



BIOMASA

dr inż. Kinga Turoń

Biomasa

Biomasa to ulegająca biodegradacji frakcja produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej (w tym substancje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego), leśnej i powiązanych gałęzi przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, a także biogazy i ulegająca biodegradacji frakcja odpadów przemysłowych i komunalnych.

Biopaliwo

Biopaliwem nazywamy paliwo uzyskane z przetwórstwa biomasy (produktów organizmów żywych roślinnych, zwierzęcych, jak też mikroorganizmów). Biopaliwa możemy ogólnie podzielić na:

- **stałe** (np. drewno, zrębki drzewne, słoma, brykiety, pellety, ziarno zbóż, itp.)
- **płynne** - zwane inaczej biobenzynami powstałe w wyniku procesów:
 - fermentacji alkoholowej węglowodanów (głównie cukrów i skrobi zawartych w roślinach energetycznych jak: ziemniaki, buraki cukrowe) których produktem jest etanol
 - fermentacji butylowej biomasy (np. słomy) w wyniku której powstaje butanol
 - estryfikacji olei roślinnych np. rzepakowego, w wyniku czego powstaje biodiesel
- **gazowe** - powstałe w wyniku fermentacji beztlenowej (anaerobowej) odpadów ciekłych i stałych produkcji roślinno-zwierzęcej np. gnojowicy, obornika w wyniku której powstaje tzw. biogaz, czy też procesów suchej destylacji drewna (zgazowania drewna) w wyniku której powstaje tzw. gaz drzewny (generatorowy).

Biomasa w formie stałej

Najczęściej występująca i wykorzystywana forma biomasy do produkcji ciepła i energii elektrycznej w procesach bezpośredniego spalania, zgazowania i pirolizy. Pozyskuje się ją przede wszystkim z drzew oraz roślin energetycznych, które po zbiorach używane są w formie surowej biomasy lub poddawane są określonej obróbce. Drewno z drzew może być użyte jako drewno opałowe albo trafić do obróbki przemysłowej, np. do fabryk papieru czy mebli. Odpady, z nich mogą być użyte dalej jako biomasa wykorzystywana do produkcji energii.

Do najpopularniejszych form obróbki pozostałości przemysłowych należą:

- **brykiet**, który może być wytwarzany z każdego rodzaju fitomasy, najczęściej jednak wykorzystuje się do tego słomę i rozdrobnione odpady drzewne, takie jak: trociny, wióry i zrębki drzewne;
- **pellet** drzewny jest dużo drobniejszy niż brykiet, ale właściwości grzewcze oba te produkty mają zbliżone (ich wartość kaloryczna jest podobna). Pellet powstaje ze sprasowania trocin i wiórów, które powstają podczas prac tartacznych oraz innych działań związanych z obrabianiem produktów drzewnych.

Biomasa w formie ciekłej

Najważniejszym rodzajem biomasy w formie ciekłej są płynne biopaliwa wykorzystywane głównie w transporcie.

Zalicza się do nich: oleje roślinne i bioolej produkowany przy użyciu procesu szybkiej pirolizy, biodiesel oraz alkohole.

Odgrywającą obecnie największą rolę, formą ciekłej biomasy są alkohole produkowane z roślin o dużej zawartości cukrów oraz paliwo produkowane z roślin oleistych czyli biodiesel.

Do produkcji biodiesla najlepiej sprawdzają się z rośliny oleiste (rzepak, słonecznik).

Biopaliwo ciekłe powstaje w wyniku reakcji hydrolizy tłuszczu i estryfikacji kwasów tłuszczowych alkoholem, której substratami są oleje roślinne, metanol i soda kaustyczna (pełniącą rolę katalizatora).

Bioetanol jest natomiast wytwarzany głównie, w wyniku fermentacji alkoholowej, z cukru pochodzącego najczęściej z trzciny cukrowej i buraków cukrowych.

Europejska klasyfikacja biopaliw ze względu na stan skupienia. Biopaliwa ciekłe:

- **bioetanol** otrzymywany z biomasy i/lub z biodegradowalnych frakcji odpadowych, możliwy do zastosowania jako biopaliwo E%, zawierające 5% etanolu i 95% benzyny silnikowej oraz jako E85, zawierające 85% etanolu i 15% benzyny,
- **biodiesel** zawierający estry metylowe (PME, RME, FAME) otrzymane z olejów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego lub odpadowych (np. posmażalniczych) tłuszczów i olejów, spełniające wymagania odpowiednich norm na oleje napędowe B5, zawierający 5% estrów i 95% naftowego oleju napędowego, B30, odpowiednio 30% i 70% oraz B100, stanowiący czyste estry o właściwościach zgodnych z odpowiednią normą,
- **biometanol** jako paliwo lub komponent paliwowy otrzymywany z biomasy,
- **bio-ETBE**, eter etylo tert-butyłowy otrzymywany z bioetanolu jako dodatek przeciwstukowy do benzyn podwyższający ich liczbę oktanową, stosowany w ilości 47%,
- **bio-MTBE**, eter metylo tert-butyłowy otrzymywany z biometanolu o tym samym przeznaczeniu jak Bio-ETBE, stosowany w ilości 36%,
- **BtL**, jako ciekłe frakcje i ich mieszaniny otrzymywane z biomasy, mogące stanowić biopaliwa lub komponenty paliwowe,
- **czyste oleje roślinne**, otrzymywane z procesów tłoczenia, ekstrakcji i podobnych procesów, łącznie z rafinacją, z wyłączeniem modyfikacji ich składu metodami chemicznymi, mogące stanowić biopaliwa spełniające wymogi ochrony środowiska, do odpowiednich typów silników.

Biomasa w formie gazowej

Biogaz, który najczęściej służy do bezpośredniej produkcji energii elektrycznej i ciepła (bywa także wykorzystywany jako paliwo w transporcie) jest produktem fermentacji beztlenowej odpadów pochodzenia organicznego.

Biomasa, która nie nadaje się do brykietowania i jest właściwie odpadem (np. ścieki cukrownicze, odpady komunalne, odchody zwierzęce, gnojowica, odpady przemysłu rolno-spożywczego) poddaje się fermentacji.

Uzyskany w ten sposób biogaz, który składa się głównie z dwutlenku węgla i metanu, poddaje się procesowi spalania i w ten sposób uzyskuje się energię możliwą do wykorzystania do ogrzewania czy zasilania generatorów prądu.

