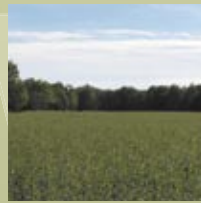


DREWNO I SŁOMA JAKO PALIWA

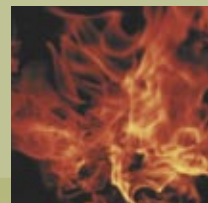
WŁAŚCIWOŚCI I TECHNOLOGIE SPALANIA

Poradnik

ŚRODOWISKO



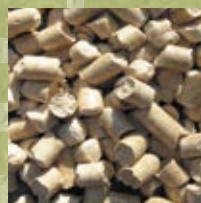
PROCESY SPALANIA



WŁAŚCIWOŚCI PALIW



PELETY



KOTŁOWNIE



Gdańsk 2005

*Poradnik został opracowany w ramach projektu
Altener - Regbie (nr 4.1030/Z/02-127/2002)
wspieranego finansowo przez Komisję Europejską
oraz Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku.*

© Copyright by BAPE

Żadna część niniejszej publikacji, zarówno w całości jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana ani przetwarzana w jakikolwiek sposób elektroniczny, fotograficzny, mechaniczny i inny oraz nie może być przechowywana w jakiegokolwiek bazie danych bez pisemnej zgody Autorów. Kopiowanie bądź rozpowszechnianie tej publikacji lub jakiegokolwiek jej części bez upoważnienia może spowodować pociągnięcie do odpowiedzialności cywilnej i karnej w zakresie dopuszczalnym przez prawo.

Drastycznie rosnące ceny paliw kopalnych, a zwłaszcza oleju opałowego i gazu, a także dążenie do poprawy standardu życia w czystym i bezpiecznym środowisku powodują, że coraz większym zainteresowaniem cieszą się rodzime paliwa odnawialne. Energia z biomasy jest najbardziej dostępną energią odnawialną w naszym kraju.

Niniejszy poradnik wypełnia lukę informacyjną na naszym rynku w tej dziedzinie przedstawiając podstawowe informacje na temat biopaliw stałych — drewna i słomy, a także prezentując ich zastosowanie począwszy od kominków dla budynków jednorodzinnych, poprzez kotłownie małej i średniej mocy, na ciepłowniach kończąc.

Wybór sposobu wytwarzania ciepła należy do Państwa. Mamy jednak nadzieję, że względy ochrony środowiska, ekonomiczne i społeczne spowodują, że dokonacie Państwo wyboru właściwego.

Edmund Wach

Prezes Zarządu BAPE SA

Spis treści

ENERGIA I ŚRODOWISKO	4
Korzyści ekonomiczne	4
Korzyści dla środowiska	4
Korzyści społeczne	5
Dostępność technologii	5
Własności paliw z biomasy	6
Proces spalania drewna	12
Palenie drewnem mokrym	15
Właściwości energetyczne drewna w porównaniu z innymi paliwami	15
Drewno kawałkowe – szczapy	16
Zrębki drzewne	17
Trociny i wióry	17
Pelety	18
Charakterystyka peletów	18
Aspekt ekonomiczny	19
Polski rynek peletów	20
Aspekt środowiskowy	20
Porównanie norm dotyczących peletów w krajach europejskich	21
Rynek peletów w wybranych krajach europejskich	22
Słoma	23
Zboże	24
TECHNOLOGIE SPALANIA	25
Kominki	25
Małe kotły	26
Przykłady kotłów	27
Charakterystyka kotła na pelety	28
Schemat kotła	28
Proces spalania peletu	28
Orientacyjne ceny kotłów	29
Sposoby magazynowania peletu	29
Ciepłownie	30
PRAKTYCZNE UWAGI NA TEMAT EKSPLOATACJI KOTŁÓW	32
Powietrze w procesie spalania.	32
Temperatura komory spalania	33
Naturalny ciąg kominowy.	35
Przyczyny niestabilności ciągu.	35
Kilka kotłów podłączonych do jednego komina.	36
Izolacja przewodów spalinowych i komina.	36
Żużel i popiół	36
Przyczyny kłopotów	36
Przyczyny złego spalania	37
Zabiegi poprawiające spalanie	37
Instalacja wodna	38
KOTŁOWNIE OPALANE BIOMASĄ	39
BAŁTYCKA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII SA	41

Przyspieszony rozwój cywilizacyjny na przełomie XX i XXI wieku spowodował gwałtowny wzrost zapotrzebowania na energię. Wytwarzanie energii na potrzeby produkcji dóbr oraz zaspokojenia bytowych potrzeb ludzi spowodowało wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze o kilkadziesiąt procent. Wzrost ten powoduje ocieplenie planety i zmiany klimatyczne, które grożą nieobliczalnymi skutkami w perspektywie krótko i długoterminowej. W celu uniknięcia trudnych do przewidzenia kataklizmów uznano, że podstawowym obowiązkiem ludzkości na początku XXI wieku jest ograniczenie emisji CO₂ z wszystkich procesów technologicznych. Wyzwaniu temu patronuje Organizacja Narodów Zjednoczonych.

Głównymi działaniami mogącymi ograniczyć emisje CO₂ do atmosfery są:

- **zmniejszenie zużycia energii**, co uzyskuje się przez przeprowadzenie prac termomodernizacyjnych polegających na ociepleniu zewnętrznych przegród budowlanych, wymianie okien i drzwi, modernizacji i automatyzacji wewnętrznej instalacji centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej,
- **zwiększenie sprawności przetwarzania energii chemicznej paliw na energię użyteczną**, co uzyskuje się przez zastosowanie do ogrzewania kotłów, pieców, kominków i instalacji o wysokich sprawnościach, cechujących się nowoczesną konstrukcją i automatyzacją sterowania pracą urządzeń,
- **zwiększenie wykorzystania Odnawialnych Zasobów Energii**, co uzyskuje się przez zastępowanie paliw kopalnych (węgla, oleju i gazu) paliwami odnawialnymi (drewno, słoma, biogaz) oraz systemami wykorzystującymi energię słoneczną (kolektory słoneczne) czy geotermalną (pompy ciepła).

Użytkownik energii dla potrzeb grzewczych ma wpływ na wszystkie wyżej wymienione działania.

Korzyści ekonomiczne

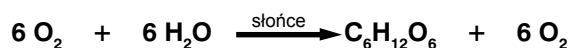
Szacuje się, że zasoby paliw kopalnych (oleju i gazu ziemnego) będą się kończyły w ciągu życia użytkownika. Zwiększony popyt przy zmniejszającej się z czasem podaży będzie powodował duży wzrost cen. Paliwa kopalne będą stawały się coraz trudniej dostępne dla mniej zasobnych społeczeństw. Cena węgla będzie podążała za ceną oleju i gazu, co będzie powodowało nieopłacalność stosowania tego paliwa w małych kotłach. Odwrotne tendencje będą natomiast kształtowały rynek biopaliw stałych, który jest rynkiem lokalnym. Zwiększone zużycie będzie powodowało zwiększoną produkcję. Większa produkcja sprzyja zmniejszeniu kosztów jednostkowych. Cena biopaliw powinna kształtować się na bazie kosztów i stawać się niezależną od zmian cen paliw kopalnych na rynkach światowych.

Korzyści dla środowiska

Wszystkie produkty roślinne zaliczane są do paliw odnawialnych z tego względu, że ich masa organiczna formowana jest **w procesie fotosyntezy** z wody i pochłanianego z atmosfery dwutlenku węgla, co powoduje, że ich spalanie nie przyczynia się do zwiększenia w atmosfere-

ENERGIA I ŚRODOWISKO

rze koncentracji cząstek CO₂, gdyż te pochłaniane są przez nowo rosnące rośliny uprawiane na cele energetyczne. Przykładem kształtowania się masy organicznej jest poniższy wzór reakcji chemicznej w procesie fotosyntezy:



Oprócz ograniczenia emisji CO₂, zastosowanie biopaliw przyczynia się również do znaczącego **zmniejszenia emisji** innych gazów i pyłów szkodliwych dla człowieka, takich jak SO₂, CO, C_nH_m, NO_x, szczególnie gdy emisja tych gazów i pyłów odbywa się z niskich kominów. Tzw. **niska emisja** oznacza, że zanieczyszczenia dostają się do powietrza, które jest wdychane przez ludzi.

Najbardziej popularne w Polsce paliwo, jakim jest węgiel kamienny, jest najgorszym paliwem dla małych kotłów, ze względu na powodowanie największej emisji gazów trujących. Natomiast węgiel spalany w dużych kotłowniach, elektrociepłowniach i elektrowniach nie stanowi tak dużego zagrożenia, ze względu na istniejące tam systemy oczyszczania spalin, wysokie kominy i wysokosprawne urządzenia sterowane automatycznie.

Korzyści społeczne

Biopaliwa stałe mogą być wytworzone na plantacjach **leśnych i rolnych**. Przyjmuje się, że drewno energetyczne z lasu to drewno najgorszej jakości, nie nadające się do innego komercyjnego wykorzystania. Zwiększenie podaży tego drewna jest możliwe tylko dzięki dokładniejszemu „wyzieraniu” nieużytecznych odpadów leśnych, które obecnie nadal pozostają w lesie w nadmiernej ilości. Natomiast produkcja biopaliw stałych na użytkach rolnych ma w Polsce bardzo duże możliwości rozwojowe. Szacuje się, że do zagospodarowania na cele upraw energetycznych będzie do 3 mln ha gruntów rolnych. Wydajność wysokokulturowych upraw może wynieść 15 ton suchej masy z hektara. Przyjmując o połowę mniejszą średnią wydajność z hektara rocznie tj. 7,5 tony, otrzymujemy ok. 100 GJ energii zawartej w paliwie. Jest to ilość, która jest potrzebna do ogrzania jednego domu jednorodzinnego. Koszt tej masy energetycznej wynosi ok. 1 000 zł. Korzyści finansowe są łatwe do przeliczenia w zależności od areалу przeznaczanego pod uprawy. W skali kraju możliwe jest wykreowanie ponad 100 000 miejsc pracy przy produkcji biopaliw z upraw energetycznych.

Dostępność technologii

W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się przyspieszony rozwój technologii spalania biomasy stałej. Produkuje się kotły o mocach od kilkunastu kW do kilkuset MW z zastosowaniem do ogrzewania domów jednorodzinnych, osiedli i miast. Sprawności tych kotłów przekraczają 90%, a emisje gazów szkodliwych i pyłów są porównywalne z emisjami z najlepszych kotłów olejowych i gazowych z tą przewagą, że dla biopaliw bilans CO₂ jest równy zero. Stopień automatyzacji nawet małych kotłów pozwala je uznać za niemal bezobsługowe,

WŁASNOŚCI PALIWIW

Własności paliw z biomasy

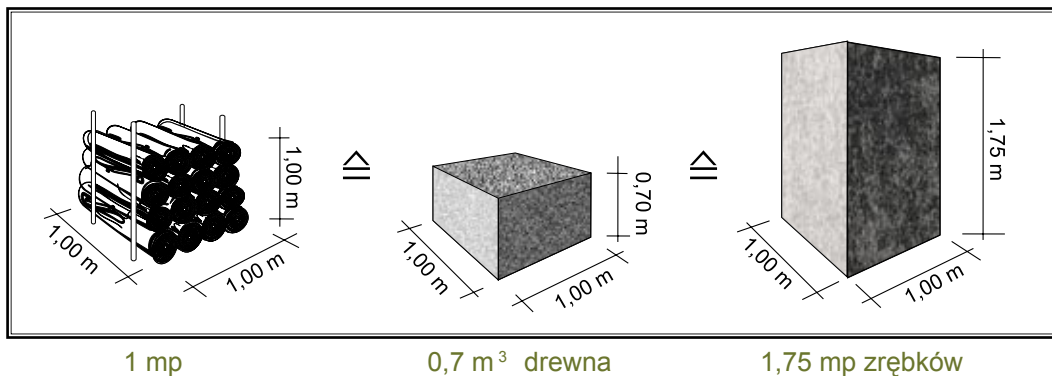
Drewno jako paliwo występuje pod wieloma postaciami: szczapy (drewno rąbane), zrębki, trociny i wióry, kora, brykiety, pelety.

Wielopostaciowość drewna jako paliwa utrudnia przyjęcie jednoznacznych i jednakowych jednostek miar dla porównania różnych rodzajów paliwa drzewnego.

Dla ujednoczenia nazewnictwa i łatwiejszego postugiwania się drewnem jako paliwem proponuje się przyjęcie następujących definicji jednostek:

Co innego oznacza 1 m³ szczap i 1 m³ zrębków lub trocin, gdyż w tej samej objętości znajdują się różne ilości drewna.

