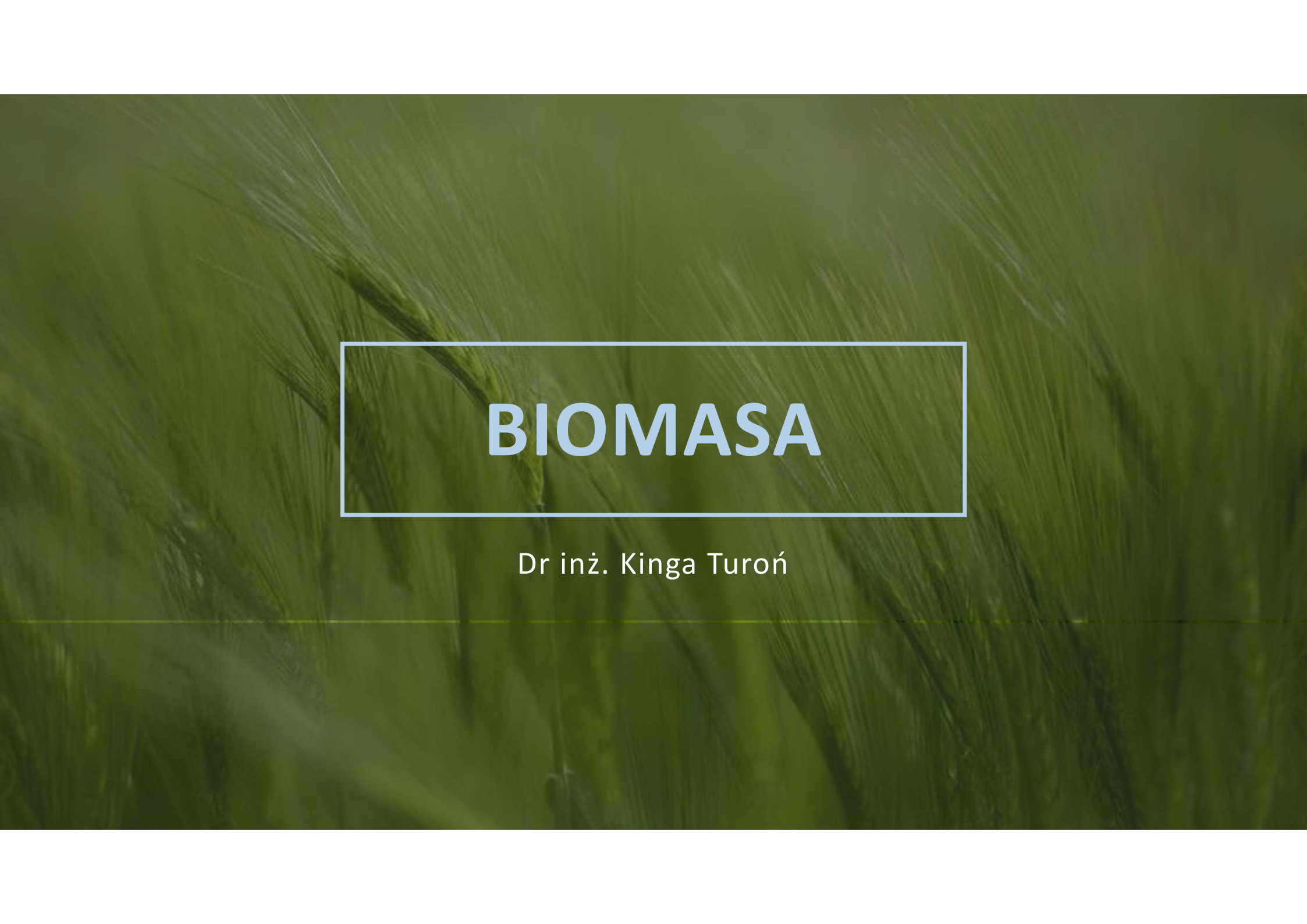




BIOMASA

Dr inż. Kinga Turoń

MASZYNY I URZĄDZENIA DO PRZYGOTOWANIA BIOMASY



MASZYNY DO POZYSKIWANIA BIOMASY DRZEWNEJ

Maszyny do pozyskiwania drewna

<https://youtu.be/pe5nzNFtvfw>

<https://youtu.be/fjLzUCJ44oc>

Produkcja zrębków

Produkcja brykietów

Produkcja pelletów

HARWESTERY

Dzieli się na:
Jednochwytakowe
i dwuchwytakowe



PREZENTACJA

FORWARDERY

Cztero -, sześć -, lub
ośmiokołowe

Wyposażone w żurawie
hydrauliczne o zasięgu 7-10m



MATERIAŁ NIEOBROBIONY PRZECHODZI PRZEZ TRZY RÓŻNE FAZY:

SELEKCJA:

materiał jest dzielony na sortymenty w zależności od jego przeznaczenia (do pieca lub suszarni).

Podział ten zwykle wykonywany jest ręcznie;

CIĘCIE:

skracać drewna na odcinki od 25 do 100 cm, przez przecinanie fragmentów drewna prostopadle do jego włókien;

ROZŁUPYWANIE:

zmniejszanie średnicy fragmentów drewna poprzez stosowanie sił mechanicznych wzdłużnie do przebiegu włókien drewna.

W ZALEŻNOŚCI OD ZASTOSOWANYCH CZYNNOŚCI, MASZyny UŻYWANE DO PRODUKCJI KŁÓD DREWNA DZIELI SIĘ NA:

PIŁY:

ROZŁUPIARKI (ŁUPARKI):

KOMBAJNY (PIŁO-ROZŁUPIARKI):

jeśli oparte są one na pilarkach taśmowych, mogą one obrabiać średnice większe niż 40 cm i charakteryzują się niskimi stratami przy cięciu; jeśli są to piły tarczowe, mogą one obrabiać tylko mniejsze średnice, oraz mają większe straty wynikające z cięcia;

wyposażone są one w urządzenie rozłupujące drewno na zasadzie klina lub śruby. Urządzenia klinowe do użytku domowego mają zazwyczaj 2 lub 4 krawędzie rozłupujące, odcinki drewna są zwykle umieszczane w pozycji pionowej, a urządzenia te używają siły rozłupującej do 15 t, podczas gdy w urządzeniach typu przemysłowego, odcinki drewna są umieszczane poziomo wobec klinów lub krat, mają one do 16 krawędzi rozłupujących i nacisk do 40 - 60 ton.

istnieją modele przewoźne, ale większość takich urządzeń to urządzenia stacjonarne, które łączą w sobie dwa procesy, pozwalając na podwyższenie automatyzacji procesu produkcyjnego i jego wyższą wydajność, oraz obróbkę zarówno kłód jak i większych gałęzi. Wyposażone są w silnik elektryczny lub spalinowy o zapłonie iskrowym, (do 55 kW), mogą obrabiać pnie i kłody do długości 6 m i średnicy 60 cm, oraz mogą wytwarzać więcej niż 12 ton materiału na godzinę.⁷

**ŁUPARKA
KLINOWA
O PRACY
POZIOMOWEJ**



ŁUPIARKA STOŻKOWA



20XX

Pila łańcuchowa

koszt zakupu: 500 - 900 €
wydajność w lesie gospodarczym:
1 - 1.2 m³/h (trzebież)
2 - 2.5 m³/h (główne obalanie)
wydajność w lesie odrostowym:
0.4 - 0.7 przestrz. m³/h (warunki średn.)
0.8 - 1.8 przestrz. m³/h (warunki dobre)
zużycie paliwa na godz.: 0.6 - 1 l
(mieszanka benzyny i oleju silnikowego)
koszt godziny pracy $\cong$ 18 - 20 €



Traktor wraz z ładowarką

koszt zakupu traktora: 45,000 - 60,000 €
koszt zakupu ładowarki: 3000 - 4200 €
wydajność w lesie gospodarczym: 2.5 - 6 m³/h
wydajność w lesie odrostowym: 3 - 7 przestrz. m³/h
zużycie paliwa na godz.: 4 - 9 l
koszt godziny pracy $\cong$ 45 - 50 € (2 pracowników)



Traktor wraz z przyczepą

koszt zakupu traktora: 45,000 - 60,000 €

koszt zakupu przyczepy: 8,000 - 25,000 €

pojemność ładunkowa: 5 - 15 t

wydajność: 5 - 12 m³/h

(w zależności od odległości transportu)

zużycie paliwa na godz.: 5 - 10 l

koszt godziny pracy ≈ 40 - 50 €



Harvester

koszt zakupu: 300,000 - 370,000 €

max średnica cięcia: 65 - 70 cm

max średnica usuwania gałęzi: 45 - 60 cm

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 35% (na kołach)

60% (gąsienice)

(przy optymalnych warunkach podłoża)

wydajność w lesie gospodarczym: 8 - 20 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 11 - 16 l

koszt godziny pracy ≈ 90 - 120 €



Forwarder

koszt zakupu: 180,000 - 270,000 €

pojemność ładunkowa: 10 - 14 t

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 30 - 35%

długość pni: do 6 m

wydajność: 12-20 m³/h

(w zależności od odległości
transportu)

zużycie paliwa na godz.: 7 - 11 l

koszt godziny pracy $\approx$ 65 - 80 €



Harvester hybrydowy

koszt zakupu: 240,000 €

max średnica cięcia: 55 cm

max średnica usuwania gałęzi: 50 cm

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 45-50%

wydajność: 10-15 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 10 - 12 l

koszt godziny pracy $\approx$ 80 €



Skidder (ciągnik zrywkowy)

koszt zakupu: 120,000 - 150,000 €

wydajność transportu: do 3 t

max nachylenie pokonywanych
wzniesień: 20%

wydajność: 8 - 12 m³/h

(w zależności od odległości
transportu)

zużycie paliwa na godz.: 6 - 10 l

koszt godziny pracy $\approx$ 55 - 65 €



Obrabiarka montowana na traktorze

koszt zakupu traktora: 30,000 €

koszt zakupu obrabiarki: 45,000 €

max średnica cięcia: 48 cm

max średnica usuwania gałęzi: 40 cm

wydajność: 10-15 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 4 - 5 l

koszt godziny pracy $\approx$ 35 €



Obrabiarka w oparciu o koparkę

koszt zakupu koparki: 170,000 €
koszt zakupu obrabiarki: 60,000 €
max średnica cięcia: 65 cm
max średnica usuwania gałęzi: 60 cm
wydajność: 15-40 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 15 - 17 l
koszt godziny pracy ≈ 85 €



Żuraw linowy z przewoźnym dźwigiem placowym

lekki:

koszt zakupu: 40000 - 120,000 €
max moc pociągowa: 2,000 daN
wydajność: 3 - 6 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 5 - 6 l
koszt godziny pracy ≈ 25 - 40 €

średni:

koszt zakupu: 100,000 - 220,000 €
max moc pociągowa: 5000 daN
wydajność: 3 - 12 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 6 - 10 l
koszt godziny pracy ≈ 40 - 80 €



Zrębownica

małej mocy

koszt zakupu: 3,500 - 35,000 €

średnica robocza: max 20 cm

wydajność: 2 - 3 t/h

zużycie paliwa na godz.: 5 - 8 l

średniej mocy

koszt zakupu: 15,000 - 75,000 €

średnica robocza: max 30 cm

wydajność: 4 - 7 t/h

zużycie paliwa na godz.: 10 - 14 l

wysokiej mocy

koszt zakupu: 31,000 - 250,000 €

średnica robocza: > 30 cm

wydajność: 13 - 20 t/h

zużycie paliwa na godz.: 34 - 38 l

koszt godziny pracy $\approx$ 150 - 190 €



Pila do drzewa

koszt zakupu: 600 - 2,000 €

średnica robocza: 14 - 25 cm

Rozłupiarka do drzewa

koszt zakupu: 1,500 - 14,000 €

robocza długość bali: 0.3 - 4 m

Kombajn (pilo-rozłupiarka)

koszt zakupu: 7,000 - 70,000 €

średnica robocza: 25 - 60 cm

robocza długość bali: 2 - 6 m

koszt godziny pracy $\approx$ 70 - 150 €



**Ciągnik siodłowy z przyczepą
(transport bali i kłód)**

koszt zakupu ciągnika: 110,000 - 150,000 €

koszt zakupu przyczepy: 20,000 - 30,000 €

pojemność ładunkowa: 18 - 20 t

zużycie paliwa: 2.5 - 3.5 km/l

koszt godziny pracy $\approx$ 60 - 75 €



**Ciągnik siodłowy z przyczepą
(transport zrębek)**

koszt zakupu ciągnika: 100,000 - 115,000 €

koszt zakupu przyczepy: 45,000 €

pojemność ładunkowa: 20 - 22 t
(85 - 90 bulk m³)

zużycie paliwa: 2.5 - 3.5 km/l

koszt godziny pracy $\approx$ 65 - 70 €

z ładowarką dwuszczkową

koszt zakupu: 205,000 €

pojemność ładunkowa: 81 nasyp. m³

koszt godziny pracy $\approx$ 70 - 75 €



PRODUKCJA ZRĘBKÓW

Pod względem budowy rębaki
można dzielić na:

- bębnowe
- tarczowe
- bijakowe

a ze względu na rodzaj napędu:

- elektryczne
- spalinowe





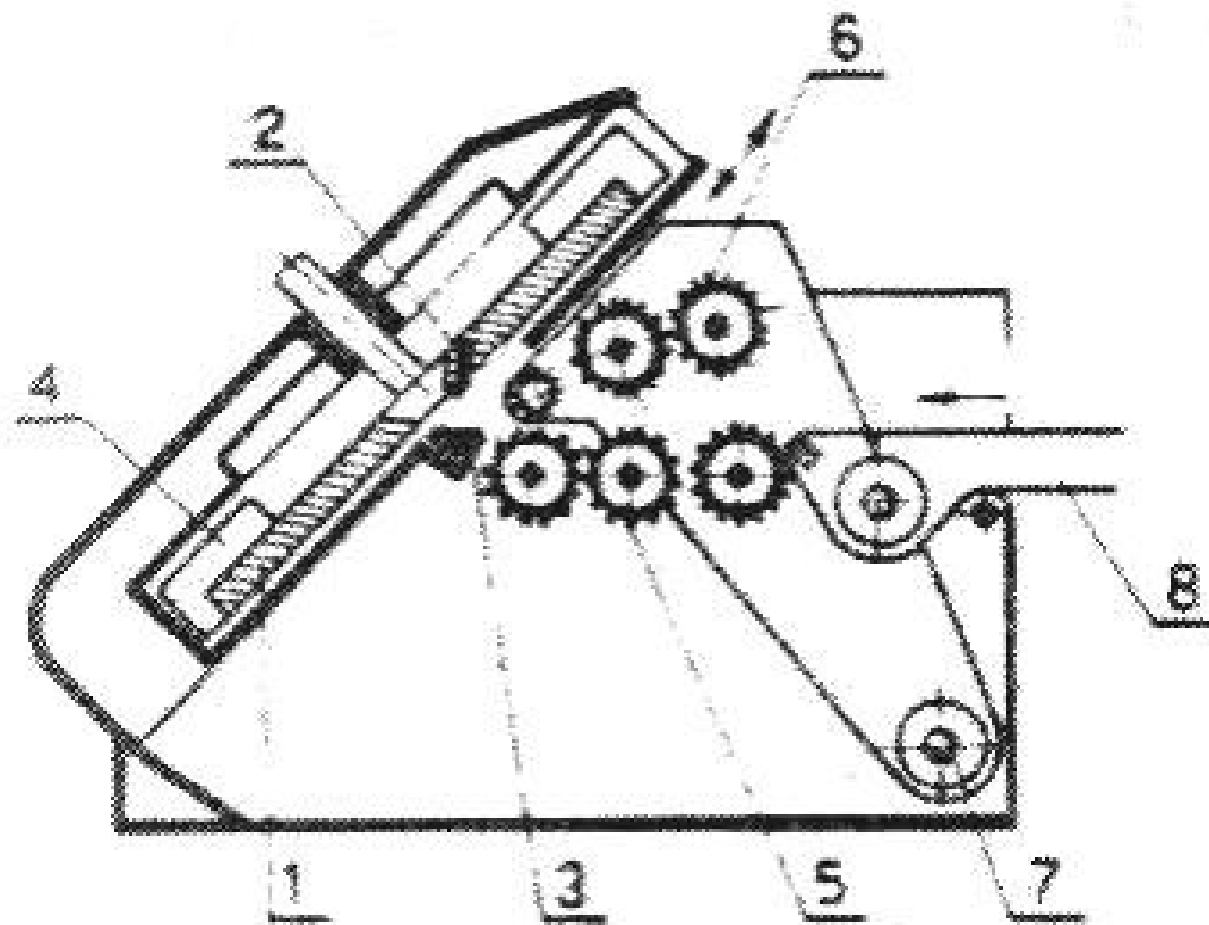
RĘBAK CIĄGNIKOWY



RĘBAK DO CAŁYCH PNI

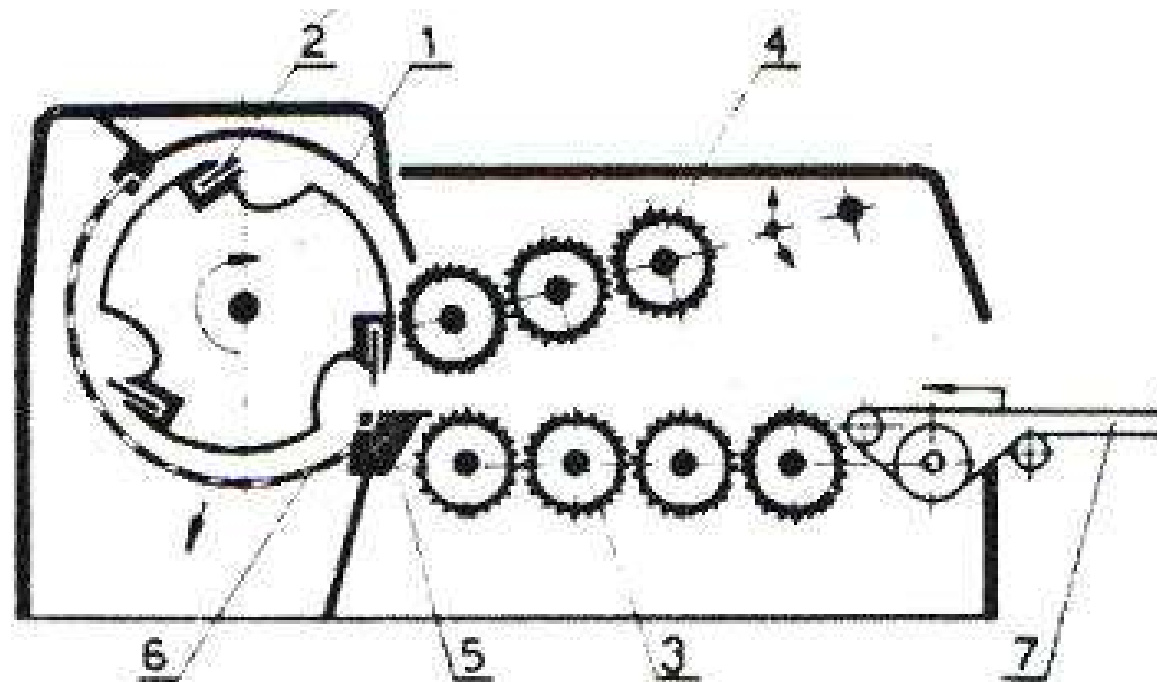
RĘBAK TARCZOWY

- 1 – tarcza nożowa,
- 2 – nóż,
- 3 – przeciwnóż,
- 4 – łopatką,
- 5 – dolny zespół walców posuwowych,
- 6 – górny, wychylny zespół walców posuwowych,
- 7 – punkt obrotu wysięgnika,
- 8 – przenośnik



RĘBAK BĘBNOWY

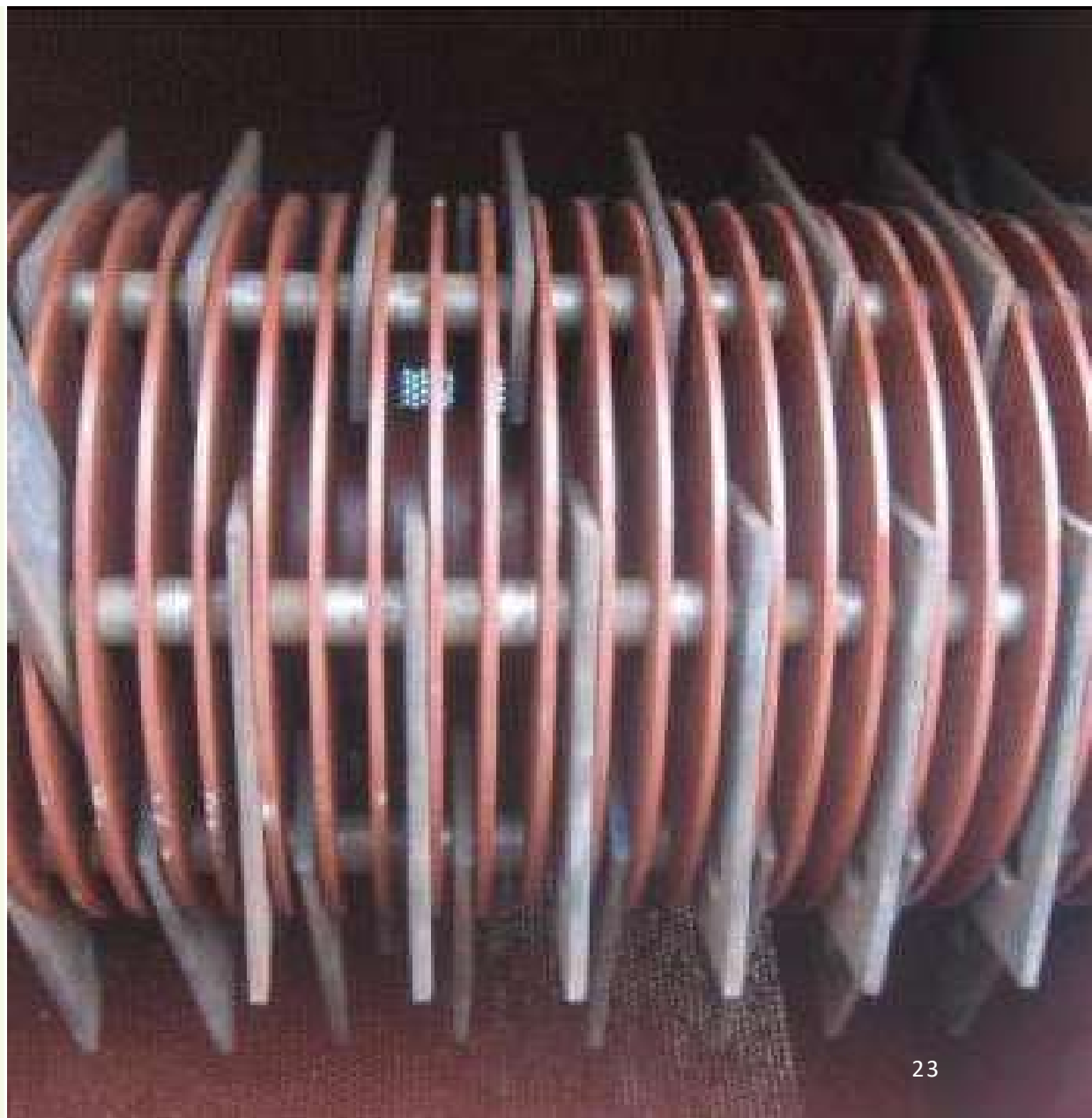
- 1 – wał/bęben nożowy,
- 2 – nóż,
- 3 – stały zespół walców posuwowych,
- 4 – wychylny zespół walców posuwowych,
- 5 – przeciwnóż,
- 6 – sito,
- 7 – przenośnik.



RĘBAK BIJAKOWY



Gardziel rębaka bijakowego



PRODUKCJA BRYKIETÓW



Brykiet z drewna



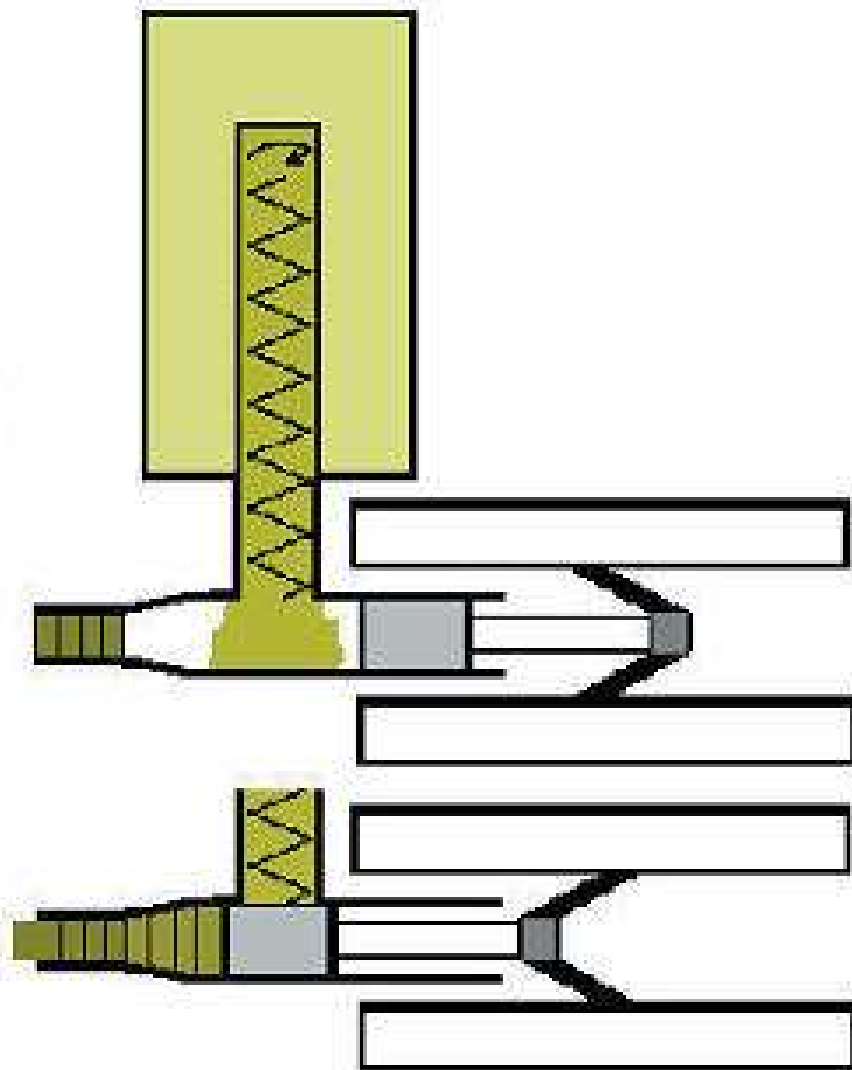
BRYKIET ZE SŁOMY PIERŚCINIOWY

BRYKIECIARKI



Maszyny do brykietowania można ogólnie podzielić na:

- tłokowe,
- ślimakowe,
- hydrauliczne.



BRYKIECIARKI TŁOKOWE

CYKLE PRACY

U góry zadawanie materiału
przez ślimak do komory
zgniotu

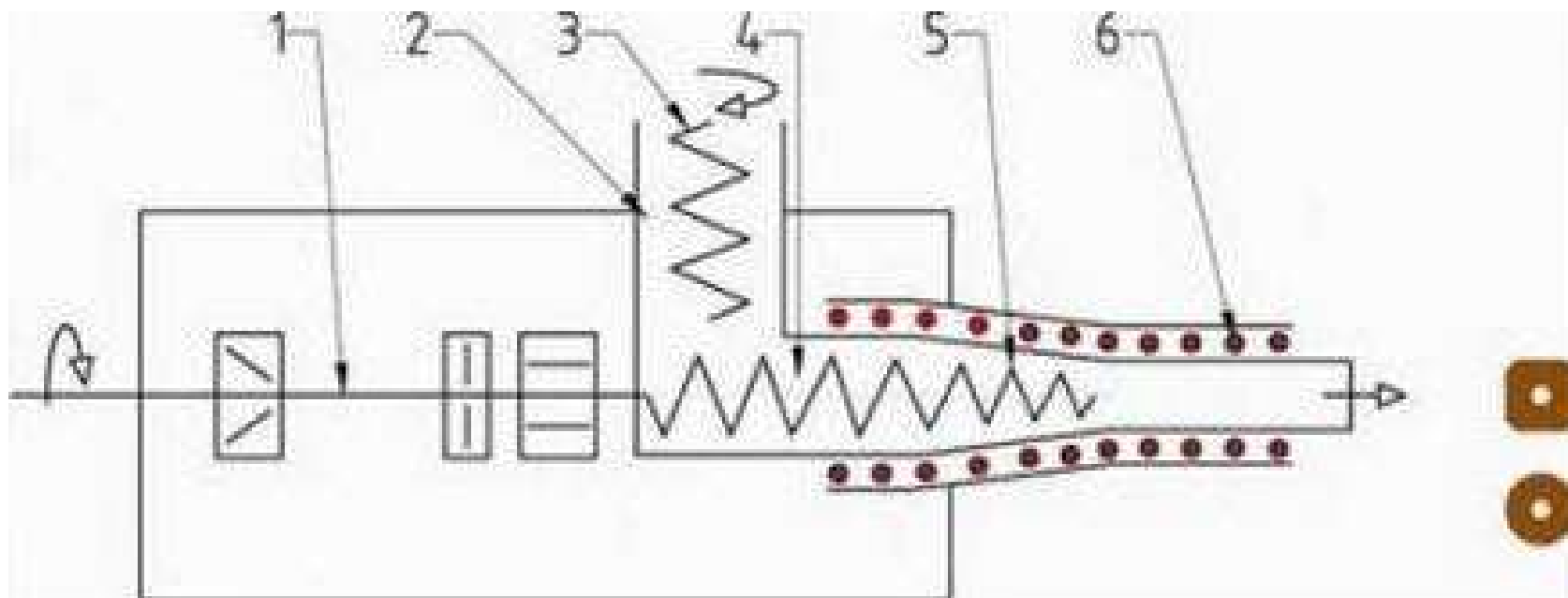
U dołu - prasowanie brykietu.



BRYKIECIARKA TŁOKOWA

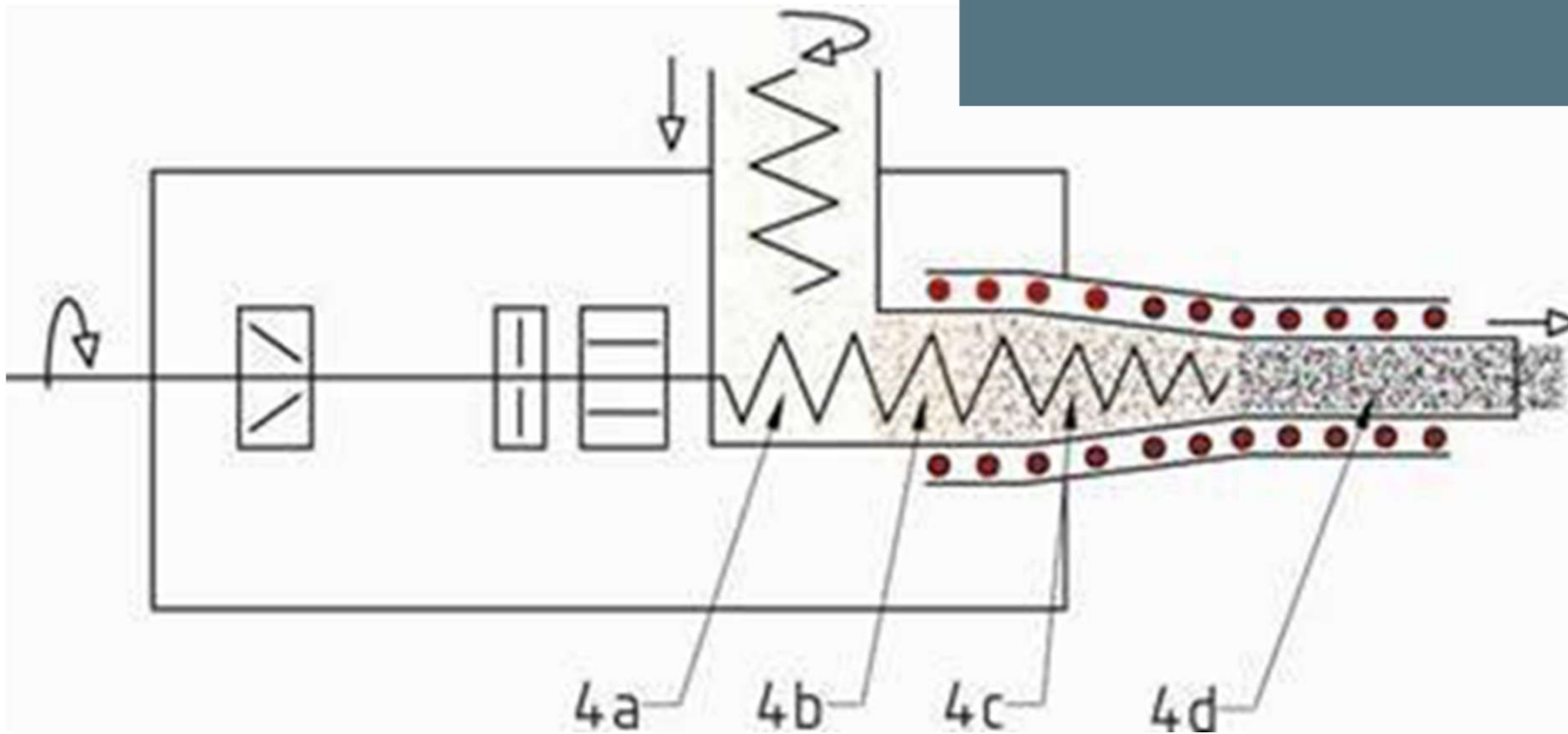
BRYKIECIARKI ŚLIMAKOWE

- 1 – układ łożyskowy
- 2 – komora podająca
- 3 – ślimak podający
- 4 – komora zagęszczająca
- 5 – ślimak prasujący.
- 6 – grzałka



SCHEMAT PRACY BRYKIECIARKI ŚLIMAKOWEJ

4a – strefa podawania i odpowietrzania
4b – strefa zagęszczania,
4c – strefa wstępnego prasowania,
4d – strefa brykietowania

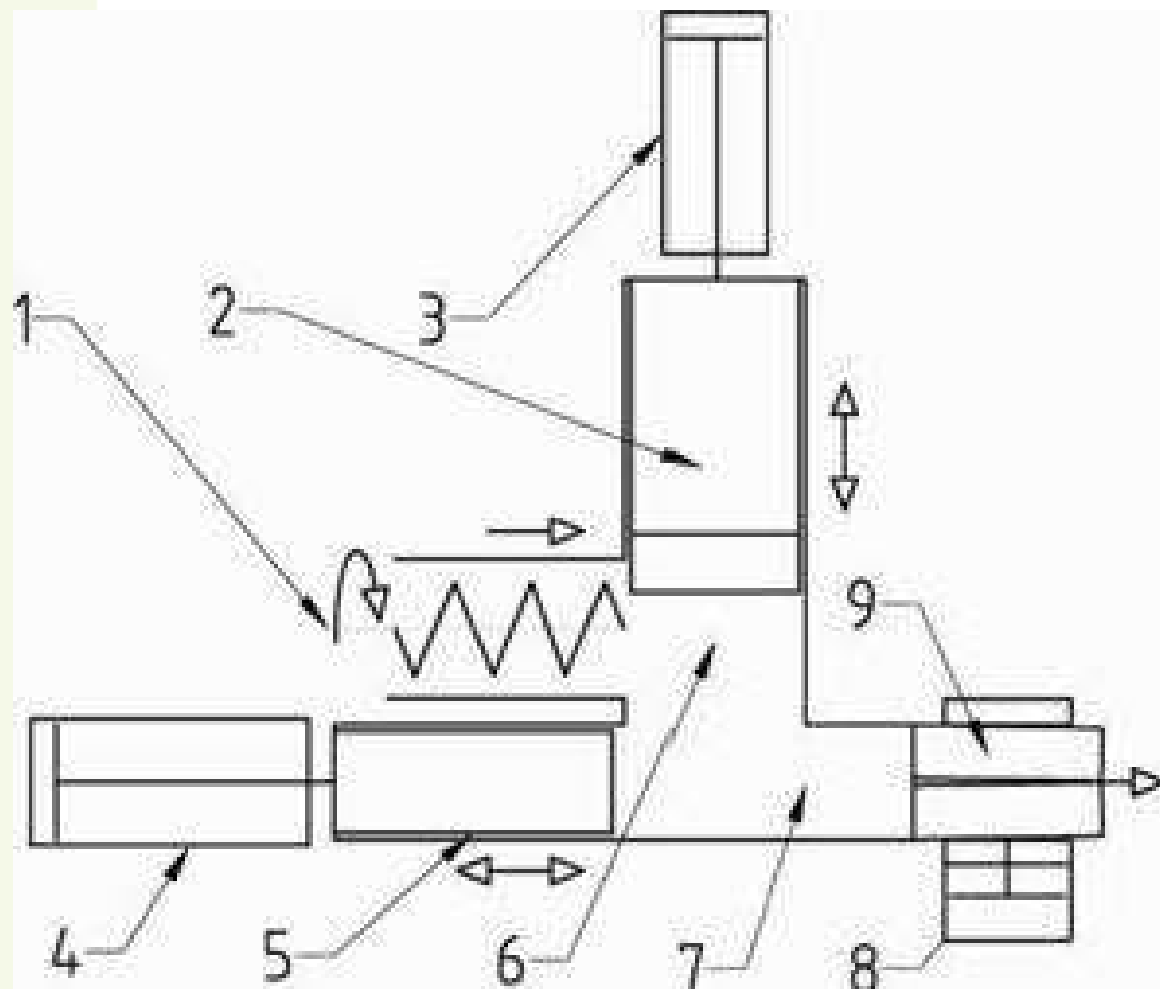




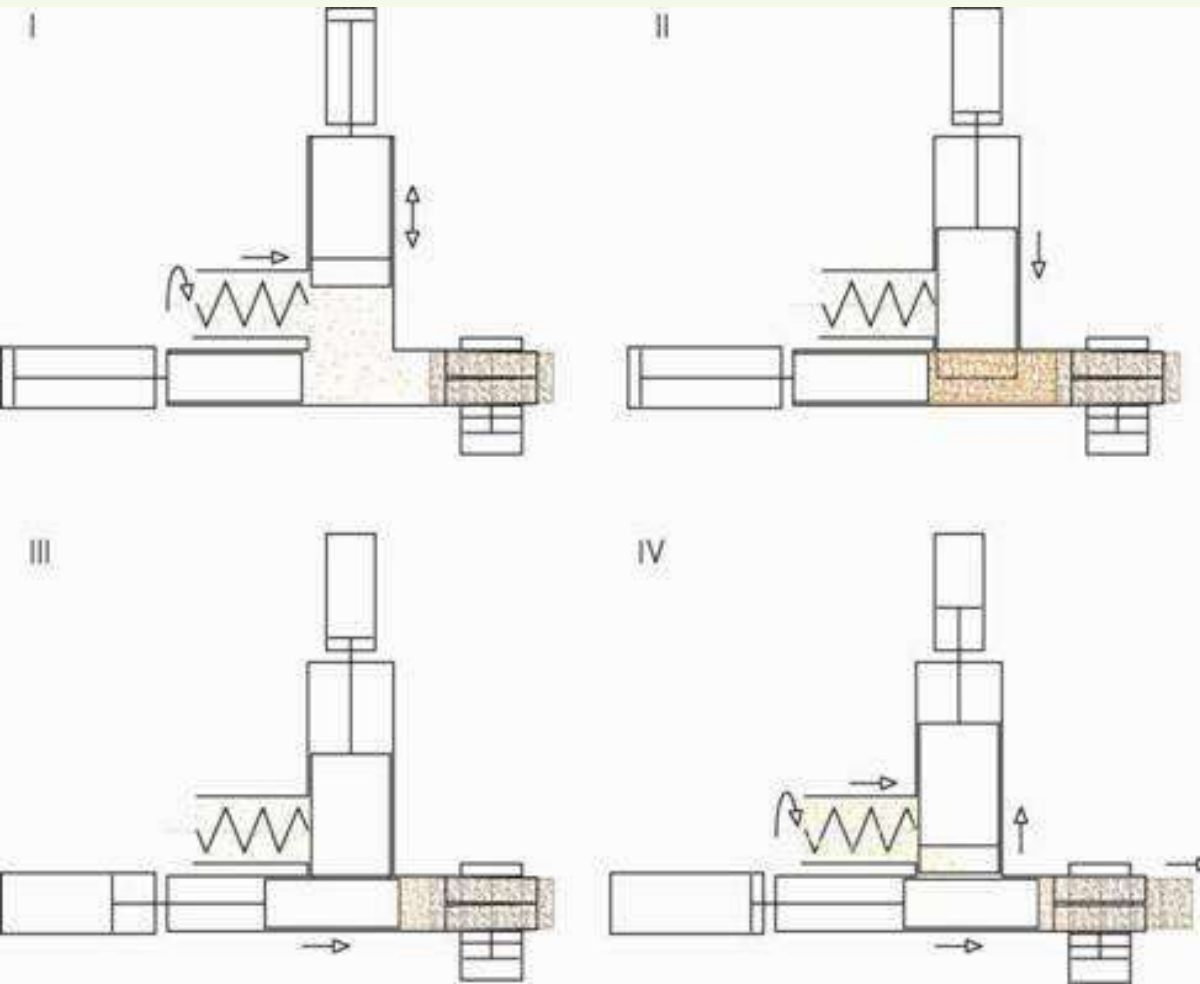
BRYKIECIARKA ŚLIMAKOWA

BRYKIECIARKI HYDRAULICZNE

- 1 – mechanizm podający
- 2 – stempel zagęszczający
- 3, 4, 8 – siłowniki hydrauliczne
- 5 – stempel prasujący
- 6 – komora zagęszczająca
- 7 – komora prasująca
- 9 – mechanizm regulacji oporu prasowania



CYKL PRACY BRYKIECIARKI HYDRAULICZNEJ



I - mechanizm podający (1) napełnia komorę zagęszczającą (6) i prasującą (7) materiałem,

II – siłownik hydrauliczny (3) przesuwą stempel (2) w dolne położenie, powodując zamknięcie komory prasującej (7) i wstępne zagęszczenie brykietowanego materiału,

III – siłownik hydrauliczny przesuwą stempel prasujący (5), który z kolei napiera i prasuje materiał znajdujący się w tulei w kierunku poprzednio sprasowanego materiału,

IV – po osiągnięciu zakładanego ciśnienia brykietowania (najczęściej do 100 MPa) siłownik hydrauliczny, mechanizmu regulacji oporu prasowania (9), pozwala na przepchnięcie brykietowanego materiału w kierunku wylotu w celu zwolnienia miejsca na następną operację prasowania.

