii o 20% w stosunku do scenariusza "business as usual". Polska dokonała dużego postępu w tej dziedzinie. Energochłonność PKB w ciągu ostatnich 10 lat spadła o 30%, jednakże w dalszym ciągu efektywność polskiej gospodarki, liczona jako PKB (wg kursu euro) na jednostkę energii, jest dwa razy niższa od średniej europejskiej.

Rozwój gospodarczy, będący wynikiem stosowania nowych technologii, wskazuje na znaczny wzrost zużycia energii elektrycznej przy relatywnym spadku innych form energii. Kwestia efektywności energetycznej jest traktowana w polityce energetycznej w sposób priorytetowy, a postęp w tej dziedzinie będzie kluczowy dla realizacji wszystkich jej celów. W związku z tym, zostaną podjęte wszystkie możliwe działania przyczyniające się do wzrostu efektywności energetycznej.

Niezbędne jest poprawianie warunków umożliwiających inwestowanie w nowoczesne systemy energetyczno – ciepłownicze ...”Poprawa istniejącej sytuacji produkcji ciepła i energii elektrycznej leży w interesie społeczeństwa, odwlekanie promodernizacyjnych decyzji

naraża nas na wyższe koszty odsuwając oczekiwaną poprawę efektywności energetycznej, technicznej i ekonomicznej branży ciepłowniczej”... (Jacek Szymczak, Prezes Zarządu Izby Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie).



Ryc. 2 Redukcja strat i oszczędności energii w systemie skojarzonym;  
źródło; <http://www.cieplosystemowe.pl>

Technologia zapewnia autonomię produkcji energii i redukcję efektu cieplarnianego w wyniku zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>. Rozwiązanie preferuje rozproszone systemy energetyczne i lokalizację procesów z dala od elektrociepłowni.

Produkcję ciepła i energii elektrycznej w kogeneracji wspierają uczestnicy Programu Promocji Ciepła Systemowego. Ciepło Systemowe jest marką produktów – **systemowego ogrzewania budynków mieszkalnych i użytkowych oraz dostaw ciepłej wody**. Z których korzysta ponad połowa gospodarstw domowych, firmy i instytucje publiczne, preferujące systemowe dostawy ciepła, stabilne ceny, wygodę użytkowania, bezpieczeństwo oraz niezawodność.

## 2. Kogeneracja tradycyjna

Tradycyjny system kogeneracyjny jest technicznym rozwiązaniem pozwalającym wytwarzać i jednocześnie wykorzystywać energię elektryczną i ciepłą jednocześnie – w systemie skojarzonego procesu energetycznego.

Kogeneracja jest procesem technologicznym, w którym jednocześnie generowana jest energia elektryczna i ciepło. Które towarzyszy każdemu procesowi wytwarzania energii elektrycznej przez generatory prądu. Jeżeli zastosujemy generator kogeneracyjny to uzyskane ciepło wykorzystujemy, np. dla celów socjalno – bytowych lub potrzeb firmy ( ogrzewanie, ciepła woda użytkowa). Korzystając z tradycyjnego generatora ciepło jest elementem strat. Sprawność tradycyjnego generatora wynosi 30 – 40%, jeżeli stosujemy układ kogeneracyjny sprawność zespołu podnoszona jest do 90%.

Dodatkowym elementem ekonomicznym przemawiającym za stosowanie systemów ko generacyjnych jest możliwość zbycia na Towarowej Giełdzie Energii certyfikatów, w zależności od zastosowanej generacji można posiadać żółte lub czerwone certyfikaty, które tak na dobrą sprawę podnoszą rentowność przeprowadzonej inwestycji.

Stopa zwrotu inwestycji przy prawidłowo przygotowanym programie i gospodarowaniu energią elektryczną i ciepłą wynosi 2 – 3 lat.

Podstawowy system kogeneracyjny składa się z:

- a. modułu wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej,
- b. energetycznego układu zabezpieczającego – rozdzielczego energii ciepłej i elektrycznej,
- c. napędów i obwodów sterowania pomocniczych i układu olejowego.

Podzespoły wchodzące w skład systemu kogeneracyjnego tworzą sprawnie działający ciąg technologiczno – produkcyjny, stanowiący jeden współzależny od siebie system, jak to pokazano na ryc. 1

W agregacie kogeneracyjnym na dostarczonych 100 jednostek energii pierwotnej wytworzone zostają;

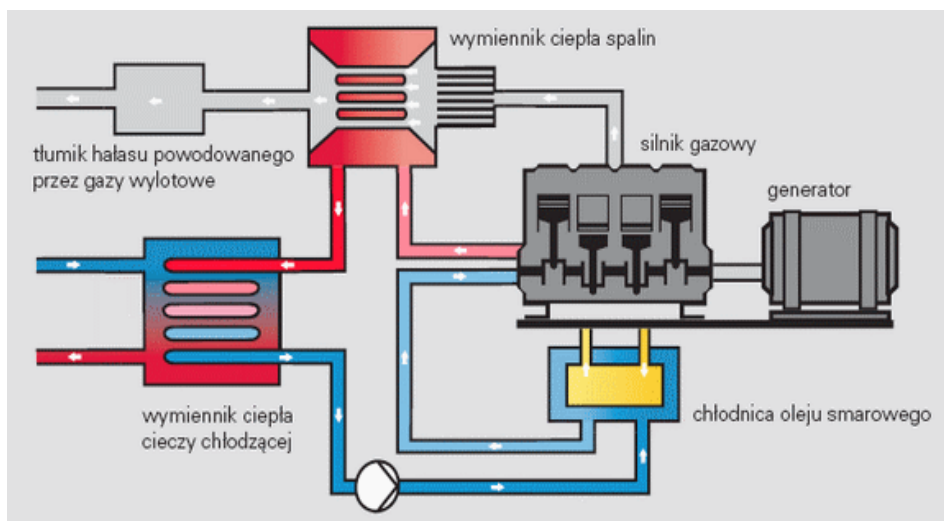
- 34 jednostki energii elektrycznej,
- 56 jednostek ciepła,
- 10 jednostek to straty.