Europejska klasyfikacja biopaliw ze względu na stan skupienia. Biopaliwa gazowe:

- **bio-DME**, eter dimetylowy otrzymywany z biomasy do bezpośredniego stosowania jako biopaliwo do silników o zapłonie samoczynnym,
- **biogaz** jako biopaliwo otrzymywane z biomasy i/lub biodegradowalnych frakcji odpadowych, odpowiednio oczyszczony, aby odpowiadał jakością gazowi naturalnemu,
- **biowodór** jako biopaliwo otrzymywane z biomasy lub biodegradowalnych frakcji odpadowych.

Inne paliwa z odnawialnych źródeł energii (powyżej niewymienione)

– biopaliwa otrzymywane ze źródeł definiowanych dyrektywą 2001/77/EC, które mogą być zastosowane do napędu w środkach transportu.

Klasyfikacja biomasy

W zależności od stopnia przetworzenia biomasy wyróżnia się:

surowce energetyczne pierwotne (drewno, słoma, rośliny energetyczne uprawiane głównie dla uzyskania biomasy);

surowce energetyczne wtórne (odpady organiczne, osady ściekowe gnojowica, obornik);

surowce energetyczne przetworzone (biogaz, bioetanol, biometanol, estry olejów roślinnych – biodiesel, biooleje, biobenzyna i inne pochodne, np. biowodór).

Klasyfikacja biomasy

Ze względu na kierunek pochodzenia wyróżnia się:

- **biomasę pochodzenia leśnego**, może ona pochodzić bezpośrednio z lasów, czy innych terenów zielonych (drewno, chrust, igliwie, kora, ścinki), czy z zakładów przemysłu drzewnego, a więc zakładów meblarskich, czy tartaków (są to następujące odpady: drewno kawałkowe, wióry, trociny, czy klocki);
- **biomasę pochodzenia rolnego**, wówczas rośliny wykorzystuje się w celach energetycznych zarówno poprzez ich spalenie w całości, bądź w formie wyprodukowanego z nich bryketu, zrębek lub pelletu (wykorzystuje się do tego słomę, siano, odcięte gałęzie drzew owocowych, trociny, korę). Biomasa (w postaci liści, korzeni buraków, zielonki z kukurydzy, trawy, kiszonki żyta) wykorzystywana jest również w biogazowniach podczas procesu fermentacji metanowej do produkcji biogazu;
- **odpady organiczne**, które powstają podczas hodowli zwierząt, produkcji i przetwarzania żywności w przemyśle spożywczym. Zazwyczaj wykorzystuje się je jako substraty do produkcji biogazu.

Generacje biopaliw

Biopaliwa możemy też dzielić w zależności od metody ich wytwarzania na biopaliwa:

- I generacji - zwane są konwencjonalnymi, do ich produkcji stosuje się rośliny jadalne takie jak buraki cukrowe, kukurydza, trzcina cukrowa, ziemniaki (skrobia), czy oleje roślinne z których produkowany jest bioetanol (fermentacja alkoholowa) lub biodiesel (estryfikacja olejów roślinnych).
- II generacji - to biopaliwa pozyskiwane z roślin niejadalnych lub z odpadków roślinnych, nie mają więc wpływu na produkcję żywności. Rośliny energetyczne mogą być uprawiane na glebach o niskiej klasie bonitacyjnej (np. gleby nawodnione, nieużytki).
- III generacji - zaliczamy do niej biopaliwa uzyskane z glonów i alg.

Biopaliwa I generacji

Generalnie zaliczamy do nich:

- etanol jako odwodniony, konwencjonalny etanol gorzelniany, otrzymywany z procesów hydrolizy i fermentacji z takich surowców jak: zboża, buraki cukrowe itp.,
- biometanol jako produkt suchej destylacji drewna
- czyste oleje roślinne (PVO-pure vegetable oils), otrzymywane z procesów tłoczenia na zimno i ekstrakcji ziaren spożywczych roślin oleistych,
- biodiesel stanowiący estry metylowe oleju rzepakowego (RME) lub estry metylowe (FAME) i etylowe (FAEE) wyższych kwasów tłuszczowych innych spożywczych roślin oleistych, otrzymywane w wyniku procesów tłoczenia na zimno, ekstrakcji i transestryfikacji,
- biogaz, stanowiący oczyszczony biogaz z zawilgoconego biogazu składowiskowego bądź rolniczego (aktualnie biogaz oczyszczony do czystości gazu ziemnego, otrzymywany z wszelkich substancji odpadowych różnego pochodzenia klasyfikowany jest jako biopaliwo II generacji),
- bio-ETBE, otrzymywany z przeróbki chemicznej etanolu gorzelnianego.

Biopaliwa II generacji

Do paliw II generacji zalicza się:

- bioetanol otrzymywany w wyniku zaawansowanych procesów hydrolizy i fermentacji lignocelulozy pochodzącej z biomasy (z wyłączeniem surowców o przeznaczeniu spożywczym),
- syntetyczne biopaliwa stanowiące produkty przetwarzania biomasy poprzez zgazowanie i odpowiednią syntezę na ciekłe komponenty paliwowe (BtL),
- bioDMF (dimetylofuran) jako perspektywiczne paliwo do silników o ZI otrzymywane z procesów katalitycznego przetwarzania cukrów (np. celulozy, skrobi),
- paliwa do silników o zapłonie samoczynnym pochodzące z przetwarzania lignocelulozy z biomasy w procesach Fischer-Tropscha,
- biodiesel syntetyczny z kompozycji produktów lignocelulozowych,
- pochodne metanolu i etanolu oraz mieszaniny wyższych alkoholi,
- dimetyloeter (bio-DME) otrzymywany pośrednio lub bezpośrednio z biomasy jako paliwo gazowe do silników o zapłonie samoczynnym,
- biodiesel, jako biopaliwo lub komponent paliwowy do silników o ZS, otrzymywany w wyniku rafinacji wodorem (hydrogenizacji) odpadowych olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych,
- biogaz jako syntetycznie otrzymywany gaz o właściwościach gazu ziemnego (SNG), pozyskiwany w wyniku procesów zgazowania lignocelulozy i odpowiedniej syntezy (także z procesów WtG – „wastes to gas”).