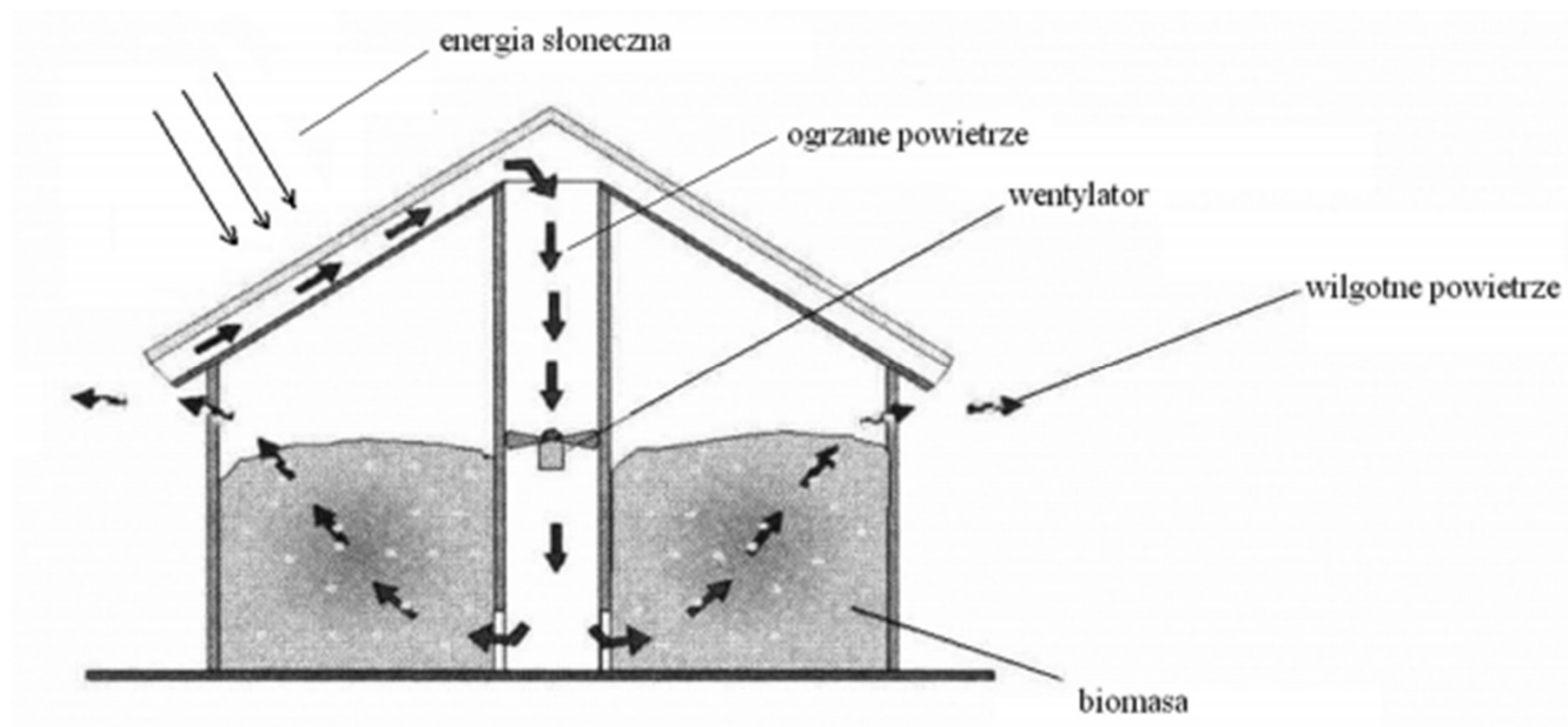


Model brykieciarki	typ	Wydajność [kg/h]	Wymiary brykietu	Moc silnika [kW]	Waga [kg]
BL-System (PHU Mikrom)					
Junior	hydrauliczna	30-50	ø50/60 mm	5,5	680
A6	jw.	35-70	ø60/60-300 mm	7,5	700
A6 PLUS	jw.	40-80	ø60/60-300 mm	10	760
A 100N	jw.	60-100	ø65/60-300 mm	10	1000
ASKET					
Biomasser	ślimakowa	do 85	ø70 ciągły	4,2	240
Alchemik					
APT 65	hydrauliczna	100	ø65	7,5	-
APT 80	jw.	220-250	ø80	11	-
APTW	jw.	350	105x60x80	22	-
APTWJ	jw.	350	ø80	22	-
GROSS Apparatebau GmbH					
GP60	hydrauliczna	60-80	ø50	7,5	820
GP80	hydrauliczna	80-100	ø50	7,5	870
GP100	jw.	100-120	ø60	7,5	1000
GP150	jw.	120-160	ø70	7,5	1050
WAMAG S.A.					
BT 86MA	tłokowa	Max. 300	ø50	18,5	3000
Brodpol PPH					
BK 60	tłokowa	400-700	ø60-62	18,5-22	1900
WEIMA					
TH 200	hydrauliczna	30-50	ø50	5,5	-
TH 300	hydrauliczna	50-80	ø70	7,5	-
Wektor					
BT-60	tłokowa	Do 700	ø60/200 mm	19	-

Przegląd modeli brykieciarek

SUSZENIE BIOMASY

**SUSZENIE
Z WYKORZYSTANIEM
ENERGII SŁONECZNEJ**



Proces suszenie biomasy przy wykorzystaniu energii słonecznej



SUSZARNIA SŁONECZNA BIOMASY W ZŁOCZEWIE

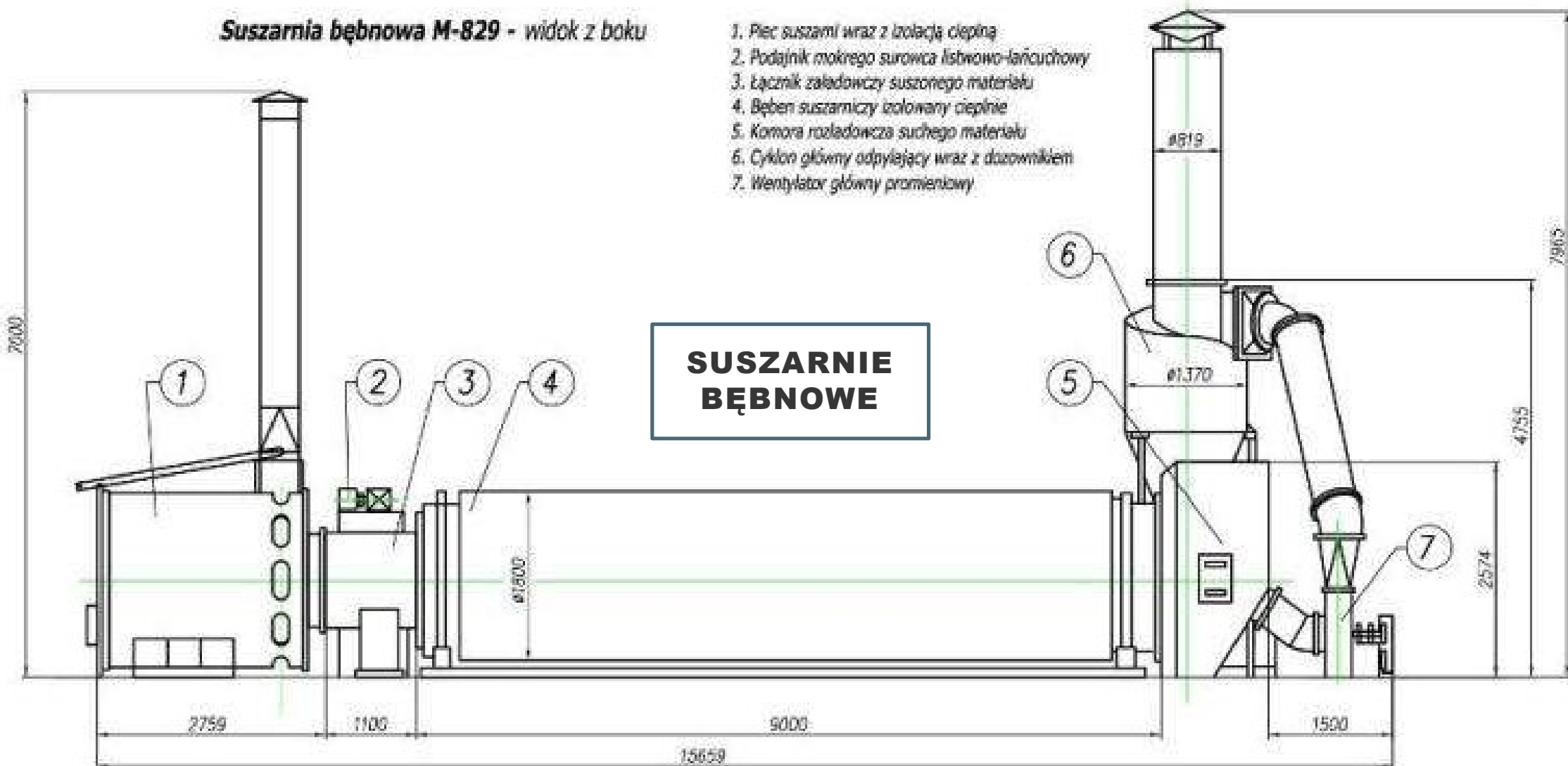


SUSZARNIA SOLARNA W ZŁOCZEWIE

Suszarnia bębnowa M-829 - widok z boku

1. Piec suszarni wraz z izolacją cieplną
2. Podajnik mokrego surowca listwowo-łańcuchowy
3. Łącznik załadunkowy suszonego materiału
4. Bęben suszarniczy izolowany cieplnie
5. Komora rozładowcza suchego materiału
6. Cyklon główny odpylejający wraz z dozownikiem
7. Wentylator główny promieniowy

SUSZARNIE BĘBNOWE

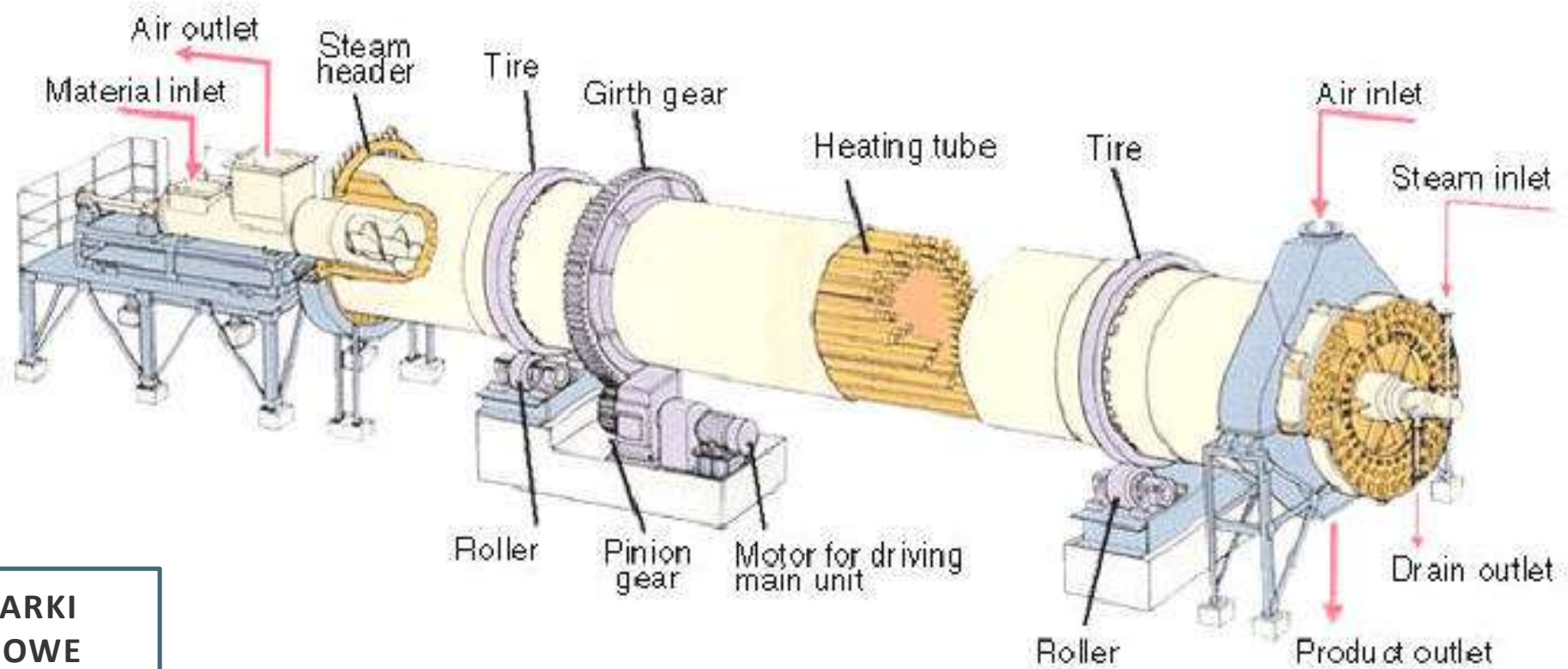




PREZENTACJA

Wydajność nominalna suszarni przy suszeniu trociny czy innych biomas o wilgotności początkowej 45-50 % i końcowej 15 %	1000 kg/h
Ilość odparowanej wody	1100 kg/h
Moc cieplna pieca	max 1000 kW
Maksymalna temperatura powietrza suszącego na wejściu bębna	600-650 °C
Średnie zużycie opału:	
węgiel kamienny lub paliwo o kaloryczności zbliżonej do węgla	200 kg/h
wysoko kaloryczny brykiet z trocin	250-300 kg/h
gaz ziemny GZ-50	110-120 m ³ /h
olej opałowy	95 l/h
Łączna moc elektryczna zainstalowana	17 kW
Łączna masa suszarni wraz z izolacją szamotową	16500 kg

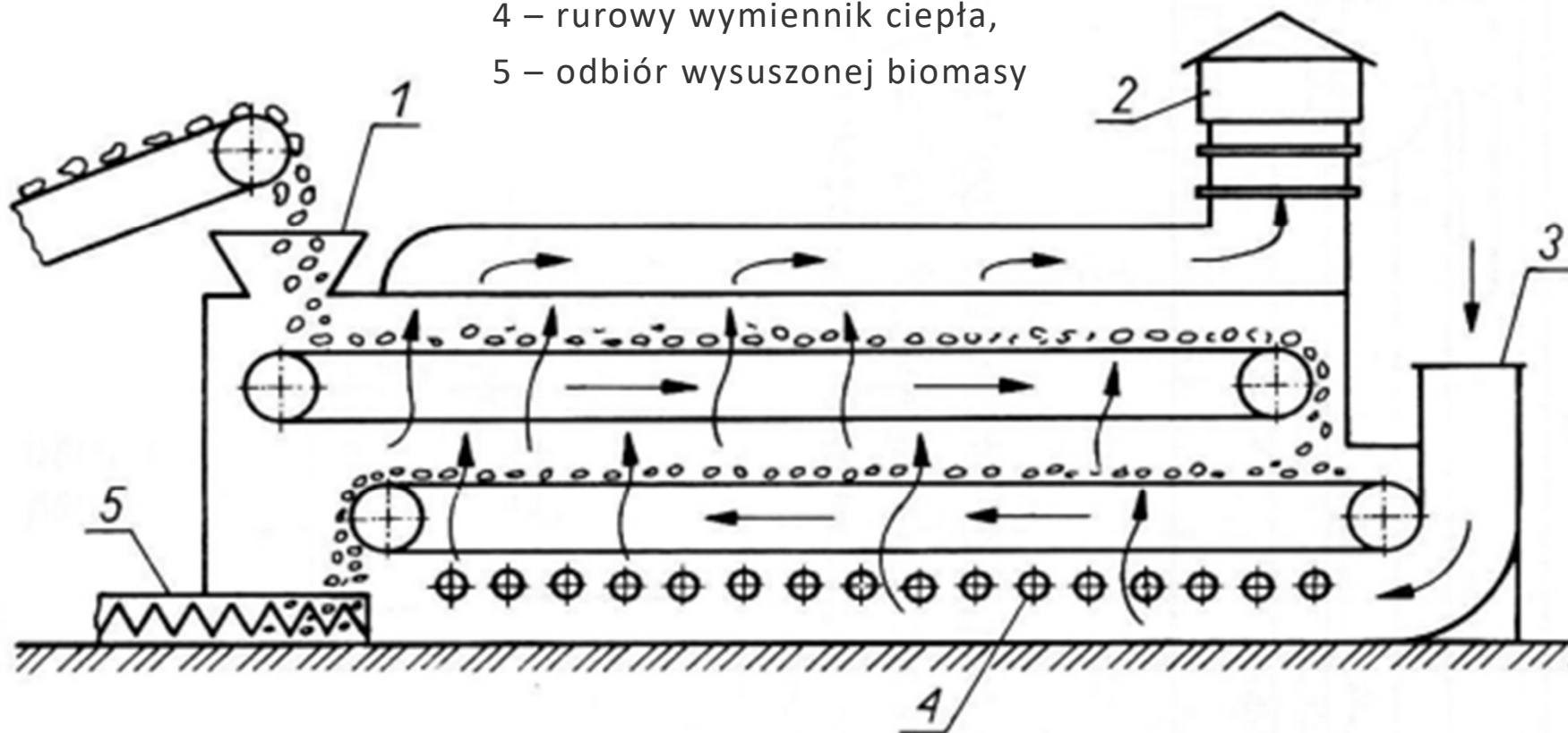
**SUSZARKI
BĘNOWE
POŚREDNIEGO
DZIAŁANIA**

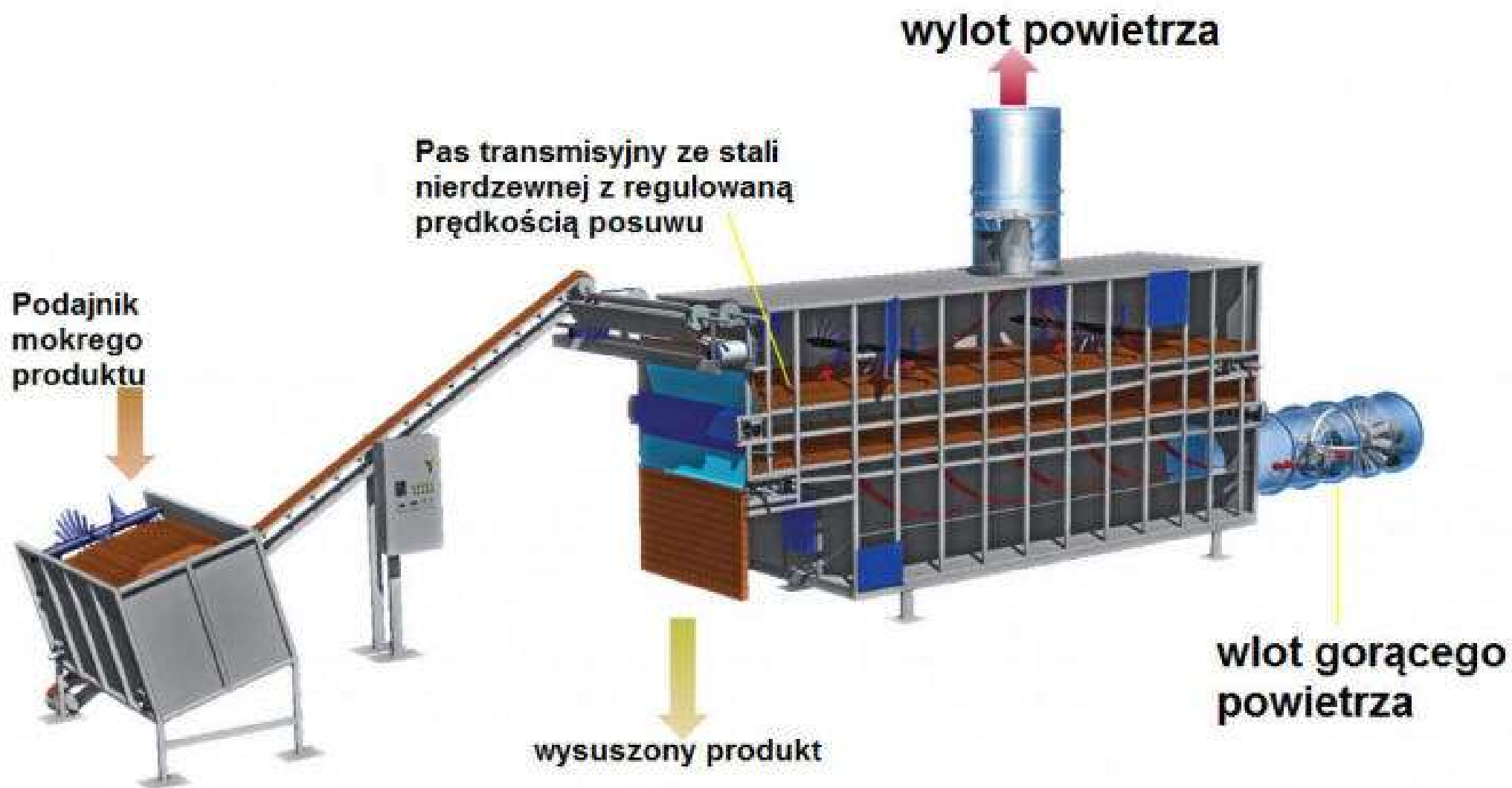


Suszarka bębnowa pośredniego działania z wymiennikiem ciepła parowym.

SUSZARNIE TAŚMOWE TROCIN I ZRĘBKI

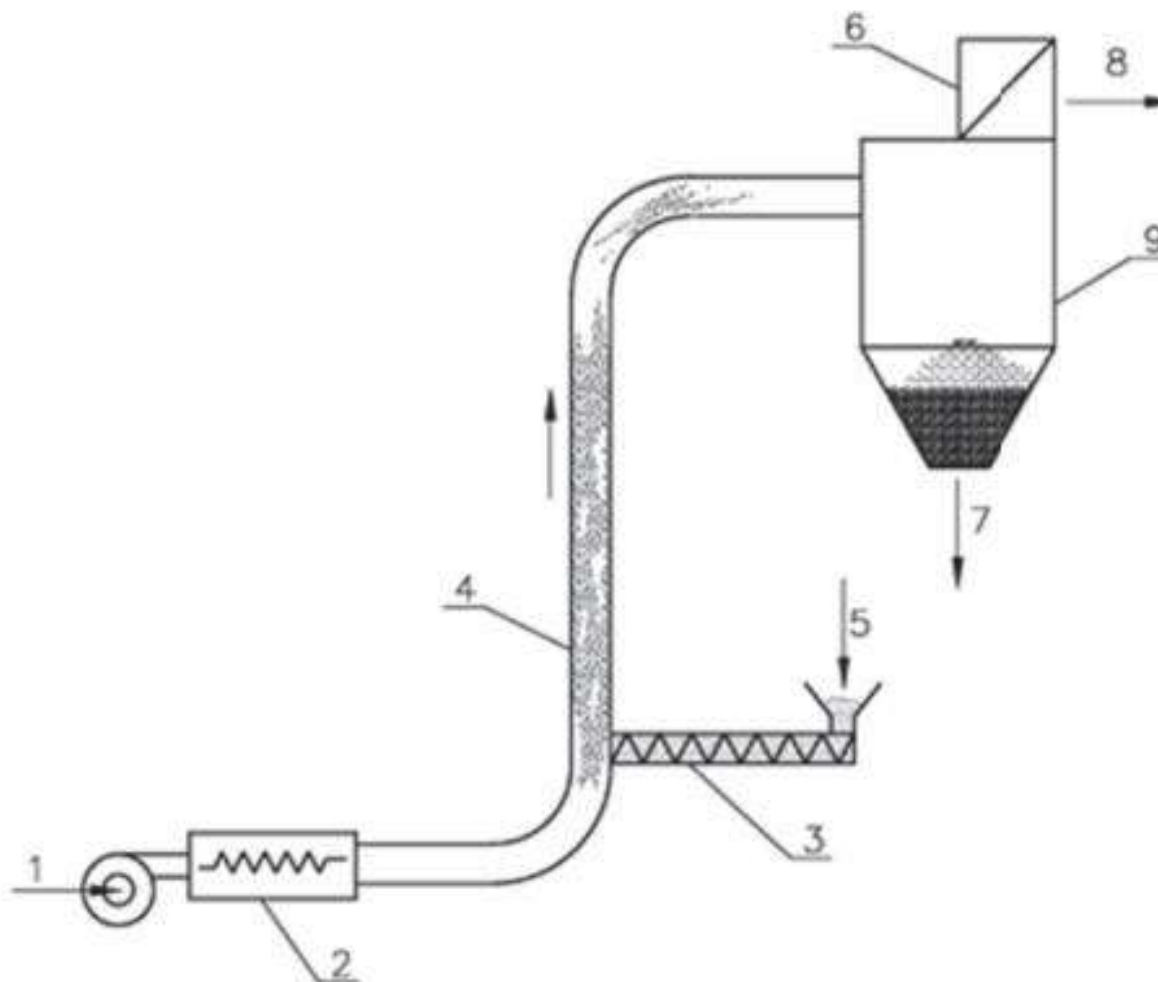
- 1 – zasyp surowca,
- 2 – komin,
- 3 – dopływ powietrza,
- 4 – rurowy wymiennik ciepła,
- 5 – odbiór wysuszonej biomasy





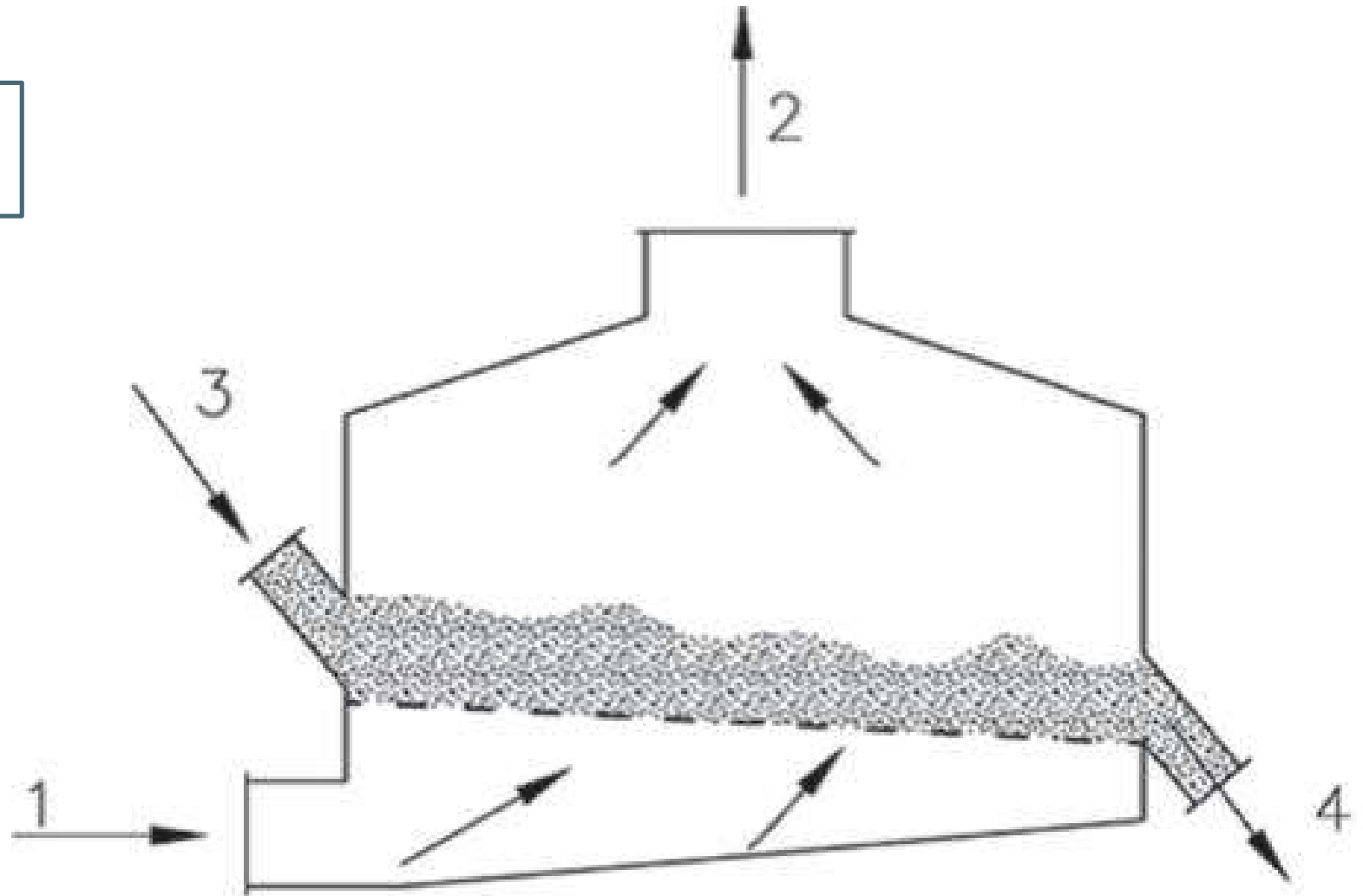
SUSZARNIE PNEUMATYCZNE (STRUMIENIOWE)

- 1 – dopływ powietrza,
- 2 – nagrzewnica,
- 3 – przenośnik ślimakowy,
- 4 – rurociąg suszący,
- 5 – dopływ czynnika wilgotnego,
- 6 – filtr,
- 7 – odbiór materiału,
- 8 – odprowadzenie powietrza,
- 9 – zbiornik materiału

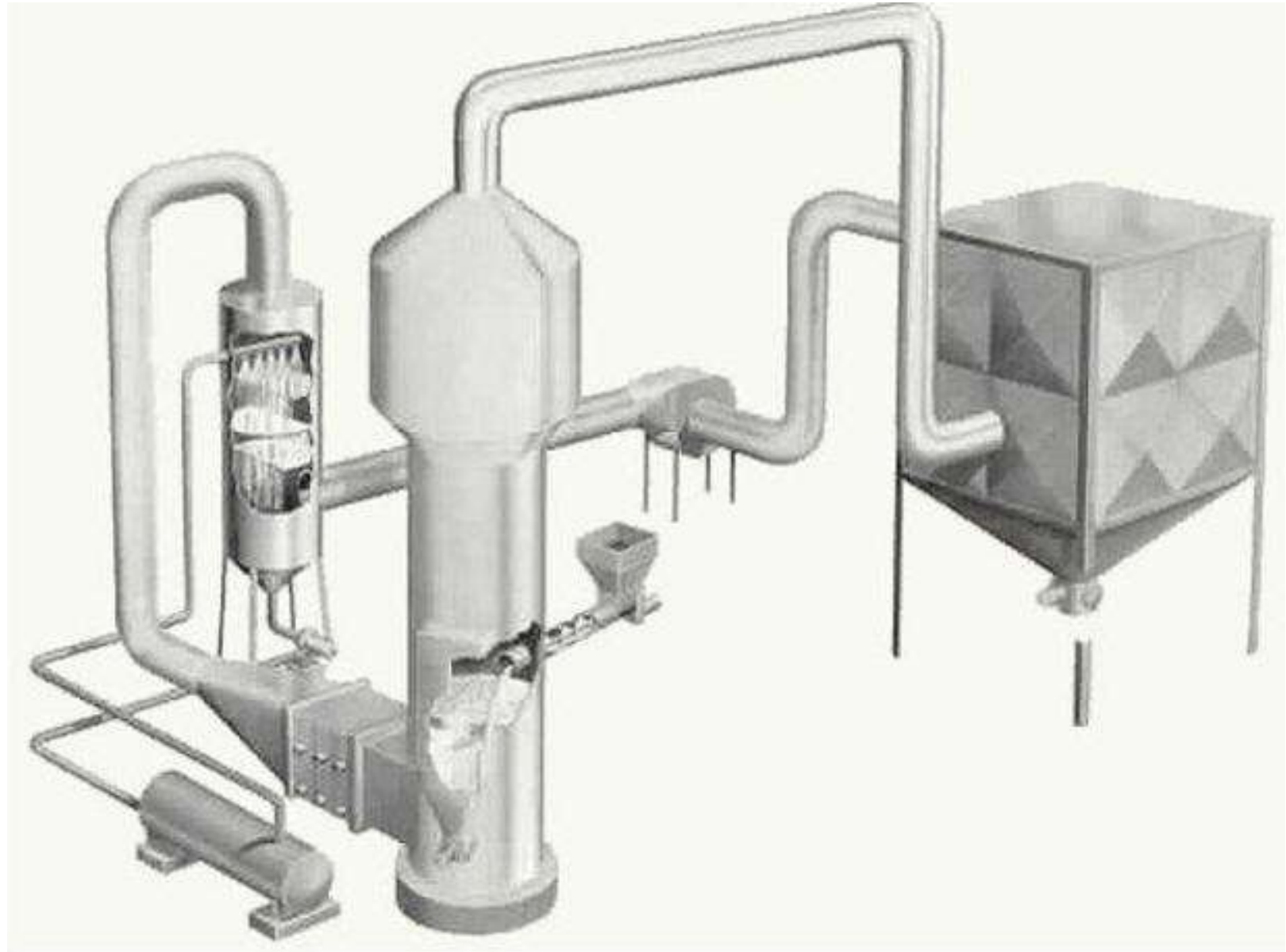


SUSZARNIE FLUIDALNE

1 – doprowadzenie
czynnika suszącego,
2 – odprowadzenie
czynnika suszącego,
3 – doprowadzenie
materiału
wilgotnego,
4 – odprowadzenie
materiału wilgotnego



**SUSZARKA
FLUIDALNA**

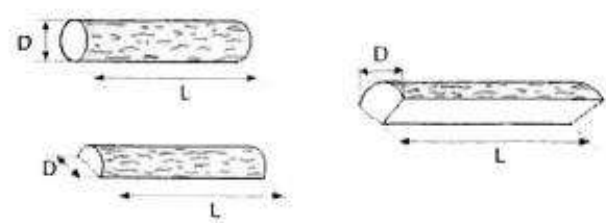


SUSZENIE DREWNA KAWAŁKOWEGO

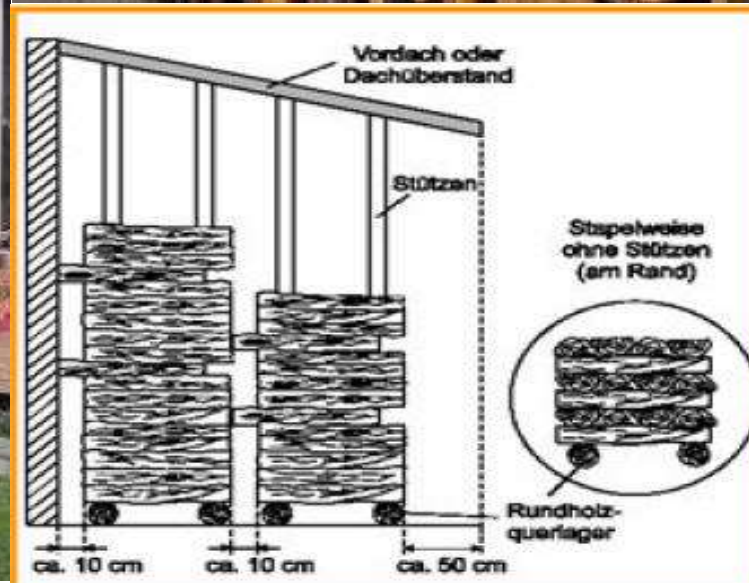
Drewno kawałkowe może być sezonowane bezpośrednio w lesie (zwykle całe kłody), na placu lub w magazynie biomasy pod zadaszeniem.