W układzie tradycyjnym do wyprodukowania;

- 34 jednostek energii elektrycznej potrzeba 100 jednostek energii pierwotnej, i do
- 56 jednostek ciepła potrzeba 62 jednostki energii pierwotnej,
- straty to 72 jednostki.

W efekcie musimy dostarczyć 162 jednostki energii pierwotnej do wyprodukowania takiej samej ilości prądu i ciepła.

Osiągnięcie takiej sprawności w agregacie grzewczo-energetycznym jest możliwe dzięki systemowi odzysku ciepła powstającego podczas produkcji energii elektrycznej. Agregat kogeneracyjny skonstruowano na bazie silnika spalinowego napędzającego generator synchroniczny prądu przemiennego. Dodatkowym aspektem odzysku ciepła jest układ chłodzenia agregatu kogeneracyjnego wyposażony w wymiennik płytowy służący do połączenia agregatu z siecią ciepłowniczą. Analogiczny wymiennik wbudowano w układ wydechowy celem odzysku ciepła spalin. Ciepło odzyskiwane przez wymienniki płytowe będące ciepłem strat w tradycyjnych układach może być wykorzystywane do ogrzewania budynków lub służyć dla celów w procesach technologicznych. Zasadę działania agregatu pokazano na ryc. 3.

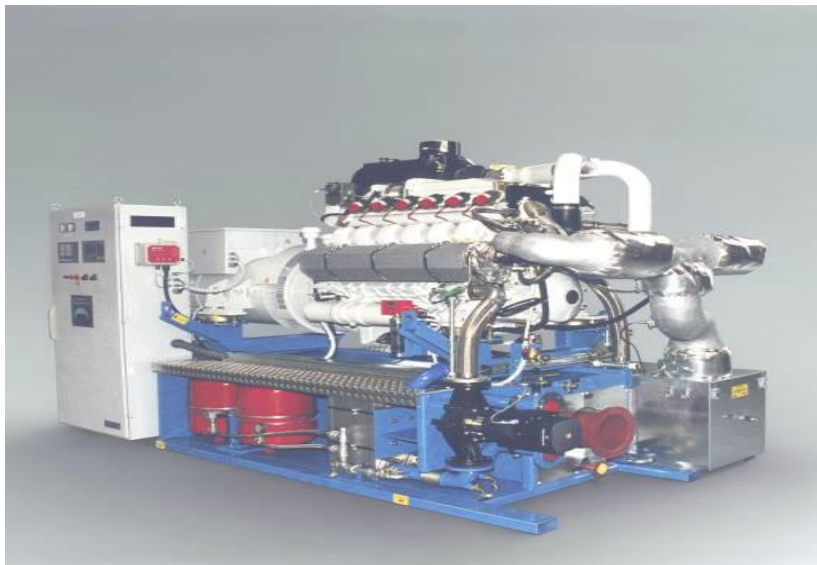


Ryc. 3 Zasada działania systemu kogeneracyjnego energii rozproszonej  
źródło; <http://www.cieplosystemowe.pl>

### 3. Tradycyjne systemy kogeneracyjne w aspekcie techniczno - ekonomicznym

Tradycyjne systemy kogeneracyjne są technicznymi rozwiązaniami pozwalającymi prowadzić jednocześnie proces wytwarzania i wykorzystywania energii elektrycznej i cieplnej w tzw. rozproszonych systemach energetycznych.





Ryc. 4 Tradycyjny moduł kogeneracyjny TYP MB 3042 L1 [2]

Dane techniczne:  $P$ -elektryczna - 357kW;  $P$ -cieplna – 529kW;  $E$ -gazu – 987kW;  
 $\eta$ -elektryczna – 36,1%;  $\eta$ -cieplna – 53,6%;  $\eta$ -całkowita – 89,7%

Powyżej przedstawiono schematycznie tradycyjny podstawowy system kogeneracyjny składający się z: sie z modułów wytwarzania energii;

- a. elektrycznej,
- b. cieplnej,
- c. energetycznego układu zabezpieczeniowo – rozdzielczego,
- d. rozdzielnicy,
- e. napędów i systemu sterowań pomocniczych z układem systemu smarowania i chłodzenia olejowego.

Podzespoły systemu tworzą sprawnie funkcjonujący i wzajemnie się uzupełniający się i w pełni bezpieczny układ energetyczny. Pominięcie lub wyeliminowanie jednego z elementów powoduje destabilizację pracy i funkcjonowania systemu;

1. Wyeliminowanie modułu CHP uniemożliwia produkcje energii elektrycznej i cieplnej.
2. Niezamontowanie układu energetycznego rozdzielczo – zabezpieczeniowego uniemożliwia produkcję, rozdział i dystrybucję wyprodukowanej energii elektrycznej.
3. Brak systemu rozdziału i dystrybucji produkowanego ciepła pozbawia możliwości dystrybucji i sterowania produkowanego ciepła.

4. Brak lub złe zarządzanie systemem smarowania i chłodzenia olejem destabilizuje lub uniemożliwia pracę systemu produkcji i dystrybucji energii elektrycznej i ciepłej.

Przedstawiony aspekt techniczny pokazał zasadność stosowania systemu CHP w systemach energetyki rozproszonej. Jednak aby mieć w miarę pełen obraz należy uwzględnić nie mniej istotny aspekt ekonomiczny. W tym celu należy przyjąć pewne konkretne założenie i system prezentujący jednostkę przykładową prezentującą konkretne rozwiązania i parametry technologiczne. W tym celu pozwolę sobie zaprezentować może już nie najnowsze rozwiązanie ale w pełni sprawdzone i wiarygodne jakim jest moduł typu ME 3042L1 zasilany gazem GZ50 o  $P_{el} - 357kW$ ,  $P_{cieplk.} - 529kW$ .

Pozwolę posłużyć się uproszczoną symulacją przyjmując założenia;

1. Praca zespołu 24 godz. przez 365 dni w roku.
2. Produkcja energii elektrycznej  $357kW/h \times 24h \times 365dni = 8.568 \times 365 = 3.127.320kWh$ .
3. Produkcje energii ciepłej  $529 \times 24h \times 365dni = 12.696 \times 365 = 4.634.040kWh$

W sposób celowy i zamierzony nie przyjęto cen jednostkowych zakupu energii i oszczędności energii gdyż w obecnych warunkach, należy koszty te kalkulować w odniesieniu do poszczególnego odbiorcy.

