Energia biomasy

prof. dr inż. Ryszard Tytko

Biomasa jest substancją organiczną, pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, może powstawać w wyniku tzw. metabolizmu społecznego. Występuje ona zazwyczaj
w formie drewna, słomy, osadów ściekowych, odpadów komunalnych, roślin energetycznych.

Biomasa gromadzona jest zwykle przy produkcji i przetwarzaniu produktów roślinnych (m.in. słoma odpadowa
w produkcji zbożowej, odpady drzewne
w przemyśle drzewnym i celulozowo-papierniczym). Jest to także materiał roślinny, hodowany wyłącznie w celach energetycznych, m.in. na plantacjach topoli czy wierzby.

Wśród odpadów pochodzenia zwierzęcego, wymienić można między innymi biogaz pozyskiwany z fermentacji gnojowicy zwierzęcej, z fermentacji osadów
w oczyszczalniach ścieków, czy z fermentacji odpadów organicznych na wysypiskach śmieci (tzw. gaz wysypiskowy).

Spotyka się też biomasę w formie gazowej jako tzw. gaz pirolityczny (gaz drzewny, powstający przy utlenianiu drewna), wykorzystywany do napędu silników spalinowych lub do spalania w kotłach gazowych.

Biomasa może też mieć formę ciekłą, np. estry kwasów tłuszczowych, oleju rzepakowego (tzw. biodiesel), metanol lub alkohol etylowy, nazywany zwykle bioetanolem, który jest przeznaczony m.in. do napędu silników samochodowych jako składnik benzyny.

Światowe zasoby biomasy są obecnie źródłem ok. 44 000 PJ energii w ciągu roku, co stanowi ok.10% energii zużywanej na świecie. Udokumentowane zasoby biomasy na świecie wynoszą ok. 276 EJ/rok.

Szacuje się, że całkowity potencjał biomasy możliwy do wykorzystania w Polsce, wynosi ok. 407,5 PJ, w tym m.in. w rolnictwie 195 PJ, leśnictwie 101 PJ, przemyśle drzewnym 53,9 PJ. W sumie daje to ok. 30 mln ton biomasy rocznie, co jest energetycznie równoważne ok. 15 mln ton węgla.

Energia z biomasy

W Polsce w roku 2014 produkcja energii elektrycznej w technologiach spalania, wykorzystujących biomasę i biogaz, wynosiła ok. 8974 GWh (razem ze współspalaniem).

W roku 2014 wyprodukowano 84,8 TWh energii elektrycznej (wzrost o ok. 4,5%
w stosunku do roku 2013) .

Biomasę podzielić można na dwie grupy:
energetyczne surowce pierwotne, czyli drewno, słoma i osady ściekowe (analog torfu);
energetyczne surowce przetworzone, takie jak biogaz, etanol, metanol, estry oleju rzepakowego, makulatura.

Duża różnorodność możliwości, rodzajów i sposobów pozyskiwania biomasy, pozwala zaspokoić potrzeby energetyczne lokalnych społeczności w tzw. *„czystą energię”*. Czynnikami, przemawiającymi za wykorzystaniem biomasy, jako nośnika energii, są oprócz walorów ekologicznych, aspekty natury ekonomicznej i społecznej środowisk lokalnych.

Argumentami za energetycznym wykorzystaniem biomasy mogą być:

-wystarczająco zweryfikowane i nieuciążliwe metody, pozyskiwania energii z biomasy;

-biomasa może być produkowana i użytkowana bez dużych inwestycji technologicznych;

-energia zawarta w biomasie jest najmniej kapitałochłonnym źródłem energii odnawialnej;

-wytwarzanie nośnika energii w postaci biomasy, powoduje ożywienie koniunktury lokalnej, szczególnie na terenach rolniczych;
-wytwarzanie biomasy poprawia bilans paliwowy regionu;
-zdecentralizowane wytwarzanie z biomasy energii: elektrycznej, cieplnej, mechanicznej;
-wspomaganie dochodu na wsi, który jest trudny do uzyskania przy nadprodukcji żywności;

-tworzenie nowych miejsc pracy, szczególnie ważnych w zagrożonych bezrobociem gminach;
-przedstawiciele Łódzkiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego proponują wykorzystanie zielonej masy pozyskiwanej
z trwałych użytków zielonych na obszarach chronionych jako wsad do biogazowni rolniczych.

Z punktu ekologicznego:

w konwencjonalnej energetyce występują wysokie koszty oczyszczania spalin, pochodzących z paliw kopalnych;

w stosunku do spalania paliw kopalnych, przy spalaniu biomasy występuje znaczne zmniejszenie emisji SO_2 i ilości powstającego popiołu oraz ograniczenie emisji CO_2;

biomasa i pochodzące z niej biopaliwa, czy biogaz są paliwami pod względem emisji CO_2 neutralnymi, CO_2 krąży w obiegu zamkniętym w odpowiednim cyklu czasowym.

Ograniczenia w wykorzystaniu biomasy:

-zasadniczo różne podejście do zastosowania w makro i mikroskali;

-niepewność zaopatrzenia w biomasę, transport na duże odległości;

-nie spełnienie jakościowych parametrów biomasy (np. wilgotność, energia spalania);

-spalanie biomasy w urządzeniach do tego konstrukcyjnie nieprzygotowanych;

-wysokie koszty pozyskania i przetwarzania biomasy;
-nie uwzględnienie w kalkulacjach, kosztów zastosowań biomasy w redukcji skażenia powietrza (brak bonifikat za zmniejszenie emisji CO_2) w małych instalacjach.

Termin *„biomasa”* dotyczy całego szeregu odnawialnych technologii energetycznych obejmujących:

-spalanie biomasy roślinnej:
w sposób bezpośredni – w paleniskach otwartych (ogniska) lub zamkniętych (piece, kotły);
-przy wstępnej gazyfikacji w odrębnych gazyfikatorach;
-spalanie odpadów komunalnych;

Drewno jako biopaliwo

Drewno energetyczne, ze względu na źródło pochodzenia, dzieli się na drewno z:
lasu – odpady po wycince, kora, trociny, wióry;
celowych upraw energetycznych, takie jak wierzba, topola;– odzysku, np. opakowania kartonowe, drewno budowlane

W Polsce produkuje się ok. 34,5 mln m^3 drewna rocznie, z czego ok. 4,3 mln m^3 drewna opałowego pozyskiwanego z lasów, ok. 4/5 tarcicy staje się drewnem odpadowym w formie trocin, zrzynków, wiórów, itp., a 1/5 trafia na rynek jako końcowe produkty (meble, okna, drzwi, podłogi, itp.).

Analizy wskazują, że nie ma w Polsce możliwości pozyskania większej ilości drewna odpadowego, chyba, że po szerszym wprowadzeniu plantacji drzew szybko rosnących (topola, wierzba krzewiasta). Jeżeli z pozyskiwanych 34,5 mln m^3 drewna rocznie odliczy się 4/5 na odpady, to uzyskuje się 27,6 mln m^3 drewna rocznie do ewentualnego zagospodarowania, jako paliwo.

Średnia gęstość drewna opałowego wynosi 450 kg w 1 m^3, więc zasoby wynoszą ok. 7,2 mln ton drewna rocznie, czyli równoważność ok. 4 mln ton węgla kamiennego.

Drewno charakteryzuje się dużą zawartością części lotnych, małą zawartością popiołu oraz niewielką zawartością siarki.
Wykorzystanie drewna na cele energetyczne, ocenia się w Polsce na ponad
1,5 mln ton.

Drewno jest niestety często spalane
w małych kotłach na węgiel lub miał węglowy (ok. 100 tys. szt.) o bardzo niskiej sprawności, o łącznej mocy ok. 5000 MW.

Liczbę instalacji opalanych drzewem szacuje się na około 320 tysięcy sztuk. Moc ciepłowni w roku 2014 to ok. 1280 MW . Do największych kotłowni opalanych biomasą zaliczyć można: kotłownię w Piszu o mocy 21 MW, Nowej Dębie o mocy 8 MW. W ostatnich latach obserwuje się wzrost sprzedaży kotłów na biomasę o ok. 20%.

Koszt zakupu kotła o mocy 20÷80 kW szacuje się na 550÷270 zł/kW.Coraz powszechniejsze staje się peletowanie zrębów drzewnych, uzyskując w ten sposób sprasowaną masę drzewną w formie granulek lub kostek. Paczkowane są w różnej wielkości worki papierowe tak, aby mieściły się w drzwiczkach pieca lub luzem dostarczana jest do elektrociepłowni.

Jako najnowszy przykład wykorzystania drewna opałowego do celów grzewczych można podać fakt, że w grudniu 2007 r. zakończona została modernizacja systemu grzewczego Szpitala Specjalistycznego w Gorlicach. Zainstalowano tam dwa kotły wodne na biomasę (zrębki drzewne) o łącznej mocy nominalnej 5,6 MW.

Ponadto wybudowany został magazyn biomasy i nowe pomieszczenia dla kotłów opalanych drewnem. Zakupiono również urządzenia do transportu i przygotowania paliwa.

W wyniku realizacji projektu zapotrzebowanie na energię pierwotną, kompleksu budynków szpitala, zmniejszyło się ze 120 tys. GJ/rok do 66 tys. GJ/rok. Emisja CO_2 zredukowana została o ok. 95%. Koszt inwestycji wyniósł ok. 12 mln zł.

Wierzba energetyczna

Z prognoz zmian intensywności wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej wynika, iż polskie rolnictwo stanowić będzie, w coraz szerszym zakresie, źródło surowców dla przemysłu i lokalnej energetyki.

Uprawa wierzb krzewiastych może dać rolnikom wiele korzyści ze względu na:

-niskie nakłady pracy, zapewniona opłacalność inwestycji;

-niską energochłonność uprawy (małe - zapotrzebowanie na nawozy i pestycydy);

wysoką produktywność;

-możliwość wykorzystania dużych powierzchni gleb do uprawy;
-możliwość zastosowania standardowych maszyn do uprawy gleby, sadzenia i do zbioru biomasy;
-nieograniczony rynek zbytu;
-bezpieczna uprawa dla środowiska (integracja celów społecznych: rolnictwa i środowiska).

Plantacje wierzby energetycznej mogą być lokalizowane w rejonach, w których gleby są dostatecznie wilgotne.
Najodpowiedniejszymi do uprawy w Polsce są różne formy z gatunku Salix Viminalis – wierzba konopianka. Wierzbę rozmnaża się wegetatywnie za pomocą zrzezów (sztobrów, sadzonek) tzn. kawałków pociętego pędu, które po wysadzeniu do gleby ukorzeniają się, tworząc nowe rośliny.

Materiałem nasadzeniowym są zrzezy (sztobry), o parametrach:
-długość 20÷25 cm; grubość 5÷15 mm;
-sadzonki wykonane z odrostów jednorocznych lub dwuletnich

W warunkach polskich wysadza się 20÷60 tys. sadzonek na 1 ha. Wysokość trzyletnich pędów na czteroletniej karpie wahała się 5,5÷6,0 m, a średnia grubość pędu wynosiła 30 mm. **Plon suchej masy drewna wierzby w jednym z badań wyniósł średnio 17,5 t/ha/rok.**

Około 7,5 mln zł rekompensat wypłacono w latach 2008÷2009 rolnikom, którzy założyli wieloletnie plantacje roślin energetycznych. Pomoc objęła ponad 1600 ha upraw, wierzby energetycznej (40%), ślazowca pensylwańskiego (45%), miskanta (4%), topoli (1%).

Wysokość dopłat wyniosła od 30÷50%, zryczałtowanych kosztów założenia 1 ha plantacji. Największą ilość plantacji założono w województwach: podkarpackim i warmińsko-mazurskim.

Pozyskiwanie drewna rozpoczyna się zwykle po dwóch latach uprawy i może odbywać się w cyklach: jednorocznych, dwuletnich lub trzyletnich. Całkowity okres użytkowania karpy określa się na ok. 30 lat.

Krzewiaste wierzby sadzi się w ramach rekultywacji terenów przemysłowych i stref ochronnych wokół fabryk, nie tylko ze względu na tolerancję na zanieczyszczenia, ale również na pionierski charakter tych gatunków, zdolnych do opanowania terenów, charakteryzujących się często silnym zakwaszeniem, brakiem wody i substancji organicznych.

Podobne zastosowanie mogą znaleźć wierzby na silnie toksycznych wysypiskach śmieci i odpadów. Nasadzenia wierzbowe, poza wartościami użytkowymi, wpływają korzystnie na mikroklimat otoczenia: – powstrzymują erozję gleby; – upiększają krajobraz.

Salix Viminalis polecany jest ostatnio w ochronie środowiska na terenach przemysłowych skażonych metalami ciężkimi, przy rekultywacji gleb, przy drogach szybkiego ruchu budynkach inwentarskich.

Oprócz tego plantacje wiklinowe, spełniają funkcję biologicznych oczyszczalni ścieków, które odprowadzane na pola wiklinowe, są biologicznie rozkładane i oczyszczane. Obecnie coraz większego znaczenia nabiera uprawa wierzby na cele energetyczne.

Wykorzystanie wierzby jako źródła energii, to nowy dochodowy kierunek produkcji rolniczej. Wierzbowy surowiec energetyczny posiada tę właściwość, że jest w zasadzie niewyczerpalnym i samoodtwarzającym się źródłem.

Ponadto spalane drewno jest znacznie mniej szkodliwe dla środowiska niż produkty np. spalania węgla.1 kg brykietu ze zrębów wierzby krzewiastej kalorycznie odpowiada 0,7 kg węgla kamiennego, a kosztuje połowę mniej.

Firma podjęła działania zmierzające do powstania plantacji wierzby energetycznej (oraz miskantusa) na powierzchni ok. 15 tys. ha (głównie łąk i nieużytków rolnych). Zorganizuje również system zbioru i logistyki. W ciągu najbliższych sześciu lat wyżej wymieniona firma zamierza spalić w elektrociepłowniach (m.in. Pruszków – 50 MW, Warszawa 400 tys. ton biomasy rocznie).

Gazyfikacja biomasy

Zgazowanie biomasy jest złożonym procesem termochemicznym, na który składa się szereg reakcji chemicznych. Proces zgazowania przebiega w dwóch etapach.

W etapie pierwszym w temperaturze ok. 600°C – 1000°C, surowiec podlega procesowi pirolizy, czyli rozkładowi termicznemu.

W wyniku tego procesu wydzielają się substancje lotne oraz powstaje stały półprodukt zwany karbonizatem. Substancje składają się z: smoły, olejów, wody, wodoru, tlenku węgla.

Technologia gazyfikacji polega więc na wytlewaniu, pirolizie i gazyfikacji biomasy, celem wytwarzania pirolitycznego gazu drzewnego i węglowego, służącego do napędu silników spalinowych napędzających generatory prądu elektrycznego lub spalania w kotłach parowych.

Produktami tego procesu chemicznego są: węgiel drzewny, gaz pirolityczny o wartości opałowej ok. 6–10 MJ/m^3 (ok. 3 kWh/m^3), **zawierający: tlenek węgla (CO), wodór (H_2) oraz metan (CH_4)**. Gaz ten wykorzystywany jest m.in. do spalania w układach kogeneracyjnych (produktem końcowym procesu jest energia elektryczna i cieplna).

W przybliżeniu można przyjąć, że z jednej tony drewna poprzez pirolizę otrzymamy ok. 1,5 MWh energii elektrycznej i 2 MWh energii cieplnej. Cennym produktem tego procesu jest również węgiel drzewny.

Do zalet tego procesu zaliczyć należy:

-duże możliwości wykorzystania produkowanego gazu pirolitycznego, m.in. do produkcji energii cieplnej i elektrycznej, wytwarzania pary oraz jako surowiec w przemyśle chemicznym, itp.);

-zmniejszenie ilości emisji trujących gazów do atmosfery. Z jednej tony odpadów drzewnych otrzymuje się ok. 1000 m^3 przy systemie zgazowania tlenem do ok. 2000 m^3 gazu w metodzie powietrzno-parowej – ulatniającego się do atmosfery. Jest to co najmniej pięciokrotnie mniej niż ilość spalin powstałych w przypadku tradycyjnego spalania;

-zwiększenie sprawności konwersji do energii cieplnej i elektrycznej, niż w bezpośrednim procesie spalania;
-możliwość stosowania do zgazowania, biomasy o wysokiej zawartości wilgoci;
-umożliwia uzyskanie maksymalnie wysokich sprawności energetycznych, przy spełnianiu norm ochrony środowiska;

-gaz można użyć, jako półprodukt do wytwarzania metanolu;
-zgazowanie pozwala na efektywniejszą, niż w przypadku klasycznego spalania, utylizację szerokiej gamy odpadów, doprowadzając do redukcji masy odpadów o ok. 80% (20% to popiół). Jest to proces, którym można skutecznie sterować, zachowując wszelkie normy środowiskowe.

Do gazyfikacji wykorzystuje się m.in. zrębki drzewne, granulowaną słomę lub granulowane odpady organiczne. Istniejące technologie wymagają stosowania biomasy o małej zawartości popiołu. W Polsce technologia pirolizy i gazyfikacji drewna jest stosowana od kilku lat w zestawach energetycznych np. typu UZE o wydajności cieplnej od 25 kW do 197 kW.

Zestawy te są przystosowane do paliw w postaci trocin, wiórów, zrębków, rozdrobnionej kory i innych drewnianych odpadów. Produkowane są również specjalistyczne kotły do gazyfikacji mokrego drewna w kłodach lub zrębków drzewnych, wymieszanych z osadami ściekowymi.

W związku z zobowiązaniami Polski w dziedzinie gospodarki odpadami, budowa nowoczesnych instalacji oraz kompleksowe rozwiązania w dziedzinie zagospodarowania odpadów są koniecznością.

Właściwa segregacja, a następnie maksymalne wykorzystanie olbrzymiego zasobu energetycznego, jakim są odpady, stwarza możliwość powstania efektywnego systemu gospodarki odpadami, połączonej z produkcją energii, zarówno cieplnej jak i elektrycznej.

Przykładowe rozwiązania

Proces zgazowania biomasy jest zakończony uzyskaniem gazu, który może być wykorzystany do napędzania silnika tłokowego, który jest skojarzony z generatorem prądu. Gaz również może napędzać turbinę gazową, jak też może być bezpośrednio spalany w kotle.

Biorąc pod uwagę rynek odnawialnych źródeł energii, pochodzących ze zgazowania biomasy, najrozsądniejsze jest zastosowanie rozwiązań technicznych na małą i średnią skalę. W zależności od możliwości logistycznych transportu biomasy, maksymalnie duże układy osiągają moc ok. 2 MW.

Najmniejsze ekonomicznie uzasadnione jednostki osiągają moc 40–50 kW. Szczególnie w Polsce pomysł budowania małych i średnich instalacji, jest uzasadniony ogólną dostępnością biomasy. Elektrociepłownie zasilane gazem powstałym ze zgazowania biomasy, powinny znajdować się w okolicy z łatwą dostępnością do biomasy oraz tam, gdzie występuje zapotrzebowanie na energię elektryczną i cieplną.

W celu podjęcia optymalnej decyzji o budowie instalacji zgazowania biomasy, potrzebna jest analiza dotycząca kluczowych aspektów technologicznych i energetycznych. W zakresie studium wykonalności mieści się:

-wykonanie analizy energetycznej inwestycji (rodzaj wsadu, skład wyprodukowanego gazu, wielkość produkcji energii elektrycznej i cieplnej, bilans masy, energii);
-wybór sposobu zagospodarowania gazu powstałego ze zgazowania biomasy (silnik gazowy, turbina, kocioł);
-analiza nakładów inwestycyjnych, obliczenie czasu zwrotu z inwestycji;– wybór dogodnej lokalizacji ze względu na przesył energii i zasoby biomasy.

Instalacja do produkcji energii elektrycznej ze zgazowanej biomasy

Działanie instalacji w Güssing oparte jest na zasadzie polegającej na tym, że wytworzony gaz przepływa przez cyklon, gdzie oddzielany jest popiół lotny, gaz przepływa do palnika.

W kotle następuje: spalanie gazu
i wytworzenie pary wodnej, która napędza turbinę, sprzęgniętą z generatorem. Sprawność kotła wynosi ok. 94%,
a sprawność zgazowania biomasy ok. 85%.
Powietrze do zgazowania i spalania jest podawane w dolnej części kotła.

Spaliny, opuszczające kocioł, posiadają temperaturę 150 – 200°C. Przy powyższych wskaźnikach, sprawność ogólna netto przetwarzania biomasy do energii elektrycznej wynosi ok. 37%. Oznacza to, że dla wyprodukowania 500 kWh energii elektrycznej, zużywa się ok. 240 kg/godz. biomasy suchej o wartości opałowej 20,4 MJ/kg, w praktyce ok. 300 kg zrębków drewna o wilgotności 15–20%.

W omawianej instalacji jest możliwa produkcja węgla drzewnego, który zmieszany z naturalnym dodatkiem, można stosować, jako nawóz m.in. dla upraw szklarniowych.

Charakterystyka techniczna urządzeń

Generator gazu to cylindryczna i stożkowa komora, zamknięta od góry stropem. Ściany wewnętrzne komory wykonane są ze specjalnych materiałów odpornych na wysoką temperaturę. Zespół dyszowy powietrza jest zabudowany w dolnej części cylindra.

Drzwi uchylne do komory umożliwiają dostęp do jej wnętrza, celem zainicjowania procesu zgazowania lub dokonania przeglądu. Śluza załadowcza paliwa:

-odpadów w kawałkach, zainstalowana jest w stropie komory generatora. Zadaniem śluzy jest przejęcie paliwa i przekazanie go do komory. Układ podwójnych klap zapewnia kontrolę nad ilością dostającego się do wnętrza „fałszywego” powietrza i eliminuje wydobywanie się gazu z wnętrza komory. Zespół transportowo-załadowczy odpadów kawałkowych, składa się z wciągarki łańcuchowej, wieży z prowadnicami, wózka z kontenerem surowca.

Napęd przenoszony jest z silnika przez przekładnię na łańcuchy. Do łańcuchów zamontowano wózek jezdny, poruszający się w torowisku. Kształt torowiska zapewnia opróżnienie kontenera z paliwem, ustawionego i blokowanego na wózku jezdnym. Powstające w procesie zgazowywania pozostałości węgla drzewnego i popiołu, opadają do dolnej stożkowej części generatora. Tam stygnąc, ześlizgują się w stronę ślimaka transportowego.

Po uruchomieniu motoreduktora, odpad transportowany jest do zasobnika. W dolnej części zsypu jest śluza wodna. Powstający
w procesie gaz z górnej części komory zgazowarki, przechodzi do kolektora i dalej do rurociągu transportowego, w kierunku palników komór spalania. Instalacje powietrza wraz z wentylatorami zapewniają:

-doprowadzenie powietrza do komory zgazowania;
-chłodzenie generatora;
-doprowadzenie podgrzanego powietrza do palnika.

Konstrukcja palnika i komory spalania umożliwia pełne spalenie dostarczonego gazu. Przepustnica palnika, wraz
z przesłonami, pozwala ustawić geometrię płomienia oraz jego rozkład w komorze spalania, oraz umożliwia kontrolę nad procesem spalania gazu.

System sterowania zapewnia automatyczny cykl załadunku surowca do komory generatora, sterowanie procesem odbioru odpadów oraz sterowanie obiegami powierza.
Na płycie czołowej pulpitu operatora umieszczone są elementy sygnalizujące: wyświetlacze, wskazujące temperaturę, wskaźniki stanu zamknięcia klap oraz dodatkowe sygnalizatory stanu urządzenia.

Umieszczone są też przełączniki, służące do ręcznego sterowania procesem. Stany awaryjne, występujące podczas pracy urządzenia, są sygnalizowane dźwiękowo
i optycznie na pulpicie operatora.
Łączna elektryczna moc zainstalowana na napędach i wentylatorach zgazowarki wynosi 14 kW. Wentylator wyciągowy spalin posiada silnik elektryczny o mocy – 11 kW.