Biopaliwa III generacji

Algi charakteryzują się bardzo szybkim wzrostem, pozwalają na bardzo efektywne wykorzystanie terenu - z jednostki powierzchni można uzyskać 30 x więcej energii niż z biopaliw 1 czy 2 generacji. Nie muszą to być wcale tereny uprawne, do ich uprawy doskonale nadają się nieużytki, a jeszcze lepiej pustynie, zapewniające algom nieskrępowany dostęp energii słonecznej.

Do wzrostu algi potrzebują dwutlenku węgla, a pochłaniając go uwalniają tlen (ewentualnie, w środowisku bezsiarkowym - wodór). Doskonałym źródłem dwutlenku węgla może być np. działająca elektrownia konwencjonalna - po spaleniu paliwa dwutlenek węgla trafia do zbiornika z algami, gdzie służy im do wzrostu. Mogą rosnąć na zanieczyszczonej wodzie, w tym ściekach, które przy okazji oczyszczają.

Wykorzystanie energetyczne biomasy

Od pewnego już czasu biomasę wykorzystuje się jako atrakcyjną alternatywę dla węgla, głównie z uwagi na mniejszą ilość wytwarzanych zanieczyszczeń. Charakteryzuje się ona bowiem nie tylko zerowym bilansem emisji CO₂, ale i niższą niż w przypadku spalania paliw kopalnych emisją dwutlenku siarki, tlenku węgla, czy tlenków azotu.

Co ważne, biomasa może być wykorzystywana energetycznie na trzy zasadnicze sposoby:

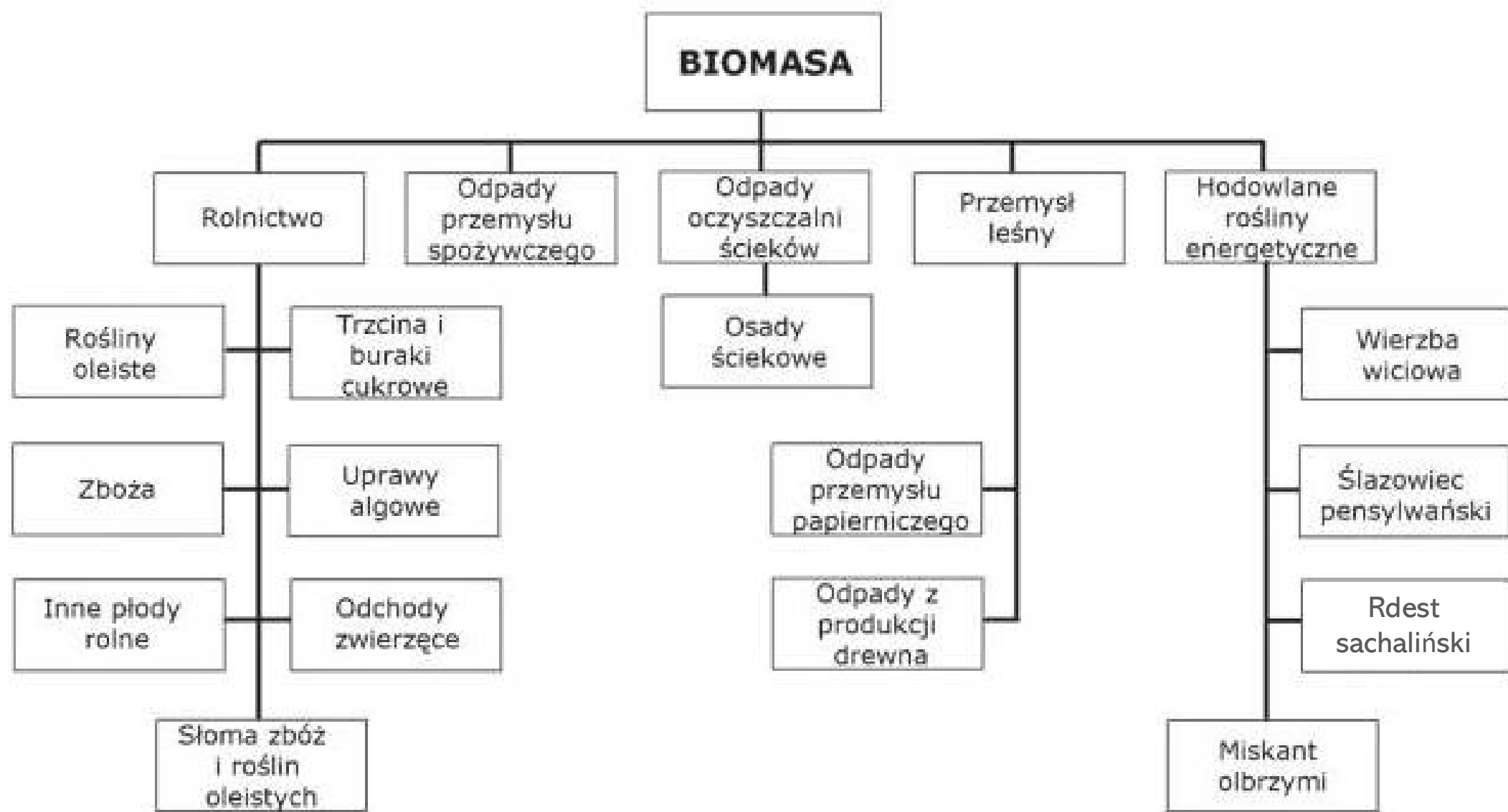
- pierwszy to spalanie bezpośrednie w kotłach (drewno, słoma, pellet, zrębki);
- drugi to współspalanie z konwencjonalnymi nośnikami energii (węgiel, olej opałowy, gaz);
- trzeci to spalanie produktów powstałych z przetwarzania biomasy – fermentacji czy estryfikacji (biogaz, biodiesel, metanol, etanol).

Źródła biomasy

Do celów energetycznych wykorzystuje się najczęściej:

- drewno o niskiej jakości technologicznej oraz odpadowe;
- słomę, makuchy i inne odpady produkcji rolniczej;
- odchody zwierząt;
- osady ściekowe;
- wodorosty uprawiane specjalnie w celach energetycznych;
- odpady organiczne, np. wysłodki buraczane, łodygi kukurydzy, trawy, lucerny;
- oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce.