**SPECYFIKACJA
DREWNA
KAWAŁKOWEGO**

	Forma handlowa	KŁODY DREWNA
NORMATYW	Wymiary Długość (L) Grubość (D) (maksymalna średnica pojedynczego fragmentu)	
	P200- L ≤ 200 e D < 20 (drewno rozpałkowe) P200 L ≤ 200 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P250 L ≤ 250 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P330 L ≤ 330 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P500 L ≤ 500 ± 40 e 60 ≤ D ≤ 200 mm P1000 L ≤ 1000 ± 50 e 60 ≤ D ≤ 200 mm P1000 + > 1000 (rzeczywista wartość musi być przedstawiona, oraz należy określić wartość D)	
	Wilgotność (M) M20 ≤ 20% Oven-ready log M30 ≤ 30% Seasoned in the storage M40 ≤ 40% Seasoned in the forest M65 ≤ 65% Fresh, after cut in the forest	
	Drewno Należy podać czy jest to gatunek drewna szpilkowego czy liściastego, lub ich mieszanka.	

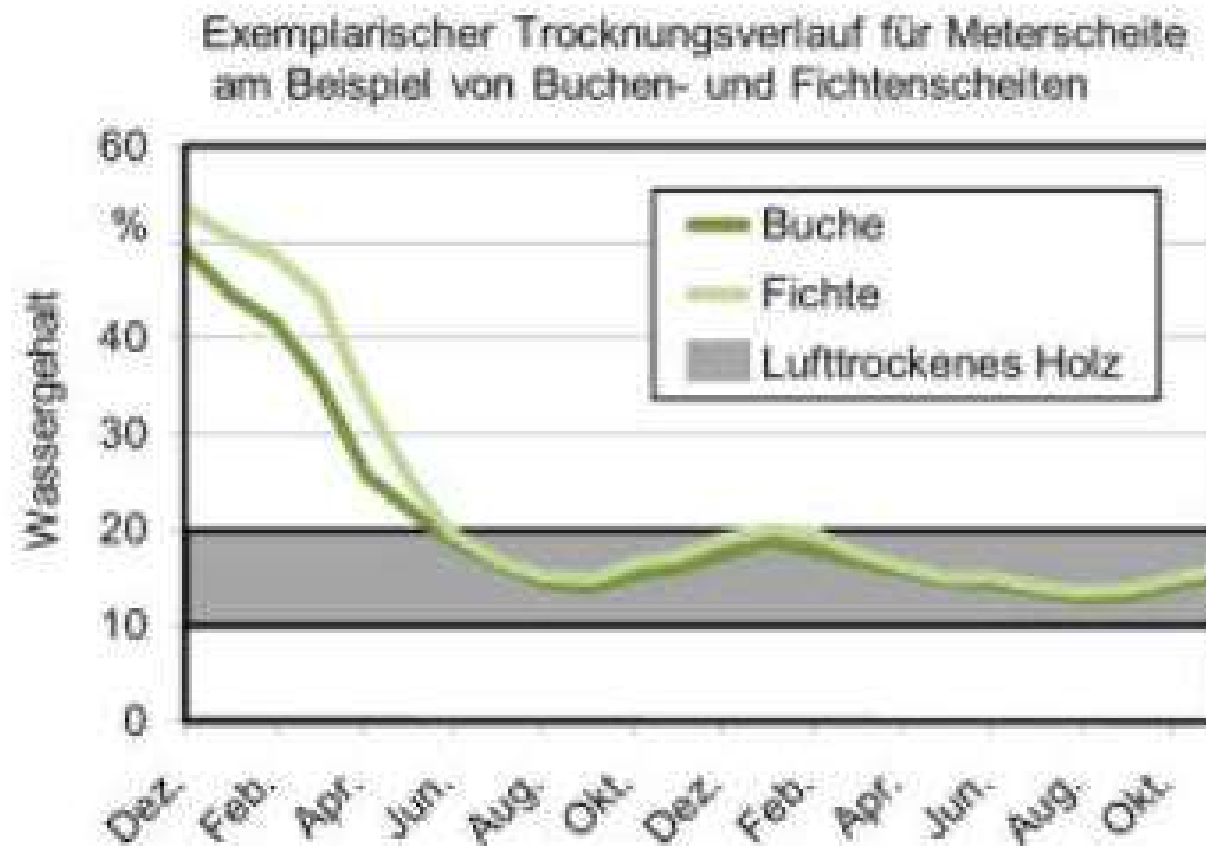






JAK PRZEBIEGA SEZONOWANIE DREWNA?

20XX



Wykres utraty wilgotności przez drewno bukowe (buche) i świerkowe, jodłowe (fichte)

PREZENTACJA

53

PRZECHOWYWANIE DREWNA

Podłoże utrzymane w
stanie suchym

Wolny dostęp do
powietrza i słońca

Minimalna odległość
między stosami 10 cm

Szczeliny wentylacyjne

Wstępne ogrzanie drewna
w kotłowni



MAGAZYNOWANIE BIOMASY

Normy i rozporządzenia

Polska nie wypracowała własnych norm odnośnie peletów, dlatego posługujemy się tutaj głównie normami europejskimi, niemieckimi i austriackimi. Na dzień dzisiejszy (10.2016) obowiązują w naszym kraju następujące normy dotyczące biopaliw:

PN-EN ISO 16559:2014-09 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Terminologia, definicje i określenia

PN-EN ISO 16993:2015-05 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Przeliczanie wyników oznaczeń na różne stany

PN-EN ISO 17225-1:2014-07 Wersja polska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 1: Wymagania ogólne

PN-EN ISO 17225-2:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 2: Klasy peletów drzewnych

PN-EN ISO 17225-3:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 3: Klasy brykietów drzewnych

PN-EN ISO 17225-4:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 4: Klasy zrębków drzewnych

Normy i rozporządzenia (c.d.)

PN-EN ISO 17225-5:2014-08 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 5: Klasy drewna kominkowego

PN-EN ISO 17225-6:2014-08 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 6: Klasy peletów nieдрzewnych

PN-EN ISO 17225-7:2014-08 Wersja angielska. Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 7: Klasy brykietów nieдрzewnych

PN-EN ISO 17828:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Określanie gęstości nasypowej

PN-EN ISO 17831-1:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Oznaczanie wytrzymałości mechanicznej

peletów i brykietów -- Część 1: Pelety

PN-EN ISO 17831-2:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Oznaczanie wytrzymałości mechanicznej

peletów i brykietów -- Część 2: Brykiety

Brak jest norm dotyczących składowania paliw, w przypadku peletu można posługiwać się normami austriackimi w tym:

- ÖNORM M 7135 – Drewno prasowane w postaci naturalnej lub kora w postaci naturalnej – granulaty i brykiety – wymagania oraz dokumentacja testowa
- ÖNORM M 7136 - Drewno prasowane w postaci naturalnej – Zapewnienie jakości granulatu drzewnego w zakresie logistyki transportu oraz magazynowania
- ÖNORM M 7137 - Drewno prasowane w postaci naturalnej – Granulat drzewny – Wymagania dotyczące przechowywania granulatu u odbiorcy końcowego

**NORMA ÖNORM
M 7135**

Wartość kaloryczna	> 18MJ/kg
Siarka	<0,04%
Azot	<0,30%
Chlor	<0,02%
Średnica	4mm<D<10mm (6 mm)
Ścieranie/Trwałość	<2,3%
Spoiwa (środki wiążące)	< 2% (tylko naturalne)

NORMA ÖNORM M 7136

Ogólne wymagania

- dokumentacja
- zgodność produktu

Wymagania dotyczące magazynowania okresowego

- dostawa
- przechowywanie
- załadunek pojazdów transportowych – oddzielenie drobnych cząstek

Wymagania dotyczące pojazdów transportowych dostarczających granulaty do odbiorców finalnych

- zabezpieczenie przed wilgocią
- naciski mechaniczne w instalacji załadowniczej
- instalacja odprężająca
- minimalna długość giętkiego przewodu zasilającego

NORMA ÖNORM M 7137

Miejsca przechowywania paliwa:

- piwnice
- silosy
- zbiorniki podziemne
- zbiorniki wolnostojące

Kryteria standaryzacji:

- zabezpieczenie przed zawilgoceniem
- instalacje
- przepisy przeciwpożarowe
- złącza zasilające i rozprężające

OBLICZANIE WYMAGANEJ OBJĘTOŚCI BIOMASY

PIERWSZĄ CZYNNOŚCIĄ PRZY PROJEKTOWANIU MAGAZYNU JEST OBLICZENIE MINIMALNEJ OBJĘTOŚCI PALIWA DLA ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA CIEPŁA W BUDYNKU. OBLICZENIA TAKIE SĄ ZAWSZE PRZYBLIŻONE Z UWAGI NA WIELE CZYNNIKÓW JAK:

- WILGOTNOŚĆ PALIW
- STOPIEŃ ICH ROZDROBNIENIA
- KSZTAŁT POSZCZEGÓLNYCH CZĄSTEK, ITP.

OBJĘTOŚĆ

METR SZEŚCIENNY (KUBICZNY)

jest używana
w odniesieniu
do objętości, która
jest całkowicie
wypełniona drewnem

METR PRZESTRZENNY

odnosi się do objętości
zajmowanej przez
drewno, jak również
powietrza
wypełniającego
przestrzeń pomiędzy
jego partiami

METR SZEŚCIENNY ZŁOŻONY

używana do mierzenia
objętości kłoców i bali
drewna dokładnie
złożonego w stosie

METR SZEŚCIENNY NASYPOWY

jest jednostką
objętości używaną
do pomiaru objętości
kłoców i bali drewna
oraz najczęściej
zrębków drewna

MASA

Jednostkami masy używanymi w relacji do paliw drzewnych są kilogram i tona metryczna. Poniżej podano listę jednostek miary objętości i masy, które są powszechnie używane w handlu paliwami drzewnymi.

Jednostka miary			
tona	kilogram	metr sześcienny drewna złożonego	metr sześcienny drewna luzem
t	kg	m ³ drewno złożone	m ³ luzem
kłody drewna zrębki pelety i brykiety		kłody drewna	kłody drewna zrębki

STOSUNEK OBJĘTOŚCI DO MASY

Do wyrażenia stosunku objętości do masy paliw drzewnych używane są trzy różne jednostki miary.

GĘSTOŚĆ WZGLĘDNA

wartość niewymiarowa
pochodząca ze
stosunku pomiędzy
wagą i objętością wody
(przy temperaturze 4°C)
a substancji drzewnej

GĘSTOŚĆ MASY

stosunek pomiędzy wagą a objętością
masy drzewnej (masy porowatej)
składającej się z różnych substancji
oraz wypełniającej jej próżni (naczyń
włosowatych) wypełnionych
powietrzem i/lub wodą

GĘSTOŚĆ NAŚYPOWA

w odniesieniu do pryzm
paliw drzewnych (kłód,
kłoców oraz zrębek), które
tworzą próżnię pomiędzy
fragmentami drewna,
których wielkość zależy od
kształtu i wielkości tych
fragmentów.

ZAWARTOŚĆ WILGOCI

Drzewa iglaste średnia wartość zawartości wilgoci (M) 13%

Gatunek	Zawartość wody [kg/m ³]	Gatunek	Zawartość wody [kg/m ³]
Świerk norweski	450	cyprysowate	600
Jodła srebrna	470	sosna pinia	620
Sosna limba	500	modrzew	660
Jedlica	510	sosna nadmorska	680
Sosna zwyczajna	550	cis	700
Sosna czarna	560	sosna alepska	810

Źródło: Giordano 1988.

ZAWARTOŚĆ WILGOCI

Drzewa liściaste średnia wartość zawartości wilgoci (M) 13%

Gatunek	Zawartość wody [kg/m³]	Gatunek	Zawartość wody [kg/m³]
Wierzba	450	Hackberry – Celtis	720
Topola biała	480	jesion	720
Topola czarna	500	jesion mанны	720
Olsza szara	520	złotokap	730
Olsza włoska	550	klon polny	740
Olsza czarna	560	buk	750
Kasztan	580	dąb bezszypułkowy	760
Wiśnia	600	robinia akacyjowa	760
Wiąz	620	dąb szypułkowy	770
Bez	620	jarząb	770
Brzoza	650	grab pospolity	800
Lipa	650	chmielograb	820
Orzech laskowy	670	dąb turecki	900
Klon jaworowy	670	drzewo oliwne	920
Klon	670	dąb ostrolistny	940
Orzech włoski	700	dereń	980

Źródło: Giordano 1988.

Średnia gęstość drewna suszonego piecowo

Drzewa	Gatunek	Gęstość drewna suchego [kg/m³]
Iglaste	sosna czarna	560
	modrzew	550
	sosna zwyczajna	510
	jedlica	470
	świerk norweski	430
	jodła srebrna	410
	sosna limba	400
Liściaste	grab pospolity	750
	dąb turecki	740
	robinia akacyjowa	730
	buk	680
	dąb	670
	jesion	670
	wiąz	640
	brzoza	640
	klon	590
	orzech laskowy	560
	lipa	520
	brzoza	520
	olcha	490
	topola osika	450
	topola	410

Źródło: ÖNORM (Austriacki Instytut Norm – Österreichisches Normungsinstitut) B 3012.

GĘSTOŚĆ NASYPOWA

Gęstość nasypowa biomasy ułożonej i luzem

Paliwa drzewne	Wilgotność (M) [%]	Gatunek	Gęstość nasypowa [kg/nasypowy m³]
Kłody drewna (33 cm w stosie)	15	buk	445*
		świerk i jodła	304*
Zrębki drewna	30	buk	328
		świerk i jodła	223
Kora drzew iglastych	15		180
Trociny			160
Wióry			90
Pelety	8		620-650
Biomasa rolnicza			
Bele słomy	15	miskant	140
Biomasa obornika		miskant	110
Ziarno		pszenżyto	750

* kg/m³ przestrzenny
Źródło: Hartmann 2007.

Przelicznik objętościowy dla bali i zrębek

Asortyment	Bale [m ³]	Kłody długości 1 metra [przestrz. m ³]	Kłody drewna porąbane		Zrębki	
			ułożone [przestrz. m ³]	luzem [nasypowy m ³]	drobne (G30)	średnie (G50)
					[nasypowy m ³]	
1 m ³ bali	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 przestrz. m ³ kłody dł. 1 m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 przestrz. m ³ kłody porąbanych	0,85	1,2	1	1,7		
1 nasyp. m ³ kłody porąbanych	0,5	0,7	0,6	1		
1 nasyp. m ³ drobnych zrębków leśnych (G30)	0,4	(0,55)			1	1,2
1 nasyp. m ³ średnich zrębków leśnych (G50)	0,33	(0,5)			0,8	1

Uwaga: 1 tona zrębek G30 o wilgotności (*M*) 35% odpowiada ok. 4 nasyp. m³ zrębkom świerka oraz 3 nasyp. m³ zrębkom buku.

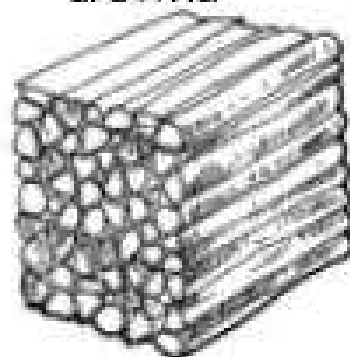
Źródło: ÖNORM M7132, M7133, Jones i in. 2005.

1 m³ bali



=

1,4
przestrzenne m³
odcinków (kłód)
1 metrowych
drewna



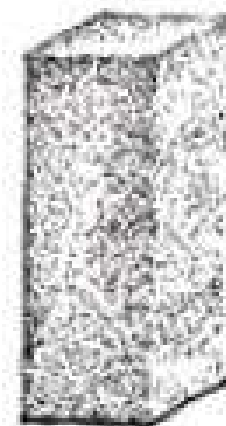
=

2 nasypowe m³
porąbanego drewna
opałowego



=

3 nasypowe m³
średnich zrębków
leśnych (G50)



Gatunek	Drewno okrągłe [m³]	Ogrągle dłuższe [przestrz. m³]	Kłody dł. 1m [przestrz. m³]	Porąbane kłody 33 cm [przestrz. m³]	Porąbane kłody 33 cm [nasyp. m³]
W odniesieniu do 1 m³ drewna okrągłego z korą					
Buk	1,00	1,70	1,98	1,61	2,38
Świerk	1,00	1,55	1,80	1,55	2,52
W odniesieniu do 1 m³ drewna okrągłego					
Buk	0,59	1,00	1,17	0,95	1,40
Świerk	0,65	1,00	1,16	1,00	1,63
W odniesieniu do 1 przestrz. m³ ułożonych kłód					
Buk	0,50	0,86	1,00	0,81	1,20
Świerk	0,56	0,86	1,00	0,86	1,40
W odniesieniu do 1 przestrz. m³ porąbanych kłód 33 cm, ułożone					
Buk	0,62	1,05	1,23	1,00	1,48
Świerk	0,64	1,00	1,16	1,00	1,62
W odniesieniu do 1 m³ nasypowego porąbanych kłód 33 cm, luzem					
Buk	0,42	0,71	0,83	0,68	1,00
Świerk	0,40	0,62	0,72	0,62	1,00

Źródło: Hartmann 2007.

**JEDNOSTKI
MIAR
ENERGII**

Przeliczniki które warto znać

1 kWh	= 860 kcal	= 3,600 kJ (3,6 MJ)
1 MJ	= 239 kcal	= 0,278 kWh
1 kcal	= 4,19 kJ	= 0,00116 kWh
1 toe	= 41,87 GJ	= 11,63 MWh

Paliwa	Wartość kaloryczna netto (wartości średnie)	
	MJ	kWh
Olej opałowy bardzo lekki	36,17 MJ/l (42,5 MJ/kg)	10,00 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*	36,00 MJ/m ³	10,00 kWh/m ³
LPG**	24,55 MJ/l (46,30 MJ/kg)	6,82 kWh/l (12,87 kWh/kg)
Węgiel	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 elektryczna)	3,60 MJ	1,00 kWh
1 kg drewna (M = 20%)	14,40 MJ/kg	4,00 kWh/kg

* 1 kg = 5,8 l (20°C, 216 bar)

** 1m³ LPG = 4 l = 2 kg

Źródło: Jonas i in. 2005.

Przy pominięciu sprawności kotła można stosować następujące przeliczniki

1000 litrów oleju opałowego	≈	5-6 nasyp. m ³ kłód drewna liściastego
		7-8 nasyp. m ³ kłód drewna iglastego
		10-15 nasyp. m ³ zrębek drewna
		2,1 t peletów

Możemy się też tutaj posłużyć wzorem:

$$V = \frac{Q_{co} + Q_{cwu}}{\rho_n \cdot W_u \cdot \eta}$$

Gdzie:

V - objętość paliwa w [m³]

Q_{co} - roczne zapotrzebowanie ciepła w budynku w [kWh/a]

Q_{cwu} - roczne zapotrzebowanie z tytułu przygotowania ciepłej wody [kWh/a]

ρ_n - gęstość nasypowa paliwa w [kg/m³]

W_u - wartość opałowa paliwa w [kWh/kg]

η - sprawność kotła

MAGAZYNY PELETU

Magazyny peletu można ogólnie podzielić na:

- wewnętrzne
- zewnętrzne (nadziemne i podziemne)

Usytuowanie magazynu

Magazyny peletu muszą uwzględniać wymagania pojazdów dostawczych. Należy pamiętać, że maksymalny zasięg węży do ładowania peletu nie przekracza 30m. Wąż nie powinien być też w czasie ładowania naprężony. Pojazdy muszą mieć zapewnioną drogę dojazdową o szerokości minimum 3m. Bramy wjazdowe powinny mieć nadproża nie niższe niż 4m.



CYSTERNA DO TRANSPORTU PELETU



Ochrona przed wilgocią

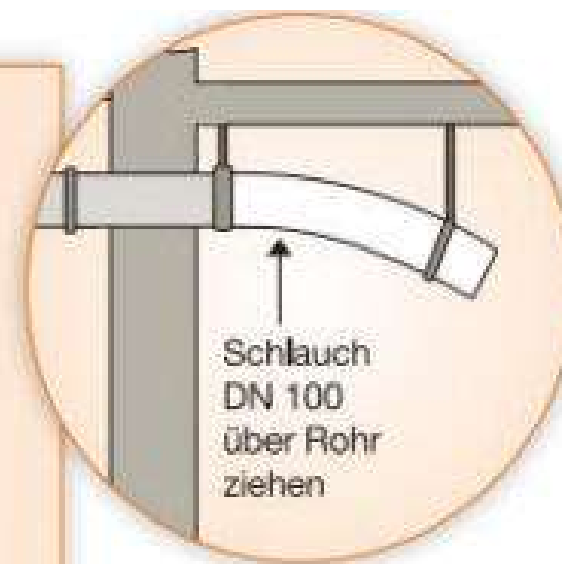
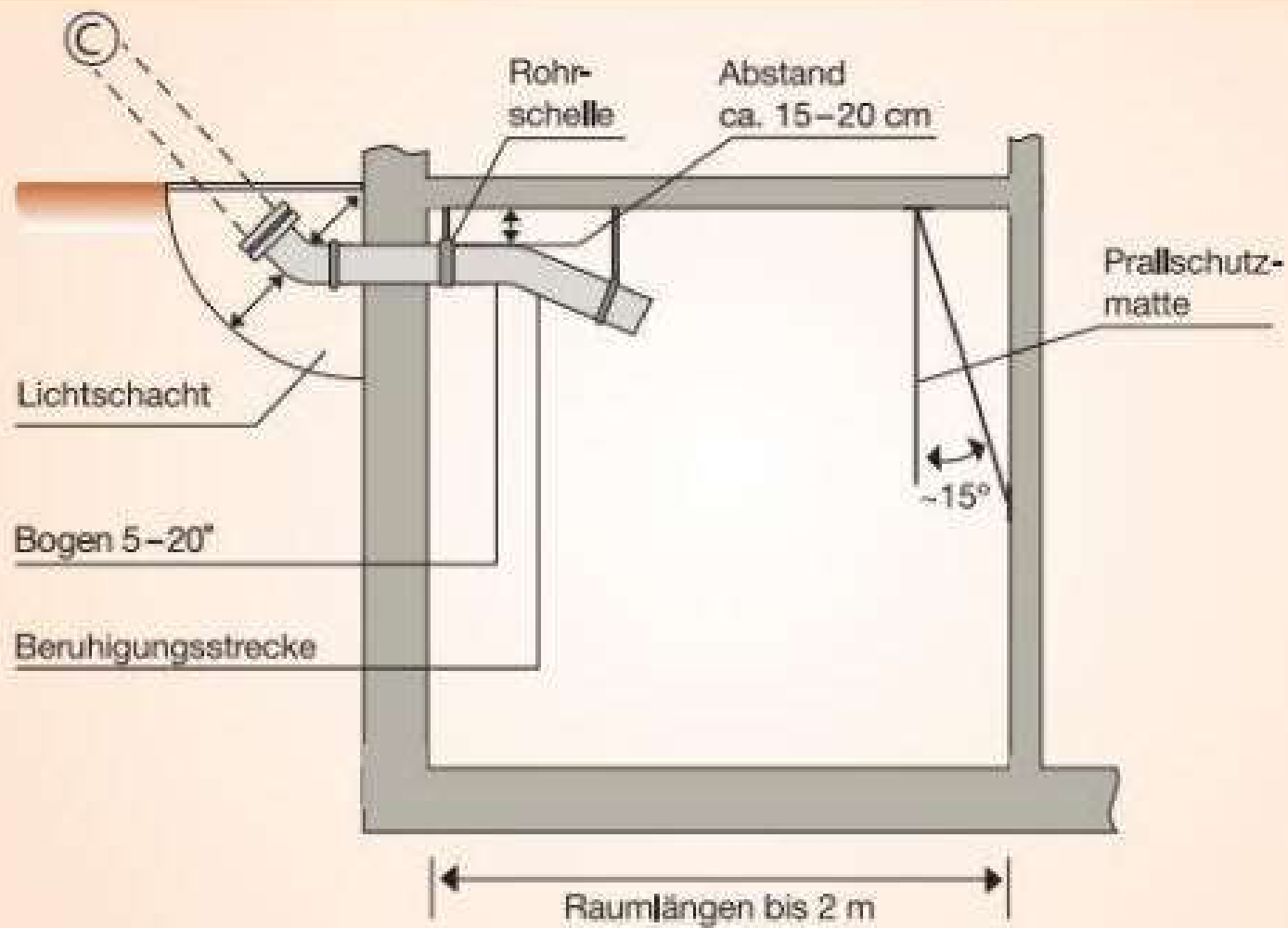
Podczas napełniania magazynu i przechowywania, magazyn nie może być narażony na przenikanie wilgoci. Otwory do napełniania muszą być zabezpieczone przez zamocowanie na końcówkach przewodów specjalnych, szczelnych zaworów. Końcówki zaworów muszą przy tym pasować do węży samochodów dostawczych. W Polsce stosuje się zwykle zawory STORZ o wielkości 100mm, ale spotyka się też średnice 75mm i 110 mm.

WYMAGANIA PRZY NAPEŁNIANIU SIŁOSA

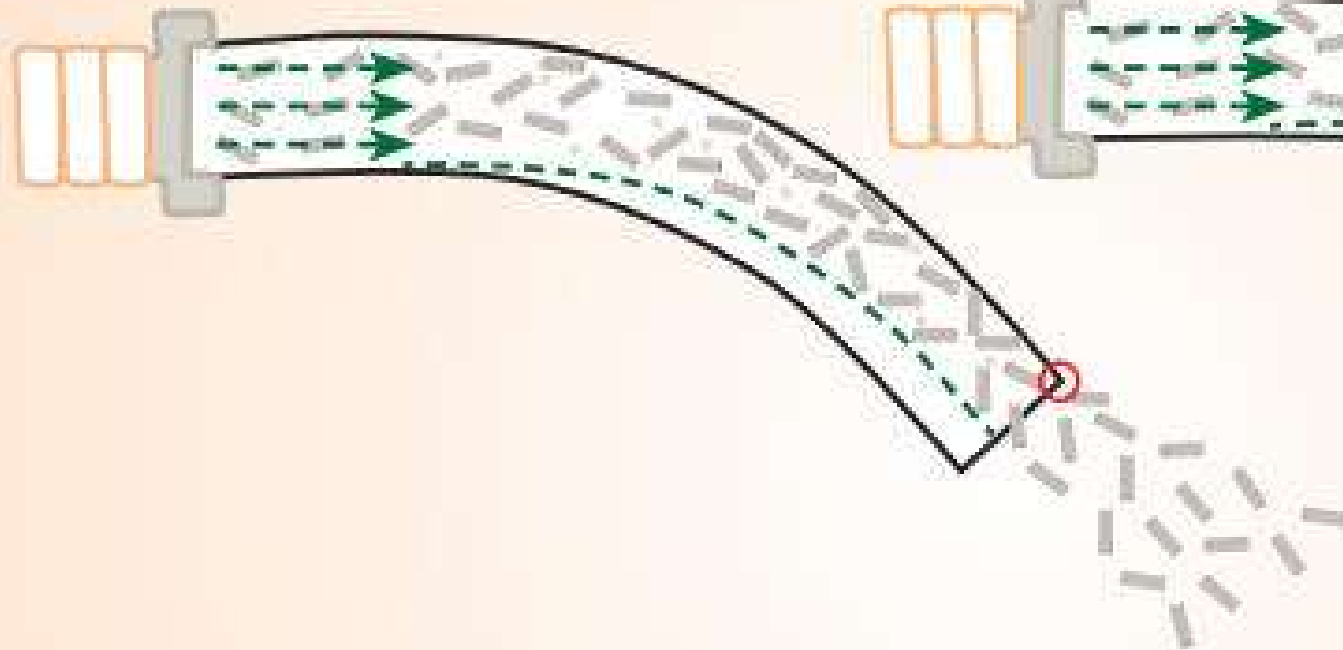
zastosowanie na otworze wyrzutowym powietrza rury
o swobodnym wypływie