Technologia zgazowania jest obecnie w Polsce intensywnie rozwijana, ponieważ to wyjątkowo korzystna technologia wykorzystania odpadów jako paliwa.
Obecnie trwają prace naukowo-badawcze, które mają za zadanie dopracowanie skutecznego systemu oczyszczania gazu. Głównym problemem jest usunięcie smoły, która blokuje pracę silników.

Proponuje się metodę mycia gazów w wielostopniowym systemie skruberów olejowych, który skutecznie usuwa smołę do wartości dopuszczalnej przez producentów silników gazowych.

Oferta zgazowania drewna skierowana jest głównie do przedsiębiorstw zajmujących się szeroko pojętą przeróbką drewna i płyt wiórowych. W przedsiębiorstwach tych, powstają duże ilości odpadów w postaci: pyłów, trocin, wiórów, zrzynów, klocków, wykrawków, kory, itp. Odpady te są cennym surowcem energetycznym.

Wykorzystanie ich, dzięki instalacjom do zgazowania, pozwala na wytwarzanie „zielonej” energii elektrycznej i cieplnej. Taka konfiguracja może znacznie podnieść ekonomiczność produkcji oraz pozwala na uzyskanie szeregu dotacji zarówno
z programów ekologicznych jak
i innowacyjnych. Za sprzedaż energii wytworzonej z kogeneracji przedsiębiorstwo otrzymuje „zielone” i „żółte” świadectwa pochodzenia.

Kotły do spalania drewna

Drewno w odróżnieniu od innych źródeł energii jest paliwem, które może być zmagazynowane i przechowywane bez jakichkolwiek strat energetycznych.

Magazynowanie obniża wilgotność drewna i jednocześnie podwyższa jego wartość opałową (ilość energii, którą można wykorzystać w trakcie spalania).

Drewno jest również jedynym paliwem, które posiada zerowy bilans dwutlenku węgla (CO_2) tzn., że w trakcie wzrostu w procesie fotosyntezy pobiera taką ilość dwutlenku węgla, jaka powstaje w trakcie spalania. Obecnie można zastosować szereg metod spalania drewna w kotłach na paliwa stałe, zróżnicowanych pod względem formy wykorzystania drewna jako paliwa, jak i istoty samego procesu spalania.

Przygotowanie drewna

W każdym przypadku, w celu przeprowadzenia prawidłowego spalania zgodnie z założeniami, drewno wymaga przygotowania.

Klasyfikacja rozwiązań technologicznych, według stopnia przetworzenia drewna na wsad paliwowy kotła, dzieli je na dwie podstawowe grupy: spalanie drewna nieprzetworzonego oraz spalanie drewna przetworzonego mechanicznie.

Pod pojęciem drewna nieprzetworzonego rozumie się takie paliwo, którego obróbka odbywa się na etapie pozyskania (ścięcie, łupanie polan drewna). Drewno przetworzone mechanicznie to paliwo, które wymaga dodatkowych zabiegów i/lub jest odpadem poprodukcyjnym (zrębki, wióry, prasowane granulaty).

Spalanie na ruszcie

Najprostszym i zarazem najmniej wydajnym sposobem spalania drewna jest spalanie atmosferyczne na ruszcie. Najczęściej ta forma wykorzystania drewna jako paliwa stosowana jest w prostych kotłach wielopaliwowych. Niewątpliwymi zaletami tej metody jest zachowanie niezależności paliwowej i stosunkowo niska cena zakupu kotła.

Istotą wielopaliwowości jest zachowanie możliwie uniwersalnych warunków spalania, co w przypadku stosowania drewna jako paliwa podstawowego, stanowi ogromną wadę. Efektywne spalanie drewna wymaga zachowania ściśle określonych warunków, które nie mogą być zapewnione w takich kotłach, za czym idzie spadek sprawności i utrata energii.

Spalanie po zgazowaniu drewna

Aby zapewnić warunki efektywnego spalania, potrzebny jest ściśle kontrolowany proces zgazowania.

Zgazowanie drewna jest to termiczny rozkład drewna przy znacznym niedomiarze powietrza (tlenu), w wyniku czego powstaje palny gaz (gaz drzewny) oraz popiół.

Nowoczesne kotły c.o., spalające drewno w procesie zgazowania, wykorzystują energię zawartą w drewnie z trzykrotnie większą sprawnością niż urządzenia z tradycyjnym paleniskiem oraz pracują z emisjami zbliżonymi do kotłów gazowych.

Proces zgazowania drewna w kotłach c.o. można podzielić na cztery zasadnicze etapy:
1:Suszenie i odgazowanie drewna
w temperaturze ok. 450°C.
2:Spalanie mieszaniny gazu drzewnego
i powietrza wtórnego w temperaturze ok. 560°C.
3:Dopalanie płomienia i oddawanie ciepła,
temperatura ok. 1200°C.
4:Wyrzut spalin o temperaturze ok. 160°C przez czopuch kominowy.

Spalanie w formie sypkiej

Jedną z metod spalania przetworzonej masy drewna jest spalanie paliwa w formie sypkiej, drobnych kawałków zwanych zrębkami. Takie paliwo znajduje szerokie zastosowanie w kotłach zautomatyzowanych, wyposażonych w podajniki ślimakowe, które zasilają palenisko.

Ponadto zrębki drewniane, ze względu na swoją strukturę, łatwiej uwalniają gaz drzewny, co przy utrzymaniu wilgotności paliwa na poziomie 20% zapewnia wysoką sprawność spalania. Jednak zapewnienie takich parametrów paliwa wiąże się zapewnieniem odpowiednich warunków przygotowania i magazynowania.

Zrębki mogą być przygotowane z odpadów stolarskich lub komunalnych, np. podczas wycinki przydrożnych gałęzi czy sadów. Przygotowanie zrębek najlepiej przeprowadzić, gdy masa drewna jest jeszcze wilgotna, co stwarza problem z późniejszym magazynowaniem paliwa.

Naturalnie można przygotować zrębki z już suchego drewna, lecz wiąże się to z radykalnym podniesieniem nakładu pracy na przetworzenie masy. Unikając potrzeby magazynowania, można spalać mokre zrębki, lecz pomimo ułatwionego spalania duża część energii przeznaczona będzie na wysuszenie paliwa.

Odpad drewniany w formie sypkiej (trociny, wióry) to paliwo charakteryzujące się podobnymi cechami jak zrębki, z tą różnicą, że powstaje on najczęściej z suchego drewna stolarskiego. Ze względu na granulację jest jednak bardziej podatny na zawilgocenie
i utratę swoich właściwości energetycznych. Takie odpady można dalej przekształcić na konglomeraty drewniane.

Produkcja konglomeratu polega na prasowaniu sypkiego surowca pod wysokim ciśnieniem i formowanie go w bryły, co znacznie podnosi wartość opałową paliwa. Najczęściej stosowane konglomeraty to brykiet i pelet. Brykiet najczęściej produkowany jest w formie kostek o wymiarach 30 × 20 cm o dużym zagęszczeniu.

Poprawnie przygotowany brykiet z suchych surowców posiada wartość energetyczną zbliżoną do węgla brunatnego. Choć brykiet sam w sobie jest paliwem uniwersalnym, do jego spalania doskonale nadają się opisywane poniżej kotły na zgazowanie drewna, które zapewniają wysoką sprawność spalania.

Spalanie peletu

Podobnym paliwem, pochodzenia naturalnego, jest pelet, materiał uzyskiwany ze sprasowanych pod ciśnieniem naturalnych odpadów drzewnych, głównie trocin
i wiórków, odpadów stolarskich i tartacznych, ale czasem z wykorzystaniem kory drzewnej, słomy, łupin słonecznika i innych materiałów organicznych.

Pelety występują w formie granulatów: kuleczek lub walców o różnych średnicach i długości. Pelety mają niską wilgotność (najlepsza 8–12%), a po ich spaleniu powstaje niewielka ilość popiołu, dzięki czemu ich użytkowanie jest wygodne i czyste. Do spalania peletu wymagane jest zastosowanie zautomatyzowanych palników peletowych.

Paliwo w takich palnikach jest precyzyjnie dawkowane, podobnie jak ilość powietrza potrzebna do spalania. W ostatnich latach obserwuje się przyspieszony rozwój technologii spalania peletu. Produkuje się kotły o mocach od kilkunastu kW do kilkuset MW do ogrzewania domów jednorodzinnych, osiedli i miast.

Sprawności tych kotłów często przekraczają 90%, a emisje gazów szkodliwych i pyłów są porównywalne z emisjami najlepszych kotłów olejowych i gazowych, z tą przewagą, że dla biomasy bilans CO_2 jest równy lub zbliżony zeru.

Stopień automatyzacji nawet małych kotłów pozwala je uznać za niemal bezobsługowe, ponieważ wyposażone są w układy automatycznego podawania paliwa, usuwania popiołu i sterowania procesem spalania. Ceny kotłów spadają i zaczynają być porównywalne z cenami instalacji olejowych.

Koszty eksploatacyjne, w przypadku biomasy, nie przekraczają 30% kosztów eksploatacyjnych związanych z olejem opałowym i są porównywalne z kosztami opalania gazem ziemnym.

Kotły na pelety i zrębki są to zazwyczaj kotły wodne, niskotemperaturowe, wyposażone w palniki zintegrowane z korpusami kotłów, z wentylatorami ssącymi regulowanymi falownikiem, z pełną automatyzacją. Są to urządzenia nowoczesne, powstawały ewolucyjnie przez rozwój kolejnych jednostek, które projektowano w oparciu o gromadzone doświadczenia w zakresie spalania biomasy.

Nowoczesność tych jednostek należy rozpatrywać
w aspekcie automatyki
i sterowania, wysokiej sprawności
i efektywności, różnorodności systemów
doprowadzenia paliwa, optymalizacji
i wzornictwa

W nowoczesnych kotłach stosuje się sterowniki swobodnie programowalne, realizujące wszystkie funkcje, związane
z automatyką, sterowaniem i komunikacją jednostki z otoczeniem.

Jednostka centralna steruje wszystkimi procesami wewnętrznymi w kotle, związanymi ze spalaniem, tj. doprowadzeniem paliwa, doprowadzeniem powietrza w sposób płynny, odprowadzeniem spalin, automatycznym oczyszczaniem wymienników oraz palnika, pomiarami temperatury, pomiarami składu spalin z wykorzystaniem sondy lambda, regulacją, optymalizacją procesu spalania, automatycznym zapłonem oraz nowoczesnymi zabezpieczeniami.

Kotły starszego typu posiadają konstrukcję umożliwiającą spalanie drewna w całej objętości paliwa. Drewno spala się na ruszcie, które znajduje się w dolnej części kotła. Przez otwory w drzwiczkach popielnika, dopływa powietrze do komory spalania. Proces spalania rozpoczyna się w dolnej części złoża, przemieszczając się stopniowo w górę. Powstałe spaliny przemieszczają się w górę, przez całą objętość złoża.

W ostatnich latach obserwuje się znaczny postęp w dziedzinie energetycznego wykorzystania drewna opałowego jako paliwa w piecach o nowoczesnej konstrukcji
i wysokiej sprawności.

Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne kotłów do spalania drewna

Drewno zawiera ok. 80% składników lotnych, tylko ok. 20% jego objętości spalane jest bezpośrednio na ruszcie. Pozostała część dopala się w drugiej części pieca, tzw. komorze dopalania. Powietrze dopływa do pieca w jego dolnej części. Spalanie drewna odbywa się w dolnej części paleniska.

Spaliny wyprowadzone są kanałem do komory dopalania, gdzie zachodzi proces ich dopalania. Równocześnie następuje proces oddawania przez spaliny ciepła do wymiennika rurowego, przez który przepływa woda zasilająca c.o. Efektem tego typu spalania jest wysoka sprawność kotła (ok. 85%).

Kocioł jest konstrukcją dwukomorową. Komora pierwsza jest komorą spalania,
a komora druga dopalania i wymiany ciepła. Duża komora spalania daje możliwości palenia z nominalną mocą przez 6÷8 godz. Przy dobrze ocieplonym domu, przy temperaturze powietrza zewnętrznego ok. 0°C załadunek kotła wystarcza nawet na 12 godz. Kotły na biomasę mają dużą powierzchnię wymiany ciepła.

Konstrukcja komory spalania i górnego zasypu umożliwia łatwy załadunek dużych kawałków drewna, które można przesypywać wiórami lub trocinami dla uzyskania większej masy przy jednorazowym załadunku. Ze względu na dużą sprawność (ponad 85%) kocioł ten zużywa od dwóch do trzech razy mniej drewna niż popularne kotły węglowe (przy ich opalaniu drewnem).

System dopalania spalin (tj. kontrolowania wpuszczania powietrza wtórnego) powoduje, że znacznie maleje emisja tlenku węgla (CO), węglowodorów i sadzy, a sprawność rośnie o ok. 5%. Ogranicza to do minimum zjawisko *„zarastania”* kotła i komina sadzą, czy smołą.

Piec MS

Dobrym przykładem na wykorzystanie biomasy w ogrzewaniu pomieszczeń jest piec MS. Od tradycyjnych pieców piec MS, różni wiele ważnych cech, m.in. to, że jest on zbudowany ze specjalnie dobranych
i obrobionych kamieni. Wnętrze pieca zostało wykonane w sposób gwarantujący maksymalne wykorzystanie ciepła zawartego w powietrzu i dymie, co powoduje oszczędność ciepła do 80% w porównaniu
z tradycyjnymi piecami.

Piec MS z powodu swojej wysokiej masy i ekspensywnego systemu rozprowadzania ciepła, jest najbardziej efektywną, ekologiczną, ekonomiczną i bezpieczną metodą wykorzystania energii drewna opałowego. Spalając 12÷15 kg drewna/dobę, można ogrzać 100÷125 m^2 powierzchni mieszkalnej (rozpalając ogień tylko raz dziennie).

Ekstensywne i stałe rozprowadzanie ciepła o temp. 35÷50°C, powoduje, że piec ten nie stanowi zagrożenia dla usytuowanych obok mebli i innych sprzętów. Dodatkowo istnieje szereg innych funkcji, do których może być wykorzystany ten piec. Są to między innymi: ogrzewanie wody, instalacja ogrzewania podłogowego, możliwość wykorzystania górnego paleniska do gotowania i pieczenia.

Kotły dużej mocy

Kotły wodne dużej mocy, opalane drewnem i materiałami drewnopochodnymi, to nowoczesne urządzenia grzewcze, dla przedsiębiorstwa, hotelu lub szkoły. Stanowią źródło ciepła dla instalacji c.o. i c.w.u.

W zależności od potrzeb, mogą pracować w instalacjach z obiegiem grawitacyjnym, jak i wymuszonym. Zautomatyzowane kotłownie opalane zrębkami drzewnymi, są produkowane w zakresie mocy od 300 kW do kilku MW

System kotłowy składa się z następujących elementów:
kocioł wodny wraz z rusztem, komorą spalania, układem usuwania popiołu, systemem zapłonu, płaszczem wodnym;
układ magazynowania zrębków z wygarniaczem hydraulicznym;
układ ślimakowych, taśmowych lub zgrzebłowych podajników paliwa;– układ odprowadzania spalin, wraz z wentylatorem wyciągowym; – system sterowania i kontroli.

Budowa małych kotłów zgazowujących drewno

Tradycyjne małe kotły opalane drewnem osiągnęły kres swoich możliwości rozwojowych. Zwiększenie wydajności spalania paliwa przy jednoczesnym zmniejszeniu jego zużycia okazało się możliwe, dzięki zastosowaniu procesu destylacji pirolitycznej, czyli wytworzeniu gazu drzewnego z masy drzewnej, tzn. kotły spalają gazy powstałe w trakcie termicznego rozkładu drewna z niedoborem tlenu.

Konstrukcja kotłów oparta została na zasadzie wysokotemperaturowego spalania gazu drzewnego. Proces spalania przebiega w trzech etapach, z których każdy zachodzi
w odrębnej strefie kotła.
System spalania gazu drzewnego gwarantuje wysoką sprawność kotłów sięgającą 89%. Umożliwia również płynne regulowanie ich wydajności w zakresie 40÷100%.

Konstrukcja kotłów oparta została na zasadzie wysokotemperaturowego spalania gazu drzewnego. Proces spalania przebiega w trzech etapach, z których każdy zachodzi
w odrębnej strefie kotła.
System spalania gazu drzewnego gwarantuje wysoką sprawność kotłów sięgającą 89%. Umożliwia również płynne regulowanie ich wydajności w zakresie 40÷100%.

Korpus kotła zbudowany jest z wysokiej jakości, spawanej blachy kotłowej o grubości 5÷8 mm. Ze względu na wysoką temperaturę spalania gazu, komora spalania i dysza zbudowane są ze specjalnego ognioodpornego betonu, w celu ochrony stalowych ścian kotła przed wysoką temperaturą, a tym samym do wydłużenia jej żywotności.

Kotły do spalania peletu

Do spalania peletu z drewna, słomy, trocin, wykorzystuje się kotły retorowe.
Z zewnętrznego zasobnika paliwo podawane jest do kotła podajnikiem ślimakowym. Powietrze potrzebne do spalania dostarczane jest za pomocą wentylatora. W palniku następuje zmieszanie paliwa z powietrzem
i spalanie. Palenisko wyposażone jest w obrotowy talerz i zgarniacz popiołu.

Cały proces dostarczania paliwa, powietrza, spalania jest automatyczny, sterowany elektronicznie. Dzięki temu istnieje możliwość płynnej regulacji mocy kotła w szerokim zakresie. W deflektorze nad paleniskiem,następuje dopalanie spalin.

Kominek z płaszczem wodnym
Kominek może zastąpić kocioł centralnego ogrzewania, a na dodatek ogrzewanie domu może być dzięki temu, nawet o połowę tańsze niż gazowe.

Wiele osób decyduje się na ogrzewanie domu za pomocą nowoczesnych wkładów kominkowych. Skłaniają je do tego rosnące koszty gazu, oleju i prądu, a także estetyczne i ekologiczne walory wkładów kominkowych. Dym powstający podczas spalania drewna zawiera mniej zanieczyszczeń, niż spaliny z kotłów węglowych.

Zamknięte wkłady kominkowe od zwykłych, otwartych kominków różni to, że zdecydowana większość wytworzonego w nich ciepła pozostaje w pomieszczeniu, zamiast uciekać przez komin.

Termokominki to nowoczesne urządzenia, wyposażone w wymienniki (zewnętrzne lub wewnętrzne), pompy obiegowe, zawory 3-drogowe, centrale sterujące. Z uwagi na bardzo niskie koszty eksploatacji, stały się one w ostatnim czasie bardzo popularne. Inwestorzy budujący nowe domy, a także właściciele obiektów już zamieszkałych montują je równolegle z projektowanym lub istniejącym kotłem gazowym lub olejowym

Do niedawna montaż kominka miał na celu głównie stworzenie nastroju, czy miłej rodzinnej atmosfery, jaka panuje przy naturalnym ogniu, natomiast dzisiaj funkcją wiodącą jest obniżenie kosztów ogrzewania domu i wody użytkowej.

Aby użytkownik był w pełni zadowolony z zakupionego urządzenia, powinien wiedzieć, że:

-w kominku z płaszczem wodnym pali się tylko drewnem suchym liściastym;

-komin dymowy powinien mieć wkład ceramiczny lub kwasoodporny;

-zakończenie komina powinno wystawać min. 0,5 m ponad kalenicę dachu;

-do dmuchawy paleniska lub pod palenisko należy doprowadzić powietrze z zewnątrz budynku;

-w obiektach, w których częste są wyłączenia prądu należy zamontować system podtrzymania napięcia, niezbędnego do pracy pomp obiegowych (UPS);
-montaż i połączenie z układem grzewczym budynku, należy zlecić firmie specjalistycznej;
-konsultować się ze sprzedawcą lub firmą montującą w kwestii doprowadzenia do kominka rur, przewodów elektrycznych, itp

Konstrukcja kominka z płaszczem wodnym, z ręcznym dozowaniem powietrza do komory spalania

Kominek z płaszczem wodnym współpracuje z tradycyjną grzejnikową lub podłogową instalacją centralnego ogrzewania, zachowując walory ekonomiczne, estetyczne i ekologiczne zwykłego kominka. Kominek
z płaszczem wodnym różni się od zwykłego wkładu kominkowego.

Spaliny w takim kominku ogrzewają powietrze i wodę. Moc cieplna takich kominków wynosi od kilkunastu do 40 kW. Należy pamiętać o tym, że nie jest ona stała
i zależy od ilości znajdującego się w palenisku paliwa oraz fazy jego spalania.

Kominek pracujący w systemie zintegrowanym Kominek jest tak skonstruowany, aby mógł pracować w dwóch systemach: zamkniętym i otwartym. Możliwe to jest dzięki wbudowanemu, specjalnemu wymiennikowi ze stali nierdzewnej.

Wbudowany wymiennik nie tylko rozdziela system otwarty od zamkniętego, ale ponadto zapobiega kondensacji pary wodnej zawartej w komorze spalania w trakcie nagrzewania układu na ściankach kominka, co znacznie wydłuża żywotność urządzenia.

Wymiennik ten poprawia również sprawność układu pompowego oraz chroni pompę przed kawitacją (temperatura wrzenia w układzie otwartym 100°C, a w układzie zamkniętym zależna od ciśnienia i wynosi 105°C÷115°C).

Dodatkowo kominek, posiada bardzo małe opory i nie wymaga stosowania pomp o wyższym podnoszeniu. Proces spalania w turbokominku jest nadzorowany przez centralkę, wyposażoną w mikroprocesor, który steruje turbiną powietrza w zakresie 20÷100%. Procesor wylicza, w jaki sposób powinna pracować turbina w funkcji przyrostów temperatury i tak nią steruje, aby zapobiec przegrzaniu systemu.

Sterownik posiada system podtrzymywania palenia w chwili, kiedy została zrealizowana zadana temperatura oraz zapobiega tworzeniu się tlenków węgla w palenisku. Posiada również niezależne sterowanie obiegiem c.o. i c.w.u. oraz możliwość odłączenia obiegu c.o. w sezonie letnim.

Wbudowany specjalny zawór w turbinie powietrza, hamuje proces spalania w chwili, kiedy została zrealizowana zadana temperatura, a konstrukcja kominka umożliwia minimalny dopływ powietrza, aby nie tworzyły się w palenisku tlenki węgla. Komora spalania jest tak skonstruowana, aby proces spalania drewna był optymalny.

Turbina dostarcza powietrze pierwotne, które podtrzymuje proces spalania i umożliwia spalanie materiałów drewno-pochodnych,
o różnych parametrach oraz powietrze wtórne, które ma za zadanie dopalanie gazów i podnosi sprawność urządzenia.

Turbokominek może współpracować z innymi urządzeniami, a wbudowany sterownik po uzyskaniu zadanej temperatury minimalnej, może wyłączać pracę kotła gazowego, olejowego, elektrycznego, pompy ciepła, przejmując sterowanie obiegiem c.o. i c.w.u. Z chwilą, kiedy temperatura spada poniżej zadanej minimalnej, funkcje kotła są przywrócone.

Sterownik zaprogramowany jest na kilka stref czasowych lub może współpracować ze sterownikiem pokojowym. Kominek można załadować drewnem do pełna i ustawić żądaną temperaturę, zamknąć jego drzwi,
a sterownik tak zarządza procesem spalania, aby zadana temperatura była zawsze zrealizowana.

System przedstawiony na rys. 423, opracowano dla domu jednorodzinnego
o powierzchni użytkowej 100÷250 m^2.
Zasadniczym źródłem ciepła jest tu kocioł gazowy (olejowy), który włącza się sporadycznie.
Najczęściej wtedy, gdy zużyto dużo ciepłej wody, a nie pracuje kominek lub spadła temperatura w pomieszczeniach mieszkalnych poniżej wymaganej przez użytkowników.

Kolektory słoneczne w tym układzie pełnią dwojaką rolę, zależnie od pory roku: latem ogrzewają ciepłą wodę, a w okresie grzewczym wspomagają grzanie c.w.u. oraz c.o.