Również nie przyjęto cen jednostkowych sprzedaży energii elektrycznej i ciepłej, gdyż i One będą korygowane po wprowadzeniu tzw. trójpaku energetycznego.

Znamy już możliwości technologiczne tradycyjnych systemów Kogeneracji należy zapoznać się z innymi możliwościami jakie daje zastosowanie technologii innowacyjnej oraz niekonwencjonalne źródła energii, których tak naprawdę w miarę rozwoju ludzkości nie powinno zabraknąć.

Postaram się po omówić i zaprezentować technologie wykorzystujące odpady komunalne i przemysłowe w połączeniu z termiczno – mikrofalowym przetwarzaniem tych produktów polegającym na odzysku zawartej w nich energii z jednoczesną produkcją energii elektrycznej i ciepłej.

#### **4. Podstawy procesów mikrofalowych**

Epokę mikrofal zauważył w momencie odkrycia fal radiowych w 1888 roku fizyk niemiecki Heinrich Hertz gdy stwierdził, że przeskok dużej iskry powoduje przeskok małej

iskry w przerwie uzwojenia cewki z drutu, umieszczonej w pewnej odległości. Doświadczenie doprowadziło do odkrycia niewielkiej części zakresu promieniowania radiowego. Mikrofałe generowane są podobnie do fal radiowych, lecz o wyższej częstotliwości. Przesyłanie fal elektromagnetycznych wymaga rozwiązania problemu zakodowania informacji w postaci zmodulowanej amplitudy fali nośnej. Propagacja mikrofal jest ograniczona do zasięgu bezpośredniej widoczności, gdyż ulegają w bardzo małym stopniu ugięciom i odbiciom od jonosfery. Ulegają rozpraszaniu, tłumieniu i odbiciu oraz od obiektów o dużej gęstości, atmosfery i innych ośrodków.

Energia transportowana poprzez promieniowanie mikrofalowe jest znacznie mniejsza niż energia dysocjacji wiązania chemicznego, nawet tak słabego jak wiązanie wodorowe.

Istota mikrofal tkwi w przemieszczaniu się energii, w przyrodzie nic nie ginie. Energia mikrofal napotykać na przedmiot o dużej gęstości (np. odpady komunalne, guma, odpady stałe pościelowe, itp) ulega zamianie na energię kinetyczną cząsteczek budujących obiekt. Mikrofałe niosą ze sobą porcje energii powodując rotację cząsteczek w zmiennym polu elektrycznym. Bez zmiany struktury chemicznej nie zrywając wiązań chemicznych. Upraszczając problem, mikrofałe nie powodują zmian w budowie chemicznej białek, cukrów, tłuszczów, witamin – produktów budujących ludzki organizm. Mikrofałe innowacyjnych technologiach zaprzęgnięte przez człowieka potrafią znacznie więcej niż podgrzewać potrawy, ich właściwości zostają wykorzystane do procesów karbonizacji i niszczenia materiałów niebezpiecznych

Podstawowym celem procesów termiczno – mikrofalowych jest stworzenie w reaktorze mikrofalowym warunków powodujących rozerwanie wiązań chemicznych. Powodujących odzyskanie zawartej w nich energii z przeprowadzeniem produktu lub wyrobu do struktury bezpostaciowej, składającej się ze składników nieorganicznych. W stosunku do produktów pochodzenia organicznego przeprowadzenia procesów karbonizacji i mineralizacji.

Energia mikrofalowa w reaktorach działa na reagenty biorące udział w reakcjach. Stosowanie w procesie technologicznym multimedialnego programu komputerowego pozwala otrzymać żądany produkt szybciej i wyższej jakości.

Zasadą mikrofalowego przetwarzania z odzyskaniem energii zawartej w materii, którą następnie przetwarzamy na energię cieplną i elektryczną jest przekazanie energii fotonów

cząsteczkom materii organicznej lub związkom chemicznym znajdującym się w reaktorze. Powodując początkową wibrację cząstek w wyniku której wydzielają się potężne ilości ciepła i następuje rozpad dotychczasowej struktury. W wyniku zachodzących reakcji złożone związki organiczne ulegają rozpadowi na lekkie związki organiczne stałe ulegające mineralizacji i karbonizacji oraz związki gazowe. W wyniku procesu zachodzi pełna mineralizacja i karbonizacja wytwarzając masę bezpostaciową obojętną chemicznie oraz pewną ilość gazów odlotowych, które dla pewności zostają zubożnione dodatkowo w dopalaczach mikrofalowych.

Natężenie promieniowania mikrofalowego na zewnątrz reaktora nie przekracza dopuszczalnych norm promieniowania, podczas pracy reaktora jest prowadzony monitoring przez systemy dozorująco zabezpieczające.

Przedstawienie wybranych krajowych rozwiązań technologicznych w oparciu o sprawnych energetycznie reaktory mikrofalowe pozwoli na wsparcie, istniejących procesów kogeneracji urządzeniami wykorzystującymi to z czym ludzkość boryka się najbardziej lawinowo rosnącymi produktami odpadowymi. Ponadto procesy mikrofalowe unieszkodliwiających szeroką gamę niebezpiecznych odpadów.

Reaktory mikrofalowe charakteryzują się szeregiem zalet technologicznych i nie stanowiących zagrożenia dla ludzi i środowiska przy kosztach procesów technologicznych mniejszych od tradycyjnych rozwiązań technologicznych uwzględniając:

- krótki czas przygotowania reaktora do pracy – do 15 min.;
- bardzo dokładna stabilizacja temperatury procesu poprzez bezpośredni pomiar temperatury i regulację mocy mikrofal.

Skoro poznaliśmy możliwości mikrofal poznajmy wybrane procesy technologiczne, które mogą stać się w pełni elementami energetyki rozproszonej przynoszącymi konkretne wymierne efekty ekonomiczne jak i pożądane aspekty społeczne.