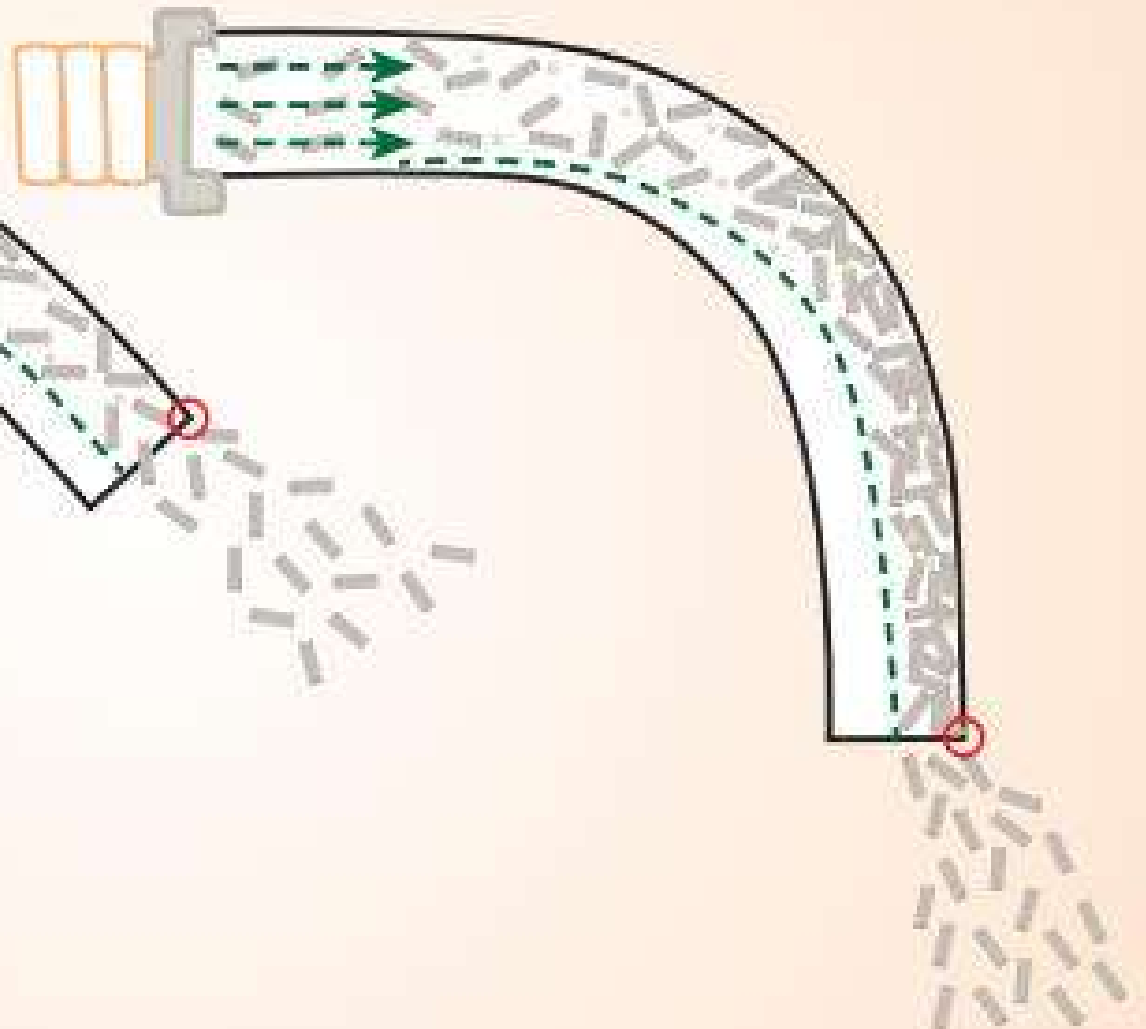


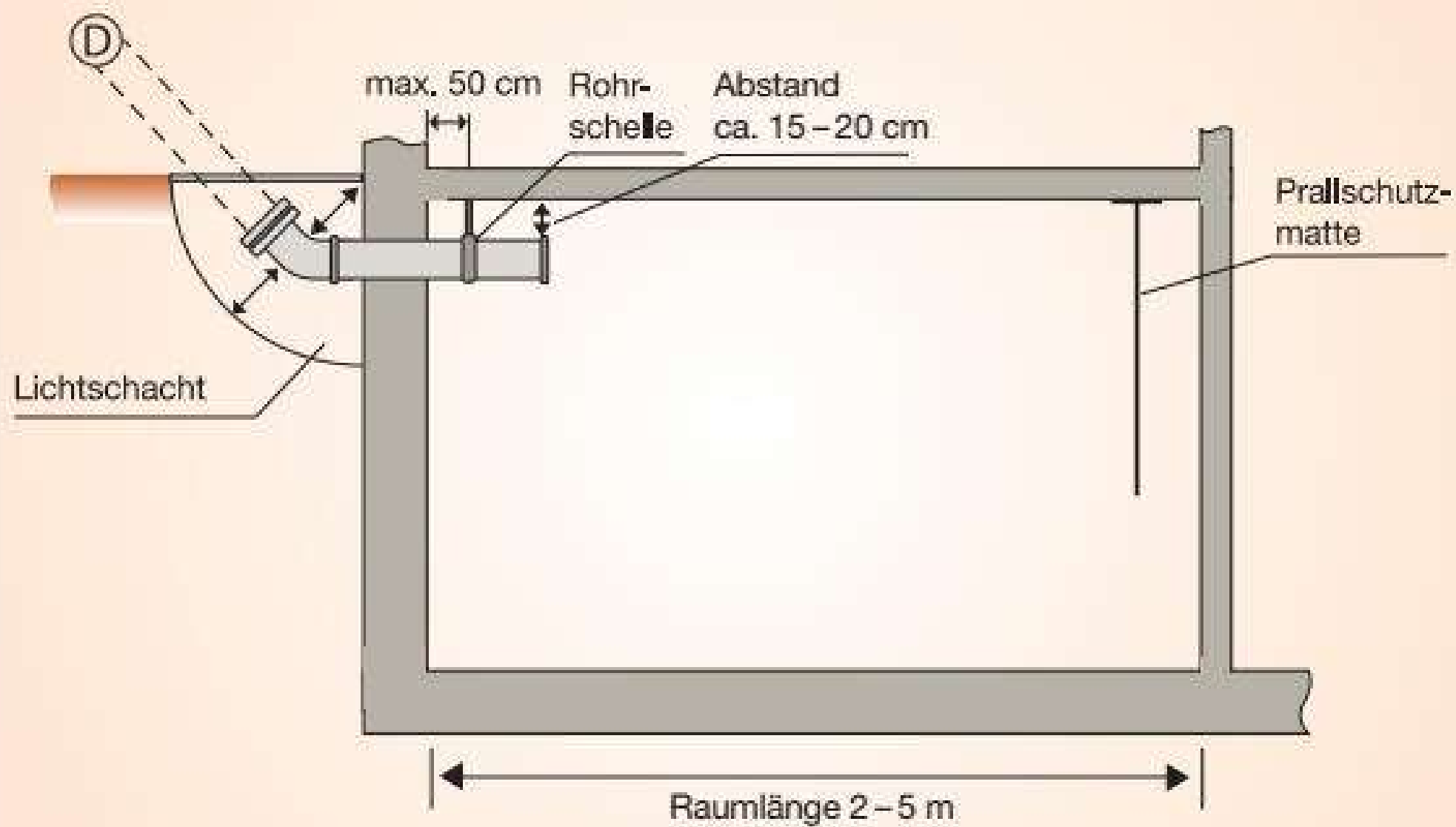


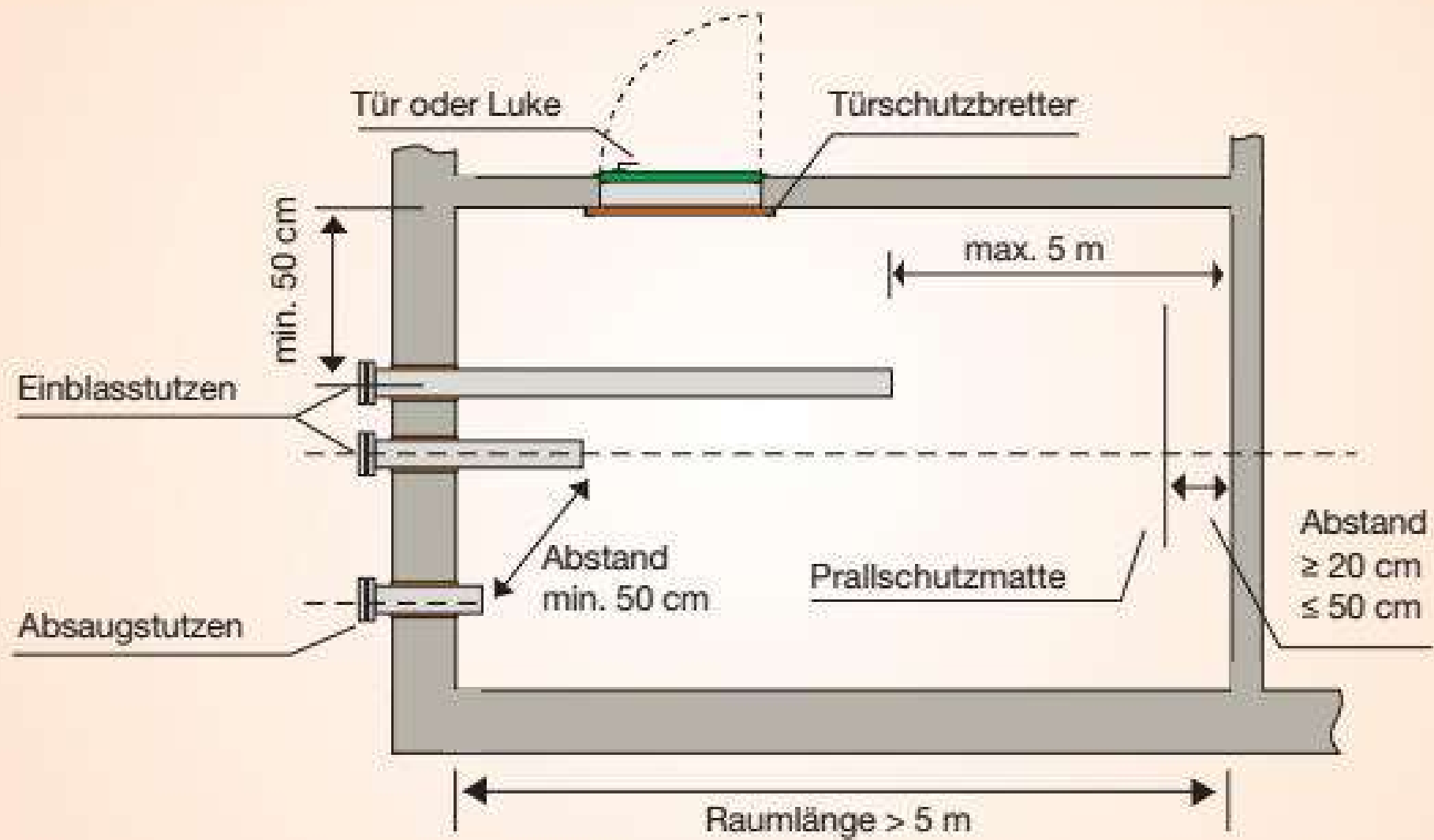
45°-Bogen

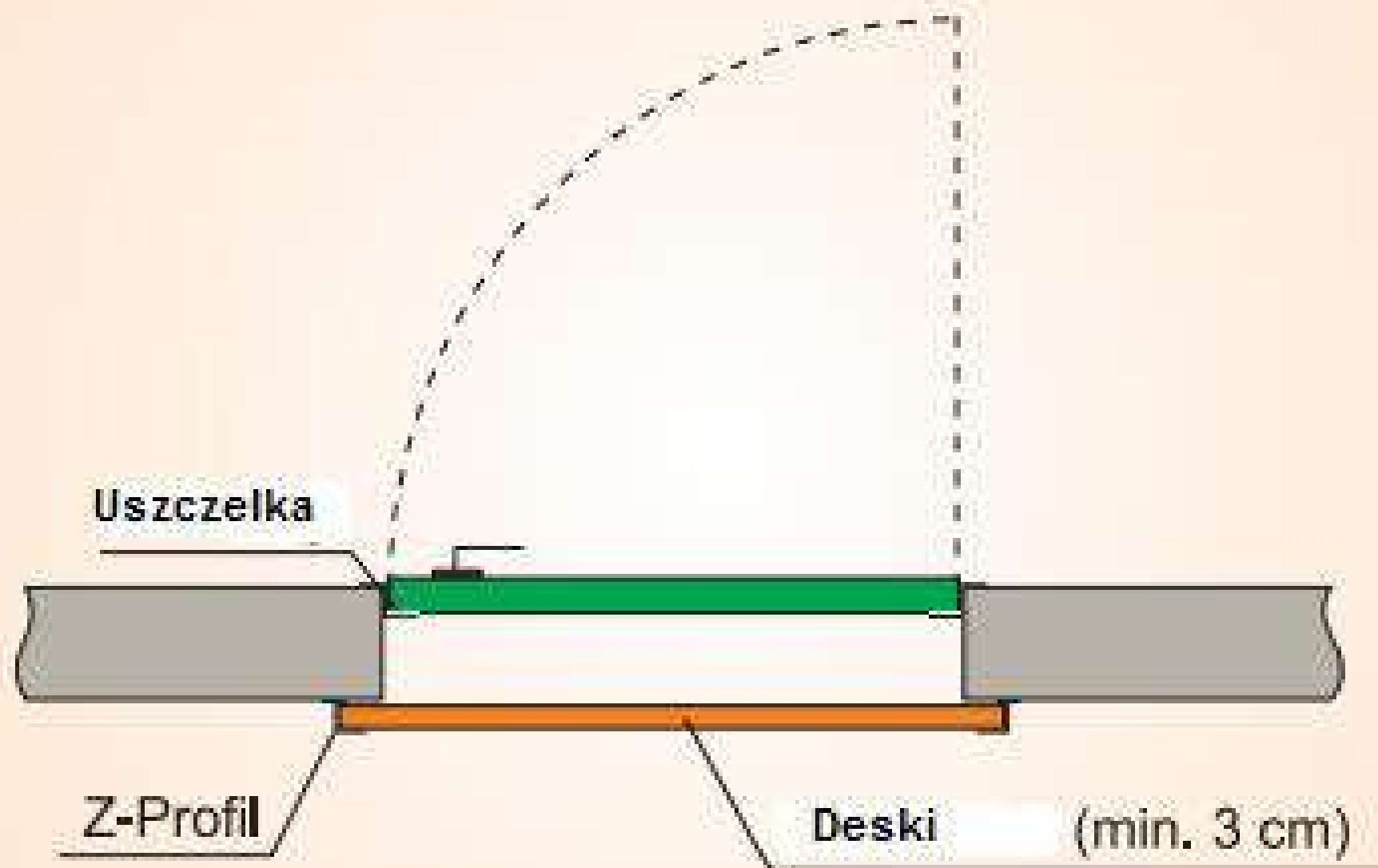


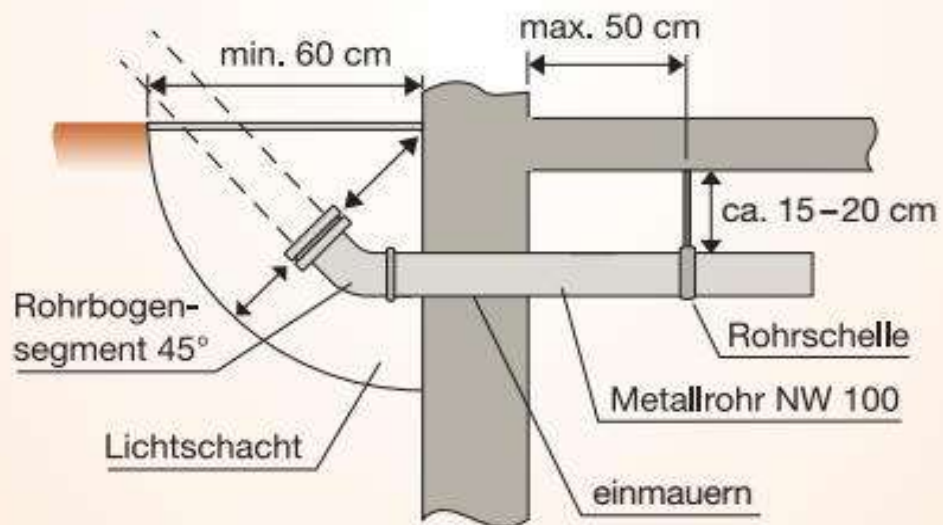
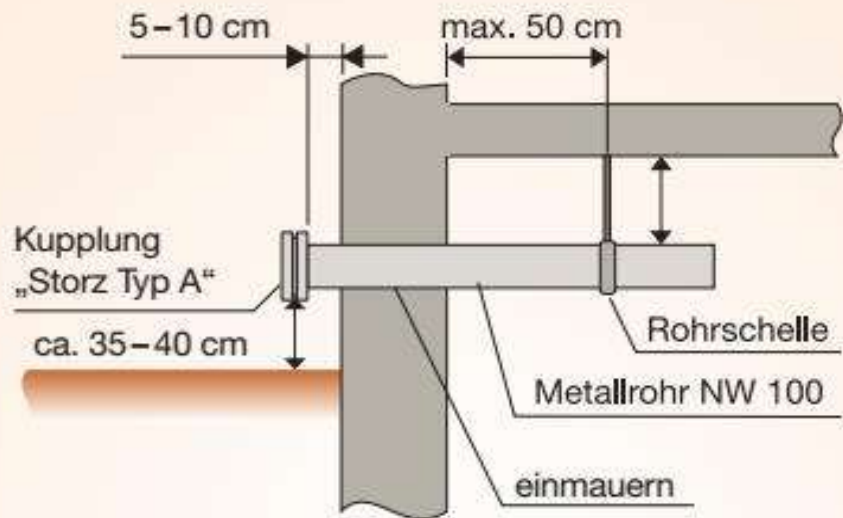
90°-Bogen



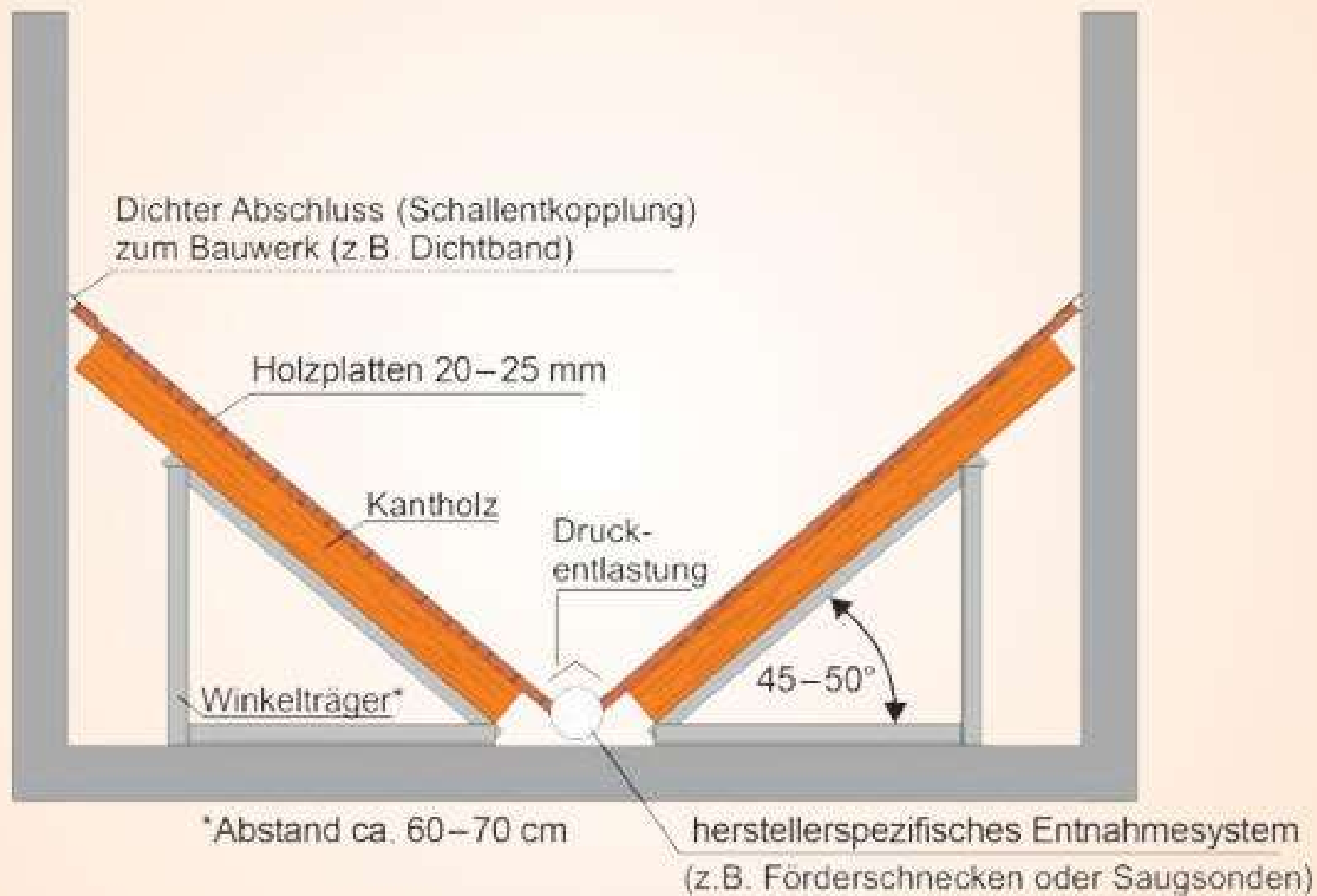




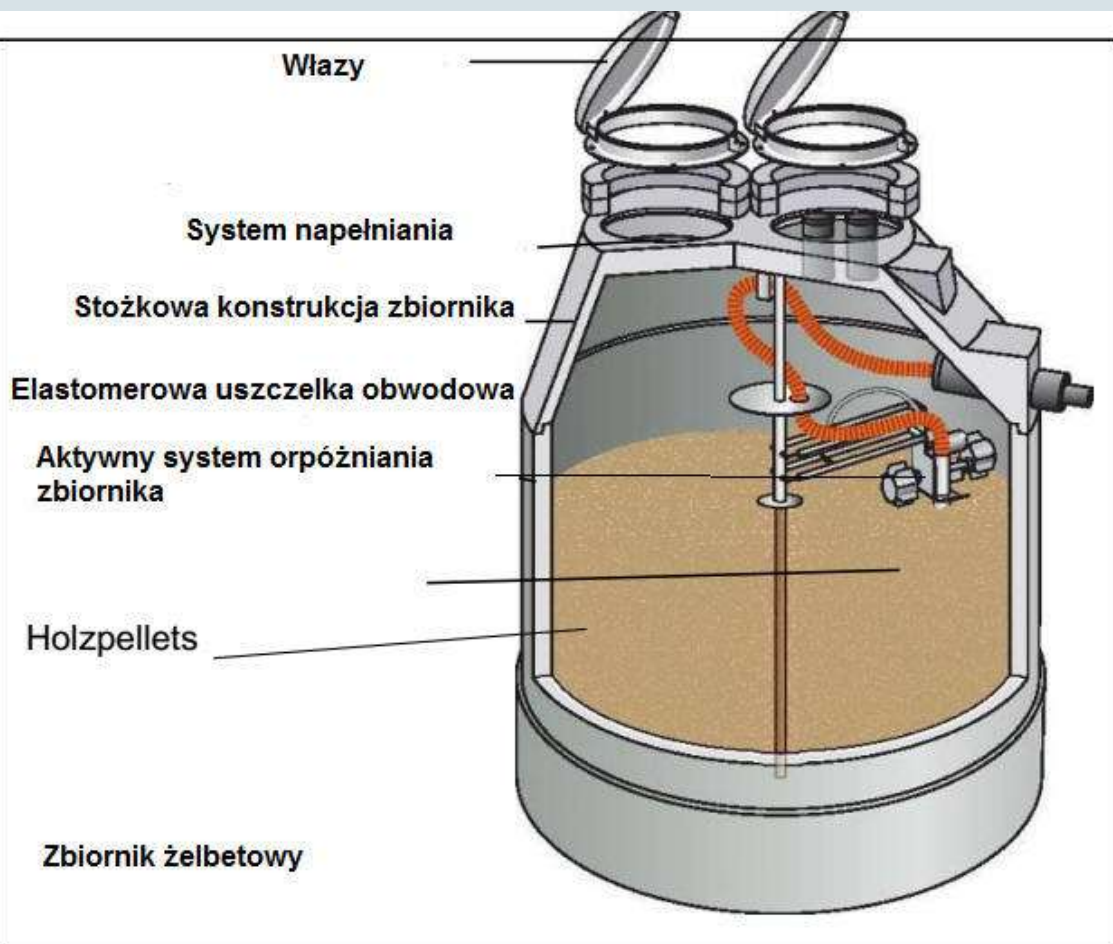




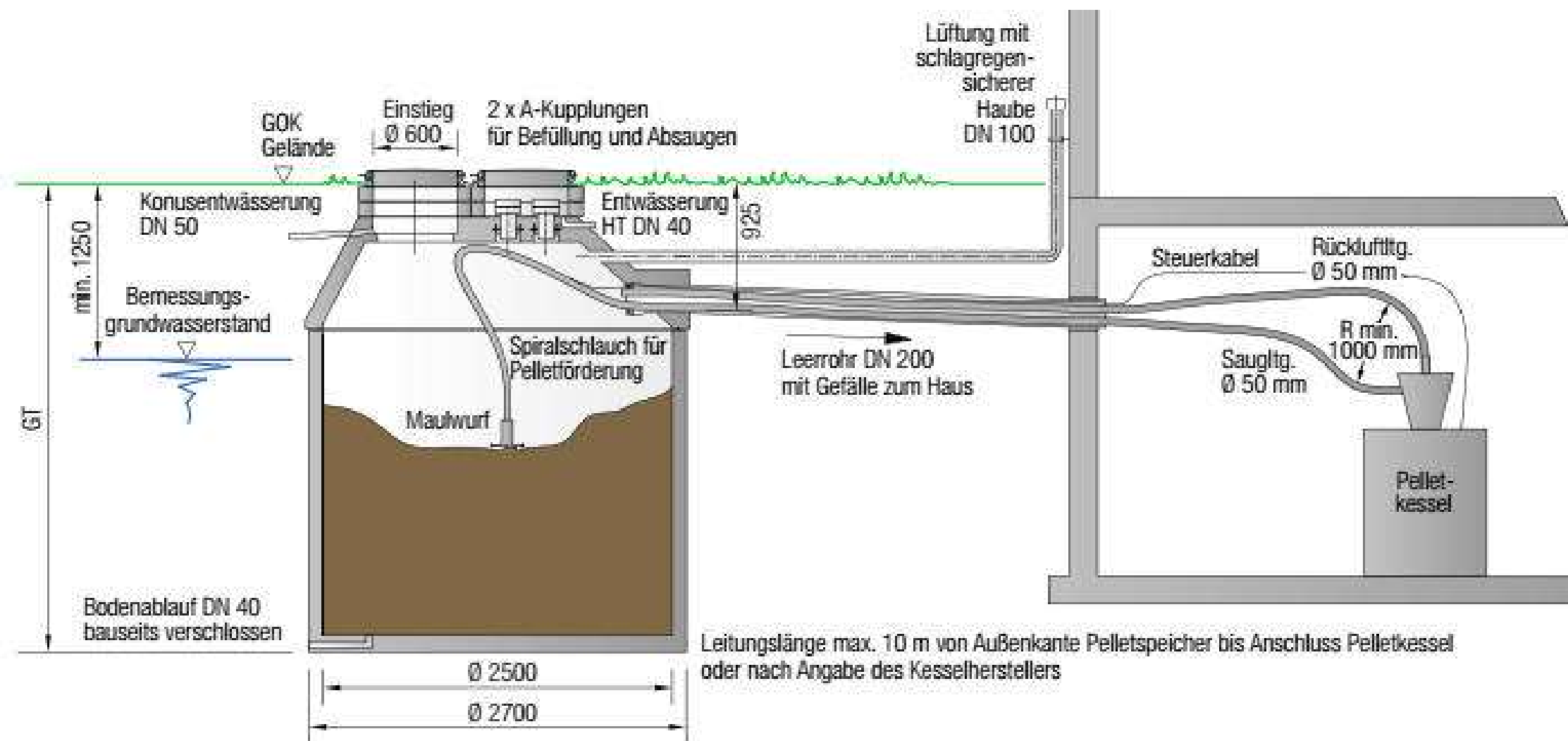
Jeśli istnieje potrzeba umieszczenia przewodów na dużej wysokości, to należy przekraczać 2m od poziomu terenu, a same głowice zwrócić w dół dla ułatwienia przyłączenia węży.

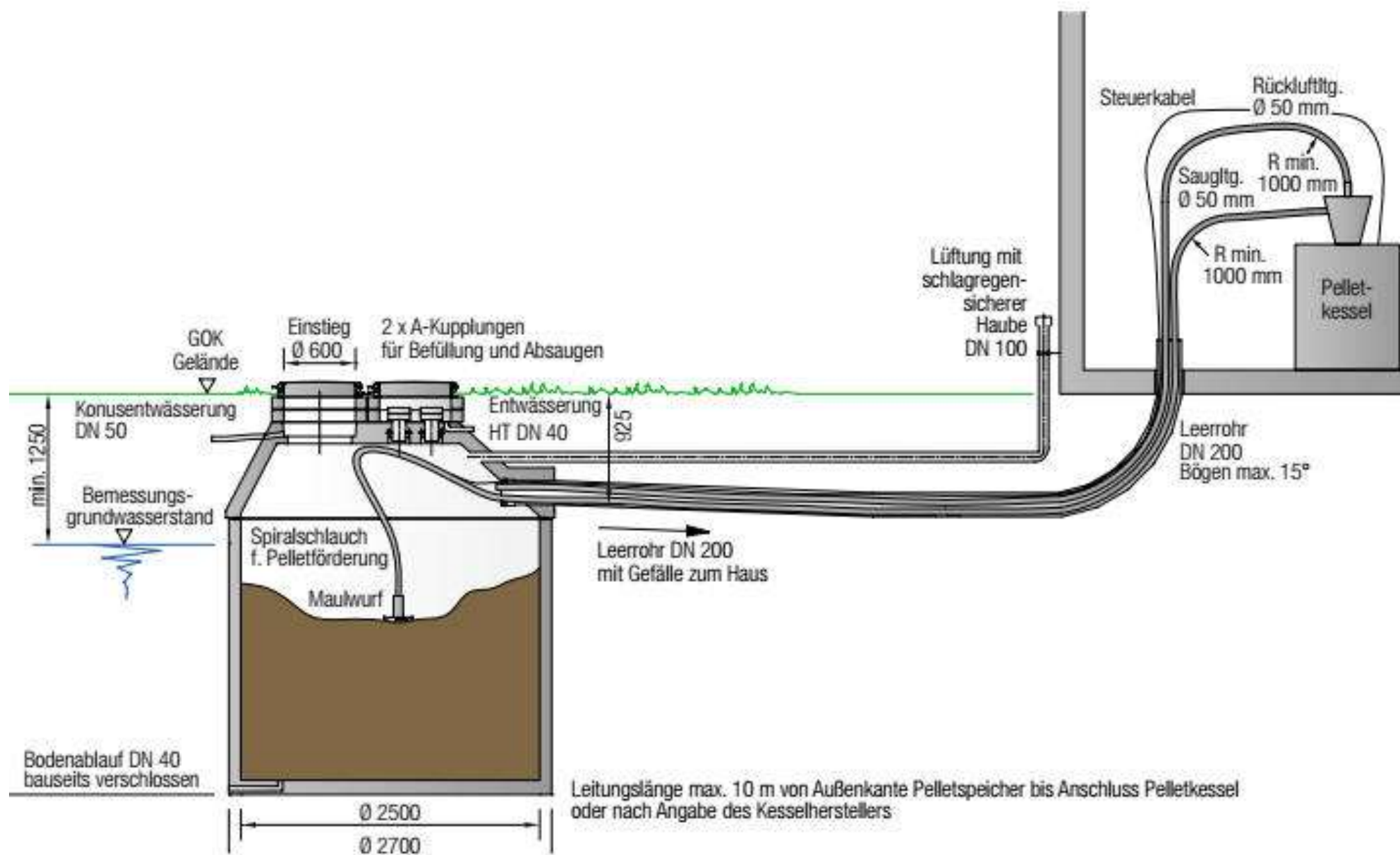


MAGAZYNY ZEWNĘTRZNE PODZIEMNE

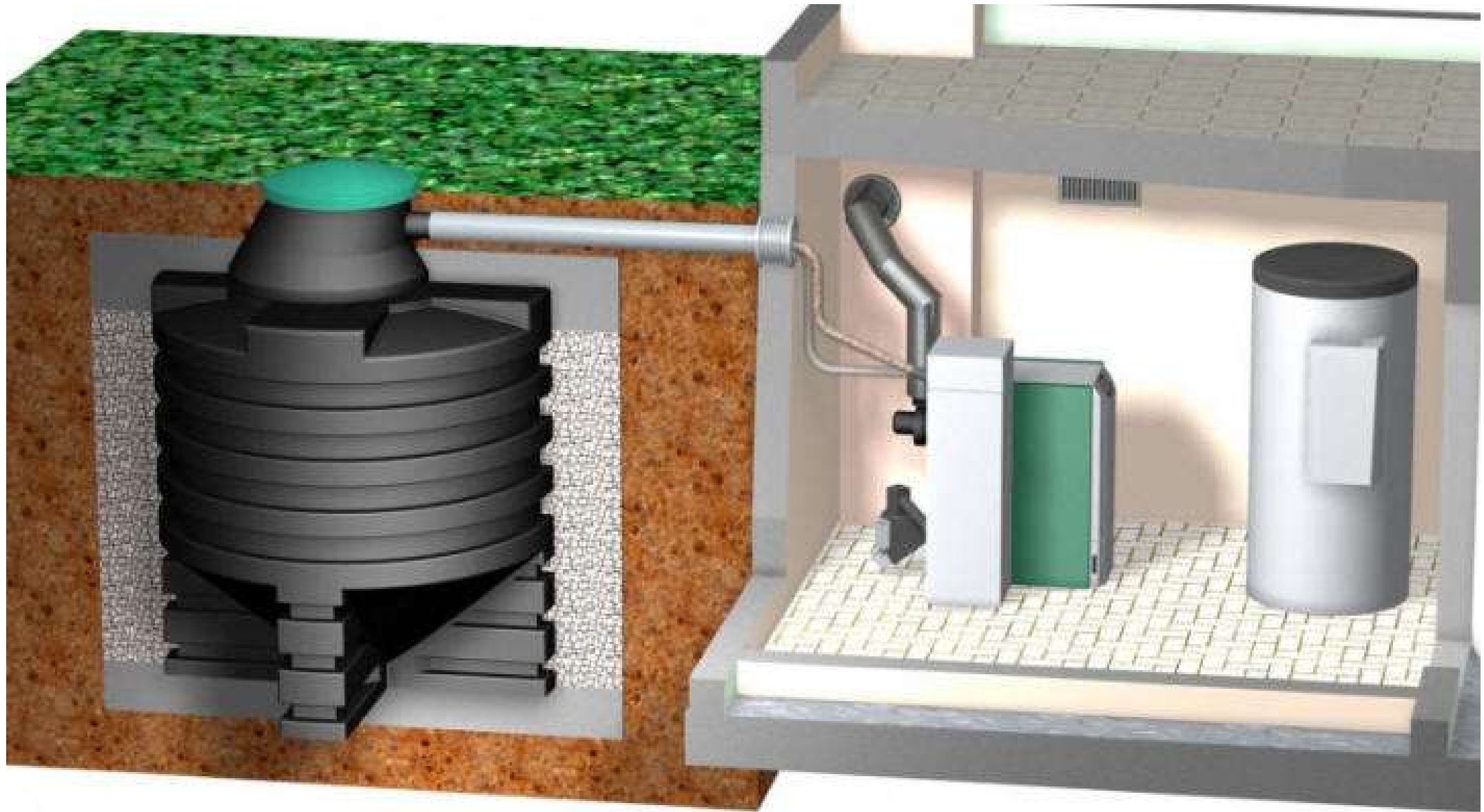


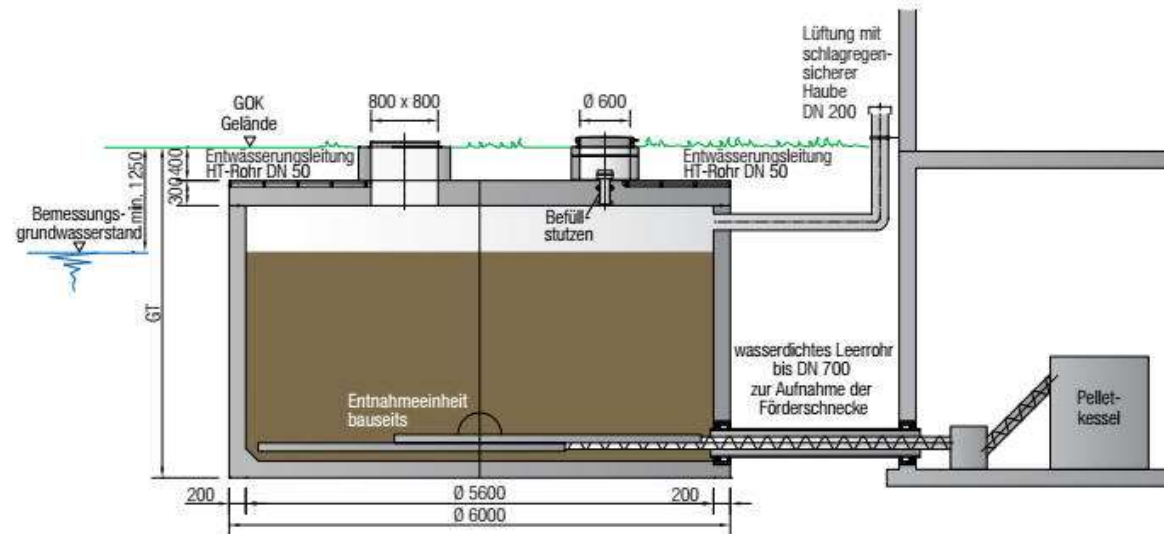
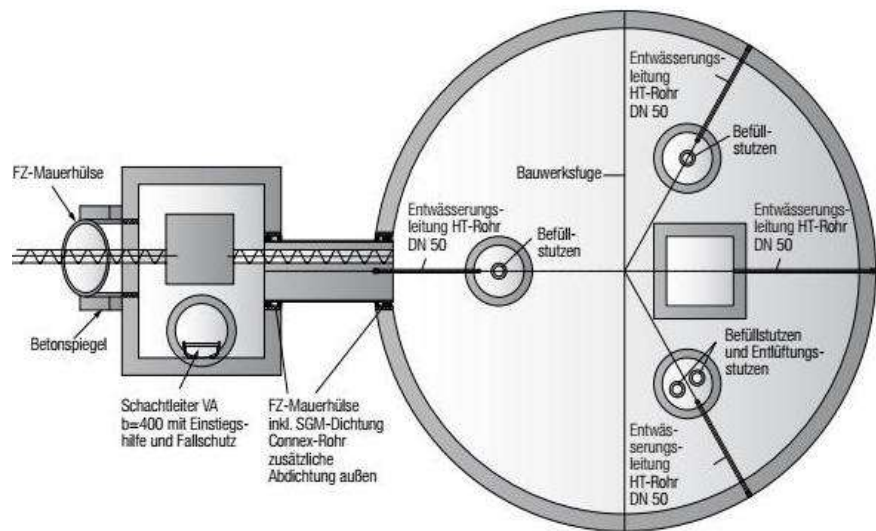
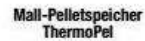
System Maulwurf-3000 ozn.: 1- przyłącze do węża ssącego, 2-kabel YSLY 7x1, 3-koła transportowe, 4-włot peletu, 5-łuk do zaczepienia haka transportowego, 6-zgarniacz, 7-konstrukcja rurowa, 8-suwak, 9-przłącznik zmiany ruchu, 10-pokrywa węża, 11-obrotnica z krzywką











SYSTEMY TRANSPORTU PELETU

PNEUMATYCZNY

ŁĄCZONE

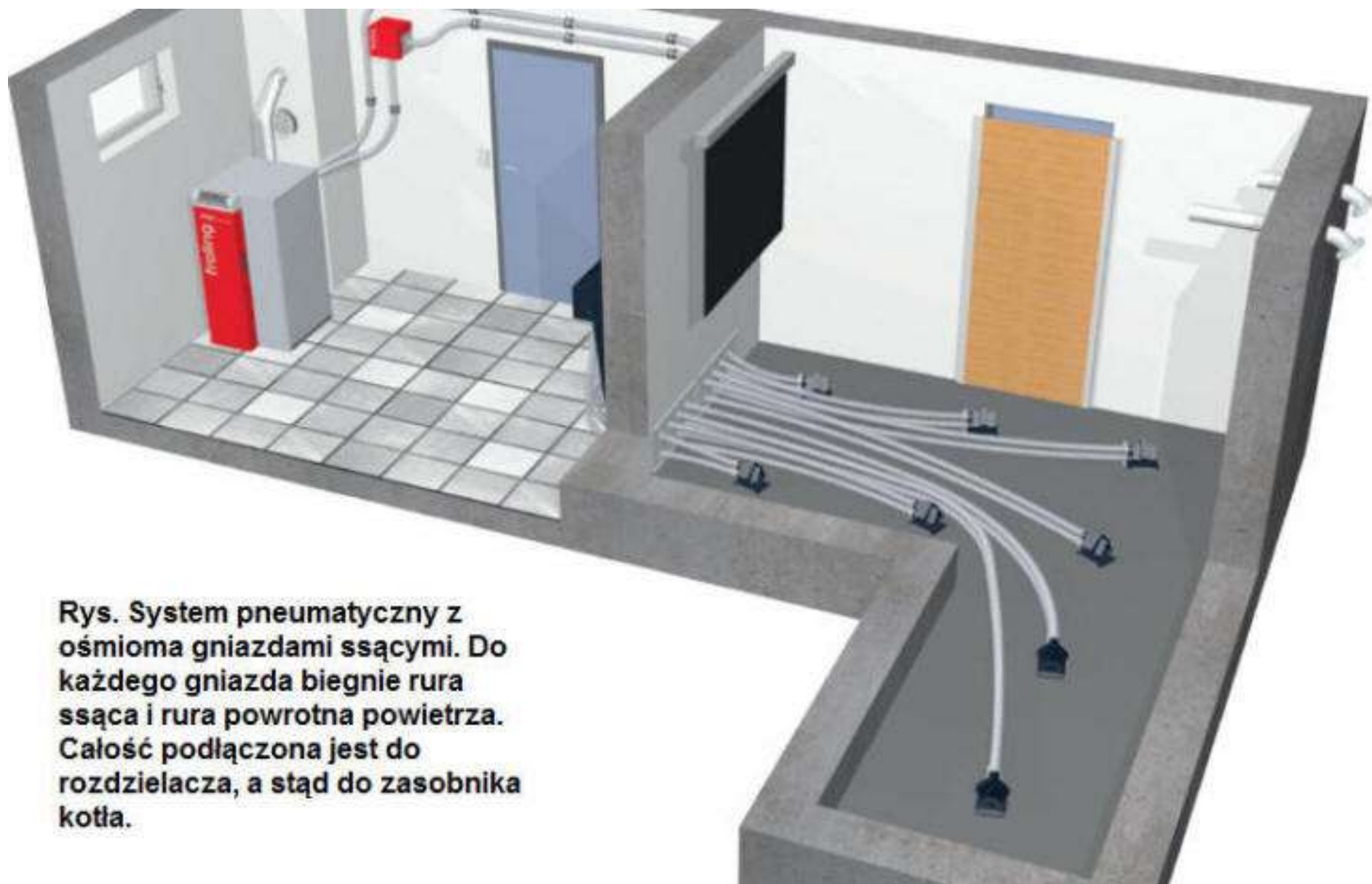
ŚLIMAKOWY

AKTYWNE

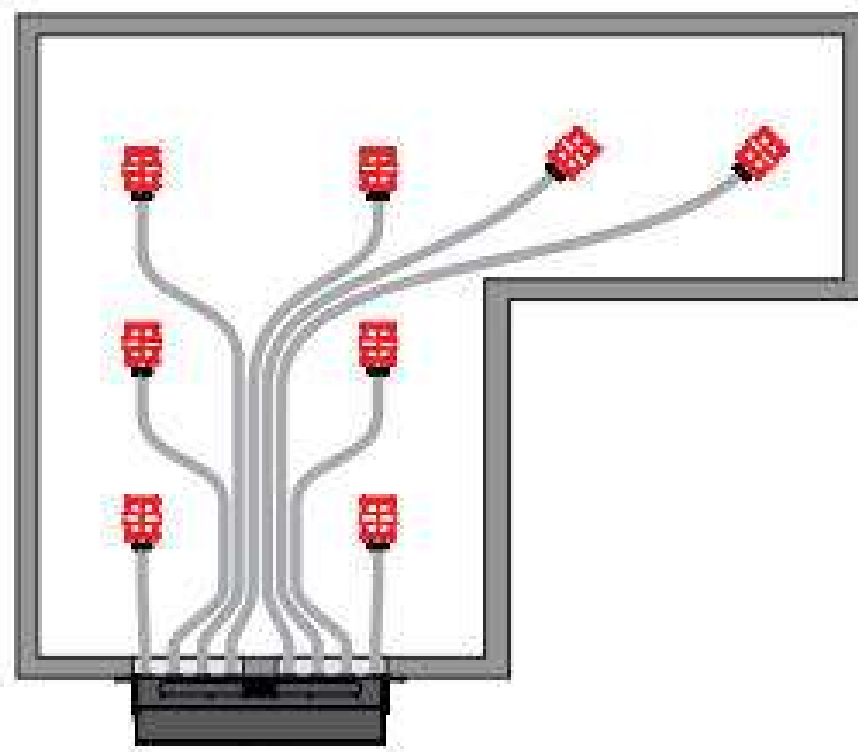
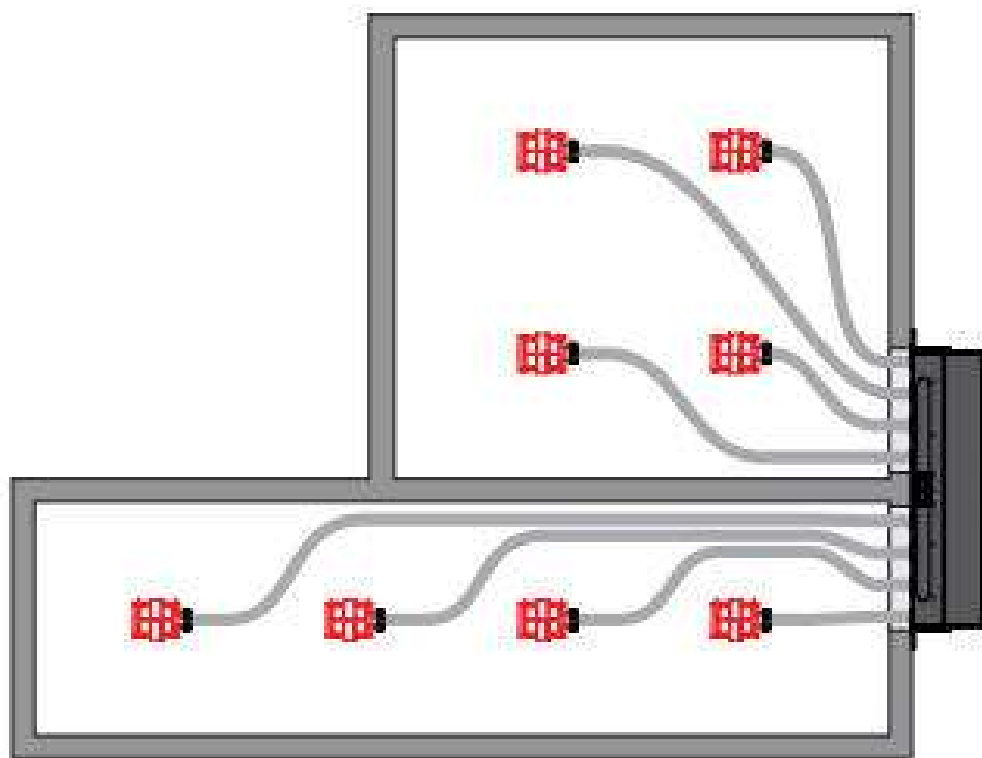








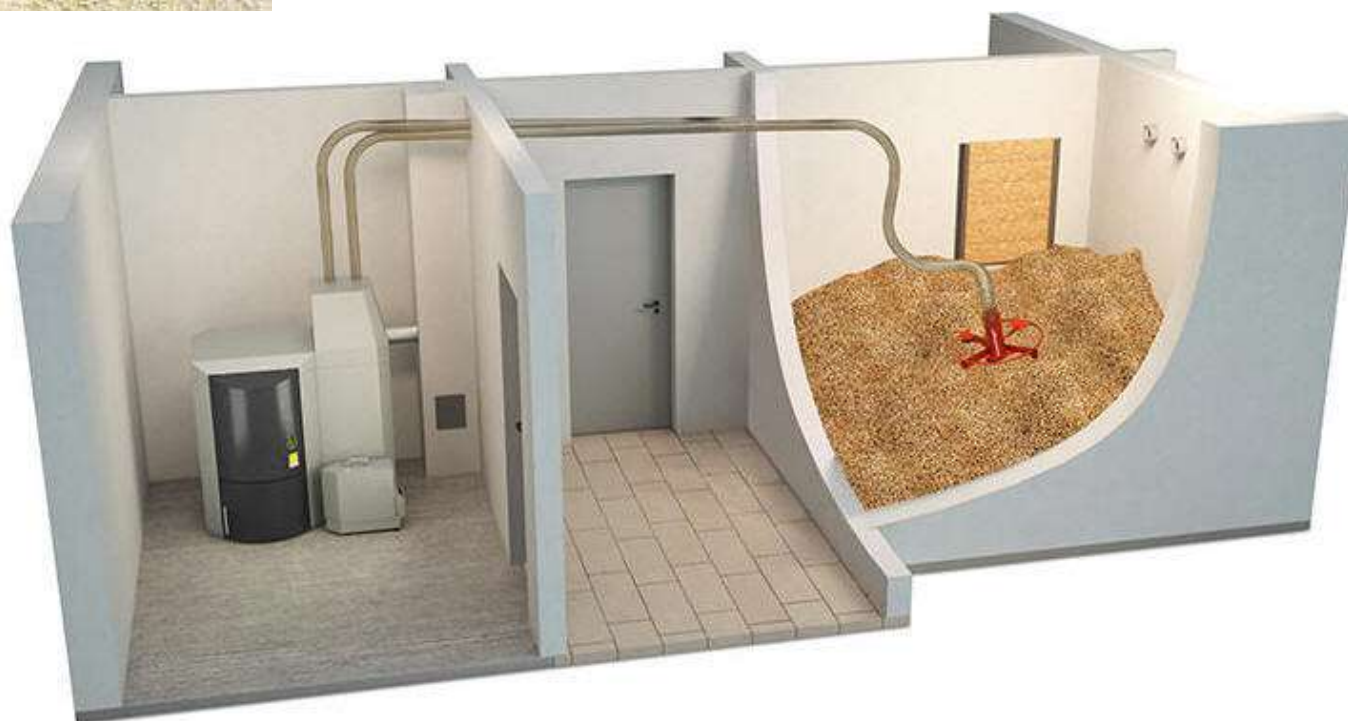
Rys. System pneumatyczny z ośmioma gniazdami ssącymi. Do każdego gniazda biegnie rura ssąca i rura powrotna powietrza. Całość podłączona jest do rozdzielacza, a stąd do zasobnika kotła.