Źródła biomasy



Główne źródła w Polsce

W polskich warunkach do głównych źródeł pozyskiwania biomasy należy:

- **leśnictwo** (drewno kawałkowe, drewno odpadowe w postaci drzew, gałęzi z przycinek, odpady w postaci kory, trocin, karpina);
- **rolnictwo i drewno z plantacji energetycznych** (wierzba, miskanty, topola, ślazier pensylwański), rośliny z upraw polowych (zboża, buraki, kukurydza), czy produkty uboczne (słoma, łupiny nasion łodygi kukurydzy) i odpady (obornik z hodowli trzody chlewnej i bydła);
- **biologiczno-wodna roślinność** (glony, osady z biologicznego oczyszczania ścieków);
- **przemysł** (wytłoki z przetwórci owoców, chłodni, wytwórci soków, drożdże odpadowe z gorzelni, młóto z browarów, czy odpady z rzeźni);
- **gospodarka komunalna** (surowe osady ściekowe z oczyszczalni ścieków, frakcja odpadów komunalnych, odpady kuchenne, papier, tektura, czy odpady zielone).

ZASOBY BIOMASY



Zasoby biomasy

W Polsce z 1 ha użytków rolnych zbiera się rocznie około 10 ton biomasy, co stanowi równowartość około 5 ton węgla kamiennego.

Biorąc pod uwagę powierzchnię użytków rolnych i pozyskanie biomasy z lasów państwowych całkowita produkcja biomasy w Polsce stanowi równowartość 150 mln ton węgla kamiennego.

Wartość ta jest niestety różnie szacowana w poszczególnych opracowaniach, dlatego nie może stanowić podstawy do wyliczeń.

Wykorzystanie biomasy

Biomasa jest źródłem energii, które jest wykorzystywane od początku istnienia ludzkości.

Światowe zasoby biomasy ocenia się na $44 \cdot 10^{10}$ EJ, z czego wykorzystuje się jedynie 1/6 tej wartości.

Udział energii pozyskiwanej z biomasy to obecnie ok. 15% światowego zużycia, jednak wskaźnik ten jest większy w przypadku krajów rozwijających się (wynosi tam ok. 38% ogólnej produkcji energii).

Co ważne, także w skali europejskiej biomasa nie tylko odgrywa istotną rolę jako odnawialne źródło energii, ale i posiada największy potencjał rozwojowy w średnim i długim horyzoncie czasowym.

Wykorzystanie biomasy

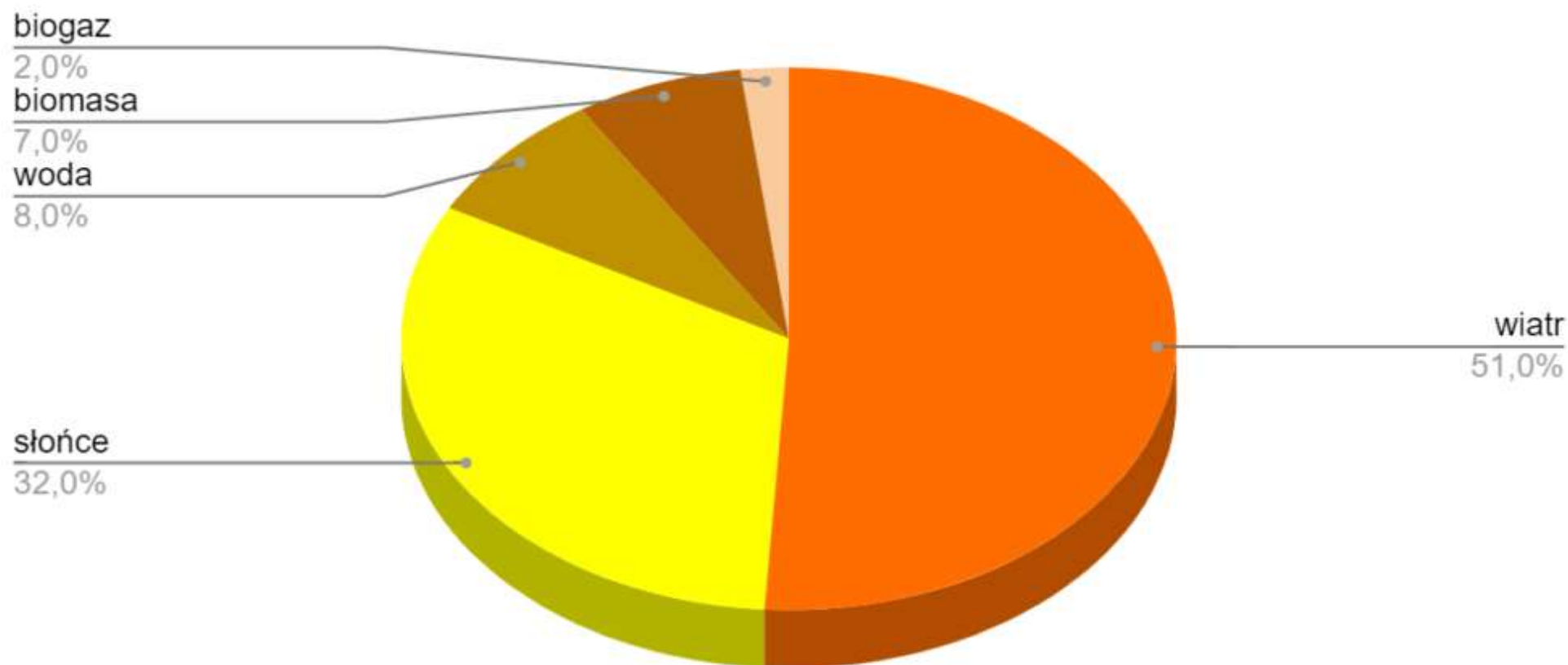
W Polsce natomiast pomimo tego, że z roku na rok, łączna moc zainstalowana odnawialnych źródeł energii jest coraz większa (na koniec grudnia 2020 roku wyniosła 12,5 GW), to i tak elektrownie na biomasę i elektrownie na biogaz zajmują dopiero czwartą i piątą pozycję zaraz za elektrowniami wiatrowymi (6.401,9 MW) fotowoltaiką (3.960 MW) i elektrowniami wodnymi (974,1 MW).

W przypadku elektrowni na biomasę moc zainstalowana to 906,7 MW, natomiast w przypadku elektrowni na biogaz moc zainstalowana to 247,7 MW.