### **5. Utylizacja odpadów komunalnych z produkcją energii elektrycznej i ciepła**

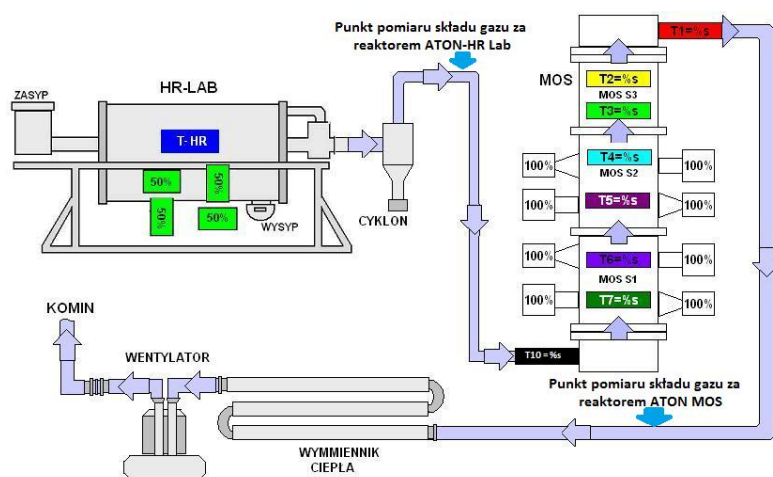
W podanym przykładzie utylizacji odpadów komunalnych zmieszanych w ilości około 20 tyś ton rocznie. Posłużono się przygotowywanym opracowaniem Firmy Projektowo – Producyjnej „PROMIS”.

W którym przyjęto założenie;

- odrzucenia warstwy mineralnej w ilości około 30% założonej ilości,
- pozostaje to utylizacji około 15 tys ton.
- Ilość ta będzie w okresie letnim ulegać zwiększeniu o około 10 tys ton pozbawionych warstwy mineralnej. Są to odpady zmieszane różnych poziomów kaloryczności. Należy przyjąć ich średnią kaloryczność na poziomie około 10 MJ/kg do 16 MJ/kg i wilgotności około 30 – 40%.

Przyjmując realizację przetwarzania pełnego założono w procesie technologicznym budowę kompleksowej linii technologicznej składającej się z;

- kompletnej linii sortowniczej odpadów,
- bloków kogeneracji złożone z generatorów mikrofalii systemów energetycznych.
- Mikrofalowego systemu oczyszczania powietrza



Ryc. 5 Schemat instalacji i monitoringu procesu mikrofalowego przetwarzania odpadów

komunalnych z produkcją energii elektrycznej i ciepła oraz monitoringiem i analizatorem [12]

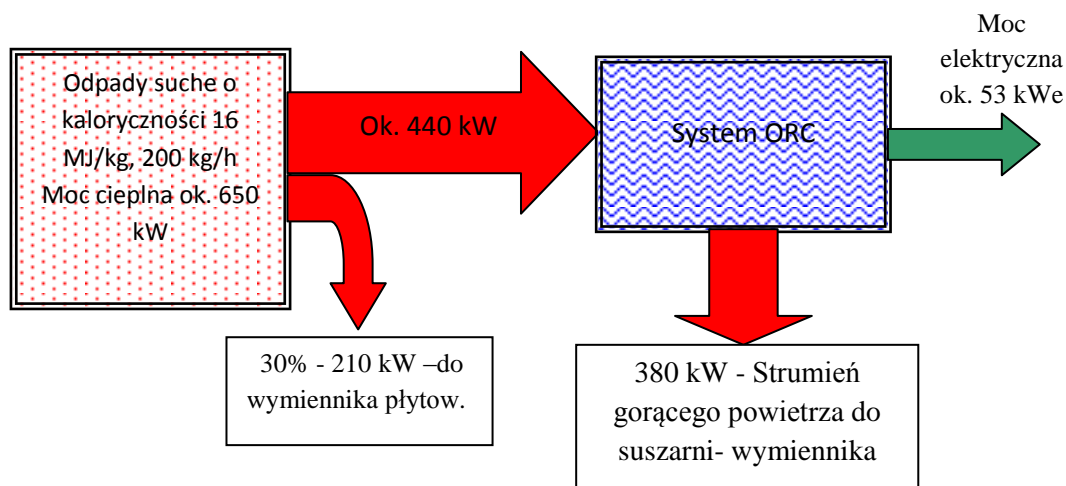
Pomiję aspekty procesów technologicznych i postaram się wykazać potencjalne możliwości energetyczne systemów kogeneracji dla konkretnych przyjętych uwarunkowań.

Przyjmuje się założenie, że ilość odzyskiwanej w procesie energii bezpośrednio zależy od kaloryczności utylizowanych odpadów.

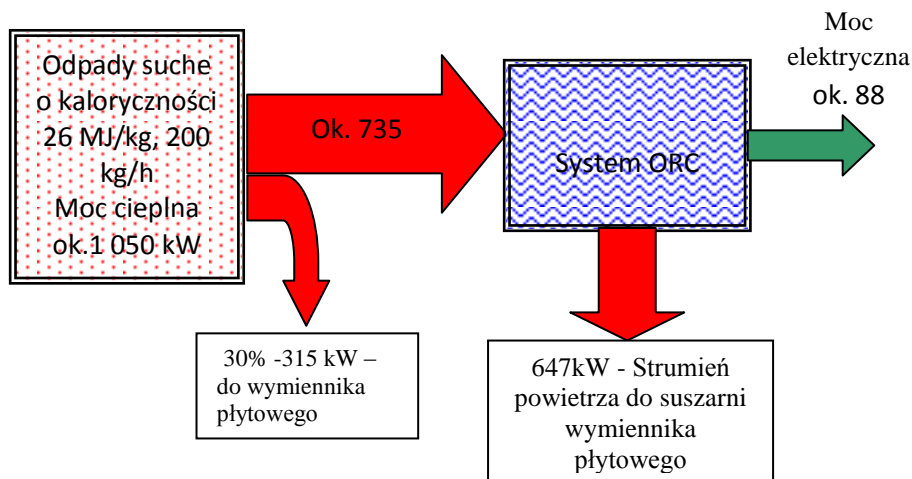
We wstępnej analizie przyjęto wartości kaloryczności wyznaczone w oparciu o badania próbek odpadów pobranych z konkretnego składowiska odpadów komunalnych w Kostrzycy. Wyniki pomiarów zestawiono w opracowaniu dla tego programu w niniejszym opracowaniu zostały pominięte.