1 m ³	jeden metr sześcienny objętości drewna litego (miąższość drewna) – np. 1 m ³ wycięty z grubego pnia drzewa
1 mp	jeden metr przestrzenny objętości drewna łącznie z powietrzem znajdującym się pomiędzy kawałkami drewna



Co innego oznacza **1 mp szczap** i **1 mp zrębków** lub trocin, gdyż w tej samej objętości znajdują się różne ilości drewna:

WŁASNOŚCI PALIW

1 mp zrębków, wiórów
lub trocin w zależności
od ich zagęszczenia



ok. 0,4 m³ drewna

1 m³ drewna



ok. 2,5 mp zrębków,
wiórów lub trocin lekko
zagęszczonych

1 mp drewna opałowego
ułożonego w stosie



0,65-0,85 m³ drewna
w zależności od rozmiaru
i kształtu wałków

1 mp gałęzi
ułożonych w stosie



0,25-0,45 m³ drewna

1 mp drewna kawałkowego
w postaci szczap



0,45-0,65 m³ drewna

Niejednoznaczne jest również używanie jednostek masy, gdyż **1kg drewna suchego** i **1kg drewna mokrego** oznaczają zupełnie inne ilości drewna. Ten sam m³ litego drewna nasycony wodą może ważyć 2 lub więcej razy niż m³ drewna suchego.

1 kg m.s.	jeden kilogram masy suchej drewna czyli jeden kilogram drewna, z którego odparowano całą zawartość wody
w [%]	wilgotność drewna jako paliwa wyrażona w procentach i określona wzorem $w = [m_w / (m_s + m_w)] \times 100\%$ gdzie: m _w – masa wody m _s – masa sucha drewna

Drewno jest materiałem porowatym i w zależności od gatunku drzewa posiada różną gęstość:

Gatunek drewna	Gęstość kg m.s./m ³
buk, dąb	570
brzoza	510
modrzew	460
sosna, olcha	420
świerk	400
topola, wierzba	350

WŁASNOŚCI PALIWIW

Najwłaściwszym sposobem **oceny ilości drewna wg jego objętości** jest przeliczenie z metrów przestrzennych na metry sześciennie drewna, co przy znajomości rodzaju drewna i jego wilgotności pozwoli na oszacowanie jego wartości opałowej za pomocą tabeli:

Wartość opałowa drewna [GJ/m ³]						
Wilgotność [%]	buk, dąb	brzoza	wierzba	modrzew	sosna, olcha	świerk
0	10,83	9,69	6,65	8,74	7,98	7,60
15	10,59	9,47	6,50	8,55	7,80	7,43
20	10,49	9,38	6,44	8,46	7,73	7,36
25	10,37	9,28	6,37	8,37	7,64	7,28
30	10,24	9,17	6,29	8,27	7,55	7,19
35	10,09	9,03	6,20	8,15	7,44	7,08
40	9,92	8,87	6,09	8,00	7,31	6,96
45	9,71	8,69	5,96	7,84	7,16	6,81
50	9,46	8,47	5,81	7,64	6,97	6,64
55	9,16	8,19	5,62	7,39	6,75	6,43
60	8,78	7,85	5,39	7,08	6,47	6,16

Przykład 1

Dokonano zakupu 1 mp drewna bukowego za cenę 85 zł. Jaki jest koszt energii w zakupionym drewnie?

Obliczenia:

Można policzyć objętość każdego wałka drewna korzystając z wymiarów średnic i długości. Można też dokonać szacunku, ile procent objętości stosu zajmuje drewno, a ile powietrze. Dla rozwiązania zadania przyjmujemy, że **1 mp = 0,65 m³**. Co oznacza, że cena drewna wynosi $85 \text{ zł/mp} : 0,65 \text{ m}^3/\text{mp} = 130 \text{ zł/m}^3$.

Jeżeli wysuszymy drewno do 20% wilgotności (18 miesięcy pod zadaszeniem), to z tabeli odczytujemy, że wartość opałowa wynosi 10,49 GJ/m³, co oznacza, że jesteśmy w posiadaniu:

$$1 \text{ mp} \times 0,65 \text{ m}^3 \times 10,49 \text{ GJ/m}^3 = 6,8 \text{ GJ energii}$$

Cena 1 GJ energii w zakupionym drewnie wynosi:

$$85 \text{ zł} : 6,8 \text{ GJ} = 12,5 \text{ zł/GJ}$$

- Jeżeli spalimy drewno w kotle o sprawności 50% uzyskamy $6,8 \text{ GJ} \times 0,50 = 3,4 \text{ GJ}$ energii użytecznej, a więc cena 1 GJ energii użytecznej wyniesie:

$$85 \text{ zł} : 3,4 \text{ GJ} = 25 \text{ zł/GJ}$$

- Jeżeli spalimy drewno w kotle o sprawności 80% uzyskamy $6,8 \text{ GJ} \times 0,80 = 5,44 \text{ GJ}$ energii użytecznej, czyli cena 1 GJ energii użytecznej wyniesie:

$$85 \text{ zł} : 5,44 \text{ GJ} = 15,6 \text{ zł/GJ}$$

WŁASNOŚCI PALIW

Wyniki obliczeń wg powyższego przykładu dla drewna opałowego oraz peletów i brykietów zawarte są w poniższej tabeli:

Paliwo	Cena paliwa			Cena energii w paliwie			Cena ciepła					
	z kosztami transportu i rąbania			wilgotność			wilgotność					
				10%	20%	50%	10%	20%	50%	80%		
							sprawność kotła, η					
50%							80%	50%	80%	50%	80%	
	zł/mp	zł/m ³	zł/t	zł/GJ			zł/GJ					
drewno opałowe	30*	75			7,1	7,9			14,2	8,9	15,8	9,9
	65	100			9,5	10,6			19,0	11,9	21,2	13,2
	85	130			12,5	13,8			25,0	15,6	27,6	17,2
	100	150			14,7	16,3			29,4	18,4	32,6	20,4
	120	200			17,6	19,5			35,2	22,0	39,0	24,3
brykiety i pelety			200	11,8			23,6	14,7				
			300	17,6			35,2	22,0				
			400	23,5			47,0	29,4				
			500	29,4			58,8	36,7				
			600	35,3			70,6	44,1				

*) cena bez kosztów transportu i rąbania

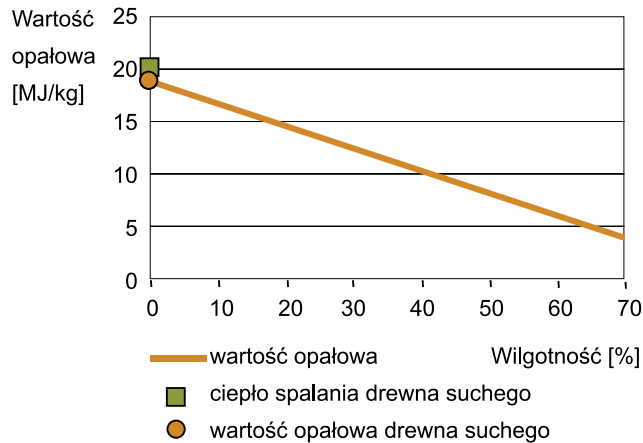
Wartość energetyczna drewna suchego jest większa niż drewna mokrego. Ponadto, spalanie drewna mokrego powoduje spadek sprawności kotła.

Z wyników obliczeń zamieszczonych w tabeli widać, że najtańsze ciepło będzie miał użytkownik, który kupił tanią **gałęziówkę** za 30 zł/mp i sam ją przewiózł, porąbał i spalił w dobrym kotle (8,9 zł/GJ), a najdroższe – użytkownik, któremu przywieziono mokre, porąbane drewno do domu za 120 zł/mp. Cena ciepła z takiego drewna może osiągnąć 39 zł/GJ.

Druga metoda oceny wartości energetycznej paliwa to metoda przyjmująca za podstawę obliczeń masę paliwa i wilgotność. Zależność wartości opałowej od masy i wilgotności przedstawiono na wykresie oraz w tabeli.

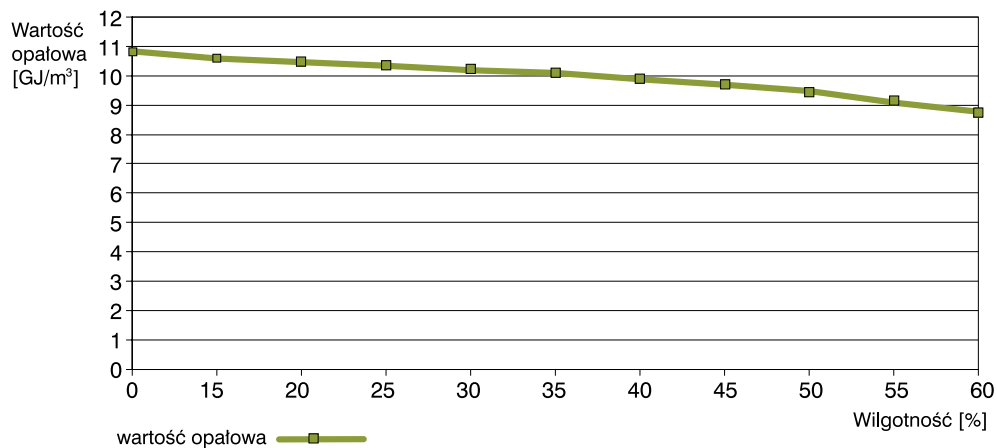
Wilgotność [%]	Wartość opałowa drewna [GJ/t]
0	19,00
15	15,79
20	14,72
25	13,72
30	12,58
35	11,51
40	10,44
45	9,37
50	8,20
55	7,23
60	6,16

WŁASNOŚCI PALIW



Gwałtowny spadek wartości opałowej odniesionej do masy wraz ze wzrostem wilgotności wynika głównie z malejącej zawartości suchej masy w masie całkowitej a częściowo ze strat energii potrzebnej do odparowania większych ilości wody.

Wartość opałowa buku i dębu w/g objętości



Wpływ wilgotności na obniżenie wartości opałowej lepiej oddaje wykres, na którym przedstawiono wartość opałową w odniesieniu do 1 m³ drewna. Wraz ze wzrostem wilgotności wzrasta zawartość wody, a zawartość suchej masy w 1 m³ drewna pozostaje stała. Spadek wartości opałowej pokrywa tylko stratę energii potrzebną na odparowanie zwiększonej ilości wody.

WŁASNOŚCI PALIW

Jeżeli zakupu „na wagę” dokona użytkownik, który pozostawi drewno do wyschnięcia wówczas obliczenia można dokonać w następujący sposób:

Przykład 2

Dokonano zakupu 1 t drewna brzoźowego świeżego za cenę 85 zł. Wilgotność drewna określona metodą ważenia próbki przed i po suszeniu w temp. 105°C do osiągnięcia stałej wagi wyniosła 50%. Oznacza to, że dokonano zakupu 0,5 t drewna i 0,5 t wody. Wartość opałowa drewna o wilgotności 50% wynosi 8,2 GJ/t.

Obliczenia:

Cena energii w drewnie:

$$85 \text{ zł/t} : 8,2 \text{ GJ/t} = \mathbf{10,36 \text{ zł/GJ}}$$

Jeżeli pozostawimy drewno do wyschnięcia do wilgotności 15% (24 miesiące pod zadaszeniem) odpowiednie wielkości będą wynosiły:

$$\begin{aligned} m_s &= 0,51 \text{ t} \\ m_w / (m_s + m_w) &= 0,15 \\ m_w &= 0,09 \text{ t} \end{aligned}$$

Po okresie sezonowania waga drewna wyniesie:

$$m = m_s + m_w = 0,51 + 0,09 = 0,6 \text{ t}$$

Wartość opałowa drewna o wilgotności 15%, wg tabeli wynosi 15,79 GJ/t, stąd wartość energetyczna posiadanego przez nas drewna jest równa

$$0,6 \text{ t} \times 15,79 \text{ GJ/t} = 9,47 \text{ GJ}$$

a cena energii w drewnie wyniesie:

$$85 \text{ zł} : 9,47 \text{ GJ} = 8,97 \text{ zł/GJ}$$

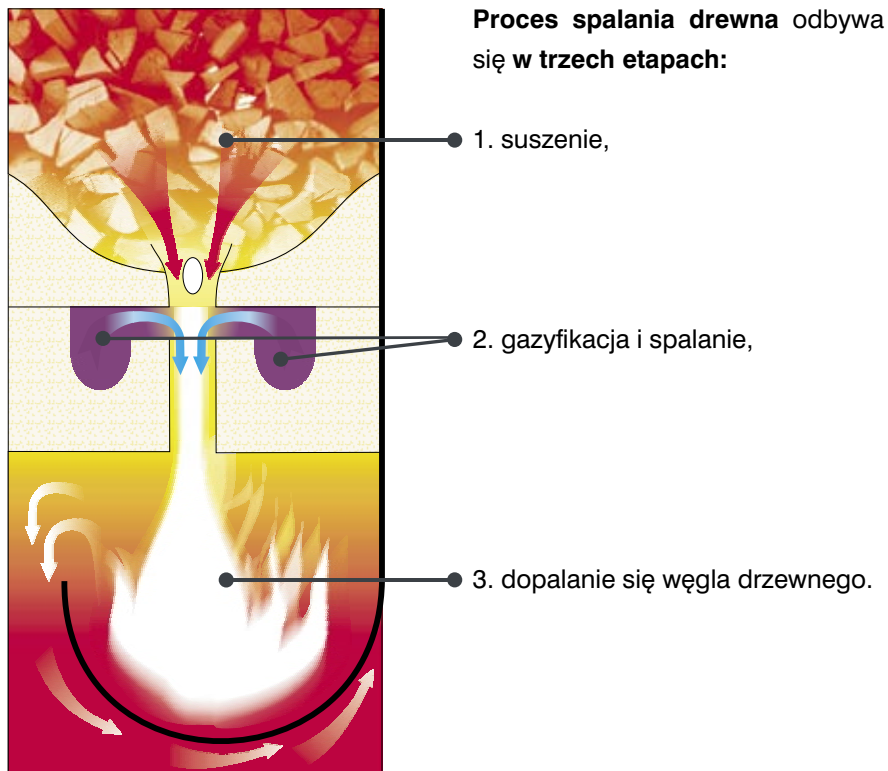
Dzięki przesuszeniu drewna użytkownik zyskał 1,39 zł/GJ energii, co oznacza 13,4% mniej w stosunku do ceny w dniu zakupu. Nie jest to cała korzyść, ponieważ suche drewno wykorzystane jest w kotle lub kominku ze sprawnością co najmniej 20% wyższą niż drewno mokre, zatem korzyści wzrosną jeszcze bardziej. Ze spalania mokrego drewna uzyskalibyśmy 4,9 GJ/t ciepła użytecznego przy sprawności 60%, a koszt 1 GJ wyniósłby 85 zł/t: 4,92 GJ/t = 17,28 zł/GJ.