Kominek z instalacją grzewczą może być połączony za pomocą integratora – urządzenia umożliwiającego szybkie
i dokładne połączenie turbokominka i kotła.
Integrator zbiera w sobie strumienie grzewcze, z różnych źródeł ciepła,
a następnie kieruje do:

-zasobnika na ciepłą wodę (wymiana ciepła, przez górną wężownicę),
-obwód grzejnikowy,
-pętlę ogrzewania podłogowego.

Energia cieplna precyzyjnie trafia do miejsc, gdzie w danym momencie jest potrzebna, dzięki systemowi zaworów przełączających znajdujących się w urządzeniu. Wyposażenie w komplet zaworów, filtr i pompę, zapewnia synergiczne korzyści dla całej instalacji, która pracuje stabilniej, przepływy są zrównoważone nawet do 400 m^2 powierzchni ogrzewanej.

Przejrzysty sposób podłączenia jest niewątpliwą zaletą uproszczającą pracę instalatorów, skracając czas montażu.

Ciepła woda z kominka

Coraz częściej stosuje się rozprowadzanie ciepła kominka poprzez sieć grzejników c.o. Zastąpienie wielkogabarytowych konstrukcji spawanych (posiadających tzw. płaszcz wodny), przez żeliwne paleniska wyposażone w stalowe lub miedziane rury z wodą odzyskującą ciepło poprawiło bezpieczeństwo i estetykę kominków.

Systemy rurowe posiadają znacznie większą odporność na zwiększone ciśnienie w instalacji, a mała ilość wody umożliwia szybkie jej nagrzanie. Do najpopularniejszych należy tzw. ruszt wodny złożony z szeregu podków chroniących przed przegrzaniem dół, tył, i górę paleniska.

Zasadniczą zaletą zastosowania rusztów wodnych w żeliwnych paleniskach, jest możliwość łatwego ich demontażu, bez konieczności rozbierania obudowy. Obieg wody przez ruszt wodny, zapewnia pompa tłocząca wodę do wymiennika ciepła lub sieci grzejników c.o.

Układ taki zabezpieczony jest przed skutkami zaniku prądu (zatrzymaniem pracy pompy), naczyniem zbiorczym przelewowym (układ otwarty). Coraz częściej stosowane są UPS-y (zasilacze awaryjne), podtrzymujące pracę pompy. Kominek taki może współpracować z piecami c.o., systemu otwartego lub zamkniętego, poprzez wymiennik ciepła.

System mieszany łączy zalety DGP i c.o., szybko nagrzewa pomieszczenie zasadnicze (DGP) i gwarantuje czysty transport energii do pomieszczeń sąsiednich (przez system c.o.). Kominek (wkład kominkowy), może być podłączony do instalacji centralnego ogrzewania, na dwa sposoby – jako samodzielne źródło ciepła oraz jako dodatkowe źródło ciepła (pracując równolegle z piecem c.o.).

W obu przypadkach powinno zastosować się pompę wymuszającą odpowiedni obieg wody. Dodatkowo należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby obieg, do którego podłączony był kominek był „otwarty” tj. posiadał naczynie przelewowe, które w razie potrzeby odprowadzi nadmiar wody z obiegu.

Kominki podłączone do wodnej sieci c.o. jako jedyne źródło ciepła.
Wkład kominkowy, pracujący jako samodzielne urządzenie grzewcze c.o., pracuje na takich samych zasadach, jak gazowy, olejowy, czy węglowy piec centralnego ogrzewania.

Kiedy w palenisku jest napalone, woda przechodząca przez wkład, jest podgrzewana i przepompowywana przez cały obieg c.o., oddając ciepło za pomocą zainstalowanych grzejników. **Kominki podłączone do wodnej sieci c.o., jako dodatkowe źródło ciepła – równolegle z piecem c.o.**

W obiegu równoległym wymiennie pracują piec c.o. i kominek. Podłączony on jest do wydzielonego obiegu, którego wodę bezpośrednio ogrzewa. Następnie ciepło to przekazywane jest przez wymiennik ciepła, do właściwego obiegu c.o. (połączonego
z piecem c.o. oraz grzejnikami w poszczególnych pomieszczeniach).

W przypadku, gdy palenisko pracuje, wyposażony w termostat piec centralnego ogrzewania wyłącza się, co powoduje utrzymanie optymalnej temperatury
w ogrzewanych pomieszczeniach, a także znaczne oszczędności w zużyciu gazu ziemnego, węgla czy oleju opałowego.

Z drugiej strony, gdy ogień w kominku wygaśnie, ciężar podtrzymania ciągłości ogrzewania przejmuje piec c.o., co czyni takie rozwiązanie niezwykle wygodnym.

Montaż pieców kominkowych

Piece kominkowe opalane drewnem i brykietami drzewnymi, stanowią główne lub wspomagające źródło ciepła dla mieszkań, domów, domków rekreacyjnych itp. Piece bez wodnego wymiennika ciepła ogrzewają pomieszczenia, poprzez emisję ciepła całą swoją powierzchnią.

Piece, w wersji z wodnym wymiennikiem ciepła, przekazują 40% ciepła swoją powierzchnią do pomieszczenia, w którym zostały zainstalowane. Pozostałe 60% ciepła przekazywane jest poprzez wewnętrzny, wodny wymiennik ciepła, do instalacji centralnego ogrzewania.

W ten sposób piecem można ogrzewać, następne pomieszczenia lub podgrzewać wodę w zasobniku wody użytkowej. Budowa tego typu piecyków kominkowych,, umożliwia zamontowanie wodnych wymienników ciepła. Dzięki temu zawsze można podłączyć piec kominkowy do systemu c.o., gdy okaże się to niezbędne. Piece kominkowe mogą pracować w instalacjach z obiegiem grawitacyjnym i wymuszonym.

Piece współpracują z kotłami, działającymi w systemie zamkniętym.
Piece kominkowe dostosowane są do instalacji systemu otwartego, jednak większość obecnie pracujących systemów grzewczych działa w systemie zamkniętego obiegu czynnika grzewczego.

Piece kominkowe tej serii, z wodnym wymiennikiem ciepła, mogą być doskonałym, alternatywnym lub wspomagającym źródłem ciepła, w tego typu systemach. Przyłączenia pieca kominkowego do systemu zamkniętego, można dokonać za pomocą płytowego wymiennika ciepła lub zbiornika akumulacyjnego.

Zastosowanie płytowego wymiennika ciepła jest rozwiązaniem częściej stosowanym, ze względu na ponoszone koszty, jak i gabaryty urządzenia. Ciepło, pochodzące z pieca kominkowego, przekazywane jest poprzez płytowy wymiennik ciepła do zamkniętego systemu grzewczego, obniżając moc lub wyłączając pracę zainstalowanego tam pieca gazowego.

Bezpieczeństwo

Piece kominkowe posiadają zabezpieczenie przed przegrzaniem. Do tej niebezpiecznej sytuacji zachodzi w przypadku, gdy system centralnego ogrzewania, nie może odebrać ciepła wyprodukowanego przez piec. Najczęściej stosowanym urządzeniem zabezpieczającym przed przegrzaniem jest naczynie przelewowe.

Prostym, a jednocześnie niedrogim rozwiązaniem, jest również wymiennik chłodzenia awaryjnego, zamontowany wewnątrz wodnego wymiennika ciepła, podłączony do zimnej wody użytkowej oraz zawór termiczny.

W momencie wzrostu temperatury wody grzewczej ponad 95°C, zawór termiczny otwiera dopływ zimnej wody, która przepływając przez wymiennik chłodzenia awaryjnego i odbiera nadmiar ciepła
z kominka.

Turbokominek z płaszczem wodnym wyposażony jest w:

-wbudowany wymiennik ze stali nierdzewnej do pracy w układzie zamkniętym;

-sterownik cyfrowy, zarządzający procesem spalania, pompami wodnymi, programowalne progi wyłączania innych urządzeń;

Awaryjne zasilanie pompy

Przypadek braku zasilania w energię elektryczną jest jednym z najczęstszych kłopotów, jakie muszą rozwiązać klient
i instalator. Układ grzewczy praktycznie przestaje wówczas funkcjonować, nie działają urządzenia sterujące, pompy obiegowe, kotły i ich palniki.

Ciepło wytwarzane w płaszczu wodnym kominka, podgrzewa wodę, która nie będąc schładzana, osiąga temperaturę wrzenia. Poza podanymi wyżej rozwiązaniami, które tylko zapobiegają gotowaniu wody, ale nie zapewniają funkcjonowania układu, możliwe jest rozwiązanie tego problemu, poprzez zastosowanie systemu awaryjnego zasilania pompy obiegowej i automatyki kominka (UPS).

Pozwala ona, w przypadku zaniku napięcia sieciowego 230 V, wytworzyć napięcie z akumulatora, podłączonego do przetwornicy i awaryjnie zasilić sterownik oraz pompy obiegowe c.o i c.w.u. Oferowane na rynku przetwornice wyposażone są w układ samoczynnego przełączania się w momencie zaniku napięcia oraz w układ prostownika, ładującego akumulator.

Przełączanie pomiędzy obydwoma funkcjami (nadzór i ładowanie oraz zasilanie), odbywa się w sposób automatyczny, bez konieczności ingerencji użytkownika. Czas pracy przetwornicy zależy zarówno od wartości jej obciążenia, jak i od stanu pojemności akumulatora.

Przykładowo, przy obciążeniu przetwornicy o mocy 150 W, odbiornikiem energii pobierającym moc 80 W przy 230 V i przy pełnej pojemności 45 Ah 12-voltowego akumulatora, nieprzerwany czas pracy przetwornicy wyniesie ok. 6÷7 h. Z kolei w systemie ładowania, czas ładowania uprzednio rozładowanego akumulatora 45 Ah, wyniesie ok. 10 godz.

Wytyczne przed montażem turbokominka:

-należy sprawdzić możliwość podłączenia turbokominka do komina (komin o odpowiednim ciągu kominowym, wysokości, średnicy) – wymagana ekspertyza kominiarska;

-sprawdzić wytrzymałość obciążeniową stropu w miejscu, w którym zostanie zainstalowany kominek (nie należy układać styropianu pod wylewką w tym miejscu); – przed przystąpieniem do podłączenia turbokominka do instalacji grzewczej, zaleca się dokładne zapoznanie się z instrukcją oraz sprawdzenie kompletności wyposażenia urządzenia.

Wytyczne hydrauliczne

-rurarz – 2 × rura miedziana F = 28 mm w izolacji flexoroc między kotłownią,
a turbokominkiem (przy ciągach dłuższych niż 10m, konieczna konsultacja
z dystrybutorem);

-przewody elektryczne – 3 × 3 × 0,75 mm^2, między kotłownią, a turbokominkiem (miejsce montażu pomp);

-czerpnia powietrza, min. F = 110 mm, doprowadzona pod turbokominek;
-zimna woda doprowadzona rurką ½” przy turbokominku (miejsce montażu naczynia zbiorczego);
-odpływ kanalizacyjny wykonany rurą PCV F = 50 mm z zasyfonowaniem, przy turbo kominku (miejsce montażu naczynia zbiorczego);

Podczas instalowania urządzenia należy zwrócić uwagę na:

-właściwy z przeznaczeniem turbokominka montaż poszczególnych elementów;

-prawidłowe podłączenie urządzenia do przewodu kominowego;

-zapewnienie odpowiedniej wentylacji pomieszczenia, w którym został zainstalowany turbokominek;

-zainstalowanie w miejscu montażu turbokominka, czerpni powietrza, która umożliwi zassanie przez wentylator, odpowiedniej ilości powietrza;
-wykonanie prawidłowego przyłącza elektrycznego;
-możliwość pracy turbokominka, bez wody lub innej cieczy, przeznaczonej do stosowania w instalacjach grzewczych centralnego ogrzewania

Wytyczne przeciwpożarowe

Turbokominek powinien być umieszczony na podłożu niepalnym w odległości ok.1 m od materiałów palnych.

W przypadku podłogi, wykonanej
z materiałów palnych, przed urządzeniem powinno
być wykonane zabezpieczenie
z materiału niepalnego o szerokości ok. 30 cm, od
krawędzi drzwiczek i długości ok. 130 cm.

Turbokominek wraz z przyłączem kominowym (kształtkami przyłączeniowymi ze stali nierdzewnej) oraz otwory do czyszczenia, powinny być oddalone od łatwopalnych, nieosłoniętych części konstrukcyjnych budynku o ok. 60 cm, a od osłoniętych okładziną z tynku o grubości ok. 25 mm na siatce lub równorzędną okładziną, o grubości ok. 30 mm.

Zaleca się, aby przyłącze żaroodporne, łączące urządzenie z kanałem kominowym, wykonane było pod kątem większym niż 45° w płaszczyźnie pionowej.

Wskazówki eksploatacyjne

Przed rozpaleniem ognia w turbokominku, należy sprawdzić, czy instalacja jest prawidłowo napełniona wodą, skontrolować przewód kominowy, upewnić się czy naczynie zbiorcze wraz z rurami odpływowymi jest sprawne technicznie i drożne.

Należy zapewnić prawidłową wentylację nawiewno-wywiewną w pomieszczeniu, w którym jest instalacja turbokominka.
W otoczeniu urządzenia nie powinny znajdować się materiały łatwopalne oraz żrące.

W pomieszczeniu, gdzie zainstalowano turbokominek, nie należy stosować wentylacji wyciągowej mechanicznej. W turbokominku zabrania się otwierania dwóch drzwiczek jednocześnie. Jako medium grzewcze stosować wodę uzdatnioną.

W przypadku ogrzewania pomieszczeń w okresie chłodnym, do instalacji grzewczej można dodać płynu niezamarzającego. Obudowa turbokominka musi być rozbieralna, maksymalne ciśnienie robocze w płaszczu wodnym, nie może przekraczać 0,10 MPa.

Maksymalne ciśnienie robocze wymiennika, nie może przekraczać 0,90 MPa, maksymalna temperatura w kotle, nie może przekraczać 92°C.

Przed przystąpieniem do eksploatacji, wymagane jest dokonanie protokolarnego odbioru technicznego, przewodu kominowego, do którego będzie podłączony turbokominek z załączoną opinią kominiarską.

Dobór turbokominka

Dobór turbokominka należy przeprowadzić starannie, uwzględniając zapotrzebowanie na ciepło budynku i ciepło wody użytkowej. Należy pamiętać, iż zbyt duża moc kominka, może powodować zwiększenie zużycia opału, obniżanie temperatury spalania, powodując smolenie komory kominka, co może prowadzić do zatkania górnych otworów spalinowych, doprowadzając do kopcenia.

Można przyjąć, iż turbokominek o mocy 18 kW, należy zaproponować dla budynku nowego o powierzchni od 100 m^2 do 240 m^2, turbokominek 24 kW dla powierzchni od 230 m^2 do 280 m^2, natomiast kominek o mocy 32 kW dla powierzchni od 290 m^2 do 400 m^2 .

Paliwo

Turbokominek jest przystosowany do spalenia wszelkiego rodzaju drewna, jednakże palenie drewnem iglastym o dużej zawartości żywic i związków smolistych, daje gorszy efekt estetyczny i powoduje szybsze zabrudzenie urządzenia.

W turbokominku zaleca się palić polanami drewna liściastego tj. buka, olchy, jesionu, grabu, najlepiej o długości około 50 cm
i obwodzie do 50 cm o odpowiedniej (ok. 20%) wilgotności.

Do palenia w turbokominku nie należy stosować, węgla i koksu. Zabrania się spalania wszelkiego rodzaju tworzyw sztucznych, paliw płynnych i paliw odpadowych (nie tylko ze względów ekologicznych).

Zadania centralki sterującej

-kontroluje proces spalania;
-płynnie dozuje ilość powietrza do paleniska, zależnie od zapotrzebowania;
-niezależnie steruje pompą c.o. i c.w.u.;
-posiada system podtrzymywania palenia i przedmuchu paleniska;

Montaż przełącznika źródeł zasilania

Turbokominek w momencie osiągnięcia odpowiedniej temperatury uruchamia jedną z pomp obiegowych (sugerowana pompa c.w.u., ze względu na możliwość pracy lato/zima). Sygnał z pompy jest kierowany na przekaźnik, który będąc połączonym ze sterownikiem powoduje, wyłączenie funkcji grzewczej kotła.

Montaż zabezpieczenia termicznego

Zabezpieczenie termiczne wypływu służy do temperaturowego zabezpieczenia kominka z płaszczem wodnym w instalacjach grzewczych. Przegrzanie płaszcza wodnego, powoduje otwarcie zaworu zamontowanego na zasilaniu chłodnicy kominka.

Napływająca woda chłodzi płaszcz wodny
i wypływa do kanalizacji. Dzięki takiemu
zabezpieczeniu, temperatura wody
w płaszczu kominka nigdy nie przekroczy 100°C.

Słoma jako biopaliwo

W Polsce rocznie produkuje się ok. 23 mln ton słomy (równoważne z ok. 10,5 mln ton węgla) .

Szacuje się, że do celów energetycznych można wykorzystać ok. 8÷10 mln ton. Spowoduje to zmniejszenie zużycia węgla o ok. 4÷5 mln ton oraz zmniejszenie emisji CO_2 do atmosfery o ok. 8÷10 mln ton.

Cena tony słomy to ok. 120÷200 zł. Spalaniu słomy towarzyszy śladowa emisja SO_2,
a wartość emisji NOx, jest porównywalna
z emisją z kotłowni węglowych. Pozostałości w postaci popiołu, stanowią 3÷5% ilości spalanej słomy.

Energia chemiczna 1 kg słomy o wilgotności 15% wynosi ok. 14,3 MJ, co odpowiada energii chemicznej zawartej w 0,81 kg drewna opałowego, 0,75 węgla grubego lub 0,41 m^3 gazu ziemnego.

W Polsce słoma jest wykorzystana jako paliwo do ogrzewania m.in.: mieszkań, budynków inwentarskich w gospodarstwach rolnych, kotłowniach komunalnych, elektrociepłowniach.

Kotły do spalania słomy

Słoma dostarczana do kotła jako paliwo jest niejednorodna, z różną zawartością części mineralnych i wilgoci. Lotne składniki słomy sięgają 70%. Słoma jest paliwem trudnym do prawidłowego spalania.

Nowoczesne kotły do spalania słomy pozwalają na spalanie jej, ze sprawnością 80÷90% i przy bardzo niskiej emisji gazów.
W Polsce produkowane są kotły na słomę
o mocy zainstalowanej, od kilkudziesięciu kW dla zasilania pojedynczych gospodarstw domowych,
do ok. 30 MW
w elektrociepłowniach.

W trakcie spalania słomy, gazy palne i niedopalone części paliwa wymagają dopalenia w temperaturze ponad 800°C, przed schłodzeniem w części wymiennikowej kotła. Konstrukcje zapewniające spełnienie tego warunku są różne, decyduje w tym przypadku przede wszystkim moc kotła.

Można wyróżnić trzy główne typy kotłów na słomę:
-Kotły ze spalaniem *„cygarowym”* całych bali. Przeważnie są to duże kotły zasilające sieci ciepłownicze i elektrociepłownie, wyposażone w systemy załadunku całymi balami słomy o masie do 500 kg.

Kotły ze spalaniem słomy rozdrobnionej, które są stosowane dla małych i średnich mocy cieplnych. Podawanie słomy odbywa się z sieczkarni prasowanej słomy (dostosowanej typowo do określonych bali), przez układ podajników ślimakowych lub transportem pneumatycznym. Paliwo podawane jest w sposób ciągły.
Układ do podawania słomy zwiększa dość znacznie koszt instalacji.

Kotły ze spalaniem *„przeciwprądowym”* całych bali, które stosuje się do małych i średnich pieców. Spalanie *„przeciwprądowe”* jest kombinacją procesów gazyfikacji biopaliwa oraz spalania gazu i cząstek paliwa, w strumieniu nadmuchiwanego powietrza

Funkcjonowanie i charakterystyka kotła ze spalaniem *„przeciwprądowym”* jest następująca: Kocioł ładowany jest paliwem w postaci jednego lub kilku bali słomy, a spalanie odbywa się do całkowitego wypalenia wsadu.

Powietrze do spalania, nawiewane przez wentylator, wpływa w słomę, pod kątem prostym do powierzchni balota po to, aby słoma pozostała na swoim miejscu i nie była porywana przez palące się gazy.

Konstrukcja komory spalania i dysz nawiewnych zapewnia jak najlepsze wymieszanie gazów, powstających
w procesie gazyfikacji i powietrza nawiewanego. Gazy w komorze spalania, nie powinny być ochłodzone poniżej 800°C, zanim nie zostanie zakończone spalanie gazów i cząstek palnych.

Powietrze podmuchowe wprowadzane jest do komory spalania w sposób kontrolowany, tak aby zapewnić jego odpowiednią ilość, niezbędną do całkowitego spalania części palnych. Nawiew powietrza regulowany jest przez sterownik z czujnikiem temperatury spalin w czopuchu.

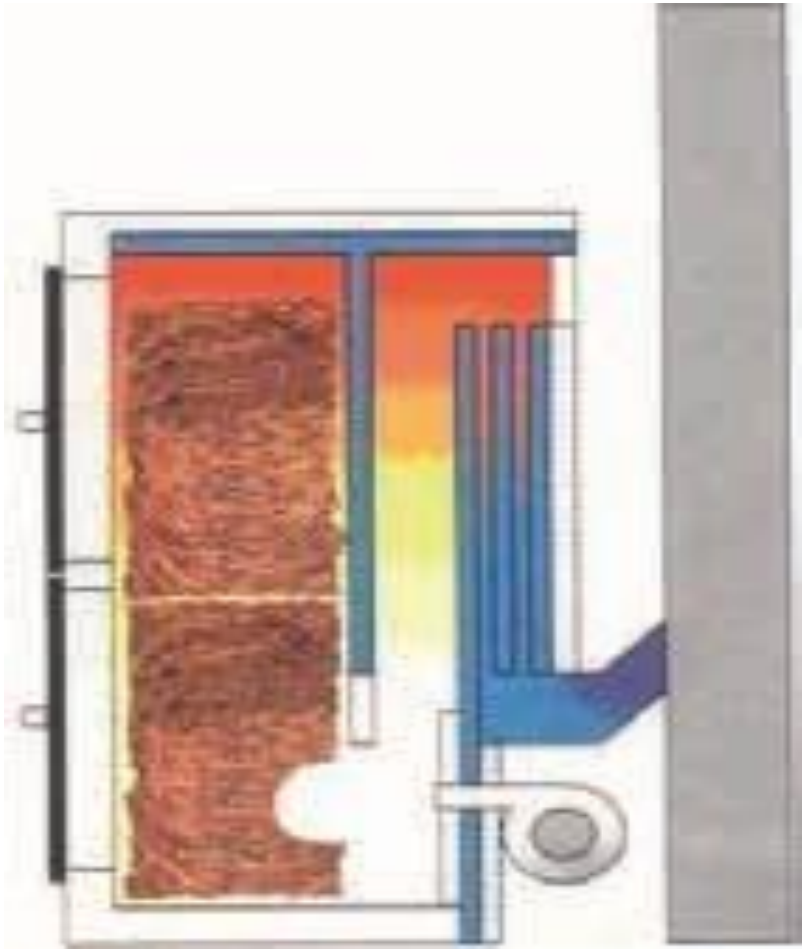
W trakcie spalania bali, gdy rośnie wolna powierzchnia słomy, chłodząca płomienie, nadmuch powietrza do spalania jest zwiększany, dla zapewnienia odpowiedniej temperatury w komorze spalania gazów.

Pierwsza w Polsce duża kotłownia c.o. na słomę, wzorowana na rozwiązaniach duńskich, uruchomiona została 26 października 1996 r. w osiedlu Zielonki we wsi Szropy w gminie Stary Targ k/Malborka.

Kotłownia ogrzewa 450 mieszkań. Zastosowano tam 2 duńskie kotły DANSTOKER, każdy o mocy 500 kW. Wykorzystuje się słomę w prasowanych balach o wymiarach 2 × 1 × 0,85 m, która podawana jest w sposób ciągły i automatyczny.