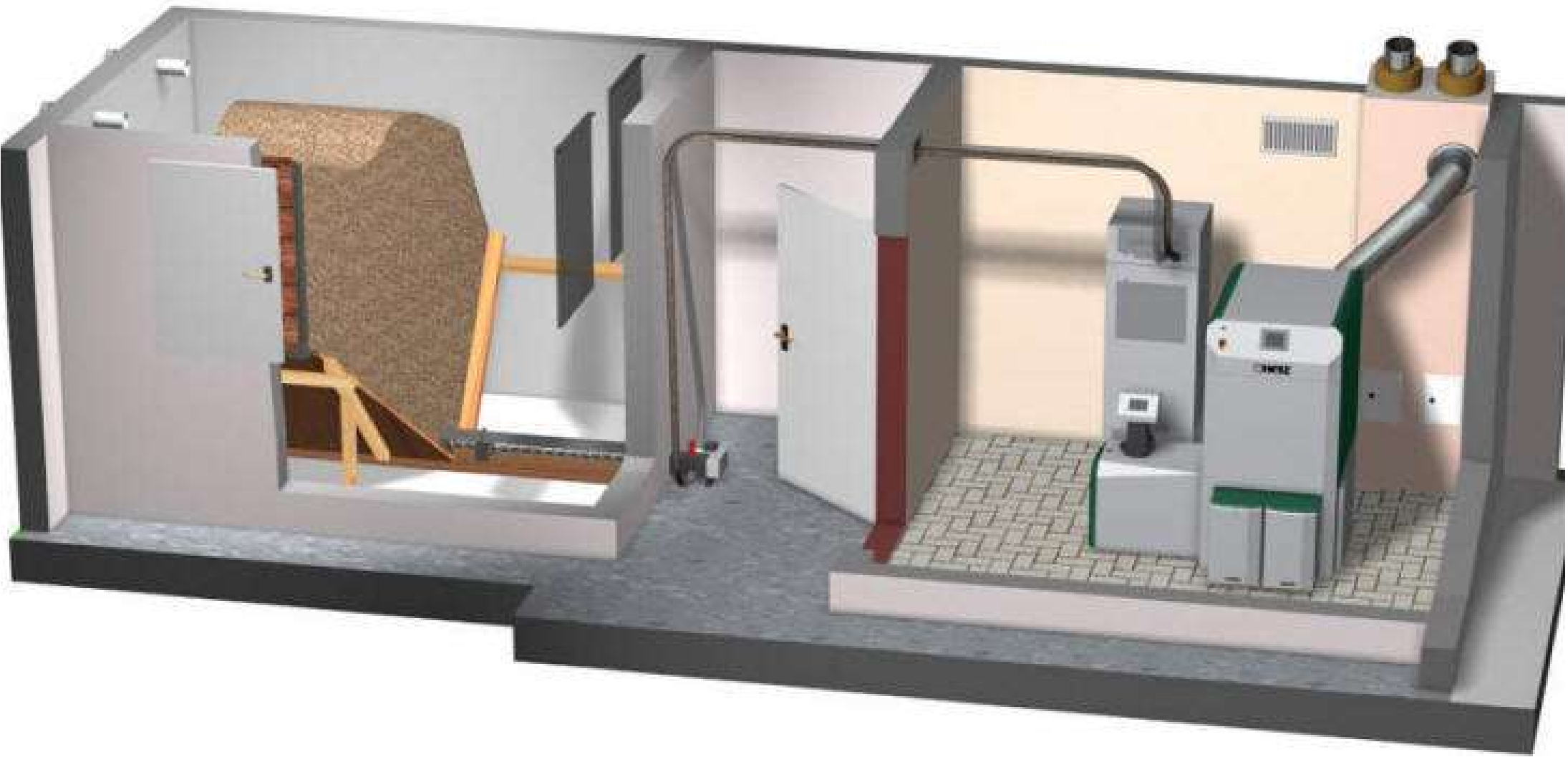


Przykładowe rozwiązania gniazd ssących w zależności od kształtu pomieszczenia. Zasięg jednego gniazda nie powinien być większy niż 1m².



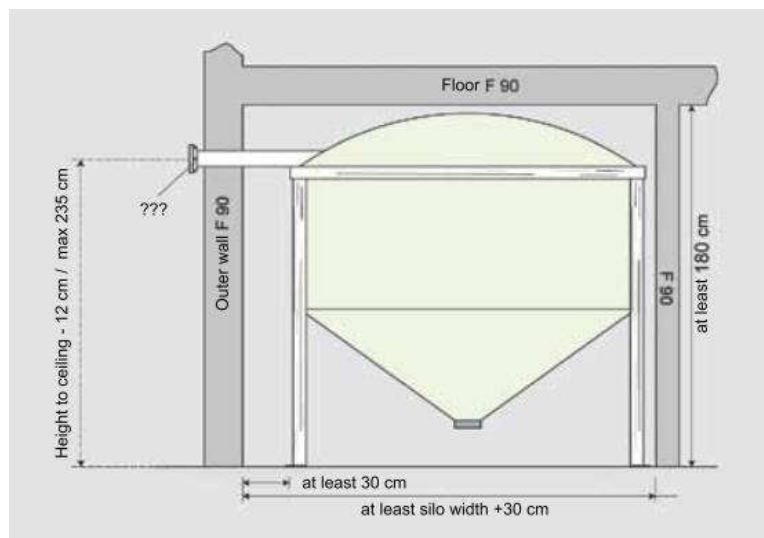
Systemy aktywne doskonale spisują się we wszystkich typach podłogi. Szczególnie polecane są do rozległych zbiorników o podłożach płaskich. Poruszając się we wszystkich kierunkach potrafią w praktyce opróżnić zbiornik do końca.





MAGAZYNY WEWNĘTRZNE SILOSOWE

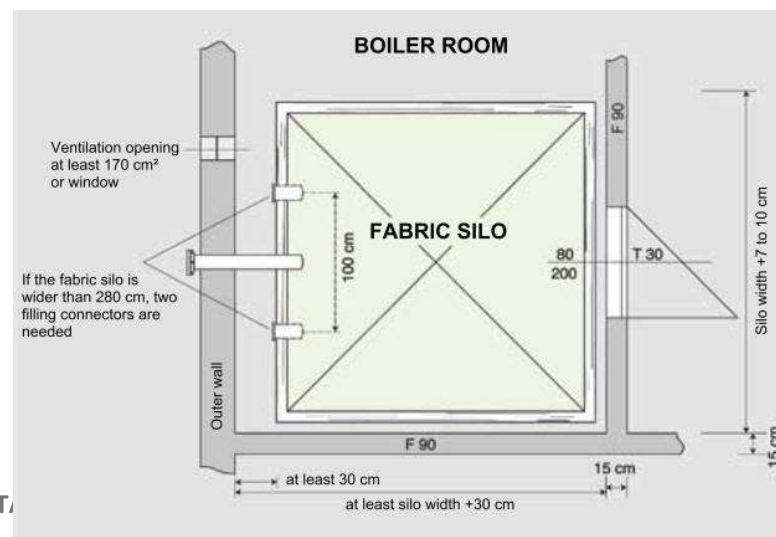
STOŻKOWE



20XX

PREZENTACJA

Z DNEM PŁASKIM



102

MAGAZYNY STOŻKOWE



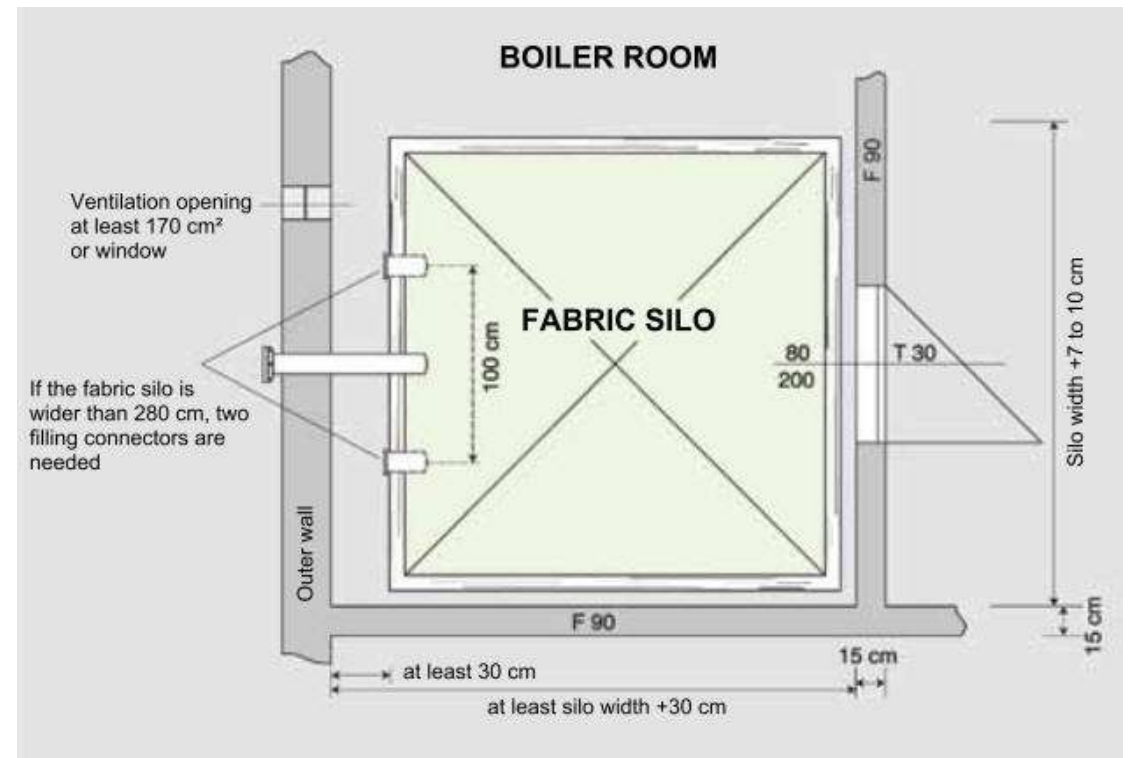
20XX



PREZENTACJA



SILOSY Z DNEM PŁASKIM



SPALANIE I INNE METODY TERMICZNEGO PRZETWARZANIA BIOMASY

SPALANIE BEZPOŚREDNIE BIOMASY

Zastanawiając się nad wyborem kotła musimy wziąć pod uwagę:

- Paliwo, którym będziemy palić w naszym kotle.
- Rodzaj kotła.
- Gabaryty kotła.
- Przekrój i wysokość komina.



DOBÓR

Dobór odpowiedniej mocy.

Musimy zwrócić uwagę na:

- powierzchnię budynku
- stopień docieplenia
- straty wentylacyjne
- rodzaj instalacji

$$Q = V \times q \text{ [W]}$$

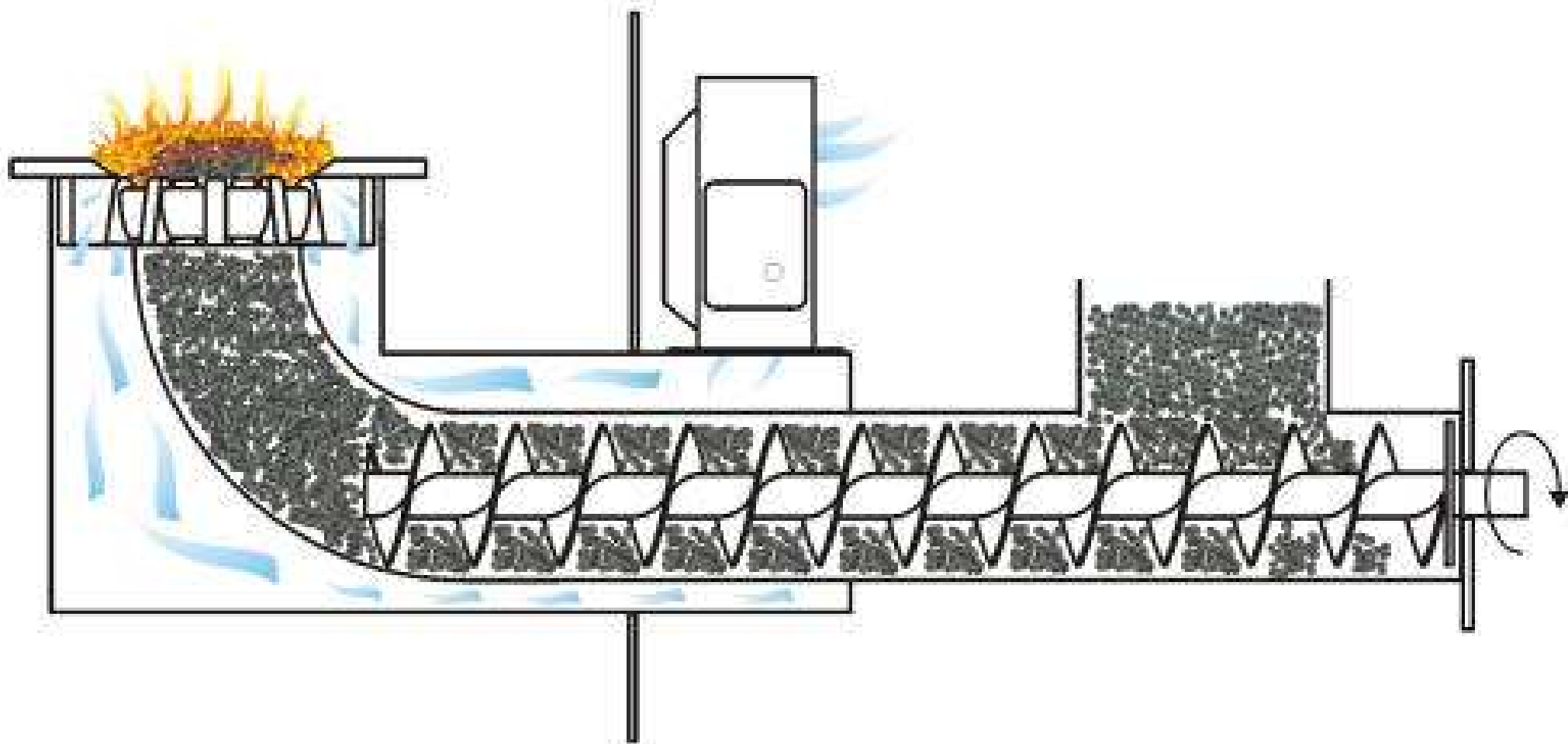
Q – orientacyjne zapotrzebowanie na moc cieplną w [W],

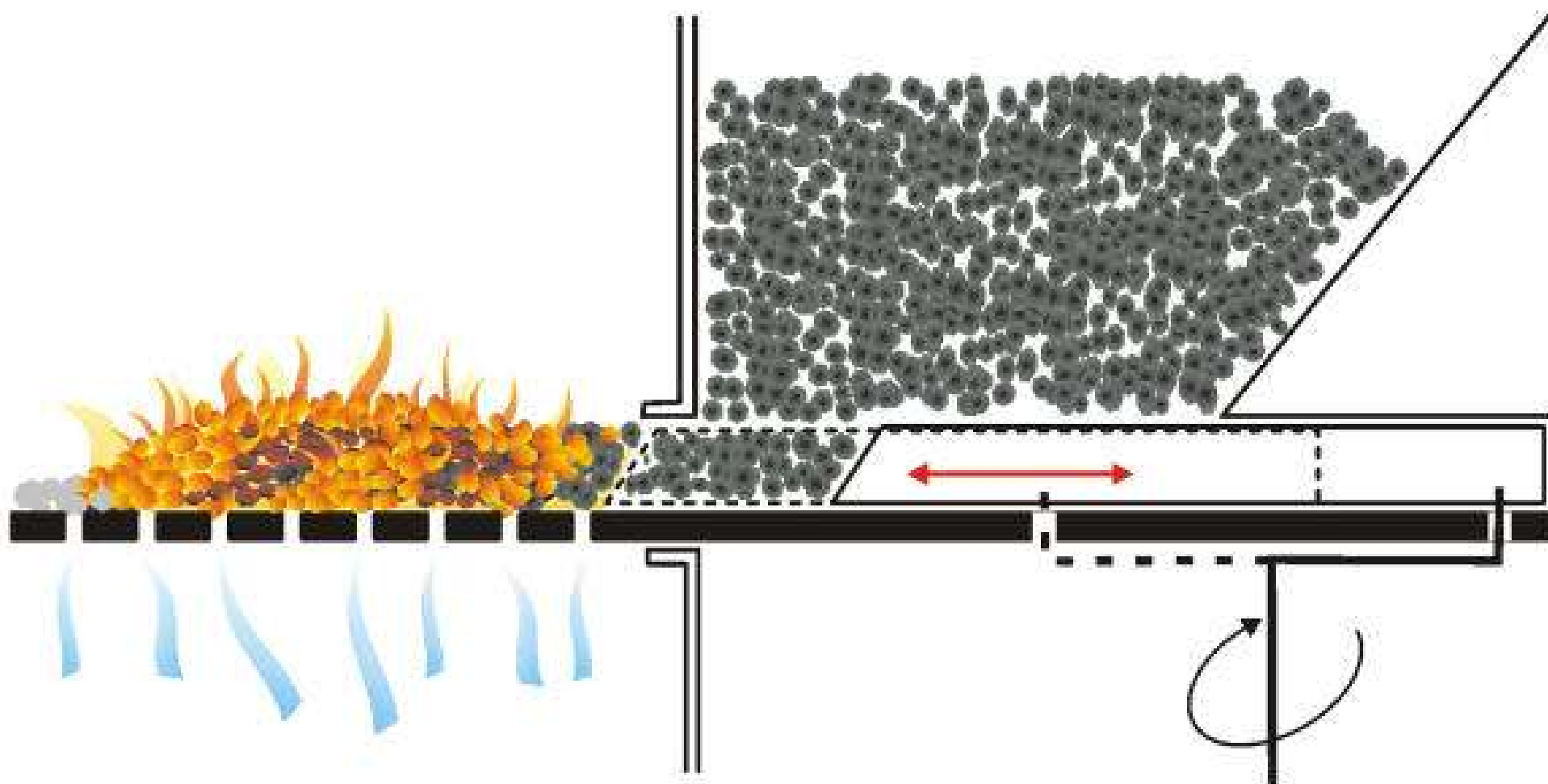
V – kubatura budynku [m^3]

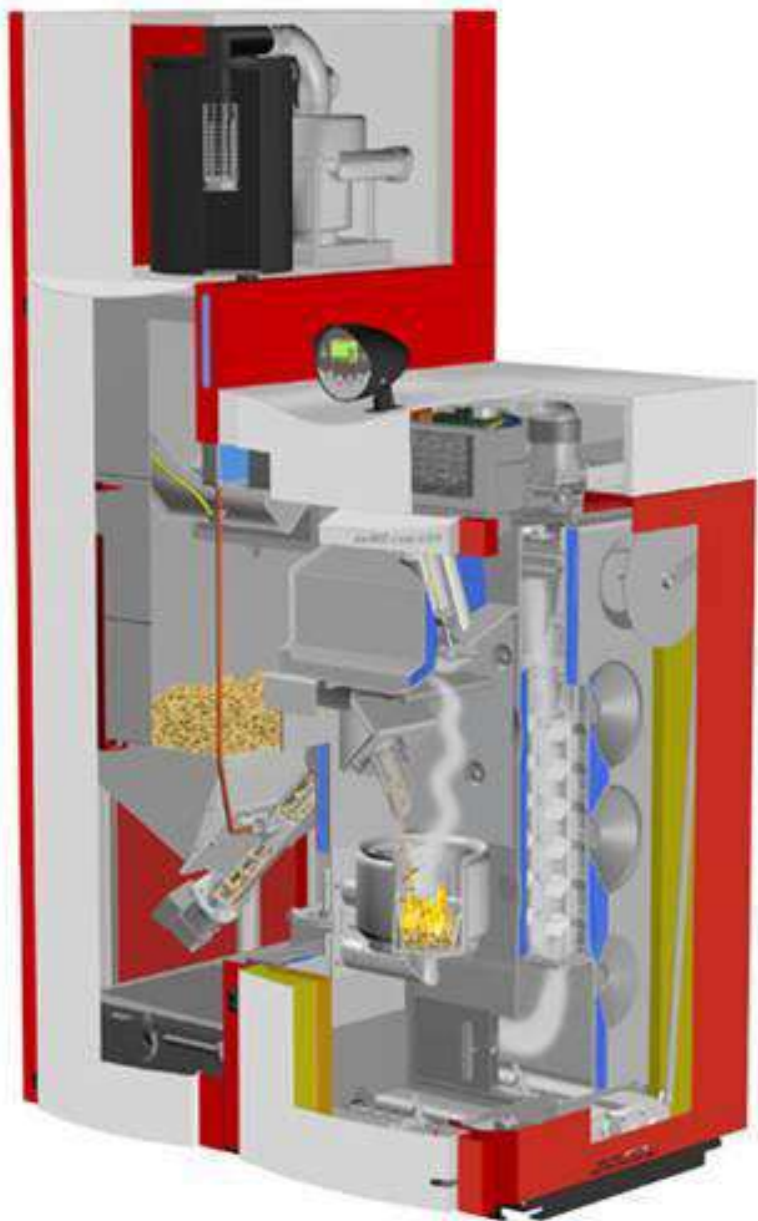
q – współczynnik zapotrzebowania na moc cieplną budynku w odniesieniu do 1 m^3 kubatury ogrzewanej.

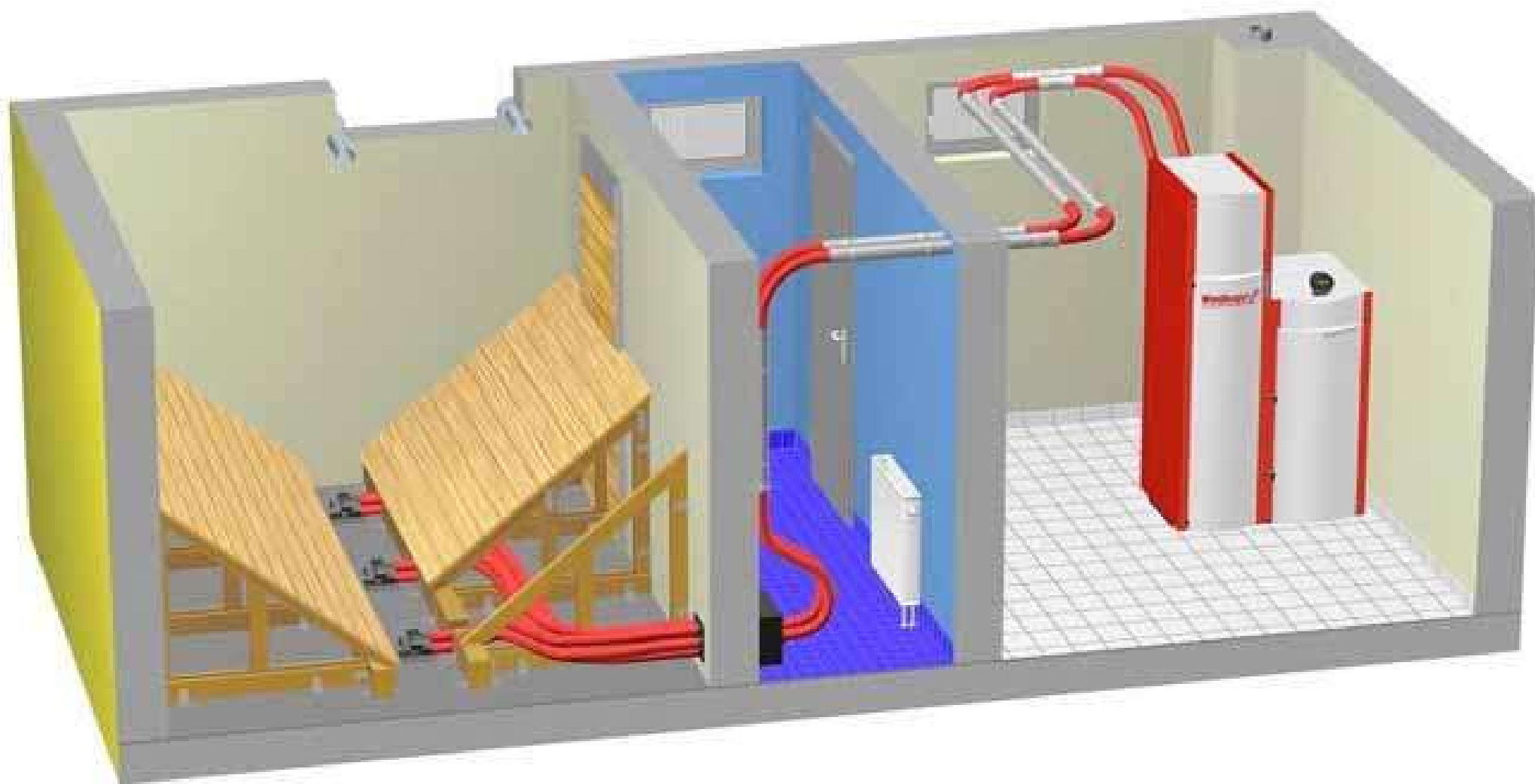
PODZIAŁ KOTŁÓW NA BIOMASĘ











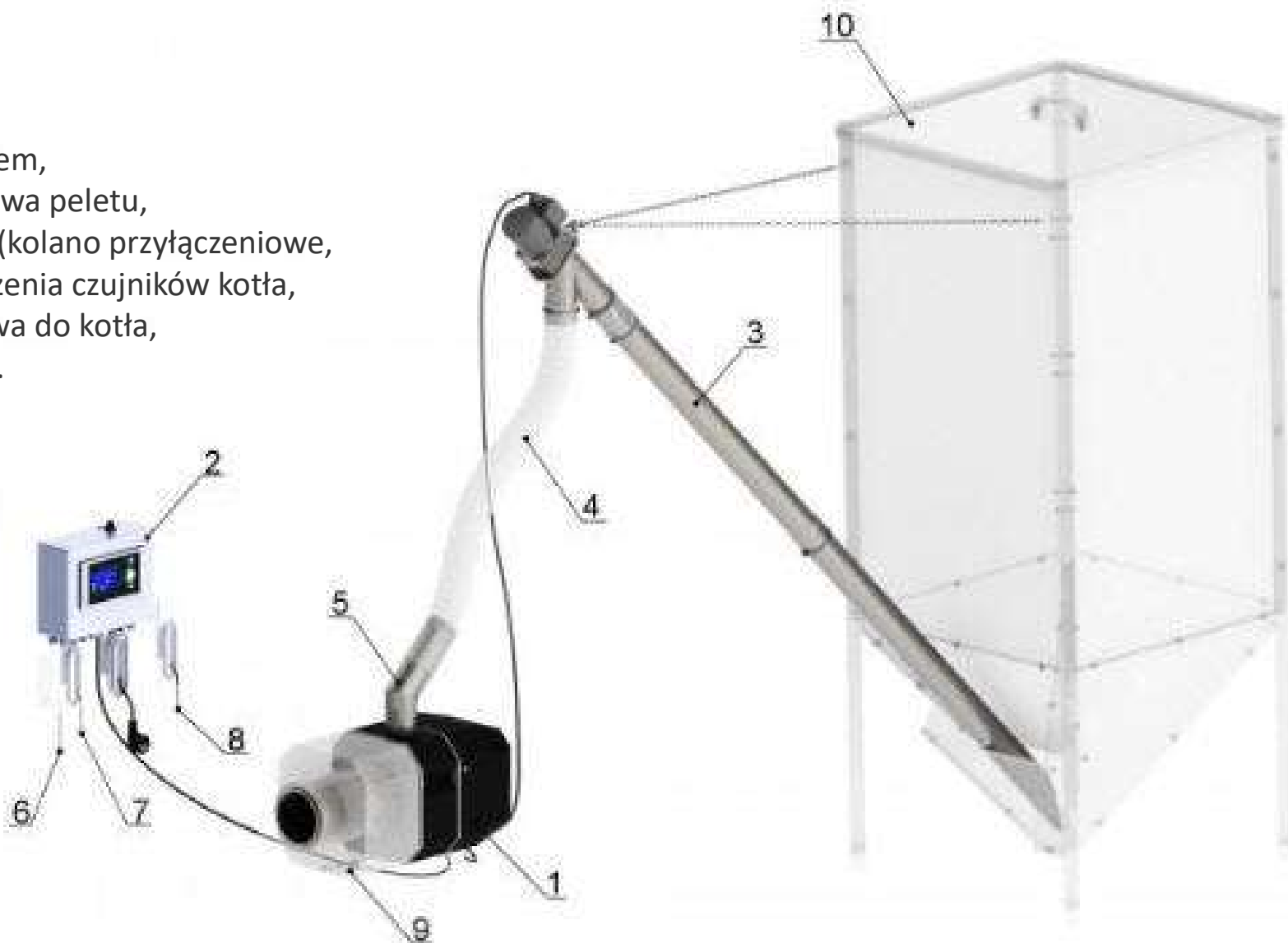


Kocioł z palnikiem
tubowym lub
rynnowym
z automatycznym
podajnikiem paliwa.

PALNIK OBROTOWY



- 1-palnik,
2- sterownik,
3-podajnik z wizjerem,
4-rura spiro wrzutowa peletu,
5-kątowa redukcja (kolano przyłączeniowe,
6, 7, 8 - wyprowadzenia czujników kotła,
9-flansza montażowa do kotła,
10-zasobnik peletu.



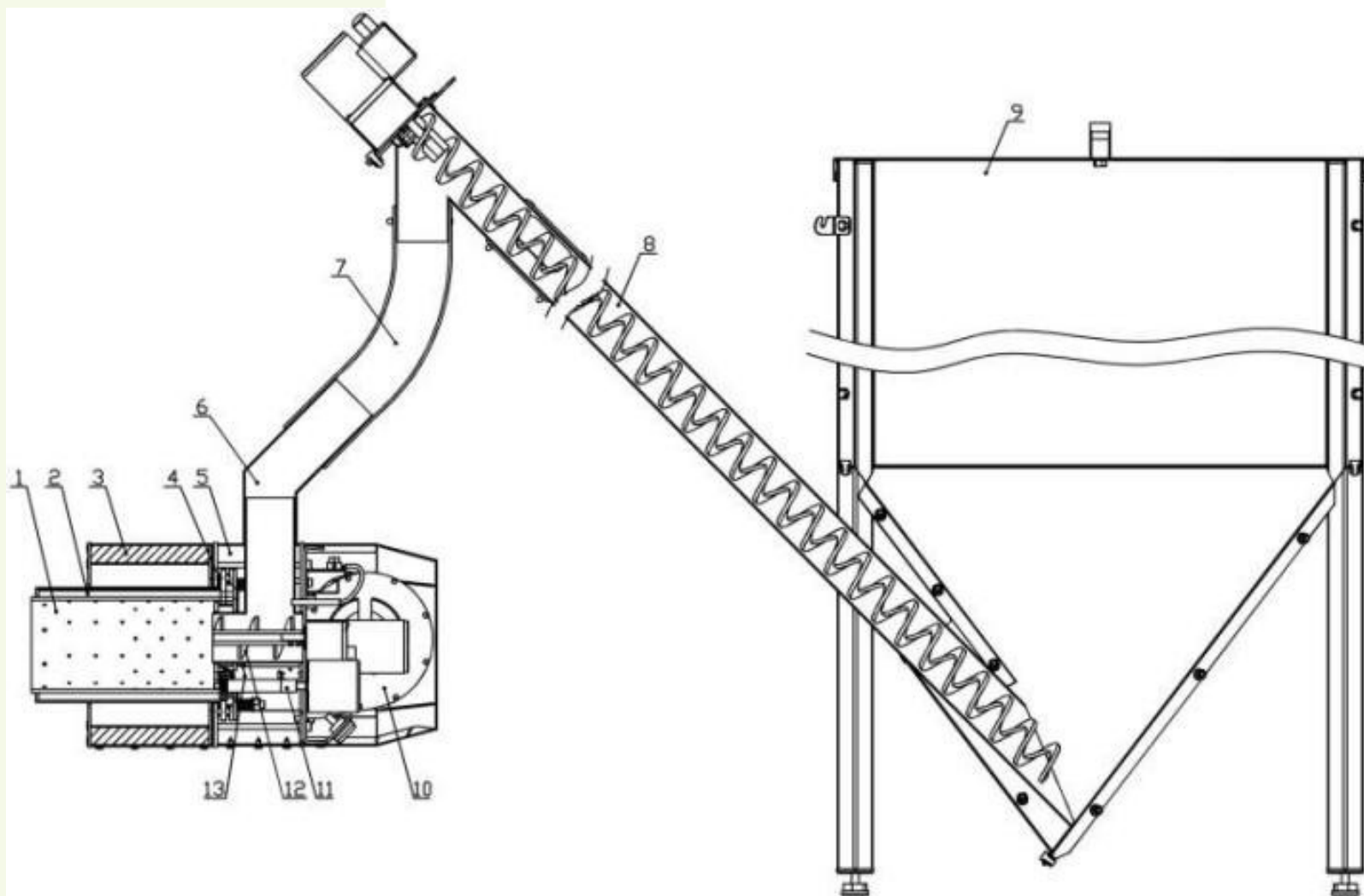
**PALNIK
OBROTOWY**

Palnik powinien być zasilany wyłącznie paliwem o następujących właściwościach:

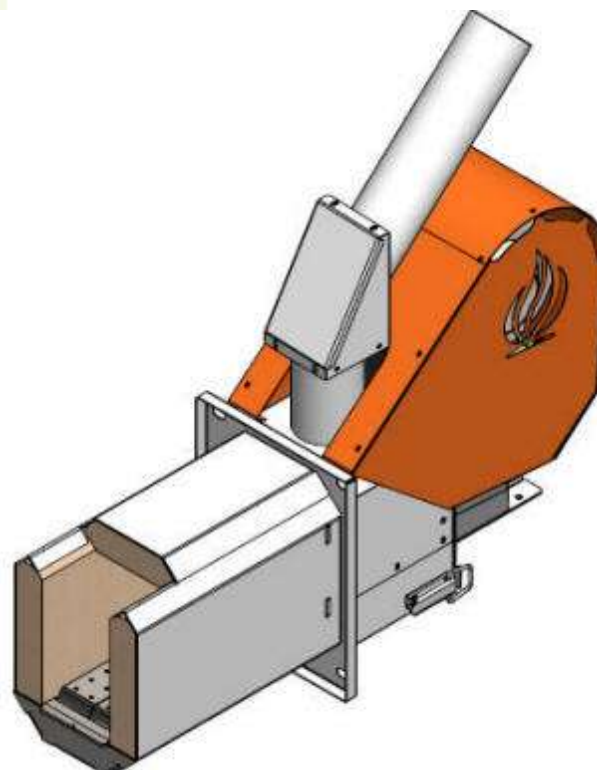
Frakcje	granulat
Średnica	$6 \pm 1 \text{ mm}$, $8 \pm 1 \text{ mm}$
Długość	3,15mm - 40 mm
Ilość pyłu	$\leq 1\%$
Gęstość nasypowa	$\geq 600 \text{ kg/m}^3$
Wilgotność	$\leq 10\%$
Wartość opałowa	16,5÷19 MJ/kg
Popiół	$\leq 0,7\%$

PALNIK OBROTOWY

1. Obrotowa komora spalania
2. Komora napowietrzająca obrotowa
3. Izolacja termiczna (opcja)
4. Łożysko komory napowietrzającej i komory spalania
5. Komora nadmuchowa
6. Kolano przyłączeniowe zasilania pelletem
7. Łącznik rurowy elastyczny - stąpalny
8. Podajnik paliwa z zasobnika zewnętrznego
9. Zasobnik zewnętrzny paliwa (opcja)
10. Wentylator
11. Mechanizm obrotu komory spalania
12. Podajnik paliwa do komory spalania (stoker)
13. Zapalarka



PALNIK SCHODKOWY



PALNIK RETOScroll

Palnik z retortą śrubową III generacji jest połączeniem cech tradycyjnego palnika retortowego oraz palnika obrotowego z napędem mechanicznym

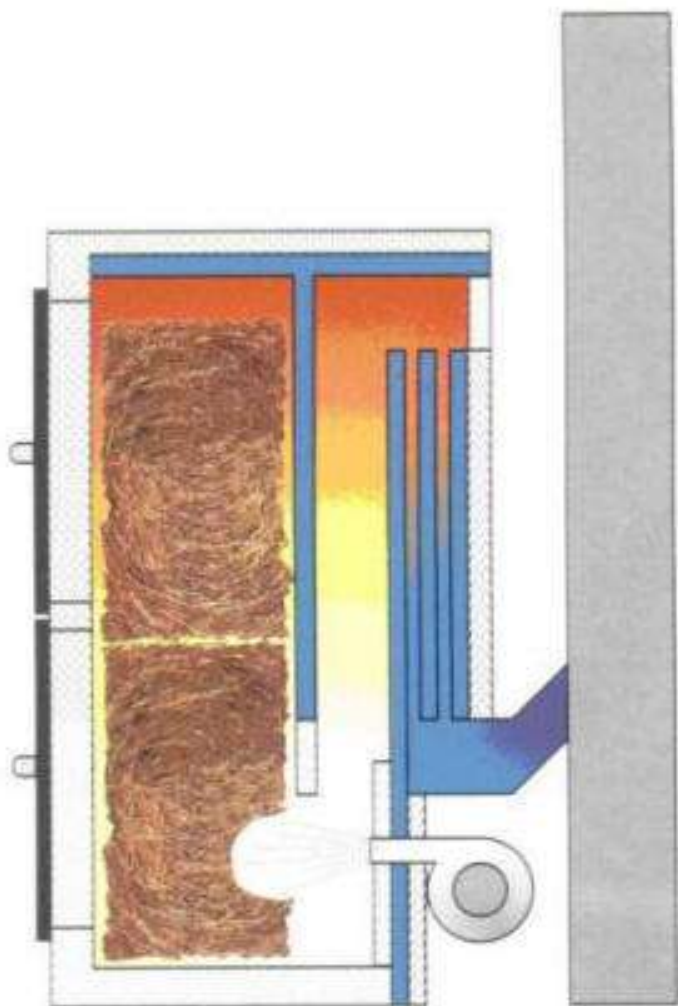


KOCIOŁ NA SŁOMĘ

Kotły na słomę montuje się przeważnie na terenach wiejskich, ponieważ jest tam bliski dostęp do paliwa.