Dla drewna przesuszonego odpowiednie wartości wynoszą 7,58 GJ/t i 11,21 zł/GJ, a to już jest o 35% taniej przy spalaniu drewna suchego niż przy spalaniu drewna mokrego.

Metoda ważenia drewna i pomiaru wilgotności jest najlepszą metodą określania wartości energetycznej drewna dostarczanego do dużych kotłowni. **Użytkownik powinien płacić za dostarczoną energię, a nie za masę, której znaczną część stanowi woda.**

Proces spalania drewna

Dla **poprawnego spalania** potrzebne jest spełnienie warunków **dobrego wymieszania paliwa** z powietrzem oraz **odpowiedniej temperatury w palenisku**, tj. nie mniejszej od 700°C. Najłatwiej jest spalać gaz, gdyż wymieszanie gazu z powietrzem nie nastręcza żadnych kłopotów. Spalanie paliw stałych jest dużo trudniejsze, gdyż trudniejsze jest doprowadzenie do bezpośredniego kontaktu cząstek powietrza z cząstkami paliwa.



Podczas podgrzewania drewna najpierw zachodzi proces odparowania wody oraz powierzchniowej gazyfikacji czyli rozpadu związków chemicznych pod wpływem odpowiednio wysokiej temperatury, tzw. piroliza. Po odparowaniu wilgoci proces ten przenosi się w głąb drewna. Gaz w kontakcie z powietrzem spala się płomieniem. Drewno charakteryzuje się bardzo dużą zawartością części lotnych wynoszącą do 80 % (węgiel ok. 30%). Pozostałe 20% spala się jako żarzący się węgiel drzewny aż do całkowitego wypalenia, za wyjątkiem związków niepalnych, które tworzą popiół.

Popiół drzewny uznawany jest za dobry nawóz rolniczy. Składa się ze związków krzemu (Si) oraz potasu (K), sodu (Na), fosforu (P), wapnia (Ca) i magnezu (Mg). Ważną cechą popiołu jest jego temperatura topnienia, która obniża się wraz ze wzrostem zawartości potasu i częściowo sodu. Zbyt niska temperatura topnienia (poniżej 1050 °C) może być przyczyną zanieczyszczeń wewnętrznych powierzchni kotła.

WŁASNOŚCI PALIW

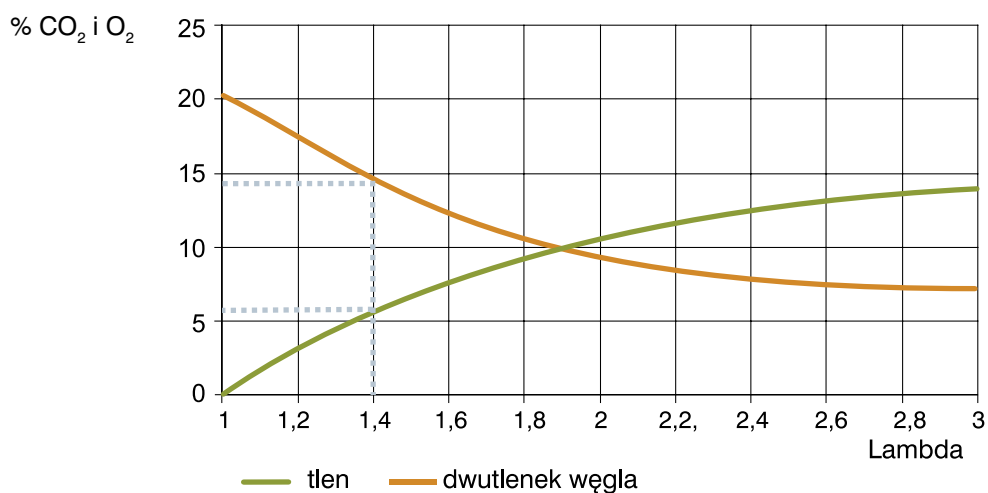
Obok temperatury w komorze spalania, która w każdym miejscu musi być wyższa od 700°C ważna dla procesu spalania jest **ilość powietrza doprowadzana do kotła**. Dla różnych palenisk i rodzajów drewna wymagane są różne wartości tzw. **współczynnika nadmiaru powietrza (lambda)**, określającego ile razy ilość powietrza jest większa od ilości teoretycznie potrzebnej, wynikającej ze wzorów stechiometrycznych.

Za mała ilość powietrza powoduje niedopalenie się cząstek węgla i powstanie tlenku węgla, a także przedostawanie się do spalin niespalonych węglowodorów.

Z kolei **zbyt duża ilość powietrza** powoduje wychładzanie kotła (część powietrza nie bierze udziału w spalaniu) i obniżenie sprawności, a także sprzyja powstawaniu szkodliwych tlenków azotu NO_x .

Orientacyjne wielkości współczynnika nadmiaru powietrza λ przedstawiono w tabeli, a zależności pomiędzy lambda i procentowymi zawartościami O_2 i CO_2 na wykresie:

	współczynnik nadmiaru powietrza λ	O_2 [%]
kominek na szczapy	2,3-3	12-14
piec na szczapy	2,1-2,3	11-12
kotły na zrębki	1,4-1,6	6-8
kotły na pelety	1,2-1,6	4-8

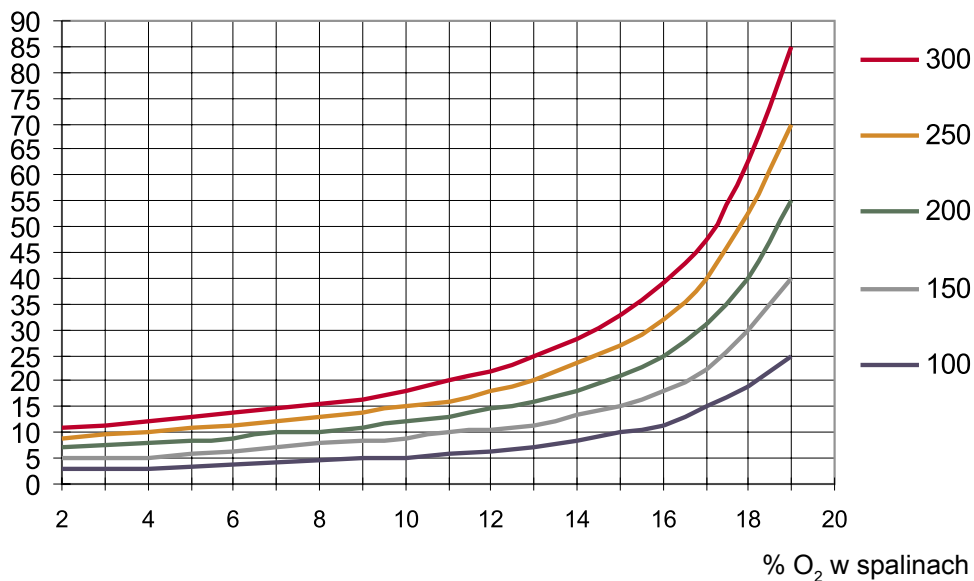


WŁASNOŚCI PALIW

Właściciel kotła lub kominka powinien sprawdzać od czasu do czasu parametry spalania umożliwiające oznaczenie sprawności urządzenia. Można to zrobić za pomocą własnych, prostych urządzeń do analizy spalin (np. pompka z chemicznym znacznikiem zawartości CO₂ w spalinach) lub skorzystać z pomocy serwisu wyposażonego w analizatory spalin.

Trzeba przy tym wiedzieć, że:

- do spalania 1 kg suchego drewna potrzeba **3,5-4 m³** powietrza,
- maksymalna zawartość CO₂ dla spalin **CO₂ max = 20,2 [%]**,
- współczynnik nadmiaru powietrza $\lambda = \text{CO}_{2 \text{ max}} / \text{CO}_2$,
- zależność CO₂ i O₂ dla drewna ustala się wg wzoru : **O₂ [%] = 1,04 (20,2 - CO₂ [%])**
- stratę wylotową, **S_{wyl}** odczytuje się z wykresu znając zawartość O₂ w spalinach i ich temperaturę na wyjściu z kotła:



Sprawność kotła oblicza się w przybliżeniu $\eta = 100 \% - S_{\text{wyl}}$

WŁASNOŚCI PALIWI

Palenie drewnem mokrym

Często praktykowane palenie drewnem mokrym powoduje znaczną utratę energii nie tylko z konieczności odparowania wilgoci w palenisku i odprowadzenia pary do komina, ale także na skutek obniżenia sprawności kotła lub kominka.

Wykraplanie się pary w kominie skraca trwałość ceramicznych przewodów kominowych. Popularna teoria, że podkłada się mokre drewno na noc po to, żeby się dłużej paliło jest prawdziwa tylko wtedy, gdy kocioł lub kominek jest rozszczelniony i niemożliwe jest ograniczenie ilości powietrza doprowadzanego do spalania. W takim przypadku potrzebna jest naprawa kominka.

Właściwości energetyczne drewna w porównaniu z innymi paliwami

	Gaz ziemny [m ³]	Węgiel [kg]	Słoma, 15 % wilg. [kg]	Drewno, 15 % wilg. [kg]	Olej opałowy [l]	kWh	MJ
Gaz ziemny [m ³]		1,35	2,46	2,22	0,98	9,72	35,00
Węgiel [kg]	0,74		1,82	1,65	0,73	7,22	26,00
Słoma, 15 % wilg. [kg]	0,41	0,55		0,90	0,40	3,96	14,25
Drewno, 15 % wilg. [kg]	0,45	0,61	1,11		0,44	4,39	15,80
Olej opałowy [l]	1,02	1,37	2,50	2,25		9,89	35,60
kWh	0,103	0,138	0,253	0,228	0,101		3,60
MJ	0,0286	0,0385	0,0702	0,0633	0,0281	0,278	

WŁASNOŚCI PALIW

Drewno kawałkowe – szczapy

Drewno rąbane w postaci szczap jest najczęściej używanym paliwem. Do spalania w kominkach i kotłach lepsze jest **drewno liściaste** ze względu na większą gęstość oraz mniejszą zawartość kopcących przy spalaniu żywic.

Drewno kawałkowe używane do spalania powinno być **powietrznosuche**, co oznacza, że w procesie suszenia w warunkach naturalnych utraciło cały nadmiar wilgoci zawarty w mikrosporach miazgi, a pozostała wilgoć znajduje się w stanie równowagi z otaczającym wilgotnym powietrzem.

Drewno zaraz po ścięciu zawiera ok. 60% wilgoci. Proces utraty wilgoci jest powolny i zależy od warunków pogodowych.

Dla oszacowania zawartości wody w drewnie można się posłużyć następującą tabelą:

Średnia wilgotność szczap drewna podczas suszenia naturalnego	
okres suszenia [miesiące]	wilgotność [%]
0	60
3	40
6	35
9	30
12	25
18	18
24	15



szczapy



porąbane gałęzie



gałęzie

WŁASNOŚCI PALIW

Zrębki drzewne

Zrębki stosowane są przede wszystkim do kotłów większych mocy. Można je jednak stosować również do małych kotłów (20 kW), pod warunkiem, że są to zrębki suche. **Zrębki suche** ($w < 20\%$) uzyskuje się poprzez zrębkowanie przesuszonych gałęzi. Suszenie zrębków mokrych w pryzmach pod zadaszeniem jest nieefektywne i połączone z utratą wartości energetycznych oraz butwieniem zrębków.



zrębki

Pozyskiwanie materiału i **zrębków suchych** jest trudniejsze, a przechowywanie (w zamkniętych silosach lub magazynach) droższe niż zrębków mokrych. Jednak ich stosowanie jest opłacalne, gdyż spalanie zrębków suchych jest łatwiejsze, a kotły i instalacje zasilające znacznie tańsze. Ponadto, rozwiązania technologiczne pozwalają na automatyzację instalacji zasilającej kocioł i jego bezobsługową pracę.