Popiół i żużel stanowią 3,5% masy spalonej słomy.
Na bieżąco kontroluje się jakość spalin.
Zatrudnionych jest dwóch robotników, obsługi na jednej zmianie.

Ogrzewanie jest 3 razy tańsze, niż przed modernizacją kotłowni węglowej. Koszt wytwarzanego ciepła ze słomy to ok. 8 zł/GJ, z miału węglowego 19,3 zł/GJ, z węgla kamiennego 28 zł/GJ.



W Polsce produkuje się duże kotły o mocy powyżej 1 MW dla elektrociepłowni, jak również małe kotły na słomę, o mocy 10÷60 kW, dla gospodarstw wiejskich.
W roku 2014 pracowało w Polsce 75 kotłowni na słomę dużej mocy (>500 kW)
i ok. 374 kotłownie mniejsze (<500 kW), łącznie o mocy ok. 120 MW.

Kotły małej mocy na słomę

Kotły na słomę w większości gospodarstw włączone są do sieci centralnego ogrzewania, obok tradycyjnego pieca, co pozwala zachować bezpieczeństwo energetyczne, na wypadek braku peletów, brykietów ze słomy. Takie rozwiązanie jest możliwe w przypadku wystarczającej powierzchni, pomieszczeń kotłowni

Kotły średniej mocy przystosowane są również do spalania bali o ciężarze do 12 kg. Obsługa kotłów jest bardzo prosta. Do kotłów o mocy do 100 kW ładuje się ręcznie małe bale o wadze do 12 kg, 2÷6 sztuk, nie częściej niż trzy razy na dobę. W okresie letnim jeden wsad słomy, zapewnia wystarczającą ilość ciepła do produkcji ciepłej

Kotłownie średniej mocy

Na polskim rynku dostępne są kotły średniej mocy (100÷500 kW), rys. 429, 430, na słomę podawaną do nich w balach oraz kotły na słomę rozdrobnioną do 1 MW. Spalanie biomasy w kotłach na słomę rozdrobnioną nie wymaga stosowania dobrze przesuszonego paliwa

Ponadto pozwala na zastosowanie nowoczesnych rozwiązań podających
i sterujących spalaniem. Sprawność kotłów dużej mocy wynosi ok. 85%, przy płynnej regulacji mocy w zakresie 20÷100%. Przy kotłowniach na słomę dużej mocy, pojawia się problem z zapewnieniem dostaw paliwa. **Dla kotłowni o mocy 1 MW konieczne jest zabezpieczenie paliwa w ilości ok. 1000 ton na sezon grzewczy.**

Kocioł przedstawiony na rys. 432, zainstalowany został w kotłowni w Lubaniu. Cztery kotły, pracujące w tej kotłowni, posiadają moc 2 × 3,5 MW + 1 MW.
W kotłowni możliwe jest spalanie słomy o wilgotności nawet do 30%. Baloty z magazynu przy kotłowni ładowane są na stół podawczy i transportowane do rozdrabniacza.

Po pocięciu na krótkie i równe włókna, które gwarantują prawidłowy proces spalania, słoma dozowana jest podajnikiem ślimakowym do śluzy ogniowej (jej zadaniem jest zabezpieczenie przed cofnięciem się ognia).

Następnie słoma trafia do kotła, gdzie w przedniej części komory spalania, odbywa się zgazowanie części lotnych. Otrzymany w ten sposób gaz, po wymieszaniu się z powietrzem wtórnym, podawanym systemem dysz, ulega spaleniu w komorze spalania.

Odgazowana słoma, dopalana jest na ruszcie schodkowym, przy udziale strefowo podawanego powietrza pierwotnego. Popiół odprowadzany jest na zewnątrz, za pomocą podajnika ślimakowego, a spaliny trafiają do odpylacza aerodynamicznego, gdzie zostają oczyszczane, ze skutecznością powyżej 90% i wyprowadzone przez komin.

Wybudowanie w Lubaniu kotłowni na słomę, kosztowało ponad 5 mln zł. Koszt produkcji energii cieplnej to ok. 19,7 zł/GJ i jest niższy o ok. 40% od kosztu energii cieplnej otrzymywanej z węgla

Peletowanie słomy

Pelet jest to wydajne paliwo, powstające przez przerób biomasy, przy zastosowaniu pras o specjalnym kształcie, przekroju matryc peletujących i bardzo dużym ciśnieniu zgniatania. Dzięki temu energia zawarta w pierwotnym surowcu zostaje silnie zagęszczona, dając paliwo o bardzo dobrych własnościach energetycznych, kaloryczne, zawierające minimalne ilości popiołu.

Producenci preferują pakowanie peletu w worki o masie 25 kg, do ręcznego załadunku zasobnika kotłowego lub worki o masie do 1000 kg, nadające się do załadunku silosów lub magazynów. Przy cenie słomy wynoszącej ok. 180 zł/tonę, cena peletów wynosi ok. 450÷650 zł/tonę.

Słoma zebrana z pola, jeśli jest sucha, nie wymaga dodatkowego suszenia, chociaż im bardziej sucha, tym lepsza (<15% wilgotności).
Podstawowe urządzenia do peletowania to:
szarpak, młyn młotkowy, granulator
z matrycami peletującymi.

Największy na świecie producent peletów KOGE Dania wyprodukował w 2013 r., ok. 240 000 ton peletów z drewna i ok. 170000 ton ze słomy.[80] W roku 2013 w państwach UE wyprodukowano ok. 11 mln ton peletów,
w Polsce ok. 440 tys. ton.[25] Przedsiębiorstwa produkcyjne, oferują linie do produkcji peletów ze słomy o różnej wydajności np.
o wydajności 1 t/h, przy mocy 100 kW w cenie ok. 500 tys. zł.

Maszyny do produkcji brykietów ze słomy

Bardzo ważną zaletą brykieciarki jest to, że nie potrzebuje już rozdrobnionej słomy do frakcji ok. 1 cm, można słomę rozdrabniać nawet na 3 cm kawałki. Na rys. 437, przedstawiono schemat, opisujący proces produkcji brykietów opałowych ze słomy, która jest zmagazynowana w balach okrągłych.

Bale ze słomą, są rozwijane przy pomocy rozwijarki. Rozwinięta słoma, trafia do bębna rozdrabniacza, po czym przenoszona jest do zbiornika buforowego. Jego zadaniem jest magazynowanie sieczki, na wypadek przerw w rozdrabnianiu słomy.
Ze zbiornika buforowego, słoma rozdrobniona, transportowana jest do brykieciarki, za pomocą przenośnika ślimakowego. Brykieciarka podaje gotowy produkt (brykiety), do worków.

Ciekawym rozwiązaniem technicznym
i biznesowym jest uruchomienie punktów
usługowego brykietowania słomy.
W miejscowościach, w których rolnicy dysponują
dużymi nadwyżkami słomy, produkuje się brykiety
ze słomy, którą rolnicy sami przywiozą i odbiorą
gotowy brykiet. Nadwyżkę produkcji, odkupują
elektrociepłownie.

Po rozmowach z producentami urządzeń do brykietowania i peletowania, wytwórcami brykietów, peletu, można wysnuć wniosek, że istnieje jeszcze wiele barier: technicznych, organizacyjno-prawnych, finansowych, które blokują dynamiczny rozwój wykorzystania biomasy ze słomy.

Zalety wykorzystania słomy do celów energetycznych:

-redukcja emisji CO_2, SO_2, NO_x;
-redukcja palenia słomy na polach (uniknięcie degradacji, naturalnego środowiska);
-wysoka sprawność urządzeń;
-zmniejszenie nakładów robocizny przy obsłudze kotłów (nakładanie paliwa jedynie na stół podawczy, zapas na 6÷8 godzin);
-okresowe czyszczenie kotła (np. kocioł 1 MW, wymaga czyszczenia, raz na tydzień);

-zakres pracy kotła od 20% do 100%;
-znaczne zmniejszenie kosztów produkcji 1 GJ energii cieplnej;
-wykorzystanie lokalnego, odnawialnego źródła energii;
-poprawa opłacalności produkcji rolniczej;

-dodatkowe miejsca pracy dla ludności lokalnej, przy dostawie paliwa;
-zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego;
-dopływ na lokalny rynek, pieniędzy za produkcję *„zielonej energii”.*

Wady:

-niska kaloryczność – ok. 15 GJ/t – dynamicznie spada, wraz ze wzrostem wilgotności słomy;

-wysokie koszty: pozyskania, przetwarzania, transportu, magazynowania;

-brak wystarczającej ilości pieców do spalania słomy;

-mała ilość maszyn do peletowania;

-brak gwarancji w ciągłe zaopatrzenie dużych elektrociepłowni;
-istniejące przepisy prawne, nie przewidują premii finansowych, za ciepło uzyskane ze słomy w instalacjach małej mocy;
-w czasie spalania wydzielają się: związki chloru, potasu, powodujące korozję oraz duże ilości metali alkaicznych, przyczyniające się do powstawania szlaki

Wnioski

Słoma może stanowić ważne źródło energii, niewpływające ujemnie na efekt cieplarniany, pod warunkiem utrzymania jej wilgotności, na poziomie nie wyższym niż 25%. Najlepiej, aby paliwo było jak najbardziej suche, wtedy podczas spalania, nie wydziela się tlenek węgla, wzrasta sprawność spalania i nie pojawiają się problemy z podawaniem paliwa do kotła.

Wykorzystanie słomy, jako paliwa, zmniejsza koszty produkcji ciepła i wpływa dodatnio na poziom życia ludności lokalnej, poprawia opłacalność produkcji rolniczej i znacznie zmniejsza zagrożenie pożarowe, przyczynia się do zmniejszenia emisji CO_2 .

Słoma mogłaby dostarczyć ok. 237 PJ (5% zapotrzebowania gospodarki w energię, przy wykorzystaniu ok. 6,6 mln ton, zakładając zbiór 2,5 tony słomy z ha). Niestety w Polsce wykorzystuje się nadal od 1,5÷2%, energii ze słomy.[155] Koszty inwestycyjne są wysokie, ponad dwukrotnie większe, niż przy kotłowni na gaz (koszt kotła na słomę – pelety o mocy 28 kW, wynosi ok. 9 tys. zł).

Koszt eksploatacji w/w kotła na słomę, szacuje się na ok. 2,5 tys. zł/rok. Aby myśleć o większym wykorzystaniu słomy, należy we właściwy sposób przygotować program finansowy inwestycji. Jednocześnie konieczne jest stworzenie dogodnych form finansowania inwestycji zwłaszcza dla rolników, których zdolność kredytowa jest generalnie niezadowalająca.

W założeniach rządowych do roku 2025, duży nacisk kładzie się na większe, niż obecnie wykorzystanie biomasy w bilansie energetycznym kraju. Jest więc szansa na to, aby energia cieplna ze słomy była wykorzystana w większym stopniu niż dotychczas.

Równocześnie producenci pieców na słomę, urządzeń do jej rozdrabniania, brykietowania, powinni w większym stopniu niż dotychczas, zająć się promocją tych urządzeń i w ten sposób przekonać inwestorów, samorządy, do instalowania tych urządzeń, szczególnie w gminach, gdzie występuje nadmiar słomy.

Ustawa z dnia 15 września 2000 r., o grupach producentów rolnych, pozwala na integrację producentów konkretnej branży (np. producentów peletów ze słomy). Grupę można utworzyć w sektorze *„produkty rolne do wykorzystania technicznego lub pozyskania energii”* .

Ocena wniosków:

Duże znaczenie dla rozwoju energetyki cieplnej wykorzystującej słomę, ma stanowisko Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Rozwój obserwuje się w tych regionach kraju, gdzie WFOŚIGW, wspiera podejmowane inicjatywy, eliminacji emisji zanieczyszczeń pyłowych i gazowych z niskich kominów, do powietrza atmosferycznego, poprzez substytucje „brudnego” węgla, przez „czystą” słomę. Czynnikiem ograniczającym szerokie zastosowanie słomy, jako paliwa są wysokie koszty inwestycyjne, przy niższych kosztach eksploatacyjnych.

Cena pozyskania jednej tony słomy, do celów energetycznych oparta na kosztach przygotowania słomy do spalania (bale prostokątne i okrągłe), wynosi ok. 100 zł za tonę. Istotnym warunkiem efektywności ekonomicznej jest stopień wykorzystania mocy kotła.

Przeprowadzone badania w gospodarstwach rolnych, które były wyposażone w kotły o mocy ok. 50 kW, wykazały ekonomiczność takiej inwestycji, przy użyciu rocznym równoważnym ok. 10 ton węgla.

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych w przypadku kotłowni opalanych na słomę, wynosi ok. 6 lat.
Zastąpienie kotłowni węglowych, kotłowniami opalanymi drewnem opałowym i słomą, spełnia warunki ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych i upoważnia do otrzymania kredytu i premii termomodernizacyjnej.

Warunkiem korzystania z kredytów oraz 25% premii termomodernizacyjnej jest ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie rocznych strat energii pierwotnej w lokalnym źródle ciepła i w lokalnej sieci ciepłowniczej – co najmniej o 25%.

Wymagane jest też, aby kredyt w wysokości do 80% kosztów inwestycji, mógł być spłacony w okresie do 7 lat z oszczędności, uzyskanych na kosztach eksploatacyjnych,
a zdyskontowana wartość netto, wynikająca z audytu energetycznego była dodatnia

Biorąc pod uwagę możliwość uzyskania korzystnego kredytu, na montaż urządzeń zasilanych z OZE, na mocy ustawy o wspieraniu inwestycji termomodernizacyjnych, koszty budowy kotłowni opalanej biomasą mogą zwrócić się w czasie 4÷5 lat

Osady ściekowe (analog torfu) i kotły na osady ściekowe

Podejmuje się próby energetycznego wykorzystania osadów ściekowych, których parametry zbliżone są do torfu. Osadów ściekowych i przemysłowych odpadów organicznych, powstaje w Polsce ok. 2,5 mln ton suchej masy rocznie, z czego palnych i wyselekcjonowanych odpadów organicznych na składowiskach odpadów komunalnych ok. 0,4 mln ton rocznie.

Duże ilości odpadowej biomasy powstaje w przemyśle celulozowo-papierniczym.
W Polsce, w zakładach papierniczych, powstaje rocznie ponad 1,6 mln ton suchej masy odpadów, głównie w postaci ścieków ligninowych w ługach warzelnych

Wytwarza się z nich, m.in. duże ilości energii elektrycznej, za pomocą turbin parowych, o mocy sumarycznej ok. 15 MW_e, zasilonych przez kotły, stosujące spalanie drewna odpadowego, kory, odpadowej makulatury i ścieków ligninowych (m.in. w Świecku, Kwidzynie i Ostrołęce).

Przemysł papierniczy dysponuje następującymi zasobami biomasy:

kora i drewno odpadowe – ok. 455 tys. ton/rok;
osady z oczyszczalni – ok. 96 tys. ton/rok;
odrzuty i osady z recyklingu papieru – ok. 230 tys. ton/rok;
bezużyteczna makulatura, nadająca się do spalenia – ok. 930 tys. ton/rok.

Biogaz

W roku 2013 w krajach UE produkcja energii pierwotnej (energia cieplna i elektryczna, gaz) z biogazu zwiększyła się do ok. 13,5 Mtoe, była większa o 1,4 Mtoe, niż w roku 2012 (wzrost o ok. 12%).

Biogaz jest głównie spalany w turbinach i silnikach gazowych, które napędzają generatory prądu, energia z gazu odzyskana jest w postaci energii: elektrycznej, cieplnej. W roku 2013 w UE z biogazu wyprodukowano w: elektrowniach, elektrociepłowniach – 20 580,0 GWh energii elektrycznej, przez (CHP) – 32 149,6 GWh w sumie 46253,0 GWh (wzrost o ok. 18% w stosunku do roku 2012).

Wielkość sprzedanego ciepła z konwergencji, szacuje się na 302,4 ktoe w 2013 (wzrost o ok. 12% w stosunku do roku 2012). Innym rodzajem odzysku biogazu, jest wtłoczenie go (oczyszczony biogaz, euro) do sieci gazu ziemnego. Ten rodzaj wykorzystania, dynamicznie rozwija się w wielu krajach, np. w Szwecji, Niemczech i Holandii.

Do dnia 30.09.2015 r. zgodnie z danymi URE[293], 267 instalacji zasilanych biogazem wytwarzało energię elektryczną i cieplną w układach kogeneracyjnych. Zainstalowana moc elektryczna wynosiła: na 112 wysypiskach – 70,256 MW, w 103 oczyszczalniach ścieków – 62,934 MW, w 56 biogazowniach rolniczych – 63,142 MW.

Obecnie istnieje 56 biogazowni rolniczych, 8 wybudowanych przez firmę Poldanor – duńskiego producenta trzody, pozostałe to biogazownie rolników indywidualnych
i spółek.

Do 30.09.2015 r. biogazownie rolnicze wykorzystały ok. 583 tys. ton substratu i wyprodukowały ok. 85 mln m^3 biogazu, wytworzono w CHP 178 GWh energii elektrycznej i 193 GWh energii cieplnej.

Biogaz nadający się do celów energetycznych, może powstawać w procesie fermentacji beztlenowej:
odpadów zwierzęcych i kiszonek roślin
w biogazowniach rolniczych;
osadu ściekowego w oczyszczalniach ścieków;
odpadów organicznych na komunalnych wysypiskach śmieci.

Fermentacja beztlenowa jest złożonym procesem biochemicznym, zachodzącym
w warunkach beztlenowych. Substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na związki proste – głównie metan i dwutlenek węgla. W czasie procesu fermentacji beztlenowej do 60% substancji organicznej, jest zamienione w biogaz.

Biogaz składa się głównie z metanu (CH_4) – 55÷70%, 32÷37% CO_2, 0,2÷0,4% NO_2 oraz 6 g/100 m^3 H_2S, przed odsiarczaniem i poniżej 0,01 g/100 m^3 H_2S, po wykonaniu tego zabiegu. Tempo rozkładu, zależy w głównej mierze od rodzaju i masy surowca, temperatury oraz optymalnie dobranego, czasu trwania procesu.

Optymalna temperatura fermentacji wynosi ok. 35÷40°C dla bakterii mezofilnych
i 50÷60°C dla bakterii termofilnych. Na utrzymanie takich temperatur w komorach fermentacyjnych zużywa się od 20÷40% uzyskanego biogazu.

Zawartość metanu, zależy od składu fermentowanego materiału wsadowego. Przyjmuje się, że biogaz o zawartości 65% metanu, ma zazwyczaj wartość kaloryczną ok. 23 MJ/m^3

Biogaz o dużej zawartości metanu (powyżej 40%), może być wykorzystany do celów użytkowych, głównie do celów energetycznych lub w innych procesach technologicznych.

Typowe przykłady wykorzystania obejmują:

-produkcję energii elektrycznej w silnikach iskrowych lub turbinach napędzających prądnice;

-produkcję energii cieplnej w przystosowanych kotłach gazowych;

-produkcję energii elektrycznej i cieplnej w jednostkach skojarzonych (CHP);

Charakterystyka elementów ciągu technologicznego produkcji biogazu

Każda z instalacji do produkcji biogazu ma odmienną, indywidualną konstrukcję, dostosowaną do różnego składu, materiału wsadowego.

Wybór wyposażenia procesowo-technicznego dla danej instalacji, zależy w pierwszej kolejności, od dostępnych substratów. Ilość substratów określa rozmiar wszystkich agregatów i objętości zbiorników.

Jakość substratów (zawartość suchej masy, struktura, pochodzenie, itd.), określa rozplanowanie techniki procesowej.

Biogazownie rolnicze

Biogaz rolniczy jako paliwo gazowe, otrzymuje się z surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości przemysłu rolno-spożywczego lub biomasy leśnej w procesie fermentacji metanowej

Produkcja i energetyczne wykorzystanie biogazu rolniczego, jest obecnie jedną
z najkorzystniejszych metod pozyskiwania energii odnawialnej, ze względu na korzystne zapisy zawarte w znowelizowanej w dniu 11.09.2013 r. ustawie Prawo energetyczne.

Technologia ta, jak dotąd, nie znajduje jeszcze powszechnego zastosowania
w Polsce. Jest ona natomiast rozpowszechniona i od wielu lat stosowana w krajach takich jak:
Dania, Austria, Niemcy
i Szwecja.

Z doświadczeń tych państw zaczyna również korzystać Polska. Do roku 2020, według szacunku zawartego w opracowaniu *„Innowacyjna energetyka – rolnictwo energetyczne”*, potwierdzonego w Polityce Energetycznej Polski do 2030, w Polsce ma powstać 2500 biogazowni rolniczych.

W Polsce możnaby uzyskać ok. 3 mld m^3 biogazu o średniej wartość opałowej ok. 20 MJ/m^3 . Optymalną koncepcją w warunkach Polski jest budowa gminnej biogazowni o mocy ok.1 MW. Zakłada się, że na potrzeby biogazowni zostanie obsianych ok. 500 ha nieużytków, kukurydzą lub trawą.

Do biogazowni dostarczony zostanie również obornik, gnojowica, osady ściekowe z szamb, gminnych oczyszczalni ścieków, posłużą one jako substytut. Z tego typu biogazowni można będzie rocznie otrzymać od 3 do 3,5 mln m^3 biogazu.

Gaz ten, po oczyszczeniu, będzie dostarczany do lokalnych instalacji gazociągowych lub spalany w układzie kogeneracyjnym (prąd, ciepło), zasilając w energię elektryczną i ciepło, dużych odbiorców energii w gminie.

W ten sposób spełniony zostanie również (w pewnym zakresie) warunek bezpieczeństwa energetycznego kraju w zakresie dywersyfikacji dostaw i rozproszenia dostawców.

Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej

Wdrażane na szeroką skalę na całym świecie, znalazły zastosowanie jako instalacje do biologicznego unieszkodliwiania odpadów organicznych, z wykorzystaniem biomasy pochodzącej m.in. z celowych plantacji roślin energetycznych.

System budowy biogazowni „NaWaRo” (Nachwachsende Rohstoffe), fermentacja mokra, wykorzystuje głównie kiszonki z roślin (kukurydzy, traw, buraków, itp.), zaś inne substraty (np. gnojowica, obornik, czy odpady) wykorzystywane są w zależności od konkretnych uwarunkowań gospodarstwa.

Fermentacja mokra ma miejsce wtedy, gdy zawartość masy suchej w fermentorze wynosi do 15%. Biogazownia taka, składa się m. in. z komór: fermentacyjnej i pofermentacyjnej oraz modułu kogeneracyjnego.

Przefermentowana zawiesina jest naturalnym nawozem, wykorzystywanym do wzbogacania gleby w substancje pokarmowe, co pozwala zmniejszyć zużycie nawozów sztucznych w rolnictwie.

Kosubstraty, zgromadzone uprzednio w zbiornikach wstępnych (np. gnojowica) oraz kiszonki, po rozdrobnieniu i homogenizacji, stają się wsadem energetycznym dla biogazowni, a nośnikiem energetycznym jest biometan, wytwarzany w procesie fermentacji mezofilnej (w temp. 37°C), przeprowadzanej w komorze fermentacyjnej.

Wstępnym etapem produkcji biometanu jest hydroliza (białka Í aminokwasy Í wielocukry Í cukry proste Í tłuszcze Í alkohole wielowodorotlenowe i kwasy tłuszczowe), umożliwiająca proces zakwaszania, podczas którego dominujące, fakultatywne bakterie acidogenne.

Przetwarzają rozpuszczone w wodzie substancje chemiczne, w tym produkty hydrolizy, do krótkołańcuchowych kwasów organicznych, głównie (w 76%) do lotnych kwasów tłuszczowych (mrówkowy, octowy, propionowy, masłowy, walerianowy, kapronowy), do alkoholi (metanol, etanol), aldehydów i produktów gazowych CO_2 i H_2 .