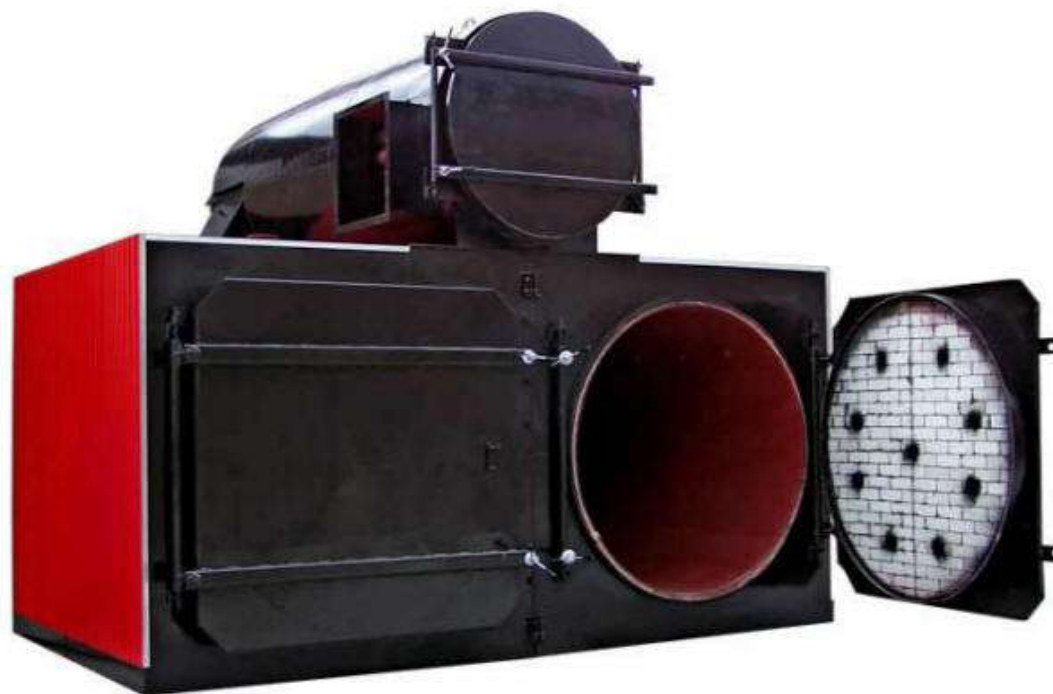
Mogą one ogrzewać zarówno domki jednorodzinne, jak i chlewnie, szklarnie, suszarnie, a nawet szkoły i urzędy gminy

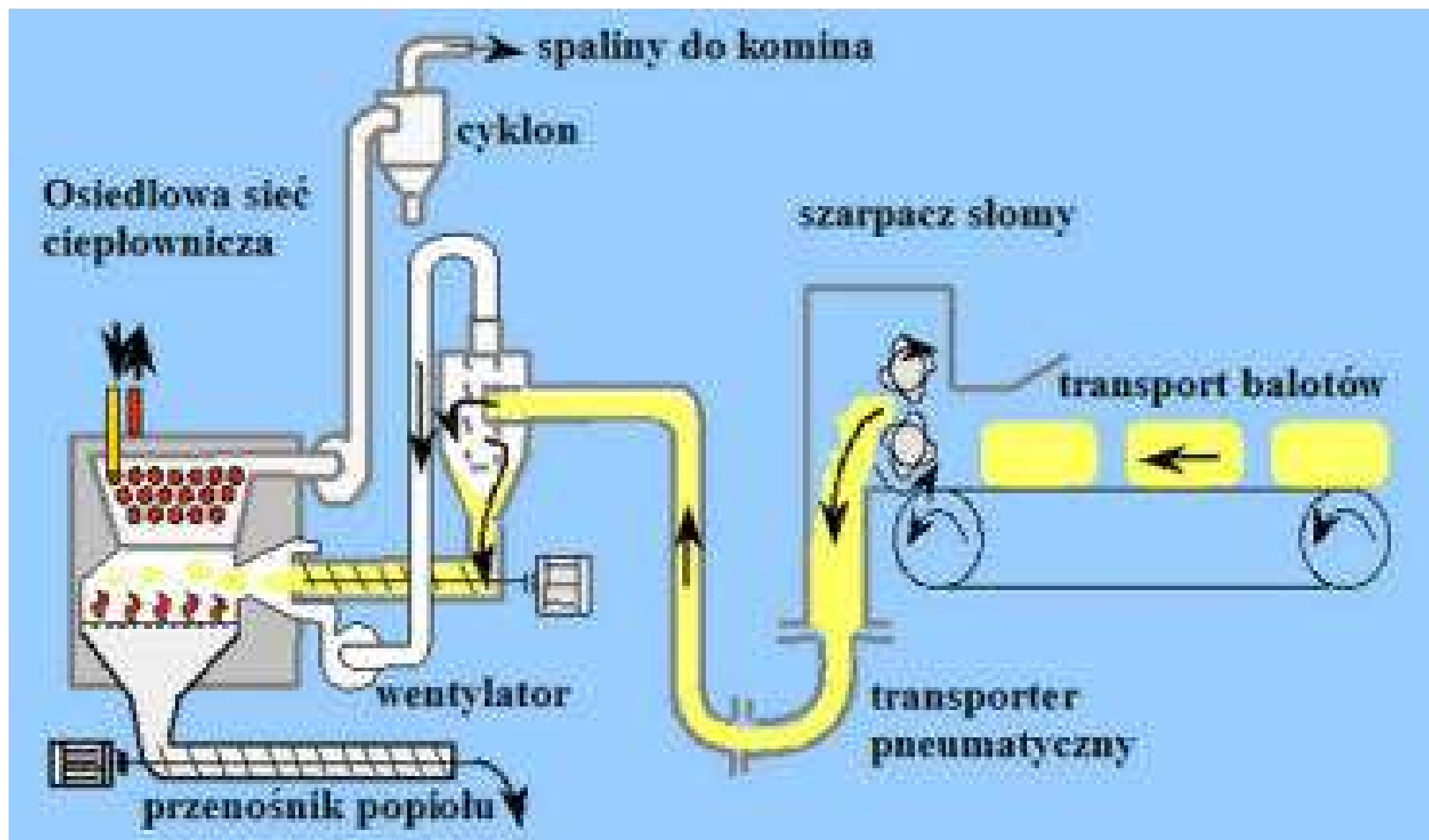




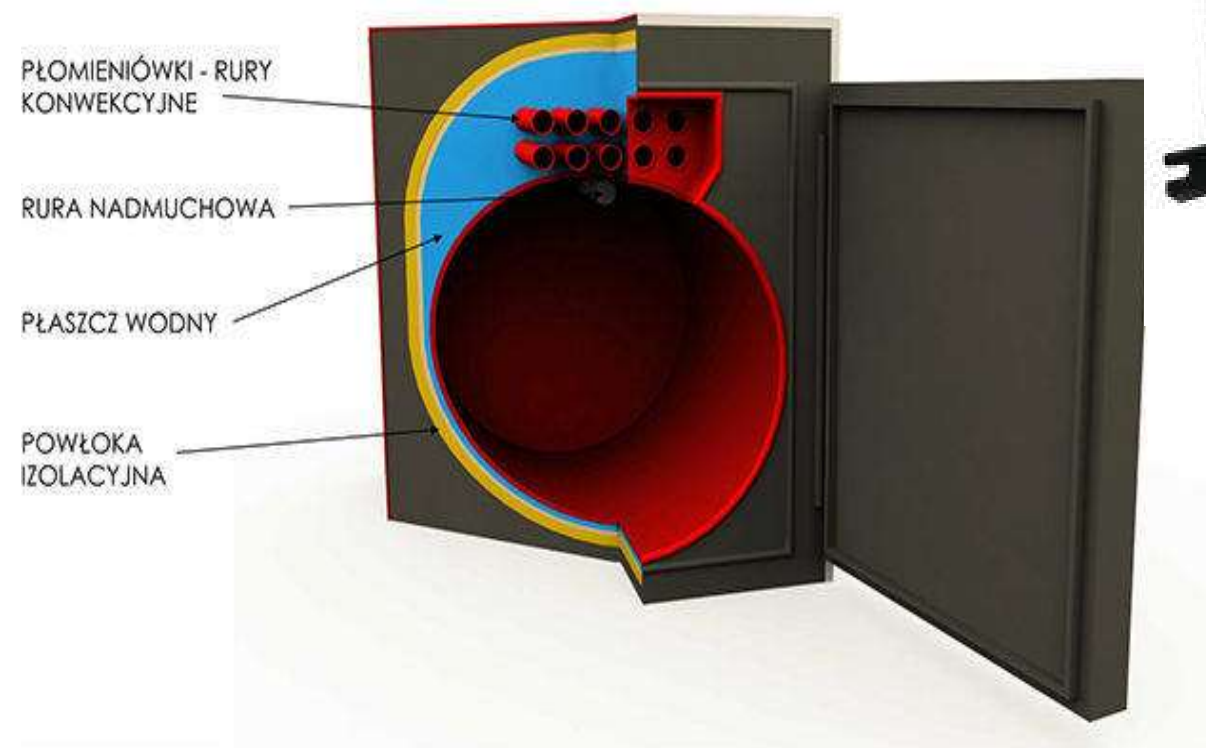
Kocioł spalający kostki ze słomy

Kocioł z systemem cygarowym
spalający baloty ze słomy









KOTŁY ZE ZGAZOWANIEM DREWNA

Kotły ze zgazowaniem drewna są nowoczesną i wydajną konstrukcją wśród kotłów na biomasę. Osiągają sprawność na poziomie 90% zbliżając się pod tym względem do starszych konstrukcji kotłów gazowych.



FAZY PROCESU SPALANIA:

SUSZENIE DREWNA

– zachodzi w górnej części kotła, drewno w tej fazie podgrzewane jest przez spaliny i oddaje wilgoć

ZGAZOWANIE DREWNA

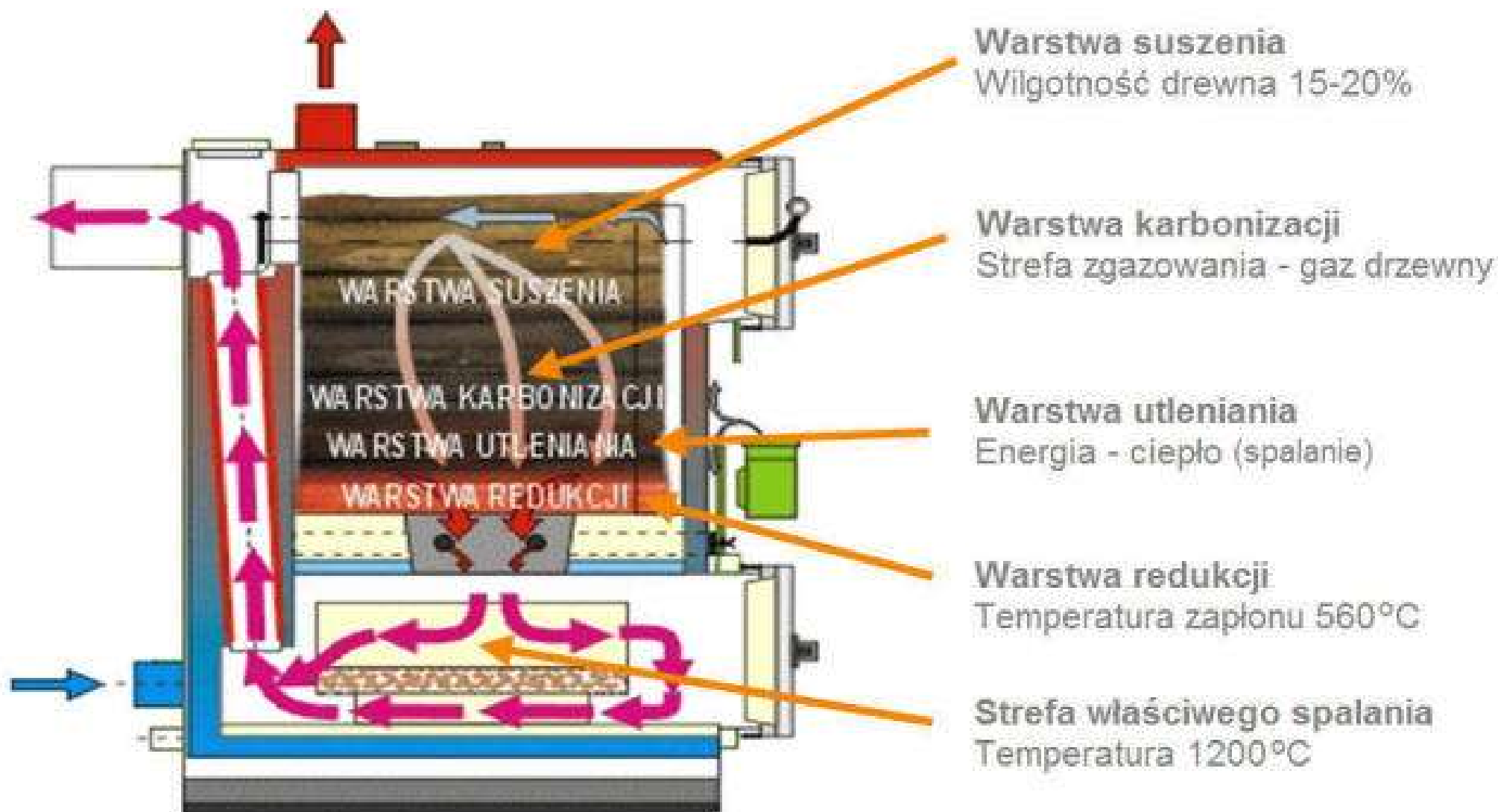
– środkowa strefa kotła, wysuszone drewno w wyniku dalszego podgrzewania ulega termicznemu rozkładowi z wydzielaniem gazu drzewnego, odbywa się to przy ograniczonym dopływie powietrza (proces pirolizy)

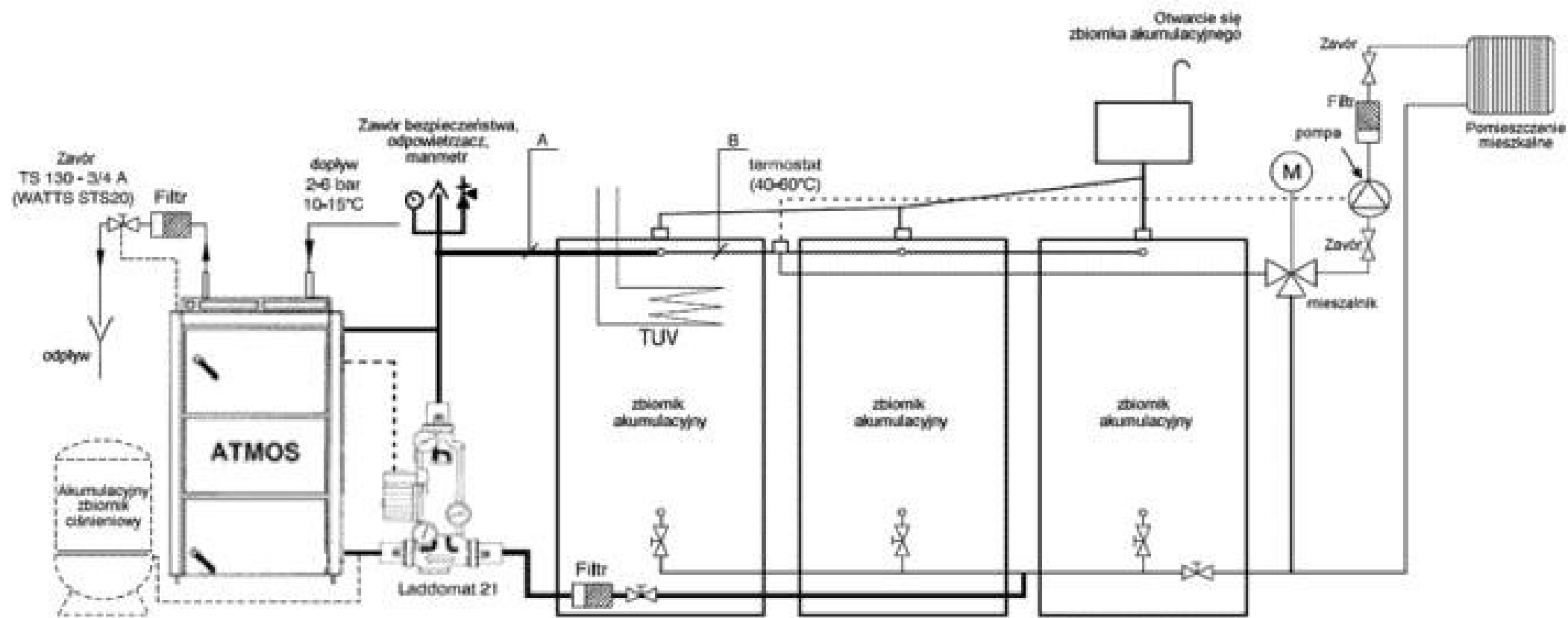
SPALANIE GAZU

wytworzony gaz drzewny spala się na specjalnym ruszcie ceramicznym w dyszy do której doprowadzane jest powietrze wtórne, palenie odbywa się z góry na dół, temperatura w tej strefie kotła przekracza 1000°C,

DOPALANIE DREWNA

– pozostałe po zgazowaniu części palne drewna (węgiel drzewny) dopalane są w komorze popielnika, spaliny opuszczające kocioł są niemal wolne od części stałych.





ZABEZPIECZENIA KOTŁÓW NA BIOMASĘ

ZABEZPIECZENIA

Główne zagrożenia

Nadmierny wzrost ciśnienia

Cofanie się płomienia

Nadmierny wzrost temperatury w instalacji

Niezupełne spalanie

Zatkanie podajnika paliwa

„zimny” rozruch kotła

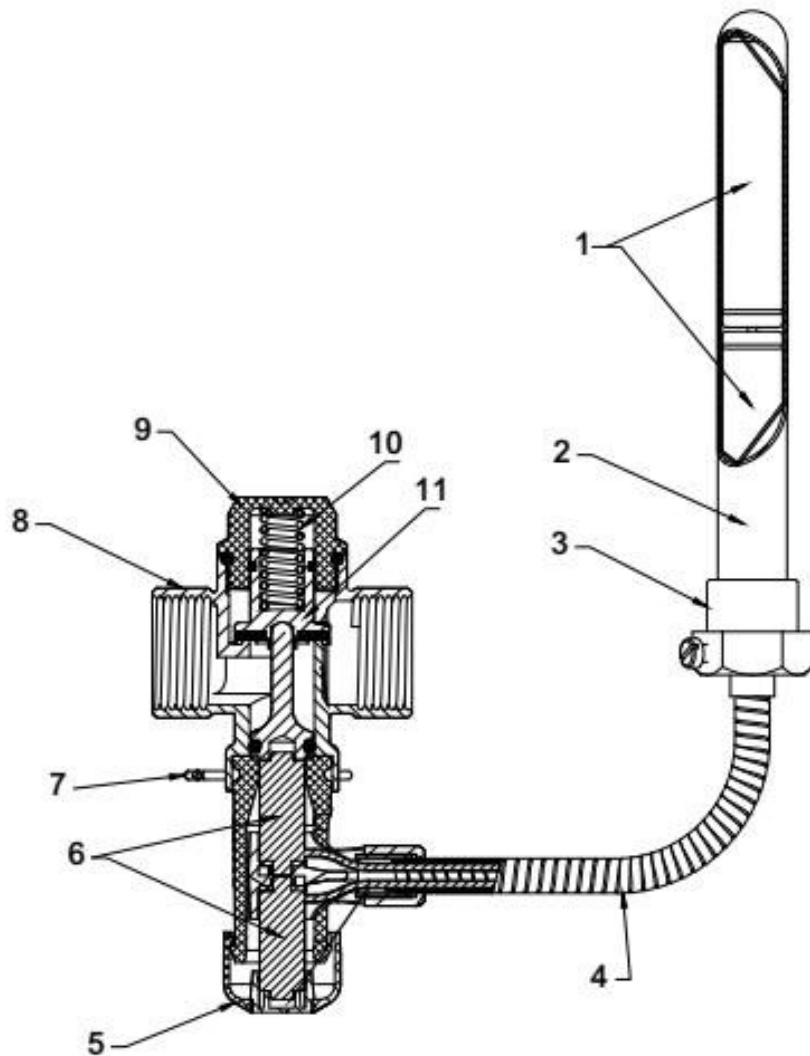
Brak wody w kotle

**ZABEZPIECZENIE PRZED
NADMIERNYM WZROSTEM
CIŚNIENIA**

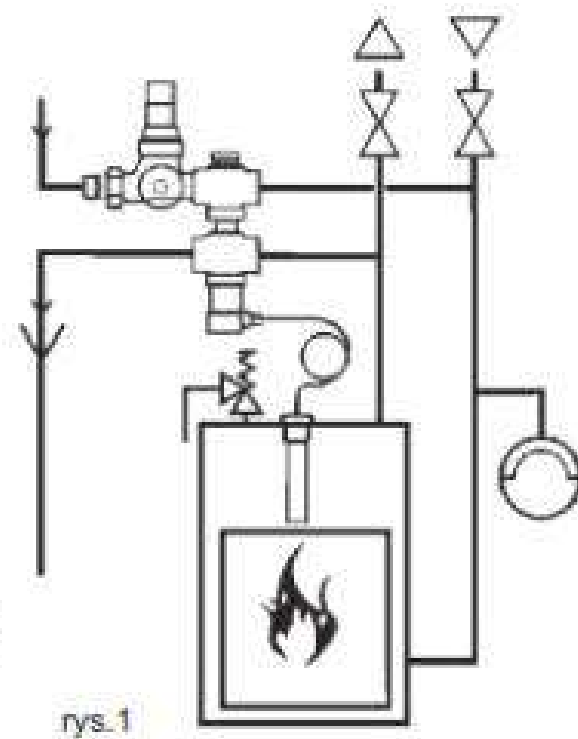
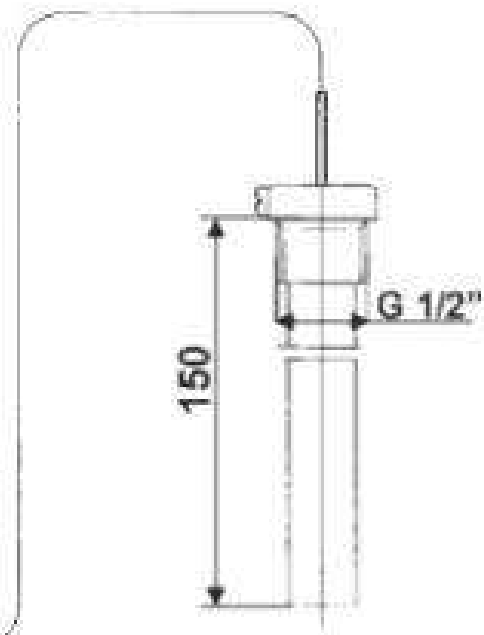
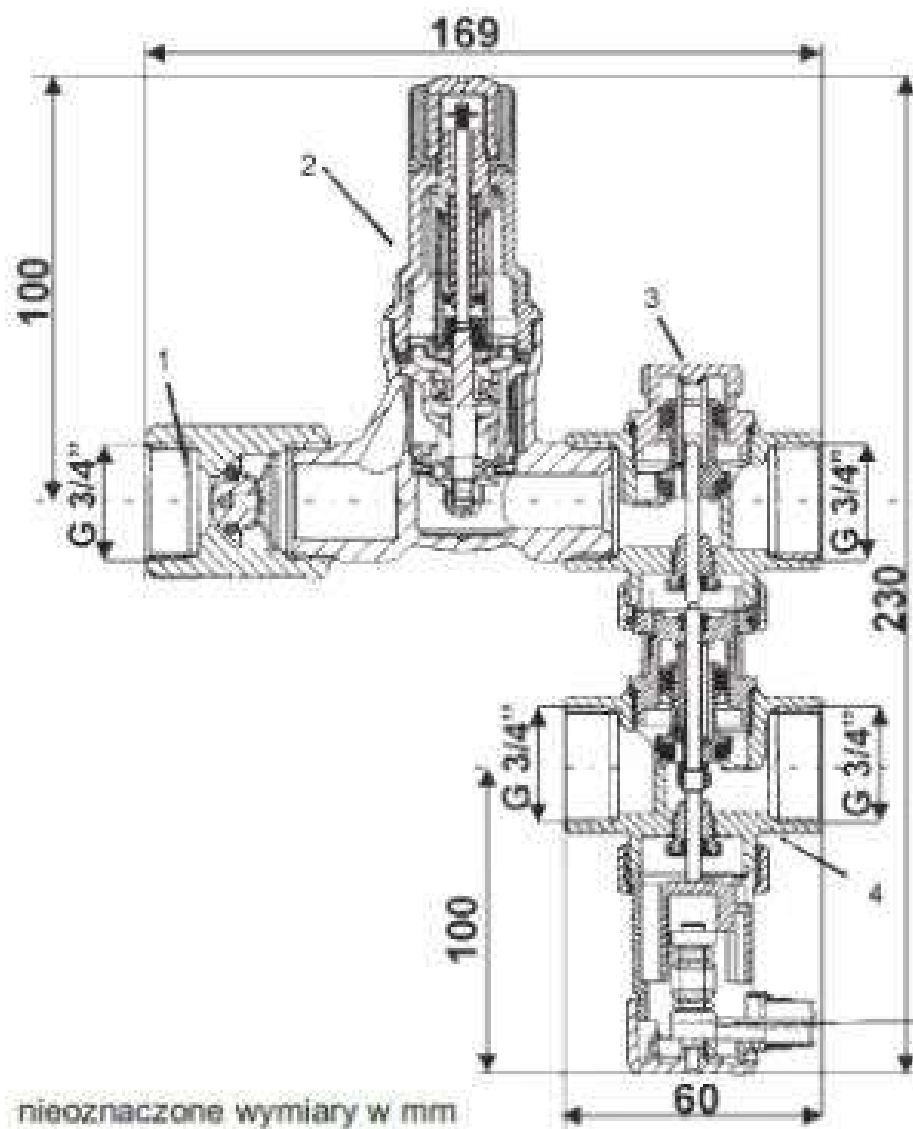
Zawory STS wyposażone są w sondę pomiarową, z czujnikiem termicznym połączoną z elementem wykonawczym za pomocą kapilary. Sonda posiada gwint zewnętrzny (zwykle 1/2") umożliwiający zamocowanie w części wodnej kotła.



ZAWÓR STS



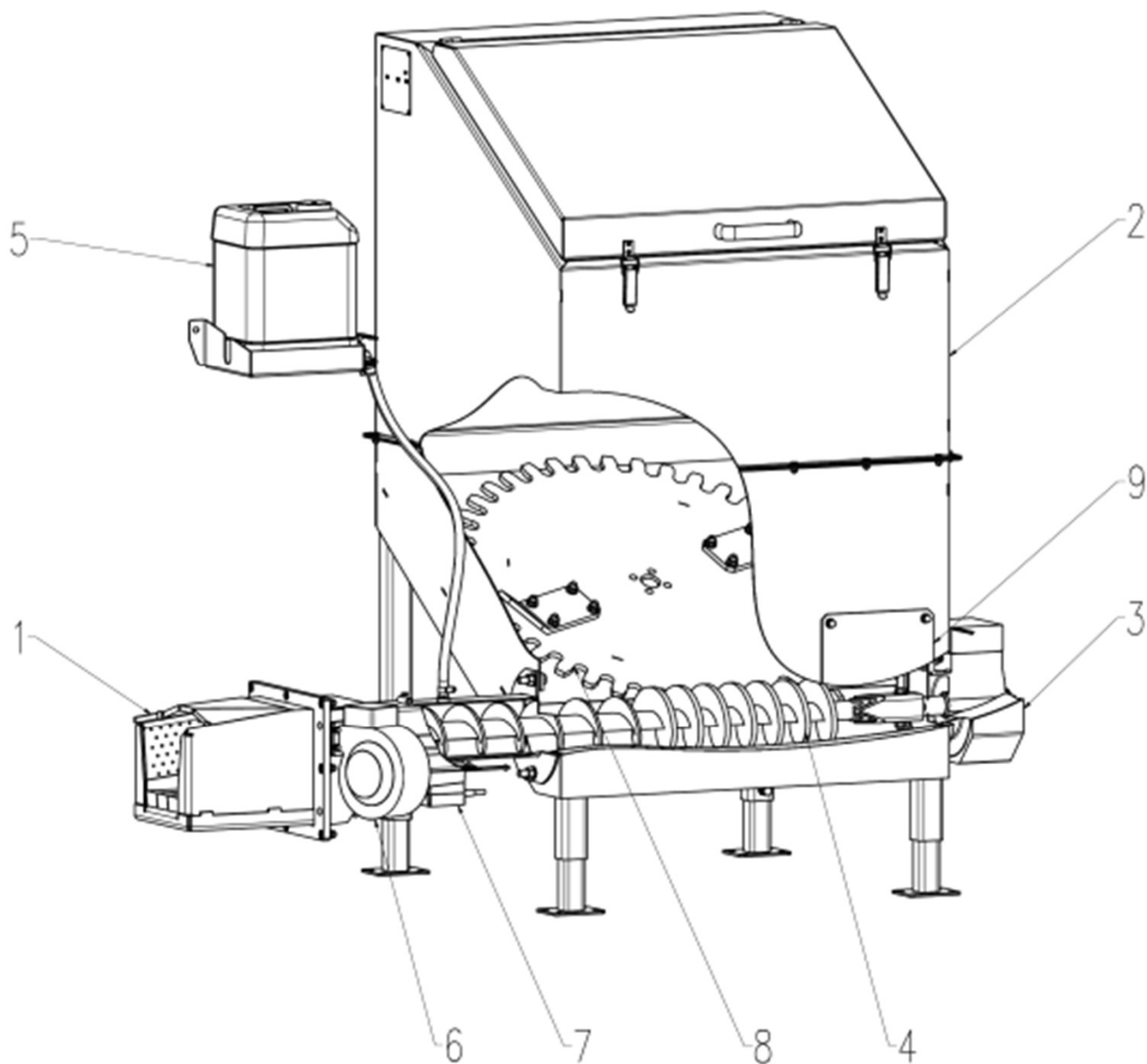
1. Sonda pomiarowa z podwójnym czujnikiem termostatycznym
2. Osłona sondy pomiarowej
3. Gwint przyłączeniowy sondy pomiarowej
4. Osłona kapilary
5. Przycisk ręcznego wyzwalania spustu
6. Mieszki rozszerzalne
7. Zawleczka blokująca część termostatyczną
8. Korpus zaworu
9. Korek spustowy
10. Sprężyna dociskowa grzyba zaworu
11. Grzyb zaworu
12. Fabryczne oznaczenie nastawy temperatury na przycisku



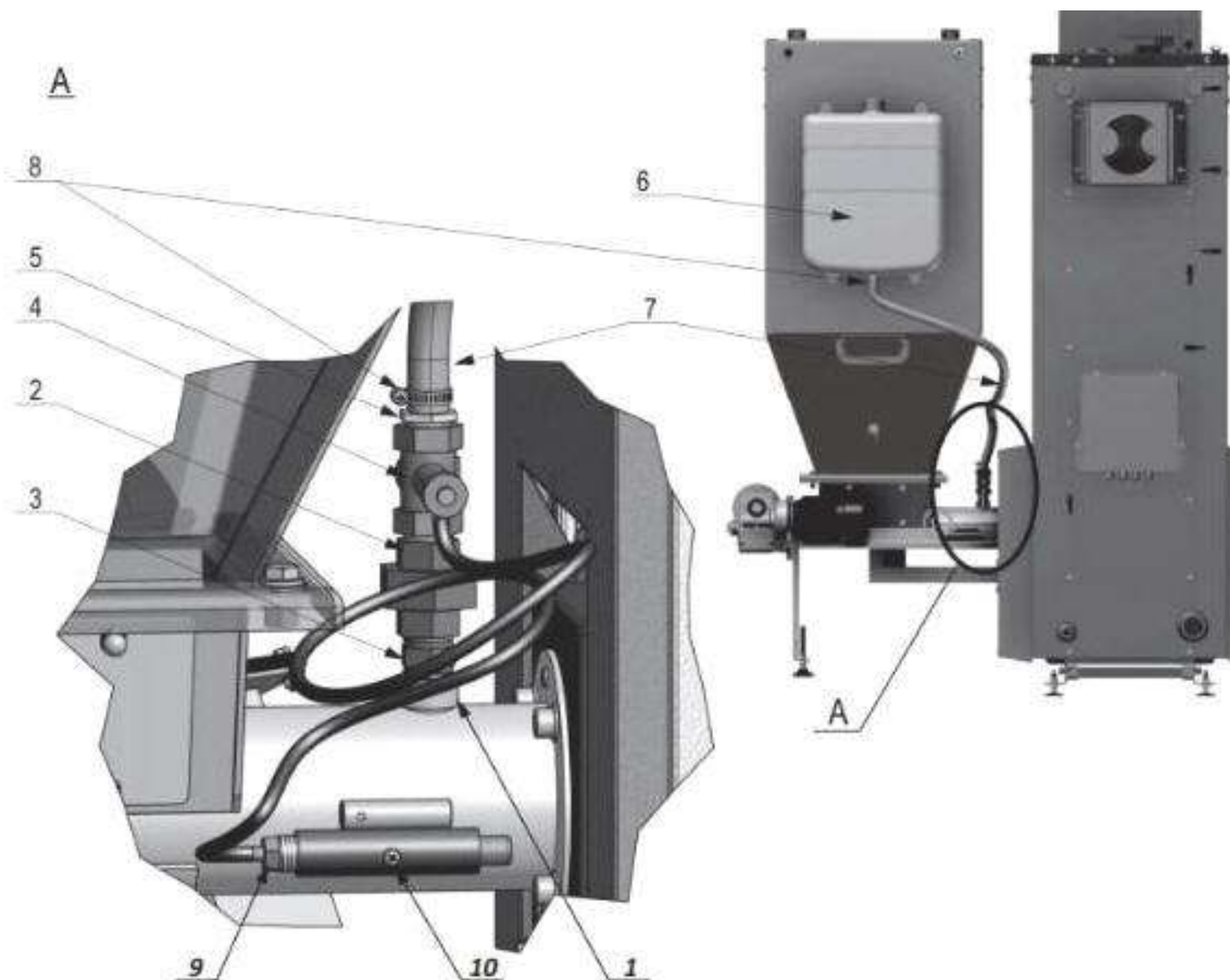
**ZABEZPIECZENIE PRZED
COFNIĘCIEM PŁOMIENIA**



Zbiornik z wodą
do schładzania
podajnika



- 1 – głowica żeliwna 20kW,
2 – zbiornik paliwa,
3 – motoreduktor - wałek,
4 – wał ślimakowy,
5 – system przeciwpożarowy,
6 – dmuchawa,
7 – siłownik napędowy rusztu,
8 – koło zruszające,
9 – otwór rewizyjny.



System strażak
z zaworem
termicznym
BVTS
i czujnikiem
temperatury

**ZABEZPIECZENIE
PRZED NADMIERNYM
WZROSTEM
TEMPERATURY**

W kotłach z podajnikiem jest to najczęściej tzw. zabezpieczenie **STB** które polega na automatycznym wyłączeniu pracy podajnika i wentylatora nadmuchowego do czasu wychłodzenia wody. System STB może być pojedynczy lub podwójny. W drugim rozwiązaniu wykonywany jest osobno dla sprzętu (STB sprzętowe – tzn. wyłączanie pracy wentylatora i podajnika) i osobno dla sterownika kotła (STB analogowe – po przekroczeniu temp. $+95^{\circ}\text{C}$ całkowicie wyłącza proces spalania, wymaga ręcznego resetowania).

ZABEZPIECZENIE PRZED NIEZUPEŁNYM SPALANIEM

Stanowi je tzw. „**sonda lambda**”, sonda ta umieszczana jest w przewodzie kominowym i mierzy poziom tlenu w spalinach, jeśli jest go za mało, wysyła sygnał do wentylatora nadmuchowego zwiększając dopływ powietrza. Uzyskuje się dzięki temu optymalne spalanie i najwyższą sprawność kotła.