Przyjęto optymalną wartość kaloryczną odpadów dla masy suchej w zakresie

- 16 MJ/kg do 30 MJ/kg, i
- zakładając zastosowanie systemu ORC do generacji prądu uzyskuje się strumienie mocy pokazane poniżej (dla pojedynczej linii ATON HR 200 +MOS + ORC



Ryc. 6 Schemat bilansu mocy przy produkcji odpadów o kaloryczności ok. 16 MJ/kg (masy suchej) z wykorzystaniem reaktora HR 200 + MOS + system ORC [12]

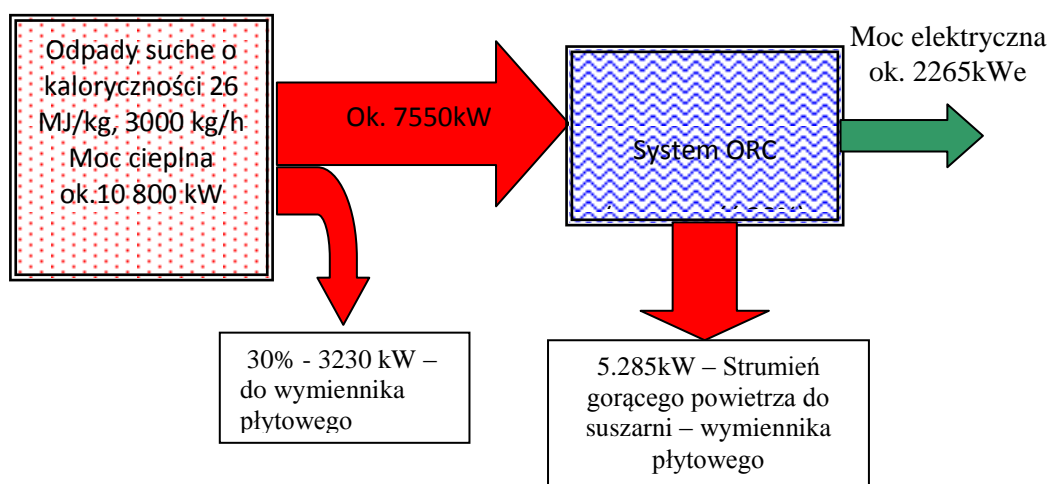


Ryc. 7 Schemat bilansu mocy przy produkcji odpadów o kaloryczności ok. 26 MJ/kg (masy suchej) z wykorzystaniem reaktora HR 200 + MOS + system ORC [12]

Przedstawione powyżej efekty energetyczne osiągnięte przy różnej kaloryczności odpadów komunalnych pokazują możliwości i efekty energetyczne uzyskiwane przy wykorzystaniu

reaktorów mikrofalowych jako „źródeł” pozyskania i przetworzenia energii zawartej w odpadach na energię elektryczną i ciepłą.

Zobaczmy jaki będzie efekt energetyczny, gdy zastosujemy znacznie większy reaktor tym razem w procesie wykorzystano reaktor *HR 5000 + MOS + system ORC*, przy założeniu, że procesowi poddane zostaną odpady w ilości 3000kg/h, wartość kaloryczna wsadu wynosi 26MJ/kg, sprawność systemu ORC tylko 30%



Ryc. 8 Schemat bilansu mocy przy produkcji odpadów o kaloryczności ok. 26 MJ/kg (masy suchej) z wykorzystaniem reaktora *HR 5000 + MOS + system ORC* [12]

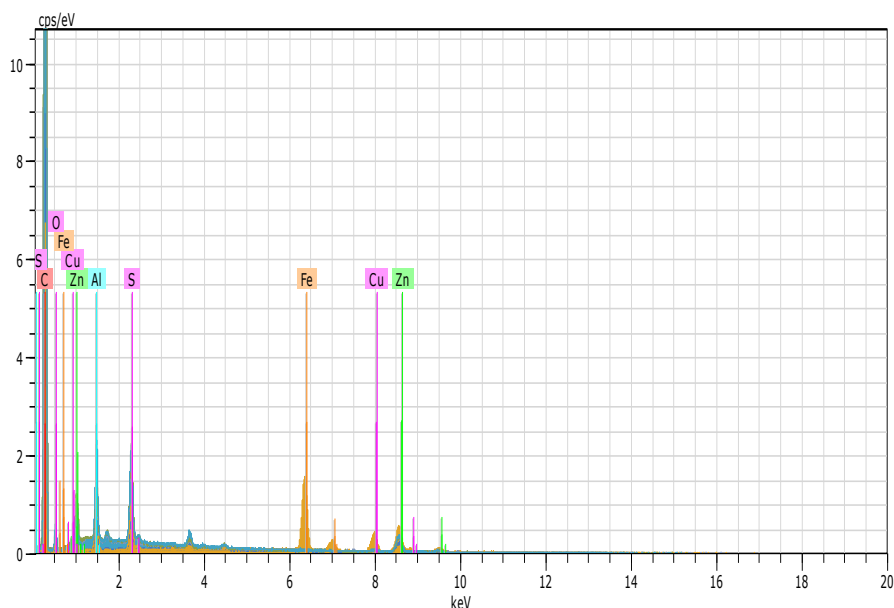
System pokazuje bez wyliczeń ekonomicznych możliwości uzyskania dodatkowego źródła energii elektrycznej i ciepła z odpadów komunalnych ale i aspekt społeczno – ekologiczny powodujący znaczne przedłużenie eksploatacji istniejących składowisk odpadów.

## 6. Mikrofalowa karbonizacja opon samochodowych

Lawinowo narastający problem z utylizacją i recyklingiem powoduje, że jest jednym z materiałów odpadowych, których składowanie i utylizacja napotyka coraz poważniejsze problemy. Ze względu na ilości zużytych opon stanowiących produkt odpadowy po ich wyeksploatowaniu przez ciągle zwiększającą się ilość samochodów. Opony ze względu na skład chemiczny i duże zawartości związków siarki oraz produktów ropopochodnych nie mogą podlegać procesom spalania a ich proces naturalnego rozkładu trwa niezwykle długo. Producenci opon stosując coraz nowsze technologie produkcji starają się wyprodukować

towar o najlepszych parametrach trakcyjnych co nie zawsze idzie w parze z ich późniejszą utylizacją.