Kolejnym etapem produkcji biogazu jest faza acetogenna (octanogeneza): przetwarzanie etanolu oraz lotnych kwasów tłuszczowych do octanów oraz CO_2 i H_2 przez bakterie acetogenne.

Następna jest faza metanogenna: produkcja metanu, przez bakterie metanowe (autotroficzne i heterotroficzne) z kwasu octowego (prawie 70%), H_2 i CO_2 oraz mrówczanu, metanolu, metyloaminy lub siarczku dwumetylowego. W komorze fermentacyjnej muszą być utrzymane właściwe warunki biologiczne (odczyn pH musi posiadać wartość ok. 7) zapewniające, że biogaz produkowany będzie efektywnie.

Parametry te wynikają z proporcji i stężeń kiszonek oraz gnojowicy. Są one dobierane na podstawie analizy fizykochemicznej oraz wstępnej symulacji procesu w warunkach laboratoryjnych.

Odpowiednia konfiguracja instalacji zapewnia optymalizację procesu, nawet przy zmianach proporcji udziałowych kosubstratów lub zmianach w ich rodzaju. Udział kiszonek zależy od stężenia suchej masy (do 15%) w komorze fermentacyjnej.

W biogazowni mogą występować zahamowania produkcji biogazu. Mogą one być związane z problemami technicznymi instalacji. Przyczyną opóźnień w przebiegu procesu mogą być również inhibitory: antybiotyki, środki dezynfekujące, rozpuszczalniki, środki chwastobójcze, sole, metale ciężkie, amoniak.

Proces fermentacji może także ulec zakłóceniom, które są najczęściej związane: ze zmianą temperatury, tworzeniem się amoniaku, siarkowodoru, błędami w podawaniu kosubstratów, zniszczeniem flory bakteryjnej.

Aby uzyskać wysoki stopień produkcji biogazu, należy zapewnić dobry kontakt bakterii i substratu, który można uzyskać poprzez regularne mieszanie w zbiorniku fermentowanego substratu. Utrzymanie właściwego stężenia wsadu w przestrzeni fermentora zapewniają mieszadła mechaniczne.

Większość biogazowni pracuje na zasadzie przepływu. Ze zbiornika magazynującego świeży substrat, jest przepompowywany kilka razy dziennie, do komory fermentacyjnej. Taka sama ilość przefermentowanej masy jest wygarniana z komory fermentacyjnej, do zbiornika odpadów pofermentacyjnych.

Przefermentowany substrat, przepompowany jest z komory fermentacyjnej, do zbiornika odpadów pofermentacyjnych. Tam jest on składowany i wychładzany (zachodzi proces wygaszania fermentacji i odgazowywania osadu), do czasu wywózki, co w zależności od pory roku, może potrwać nawet pół roku. Osad ten wykorzystywany jest jako naturalny nawóz rolniczy.

Biogaz jest wytwarzany w nierównomiernych ilościach, zaś musi być więc tymczasowo magazynowany w zbiornikach. Zbiorniki magazynowe muszą być gazoszczelne, odporne na ciśnienie, temperaturę, promieniowanie słoneczne oraz warunki pogodowe.

Wyprodukowany biometan, po usunięciu zanieczyszczeń, jest kierowany do modułu kogeneracyjnego (CHP), czyli silnika gazowego, w którym energia chemiczna biogazu (ok. 6 kWh/m^3) ulega konwersji na energię elektryczną oraz cieplną. Część tej energii jest przeznaczana na pokrycie potrzeb własnych (ok. 10% energii elektrycznej, ok. 25% energii cieplnej), pozostała zostaje sprzedana odbiorcom zewnętrznym.

Jeżeli instalacja kogeneracyjna nie pracuje, co najczęściej spowodowane jest pracami konserwacyjnymi, urządzeniem spalającym biogaz jest pochodnia gazowa. Biogazownia wyposażona jest w urządzenia i podzespoły, zapewniające bezpieczną eksploatację (system detekcji gazu, niezależne systemy zabezpieczeń poziomów i ciśnień), zdalny monitoring (automatyka sterująca i kontrolująca).

Przy budowie i eksploatacji biogazowni wymaga się przestrzegania przepisów bezpieczeństwa, ze względu na to, że w połączeniu z tlenem biogaz staje się wybuchowy. Istnieje również niebezpieczeństwo uduszenia, zatrucia, wybuchu lub pożaru.

Wybrane zagadnienia z analizy porównawczej opłacalności ekonomicznej, biogazowni rolniczej

Na opłacalność biogazowni rolniczej, ma wpływ szereg parametrów technologicznych i rynkowych, powiązanych z poszczególnymi składnikami kosztów i przychodów instalacji, które na etapie opracowywania koncepcji, powinny być tak dobrane, aby zapewnić optymalizację rentowności przedsięwzięcia, co wymaga przeprowadzenia przez inwestora dokładnej analizy popytu i podaży.

Analizy ekonomiczne wskazują, że najkorzystniejszy wariant realizacji biogazowni w warunkach polskich, polega na zintegrowaniu jej w ramach gospodarstwa rolnego-hodowlanego lub zakładu przetwórstwa rolno-spożywczego i oparcie przedsięwzięcia na redukcji kosztów pozyskania energii, zakupu nawozów oraz utylizacji odpadów.

Wiele czynników, których zmiany w największym stopniu wpływają na rentowność biogazowni, może być jednak ustalone bezpośrednio przez inwestora na etapie planowania inwestycji

W kwestii zapewnienia surowców należą do nich: wieloletnia gwarancja dostaw, zakup substratów po możliwie najniższej cenie, wykorzystanie jako wsadu surowców o wysokiej produktywności biogazu, będących odpadem z innej działalności produkcyjnej, oraz minimalizacja odległości transportu materiału wsadowego do biogazowni.

Do kluczowych parametrów ekonomicznych powodzenia projektu, należy też możliwość zagospodarowania pulpy pofermentacyjnej na polach własnych lub gwarancja odbioru przez inne podmioty, ograniczenie do minimum odległości transportowej pulpy pofermentacyjnej.

Nie mniej istotna, jest także możliwość uzyskania wsparcia z tytułu zastosowania wysokosprawnej kogeneracji, poprzez dobór agregatu kogeneracyjnego w taki sposób, aby spełniony był warunek wysokosprawnej kogeneracji. Przy konfiguracji biogazowni, należy zwrócić także szczególną uwagę na dostępność w wybranej lokalizacji odpowiedniej infrastruktury, z jak najmniejszymi odległościami do gazociągu przesyłowego, linii energetycznej, odbiorców ciepła czy sieci wodno-kanalizacyjnej.

Z analiz preferencji wyboru substratów przez inwestorów i deweloperów tych biogazowni wynika, że największym zainteresowaniem cieszą się różnego rodzaju odpady, w tym odchody zwierzęce, odpady z przemysłu rolno-spożywczego, odpady poubojowe oraz rośliny energetyczne, reprezentowane najczęściej przez kiszonkę z kukurydzy.

Właściwy dobór substratów wsadowych biogazowni ma kluczowe znaczenie dla rentowności przedsięwzięcia. Należy również ocenić wpływ nowego instrumentu wsparcia, jakim jest możliwość łączenia przychodów ze sprzedaży zielonych świadectw pochodzenia i świadectw kogeneracyjnych, których cena rynkowa kształtuje się w zależności od mocy układu kogeneracyjnego

W opracowaniu przyjęto, że planowana biogazownia będzie pracować w najbardziej obecnie rozpowszechnionej technologii – fermentacji mokrej w warunkach mezofilowych, a czas pracy biogazowni będzie wynosił ok. 8000 godz. w ciągu roku. Zakłada się również, że inwestor posiada teren własny pod budowę biogazowni.

Przygotowując analizę ekonomiczną projektu biogazowni, należy uwzględnić w nakładach inwestycyjnych wartość gruntu, nawet w przypadku, gdy jest to teren należący do inwestora.

Według danych praktycznych, które wykorzystano w analizie, powierzchnia terenu pod inwestycję powinna wynosić co najmniej 1,5 ha, natomiast jeżeli do zagospodarowania masy pofermentacyjnej, inwestor planuje wykorzystanie lagun, należy w tym celu zapewnić odpowiednią dodatkową powierzchnię terenu ok. 4 ha.

O opłacalności ekonomicznej biogazowni oraz o wielu zastosowanych w nich rozwiązaniach technologicznych, decyduje w dużym stopniu rodzaj i właściwości wsadu stosowanego w komorze fermentacyjnej.

Dla biogazowni rolniczej założono, że instalacja będzie wykorzystywać 30 tys. ton/rocznie gnojowicy świńskiej, pozyskiwanej bezpłatnie jako odpad z gospodarstw rolnych oraz 15 tys. ton/rocznie kiszonki kukurydzy, nabywanej po cenie rynkowej ok. 100 zł/t. Do przechowywania przefermentowanej biomasy, proponuje się wykorzystać laguny, gdyż jest rozwiązaniem znacznie tańszym, niż budowa zbiornika żelbetowego.

Sumaryczne nakłady inwestycyjne w biogazowni rolniczej wynoszą ok. 15,5 mln zł, co w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej daje 18,0 mln zł/MW. Największy udział procentowy w strukturze nakładów na tę instalację, posiadają układ kogeneracyjny (17%) oraz komora fermentacyjna (16%).

W strukturze kosztów operacyjnych analizowanej biogazowni rolniczej, które bez amortyzacji wynoszą 3,9 mln zł, największy udział ma koszt zakupu i przechowywania substratów. Kiszonka jest przechowywana w rękawie, co powoduje wzrost o 20% jej całkowitego kosztu. Kolejną, znaczącą pozycją kosztów jest rozwożenie przefermentowanej pulpy na łąki.

Całkowite przychody dla biogazowni rolniczej w pierwszym roku funkcjonowania wyniosą 5,1 mln zł, a okres zwrotu wynosi ok. 7 lat.
Ogólna ocena inwestycji: jest opłacalna.

Największą wrażliwość na zmianę parametrów pracy w przypadku biogazowni rolniczej wykazują: konieczność zakupu gnojowicy w sytuacji, gdy w danej lokalizacji nie byłaby dostępna bezpłatnie, przekazywanie przefermentowanej pulpy za darmo okolicznym rolnikom oraz brak wystarczającej ilości terenu pod inwestycję.

Gnojowica w zależności od pochodzenia charakteryzuje się produktywnością biogazu z 1 tony substratu do 50% niższą od kiszonki kukurydzy, natomiast rynkowa cena zakupu 1 tony gnojowicy wynosi ok. 25–50 zł/t i jest obecnie średnio kilkakrotnie niższa niż cena kiszonki kukurydzy.

Przy konieczności zakupu gnojowicy, która często stanowi duży udział we wsadzie, jej koszt może okazać się relatywnie wysoki dla ekonomiki całego projektu. Dlatego też, jeżeli substraty trzeba kupować, należy rozważyć zakup materiału o jak najwyższej produktywności biogazu.

Analizowana biogazownia, wykorzystuje pulpę pofermentacyjną na polach własnych, natomiast analiza wrażliwości, dla przypadku bezpłatnego przekazywania pulpy okolicznym rolnikom, wykazała brak rentowności instalacji.

Brak wystarczającej ilości terenu pod inwestycję powoduje natomiast konieczność budowy zbiornika żelbetowego, zamiast lagun do przechowania takiej samej ilości pulpy pofermentacyjnej przez 6 miesięcy w roku, co jest rozwiązaniem o wielokrotnie wyższych jednostkowych nakładach inwestycyjnych.

Założenia, które przyjęto do obliczenia przychodów dla biogazowni (30.06. 2015 r.):
-cena sprzedaży energii elektrycznej: 180,50 zł/MWh;
-cena sprzedaży ciepła 25,1 zł/GJ;
-cena *„zielonego”* świadectwa pochodzenia: ok. 190 zł/MWh;
-cena *„fioletowego”* świadectwa pochodzenia (za kogenerację o mocy > 1 MW): 56,40 zł/MWh (30.06.2015 r.).[

Rolnictwo polskie posiada stosunkowo duży potencjał techniczny w zakresie wsadu do biogazowni. Dostawcą gnojowicy może być m.in.: 1400 ferm bydła o liczbie zwierząt powyżej 100 sztuk, 3100 gospodarstw o liczbie świń powyżej 500 zwierząt, 3700 gospodarstw o liczbie drobiu powyżej 5000 szt.

Charakterystyka pierwszej biogazowni rolniczej działającej w Polsce

Biogazownia w Pawłówku I – podstawowe informacje o firmie i jej działalności

przedsiębiorstwo rolne jest znaczącym producentem trzody chlewnej w Europie; posiada użytki rolne na obszarze ponad 15000 ha (produkcja roślinna); – ekonomiczna jak i proekologiczna strategia rozwoju przedsiębiorstwa; – inwestycje w nowe technologie.

Powody budowy biogazowni

-zmniejszenie uciążliwych zapachów, towarzyszących nawożeniu pól gnojowicą; produkcja *„zielonej energii”*;
-polepszona wartość nawozowa gnojowicy.

W marcu 2008 w Płaszczycy, firma Poldanor oddała do użytku kolejną biogazownię o mocy 625 kW (elektrycznej i cieplnej). W trakcie budowy przez w/w firmę, jest kolejna biogazownia w Czuchowie o mocy 330 kW.

W 2009 r. Poldanor zakończył największą inwestycję, budowę biogazowni o mocy 2 MW w Koczale. W roku 2011 cztery biogazownie posiadały moc elektryczną równą 3,675 MW

Agrogaz Sp. z o.o., inwestująca w budowę elektrociepłowni biogazowych, zbudowała pierwszą w Polsce dużą biogazownię. Inwestycja o łącznej mocy 2,1 MW została uruchomiona w Liszkowie, w województwie Kujawsko-Pomorskim.

Jako przykład dobrych perspektyw rozwojowych biogazowi rolniczych, można podać plan działania firmy Energa Biogaz. Celem „Programu” jest uczestnictwo Grupy Energa w przedsięwzięciach, z zakresu wytwarzania energii z biogazu, o łącznej mocy elektrycznej ok. 300 MW do 2020 r.

Mała biogazownia rolnicza

Ze względu na dużą ilość odpadów poprodukcyjnych w gospodarstwach rolnych, m.in. gnojowicy, liści buraczanych, obornika oraz korzystne rozwiązania prawne i finansowe, coraz więcej rolników zainteresowanych jest budową własnych lub gminnych biogazowni. Jako przykład można podać biogazownię zbudowaną przez rolnika we wsi Studzionka.

Budowa biogazowni

Podstawową jednostką instalacji jest komora fermentacyjna. Jest to cysterna stalowa o średnicy ok. 2,8 m i długości ok. 10,3 m (objętości 61,0 m^3), izolowana cieplnie, zajmująca powierzchnię ok. 40 m^2.

Zbiornik gnojowicy pofermentacyjnej, to zbiornik betonowy zbrojony, okrągły o średnicy wewnętrznej 10,0 m i wysokości 5,0 m, zagłębiony w ziemi ok. 1,5 m, zajmowana powierzchnia to ok. 95,0 m^2 .

Zbiornik biogazu to worek z tworzywa sztucznego (kauczuku butylowego, mieszaniny polietylenowo-propylenowej) o pojemności ok. 90,0 m3, umieszczony (zawieszony) w typowym silosie blaszanym (zbożowym) o średnicy ok. 5,0 m i wysokości ok. 6,0 m. Silos służy jako osłona, przed uszkodzeniami mechanicznymi i działaniem otwartego ognia. Zajmuje powierzchnię ok. 35,0 m2.

Przewidywane ilości wykorzystywanych surowców, materiałów, paliw, wody oraz energii

- Do fermentacji wykorzystuje się średnio na dzień, następujących ilości surowców:
- – odchody kurze – 1500,0 kg;
- – gnojowicy świńskiej – 900,0 kg;
- – obornik – 90,0 kg;
- – kiszonki/zielonki – dorywczo;
- – odpady zbożowe – dorywczo;
- – odpady okopowe – okresowo;
- – woda – 200 litrów, uzupełnienie płynów jest pobierane
- ze zbiornika gnojowicy przefermentowanej;
- – energii elektrycznej – 7,0 do 12 kWh;
- – olej do smarowania silnika gazowego – 2 razy po 7 litrów w ciągu roku.

- Zielonki do zakiszania składowane są na nieodległym od instalacji polu i w razie potrzeby przywożone bezpośrednio, przed użyciem w procesie technologicznym. Odpady zbożowe wykorzystywane w biogazowni, mogą występować pod wieloma postaciami; pozostałości po omłotach rzepaku, omłotach zbóż, pogryzione przez gryzonie ziarno, zamoknięte i zapleśniałe ziarno, jak i zbędne nadwyżki pasz. Odpady okopowe to liście buraków, uszkodzone ziemniaki, pozostałości warzyw, itp.

Sposób gromadzenia, transportowania i magazynowania odpadów przeznaczonych do produkcji biogazu

Gnojowica świńska spływa bezpośrednio z chlewni do nakrytego kanału zrzutowego, który w końcówce jest zakryty pokrywą, i pełni rolę zbiornika wstępnego dla instalacji biogazowni.

Tam jest ona chwilowo (od kilku minut do kilku godzin) gromadzona. Odchody z kurnika, przy każdorazowym uruchomieniu taśm usuwających odchody spod kur, są zabierane i bezpośrednio przewożone na przyczepie i wrzucane do zbiornika wstępnego. Po wymieszaniu, w krótkich odstępach czasowych, są pompowanie do komory fermentacyjnej.

Kiszonki i odpady z okopowych (liście z buraków, itp.), są składowane na pryzmie polowej w odległości ok. 200 m od drogi i najbliższych zabudowań. Kiszonka z pryzmy, przywożona jest w razie potrzeby (szczególnie w czasie nasadzania kur lub innych przerw w zasilaniu w obornik z kurnika, biogazowni), codziennie i na jeden dzień zapasu.

Rozładowana jest na płytę doraźnego składowania substratów stałych, bezpośrednio w sąsiedztwie komory fermentacyjnej, a z płyty zrzucana według potrzeby, do zagłębionej niszy w której znajduje się czerpak podajnika zgrzebłowego, transportującego substraty stałe do komory fermentacyjnej. Obornik po usunięciu z obory, jest bezpośrednio dostarczany pod transporter, od razu wrzucany do niszy czerpaka transportera i przemieszczony transporterem do komory fermentacyjnej.

Odpady zbożowe, spożywcze czy pozostałości z karmy, są bezpośrednio (w zależności od konsystencji) wrzucane do niszy zrzutowej lub zbiornika wstępnego.

Rozwiązania chroniące środowisko

Sama instalacja i zastosowana technologia jest rozwiązaniem chroniącym środowisko, gdyż proces fermentacji od momentu wpompowania lub podania przenośnikiem substratu do komory fermentacyjnej, aż do zakończenia procesu fermentacji w zbiorniku gnojowicy pofermentacyjnej jest procesem beztlenowym.

W żadnej fazie przebieg fermentacji nie ma bezpośredniej styczności z otoczeniem, gnojowica pofermentacyjna posiada obniżony poziom odorów do ok. 10%, w stosunku do odorów pierwotnych. Instalacja jest wyposażona w zamknięty obieg wody ciepłej, w chłodnicę awaryjną, odprowadzającą ciepło (wydmuch wentylatorowy). Układ gazowy wyposażony jest w zawór bezpieczeństwa.

Charakterystyka procesu technologicznego i instalacja

- **Komora fermentacyjna**

Końcowa część, dotychczas istniejącego w obrębie chlewni, zakrytego, kolektora zrzutowego gnojowicy z chlewni, jest przystosowana do permanentnego gromadzenia gnojowicy od świń i dostarczanych odchodów z kurnika i pozostałych substratów. Końcówka ta (kolektora zrzutowego) jest nakryta podnoszoną pokrywą, pozwalającą na wrzucanie „kurzeńca” i innych substratów.

Pełni rolę zbiornika wstępnego, wyposażonego w mieszadło. Bezpośrednio na zewnętrznej ścianie kolektora w zagłębieniu jest umieszczona pompa. Mieszadło zostaje uruchomione celem homogenizowania wprowadzonych substratów, bezpośrednio przed każdym pompowaniem substratów do komory fermentacyjnej.

Czynności rozdrabniania, a następnie pompowania są dokonywane w okresach (10 do 15 minut), cztery do pięciu razy w ciągu dnia. Substraty w postaci stałej np. kiszonki kukurydzy, trawy i inne zielonki oraz obornik, itp. podawane są do komory fermentacyjnej, transporterem zgrzebłowym.

Taki sposób zabezpiecza jednocześnie zaopatrywanie komory fermentacyjnej na wypadek niesprawności pompy zasilającej. Komora fermentacyjna to zbiornik stalowy leżący, o objętości 61 m_3, wsparty na dwóch fundamentach, izolowany.

Wyposażony w kolumnę gazową do gromadzenia biogazu, zamontowaną na górnym grzbiecie komory fermentacyjnej, transporter zgrzebłowy do podawania substratów stałych, poziome mieszadło, ze zintegrowanym układem grzewczym oraz połączeniem przelewowym (syfonowym), łączącym komorę fermentacyjną ze zbiornikiem gnojowicy pofermentacyjnej.

Zbiornik gnojowicy pofermentacyjnej jest to zbiornik betonowy, hermetycznie zamknięty, o pojemności ok. 392 m^3, wyposażony w mieszadło, zawór bezpieczeństwa, dwa otwory wziernikowe przeszklone oraz przelew syfonowy do

Komora fermentacyjna zadaszona

przelewu nadmiaru przefermentowanej
i odgazowanej gnojowicy do istniejącego już zbiornika, przechowującego gnojowicę
do przewidzianego prawem czasu wylewania pod uprawy.
W komorze fermentacyjnej substraty są ogrzewane do stałej temperatury 38°C.

Drugim koniecznym czynnikiem prawidłowej fermentacji jest okresowe mieszanie substratów w komorze fermentacyjnej. Mieszanie występuje cyklicznie, w okresie dnia np. 5 razy po ok. 10–12 minut, przy prędkości obrotowej mieszadła ok. 3 obr/ min.

Istotą mieszania jest zatapianie kożucha (niszczenie górnej warstwy, wtórne jej rozdrobnienie oraz rozprowadzenie w płynnej masie substratu), usuwając w ten sposób blokadę prawidłowego przebiegu fermentacji, stwarzając tym jednocześnie dobre warunki dla działalności szczepów bakteryjnych, wytwarzających (produkujących) biogaz.

Zbiornik na biogaz

Biogaz gromadzi się w kolumnie komory fermentacyjnej, skąd rurociągiem doprowadzony jest do zbiornika biogazu i równolegle do agregatu kogeneracyjnego.

Do układu gazowego jest również podłączona rura gazowa ze zbiornika gnojowicy pofermentacyjnej. Ma to na celu, by ewentualne resztki gazowe wydobywające się z gnojowicy pofermentacyjnej nie przedostawały się do otoczenia, a były doprowadzone do silnika spalinowego kogeneratora. Zbiornik biogazu to worek z tworzywa sztucznego o pojemności ok. 90,0 m^3.

Maszynownia

Zbiorczym rurociągiem gazowym biogaz jest doprowadzony do silnika gazowego agregatu kogeneracyjnego. Silnik spalając biogaz, napędza generator elektryczny, który wytwarza energię elektryczną. Energię cieplną pozyskuje się z układów: chłodzenia, wydechowego silnika.

Energią tą, w wymienniku podgrzewa się wodę, która w pierwszym rzędzie zostaje kierowana do instalacji ogrzewania substratu w komorze fermentacyjnej. Pozostała część wykorzystana jest do ogrzewania budynku mieszkalnego i podgrzewania wody użytkowej. Kogenerator i wszystkie urządzenia technologicznie z nim związane są zamontowane w pomieszczeniu maszynowni, zlokalizowanej w istniejącym garażu.

Pomieszczenie zostało zaadaptowane i przebudowane, by spełniało wszystkie wymogi bezpieczeństwa. Spaliny po schłodzeniu w wymienniku zostają wyprowadzone rurą przez strop, ponad dach. Ciśnienie biogazu w całym układzie nie przekracza 0,005 bara.