**ZABEZPIECZENIE PRZED
ZATKANIEM PODAJNIKA
PALIWA**

Czujnik zbliżeniowy
w kotle na pellet

Czujnik
pojemnościowy

Śluza

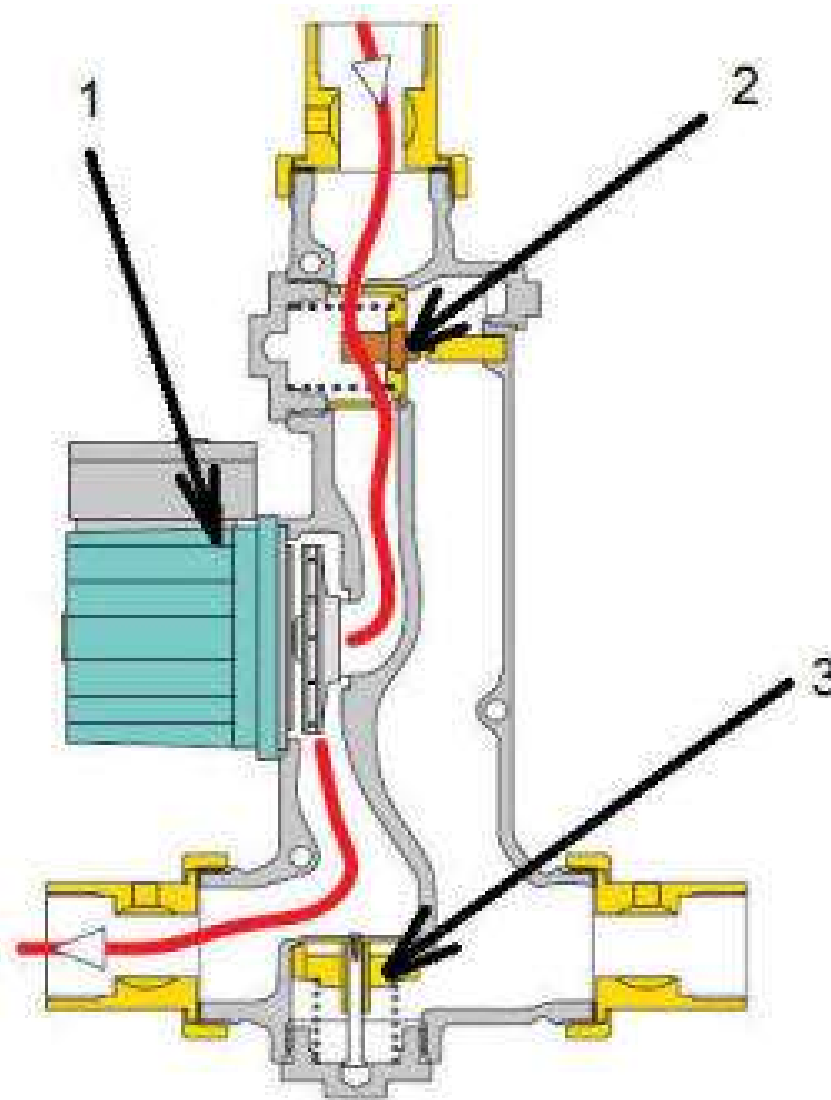


Dioda LED

Rura podajnika

ZABEZPIECZENIE PRZECZ ZIMNYM ROZRUCHEM

Laddomat zamocowany pomiędzy kotłem a zasobnikiem ciepła.
1- pompa, 2 zawór termostatyczny, 3 zawór zwrotny



METODY WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM

Bezpośrednie współspalanie biomasy

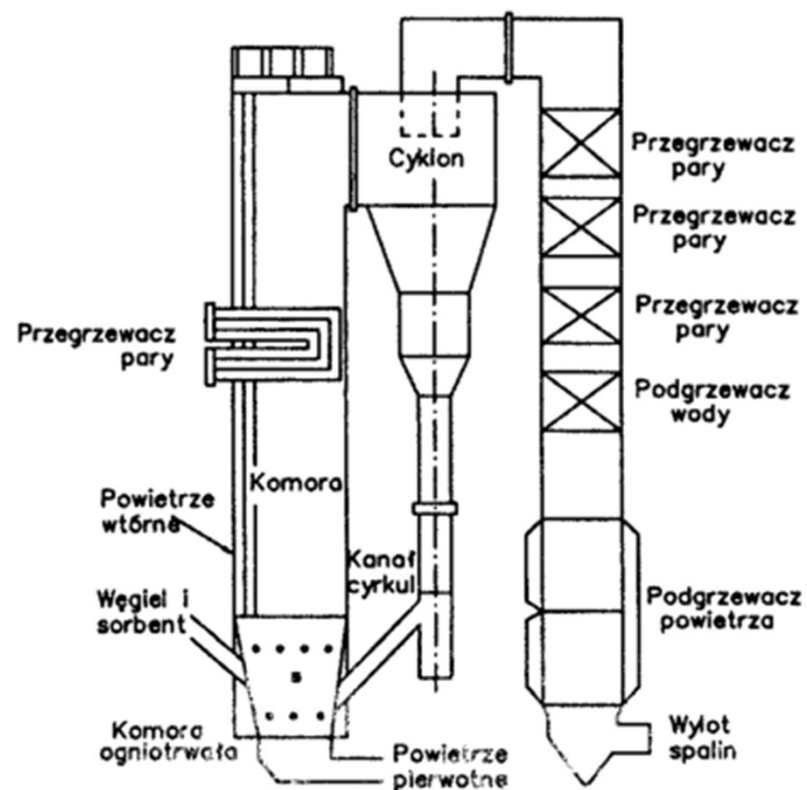
Pośrednie współspalanie

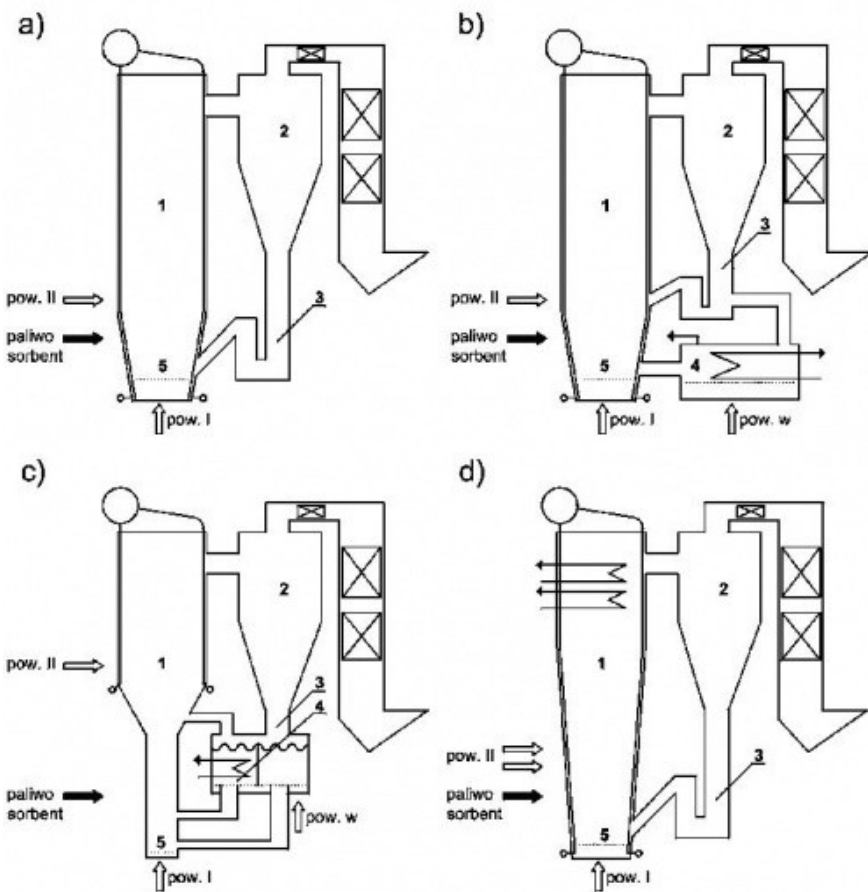
Współspalanie w układzie równoległym

**WSPÓŁSPALANIE
BIOMASY Z WĘGLEM**
(co-firing)

RODZAJE KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO SPALANIA I WSPÓŁSPALANIA BIOMASY

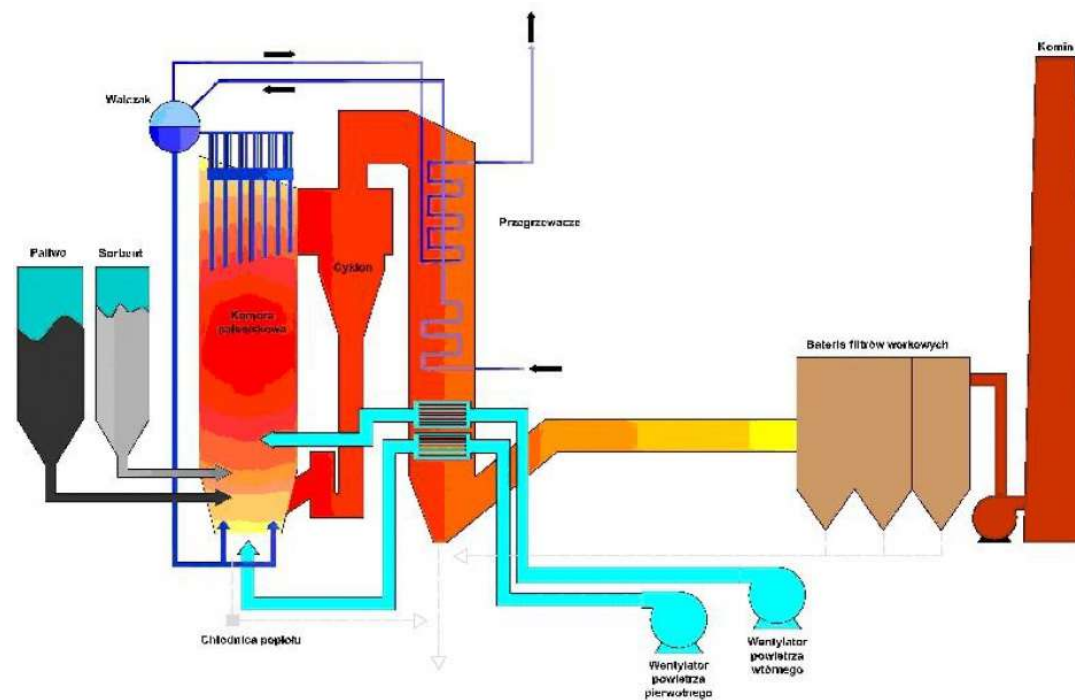
- kotły fluidalne
- kotły pyłowe
- kotły rusztowe





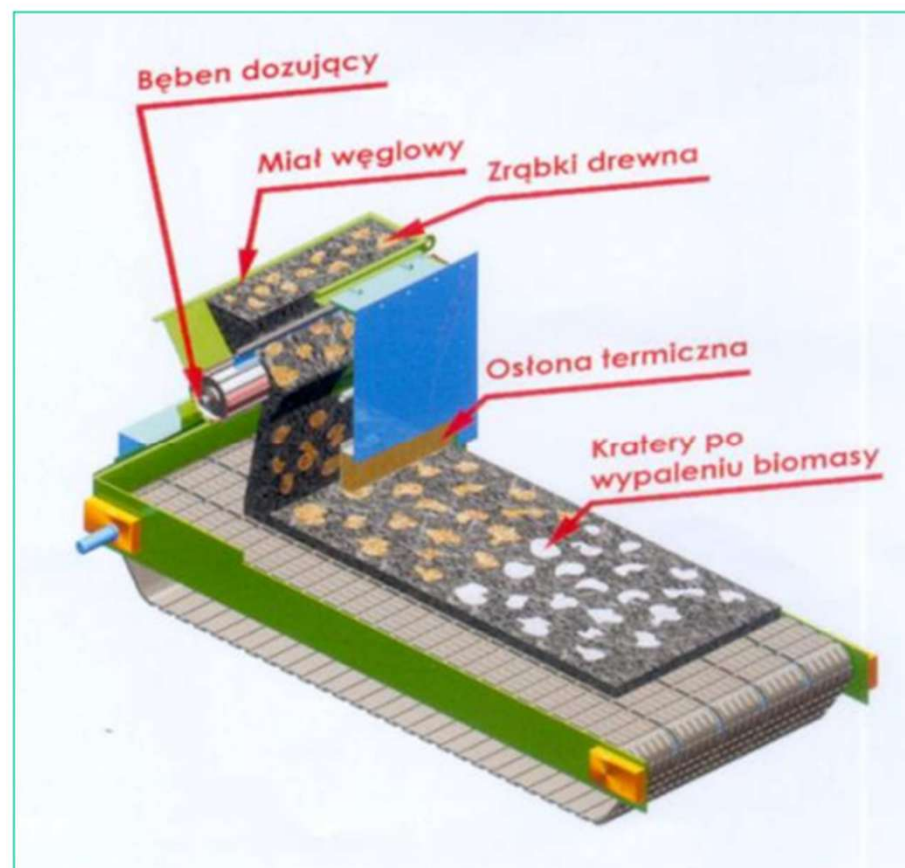
- 1 - komora paleniskowa,
- 2 - cyklon,
- 3 - układ nawrotu z zamknięciem syfony,
- 4 - wymiennik ciepła,
- 5 - ruszt.

Ahlstrom Pyropower

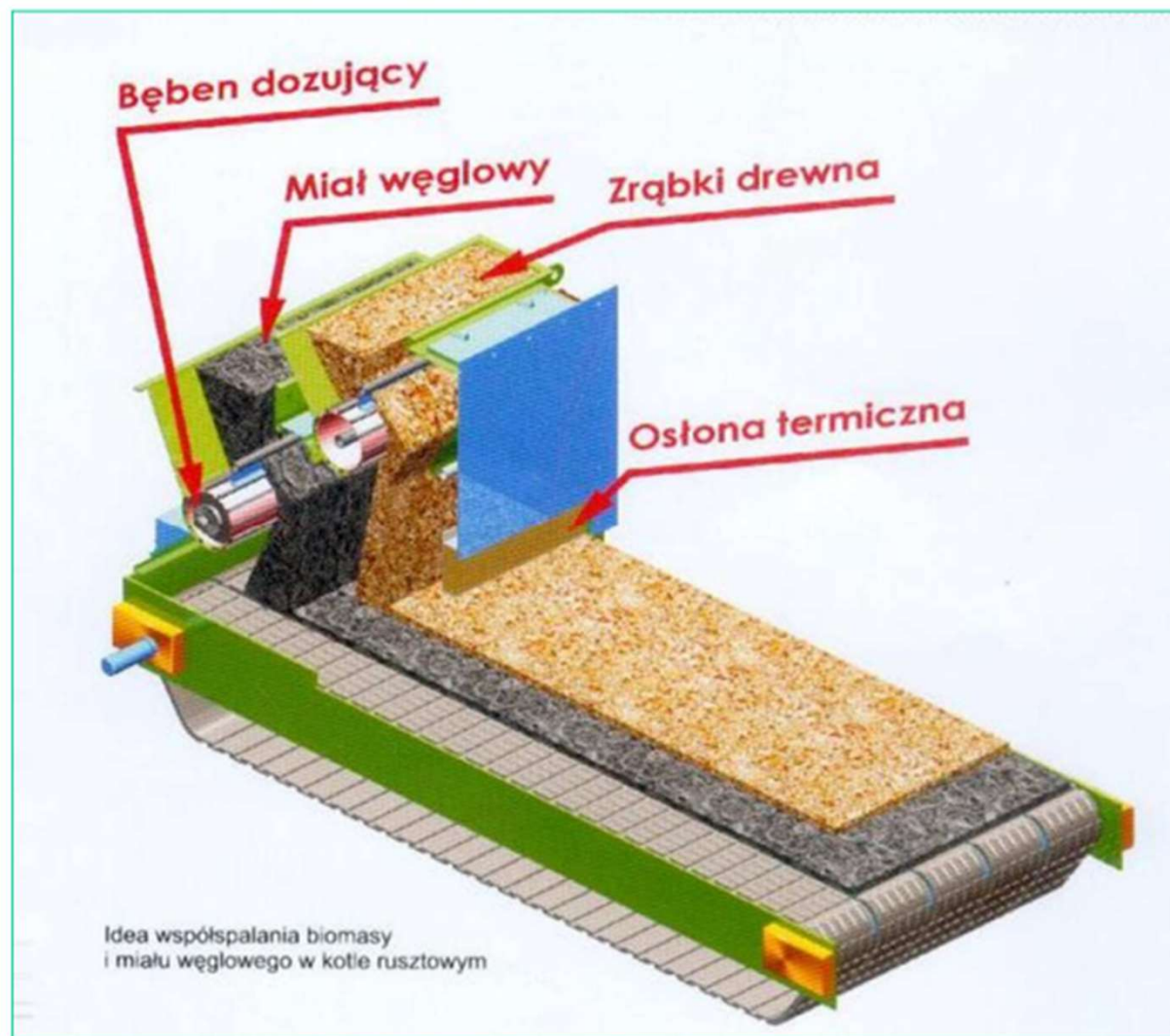


Wpółspalanie biomasy z węglem w kotłach rusztowych

- problemy z dozowaniem powietrza pod ruszt

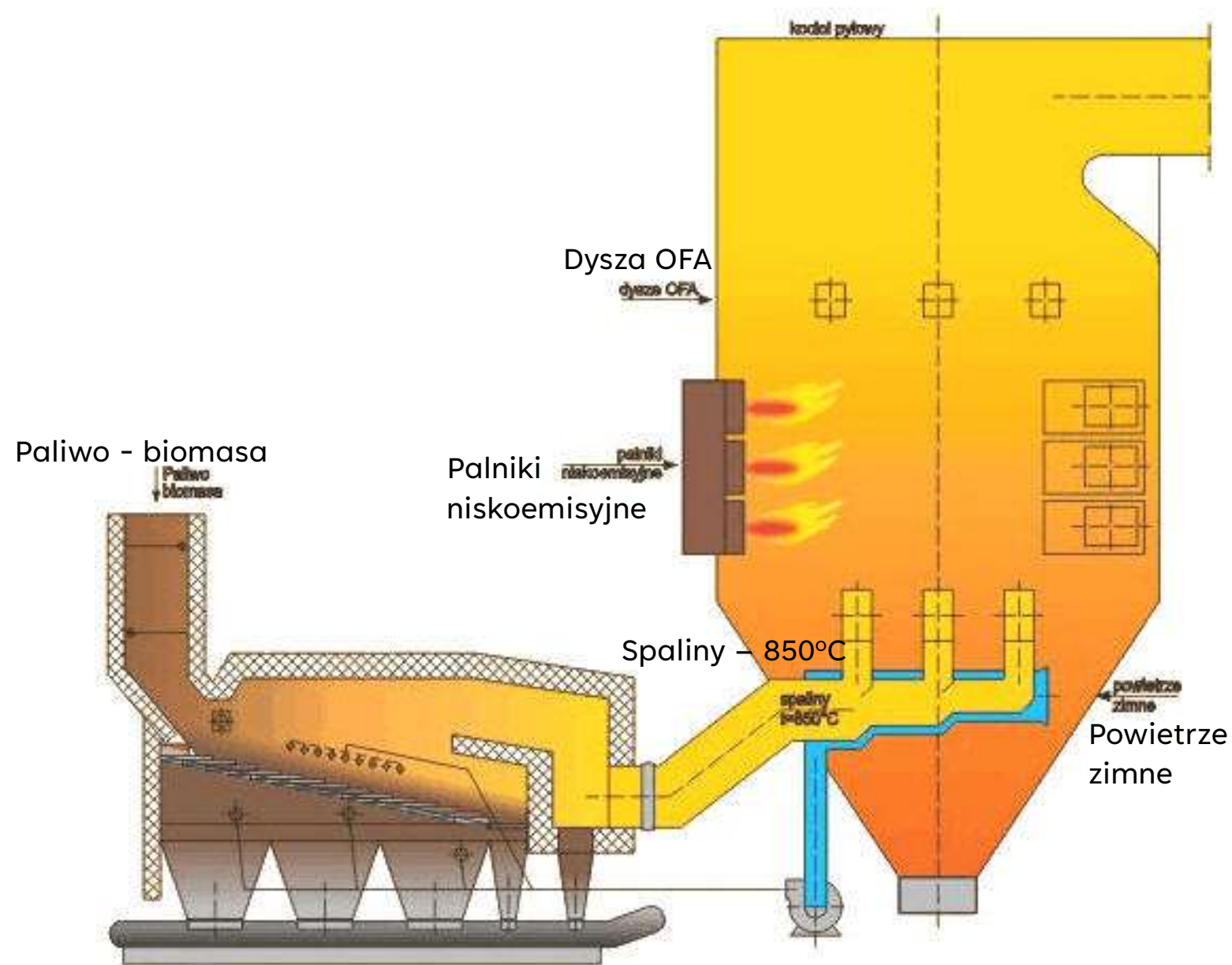


proponowane rozwiązanie



SYSTEMY WSPÓŁSPALANIA
BIOMASY Z WĘGLEM W KOTŁACH
PYŁOWYCH

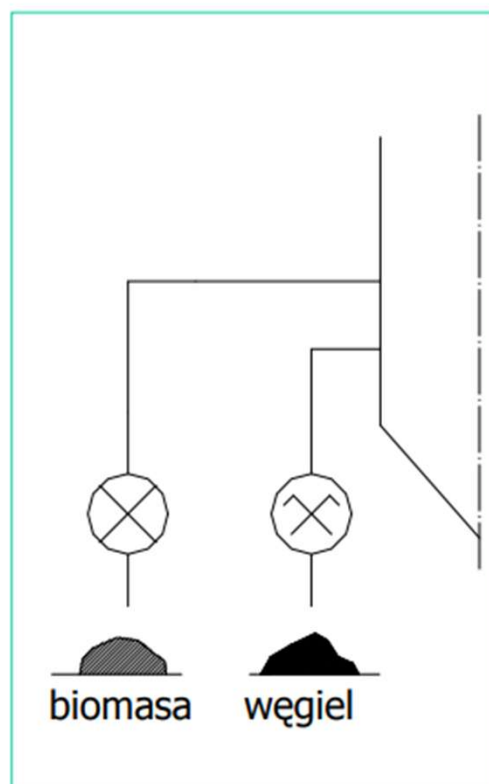
KOCIOŁ PYŁOWY



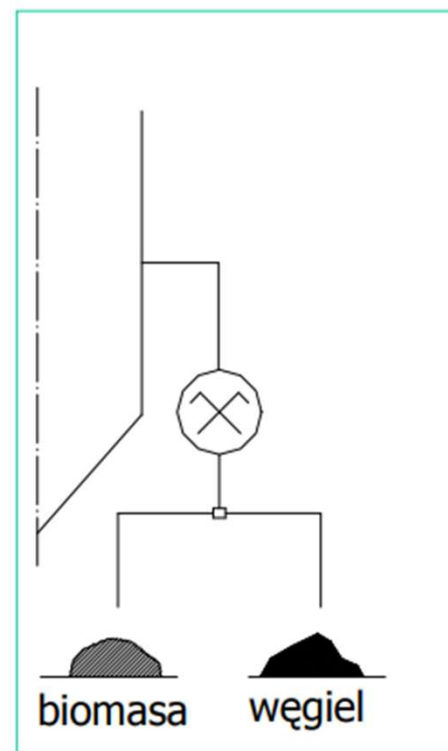
Systemy współspalania biomasy z węglem w kotłach pyłowych

1. Zainstalowanie ruchomego rusztu w leju żużlowym kotła pyłowego dla spalania biomasy.
2. Mielenie biomasy z węglem w młynach węglowych i podanie mieszanki do kotła (z ang. *blending*).
3. Podawanie rozdrobnionej biomasy (trocin) w strumieniu powietrza do paleniska odrębnymi dyszami.
4. Wtrysk zawiesiny rozdrobnionej biomasy w wodzie lub w oleju przez palniki olejowe do kotła.
5. Spalanie biomasy w specjalnym, wstępnym palenisku i podawanie spalin do kotła.
6. Zgazowanie biomasy i spalanie gazu generatorowego w palenisku pyłowym jako dodatkowego paliwa.

Systemy bezpośredniego współspalania biomasy z węglem w kotłach

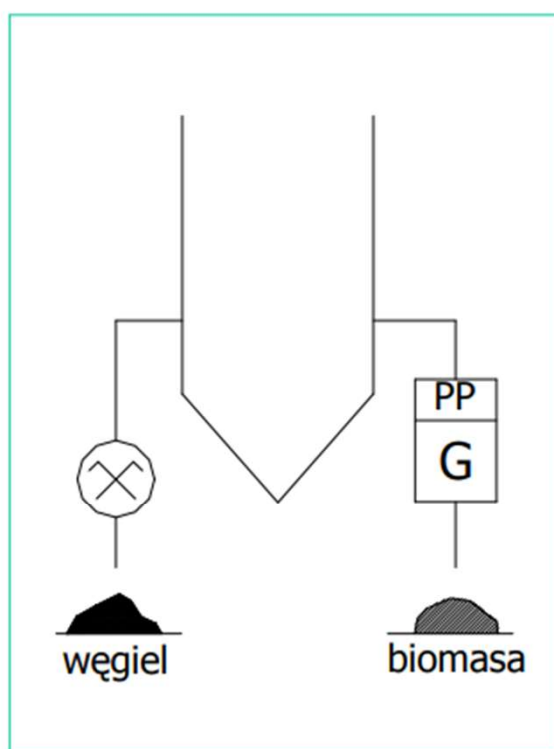


Przemiał bezpośredni

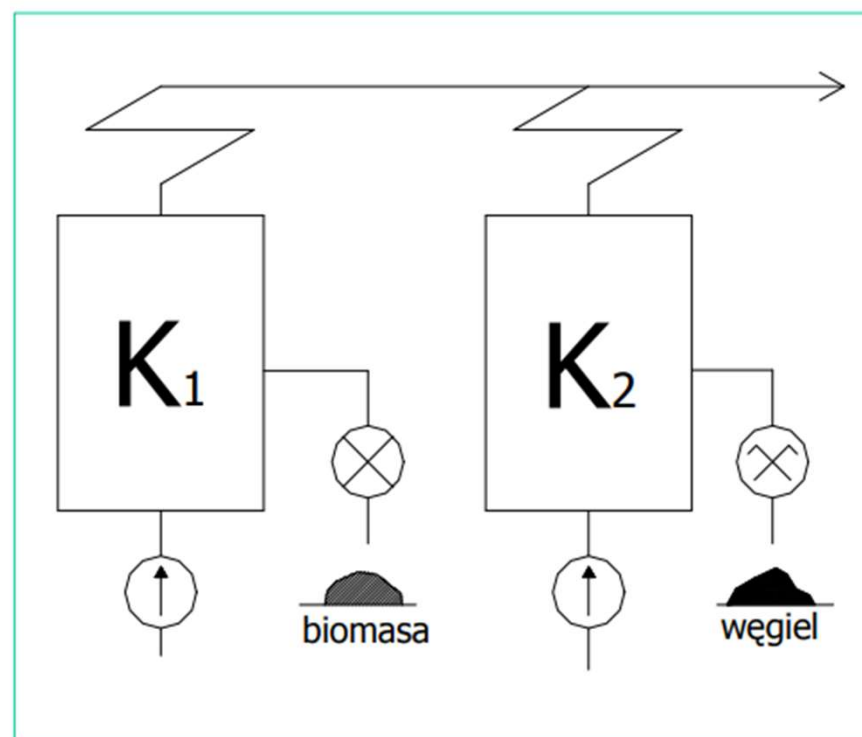


Przemiał biomasy z węglem

Systemy pośredniego współspalania biomasy z węglem w kotłach



Dobudowa gazogeneratora



Układ równoległo-hybrydowy

Trendy rozwoju technologii współspalania biomasy z węglem w energetyce zawodowej

1. Wstępne mieszanie biomasy z węglem (blendowanie).
2. Niski udział biomasy w mieszance z węglem ($< 10\%$).
3. Wykorzystanie istniejących układów nawęglania do podawania mieszanek węgla z biomasą do kotła.

Droga do komercyjnego wykorzystania biomasy w elektrowniach węglowych

1. Uzyskanie certyfikatu na współspalanie biomasy z węglem.
2. Wybór systemu współspalania biomasy z węglem.
3. Zabezpieczenie nowych stanowisk pracy przed zagrożeniem pożarowym i wybuchowym.
4. Zabezpieczenie dostaw biomasy dla zapewnienia spalania co najmniej dla jednego kotła.

Biomasa do współspalania w kotłach energetycznych wg. źródła pochodzenia

1. Odpady drzewne (trociny, pył szlifierski, pelety...)
2. Odpady z przemysłu papierniczego (kora, ...)
3. Drewniane odpady budowlane (drewno porobiórkowe,...)
4. Odpady rolnicze (słoma brykietowana,...)
5. Importowane odpady z produkcji oleju z oliwek lub oleju palmowego.
6. Ciekłe biopaliwa (oleje odpadowe, gliceryna, ...)

Kategorie biomasy do współspalania w kotłach energetycznych

- Trociny i pyły, które mogą być bezpośrednio współspalane bez obróbki wstępnej,
- Zrębki, brykiety i materiały speletyzowane, które wymagają mielenia lub współmielenia z węglem.
- Materiał zbalotowany wymagający specjalistycznego układu paliwowego.
- Ciekła biomasa mogąca być substytutem ciężkiego oleju opałowego.

WSPÓŁSPALANIE BIOMASY Z WĘGLEM – WSPÓŁMIELENIE (co-milling)

Dlaczego wspólny przemiał biomasy z węglem dominuje w elektrowniach?

1. Brak infrastruktury do spalania biomasy w skali występującej w energetyce zawodowej.
2. W młynie następuje także homogenizacja biomasy i węgla.
3. Niechęć w infrastrukturę do spalania i współspalania w biomasy w energetyce zawodowej.

Współspalanie biomasy z węglem wstępnie wymieszanych

- 1. Mieszanka biomasy z węglem może być przygotowana wstępnie (na placu) i dostarczana do kotła przez układ nawęglania.**
- 2. Mieszanka biomasy z węglem może być przygotowana w czasie nawęglania kotła przez dodawanie biomasy do węgla na taśmociąg.**
- 3. Maksymalny udział biomasy w mieszance z węglem nie przekracza wówczas 10% (15%).**
- 4. Ograniczenie udziału biomasy w mieszance wynika z działania młynów węglowych.**

Przemiał mieszanek biomasy z węglem

- 1. Zdolność przemiałowa młynów na węgiel kamienny zależy istotnie od właściwości przemiałowych węgla.**
- 2. Większość typów biomasy nie ma zdolności przemiałowej w młynach węglowych.**
- 3. Zdolność przemiałowa młyna jest czynnikiem ograniczającym udział biomasy w mieszance biomasy z węglem.**
- 4. Drugim ograniczeniem udziału biomasy w mieszance biomasa/węgiel jest woda w wilgotnej biomacie wpływającej na bilans cieplny młyna.**

WSPÓŁSPALANIE BIOMASY Z PYŁEM WĘGLOWYM PRZEZ ODRĘBNE PALNIKI

Współspalanie biomasy w kotłach pyłowych przez odrębne palniki

- **Modyfikacja kotłowych lub przemysłowych palników pyłowych.**
- **Instalacja nowych palników (biomasowych) na ścianie przedniej lub tylnej kotła.**

Modyfikacja palników pyłowych do współspalania biomasy w kotłach pyłowych

- Obniżyć temperaturę powietrza pierwotnego w przewodzie transportu biomasy.
- Zmodyfikować przewody powietrza wtórnego, żeby odpowiadały też potrzebom spalania dodatkowego strumienia paliwa (biomasy).
- Problemem jest lokalizacja nowych palników – ich oddziaływanie na padziąłanie palników pyłowych i osiagi kotła.
- Brak jest doświadczeń z zastosowaniem palników biomasowych w kotłach pyłowych.
- To złożone i kosztowne przedsięwzięcie.

NIEKTÓRE PROBLEMY
EKSPLOATACYJNE
WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z
WĘGLEM

Problemy eksploatacyjne współspalania biomasy z pyłem węglowym

1. Pogorszenie jakości przemiału i wydajności młynów.
2. Zwiększenie straty kominowej (pogorszenie sprawności kotła do 0,5%)
3. Wzrost zagrożenia pożarowo-wybuchowego w instalacji nawęglania
4. Wzrost zagrożenia korozyjnego dla powierzchni ogrzewalnych kotłów.
5. Wzrost udziału części palnych w popiele lotnym

Problemy z przemiałem biomasy z węglem

1. Występuje tendencja do gromadzenia się biomasy w młynie (pożary i wybuchy).
2. Pogorszeniu ulega jakość przemiału węgla.
3. Obniżeniu ulega wydajność młyna.
4. Obniżeniu ulega temperatura mieszanki na wylocie z młyna.

Efekty współspalania biomasy (< 10%) z węglem w kotłach pyłowych

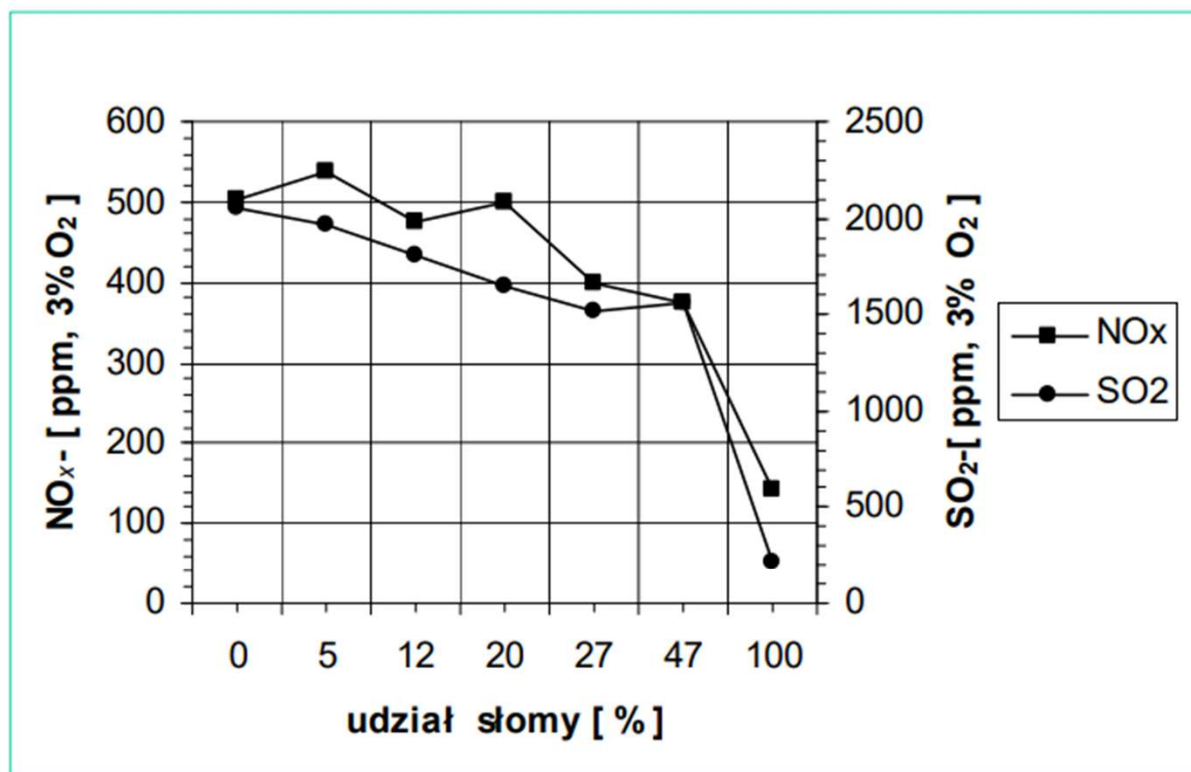
1. Jeżeli przemiał jest zadowalający, wówczas spalania mieszanki biomasy z węglem jest poprawne, nawet jeśli jest mokra.
2. Duży udział wilgoci w biomacie powoduje wzrost strumienia spalin, ale doświadczenie pokazuje, że wpływ ten jest niewielki (ok. 0,5%).

Zagrozenie bezpieczeństwa wynikające ze współpalania mieszanek biomasy z węglem

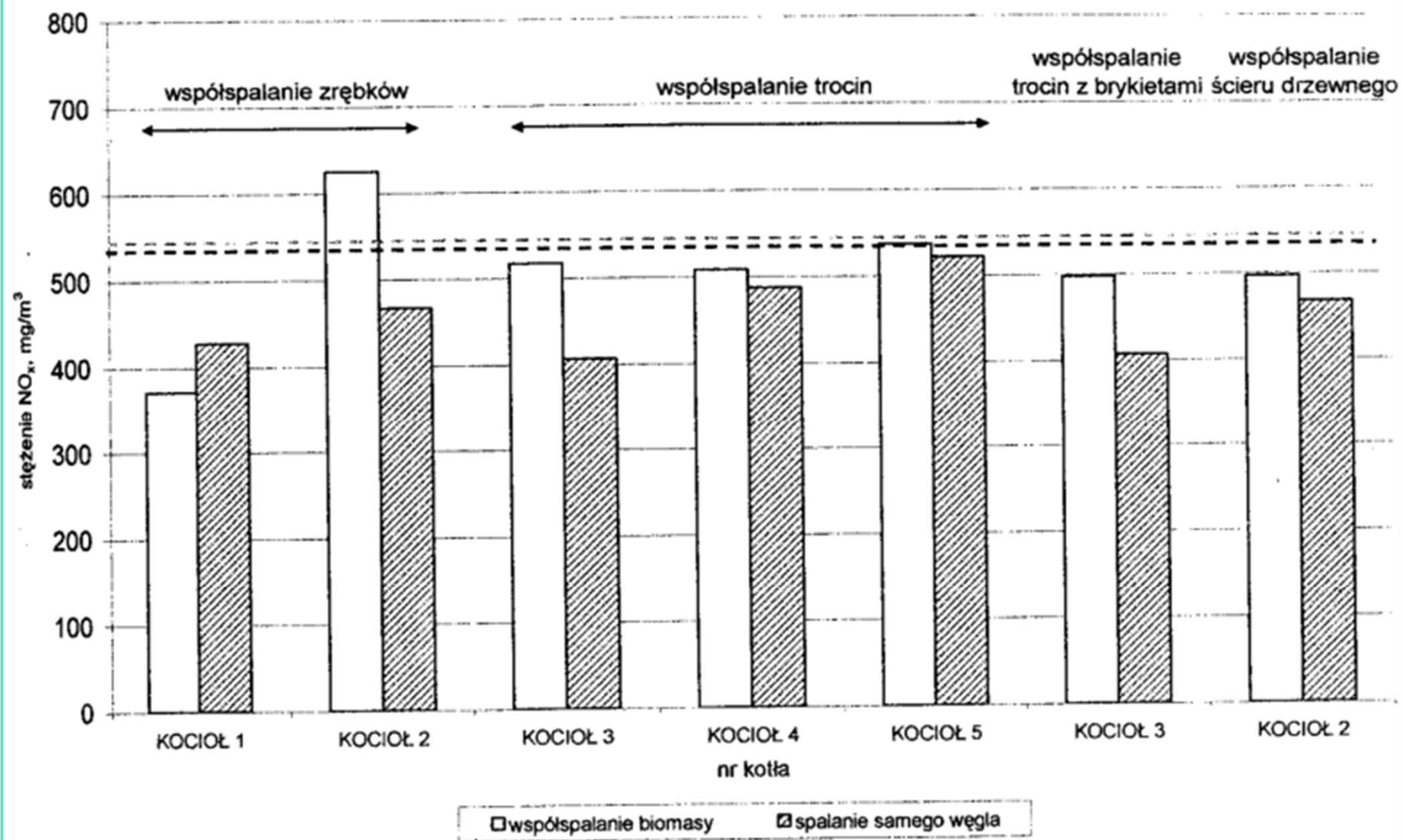
1. Biomasa zawiera wiele (do 90%) części lotnych, które zaczynają wydzielać się już od temperatury 180 °C. Z tego powodu należy: a) zmodyfikować procedury uruchamiania i odstawiania młynów, b) ograniczyć temperaturę powietrza pierwotnego.
2. Rozdrobniona biomasa reaguje znacznie szybciej niż węgiel kamienny zagrażając cofnięciem się płomienia do przewodu pyłowego i wybuchem/pożarem.
3. Biomasa ulega szybciej samogrzaniu stwarzając zagrożenia pożarowe w młynie.