Tak więc, udział biomasy w strukturze mocy OZE wynosił w 2020 roku jedynie 7%, natomiast biogazu 2%:

Wykorzystanie biomasy

Struktura mocy OZE w grudniu 2020 roku (w %) na podstawie danych ARE



Struktura mocy OZE w grudniu 2020 na podstawie danych Agencji Rynku Energii (opracowanie enerad.pl)



UPRAWY ENERGETYCZNE

Lokalizacja plantacji

W Polsce plantacje wieloletnich roślin energetycznych nie powinno się zakładać na glebach bardzo dobrych, ponieważ stanowią one zaledwie 54% ogółu gruntów ornych i powinny być przeznaczone wyłącznie do produkcji żywności i pasz.

Ponadto nie należy lokalizować ich:

1. w rejonach o rocznej sumie opadów poniżej 550 mm (część Wielkopolski, Kujaw, Mazowsza i Pomorza). Wieloletnie rośliny uprawiane na cele energetyczne zużywają od 500 do 700 mm wody w okresie wegetacji, dlatego większe powierzchnie uprawy mogą powodować zachwianie gospodarki wodnej, co spowoduje spadki plonów, szczególnie drastyczne w latach o niedoborze opadów.

Lokalizacja plantacji

2. na obszarach chronionych.
3. na obszarach górskich położonych powyżej 350 m n.p.m.
4. na polach o nachyleniu większym niż 12°.
5. na polach zmeliorowanych (uprawa wierzby i topoli).
6. na niewykorzystywanych trwałych użytkach zielonych (TUZ) o dużej bioróżnorodności, natomiast na pozostałych użytkach zielonych plantacje można zakładać wyłącznie w systemie bezorkowym „EKO-Salix”.

Lokalizacja plantacji

Plantacje mogą być lokalizowane na glebach kompleksów:

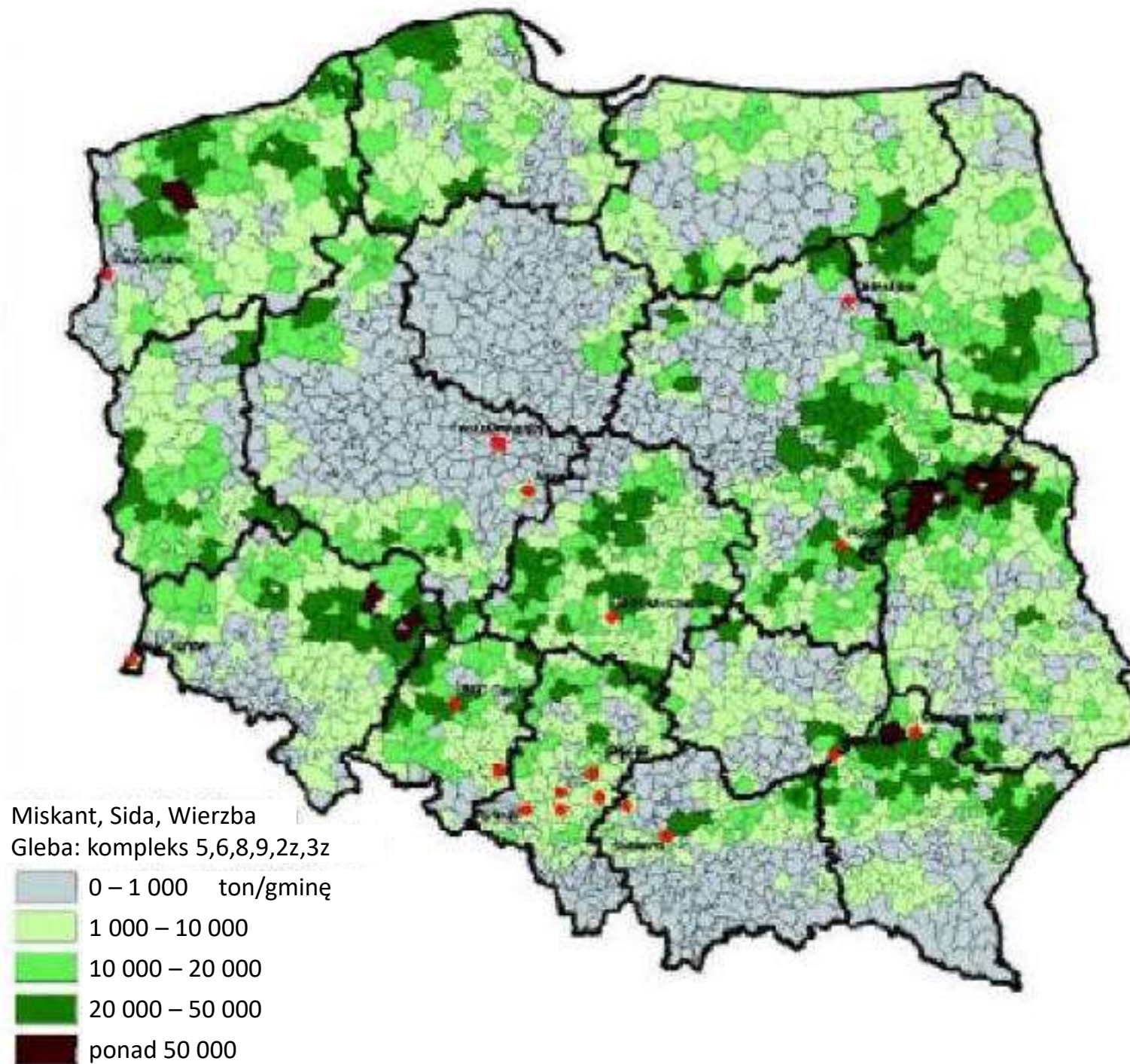
- żytniego dobrego (5), klasa IVa i IVb,
- żytniego słabego (6), klasa IVb i V,
- zbożowo-pastewnego mocnego (8), klasa III, IVa, IVb,
- zbożowo-pastewnego słabego (9), klasa IVb i V
- użytkach zielonych średnich (2z), klasa III i IV,
- użytkach zielonych słabych (3z), klasa V, VI.

Uprawy roślin energetycznych

W Polsce na potrzeby produkcji biomasy można uprawiać rośliny szybko rosnące:

- wierzba wiciowa (*Salix viminalis*)
- ślazowiec pensylwański lub inaczej malwa pensylwańska (*Sida hermaphrodita*)
- topinambur, czyli słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus*)
- róża wielokwiatowa znana też jako róża bezkolcowa (*Rosa multiflora*)
- rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*)
- trawy wieloletnie, jak np.:
 - miskant:
 - miskant olbrzymi, czyli trawa słoniowa (*Miscanthus sinensis gigantea*)
 - miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*)
 - spartina preriowa (*Spartina pectinata*)
 - palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi*)
 - proso różgowate (*Panicum virgatum*).