Okrągły zbiornik na biogaz, w głębi garaż blaszany maszynowni

Maszynownia jest umiejscowiona w wydzielonej części budynku obecnego garażu. Całe pomieszczenie (mury, strop, posadzka, drzwi), zostało wykonane w odpowiedniej wytrzymałości ogniowej, a na zewnątrz obłożone warstwą wyciszającą, tak aby zostały dochowane wymogi dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu poza pomieszczeniem. W maszynowni wykonany jest układ wentylacyjny.

Kogenerator

Podstawowym i głównym urządzeniem eksploatowanym w instalacji biogazowej, to kogenerator, czyli urządzenie przetwarzające biogaz na energię elektryczną i cieplną. Wielkość kogeneratora dobrana została w oparciu o ilość i możliwość wytwarzanego biogazu.

W ciągu doby wytwarza się ok. 180 m 3 biogazu. Pozwala to na pracę kogeneratora T&S RUHLAND typu D242 – 1000 obr./min, o mocy 22,0 kW, (przy zużyciu 9,2–11,0 m3 /godz) na 18 godzin pracy na dobę. Integralną częścią kogeneratora jest szafa z zamontowanymi urządzeniami do rozruchu, sterowania i zabezpieczenia prawidłowej pracy zespołu.

Zabezpieczone są nie tylko obwody wiodące prąd, ale również obwody, które charakteryzują takie wielkości jak; wzrost temperatury silnika, niski poziom oleju, zanik dopływu gazu, zwiększenie obrotów silnika, itp.

Silnik spalinowy wraz z prądnicą – kogenerator[

Pozostałe urządzenia maszynowni

- Do zasadniczych urządzeń maszynowni oprócz kogeneratora należą; zasobnik z wymiennikiem ciepła, instalacja wody ciepłej z kolektorem, zawory i pompy wody ciepłej, kierowanej do instalacji grzewczej komory fermentacyjnej oraz do obwodów wody użytkowej w domu mieszkalnym i budynków inwentarskich.

W maszynowni zainstalowana została ponadto chłodnica awaryjna, której zadaniem jest ewentualne usuwanie nadmiaru ciepła, w okresie występowania wyższych temperatur zewnętrznych.
W przyszłości jeszcze jedno urządzenie będzie zainstalowane w maszynowni, tj. dmuchawa powietrza, której zadaniem będzie dozowanie poprzez rotametr, powietrza do kolumny gazowej, w celu redukcji siarkowodoru w biogazie.

W wyniku reakcji siarkowodoru z tlenem, otrzyma się niewielkie ilości siarki, która opadając do gnojowicy będzie jednym z składników nawozu.
Koszt inwestycji wykonanej systemem gospodarczym wyniósł ok. 400 000 zł.
Konsultantami przy budowie biogazowni byli pracownicy naukowi Politechniki Śląskiej.

Wnioski dotyczące perspektyw rozwoju biogazowni rolniczych

w strategii rozwoju OZE w Polsce do roku 2020 duży nacisk kładzie się na większe niż dotychczas, wykorzystanie biogazu (planuje się, że moc elektryczna biogazowni rolniczych w roku 2016 będzie wynosiła ok. 150 MW)

w porównaniu z innymi krajami UE (Niemcy, Dania) produkcja biogazu rolniczego w Polsce jest znikoma;
w sektorze rolnym w połowie 2015 r. pracowało tylko 52 biogazownie;
sektor rolny posiada największy potencjał techniczny, ze względu na dostępność substytutów (odpadów energetycznych);
uprawa roślin energetycznych ma coraz większe znaczenie dla sektora bioenergetycznego i produkcji biogazu;

spełnione są podstawowe warunki do budowy i eksploatacji biogazowni w Polsce;

system *„zielonych”* i *„fioletowych”* certyfikatów zapisanych w ustawie Prawo energetyczne, wspierają dalszy rozwój odnawialnych źródeł energii (m.in. biogazu) w Polsce;

programy i fundusze UE wspierają inwestycje w dziedzinie instalacji biogazowych (m.in. w programach UE, dotyczących wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w systemach kogeneracyjnych).

Bariery utrudniające budowę biogazowni rolniczych:

brak rozwiązań dedykowanych biogazowniom – definicje, wielkość instalacji, przepisy budowlane, ochrona środowiska, itd.;

brak kryteriów konieczności wykonania procedur formalno-prawnych

w zakresie ochrony środowiska, dla małych instalacji, długie procedury uzyskiwania pozwoleń, utrudniony obrót *„zielonymi”* i *„fioletowymi”* certyfikatami, przez rolników, niejasna klasyfikacja PKD, itd.;

wysokie koszty inwestycyjne, trudne i niejasne procedury uzyskania dofinansowania, trudności z pozyskaniem dofinansowania dla mniejszych inwestorów, długoterminowe kontrakty na dostawy substratów, nie zawsze atrakcyjne dla rolników;
technologia produkcji biogazu rolniczego, nie jest wystarczająco poznana;
kosztowny import urządzeń;
złożone i niejasne procedury uzyskania zezwoleń na budowę biogazowni;

niewielka wiedza publiczna o odnawialnych źródłach energii;
wysokie koszty technologii;
tylko 52 zrealizowane projekty (brak wzorców do naśladowania);
sprzedaż ciepła stanowi problem w wielu regionach Polski;
konieczność ścisłego przestrzegania reżimów procesów fermentacji, zachowania właściwej proporcji poszczególnych komponentów wsadu;
protesty osób zamieszkujących w pobliżu biogazowni (nieprzyjemny zapach).

Pozytywne skutki trwałego rozwoju biogazowni na obszarach wiejskich:

wykorzystanie biogazu w gospodarstwach domowych, obiektach publicznych;

poprawa stanu higieniczno-sanitarnego wsi (zaprzestanie wylewania fekaliów na pola);

sprzedaż energii elektrycznej;

sprzedaż energii cieplnej;

redukcja emisji CO_2;

naturalny, tani, dostępny nawóz;
- produkcja ekologicznej żywności na bazie naturalnego nawozu;
- utworzenie i zabezpieczenie miejsc pracy;
- budowa instalacji przez lokalne firmy, czynności związane z eksploatacją (serwis, kontrola – wykonywane będą przez miejscowych fachowców);
- alternatywny filar produkcyjny w gospodarstwie rolnym;
- zabezpieczenie przychodów i zwiększenie różnorodności produkcji (zmniejszenie ryzyka inwestycyjnego w gospodarstwie);
- częściowa niezależność energetyczna obszarów wiejskich.

Trwały rozwój biogazowni na obszarach rolniczych wymaga:

współpracy gospodarstw rolnych, wspólna realizacja biogazowni (mniejsze koszty, większe korzyści);

tworzenia akceptacji społeczeństwa wiejskiego dla instalacji biogazowych;

wsparcia projektów przez władze lokalne oraz w sektorze finansowym (specjalne mechanizmy wsparcia inwestycji np. fundusze UE i contracting);

uproszczenia procedur formalno-prawnych;

opracowania typowego projektu dla małej i dużej biogazowni, wraz z kosztorysem;

wskazania producentów urządzeń do wyposażenia biogazowni;
wykonania analizy ekonomicznej inwestycji;
popularyzacji tych rozwiązań w mediach;
szkoleń osób podejmujących decyzje inwestycyjne (przedstawiciele gmin, powiatów, potencjalni prywatni inwestorzy);

W przyszłości należy spodziewać się dwukierunkowego rozwoju biogazowni w Polsce:

biogazownie scentralizowane (np. instalacje > 500 kW w każdej gminie).

Agencja Rynku Rolnego szacuje, że w roku 2010 wielkość dotacji do budowy biogazowni rolniczej, wyniosła ok. 7,5 mln zł (nie więcej niż 50% wartości inwestycji). ARR dysponowała na ten cel w roku 2013, kwotą ok. 157 mln zł. Złożono ok. 654 wnioski na budowę biogazowni rolniczych, różnych mocy (większość powyżej 1 MW).[31] Biogazownie rolnicze finansowane są również przez NFOŚiGW.

Znowelizowana w 2010 roku ustawa Prawo energetyczne, daje korzystne podstawy formalno-prawno-finansowe, do dynamicznego rozwoju rynku biogazowi. W ustawie zapisano m.in.:
operator systemu dystrybucyjnego gazowego, w obszarze swojego działania, jest obowiązany do odbioru biogazu rolniczego o parametrach jakościowych określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 9a ust. 11, wytworzonego w instalacjach przyłączonych bezpośrednio do sieci tego operatora;

wyłącza biogazownie rolnicze z obowiązku posiadania koncesji w zakresie wytwarzania paliw lub energii;
działalność gospodarcza w zakresie wytwarzania biogazu rolniczego lub energii elektrycznej z biogazu rolniczego, jest działalnością regulowaną i wymaga wpisu do rejestru producentów biogazu;

posiadanie koncesji bądź wpis od rejestru, jest warunkiem koniecznym dla uzyskania świadectw pochodzenia, jak i żądania odbioru biogazu rolniczego, przez operatora sieci;600 potwierdzeniem wytwarzania biogazu rolniczego oraz wprowadzenia go do sieci dystrybucyjnej gazowej, jest świadectwo pochodzenia biogazu rolniczego nowy instrument wsparcia;

świadectwo pochodzenia biogazu może służyć rozliczeniu się z wypełnienia obowiązku uzyskania i przedstawienia do umorzenia Prezesowi URE, świadectw pochodzenia, odnosi się do przedsiębiorstw energetycznych sprzedających energię elektryczną odbiorcom końcowym;

system świadectw pochodzenia, będzie łączył się z certyfikatami biogazowymi jest to wsparcie finansowe dla producentów biogazu rolniczego.

Ustawa ta definiuje, że mikroinstalacja – odnawialne źródło energii, o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 40 kW lub o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie większej niż 120 kW. Stwierdza, że mikrobiogazownie rolnicze nie będą wymagały koncesji na produkcję energii, nie trzeba będzie prowadzić działalności gospodarczej. Korzystne zapisy ustawy dla mikroinstalacji biogazowych spowodują, że małe biogazownie rolnicze będą powstawać na obszarach wiejskich szybciej niż dotychczas.

Biogaz z oczyszczalni ścieków

Do 30.09.2015 r. w naszym kraju pracowały 103 biogazownie w oczyszczalniach ścieków o mocy elektrycznej 62,934 MW elektrycznych i ok. 79,321 MW cieplnych, z których uzyskuje się rocznie ok. 118 mln m3 biogazu.

Jest on najczęściej spalany w agregatach kogeneracyjnych.

Wytworzona w ten sposób energia elektryczna i cieplna wykorzystywana jest najczęściej w procesach technologicznych oczyszczalni ścieków.
Szacuje się, że okres zwrotu z biogazowni wynosi ok. 6÷8 lat. Biogazownie korzystają z *„zielonych”*, *„żółtych”* certyfikatów (za produkcję energii elektrycznej i cieplnej w skojarzeniu).

Gospodarka energią elektryczną i ciepłem na przykładzie oczyszczalni ścieków „Kujawy” w Krakowie

Zdjęcie przedstawiające oczyszczalnie ścieków „Kujawy”

Opis działania oczyszczalni

Dopływające do oczyszczalni ścieki, poddawane są oczyszczaniu mechanicznemu, polegającemu na wytrącaniu zawiesiny mineralnej (piasku) i tłuszczu w napowietrzanym piaskowniku, a następnie oddzielaniu zanieczyszczeń, pływających na kratach oraz wytrącaniu zawiesiny, łatwo opadającej poprzez sedymentację w osadnikach wstępnych.

następnie przepływają do komór osadu czynnego, gdzie prowadzony jest proces w reaktorze przepływowym z wydzielonymi komorami: beztlenową, niskotlenową i tlenową z wewnętrzną recyrkulacją.

Osad wtórny jest częściowo zawracany pompami recyrkulacyjnymi na początek komór osadu czynnego, stanowiąc żywą, czynną biologicznie kulturę bakteryjną, dla której źródłem pożywienia są świeże, napływające z osadników wstępnych ścieki. Nadmiar osadu wtórnego jest zagęszczany mechanicznie. Podobnie też osad wstępny z osadników wstępnych, jest zagęszczany w zagęszczaczu grawitacyjnym.

Oba osady tj. wstępny i wtórny, zagęszczone są do uwodnienia ok. 95%, a następnie pompowane do wydzielonych komór fermentacyjnych i poddawane fermentacji, trwającej średnio ok. 22 dni. Przefermentowany osad poddawany jest końcowemu odwadnianiu na prasach taśmowych i gromadzony na lagunach osadowych, natomiast biogaz ujmowany jest w komorach fermentacyjnych.

Po odsiarczeniu gromadzony jest w zbiorniku i używany do zasilania generatorów, pracujących w układzie kogeneracji oraz kotłowni. Nadmiar biogazu spalany jest w pochodni.

Wytwarzanie biogazu

Biogaz jest wytwarzany w czterech wydzielonych komorach fermentacyjnych o pojemności 2800 m3 każda i jednostkowej wydajności ok. 100 m3/h. Łączna wydajność oczyszczalni, przy uwzględnieniu aktualnego przepływu ścieków wynosi ok. 260 m3/h. Nadmiar biogazu jest magazynowany w zbiorniku o pojemności 330 m3 .

Skład biogazu otrzymywanego w procesie fermentacji osadów w oczyszczalni „Kujawy”:

- – metan [CH_4] – 65%;
- – dwutlenek węgla [CO_2] – 34%;
- – zawartość siarkowodoru [H_2S] – 47 mg/m_3.
- Wartość opałowa uzyskiwanego biogazu jest wyższa niż pierwotnie zakładano. Przy założeniu 22 MJ/m_3 uzyskano 23,8 MJ/m_3.

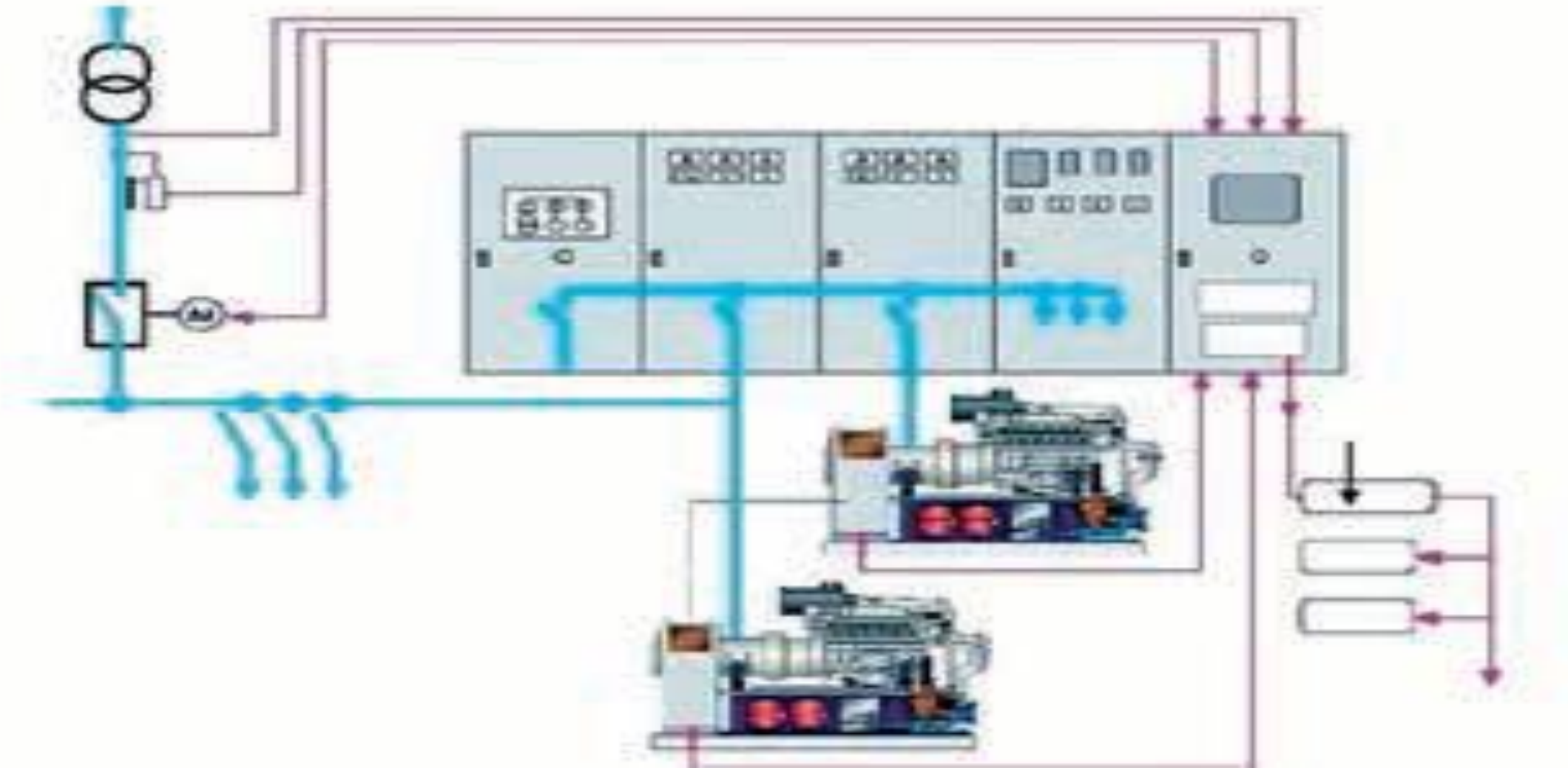
W związku z powyższym z l m3 biogazu otrzymano 4,6 kWh energii elektrycznej lub cieplnej przy zakładanej wydajności 4 kWh. Biogaz jest poddawany odsiarczaniu w odsiarczalni, pracującej na bazie rudy darniowej. Uzyskiwany biogaz jest wykorzystywany do zasilania generatorów oraz kotłowni gazowej.

Generatory zasilane biogazem

W oczyszczalni zamontowano trzy jednostki kogeneracyjne wyposażone w silniki gazowe 6-cylindrowe z zapłonem iskrowym, wyposażone w turbosprężarkę oraz układ chłodzenia gazu.

Z jednej jednostki uzyskuje się 292 kWc i 173 kWe. Silnik pracuje w oparciu o mieszankę zubożoną.

Sposób połączenia dwóch modułów pracujących równolegle z siecią energetyczną

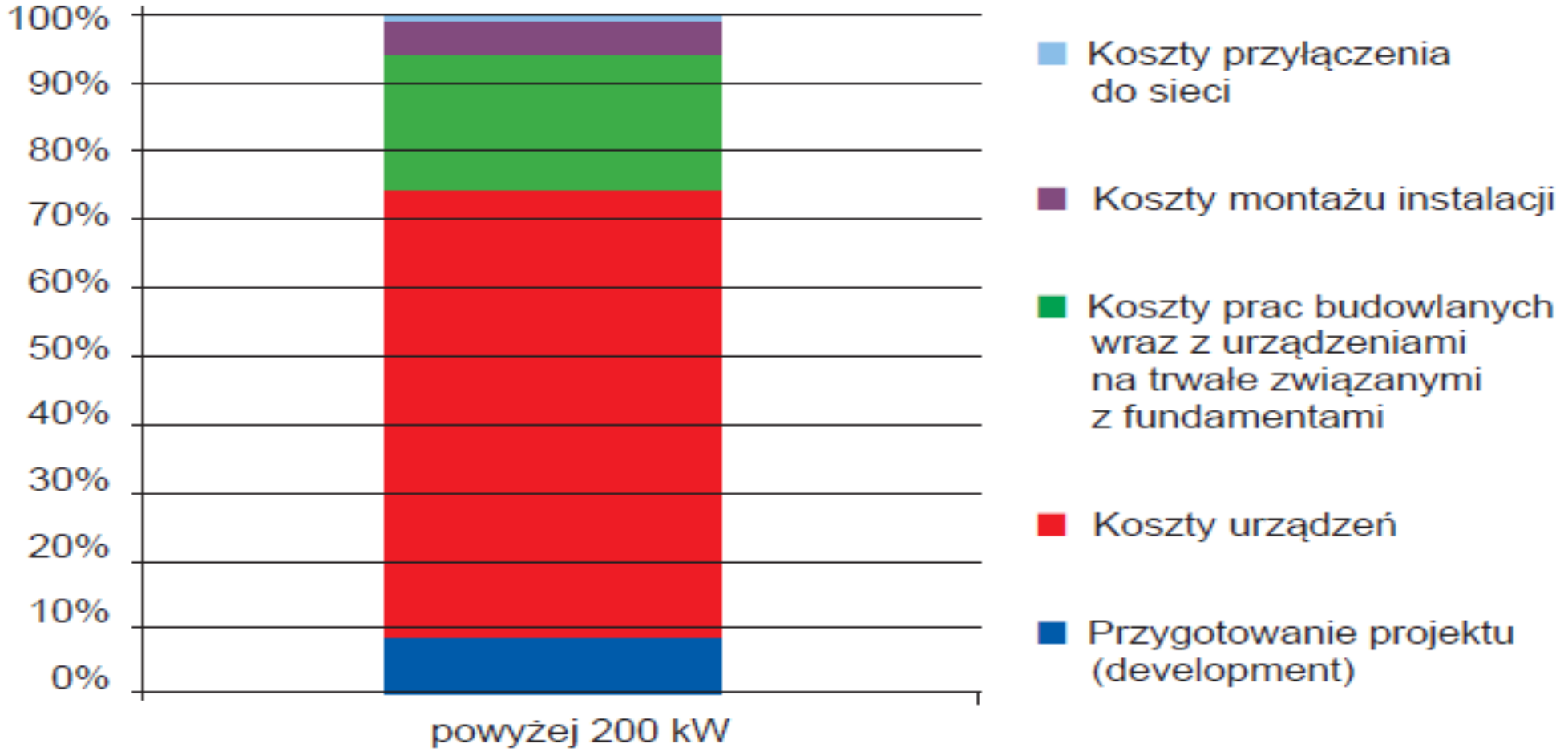


Sprawność agregatu CHP wynosi ok. 90%
i gwarantuje wymierne korzyści ekonomiczne na poziomie kilkuset tysięcy złotych oszczędności rocznie. W roku 2009 zrealizowane zostały trzy kolejne dostawy agregatów prądotwórczych, każdy o mocy 345 kWe z odzyskiem ciepła spalające biogazu