Zrębki mokre mogą być dostarczane do kotłowni prosto z lasu lub plantacji energetycznych. Nie wymagają specjalnych magazynów, a jedynie dobrze przewietrzanych, zabezpieczonych przed opadami atmosferycznymi placów składowych. Do spalania zrębków mokrych nadają się w zasadzie kotły o mocach powyżej 500 kW. Od takiej wielkości kotłów staje się opłacalne budowanie skomplikowanych instalacji zasilających, wyposażonych w przenośniki ślimakowe, łańcuchowe lub kubełkowe oraz silosy z ruchomą podłogą.

Trociny i wióry

Trociny i wióry są materiałem odpadowym z tartaków i zakładów przeróbki drewna. Są najtańszym paliwem pod warunkiem lokalizacji kotłowni w pobliżu zakładu przetwórczego. Trociny są dużo trudniejsze do spalania niż zrębki, pelety i brykiety, dlatego nadają się głównie do spalania w dużych kotłach, w których konstrukcja rusztu przystosowana jest do spalania mokrych lub suchych trocin. W kotłach tych istnieje możliwość spalania mieszanek trocin i zrębków. Należy unikać spalania trocin w małych kotłach, gdyż zwykle połączone jest to z małą sprawnością i dużymi emisjami szkodliwych gazów i pyłów.



wióry

WŁASNOŚCI PALIW

Pelety

Pelety, granulaty drzewny (ang. pellets) są paliwem **przyjaznym dla środowiska** i jednocześnie łatwym w transporcie, magazynowaniu i dystrybucji. Charakteryzują się niską zawartością wilgoci, popiołów i substancji szkodliwych dla środowiska oraz stosunkowo **wysoką wartością opałową**.

Pelety powstają poprzez prasowanie surowca pod wysokim ciśnieniem, bez udziału żadnych chemicznych substancji klejących. Są paliwem nadającym się do wykorzystania zarówno w grzewczych instalacjach indywidualnych jak i systemach ciepłowniczych. Doskonale nadają się do wykorzystania w małych instalacjach, takich jak kotłownie w domkach jednorodzinnych.

Charakterystyka peletów

Średnica	6-25 [mm]
Długość	4-5 średnic
Wartość opałowa	17,5 [MJ/kg]
Gęstość nasypowa	500-600 [m ³]
Gęstość materiału	1000-1400 [kg/ m ³]
Zawartość wilgoci	<12 [%]
Zawartość popiołu	<1,5 [%]
Zawartość części drobnych	<1,5 [%]
Zawartość siarki	≤0,08 [%]
Zawartość chlorków	≤0,03 [%]

Pelety w liczbach

- **2,0 kg** peletów zastępują **1 litr** oleju opałowego,
- **1,5 t** peletów zastępuje **1 tonę** węgla,
- **1 m³** drewna litego = **2,5 m³** zrębków = **0,5 t** peletów,
- z **1000 kg** spalonego paliwa zostaje jedynie **10-20 kg** popiołu,
- przejście na pelety to zmniejszenie emisji **CO₂** o **2,5 kg** na każdym zaoszczędzonym w ten sposób litrze oleju opałowego,
- do ogrzania domu jednorodzinnego potrzeba w przybliżeniu **5 t** peletów rocznie.

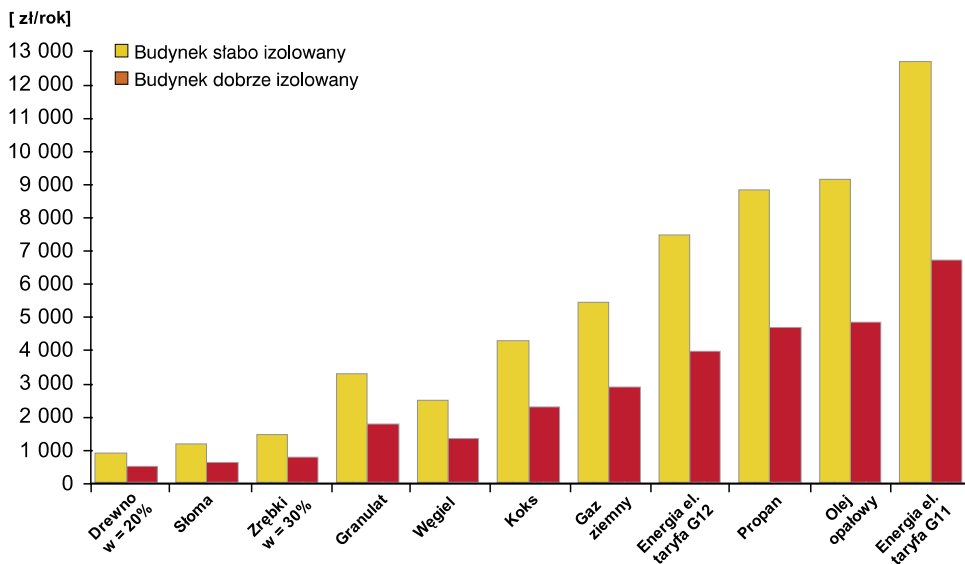
WŁASNOŚCI PALIW

Aspekt ekonomiczny

Porównanie cen detalicznych nośników energii (poziom cen brutto: wrzesień 2005 r.)

	Cena jednostki paliwa [zł/tonę]	Cena jednostki energii [zł/GJ]
Pelety	450	25,71
Propan	3 200	69,11
Olej	3 000	72,30
Gaz ziemny	1,48 [zł/m ³]	42,30
Koks	1 000	33,30
Węgiel	500	19,20

Porównanie rocznego kosztu ogrzewania jednorodzinnego domku o powierzchni 150 m² zależnie od izolacji cieplnej i nośnika energii



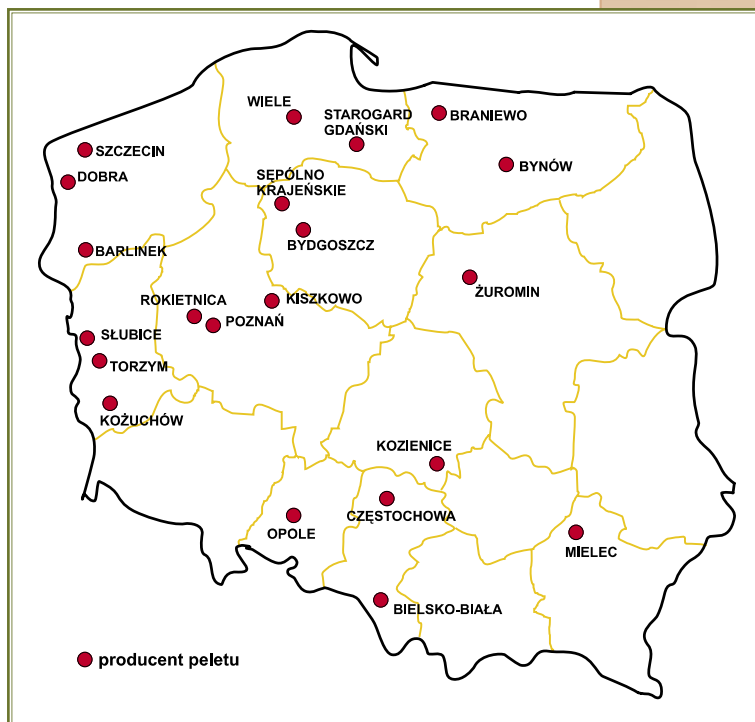
Biorąc pod uwagę ceny paliwa, pelety są paliwem szczególnie atrakcyjnym dla dotychczasowych użytkowników gazu płynnego (100% propan), oleju opałowego, gazu ziemnego oraz koksu. Najprostszym i najtańszym sposobem zamiany paliwa z oleju na pelet, w niektórych kotłowniach małych i średnich mocy, jest wymiana palników w kotłach, z olejowych na palniki spalające pelety. Zwrot inwestycji wynosi 2-3 lata.

WŁASNOŚCI PALIWI

Polski rynek peletów

Rynek peletów w Polsce jest stosunkowo młody, a o jego dynamicznym rozwoju możemy mówić dopiero od 2003 roku. Do tej pory produkcję rozpoczęło **25** wytwórców, a kilka inwestycji jest w trakcie realizacji. Najwięksi polscy producenci mają możliwości produkcyjne od **60-90 tys. ton/rok**. Produkcja w 2004 roku wyniosła **120 tys. ton**, z czego **114 tys. ton** trafiło na rynki europejskie, natomiast pozostałe **6 tys. ton** zostało zużytych na rynku polskim.

Pelety cieszą się w Polsce rosnącym zainteresowaniem, głównie z uwagi na wygodę stosowania tego biopaliwa oraz niestabilne ceny oleju opałowego.



Mapa producentów peletów

Aspekt środowiskowy

Pelety to odnawialne, a więc przyjazne środowisku źródło energii!

- Spalanie peletów **nie powoduje dodatkowej emisji CO₂**, ponieważ ilość dwutlenku węgla powstająca przy spalaniu tego paliwa jest równa tej, którą w procesie fotosyntezy pobierają rośliny posadzone na miejscu spalonych,
- pelety produkowane są z odpadów drzewnych, zatem ich produkcja przyczynia się do **zmniejszenia** problemu zagospodarowania **odpadów i zużycia paliw kopalnych**,
- **popiół** uzyskany ze spalania peletów może być wykorzystywany **jako nawóz**.

Emisje [mg/MJ]	Pelety	Węgiel	Olej opałowy	Gaz ziemny
Dwutlenek węgla	0	104 000	78 000	52 000
Tlenek węgla	50	4 500	50	50
Dwutlenek siarki	7	240	140	0
Tlenki azotu	43	70	40	40

WŁASNOŚCI PALIW

Porównanie norm dotyczących peletów w krajach europejskich

	SZWECJA SS 18 71 20			NIEMCY DIN 51731		
	3 kategorie długości [n x Ø]			5 kategorii długości [cm]		
wymiary	4 x Ø*	5 x Ø	6 x Ø	HP1	>30	>Ø10
				HP2	15-30	6-10
				HP3	10-16	3-7
				HP4	<10	1-4
				HP5	<5	0,4-1
gęstość nasypowa	≥600 kg/m ³ *	≥500 kg/m ³	≥500 kg/m ³			
trwałość/odsiew w % (<3mm)	≤0,8	≤1,5	≤1,5			
gęstość				1-1,4 g/dm ³		
zawartość wody	≤10%	≤10%	≤12%	<12%		
zawartość popiołu	≤0,7%	≤1,5%	>1,5%	<1,5%		
zawartość wilgoci (przy dostawie)	≤10%	≤10%	≤12%			
wartość opałowa	≥16,9 MJ/kg	≥16,9 MJ/kg	≥16,9 MJ/kg	17,5 - 19,5 MJ/kg**		
siarka	≤0,08%	≤0,08%		<0,08		
azot				<0,3		
chlor	≤0,03%	≤0,03%		<0,03		
arsen				<0,8 mg/kg		
kadm				<0,5 mg/kg		
chrom				<8 mg/kg		
miedź				<5 mg/kg		
rtęć				<0,05 mg/kg		
ołów				<10 mg/kg		
cynk				<100 mg/kg		
halogeny				<3 mg/kg		
środek wiążący	ilość i rodzaj musi być określony					
początkowa temperatura topnienia popiołu	temperatura musi być określona					
*w magazynie wytwórni						
** wolny od wody i popiołu						

Europejski Komitet Standaryzacji przygotowuje 30 norm technicznych dotyczących biopaliw stałych. Trzy najważniejsze normy dotyczą klasyfikacji, definicji i opisu (CEN/TS 14588:2004), specyfikacji i klasyfikacji (CEN/TS 14961:2005) oraz gwarancji jakości biopaliw stałych.

WŁASNOŚCI PALIW

Rynek peletów w wybranych krajach europejskich *

Kraj	Zużycie	Import	Eksport
	tys. Mg/rok		
Szwecja	1 240	350	
Dania	750	420	
Austria	210		60
Włochy	230	20	
Finlandia	60		200
Niemcy	140	25	
Francja	50		
Hiszpania	4		
Szwajcaria	6		
Norwegia	29		
Wielka Brytania	2		3
Słowacja	27		
Estonia	1		250
Czechy	35		
Litwa	4		65
Łotwa	5		125
Polska	6		114
Razem	2 799	815	817

* dane za 2004 r.

WŁASNOŚCI PALIW

Słoma

Słomę przeznaczoną do spalania prasuje się w baloty o masie od kilkunastu do kilkuset kilogramów lub w brykiety i pelety. Do spalania nadaje się **słoma zbóż i rzepaku**.



słoma

Warunkiem dobrego spalania słomy jest jej niska wilgotność nie przekraczająca 18%. Słoma w porównaniu do drewna zawiera duże ilości chloru i potasu, które niekorzystnie wpływają na proces spalania. Dlatego **słoma szara jest lepsza od słomy żółtej**, ponieważ deszcz wypłukał z niej wiele pierwiastków i związków chemicznych pochodzących z nawozów sztucznych.