Rys.1. Potencjalne możliwości lokalizacji plantacji roślin energetycznych w gminach



Wierzba wiciowa



Ślazier pensylwański



Topinambur



Róża wielokwiatowa



herbariusz.com.pl tel. 534 771 813



Rdest sachaliński



Miskant

olbrzymi



cukrowy



Spartina preriowa



Palczatka Geralda



Proso różgowate



DREWNO



Drewno

Ma znacznie mniejszą wartość opałową od koksu czy węgla, ale też zdecydowanie mniej zanieczyszcza atmosferę dając przyjemny w zapachu, nieuciążliwy dla mieszkańców dym.

Do spalania w kotłach nadają się przede wszystkim gatunki drewna drzew liściastych, jak: brzoza, klon, buk, grab, olcha.

Przyjemny zapach i dobre spopielenie daje drewno drzew owocowych, głównie gruszy i śliwy. Jest ono jednak trudne do kupienia, pojawia się w sprzedaży sporadycznie przy okazji wycinania całych sadów. Włóknista budowa drzew owocowych utrudnia ponadto dzielenie pni na mniejsze kawałki, dlatego jest nieлюбiane przez handlowców.

Wartość opałowa drewna w dużej mierze zależy od jego wilgotności, zawartości żywic, lignin oraz ciężaru właściwego (gęstości drewna). Świeżo ścięte drewno jest mało wydajnym paliwem, posiada ponad 50% wilgotność i sprzyja korozji wewnętrznych powierzchni kotła.

Wilgotność, a wartość opałowa drewna

Stan drewna	Zawartość wilgoci [%]	Wartość opałowa	
		[MJ/kg]	[kWh/kg]
Świeżo ścięte	50-60	7,0-7,2	2,0
Sezonowane 6 miesięcy	25-35	12,0	3,4
Sezonowane 1-2 lata	15-25	14,0-14,5	4,0-4,2

Drewno

Zawartości żywic i lignin, jest większa w drewnie iglastym, drewno liściaste jest z kolei dużo cięższe na każdy metr przestrzenny, a ponieważ w handlu dominuje sprzedaż na metry przestrzenne ostatecznie w porównaniu wartości opałowej wygrywa drewno liściaste.

UWAGA! -1 metr przestrzenny „1mp”, to ilość drewna powstała z ułożenia stosu o wymiarach 1x1x1m, stos taki z uwagi na przestrzenie powietrzne pomiędzy kawałkami drewna jest równy około $0,7\text{m}^3$.

Wartość opałowa niektórych gatunków drewna

Gatunek drewna	Wartość opałowa grubizny		Gatunek drewna	Wartość opałowa grubizny	
	kWh/mp	kWh/kg		kWh/mp	kWh/kg
grab	2200	4,2	wierzba	1400	4,1
buk czerwony	2100	4,2	topola	1400	4,2
dąb	2100	4,2	drzewa liściaste średnio	2100	4,2
jesion	2100	4,2	daglezcja	1700	4,4
robinia	2100	4,1	sosna	1700	4,4
brzoza	1900	4,3	modrzew	1700	4,4
wiąz	1900	4,1	świerk	1600	4,4
klon	1900	4,1	jodła	1500	4,4
olcha	1500	4,1	drzewa iglaste średnio	1600	4,4
			drewno opałowe średnio	1800	4,3

Wartość opałowa drewna w zależności od jego wielkości

Wielkość drewna	Drewno liściaste (buk/dąb) [kWh/mp]	Drewno iglaste [kWh/mp]
polana i okrąglaki o średnicy pow. 14 cm	2200	1700
kije i okrąglaki o średnicy 7- 10 cm	1800	1400
gałęzie (4- 7 cm w pęczkach)	1300	1100
pocięte na krótkie kawałki, nie ułożone drewno	1200	1000

Spalanie drewna

Drewno liściaste ma stosunkowo krótki, jasny płomień, pali się spokojnie, „nie strzela”, nie brudzi komina i kotła substancjami smolistymi. Gatunki miękkie jak lipa, topola i wierzba spalają się dość szybko, często są wykorzystywane na rozpałkę. Drewna liściaste twarde np. grab, dąb i buk spalają się z kolei bardzo wolno, długo podtrzymując ogień w palenisku. Drewno iglaste, szczególnie sosna i modrzew zawierają duże ilości żywic, dlatego palą się wysokim i mocno dymiącym płomieniem, szczególnie w pierwszej fazie spalania. Dają dużo ciepła i szybko podnoszą temperaturę paleniska, ale zanieczyszczają go tłustą, trudną do usunięcia sadzą. Suche drewno zapala się już w temperaturze około 230°C, do zapłonu potrzebna jest duża ilość powietrza, dlatego początek spalania wymaga otwartych drzwiczek w paleniskach.

Zrębki drzewne



Zrębki to rozdrobnione drewno w postaci długich na 5-50 mm ścinków o nieregularnych kształtach, powstałe z trzebień drzewostanów, usuwania połamanych konarów i gałęzi po wichurach, obrabiania kłoców w tartakach, czy z odpadów drzewnych z zakładów przetwarzających drewno.

Po wysuszeniu są doskonałym paliwem do kotłów.

W czasie przechowywania wymagają suchych, wentylowanych pomieszczeń z uwagi na właściwości higroskopijne i podatność na grzyby i pleśń.

Wióry i trociny

Są produktem ubocznym skrawania i frezowania drewna w zakładach meblarskich, stolarniach itp. Stanowią też około 10% drewna przerabianego w tartakach. Wilgotność trocin jest bardzo różnicowana i waha się od 6-10% w odpadkach meblarskich do 45-65% dla trocin tartacznych ze świeżo ściętych drzew. Przy wilgotności 5-15% zawartość popiołu wynosi mniej niż 0,5%. Wady trocin to trudności związane z magazynowaniem, skłonność do zaparzania (trociny bukowe) i podatność na zawilgocenia.



Kora drzewna



Kora to wartościowy pod względem energetycznym odpad przemysłu drzewnego, stanowiący od 10 do 15% masy pozyskiwanego drewna.

Jej wartość opałowa wynosi 18,5-20 MJ/kg, wilgotność 55-65%, a zawartość popiołu, który ma tendencję do żużlowania stanowi 1-3% suchej masy.