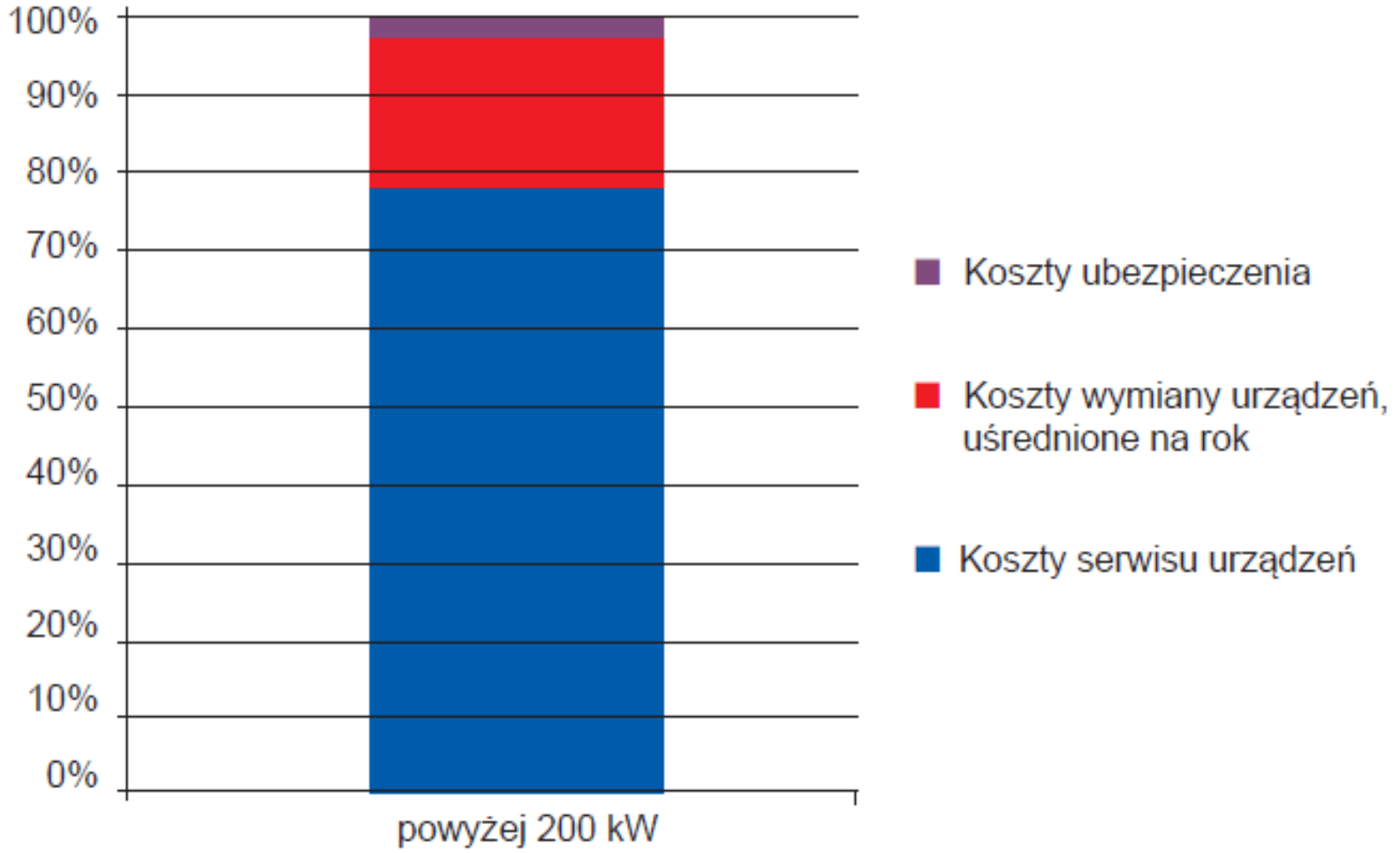
Dane przyjęte do modelu obliczeniowego dla biogazowni na oczyszczalniach ścieków

Parametry instalacji	Instalacja o mocy 700 kWel i 756 kWth
Moc elektryczna instalacji referencyjnej [MW]	0,700
Jednostkowe nakłady inwestycyjne [tys. zł/MW]	18400
Jednostkowe koszty eksploatacyjne [tys. zł/MW]	623
Współczynnik wykorzystania mocy [h/rok]	5900

Założona struktura kosztów inwestycyjnych dla instalacji biogazu z oczyszczalni ścieków o mocy powyżej 200 kW



Założona struktura kosztów eksploatacyjnych dla instalacji biogazuz oczyszczalni ścieków o mocy powyżej 200 kW



Biogaz wysypiskowy z odpadów

W roku 2014 było w kraju 829 zorganizowanych wysypisk o łącznej powierzchni 2963 ha, gdzie rocznie gromadzi się ok. 16,5 mln ton odpadów stałych, które posiadają kubaturę ok. 310 mln m^3

Z powierzchni 15 ha wysypiska i rocznej masy składowanych odpadów wynoszącej 180 tys. ton, można uzyskać rocznie 20÷60 GWh energii cieplnej. Energia 1 m^3 biogazu jest równoważna ok. 0,9 m3 gazu ziemnego lub 1 l oleju napędowego lub 1,3 kg węgla

Można przyjąć, że z jednego kg odpadów uzyskuje się ok. 0,3 m^3 biogazu o zawartości metanu (średnio ok. 45–65%), wartości opałowej ok. 22 MJ m^3 .
Szacuje się, że z 1 tony odpadów komunalnych, można otrzymać ok. 250 m^3 biogazu, który spalony w silniku kogeneracyjnym, wytworzy ok. 300 kWh energii elektrycznej i ok. 350 kWh energii cieplnej.

W Polsce do dnia 30.09.2015 r. pracowało 112 instalacji biogazowych na gaz wysypiskowy o łącznej mocy 70,256 MW, produkując ok. 1130 GWh energii elektrycznej i cieplnej.
Każdego roku w Polsce produkowanych jest ok. 15 mln ton niesegregowanych odpadów komunalnych, przy czym w grupie odpadów zmieszanych dominuje frakcja biodegradowalna (ponad 50%).

Ponadto znacząca ilość odpadów zielonych z ogrodów i parków, również deponowane są na składowiskach. Biodegradacja, odbywa się na składowiskach, a jednym z produktów tego rozkładu jest metan – gaz o właściwościach palnych, który można wykorzystać do produkcji energii.

Zakładając wydajność biogazu na poziomie 200 m^3/t, możemy obliczyć, że produkcja biogazu z biodegradowalnych odpadów w Polsce, mogłaby wynieść ok. 1 mld m^3 .Przyjmując 50% metanu w uzyskanym biogazie obliczymy, że teoretyczna ilość metanu to 500 mln m^3 .

Bezproduktywne uwalnianie biometanu do atmosfery na składowiskach odpadów, to nie tylko strata energii, ale też negatywny wpływ na środowisko, gdyż metan ma 21-krotnie większy wpływ na powstanie efektu cieplarnianego niż CO_2, ponadto stwarza określone zagrożenia: wybuchowe, samozapłonu składowisk, zanieczyszczenia wód gruntowych, emisji odorów.

Jednak pozyskanie biometanu z odpadów, obarczone jest wieloma ograniczeniami organizacyjnymi i technologicznymi.
Wyróżnić można dwa podejścia do problemu biodegradacji odpadów: odbiór biogazu uwalniającego się podczas ich rozkładu na wysypisku lub fermentacja odpadów w kontrolowanych warunkach, przed zdeponowaniem pozostałości pofermentacyjnych.

Odzysk biogazu ze składowiska odpadów

W beztlenowych warunkach panujących na składowisku odpadów organiczna ich frakcja ulega rozkładowi. W optymalnych warunkach

z jednej tony odpadów komunalnych może powstać ok. 400–500 m^3 gazu składowiskowego.

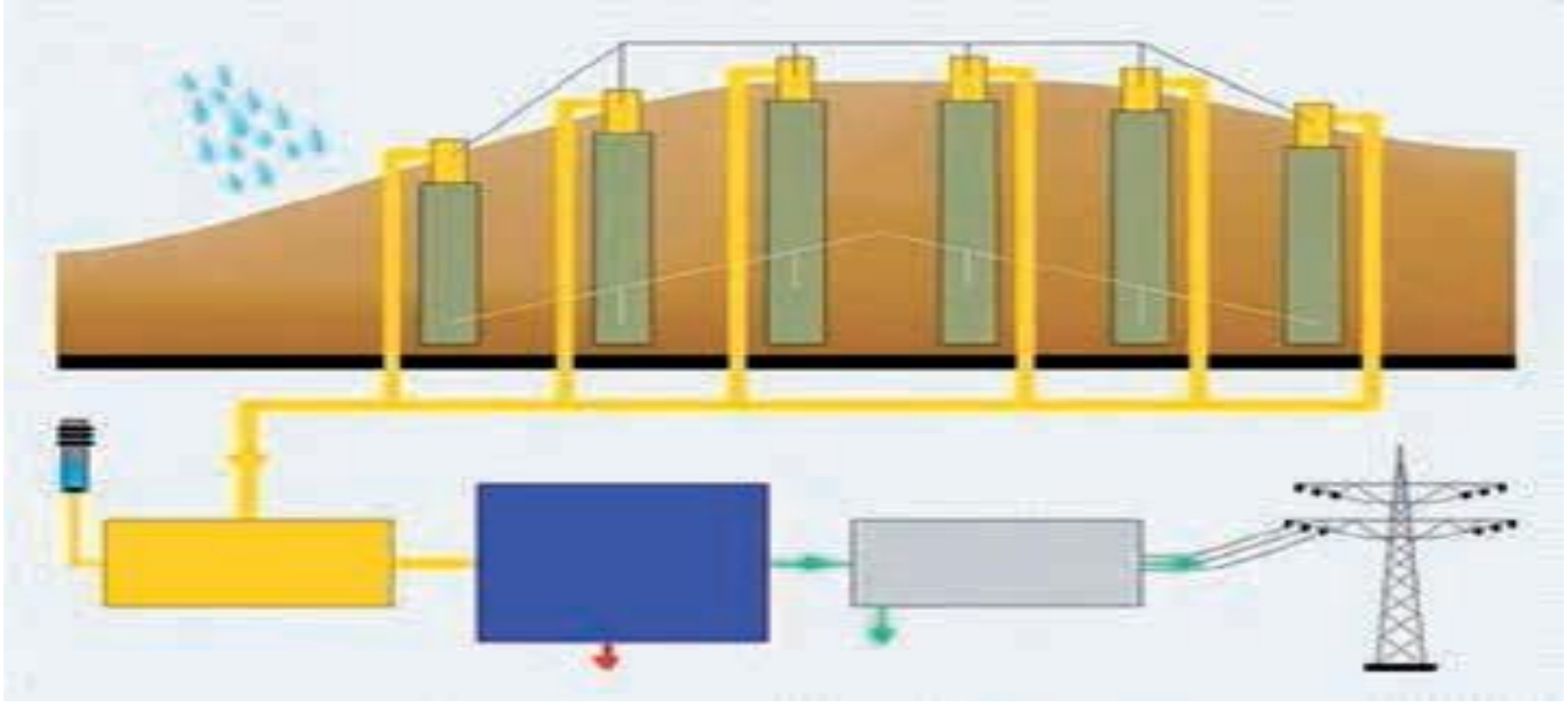
Jednak w rzeczywistości nie wszystkie odpady organiczne ulegają pełnemu rozkładowi, a przebieg procesu fermentacji metanowej zależy od wilgotności, składu, gęstości (ubicia) odpadów, wysokości ich składowania, temperatury i innych czynników. Ponadto w biogazie mogą występować w niewielkich ilościach azot, wodór, tlen, siarkowodór, tlenek węgla i amoniak, substancje organiczne.

Odgazowanie składowiska odpadów może odbywać się w sposób pasywny lub aktywny.

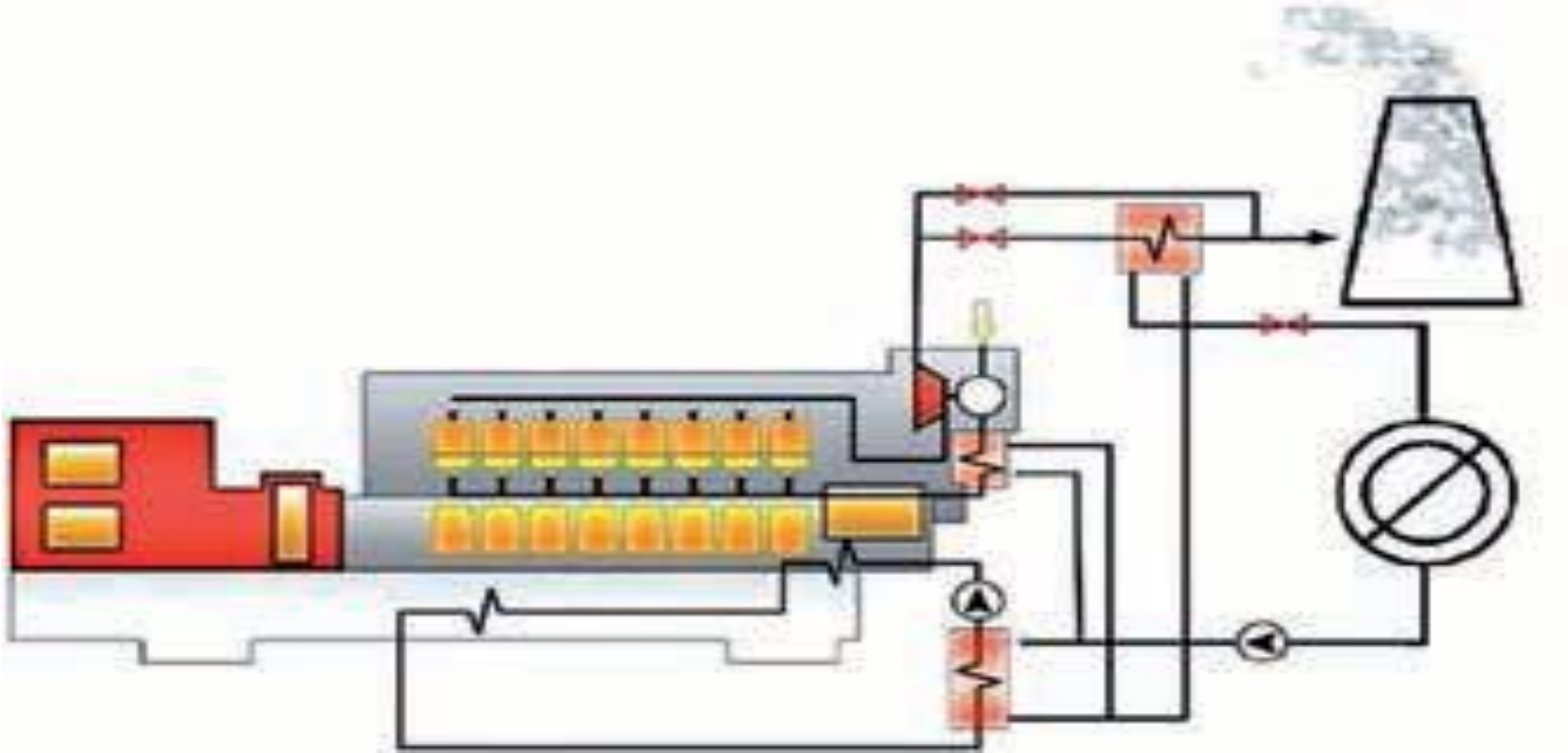
Odgazowanie pasywne polega na wykonaniu odwiertów (tzw. studni) w składowisku, przez całą jego głębokość i zainstalowaniu pochodni spalających gaz wydobywający się pod własnym ciśnieniem lub tylko kominów wentylacyjnych.

W odgazowaniu aktywnym studnie poboru gazu połączone są ze sobą kolektorami poziomym, a całość podłączona jest do odpowiednich urządzeń wytwarzających w układzie podciśnienie o stałej wartości. Metoda ta daje większą efektywność odgazowania i pozwala wykorzystać pozyskany gaz do celów energetycznych.

Schemat biogazowni na składowisku odpadów komunalnych



Układ kogeneracyjny z tłokowym silnikiem spalinowym zasilany biogazem



W wyniku trwania procesów mikrobiologicznych z upływem czasu zmniejsza się ilość substancji organicznych w odpadach i tym samym następuje spadek ilości pozyskiwanego metanu oraz opłacalności jego pozyskiwaniu i wykorzystania energetycznego. Okres eksploatacji składowiska odpadów komunalnych w kierunku pozyskania biogazu ocenia się na ok. 20 lat.

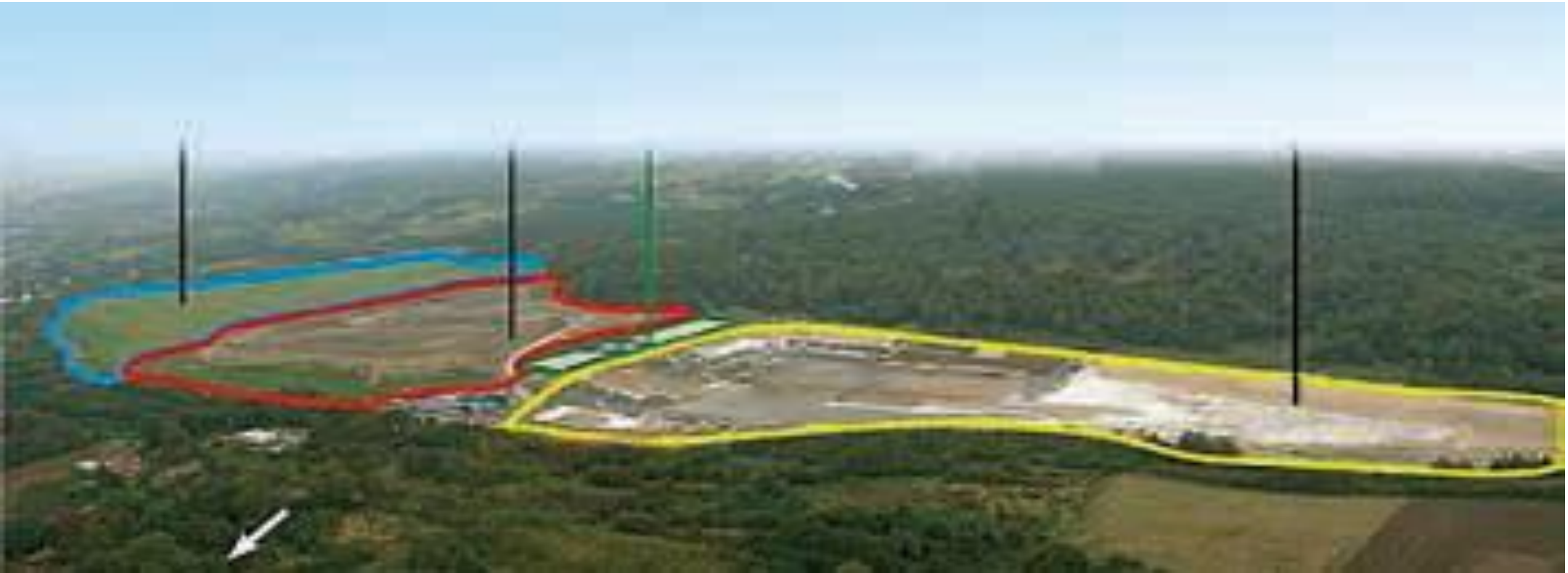
Istnieje możliwość odgazowania już istniejących składowisk, jak też instalacji systemów odgazowujących, na nowo tworzonych składowiskach odpadów.
W warunkach polskich, instalacja odgazowująca wysypisko i zasilająca agregaty prądotwórcze o mocy 400 kW kosztuje ok. 2 mln zł.

Elektrociepłownia biogazowa – wysypisko Barycz

Wysypisko istnieje od roku 1974. Położone jest na terenie pagórkowatym. Instytucją obsługującą składowisko jest Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania (MPO). Z wysypiska korzystają mieszkańcy Krakowa i Wieliczki.

Obecnie Barycz zajmuje 50 ha, jest wypełnione w 80%.

Plan wysypiska Barycz



Czerpnie gazu ze złoża na wysypisku Barycz

Biogaz, który powstaje w starej części wysypiska jest tzw. agrogazem. Składa się on z metalu (60%) i dwutlenku węgla (35%).
Na podstawie wyników kilkuletnich pomiarów w Baryczy stwierdzono, że zawartość metanu w biogazie kształtuje się na poziomie 45–70% (średnia wartość opałowa wynosi od 14,9 do 20,5 MJ/m3).

Biogaz zasysany jest przez ssawy (dmuchawy) zainstalowane w stacji dmuchaw, a następnie przesyłany do kontenerowych bloków energetycznych, gdzie przetwarza się go na energię elektryczną i cieplną. Energię cieplną wykorzystuje się do ogrzewania budynków, zaplecza technicznego i socjalnego obiektów składowiska, sortowni i kompostowni oraz wody użytkowej.

Wzbogacanie i oczyszczanie biogazu

- **W celu osiągnięcia wyższych parametrów energetycznych biogazu (CH_4) i zniwelowania szkodliwych oddziaływań na instalacje i środowisko (H_2S, CO_2), poddaje się go oczyszczaniu:**
- – usunięcie CO_2 – wypłukiwanie wodą CO_2 w m.in. płuczkach;
- – osuszeniu – usunięcie wody za pomocą: filtrów, cyklonów, separatorów;
- – usunięciu związków siarki (H_2S) – metodami: ze złożem stałym (np. ziemia darniowa), z roztworem alkaicznym, bakteryjnymi, chemicznymi (m.in. Biosulfex).

Odsiarczanie biogazu – technologia

- **Technologia Biosulflex**

Przeznaczona jest do oczyszczania biogazu w celu bezpiecznego wykorzystania do celów grzewczych lub do produkcji energii elektrycznej. Oczyszczanie biogazu polega na usunięciu z niego siarkowodoru H_2S. Zasiarczony biogaz powoduje korozję rurociągów, armatury i elementów kotła – co może prowadzić do stanów awaryjnych. Siarkowodór zawarty w gazie jest też toksyczny dla ludzi, nawet w niewielkich ilościach.

Koncentrat Biocat

Do odsiarczania używa się unikalnego w kraju i na świecie, koncentratu katalitycznego BIOCAT w formie proszku. Produktem ubocznym procesu odsiarczania, polegającym na konwersji siarkowodoru do siarki elementarnej, jest pulpa siarkowa, nietoksyczna i niereaktywna. Instalacja nie wytwarza żadnych ścieków, ani trujących oparów, wydmuchów itp.

Zalety stosowania technologii Biosulflex

- 1. Najnowocześniejsza na świecie technologia oczyszczania.
- 2. Instalacja zwarta-kompaktowa, w pełni rozbieralna, wykonana ze stali kwasoodpornej.
- 3. Instalacja i koncentrat do odsiarczania wytwarzane w kraju.

Przyjazna środowisku:

1. Technologia Biosulflex nie wytwarza żadnych ścieków.
2. Technologia Biosulflex nie emituje szkodliwych substancji do atmosfery.
3. W efekcie odsiarczania biogazu technologią Biosulflex, jako produkt uboczny, otrzymuje się niewielkie ilości czystej siarki, zamiast, jak w przypadku rudy darniowej, wielu ton odpadów.

Ekonomiczna, sprawdzona:

1. Koszty eksploatacji rzędu 0,01 zł/ m^3 gazu.
2. Pracujące instalacje oczyszczania biogazu w Mińsku Mazowieckim, Piasecznie i Puławach oraz podobne instalacje do oczyszczania gazów zrzutowych, między innymi dla British Petroleum.

Główne zalety wykorzystania biogazu

1. Czysta energia.
2. Porównywalna wartość kosztów produkcji energii elektrycznej i cieplnej w biogazowniach z tradycyjnymi nośnikami energii.
3. Dywersyfikacja dostaw energii.
4. Zmniejszenie emisji CO_2 do atmosfery, poprzez częściowe wyeliminowanie spalania węgla.
5. Zdecentralizowana produkcja energii.
6. Poprawa stanu higieniczno-sanitarnego na wsiach.
7. Zastąpienie nawozów sztucznych, naturalnym obornikiem.
8. Zwiększenie efektywności produkcji żywności ekologicznej.
9. Utworzenie nowych miejsc pracy, zwiększenie opłacalności produkcji rolnej.

Problemy wynikające z produkcji biogazu

1. Wysoki koszt instalacji.
2. Ścisłe reżimy technologiczne, które muszą być zachowane w procesie fermentacji.
3. Kontrowersje wokół uregulowań prawnych w zakresie uzyskania *„zielonych”, „żółtych”, „fioletowych”* certyfikatów (dofinansowanie *„czystej”* energii cieplnej).
4. Skomplikowane procedury formalno-prawne w zakresie pozwoleń na budowę biogazowni.

5. Brak kompleksowych rozwiązań prawnych w zakresie partnerstwa publicznoprawnego (gmina, mieszkańcy, przedsiębiorcy).
6. Niska edukacja społeczeństwa w zakresie wykorzystywania OŹE.
7. Niewystarczająca popularyzacja w mediach rozwiązań technicznych, formalnoprawnych, finansowych dotyczących biogazowni.
8. Protesty okolicznych mieszkańców, przyszłej biogazowni

Biopaliwa płynne

W roku 2014 wykorzystywanie biopaliw w transporcie w krajach UE, wyniosło 13,3 Mtoe (biodiesla – 11,16 Mtoe – 83,9%, bioetanolu – 2,6514 Mtoe – 16,1%), wzrost o 6% w stosunku do roku 2013. Zużycie wszystkich paliw w transporcie drogowym w Unii Europejskiej, wyniosło 385 Mtoe w 2014 r.