		Skład chemiczny	
		drewno	słoma (zboże)
		[% suchej masy]	
węgiel	C	50	47,4
wodór	H	6,2	6
tlen	O	43	40
azot	N	0,3	0,6
siarka	S	0,05	0,12
chlor	Cl	0,02	0,4
popiół	A	0,43	5,48

Zwiększona ilość potasu w popiele ze słomy powoduje obniżenie temperatury topnienia popiołu, co jest niekorzystne ze względu na żużlowanie popiołu na ruszcie i zanieczyszczenie części wymiennikowych kotła upłynnionymi cząstkami popiołu. Aby nie dopuścić do topnienia popiołu w palenisku kotła na słomę utrzymuje się stosunkowo niską temperaturę w granicach 850°C. Prowadzenie spalania w takiej temperaturze jest utrudnione i wymaga precyzyjnej automatyzacji doprowadzania słomy i powietrza do komory spalania. Niska temperatura spalania sprzyja obniżeniu własności korozyjnych chloru, którego w słomie jest kilkanaście razy więcej niż w drewnie.

WŁASNOŚCI PALIWIW

Cena słomy zależna jest, głównie od kosztów jej zbioru czyli robocizny, paliwa i sznurka a także kosztów przechowywania w stanie suchym i transportu. Wartość samej słomy zależna jest od regionu kraju i warunków atmosferycznych w okresie wegetacji i podczas zbioru.

W 2004 r ceny słomy kształtowały się od 120 ÷ 150 zł/t co oznacza cenę energii zawartej w paliwie od 8 zł/GJ do 10 zł/GJ.

Dla rolnika używającego słomy do ogrzewania we własnym gospodarstwie przy pominięciu kosztów logistyki, towarzyszącej masowemu zaopatrzeniu ciepłowni, koszt słomy jest o połowę mniejszy.

Zboże

Bardzo podobne właściwości chemiczne do słomy ma **zboże**. Jeżeli występuje jego nadmiar lub gdy jest uprawiane w celach energetycznych, może być spalane w specjalnie do tego celu dostosowanych kotłach.

Ze względu na budowę ziarna, a także najniższą cenę najlepiej do spalania nadaje się **owies**, którego wartość opałowa wynosi 13 GJ/t.

Urządzenia do zasilania kotłów, a także palniki zbliżone są budową do urządzeń przeznaczonych do spalania peletów drzewnych.



owies

TECHNOLOGIE SPALANIA

Kominki

Współczesne kominki z szybą czołową osłaniającą płomień i możliwością regulacji ilości powietrza doprowadzanego do paleniska coraz częściej stosowane są jako podstawowe systemy ogrzewania domów jednorodzinnych. Tradycyjnym paliwem do kominków jest drewno rąbane, ale używane są także brykiety i pelety podawane w sposób automatyczny z niewielkich zasobników. Powietrze do spalania zasysane jest przez ciąg kominowy z zewnątrz budynku lub z ogrzewanych pomieszczeń. W tym drugim przypadku może wystąpić konieczność otwierania rozszczelniania okien lub drzwi, a tym samym zwiększenie zapotrzebowania na ciepło. Efektywniejsze jest więc niezależne doprowadzenie powietrza wprost do kominka. Bardzo ważne jest, aby kominek był szczelny. Potencjalne miejsca nieszczelności kominka to zniszczone uszczelki drzwiczek z szybą, a także niedokładne uszczelnienie popielnika, w który wyposażone są niektóre kominki. Często po pewnym czasie eksploatacji kominek rozszczelnia się na stykach elementów konstrukcyjnych ścian wskutek naprężeń termicznych. Nieszczelny kominek, to przyspieszone niekontrolowane spalanie drewna i wyższa strata kominowa. Doświadczony użytkownik może stwierdzić nieszczelność kominka po obserwacji płomienia. Użytkownikowi niedoświadczonemu zaleca się kontrolę temperatury spalin w kominie, która powinna wynosić $150 \div 180^{\circ}\text{C}$ i okresowe wykonanie analizy spalin w celu sprawdzenia współczynnika nadmiaru powietrza i zawartości CO.

Ciepło od kominka do ogrzewanych pomieszczeń doprowadzane jest przez powietrze cyrkulujące wokół powierzchni zewnętrznych kominka w drodze konwekcji naturalnej lub w sposób wymuszony dmuchawą od spodu kominka do dystrybutora zakładanego na jego sklepieniu. Z dystrybutora ciepłe powietrze doprowadzane jest giętkimi rurami o średnicach $100 \div 150$ mm do pomieszczeń oddalonych od kominka o kilka do kilkunastu metrów. Ważne jest, aby obudowa kominka umożliwiała swobodny przepływ powietrza cyrkulacyjnego i intensywny odbiór ciepła. O tym, że cyrkulacja powietrza jest odpowiednia, świadczy temperatura spalin. Oprócz kominków podgrzewających powietrze cyrkulacyjne istnieją kominki ogrzewające wodę krążącą w obiegu centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. Systemy te są bardziej skomplikowane i wymagają instalacji rurowo-grzejnikowych współpracujących z obiegami kotłowymi. Użytkownik eksploatujący kominek powinien wiedzieć, że może to być urządzenie pracujące ze sprawnością 70%, ale także znacznie niższą, nawet o połowę.



kominek

W tym drugim przypadku cały efekt ekonomiczny ogrzewania za pomocą taniego paliwa traci sens. Zdarza się, że użytkownicy eksploatują gorszej jakości nieszczelne kominki pobierające powietrze z pomieszczenia sądząc, że wspomagają ogrzewanie innego systemu. W takim przypadku może się zdarzyć, że zamierzony efekt cieplny kominka jest całkowicie zniwelowany przez nadmierną wentylację pomieszczeń. Nie powinno się więc stosować obydwu systemów równocześnie.

Małe kotły

W Polsce jest w użyciu kilka milionów kotłów służących do ogrzewania domów jednorodzinnych. Paliwem do tych kotłów jest głównie węgiel i drewno opałowe. Istnieje pilna konieczność wymiany tych kotłów o przestarzałej konstrukcji na nowoczesne kotły opalane drewnem opałowym i paliwem przetworzonym w postaci brykietów i peletów.

Użytkownik starego kotła powinien rozważyć, czy opłaca się dalej eksploatować kocioł o sprawności 50%, czy zamienić go na kocioł o sprawności 85% wykorzystując 35% więcej energii zawartej w paliwie i oszczędzając 35% paliwa i pieniędzy.

Jak ocenić sprawność starego kotła? Najlepiej dokonując pomiarów składu i temperatury spalin. Mała zawartość CO₂ i wysoka temperatura spalin to w efekcie strata kominowa i niska sprawność. Spaliny opuszczające dobre kotły mają temperatury poniżej 200°C i zawartość CO₂ powyżej 8%. Warto przyjrzeć się też konstrukcji kotła.

Kocioł do spalania drewna, czyli paliwa o dużej zawartości części lotnych dochodzących do 80% musi cechować się tzw. spalaniem dolnym polegającym na tym, że uwalniające się w części paleniskowej kotła gazy kierowane są przez obszar najwyższej temperatury na ruszcie, gdzie następuje ich całkowite i zupełne spalanie.

Kotły do spalania koksu i niektóre kotły węglowe cechują się konstrukcją, która kieruje spaliny lub ich część przez komorę zasypową kotła, gdzie następuje podgrzewanie paliwa a uwolnione gazy palne mają możliwość bezpośredniego przepływu do kominia, niespalone w całości lub części. Dym z takiego spalania jest zawsze czarny i brunatny tak długo aż nastąpi całkowite odgazowanie paliwa. Strata kominowa takich kotłów może przekroczyć 60% energii zawartej w paliwie. Dzisiaj na rynku znajdują się dwa rodzaje kotłów ładowanych ręcznie, wyposażone lub nie w urządzenia do automatycznego sterowania procesem spalania drewna.

Użytkownik powinien wiedzieć, że minimalne wyposażenie kotła w takie urządzenia to wentylator nadmuchowy z rozdzielaczem powietrza na pierwotne i wtórne, regulator temperatury tzw. krótki obieg rozgrzewający kocioł wraz z panelem sterującym tymi urządzeniami. Ze względu na brak możliwości dokładnego dopasowania pracy kotła ładowanego ręcznie do zmieniającego się zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania (w zależności od temperatury zewnętrznej i nasłonecznienia), instalacje winny być wyposażone w zbiorniki akumulacyjne. Taki zasobnik ciepła na tyle poprawia pracę kotła, że roczne oszczędności paliwa sięgają do 20%. Rekomendowana wielkość zasobnika dla kotłów do domów jednorodzinnych o mocy 25 kW wynosi ok. 700 l.

Należy pamiętać, że w związku z nierównomierną pracą kotłów ładowanych ręcznie ich moc nominalna powinna być 2 razy większa niż zapotrzebowanie budynku na ciepło.



Kocioł ze spalaniem automatycznym ładowany ręcznie.

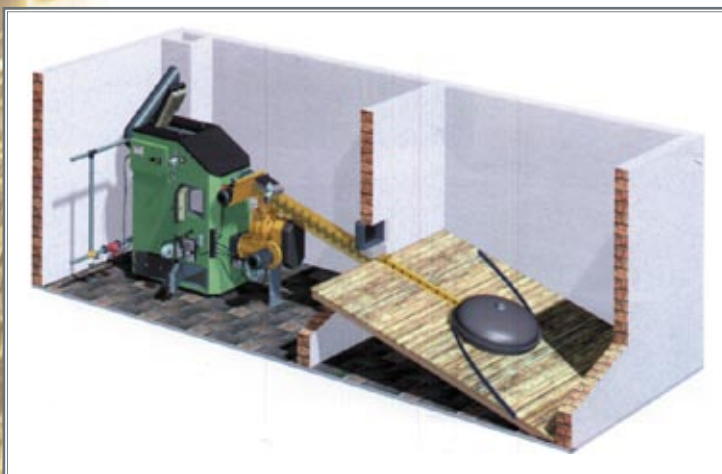
TECHNOLOGIE SPALANIA

Do spalania peletów, brykietów i suchych zrębków stosuje się kotły z automatycznym podawaniem paliwa oraz ciągłym sterowaniem procesem spalania poprzez regulację ilości powietrza doprowadzanego do kotłów. Kotły takie cechują się sprawnościami przekraczającymi 90%, elastyczną pracą dopasowaną do zmieniającego się zapotrzebowania na ciepło oraz bardzo niskimi emisjami tlenku węgla nie przekraczającymi wartości 100 ppm (0,01%). Kotły takie spełniają oczekiwania użytkownika odnośnie minimum wymagań obsługi, upodabniając je pod tym względem do kotłów olejowych. Najlepsze konstrukcje wyposażone w automatyczne odpopielanie wymagają przeglądu 1 raz w sezonie, a te ze zbiornikami popiołu wewnątrz 1 raz w miesiącu. Na rynku polskim znajduje się kilku krajowych producentów kotłów godnych polecenia oraz kilku przedstawicieli sprzedających kotły renomowanych firm europejskich. Użytkownik ma możliwość wyboru kotła w zależności do swoich potrzeb i możliwości finansowych.



Przykłady kotłów

*kocioł zasilany
z magazynu paliwa*



*kocioł zasilany
z zasobnika przykottowego*

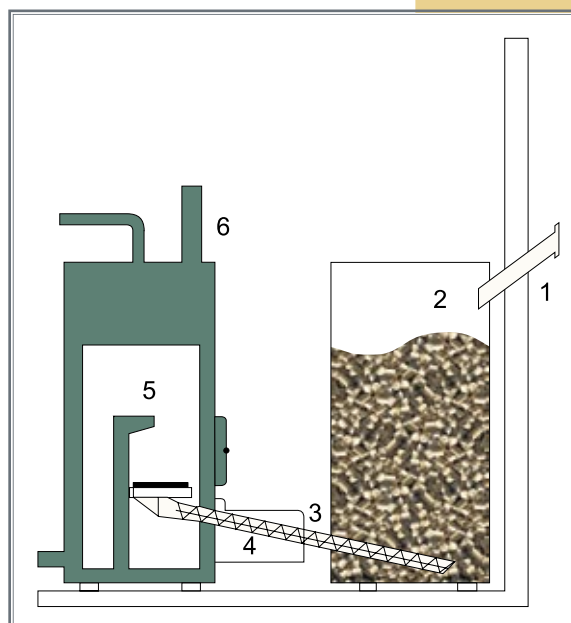
TECHNOLOGIE SPALANIA

Charakterystyka kotła na pelety

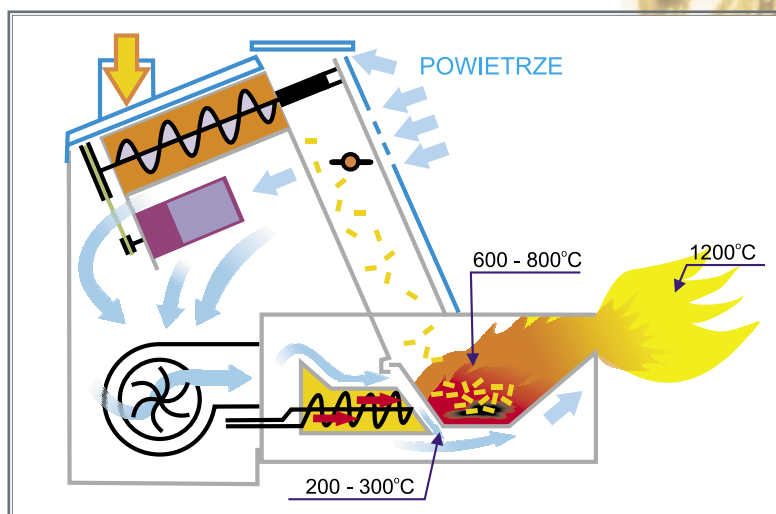
- posiada instalację automatycznego i regulowanego zasilania paliwem z możliwością transportu paliwa do kilkunastu metrów,
- jest wyposażony w regulowane dmuchawy powietrza do spalania, automatyczne zapalniki elektryczne zabezpieczenia przed przegrzaniem i przetądowaniem paliwa,
- osiąga sprawność powyżej 90%,
- może być wyposażony w sondę lambda, która mierząc współczynnik nadmiaru powietrza, kontroluje proces spalania,
- posiada certyfikaty krajowe i europejskie, może być również wykorzystywany do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Schemat kotła

1. przyłącze do napełniania silosu z cysterny
2. silos na pelet
3. podajnik peletu do palnika
4. palnik na pelet
5. komora spalania kotła
6. komin



Proces spalania peletu



TECHNOLOGIE SPALANIA

Orientacyjne ceny kotłów

Ceny kotłów opalanych peletami na potrzeby domku jednorodzinnego są dość zróżnicowane i zależą od szeregu czynników, takich jak: moc, sprawność, klasa urządzenia, kraj produkcji.