Część kory zostaje podczas obróbki drewna przetworzona na trociny. Korę przed podaniem do kotła z podajnikiem ślimakowym należy poddać zrębkowaniu w rębaku z górnym zasypem, zrębkowanie kory przebiega jednak szybko i pochłania niewielkie ilości energii.

Ziarno energetyczne

Głównie stosowany jest owies, jako mało wartościowe ziarno zbóż, jego wartość energetyczna wynosi ponad 17 MJ/kg, średnio 3 tony owsa dają tyle samo ciepła co 1m³ oleju opałowego lub 2 tony średniej jakości węgla. Owies jest paliwem relatywnie tanim, jego cena utrzymywała się od lat na niezmiennym poziomie i wynosiła od 300 zł/tonę w sezonie do 250 zł/tonę poza sezonem. Wadą owsa jest problem z jego długotrwałym przechowywaniem, przy braku odpowiedniej wentylacji i wysokiej wilgotności, ziarno gnije, jest też atakowane przez gryzonie.



Pellet



Granulat drzewny produkowany przez wyciskanie rozdrobnionych kawałków drewna przez głowicę pelleteciarki (przypomina kręcenie mięsa przez maszynkę). Jest najbardziej zaawansowanym technologicznie paliwem z biomasy. Ma postać drobnych cylindrycznych granulek o średnicy 6-25 mm i długości do kilku centymetrów. Pellety mają niską wilgotność i małą nasiąkliwość, ciężar nasypowy jest zbliżony do brykietów ze słomy i dochodzi do 700kg/m^3 . Daje to w sumie bardzo kaloryczne paliwo, wygodne w przechowywaniu i spalaniu. Na rynku pellety dostarczane są w małych workach o masie do 40 kg, w dużych tzw. bigbagach o masie 1000 kg jak też w cysternach, przy składowaniu pelletów luzem w przemysłowych instalacjach.

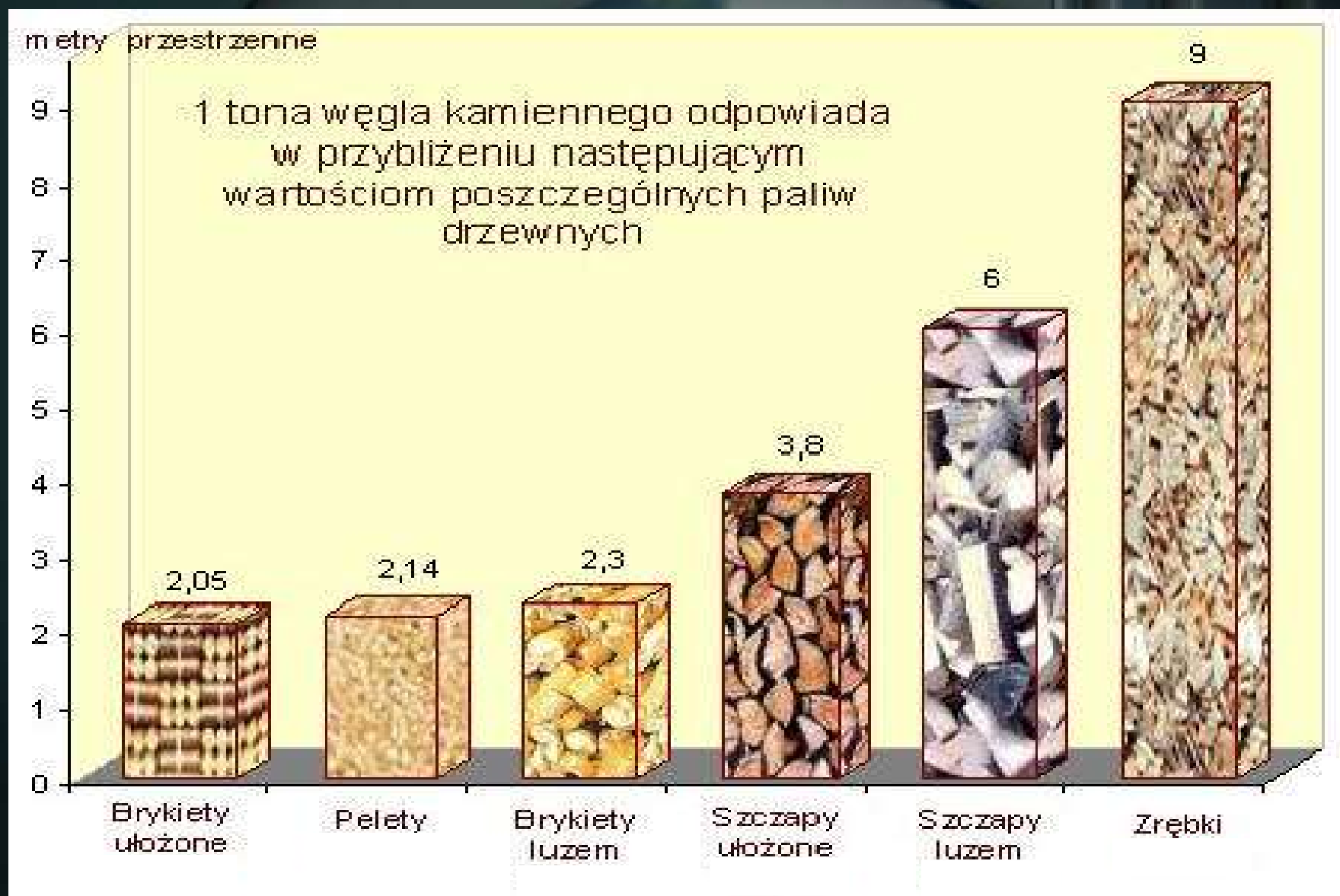


WŁAŚCIWOŚCI BIOMASY

Własności biomasy

Biopaliwo	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ/kg	Gęstość kg/m ³	Zawartość popiołu % s. m.
zrębki	20-60	6-16	150-400	0,6-1,5
pelety	7-12	16,5-17,5	650-700	0,4-1,0
słoma żółta	10-20	14,3	90-165	4,0
słoma szara	10-20	15,2	90-165	3,0
drewno kawałkowe	20-30	11-22	380-640	0,6-1,5
kora	55-65	18,5-20	250-350	1-3
owies	10-13	17,1-18,5	400-450	0,6
brykiety ze słomy	12-17	16-19	Do 700	3-4