Stosowane półprodukty i komponenty syntetyczne podczas ich normalnego spalania powodują powstawanie wielu szkodliwych związków w tym dioksan stanowiących poważne zagrożenie dla życia biologicznego



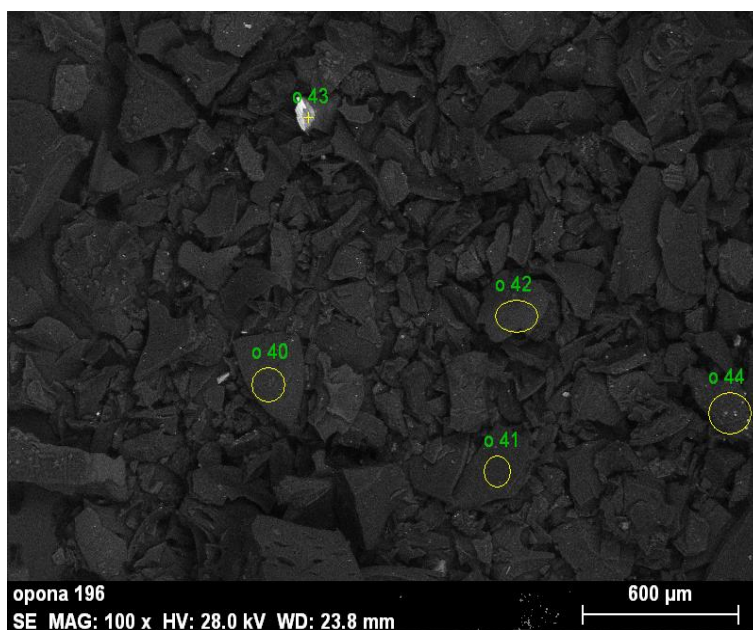
Ryc. 9 Widmo EDX karbonizatu opony samochodowej[13]

Tab. 1 Wyniki analizy pierwiastków w badanych i oznaczonych obszarach próbki karbonizatu opony (13)

L.P.	Spectrum	C	O	Al	S	Fe	Cu	Zn
1.	o 40	95,28	---	1,52	1,39	---	---	1,81
2.	o 41	94,75	---	1,01	1,77	---	---	1,76
3.	o 42	95,99	---	0,74	1,41	---	---	1,86
4.	o 43	40,58	---	3,70	1,50	9,88	5,26	8,60
5.	o 44	39,48	57,06	0,84	0,59	---	---	2,03



Wyniki analizy spektralnej pokazują, że procentowy udział pierwiastków stanowiących skład karbonizatu, z jego uzupełnieniem i określeniem w poszczególnych obszarach badawczych pokazanych na ryc. 10 skłania do wyciągnięcia wniosków;



Ryc. 10 Opona samochodowa poddana karbonizacji – analiza metodą SEM/EDX [13]

1. Technologiczne procesy karbonizacji opon samochodowych przy użyciu mikrofal stanowią dobry materiał wyjściowy do przemysłowej produkcji węgla aktywowanego, zawartość węgla przekracza 90% przy 5% pierwiastków takich jak Al., S i Zn.
2. Praktycznie występuje brak dużych jasnych obszarów, istniejące jasne pola są bardzo małe i nieliczne w wyniku czego można wysnuć wniosek, że w próbce brak jest strukturalnych połączeń minerałów z atomami tlenu.
3. Szczegółowa analiza analityczna pozwoliłaby ustalić strukturalną jakość węgla

Nawiązując do publikacji M. Rumian i L. Czepirski z AGH otrzymując produkt z karbonizacji odpadów pochodzenia organicznego o zawartości 40 – 53% węgla czy nie należałoby pójść w kierunku otrzymywania węgla aktywowanego dla potrzeb przemysłu czy lecznictwa. Do takiego wniosku może skłaniać fakt stosunkowo łatwego oddzielenia popiołów od czystego pierwiastka przy śladowych ilościach innych pierwiastków.

Kolejnym istotnym rozwiązaniem mogłoby być wykorzystanie powstającego w wyniku procesu karbonizacji opon węgla w ilości 85 – 86% przy zawartości popiołów w granicach 4% do produkcji nowych opon samochodowych lub stanowiłby produkt wyjściowy do produkcji węgla aktywowanego, którego coraz więcej potrzeba do pracujących instalacji aktywnego oczyszczania spalin.

Przedstawione powyżej wyniki badań dowodzą skuteczności procesu pod względem chemiczno – fizycznym, rozpatrzmy pokrótce założone efekty techniczno procesowe.

Technologia obejmuje:

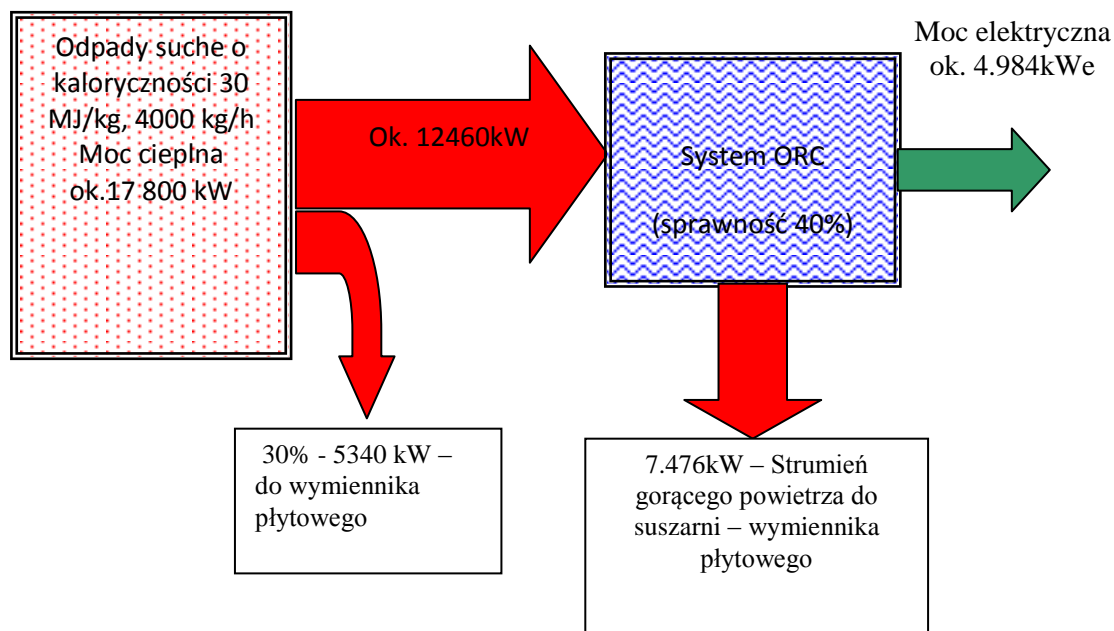
- utylizację opon poprzez atonizację wsadu z wykorzystaniem obrotowego pieca mikrofalowego typu **ATON HR-T**.
- W wyniku procesu wytworzony zostaje w reaktorze strumień wysokoenergetycznych gazów, który po osuszeniu kierowane są do systemu energetycznego – silnika cieplnego lub układu ORC.
- Praca silnika lub systemu ORC związana jest z emisją zanieczyszczonych gazów, stąd ostatni element linii technologicznej system mikrofalowego oczyszczania powietrza typu ATON – MOS. Gazy przed wprowadzeniem do atmosfery przechodzą przez wymiennik płytowy w celu odzysku ciepła w nich zawartego.
- Założona wydajność linii technologicznej wynosi 4Mg/h, przy sprawności systemu kogeneracji wynoszącej 40%,
- Kaloryczność wsadu technologicznego – opon 30MJ/kg
- Założony zysk energetyczny – 4MW – energii elektrycznej

#### ***Układy ORC do generacji prądu elektrycznego:***

Strumień gorących gazów z reaktora ATON MOS wykorzystywany będzie do wytwarzania energii elektrycznej w systemie ORC. W przypadku linii składającej się z reaktora ATON-HR 200 oraz MOS przewiduje się zastosowanie systemu o mocy wyjściowej 100 kWe lub 200 kWe.

Ostateczny dobór systemu ORC dla linii z reaktorem ATON-HR 200 czy reaktorem ATON-HR 5000 musi być dokonywany na etapie opracowywania szczegółowych założeń i rozwiązań techniczno – projektowych potwierdzonych dobrze przeprowadzonym procesem badawczym. Gdyż po uwzględnieniu procedur budowy

oraz uruchamiania instalacji w trakcie rozruchu instalacji parametry strumienia gazów są bardzo zmienne.



Ryc. 11 Schemat bilansu mocy przy karbonizacji opon o wartości energetycznej min. 30MJ/kg (masy suchej) z wykorzystaniem reaktora HR 5000 + MOS + system ORC [12]

Działanie promieni mikrofalowych na produkty znajdujące się w reaktorze stanowi atrakcyjną metodę konwersji energii elektromagnetycznej w energię ciepłą nie możliwą do uzyskania przy zastosowaniu innych rozwiązań technologicznych. Umiejętne wykorzystywanie zdolności promieniowania mikrofalowego w celu miejscowego i jednocześnie objętościowego ogrzewania materiałów powoduje wielokrotne przyspieszenie zachodzących procesów fizyko – chemicznych wpływając jednoznacznie na właściwości obrabianych materiałów.

## 7. Podsumowanie i Wnioski

Omówione i przedstawione schematycznie systemy tradycyjnej i innowacyjnej kogeneracji pokazują prawidłowość działań i dążeń do maksymalnego wykorzystania ciepła i energii zawartej w różnego rodzaju paliwach. Pewne trudności stwarzają uznawane za tradycyjne systemy energetyki rozproszonej systemy kogeneracji, które muszą pracować w oparciu o paliwa wysokoenergetyczne, których pozyskanie sprawia coraz więcej problemów i podnosi koszty ich pozyskania jak i przetworzenia.

Ewenementem staje się efektywne i racjonalne wykorzystanie odpadów komunalnych i przemysłowych w reaktorach mikrofalowych. Wprawdzie procesy utylizacji i karbonizacji w można porównać do procesów termicznego przetwarzania. Jednak nie mającymi nic wspólnego z termicznym przetwarzaniem jakim jest proces spalania.

Pozwolę sobie powtórzyć, że *zasadą mikrofalowego przetwarzania wsadu energetycznego jest przekazanie energii fotonów cząsteczkom materii organicznej lub związkom chemicznym znajdującym się w reaktorze. Przekazana energia promieniowania mikrofalowego cząstkom materii powoduje w pierwszym etapie wibrację cząstek z jednoczesnym wydzielaniem potężnych ilości ciepła. Wibracje cząstek, wytwarzana energia z jednoczesnym gwałtownym wzrostem temperatury powodują rozpad dotychczasowej struktury molekularnej bez możliwości jej odtworzenia.*

W wyniku zachodzących reakcji złożone związki organiczne ulegają rozpadowi na lekkie związki organiczne stałe ulegające mineralizacji i karbonizacji oraz związki gazowe. W wyniku procesu zachodzi pełna mineralizacja i karbonizacja wytwarzając masę bezpostaciową obojętną chemicznie oraz pewną ilość gazów odlotowych, które dla pewności zostają zobojętniane dodatkowo w dopalaczach mikrofalowych.

Innym nie mniej istotnym elementem mającym przewagę nad procesami spalania jest fakt, że linia technologiczna jest stosunkowo prosta i nie stwarza problemów takich jakie napotykałyśmy przy spalarniach czy kotłowniach.

W wyniku procesów destrukcji i karbonizacji otrzymujemy niewielką ilość związków mineralno – organicznych w ilości 10 – 15% objętości wsadu, bogatych w duże ilości węgla organicznego. Produkt ten obojętny dla środowiska i nie zawierający metali ciężkich może stanowić uzupełnienie np. wsadu w kompostowniach, które powinny przerabiać masy organiczne deponowane na składowiskach.