Ceny kotłów polskiej produkcji oscylują między 7 500 – 18 500 zł, natomiast ceny kotłów zagranicznych producentów wahają się między 21 000 – 50 000 zł (ceny brutto).



koszyk na pelety

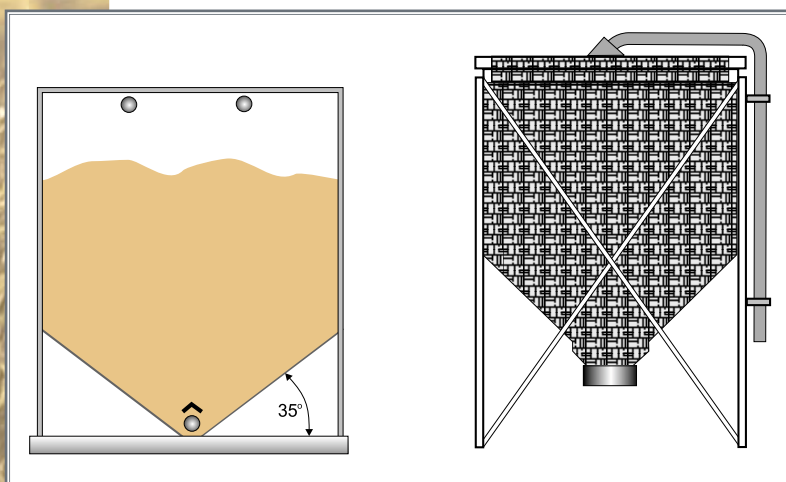
W Polsce rośnie liczba sprzedanych kotłów opalanych peletami. Łączna moc zainstalowanych kotłów wynosi ponad 15 MW, w tym 500 kotłów o mocach do 25 kW.

Obecnie kilka firm rozpoczęło produkcję palników peletów do kotłów olejowych. Większość palników dostępnych na krajowym rynku to palniki firm zagranicznych.

Na rynku polskim dostępne są również **kominki** opalane peletami lub specjalne **koszyki na pelety** do kominków.

Sposoby magazynowania peletu

Pelet może być magazynowany w pomieszczeniach piwnicznych lub zbiornikach wolnostojących wykonanych ze stali, drewna lub tkanin, o pojemności kilku metrów sześciennych.



magazynowanie peletu

Cieplownie

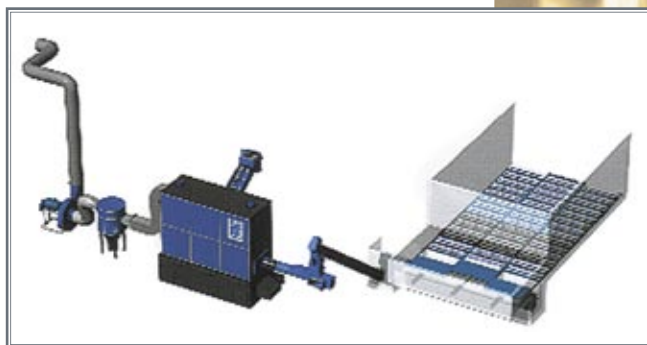
Cieplownie wyposażone są w kotły średniej wielkości, o mocy kilkuset kW do kilku MW i instalacje doprowadzające ciepło do więcej niż jednego odbiorcy.

Typowa cieplownia wyposażona jest w kocioł lub kotły z automatycznym zasilaniem w paliwo, którym zazwyczaj są zrębki lub trociny, z silosu usytuowanego obok kotła. Silos o pojemności wystarczającej na kilka dni pracy kotła z mocą nominalną, posiada ruchomą podłogę skąd paliwo podawane jest systemem przenośników do komory paleniskowej kotła.

Komora paleniskowa, która obok części wymiennikowej jest najważniejszym zespołem kotła, wyposażona jest w ruchomy ruszt schodkowy lub ruszt podsuwowy i obmurowana ceramiką ognioodporną.

Do innych typowych elementów systemów cieplowni należą:

- magazyn, którego ładowarka kotłowa dostarcza paliwo do silosa,
- instalacja oczyszczania spalin z kominem,
- instalacja odpopielania,
- instalacja odbioru, zmieszania i rozprowadzania wody grzewczej,
- opcjonalnie ekonomizer do schładzania spalin do temperatury ok. 100°C i wymiennik kondensujący parę wodną zawartą w spalinach stosowane dla podniesienia sprawności cieplowni o kilka do kilkunastu procent.



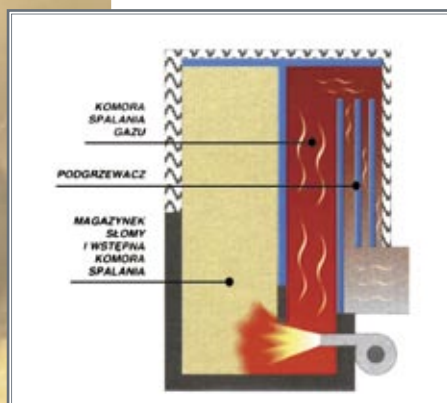
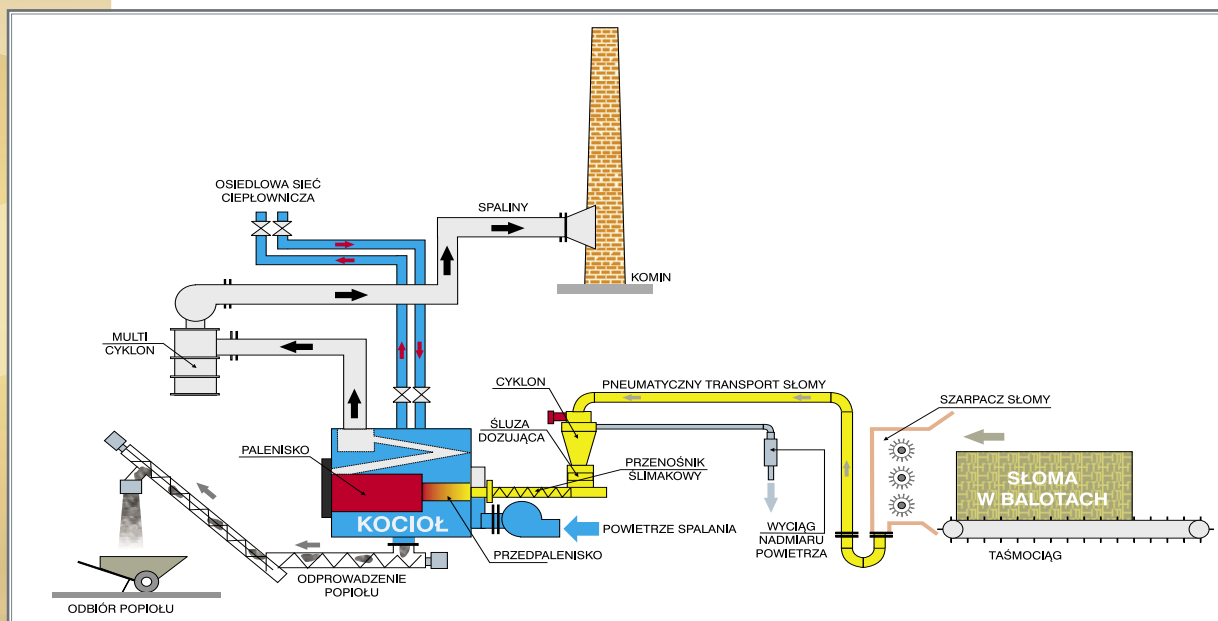
*schemat cieplowni
opalanej zrębkami*

W Polsce pracuje kilkadziesiąt cieplowni komunalnych opalanych zrębkami i trocinami, z których największa o mocy 21 MW została wybudowana w Piszcu.

Kilkanaście firm krajowych wyspecjalizowało się w produkcji kotłów i budowie cieplowni. W załączniku 1 przedstawiono wykaz kotłowni wybudowanych w woj. pomorskim.

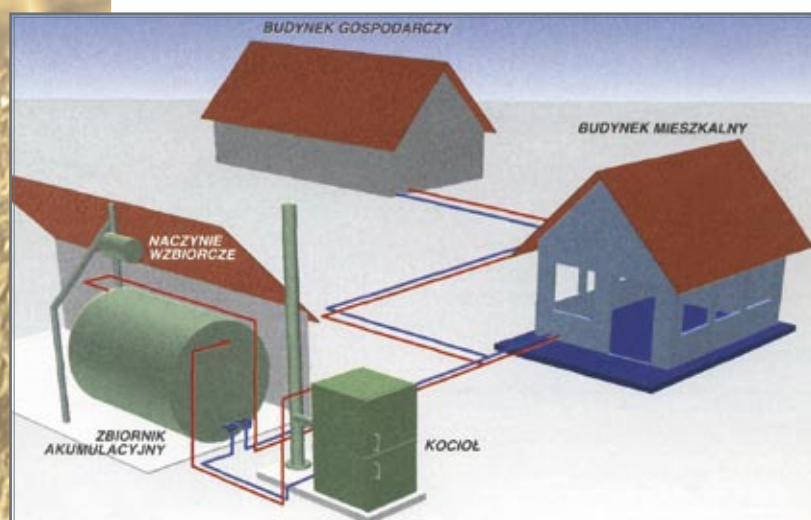
Ważne miejsce wśród kotłowni opalanych biomasą stałą znajdują kotłownie opalane słomą. Produkowane są kotły o mocach od kilkudziesięciu do kilkuset kW jako kotły wsadowe i kotły o mocach od 500 kW do kilku MW jako kotły automatyczne.

TECHNOLOGIE SPALANIA



W kotłowniach automatycznych spala się słomę uprzednio rozdrobnioną na szarpakach i podawaną do kotła systemem podajników. Spalanie odbywa się w komorze spalania na ruszcie schodkowym z kilkunastostrefowym systemem podawania powietrza. Proces spalania sterowany jest w oparciu o temperaturę i sondę lambda. W kotłach wsadowych obowiązuje zasada spalania przeciwwądowego, gdzie gazy spalinowe dopalane są w strumieniu świeżego powietrza doprowadzonego do spalania.

spalanie przeciwwądowe



kotłownia na słomę w gospodarstwie rolniczym

EKSPLOATACJA KOTŁÓW

PRAKTYCZNE UWAGI NA TEMAT EKSPLOATACJI KOTŁÓW

Powietrze w procesie spalania.

Powietrze używane w procesie spalania jest powietrzem atmosferycznym. Aby wprowadzić powietrze do kotła oraz odprowadzić spaliny potrzebna jest różnica ciśnień. W komorze spalania kotła ciśnienie musi być niższe niż ciśnienie otoczenia. Następuje wtedy zassanie świeżego powietrza. Odprowadzenie spalin jest możliwe dzięki temu, że ciśnienie w kominie jest jeszcze niższe niż w komorze spalania.

Ilość powietrza zassanego do komory spalania zależy od:

- powierzchni wlotu powietrza,
- szczelności,
- ciągu,
- oporów w komorze paleniskowej,
- oporów w kanałach i płomieniówkach.

Poniżej przedstawiono sposób obliczeń ilości powietrza, umożliwiający określenie wielkości otworów doprowadzających powietrze oraz oszacowanie ilości powietrza „fałszywego”, dopływającego przez szczelności.

Różnica ciśnień może być wytworzona przez komin, wentylatory świeżego powietrza lub wentylatory wyciągowe spalin.