Ekwiwalent węgla



Skład chemiczny biomasy

	C	H	O	N	K	S	Cl
	wt% (d.b.)						
Świerk (z korą)	49.8	6.3	43.2	0.13	0.13	0.015	0.005
Buk (z korą)	47.9	6.2	43.3	0.22	0.22	0.015	0.006
Topola SRC	47.5	6.2	44.1	0.42	0.35	0.031	0.004
Werzba SRC	47.1	6.1	44.2	0.54	0.26	0.045	0.004
Kora (drzewa iglaste)	51.4	5.7	38.7	0.48	0.24	0.085	0.019
Miskant	47.5	6.2	41.7	0.73	0.7	0.150	0.220
Słoma pszenicy	45.6	5.8	42.4	0.48	1.0	0.082	0.190
Pszenżyto (ziarno)	43.5	6.4	46.4	1.68	0.6	0.11	0.07
Wytłoczyny rzepaku	51.5	7.38	30.1	4.97	1.60	0.55	0.019
Dla porównania, paliwa kopalne							
Węgiel kamienny	72.5	5.6	11.0	1.30	-	0.940	< 0.1
Węgiel brunatny (Lignit)	65.9	4.6	23.0	0.70	-	0.390	< 0.1
Olej opałowy	85-86	11-13	1-4	-	-	-	-
Gaz ziemny	75	25	-	-	-	-	-

Wartość kaloryczna

Wartość kaloryczna paliwa wyraża ilość energii uwalnianej w całkowitym spalaniu jednostki masy danego paliwa. Zawartość wilgoci w drewnie zmienia wartość kaloryczną poprzez jej obniżenie. W rzeczywistości, część energii uwalnianej w procesie spalania jest wykorzystywana na wyparowywanie wody, i przez to, nie jest ona dostępna do założonego celu cieplnego. Wyparowywanie wody wymaga "zużycia" 2.44 MJ na każdy kilogram wody. Możemy więc rozróżnić następujące wartości:

Wartość kaloryczna netto (Net calorific value - NCV): Woda jest traktowana jako para, tzn. energia ciepła potrzebnego do zamienienia wody w parę wodną (ciepło utajone parowania wody przy 25°C) została odjęta od wartości.

Wartość kaloryczna brutto (Gross calorific value - GCV): Woda w procesie spalania traktowana jest jako płyn. Jeśli nie jest to określone, wartość kaloryczną należy traktować jako wartość kaloryczną netto.

Wartość opałowa MJ/kg

	NCV ₀	Popiół (wt% d.b.)	Temperatura topienia popiołu (°C)
Świerk (z korą)	18.8	0.6	1426
Buk (z korą)	18.4	0.5	1340
Topola (SRC)	18.5	1.8	1335
Wierzba (SRC)	18.4	2.0	1283
Kora (drzewa iglaste)	19.2	3.8	1440
Drewno winorośli (zrębki)	19.8	3.4	1450
Miskant	17.6	3.9	973
Słoma pszenna	17.2	5.7	998
Pszenżyto (ziarno)	16.9	2.1	730
Wytłoczyny rzepaku	21.2	6.2	-

Wartość kaloryczna drewna przy danej wilgotności

Często potrzebujemy obliczyć wartość energetyczną paliwa świeżo ściętego i sezonowanego do określonej wilgotności. W praktyce możemy skorzystać z następującej formuły:

$$NCV_M = \frac{NCV_0 \times (100 - M) - 2,44 \times M}{100}$$

gdzie:

NCV_M - wartość kaloryczna biomasy przy wilgotności M

NCV_0 - wartość kaloryczna biomasy suszonej w suszarni o wilgotności 0%

Wykres do przeliczania kaloryczności biomasy



Paliwa	Wartość kaloryczna netto (wartości średnie)	
	w MJ	w kWh
Olej opałowy bardzo lekki	36.17 MJ/l (42,5 MJ/kg)	10 kWh/l (11.80 kWh/kg)
Olej opałowy lekki	38.60 MJ/l (41,5 MJ/kg)	10.70 kWh/l (11.50 kWh/kg)
Gaz ziemny ⁴	36.00 MJ/m ³	10,00 kWh/m ³
LPG ⁵	24.55 MJ/l (46,30 MJ/kg)	6.82 kWh/l (12.87 kWh/kg)
Wegiel	27.60 MJ/kg	7.67 kWh/kg
Koks 40/60	29.50 MJ/kg	8.20 kWh/kg
Lignit (brykiety)	20.20 MJ/kg	5.60 kWh/kg
1 kWh energia elektr.	3.60 MJ	1 kWh
1 kg drewna (M = 20%)	14.40 MJ/kg	4.00 kWh/kg

$NCV_0 = 18.5 \text{ MJ/kg} = 5.14 \text{ kWh/kg}$	DREWNO SUSZONE	(M 0%)
$NCV_{10} = 17.0 \text{ MJ/kg} = 4.7 \text{ kWh/kg}$	PELETY	(M 10%)
$NCV_{20} = 14.4 \text{ MJ/kg} = 4.0 \text{ kWh/kg}$	DREWNO OPALOWE	(M 20%)
$NCV_{30} = 12.2 \text{ MJ/kg} = 3.4 \text{ kWh/kg}$	ZRĘBKII DREWNA	(M 30%)

Gęstość energii

Paliwa drzewne	Ilość	Wilgotno ść	Masa	NCV	Gęstość energii ^(*)		
		M%			kg	MJ/kg	w MJ
Ułożone kłody							
Buk 33 cm	1 przestrz. m ³	15	445	15.3	6797	1888	189
Buk 33 cm	1 przestrz. m ³	30	495	12.1	6018	1672	167
Świerk 33 cm	1 przestrz. m ³	15	304	15.6	4753	1320	132
Świerk 33 cm	1 przestrz. m ³	30	349	12.4	4339	1205	121
Zrębki drewna							
Buk	1 nasyp. m ³	15	295	15.3	4505	1251	125
Buk	1 nasyp. m ³	30	328	12.1	3987	1107	111
Świerk	1 nasyp. m ³	15	194	15.6	3032	842	84
Świerk	1 nasyp. m ³	30	223	12.4	2768	769	77
Pelety drewna	1 nasyp. m ³	8	650	17.1	11115	3088	309

^(*) W zakresie M 0-23% , zastosowano względne współczynniki korekcji.