Udział biopaliw, wyniósł 3,9%, wobec 6,7%, zakładanych przez dyrektywę – 2003/30/EC w roku 2013 (19,8 Mtoe). Wzrost produkcji bioetanolu w latach 2013–2014, wyniósł 0,1%, biodiesla 7,4%. Cytowana dyrektywa określa wiele kryteriów dotyczących procesu produkcji, parametrów, rodzaju wsadu oraz biopaliw płynnych.

Bioetanol

Bioetanol, czyli odwodniony spirytus etylowy, produkowany jest z surowców rolniczych (zboża, ziemniaki, buraki cukrowe), należy do grupy tzw. paliw alkoholowych. Wartość energii 27 MJ/kg lub 21 MJ/l.

Produkcja etanolu z surowców skrobiowych:

- – wstępne przygotowanie surowca;
- – upłynnianie i hydroliza wielocukrów do cukrów, zdolnych do fermentacji;
- – fermentacja etanolowa wodnego roztworu cukru lub hydrolizatu;
- – odzysk etanolu z roztworu odfermentowanego.
- Technologia bioetanolu jest dwufazowa: w pierwszej fazie gorzelnia, wytwarza *„destylat – alkohol etylowy”* (C_2H_5OH), który w zakładzie odwadniającym, jest odwadniany do czystości spirytusu (99,8%).

Sposoby wykorzystania bioetanolu paliwowego.

- Bioetanol może być wykorzystany w przemyśle paliwowym w następującej formie:
- – domieszki do benzyn w ilości ok. 5% objętości, bez stosowania żadnych zmian konstrukcyjnych silnika;
- – komponentu do wytwarzania wysokooktanowego paliwa E-85;
- – substratu do produkcji eteru etylo-tert-butylowego (ETBE) lub eteru metylotert-butylowego (MTBE), wysokooktanowego do paliw silnikowych, który jest wytwarzany w reakcji etanolu, metanolu z izobutylenem;
- – samoistnego paliwa do silników o zapłonie iskrowym, po uprzednim dokonaniu odpowiednich zmian konstrukcyjnych silnika i układu zasilania;

– substratu do otrzymywania estrów etylowych z olejów roślinnych (biodiesel);

– komponentu do wytwarzania trójskładnikowych mieszanek nadających się do stosowania w silnikach o zapłonie samoczynnym.

Ok. 30% benzyn zawiera do 5% etanolu, zgodnie z PN-EN228. Rośnie również zapotrzebowanie na etery (MTBE, ETBE). Dodatek spirytusu do benzyny w ilości 5%, pozwala na obniżenie zawartości rakotwórczego ołowiu w benzynie o 50%. Benzyna zawierająca 5% bezwodnego spirytusu, sprzedawana była w Polsce przez szereg lat, pod nazwą etyliny E94E.

Proponuje się również mieszanki benzynowe o obniżonej akcyzie, zawierające do 2% eterów, a więc nie tylko benzyny zawierające poniżej 5% bioetanolu. Tworzy to nowy rynek zbytu na ziemniaki, ziarno zbóż i melasę, które w dużych ilościach dostarczane są do gorzelni.

W Warszawie i Krakowie testowane są autobusy firmy Scandia w komunikacji miejskiej, zasilane bioetanolem (E95). Bioetanol zakupiono po cenie ok. 2,2 zł/l.

Opinie producenta autobusów i użytkowników są pozytywne. Koncern Scania do końca 2011 r. sprzedał w Polsce ok. 300 autobusów na bioetanol. Firma Volvo oferuje w Polsce samochody osobowe, mogące jeździć na bioetanolu. Zgodnie z dyrektywą 2003/30/WE, zużycie bioetanolu w Polsce w roku 2015 wyniesie ok. 5,9%. Dla Polski oznacza to zużycie ok. 150 000 toe (ekwiwalent tony oleju napędowego, dla transportu drogowego).Wskaźniki te z pewnością zostaną zrealizowane.

- W ostatnich latach największą inwestycją była fabryka bioetanolu o zdolności produkcyjnej ok.180 mln litrów bioetanolu rocznie, firmy BRASCO sp. z o.o. Inwestycję tę zrealizował m.in. Spomasz Pleszew. We wrześniu 2009 r. firma Bioagra w Goświnowicach uruchomiła fabrykę bioetanolu z kukurydzy (przerób 350 tys. ton rocznie) o wydajności 160 mln litrów rocznie. Koszt inwestycji wyniósł ok. 350 mln zł.

Biodiesel

Pod względem chemicznym biodiesel to ester metylowy kwasów tłuszczowych. Powstaje on w wyniku reakcji chemicznej: olej roślinny (tłuszcz) + alkohol metylowy (w obecności katalizatora) = ester metylowy (RME) + gliceryna. Wartość energii 37 MJ/kg lub 33 MJ/l = 10 kWh/kg.

- W roku 2014 wyprodukowano w Polsce ok. 185 000 ton bioetanolu i ok. 650 000 ton estrów (MTBE). 15 wytwórców deklaruje łączną zdolność produkcyjną 650 mln litrów rocznie bioetanolu. Do produkcji tego paliwa wykorzystano w 80% zboże, 13% melasę, 2% ziemniaki.

- Zasadniczym surowcem wyjściowym do produkcji biodiesla w Polsce są nasiona rzepaku. Jeśli chodzi o jakość surowca, to obowiązuje zasada: im czystszy surowiec, tym łatwiejszy
- i tańszy proces oczyszczania estrów. Produkcja biodiesla jest procesem dwuetapowym, łączącym znane technologie mechaniczne stosowane w przemyśle olejarskim z technologiami stosowanymi w przemyśle chemicznym.

W Polsce stosuje się trzy podstawowe technologie olejarskie, uzależnione od skali uzysku produktu finalnego.

Duże olejarnie przemysłowe, stosują technologię polegającą na wstępnym tłoczeniu oleju, przy pomocy pras ślimakowych z ziarna uprzednio poddanego kondycjonowaniu w prażalni.

Technologia ta, pozwala na uzyskanie trzech produktów końcowych: oleju surowego, oleju poekstrakcyjnego oraz śruty poekstrakcyjnej. Śruta poekstrakcyjna ma zdecydowanie mniejszą przydatność paszową, ze względu na silnie denaturowane białko oraz zawiera resztki rozpuszczalnika

Olejarnie małe, o zdolnościach przerobowych około 50 ton na dobę, stosują proces jedno- lub dwustopniowego tłoczenia na gorąco, oleju z nasion rzepaku. Przed przystąpieniem do procesu właściwego tłoczenia, nasiona są odpowiednio rozdrabniane oraz kondycjonowane.

W efekcie otrzymuje się olej surowy, oraz wytłoki. Walory paszowe wytłoków są zdecydowanie większe, niż śruty poekstrakcyjnej (wyższa zawartość białka rozpuszczalnego, wyższa wartość energetyczna, brak resztek rozpuszczalnika).

Olejarnie bardzo małe, mające zdolności przerobowe 1÷15 ton na dobę, wykorzystują technologię końcowego tłoczenia na zimno, stosując proces jedno- lub dwustopniowy po uprzednim częściowym rozdrobnieniu nasion i podgrzaniu ich do temperatury nie wyższej niż 45°C.

Także w przypadku drugiego etapu produkcji biodiesla, skala produkcji znacząco determinuje stosowane technologie.
W zależności od skali produkcji wyróżniamy dwie technologie, otrzymania biodiesla:

technologia *„zimna”* (mała skala produkcji), w której proces otrzymywania biopaliwa prowadzony jest w temperaturze rzędu 20÷70°C, z użyciem katalizatorów alkalicznych.

Olej rzepakowy tłoczony na zimno, ma mniejszą zawartość organicznych związków fosforu, niż olej tłoczony na gorąco. Jednak wydajność oleju z pierwszego tłoczenia jest niska.

technologia *„gorąca”* (duża skala produkcji), która wymaga prowadzenia reakcji transestryfikacji w temperaturze 240°C i pod ciśnieniem 10 MPa. Taka technologia wymaga dostępu do źródła taniego ciepła, a także dużej ilości metanolu, który po jednym cyklu, może być ponownie kierowany do procesu.

Olej z dwustopniowego tłoczenia, jeśli zawiera dużo fosforu, powinien zostać odszlamowany, przed skierowaniem do procesu transestryfikacji.

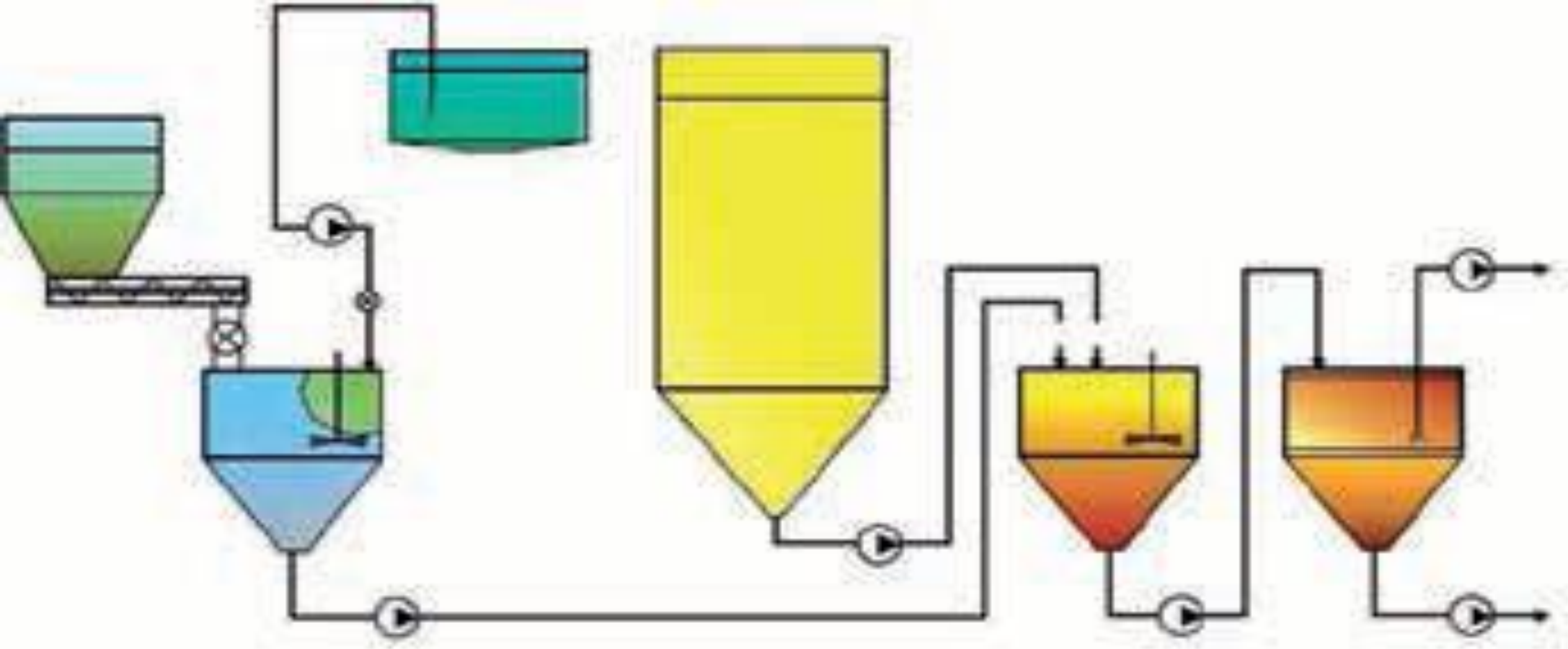
Opisane technologie warunkują rozwiązania organizacyjne procesu produkcyjnego. Proces uzyskiwania biopaliwa w technologii *„na zimno”*, może być realizowany w małych zakładach przetwórczych, produkujących do 500 ton biopaliwa rocznie.

Technologia *„gorąca”* może być realizowana w większych, w tym w istniejących zakładach chemicznych (tłuszczowych). Za tym rozwiązaniem przemawia prawdopodobieństwo uzyskania niższego kosztu jednostkowego przerobu oleju rzepakowego na biopaliwo.

Dokładne przedstawienie procesu produkcji biodiesla w małej instalacji domowej wraz z analizą finansową w/w przedsięwzięcia zaczerpnięto z opracowania wykonanego przez Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu (zmieniając cenę komponentów).

Produkcja paliwa zwanego biodieslem oparta jest na oleju rzepakowym estryfikowanym alkoholem. Paliwo to zastępuje olej napędowy, albo go uszlachetnia, przez dodanie ok. 5% estrów oleju rzepakowego do konwencjonalnego oleju napędowego. Z jednej tony ziarna rzepakowego uzyskuje się ok. 350 kg surowego oleju oraz 650 kg wytłoków paszowych.

Schemat instalacji do produkcji biodiesla



Z uzyskanych 350 kg oleju, po dodaniu 55 litrów alkoholu metylowego i 10 kg wodorotlenku potasu (KOH), uzyskuje się ok. 340 kg paliwa, zwanego biodieslem (RME). Bilans energii dla biodiesla w uproszczonej formie można przedstawić następująco:

z jednej kWh energii potrzebnej do wyprodukowania rzepaku i przetworzenia go w biodiesel, otrzymamy 3 kWh energii przetworzonej (elektrycznej, cieplnej, mechanicznej).

Od kilkunastu lat w kilku ośrodkach naukowych, firmach w kraju, między innymi w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu (PIMR) prowadzone są prace nad zastosowaniem paliwa ekologicznego z rzepaku do silników ciągników rolniczych. Wyniki badań można streścić w następujący sposób. Wysokoprężne silniki ciągnikowe (Diesla), zasilane paliwem rzepakowym, nie wymagają jakichkolwiek przeróbek konstrukcyjnych.

Paliwo rzepakowe, stanowi doskonały zamiennik oleju napędowego. Badania przeprowadzone w PIMR dla silników ciągników rolniczych, potwierdzają, że moc

i moment obrotowy silnika praktycznie nie ulegają zmianie. Korzystne właściwości paliwa rzepakowego, w porównaniu z olejem napędowym to przede wszystkim obniżenie emisji siarki i dwutlenku węgla oraz spadek zadymienia spalin.

Paliwo to bardzo dobrze rozpuszcza się w oleju napędowym i może być z nim mieszane w dowolnych proporcjach. PIMR wykonał i przebadał mini wytwórnię do produkcji paliwa ciągnikowego z oleju rzepakowego. Mini wytwórnia jest przeznaczona do wytwarzania paliwa rzepakowego (biodiesla)

w zakładach o charakterze usługowo-przetwórczym tzw. *„agrorafineriach”*. Urządzenia te adresowane są do wiejskich, indywidualnych producentów tego paliwa.

Zaleca się, by instalacje te były lokalizowane

w pobliżu lokalnych, rzemieślniczych tłoczni oleju rzepakowego, wytwarzających podstawowy surowiec do produkcji paliwa, tj. surowy olej rzepakowy.

Porównanie parametrów technicznych

Wyszczególnienie	Olej napędowy	Biodiesel (diester)
Gęstość g/cm^3	0,92	0,88
Liczba cetanowa	48–50	54–56
Temp. zapłonu	60°C	168°C
Temp. blokady zimnego filtra	0 do –12°C	ok. –10°C
Lepkość przy 20°C	3,8	7,4
Wartość opałowa MJ/kg	42–45	37–39

Proces otrzymywania paliwa oparty jest na bezpiecznej, niskotemperaturowej i niskociśnieniowej technologii. Paliwo, produkty uboczne oraz technologia omawianej metody, nie zagrażają środowisku. W trakcie wyciskania oleju z nasion i estryfikacji metanolowej, wskazane jest, aby produkty uboczne, tj. makuchy

i gliceryna, były wykorzystane bezpośrednio na terenie gospodarstwa rolnego.

Wpłynie to korzystnie na ekonomikę całego przedsięwzięcia. Makuchy mogą stanowić treściwy dodatek do pasz, natomiast glicerynę, można wykorzystać, po rozwodnieniu, do wzbogacenia nawozów naturalnych (obornika, gnojowicy).

Biodiesel jest bardziej ekologiczny w stosunku do ON (zawartość siarki tylko 18 mg/kg), jest odnawialny

i nietoksyczny. Przypadkowo rozlany na glebę, ulega biodegradacji w ciągu 21 dni. W opracowanym przez PIMR urządzeniu, proces estryfikacji paliwa rzepakowego trwa ok. 30 minut, natomiast proces sedymentacji grawitacyjnej jest procesem długotrwałym wynoszącym ok. 16 godzin.

Praktyczna wydajność wynosi jeden zbiornik na dobę (400 l). Dla celów przeróbki oleju rzepakowego na paliwo ciągnikowe w warunkach wiejskich, optymalne pod względem ekonomicznym, są rafinerie

o pojemnościach 160÷400 litrów.

Prof. dr hab. inż. Józef Szlachta z Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej we Wrocławiu, dokonał analizy opłacalności produkcji biopaliwa

w agrorafinerii *„Jawrol”* w Sokolej. Wyniki badań, dotyczące rachunku ekonomicznego, przy produkcji biopaliwa rzepakowego, dla różnych wariantów produkcji, są zbieżne z przedstawionymi powyżej:

opłacalność produkcji biopaliwa w Polsce, zależy od poziomu cen nasion rzepaku, który stanowi ok. 63÷65% kosztów ogółem oraz od cen zbytu produktów ubocznych, jak makuchy, gliceryna;

produkcja biopaliw w agrorafineriach

z przeznaczeniem na cele własne może być przedsięwzięciem opłacalnym, pod warunkiem zwolnienia jej dodatkowych obciążeń fiskalnych, dofinansowania jej z funduszy UE i niższej rzepaku.

mała instalacja biopaliwa

Istnieje konieczność, aby przy wykonywaniu bilansu brać również pod uwagę: zapisy zawarte w aktach prawnych, dotyczących promocji biopaliw (preferencje: w podatku, akcyzie, kredytach, dofinansowaniu), aktualną cenę: urządzeń, rzepaku, komponentów, itd. Jednak 2 tys. zł za tonę rzepaku jest ceną zaporową.

Doświadczenia własne oraz naszych zachodnich sąsiadów pokazują, że dzięki produkcji biopaliwa, poprawił się bilans energetyczny i handlowy państwa, a także zwiększyło się zatrudnienie oraz spadły ceny używanej na pasze śruty. Produkcja taka jest o tyle cenna, że jest bezodpadowa. Makuchy rzepakowe można np. wykorzystywać na pasze.

Słoma rzepakowa świetnie nadaje się na kompost lub jako składnik peletów. Powstająca przy produkcji gliceryna ma czystość 95%, a więc może być wykorzystywana w przemyśle kosmetycznym.

Również roślinne przemysłu spożywczego można używać produkcji biopaliw. Dzięki biododatkom

w paliwach, chronimy też środowisko, bo zmniejsza się emisja szkodliwych gazów do atmosfery.

Największe koncerny na świecie zajmujące się produkcją maszyn rolniczych i silników wysokoprężnych wyraziły opinię, że nie widzą przeciwwskazań do stosowania w ich produktach, biopaliwa z rzepaku. W procesie spalania biopaliwo, nie emituje związków siarki i poprawia właściwości smarne. Inwestycja w biopaliwa długofalowo może przynosić zyski zarówno rolnikom, gminom jak i środowisku.

Niestety biopaliwa nie przynoszą zadawalających zysków firmom petrochemicznym, które muszą go dodawać do oleju napędowego.

Powierzchnia plantacji rzepaku w roku 2015 wyniosła ok. 860 tys. hektarów i zebrano ok. 2,0–2,2 mln ton ziarna. **N**a cele energetyczne przeznaczy się ok. 1,9 mln ton ziarna.

Średnia cena rzepaku energetycznego w roku 2015 wyniosła ok. 2000 zł/t.

Według doradców z Małopolskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Karniowicach problemem, z którym borykają się rolnicy, zamierzający uruchomić instalacje do produkcji biodiesla, jest duża ilość wymogów formalno-prawnych.

W roku 2014 produkcja estrów rzepakowych w naszym kraju wyniosła ok. 630 tys. ton.

W Polsce z rzepaku od roku 2013, duże firmy, rocznie produkują ok. 620 tysięcy ton biopaliwa B100 – czyste estry (zamiennik dla tradycyjnego oleju napędowego), B10, B20 (10%, 20% udziału biodiesla i odpowiednio 90%, 80% oleju napędowego w paliwie).

Widok hali produkcyjnej biodiesla

W dniu 25 sierpnia 2006 roku Sejm RP przyjął ustawę o biokomponentach i biopaliwach ciekłych, a Rząd wydał stosowne rozporządzenia (m.in. dotyczące zerowej stawki akcyzy na biodiesel). Działania te spowodowały, że od roku 2007 uruchomiono kilka przemysłowych instalacji produkujących biodiesel (np. Trzebinia, Ester Oils, Lotos Biopaliwa).

Spodziewany jest dalszy rozwój tej gałęzi przemysłu.

Biopaliwa w Unii Europejskiej stosowane są z dużym powodzeniem od wielu lat. Obok Niemiec i Włoch, największym potentatem w ich produkcji jest Francja, która ma cztery duże fabryki przetwarzające rzepak na biopaliwo. Szacuje się, że Francuzi rocznie produkują ok. 700 tys. ton RME, dodatku do oleju napędowego

Niektóre właściwości olejów roślinnych odbiegają jednak wartościami od właściwości naftowych olejów napędowych.

Niektóre z nich, różnią się na tyle poważnie, że uniemożliwiają stosowanie olejów roślinnych do standardowych silników o zapłonie samoczynnym Diesla, zwłaszcza w niskich temperaturach

Lepkość oleju roślinnego badana w temperaturze 20°C jest ok. 15–20 razy większa, od lepkości oleju napędowego. Gęstość oleju roślinnego jest o ok. 10% większa, od gęstości oleju napędowego. Duża lepkość i napięcie powierzchniowe, są przyczyną gorszego rozpylania paliwa (olej rzepakowy ma większą do 4 razy średnicę kropel w porównaniu do oleju napędowego).

Duże krople powodują, że rośnie zasięg rozpylonej strugi, więc część kropel, może nie ulegać spaleniu, osadzać się na ściankach cylindra i przenikać do oleju smarnego. W temperaturze poniżej –10°C stosowanie oleju rzepakowego, jako paliwa jest niemożliwe, gdyż jego konsystencja staje się podobna do margaryny.

W przeciwieństwie do oleju napędowego, gdzie na filtrze paliwa krystalizują węglowodory parafinowe, w oleju rzepakowym w niskich temperaturach wydzielają się kryształy, estrów nasyconych kwasów tłuszczowych. Oleje roślinne zawierają więcej wody niż oleje naftowe, krystalizująca woda, przyspiesza zablokowanie filtru paliwa. Oleje roślinne, znacznie różnią się lotnością, od oleju napędowego.

Blisko 80% objętości oleju rzepakowego, destyluje powyżej 250°C, przy różnicy temperatur wynoszącej 30–50°C, podczas gdy olej napędowy, destyluje

z różnicą temperatur 150–180°C. Zawartość fosforu

w oleju roślinnym, zależy głównie od zastosowanej technologii pozyskiwania oleju z nasion oraz jego oczyszczania. Jego obecność (fosforu), może mieć wpływ na procesy wytwarzania osadów w komorze spalania.

Wysoka średnia temperatura wrzenia, oleju rzepakowego, wpływa na przebieg procesu odparowania i spalania w silniku.

Użytkownicy samochodów z silnikami diesla, zwracają również uwagę na niekorzystne oddziaływanie tego paliwa na gumowe węże, przewody paliwowe.

Zanieczyszczenia z baku są wypłukiwane przez biodiesel i osadzają się w filtrach paliwowych. Biodiesel blokuje również zimny filtr paliwa,

w temperaturze wyższej niż dzieje się to,

w przypadku oleju napędowego.

Dziękuję za uwagę

Ryszard Tytko