Aby obliczyć prędkość powietrza przepływającego przez otwór można posłużyć się następującym wzorem:

$$v = \varphi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad [\text{m/s}]$$

gdzie:

współczynnik: $\varphi = 1$ dla wlotu o krawędziach zaokrąglonych
 $\varphi = 0,7$ dla wlotu z krawędziami ostrymi
 ρ - jest gęstością powietrza [kg/m^3]
 Δp - różnica ciśnień [Pa]

Dla temperatury powietrza $t = 0^\circ \text{C}$ wzór można uprościć do postaci:

$$v = 4 \cdot \sqrt{\Delta p} \quad [\text{m/s}]$$

Wzór jest używany dla obliczenia ilości powietrza przepływającego przez otwór o zaokrąglonych krawędziach, o powierzchni 1 cm^2 do kotła, przy różnych różnicach ciśnień.



EKSPLOATACJA KOTŁÓW

Zestawienie prędkości i ilości powietrza dla różnych różnic ciśnienia.

Różnica ciśnień [Pa]	Prędkość [m/s]	Ilość powietrza na 1 h na 1 cm ² otworu
0.1	1.27	0.46
0.4	2.53	0.91
1	4.0	1.44
4	8.0	2.88
9	12.0	4.32
10	12.6	4.55

Lepkość powietrza wzrasta wraz ze wzrostem temperatury, przeciwnie niż dla większości cieczy jak paliwa ciężkie, olej opałowy, mazut których lepkość maleje ze wzrostem temperatury. Jednym z efektów takich własności powietrza jest wzrost oporu przepływu przez kocioł i komin.

W wyniku wzrostu temperatury wzrasta również, na skutek rozszerzalności cieplnej, objętość spalin którą należy przetłoczyć w tej samej jednostce czasu, a więc i ich opór przepływu. Większa lepkość powietrza powoduje również, że porywa ono z sobą większe cząstki paliwa.

Aby zapewnić spalanie zupełne paliwa należy dostarczyć do kotła odpowiednią ilość powietrza. Jeżeli ilość dostarczonego powietrza wynosi dokładnie tyle ile zapotrzebowanie teoretyczne (stechiometryczne), to współczynnik nadmiaru powietrza wynosi 1, a ilość powietrza jest w przybliżeniu równa 1m³/h na 1 kW mocy dowolnego paliwa.

Temperatura komory spalania

Transport ciepła w komorze spalania zależy od zdolności ścianek do przewodzenia ciepła pobranego od gorących spalin do wody kotłowej. Nazywamy to przewodnością cieplną ścianki. Należy zaznaczyć, że przewodzenie ciepła zależy od tego, czy ścianka komory spalania jest zrobiona z metalu czy jest pokryta warstwą ceramiczną, oraz od grubości tej warstwy. Materiały ceramiczne mogą mieć różną przewodność cieplną. Ciężkie i masywne przewodzą ciepło lepiej (złe zdolności izolacyjne) i przejmują więcej ciepła niż materiały lekkie i porowate.

Przenoszenie ciepła zależy również od tego, czy ścianka jest czysta, czy zabrudzona sadzą lub żużlem co pogarsza jej przewodność cieplną, oraz od temperatury i przepływu w pobliżu ścianki. Dotyczy to zarówno ścianki po stronie spalin jak i po stronie wody.

Poniższy rysunek, wraz z tablicami, pokazuje jak grubość warstwy ceramicznej wpływa na wymianę ciepła i temperaturę powierzchni komory spalania. Przykład jest zobrazowany dla ciężkiego, średniego i lekkiego materiału ceramicznego o różnej grubości.

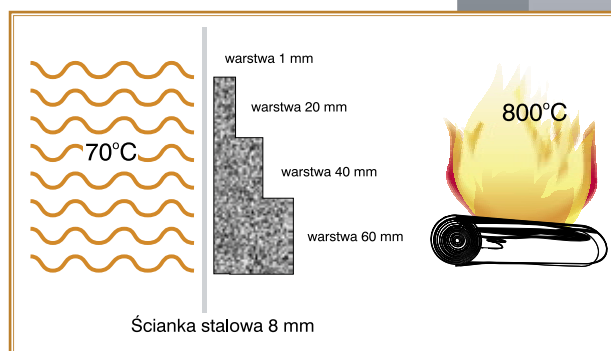
EKSPLOATACJA KOTŁÓW

W poniższych tabelach zamieszczono obliczoną temperaturę powierzchni i ilość ciepła przenikającego przez 1 m² powierzchni przy następujących założeniach:

- temperatura gazu - 800°C,
- temperatura wody - 70°C,
- grubość ścianki - 8 mm.

Obliczanie temperatury na powierzchni ścianki oraz ilości przenikającego ciepła mogą służyć jako dodatkowe dane w czasie projektowania komory spalania lub jej modyfikacji. Możliwe jest również obliczenie temperatury spalin w punkcie, w którym opuszczają one komorę spalania. Aby zapewnić spalanie zupełne temperatura wewnątrz komory spalania powinna być wyższa od 800° C.

Wpływ grubości warstwy ceramicznej na współczynnik przewodzenia ciepła.



Temperatura powierzchni komory spalania

Grubość warstwy ceramicznej	Współczynnik przewodzenia ciepła		
	2,00 W/mK	1,57 W/mK	0,26 W/mK
0 mm	82°C		
1 mm	108°C	118°C	324°C
20 mm	539°C	587°C	762°C
40 mm	659°C	688°C	781°C

Ilość przenikającego ciepła w kW/m² powierzchni

Grubość warstwy ceramicznej	Współczynnik przewodzenia ciepła		
	2,00 W/mK	1,57 W/mK	0,26 W/mK
0 mm	77 kW/m ²		
1 mm	76 kW/m ²	76 kW/m ²	66 kW/m ²
20 mm	47 kW/m ²	41 kW/m ²	9 kW/m ²
40 mm	30 kW/m ²	24 kW/m ²	5 kW/m ²
60 mm	21kW/m ²	17 kW/m ²	3 kW/m ²

EKSPLOATACJA KOTŁÓW

Warstwa ceramiczna o dużej grubości posiada dużą pojemność cieplną co powoduje wydłużenie czasu rozgrzewania w czasie rozruchu oraz chłodzenia, gdy nastąpi wygaszenie płomienia lub jego zmniejszenie. Ponadto, na przenikanie ciepła mają wpływ zjawiska aerodynamiczne zachodzące w komorze spalania.

Naturalny ciąg kominowy

Naturalny ciąg kominowy wynika z różnicy ciężaru między chłodniejszym powietrzem otaczającym komin, a lżejszymi spalinami wewnątrz komina. Oznacza to, że ciąg kominowy może istnieć tylko tak długo, jak długo istnieje odpowiednia różnica temperatur oraz związana z tym, odpowiednia różnica ciężaru między otaczającym powietrzem a spalinami. Jeżeli różnica temperatur zanika, jak w przypadku kominów nieizolowanych, ciąg kominowy jest osłabiony lub ustaje zupełnie.

Gęstość powietrza w temperaturze 0°C wynosi w przybliżeniu 1.3 kg/m³, gdy np. w temperaturze 270°C wynosi około 0,6 kg/m³.

Przyczyny niestabilności ciągu

Niestabilny ciąg powoduje zmiany w ilości doprowadzanego powietrza i oddziałuje negatywnie na proces spalania.

Przyczyny podane poniżej mogą spowodować niestabilny ciąg lub nadciśnienie wewnątrz komory spalania zamiast ciągu kominowego:

- silny wiatr nad kominem może znacznie zwiększyć ciąg kominowy,
- silny wiatr może być przyczyną zmniejszenia ciągu kominowego, jeśli komin jest usytuowany po stronie zawietrznej wysokich drzew lub budynków itd., może to być przyczyną przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia w komorze spalania co pogarsza proces spalania oraz może powodować wypychanie sadzy i CO do pomieszczenia kotłowni przez nieszczelności w kotle,
- nadmierne chłodzenie spalin w nieizolowanym kominie o zbyt dużym przekroju może tak osłabić ciąg, że wystąpi nadciśnienie w komorze spalania oraz być przyczyną nadmiernego niepełnego spalania z dużą ilością sadzy,
- ponadto zbyt intensywne chłodzenie może być przyczyną, że część pary wodnej w spalinach ulegnie kondensacji, co może być przyczyną przyspieszonej korozji materiału komina.

Podstawowym wymaganiem czystego spalania jest jak najmniejsza ilość powietrza przy odpowiedniej ilości O₂, wystarczającej do pełnego spalania oraz stabilne warunki dostarczania powietrza i paliwa.

EKSPLOATACJA KOTŁÓW

Kilka kotłów podłączonych do jednego komina

Praktyka wykazuje, że osiągnięcie czystego, stabilnego i ekonomicznego spalania, przy podłączeniu kilku kotłów do jednego dużego przewodu spalinowego odprowadzającego spaliny i do jednego dużego, często nieizolowanego komina jest niemożliwe. Zarówno przekrój przewodu spalinowego jak i komina mają wymiar obliczony dla wszystkich kotłów pracujących przy pełnym obciążeniu, lecz w praktyce to się nigdy nie zdarza. Ciąg kominowy będzie się w rzeczywistości znacznie zmieniał w zależności od tego, czy pracuje jeden kocioł czy kilka. Jedynym właściwym rozwiązaniem w kotłowni z kilkoma kotłami jest zapewnienie usuwania spalin z każdego kotła osobnym przewodem spalinowym i osobnym, izolowanym kominem o odpowiednim wymiarze. Zapewnia to pełną kontrolę nad temperaturą spalin, ciągiem kominowym oraz prędkością spalin niezależnie od ilości pracujących kotłów.

Izolacja przewodów spalinowych i komina

W celu uniknięcia niepotrzebnego ochłodzenia się spalin na drodze z kotła do zwieńczenia komina jest potrzebna izolacja na całej drodze przebywanej przez spaliny. Przewód spalinowy pomiędzy kotłem a kominem niepotrzebnie oddaje ciepło do pomieszczenia kotłowego. Ciepło to mogłoby być lepiej wykorzystane w kominie, więc przewody spalinowe powinny być również izolowane.

Żużel i popiół

Żużel jest to roztopiony popiół. Tworzy się, gdy temperatura jest większa od temperatury topnienia popiołu. Dla wielu popiołów temperatura topnienia nie jest określona jako punkt ale jako przedział temperatur od temperatury mięknięcia do temperatury topnienia.

Żużel może powodować trudności w eksploatacji kotłów ze względu na:

- spiekanie niespalonego paliwa i znaczne ograniczenie powierzchni paliwa, do której dociera powietrze,
- duże formacje złączonego, ciastowatego żużla mogą być trudne do usunięcia z paleniska,
- przewody spalinowe mogą być zablokowane przez lotne części popiołu, które z powodu stopionej powierzchni mogą przyklejać się do chłodniejszych powierzchni rurowych kotła.

Przyczyny kłopotów

- wiele popiołów topi się w temperaturze o 50 - 100° C niższej niż "zwykła" temperatura topnienia jeśli spalanie prowadzone jest w atmosferze redukującej (niezupełne spalanie),
- mały stosunek $\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{AbO}_3)$ powiększa rozpiętość między temperaturą mięknięcia a temperaturą topnienia co powoduje utrudnienie w ominięciu tego zakresu temperatur w czasie eksploatacji kotła,
- duża zawartość żelaza w popiele powoduje obniżenie temperatury topnienia.



EKSPLOATACJA KOTŁÓW

Sposobów przeciwdziałania problemom związanym z żużlem jest wiele, ale kilka z nich to:

- użycie wodnego chłodzenia rusztu,
- usunięcie ze spodu kotła części wymurówki (możliwe tylko gdy spód kotła chłodzony jest wodą),
- zwiększenie radiacyjnej części kotła w porównaniu z częścią konwekcyjną kotła; dla kotłów istniejących przez zredukowanie załadowania, w nowych kotłach przez zmianę konstrukcji.

Przyczyny złego spalania

Opalenie kotłów węglem i koksem powoduje zanieczyszczenia sadzą, niespalonymi węglowodorami, tlenkiem węgla, częściami lotnymi węgla, koksu i popiołu oraz oczywiście tlenkami siarki i azotu. Złe spalanie jest nie tylko problemem środowiskowym, ale także ekonomicznym. Niespalone składniki paliwa w spalinach, tak samo jak niepotrzebne powietrze podgrzewane do temperatury spalin powodują straty podczas spalania.

Straty ze względu na niezupełne spalanie gazów zawartych w spalinach dla nadmiaru powietrza równego jeden wynoszą w przybliżeniu:

- na 1% H_2 -5%
- na 1% CH_4 - 15%
- na 1% CO -5%

Złe spalanie jest spowodowane głównie przez:

- nieszczelności kotła wokół drzwi i w całym kotle,
- nie działające poprawnie lub brak przepustnic powietrza,
- nieszczelności kanałów przepływowych,
- brak lub uszkodzenie przepustnic spalin,
- wspólny komin dla kilku kotłów,
- praca kotła bez obciążenia,
- nieodpowiednia konstrukcja kotła,
- zły gatunek paliwa, niewłaściwa regulacja.