W wyniku przeprowadzonych już prac badawczych w oparciu o technologie półprzemysłowe i przemysłowe z zastosowaniem reaktora HR 200 należy stwierdzić, że uzyskanie właściwego efektu energetycznego przy wykorzystaniu odpowiednich komponentów uzyskuje się bardzo dobry efekt energetyczny.

Przy rozpatrywaniu wszelkich aspektów technologicznych w sposób celowy i zamierzony pomijano elementy pośrednie rzutujące na końcowy efekt ekonomiczny jak;

- Opłaty ponoszone za składowanie odpadów, ich redukcja jest znaczna gdyż w najgorszej sytuacji ulega zmniejszeniu o 80%,
- Opłaty uzyskiwane z tytułu utylizacji i recyklingu takich odpadów jak:
  - ❖ tetrakartony,
  - ❖ opony od pojazdów mechanicznych,
  - ❖ opakowania trudnodegradowalne ( z tworzyw sztucznych),
  - ❖ azbest ( eternit płaski i falisty), który ulega procesom kompletnej destrukcji, procesy jego destrukcji zostały szczegółowo omówione i potwierdzone badaniami w innym opracowaniu,
  - ❖ osady pościelowe z oczyszczalni ścieków, które nie mogą być składowane i muszą być poddane procesom przetwarzania.

Badania gazów odlotowych podczas procesów technologicznych zostały szczegółowo omówione w innym niezależnym opracowaniu i potwierdzone załączonymi wynikami badań i pomiarów prowadzonych w cyklu technologicznym przemysłowym.

Podejmując działania zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju poszukujemy nowych i alternatywnych źródeł energii mających zapewnić przyszłym pokoleniom egzystencję na warunkach nie gorszych w jakich my żyjemy. Może zatem kierunek badań wykorzystywania mikrofal może okazać się w niedalekiej przyszłości tym , który pozwoli stworzyć nowe alternatywne źródła energii. Skoro człowiek potrafi stosunkowo dobrze wykorzystywać choć jeszcze w sposób nie zadowalające energię wiatru i wody to może i nauczy się w pełni korzystać z energii słońca i termiki mikrofalowej. Obecnie taki pomysł może wydawać się odległy i nierealny lecz jeszcze nie tak dawno marzono o lotach w przestrzeń kosmiczną, a w początku lat 40-tych XXw. Nie myślano o wykorzystywaniu mikrofal w procesach technologicznych, dzisiaj instalacje technologiczne potrafią osiągać temperaturę w granicach 3.000 – 3.500<sup>0</sup>C nie tylko niszcząc lecz i tworząc nowe produkty.

W latach 50 i 60-tych ubiegłego stulecia popularnym było powiedzenie, że to przyroda ma służyć człowiekowi, jak mało wiedziano wówczas o prawach rządzących naturą możemy przekonać się obecnie. Natomiast, że relacje człowiek – natura muszą przebiegać inaczej niech przekonają nas słowa wypowiedziane przez *Francis'a Bacon ...*” ***natura non nisi arendo vincitur***”... czyli ***naturę można pokonać podporządkowując się jej prawom.***

## 8. Literatura

1. Kogeneracja dla wytwarzania ciepła i prądu – VISSMAN Group – Moduły kogeneracyjne 2012
2. A. Pluta; Kogeneracja rozproszona; maj 2008
3. Kogeneracja. Wielka szansa „małej energetyki”; Lubelski Inżynier Budownictwa
4. Dyrektywa 2004/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie promocji kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii oraz zmieniająca dyrektywę 92/42/EWG (Dz. Urz. UE L52 z 21.02.2004 r.)
5. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne- (Dz. U. z 2006 r., Nr 89, poz. 652 z późn. zm.) – Zmiany wprowadzone ustawą z dnia 12 stycznia 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne, Ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz ustawy o systemie oceny zgodności (Dz. U. Nr 21, oz.124).
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 września 2007 r. w sprawie sposobu obliczania danych podanych we wniosku o wydanie świadectwa pochodzenia z kogeneracji oraz szczegółowego zakresu obowiązku uzyskania i przedstawienia do umorzenia tych świadectw, uiszczania opłaty zastępczej i obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w wysokosprawnej kogeneracji (Dz. U. Nr 185, poz.1314).
7. Urząd Regulacji Energetyki, komunikat z dnia 25 kwietnia 2007 r. w sprawie obowiązku uzyskania koncesji na wytworzenie energii elektrycznej w kogeneracji.
8. Idea kogeneracji w wytwarzaniu nośników energii [www.globenergia.pl](http://www.globenergia.pl)
9. Kogeneracja szansą na wyższą efektywność ciepłownictwa  
<http://www.cieplosystemowe.pl>
10. Co to jest kogeneracja? <http://www.kogeneracja.net>
11. W. Płatek; Trigeneracja - skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w oparciu o gaz wysokometanowy w modułach z silnikami gazowymi; Centrum Elektroniki Stosowanej „CES” Sp. z o.o., Kraków; – Zakopane 2004
12. R. Parosa; Utylizacja odpadów komunalnych – Projekt Kostrzyca ; PROMIS Firma Projektowo – Produkcyjna, Wrocław – 2012
13. Dokumentacja analityczna i fotograficzna laboratoryjna – laboratorium UMK ; 2008

14. Unieszkodliwianie odpadów niebezpiecznych – materiały sympozjum ekologicznego – Poznań 2008
15. J. Niewczas ; Sprawozdanie z badań instalacji technologicznej MOS MTT; Wrocław 2008
16. Ustawa z dnia 27.04.2001 roku, Prawo ochrony środowiska, Dz.U. nr 62, Poz. 627,
17. POLSKA NORMA PN-Z-04030-7. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. „ Pomiar stężenia i strumienia masy pyłu w gazach odlotowych metodą grawimetryczną
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23.12.2004r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Dz.U. Nr. 283, Poz. 2842,
19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz.U. Nr 260, Poz. 2181,
20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji, Dziennik Ustaw Nr 59 poz.529 z dnia 8 kwietnia 2003 r.
21. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (Dz.U. L 140 z 5.06.2009, str. 63—87).