Zabiegi poprawiające spalanie

Polepszenie ekonomiczności spalania oraz sprawności spalania a także redukcja zanieczyszczeń może być dokonana dzięki kilku prostym środkom zaradczym. Najważniejsze z nich to:

- uszczelnienie obmurza, drzwi, otworów wyczystkowych i przewodów spalinowych,
- naprawa lub założenie przepustnicy spalin ze skalą wskazującą pozycję otwarcia,
- izolacja przewodów spalinowych (izolacja kotłów jest również konieczna, wynika ona jednak z powodu ekonomiczności, a nie z powodu poprawy efektywności spalania),
- poszczególne kotły powinny być podłączone do indywidualnych, izolowanych przewodów spalinowych.

Niektóre z wymienionych to bardzo proste środki zaradcze nie wymagające znaczących kosztów inwestycyjnych.

EKSPLOATACJA KOTŁÓW

Instalacja wodna

Temperatura wody kotłowej a korozja od strony spalin

Materiały kotłowe jak blachy i płomieniówki nie są zbyt odporne na związki siarki zawarte w spalinach, dlatego ważne jest utrzymanie właściwej, wysokiej temperatury wody, zarówno na górze jak i na dnie kotła. Woda powracająca do kotła powinna mieć temperaturę nie niższą niż 70 C, chyba że producent kotła określa inaczej. Zalecenia te są bardzo ważne ze względu na konieczność ominięcia wykrapłania zakwaszonej wody ze spalin.

Utlenianie wody kotłowej przyczyną korozji

Otwarty zbiornik ekspansyjny (naczynie wzbiorcze) wymagany przy kotłach opalanych paliwem stałym jest często przyczyną niepotrzebnych strat ciepłych oraz utleniania wody ze względu na ciągły przepływ wody przez zbiornik. Instalacja powinna zapobiegać temu przepływowi. Ochroną przed zamrażaniem wody w zbiorniku może być węzownica z ciepłą wodą kontrolowaną przez zawór termostatyczny na rurze powrotnej.

Wymuszenie obiegu wody

Dla zapewnienia wysokiej temperatury również w dolnej części kotła, stosuje się wymuszenie obiegu wody przez kocioł. Jedno z rozwiązań polega na tym, że pompy zasysają część ciepłej wody kotłowej i mieszają ją z powracającą zimną wodą. Powoduje to uniknięcie naprężeń termicznych w kotle, szczególnie w kotłach z elementami odlewanych i zapewnia wystarczający strumień wody w kotle, oraz zmniejsza ryzyko korozji.

Równoległa praca kilku kotłów

W kotłowniach z kilkoma kotłami można często zaobserwować, że niektóre kotły pracują niepotrzebnie powodując, że żaden kocioł nie pracuje pod odpowiednim obciążeniem i wszystkie są nieobciążone przez większą część czasu. Jest to nieekonomiczne i technicznie nieuzasadnione, np. ciąg może być bardzo niestabilny ze względu na niską temperaturę spalin. Liczba pracujących kotłów powinna być dopasowana do obciążenia cieplnego.



KOTŁOWNIE OPALANE BIOMASĄ

**Załącznik 1. Wykaz kotłowni opalanych biomasą wybudowanych w woj. pomorskim
(wrzesień 2005)**

Lp.	Miejscowość	Paliwo	Moc zainstal. [kW]	Powiat	Gmina
1	Czarna Dąbrówka -szkoła	drewno r.*	195	bytowski	Czarna Dąbrówka
2	Czarna Dąbrówka -Gminny Ośrodek Kultury	drewno	47	bytowski	Czarna Dąbrówka
3	Rokity -szkoła	drewno r.	150	bytowski	Czarna Dąbrówka
4	Jasień - szkoła	drewno	44	bytowski	Czarna Dąbrówka
5	Jasień - Wiejski Dom Kultury	drewno	44	bytowski	Czarna Dąbrówka
6	Kołczygłowy - Zespół Szkół	drewno r.	450	bytowski	Kołczygłowy
7	Kawcze	pelet	100	bytowski	Miastko
8	Tuchomie	słoma	70	bytowski	Tuchomie
9	Rindipol	drewno r.	6 000	chojnicki	Chojnice
10	Gospodarstwo rolne Mirosław Gajdemski - Czar-nowo	słoma	900	chojnicki	Brusy
11	Brusy - szkoła podstawowa	słoma	340	chojnicki	Brusy
12	Pawłówko	słoma	300	chojnicki	Chojnice
13	Pawłówko - Spar Meble	drewno r.	530	chojnicki	Chojnice
14	Krojanty - Klinika Rehabilitacyjna	drewno r.	690	chojnicki	Chojnice
15	Wierzchowo - szkoła	słoma	400	człuchowski	Człuchów
16	Polnica - szkoła, W.Ośr.Zdr., hala sport.	słoma	600	człuchowski	Człuchów
17	Barkowo - szkoła	słoma	300	człuchowski	Człuchów
18	Dębica	słoma	70	człuchowski	Człuchów
19	Rzeczénica - Urząd Gminy	drewno r.	700	człuchowski	Rzeczénica
20	Miedzybórz - szkoła	drewno	50	człuchowski	Rzeczénica
21	Rzeczénica - OSP	drewno	21	człuchowski	Rzeczénica
22	Przechlewo kotłownia osiedlowa	słoma	4 000	człuchowski	Przechlewo
23	Wandzin - ośrodek readaptacyjny	drewno r.	280	człuchowski	Przechlewo
24	Koczała - kotłownia osiedlowa	drewno r.	1 500	człuchowski	Koczała
25	Barkowo - kotłownia szkolna	słoma	300	człuchowski	Człuchów
26	Wieniec	słoma	600	gdański	Gdańsk
27	Przywidz - pensjonat „Zielona Brama”	drewno r.	100	gdański	Przywidz
28	Gospodarstwo Rolne Skarbu Państwa Trutynowy/Cedry Wielkie	słoma	500	gdański	Cedry Wielkie
29	Otomin - budynek mieszkalny	pelet	40	gdański	Kolbudy
30	Cedry Wielkie - kotłownia osiedlowa	drewno	30	gdański	Cedry Wielkie
31	Cedry Wielkie - budynek mieszkalny	drewno	15	gdański	Cedry Wielkie
32	Cedry Wielkie - budynek mieszkalny	drewno	20	gdański	Cedry Wielkie
33	Cedry Małe - budynek mieszkalny	drewno	20	gdański	Cedry Wielkie
34	Koszwały - budynek mieszkalny	drewno	20	gdański	Cedry Wielkie
35	Trutynowy - plebania	drewno	20	gdański	Cedry Wielkie
36	Gdynia - zakład produkcyjny	pelet	150	gdynia	Gdynia
37	Nowa Kiszewa	drewno	22	kościerski	Kościerzyna
38	Stara Kiszewa - Urząd Gminy	drewno	75	kościerski	Stara Kiszewa
39	Cięgardło	drewno	22	kościerski	Stara Kiszewa
40	Gotuń	drewno	22	kościerski	Kościerzyna
41	Wdzydze Kiszewskie	drewno	22	kościerski	Kościerzyna
42	Debrzyno	drewno	22	kościerski	Kościerzyna
43	Karsin	drewno	22	kościerski	Karsin
50	Maszewko - szkoła	pelet	75	lęborski	Wicko
51	Chabrowo - szkoła	pelet	75	lęborski	Wicko

KOTŁOWNIE OPALANE BIOMASĄ

52	MADEX Malbork	słoma	300	malborski	Malbork
53	Rybina	słoma	300	nowodworski	Stegna
54	Marzęcino	pelet	300	nowodworski	Nowy Dwór Gdański
55	Grochowo I - Gospodarstwo Rolne Wiszka	słoma	2 000	nowodworski	Stegna
56	Wierciny	słoma	50	nowodworski	Nowy Dwór Gdański
57	Kępice	drewno r.	4 000	słupski	Kępice
58	Biesowice	drewno r.	600	słupski	Kępice
59	Kotłownia w Głobinie	drewno r.	249	słupski	Słupsk
60	Kotłownia w Bierkowie	drewno r.	249	słupski	Słupsk
61	Kotłownia we Wrześciu	drewno r.	200	słupski	Słupsk
62	Kotłownia w Siemianowicach	drewno r.	100	słupski	Słupsk
63	Kotłownia we Włynkówku - szkoła	drewno r.	100	słupski	Słupsk
64	Kotłownia we Włynkówku - sala gimnastyczna	drewno r.	100	słupski	Słupsk
65	Włynkówko	drewno	20	słupski	Słupsk
66	Główczyce	drewno	120	słupski	Główczyce
67	Kwakowo - Zakład Drzewny Drewcorp	drewno r.	100	słupski	Kobylnica
68	Kobylnica - Zakład Drzewny Drzewen	drewno r.	200	słupski	Kobylnica
69	Widzino - Zakład Drzewny Cerber	drewno r.	300	słupski	Kobylnica
70	Korzybie - Z-dy Drzewne POLTAREX-Lębork	trociny	500	słupski	Kępice
71	Podole Wielkie - gorzelnia	słoma	1 100	słupski	Główczyce
72	Witkowo	słoma	40	słupski	Smóldzino
73	Nowe Skórowo	słoma	40	słupski	Potęgowo
74	Damnica - osiedle nadleśnictwa	drewno r.	350	słupski	Damnica
75	Damnica - zakład drzewny	drewno r.	2 250	słupski	Damnica
76	Czarna Woda	zrębki, trociny	3 200	starogardzki	Czarna Woda
77	Czarna Woda - Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych	pelety	75	starogardzki	Czarna Woda
78	Bączek	słoma	600	starogardzki	Skarszewy
79	Lalkowy - gorzelnia	słoma	700	starogardzki	Smętowo Graniczne
80	Czarny Las -RSP	drewno r.	150	starogardzki	Skórcz
81	TERMETAL - Krąg k/Starogardu Gd.	słoma	500	starogardzki	Starogard Gdański
82	RSP KOOPEROL k/Starogardu Gd.	słoma	500	starogardzki	Starogard Gdański
83	Osieczna	zrębki	600	starogardzki	Osieczna
84	Cieszymowo	słoma	1 000	sztumski	Mikołajki Pomorskie
85	Czernin	słoma	3 500	sztumski	Sztum
86	Szropy	słoma	1 000	sztumski	Stary Targ
87	Stary Targ	słoma	1 000	sztumski	Stary Targ
88	Waplewo	słoma	3 000	sztumski	Stary Targ
89	Zielonki -PEC	słoma	1 000	sztumski	Stary Targ
90	Jurkowice	słoma	800	sztumski	Stary Targ
91	Gospodarstwo Rolne Subkowy k/Tczewa	słoma	500	tczewski	Subkowy
92	Borkowo	słoma	130	tczewski	Morzeszczyn
93	Wejherowo - szpital	drewno r.	2 000	wejherowski	Wejherowo
94	Wejherowo - tartak	drewno r.	2 000	wejherowski	Wejherowo
95	Grabowiec	słoma	1 000	wejherowski	Szemud
96	Gniewino	drewno r.	1 400	wejherowski	Gniewino
97	Chynów	słoma	300	wejherowski	Gniewino
98	Karczemki	drewno	22	wejherowski	Szemud
99	Luzino	drewno	22	wejherowski	Luzino
	Zestawienie				
	Źródła opalane słomą	słoma	28 040		
	Źródła opalane drewnem	drewno	32 917		
	Razem		60 957		

* drewno rozdrobnione.

OCHRONA ŚRODOWISKA

RACJONALIZACJA GOSPODARKI
ENERGETYCZNEJ
ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

PLANOWANIE ENERGETYCZNE
PROGRAMY ENERGOOSZCZĘDNOŚCIOWE

ZRÓWNOWAŻONE BUDOWNICTWO

AUDYTY ENERGETYCZNE
CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNE
MONITORING I ROZLICZENIA KOSZTÓW CIEPŁA

WDRAŻANIE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

STUDIA WYKONALNOŚCI
KONCEPCJE I PROJEKTY
WNIOSKI O UZYSKANIE FUNDUSZY

PROMOCJA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

KAMPANIE PROMUJĄCE OZE
KONFERENCJE KRAJOWE I MIĘDZYNARODOWE
SEMINARIA I PUBLIKACJE

WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

PROGRAMY KOMISJI EUROPEJSKIEJ
PROGRAMY PARTNERSKIE

DORADZTWO TECHNICZNO-FINANSOWE

REGIONALNE BIURO INFORMACJI O OZE
EUROPEJSKIE CENTRUM GRANULATU DRZEWNEGO
Oddział w Polsce
AKREDYTOWANY WYKONAWCA PARP – DZIAŁANIE 2.1

Zapraszamy do współpracy!

80-298 Gdańsk
ul. Budowlanych 31

tel: +48 (58) 347 55 35
fax: +48 (58) 347 55 37

www.bape.com.pl
bape@bape.com.pl

SZCZEGÓŁOWYCH INFORMACJI UDZIELA

***BAŁTYCKA AGENCJA
POSZANOWANIA ENERGII S.A.***

**Regionalne Biuro Informacji
Odnawialne Źródła Energii**

ul. Budowlanych 31
80-298 Gdańsk

tel.+48 (58) 347 55 35
fax +48 (58) 347 55 37

bape@bape.com.pl
www.bape.com.pl