EMISJE ZANIECZYSZCZEŃ
PODCZAS WSPÓŁSPALANIA
BIOMASY Z WĘGLEM

Emisja NO_x i SO_2 przy współpalaniu biomasy z węglem w kotle pyłowym



Wpływ udziały słomy w strumieniu paliwa
na emisję zanieczyszczeń z kotła pyłowego



Emisje innych zanieczyszczeń przy współspalaniu węgla i biomasy

Przy współspalaniu biomasy z węglem w małych kotłach (rusztowe) problemem jest emisja:

- tlenku węgla (ponad 10 tys. ppm co odpowiada 1% obj. CO)
- WWA (wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych)

Duża emisja tlenku węgla wynika z dużej zawartości części lotnych w biomacie typu: drewno i słoma. Znaczenie ma też zawilgocenie węgla.

Spalanie drewna charakteryzuje się dużą emisją WWA.

KOROZJA I SZLAKOWANIE PODCZAS SPALANIA BIOMASY

Problemy wywołane spalaniem i współspalaniem biomasy w kotłach

1. Korozja chlorkowa (słoma).
2. Tworzenie się osadów na powierzchniach konwekcyjnych.
3. Spiekanie i aglomeracja popiołów (defluidyzacja złoża fluidalnego).

Składniki biomasy powodujące problemy korozyjne i szlakowanie

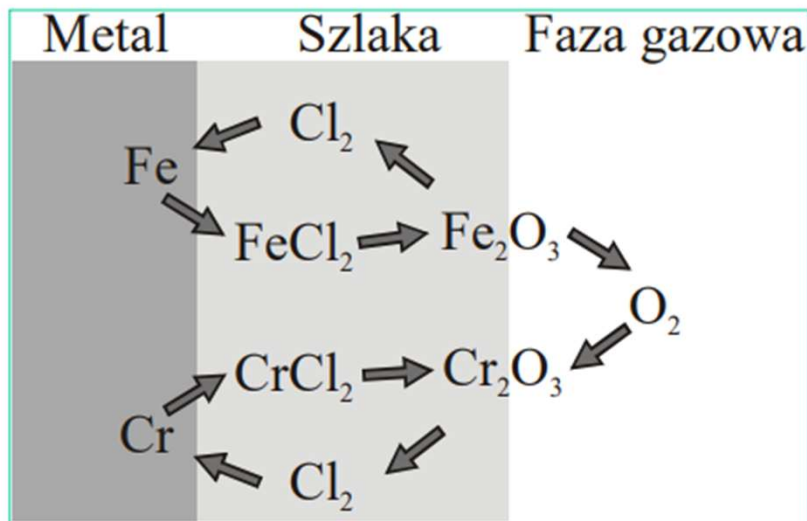
Składniki biomasy stwarzające problemy eksploatacyjne:

- znaczny udział chloru (słoma, trawa)
- znaczny udział metali alkalicznych (drewno, słoma, trawa)

Porównanie właściwości popiołów ze spalania biomasy i węgla

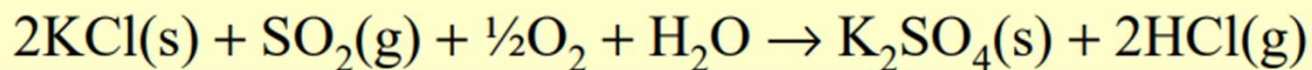
Paliwo	Udział K_2O , %	Temperatura	
		mięknięcia, °C	plynięcia, °C
Słoma jęczmienna	40,3	730–800	1283
Węgiel kamienny	2,2	1050–1200	1427

Korozja chlorowa podczas spalania biomasy

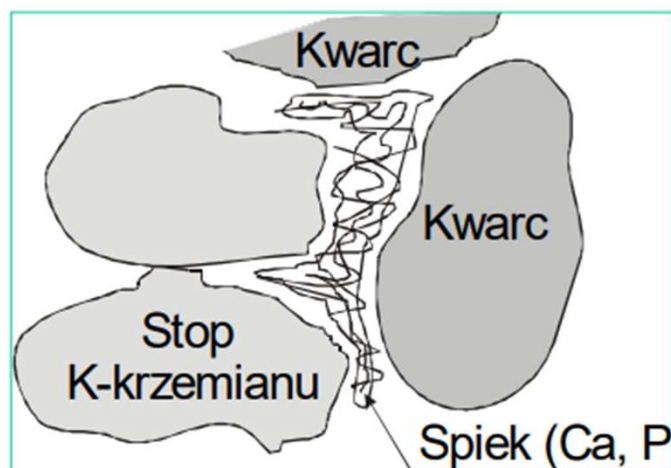


Mechanizm chemiczny korozji chlorowej powierzchni stalowych

Zachodząca w osadzie reakcja siarkowania chlorku potasu z udziałem SO₂ ze spalin powoduje wyzwolenie gazowego chloru, który *atakuje* żelazo i chrom w stali



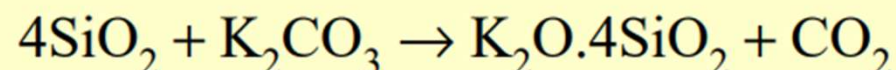
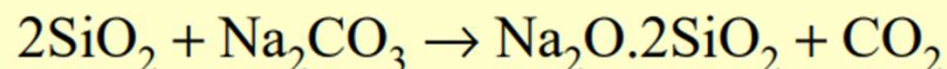
Defluidyzacja złoża fluidalnego



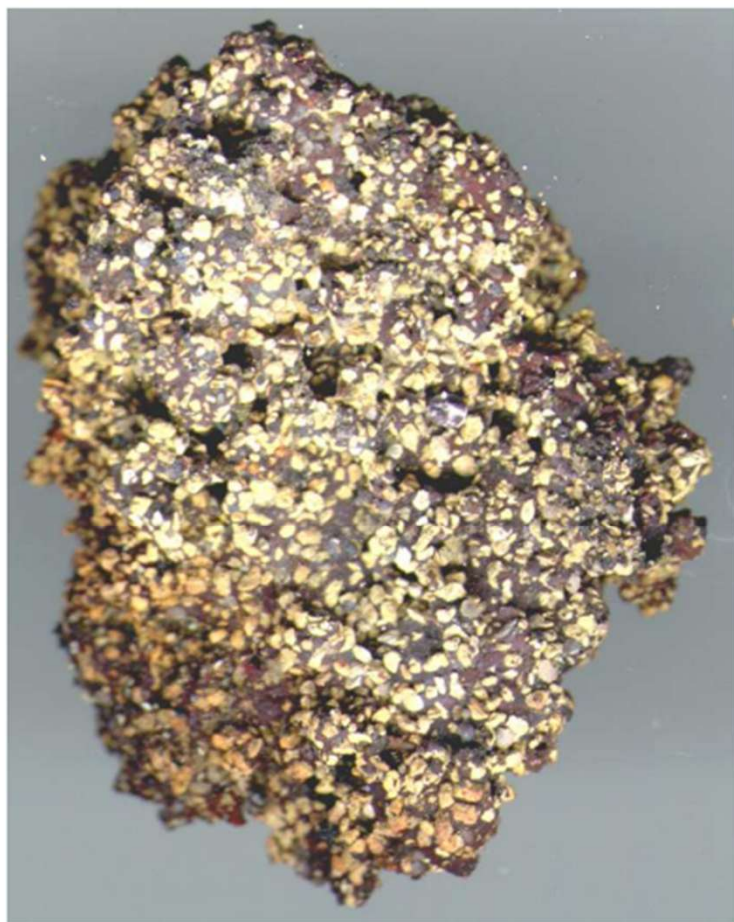
Aglomeracja materiału złoża z udziałem popiołu ze spalania biomasy

Eutektyki

Piasek (kwarc, SiO_2): temperatura topnienia 1450°C temperatura złoża $800\text{--}900^\circ\text{C}$, ale obecne w popiele ze spalania biomasy tlenki i sole metali alkalicznych reagują z SiO_2



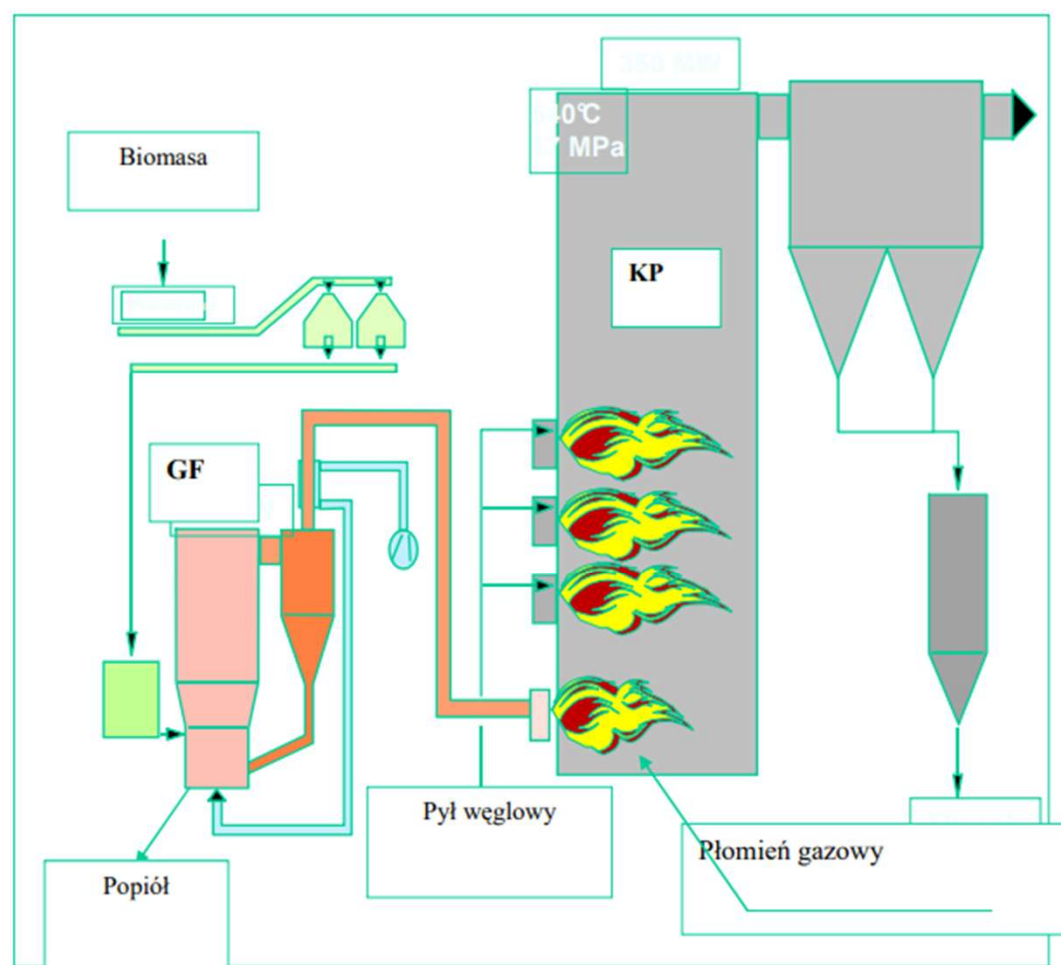
Spiekanie się złoża fluidalnego



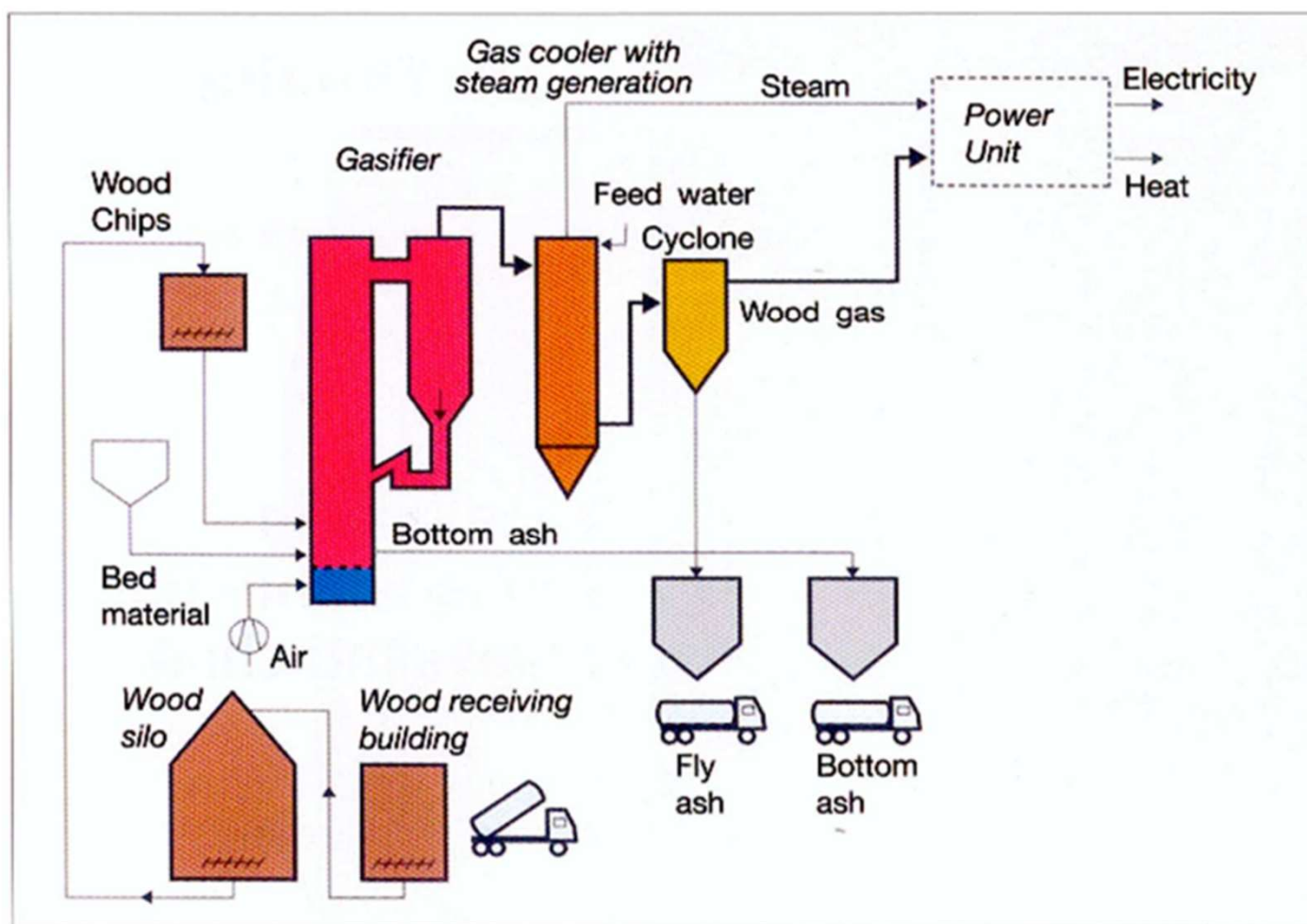
Spalanie węgla brunatnego ze
słomą rzepakową

ZGAZOWANIE BIOMASY dla WSPÓŁSPALANIA W KOTŁACH PYŁOWYCH

Zgazowanie odpadów drzewnych dla zasilania kotła pyłowego (Finlandia)



Zgazowanie drewna poużytkowego dla zasilania kotła pyłowego (600 MW_e Amer/Holandia)



Parametry procesu (Amer/Holandia)

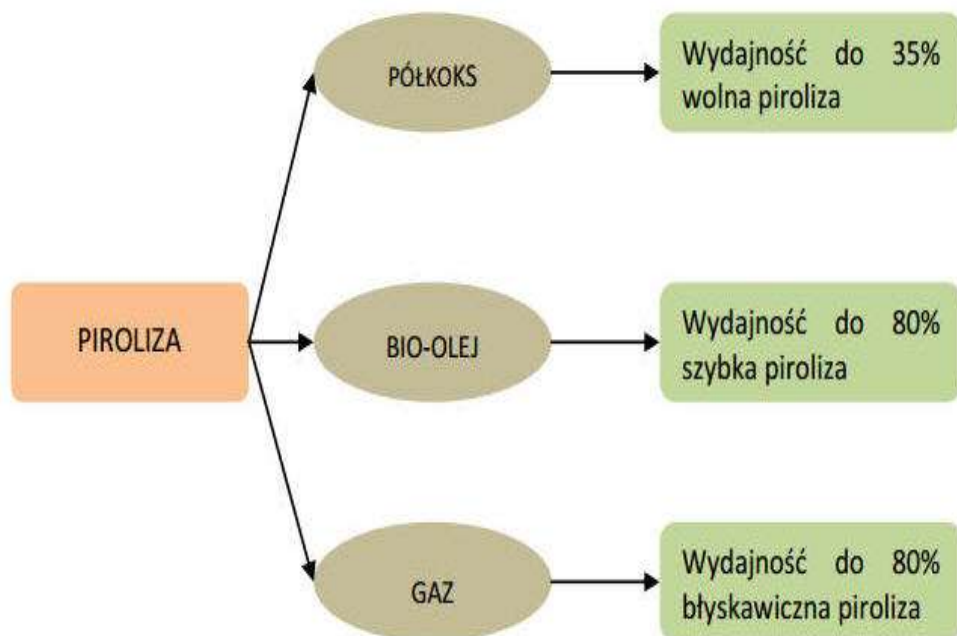
Parametr	Jednostka	Wartość
Strumień masy drewna	kg/s (t/h)	6 (ok.25)
Strumień masy powietrza	kg/s	6,43
Wartość opałowa drewna	MJ/kg	14,13
Strumień masy syngazu	kg/s	12,19
Strumień masy popiołu lotnego	kg/s	0,24
Strumień popiołu dennego	kg/s	0,39
Moc cieplna w strumieniu paliwa	MW	84,76
Moc cieplna w strumieniu syngazu	MW	73,35

Parametry gazu (Amer/Holandia)

H ₂	11.1
CO	13.4
CO ₂	14.9
CH ₄	4.4
C ₂ H ₆	0.27
C ₃ H ₂ + C ₂ H ₄	1.51
C ₆ H ₆	1.2
H ₂ S	0.02
N ₂	51.4
A _r + O ₂	0.6
H ₂ O	26.4 vol%
Fly ash (incl. 50 w% C)	10.5 g/m _o ³
LHV	5.550 MJ/m _o ³

PIROLIZA BIOMASY

W zależności od szybkości pirolizy produktem końcowym może być paliwo stałe, ciekłe lub gazowe.



Warunki procesu	Konwencjonalna piroliza	Szybka piroliza	Błyskawiczna piroliza
Temperatura [°C]	300 – 700	600 – 1000	800 – 1000
Szybkość nagrzewania [°C/s]	0,1 – 1	10 – 200	≥1000
Czas przebywania w temperaturze końcowej [s]	600 - 6000	0,5 – 5	<0,5
Rozmiar cząstek [mm]	5-50	<1	pył

PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH

Parametr	Metanol	Etanol
Wartość opałowa [MJ/kg]	19,7	26,8
T_w [°C]	65	78
Liczba cetanowa	5	8
Liczba oktanowa	114,4	111,4
Zawartość tlenu [%]	50	34

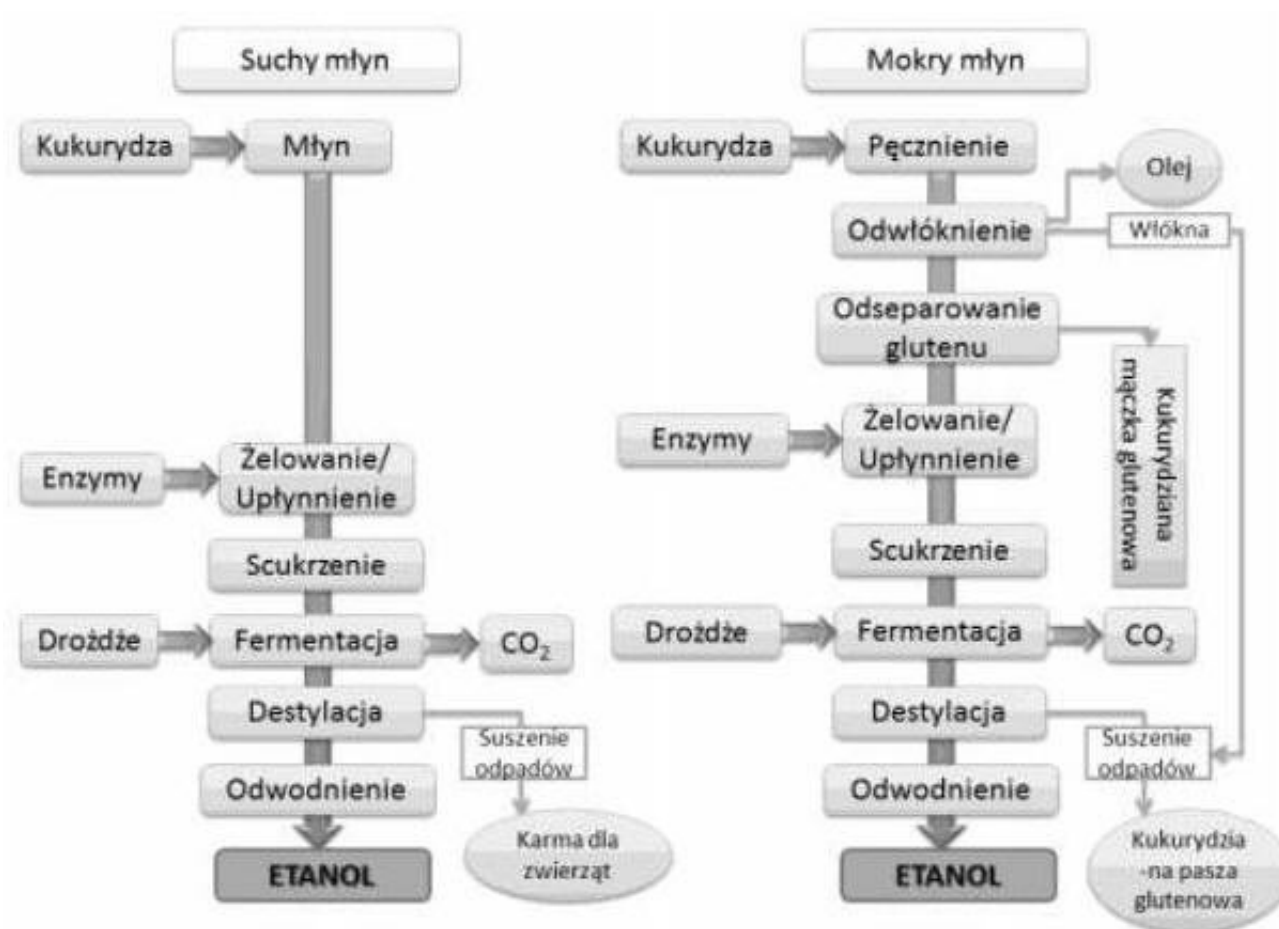
PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH

Produkcja etanolu z trzciny cukrowej



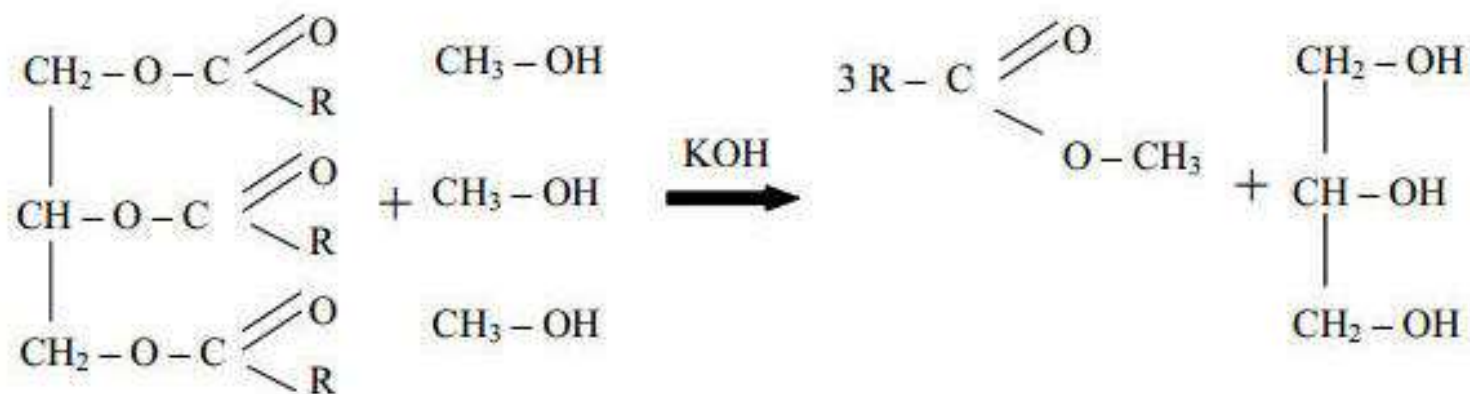
PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH

Produkcja etanolu z kukurydzy



PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH

Produkcja biodiesla



Trójgliceryd

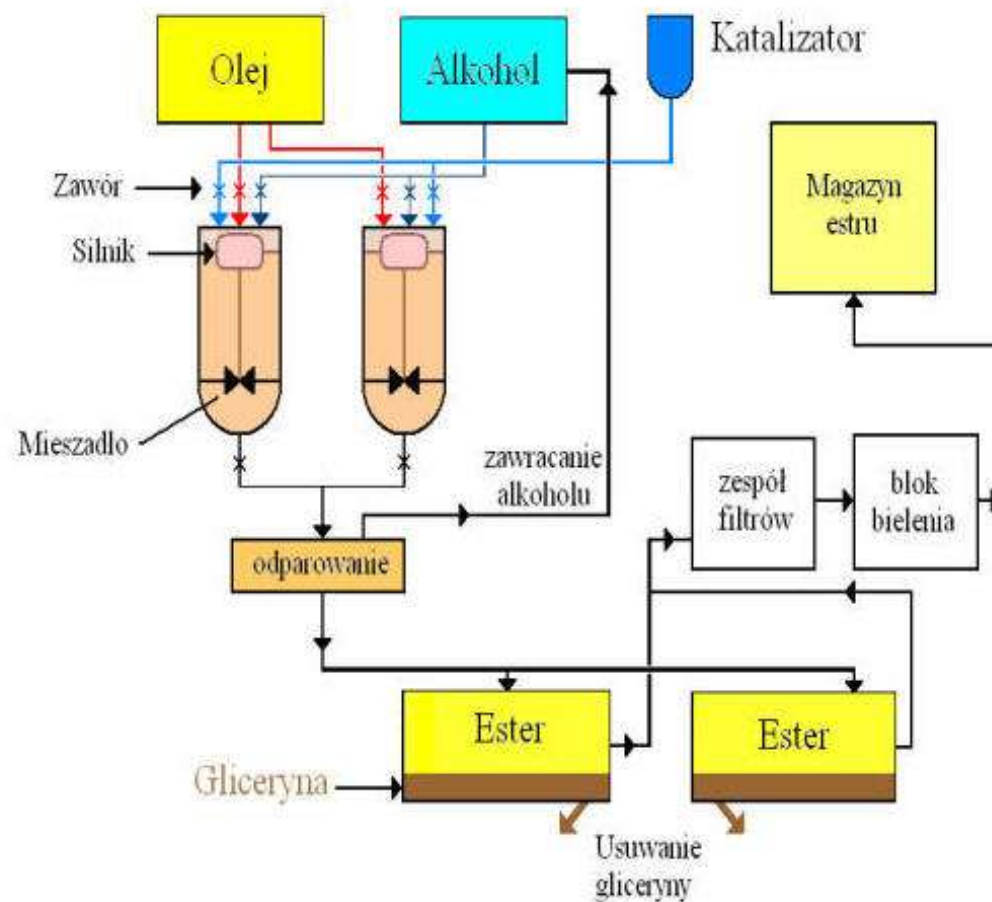
Metanol

Katalizator

Ester metylowy

Glicerol

PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH



Schemat transestryfikacji

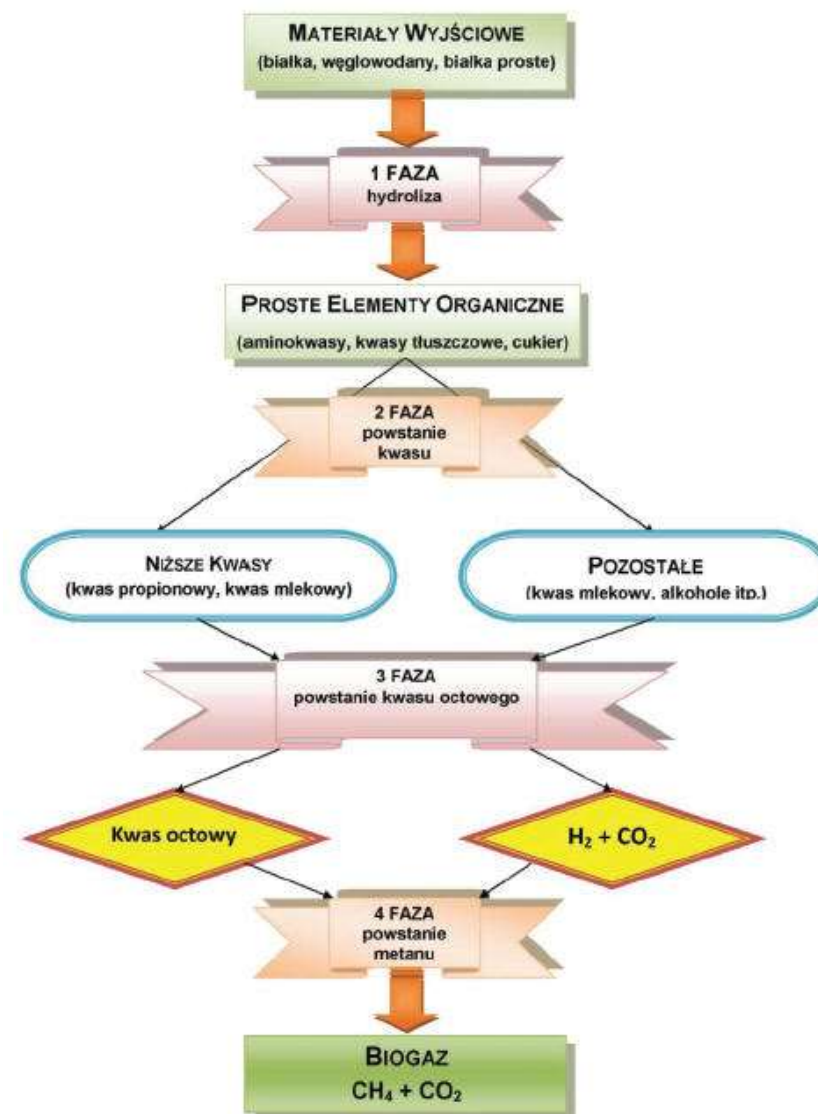
Wytwórnia biodiesla W-500M o wydajności 500 litrów paliwa na jeden cykl

PRODUKCJA BIOPALIW CIEKŁYCH

Parametr	Olej rzepakowy	Estry metylowe oleju rzepakowego (RME)	Olej napędowy
Masa cząsteczkowa [g/mol]	900	300	120 – 320
Gęstość przy 20°C [g·cm ⁻³]	0,92	0,88	0,83
Lepkość kinematyczna w 20°C [mm ² ·s ⁻¹]	75	6,9 - 8,2	4,2
Liczba cetanowa	40 - 44	45 - 59	47 – 58
Temperatura zapłonu [°C]	317 - 324	ok. 170	62
CFPP [°C]	5 – 18	-7	do -20
Wartość opałowa [MJ·kg ⁻¹]	37,3	37 – 39	42,3 – 42,7
Przebieg destylacji: początek destylacji 50% koniec destylacji	nie odparowuje, rozkłada się w temp. pow. 250°C	302°C 339°C 386°C	176°C 280°C 358°C
Siarka [%]	0,009 – 0,012	0,002 – 0,006	0,28

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

SKŁADNIK BIOGAZU	ZAWARTOŚĆ
metan (CH_4)	50-75%
dwutlenek węgla (CO_2)	25-45%
siarkowodór (H_2S)	20-20.000 ppm
wodór (H_2)	< 1%
tlenek węgla (CO)	0-2,1%
azot (N_2)	< 2%
tlen (O_2)	< 2%
inne	śladowe ilości



Przebieg fermentacji metanowej

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

$$H_{RT} = \frac{V_R}{V} [\text{doby}]$$

hydrauliczny czas retencji

obciążenie komory ładunkiem zanieczyszczeń

$$B_R = \frac{m \times c}{V_R}$$

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

Wyszczególnienie	Stężenie inhibitora w przeliczeniu na objętość komory fermentacyjnej (mg dm ⁻³)
Lotne kwasy tłuszczowe	>2.000 (jako kwas octowy) >6.000–8.000 (jako całkowite kwasy lotne)
Całkowity azot amonowy	1.500–3.000 (dla pH >7,6)
Wolny amoniak	600–800
Siarczki	250 (jako H ₂ S dla pH 6,4–7,2) 90 (jako H ₂ S dla pH 7,8–8,0)
Siarczki	>100 (jako rozpuszczalne siarczki)
Miedź (Cu)	0,5 (forma rozpuszczona); 150
Kadm (Cd)	150
Żelazo (Fe)	1710
Chrom (Cr ³⁺)	3
Chrom (Cr ⁶⁺)	500
Nikiel	2
Wapno	2.500–4.500; 8.000 (silny inhibitor procesu)
Magnez	1.000–1.500; 3.000 (silny inhibitor procesu)

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

Kraj	Produkcja energii pierwotnej [ktoe]					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Niemcy	4213,4	6669,6	5180,5	6416,2	6875,1	7434,1
Francja	526,2	413,3	369,4	412,0	436,6	420,7
Włochy	444,3	478,5	1103,9	1178,8	1815,5	1961,0
Hiszpania	183,7	198,7	287,0	260,5	479,4	353,3
Szwecja	109,2	111,2	119,3	126,8	145,0	153,4
Finlandia	41,4	40,4	53,0	57,9	58,0	61,0
Austria	159,8	171,5	169,1	207,5	196,7	292,2
Dania	99,6	102,2	100,7	104,7	110,0	122,8
Wielka Brytania	1697,0	2,2177	1800,7	1811,2	2036,5	2126,4
Polska	98,0	114,6	136,9	168,0	181,4	207,1
Belgia	125,3	127,4	128,3	157,7	189,0	206,3
Czechy	129,9	176,7	249,8	374,9	571,1	608,0
Holandia	267,9	293,4	292,9	297,5	305,2	312,7
Portugalia	23,8	30,7	45,0	56,4	65,3	73,5
Rumunia	1,1	1,1	13,2	13,4	30,0	30,0
Grecja	56,0	67,7	72,8	88,6	88,4	86,9
Węgry	30,9	34,2	60,7	79,8	82,2	83,7
Łotwa	9,7	13,3	22,0	22,0	65,0	75,0
Słowacja	16,3	12,2	45,8	43,5	54,9	58,4
Litwa	4,7	10,0	11,1	11,6	15,5	20,9
Bulgaria	0	0	3,0	3,0	12,0	27,0
Irlandia	54,4	57,3	57,6	55,9	48,2	52,2
Słowenia	27,1	30,4	36,0	38,1	34,7	30,8
Estonia	2,5	3,7	3,3	2,9	7,2	9,6
Cypr	0,2	0,2	11,0	11,0	12,0	12,0
Luksemburg	12,4	13,0	13,5	15,7	15,6	16,7
Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Razem UE	8334,7	10943,3	10386,4	12015,5	13947,1	14862,4

Źródło: opracowanie na podstawie: EurObserver Raport za lata 2009-2015.

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

Rodzaj surowca	2011		2013		2014		2015		2016	
	Ilość [tony]	% udział	Ilość [tony]	% udział	Ilość [tony]	% udział	Ilość [tony]	% udział	Ilość [tony]	% udział
Gnojowica	265 960,8	56,66	455 583,1	28,94	574 068,6	27,0	598 962,5	24,11	774 997,1	24,03
Pozostałości z owoców i warzyw	10 984,4	2,33	268 599,1	17,06	355 739,7	16,73	494 045,9	19,89	665 338,2	20,63
Wywar pogorzelniany	30 465,1	6,49	354 877,0	22,54	349 366,5	16,43	439 580,3	17,70	477 858,2	14,81
Kiszonka z kukurydzy	108 876,1	23,19	287 470,5	18,26	416 595,4	19,59	415 321,9	16,72	439 135,4	13,62
Wysłodki buraczane	6 922,5	1,47	101 661,0	6,46	189 811,3	8,93	189 015,6	7,61	222 157,4	6,89
Pozostałe	46 207,2	9,86	105 988,5	6,74	240 796,1	11,32	347 573,7	13,97	644 935,3	20,02

Udział najczęściej wykorzystywanych surowców do produkcji biogazu rolniczego w latach 2011-2016 (dane z ARR)

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

Składnik	Symbol	Jednostka	Źródło biogazu		
			biogaz rolniczy	biogaz z oczyszczalni ścieków	biogaz wysypiskowy
Metan	CH ₄	%	45-75	57-62	37-67
Dwutlenek węgla	CO ₂	%	25-55	33-38	24-40
Siarkowodór	H ₂ S	ppm	10-30 000	24-8 000	15-427
Tlen	O ₂	%	0,01-2,0-2,1	0-0,5	1-5
Azot	N ₂	%	0,01-5,0	3,4-8,1	10-25
Inne domieszki: chloroetan dwuchlorofluorometan trójchlorofluorometan chlorotrójfluorometan	C ₂ H ₃ Cl CCl ₂ F ₂ CCl ₃ F CClF ₃	mg/Nm ³	ilości śladowe	ilości śladowe	4,3 15,6 1,7 1,0

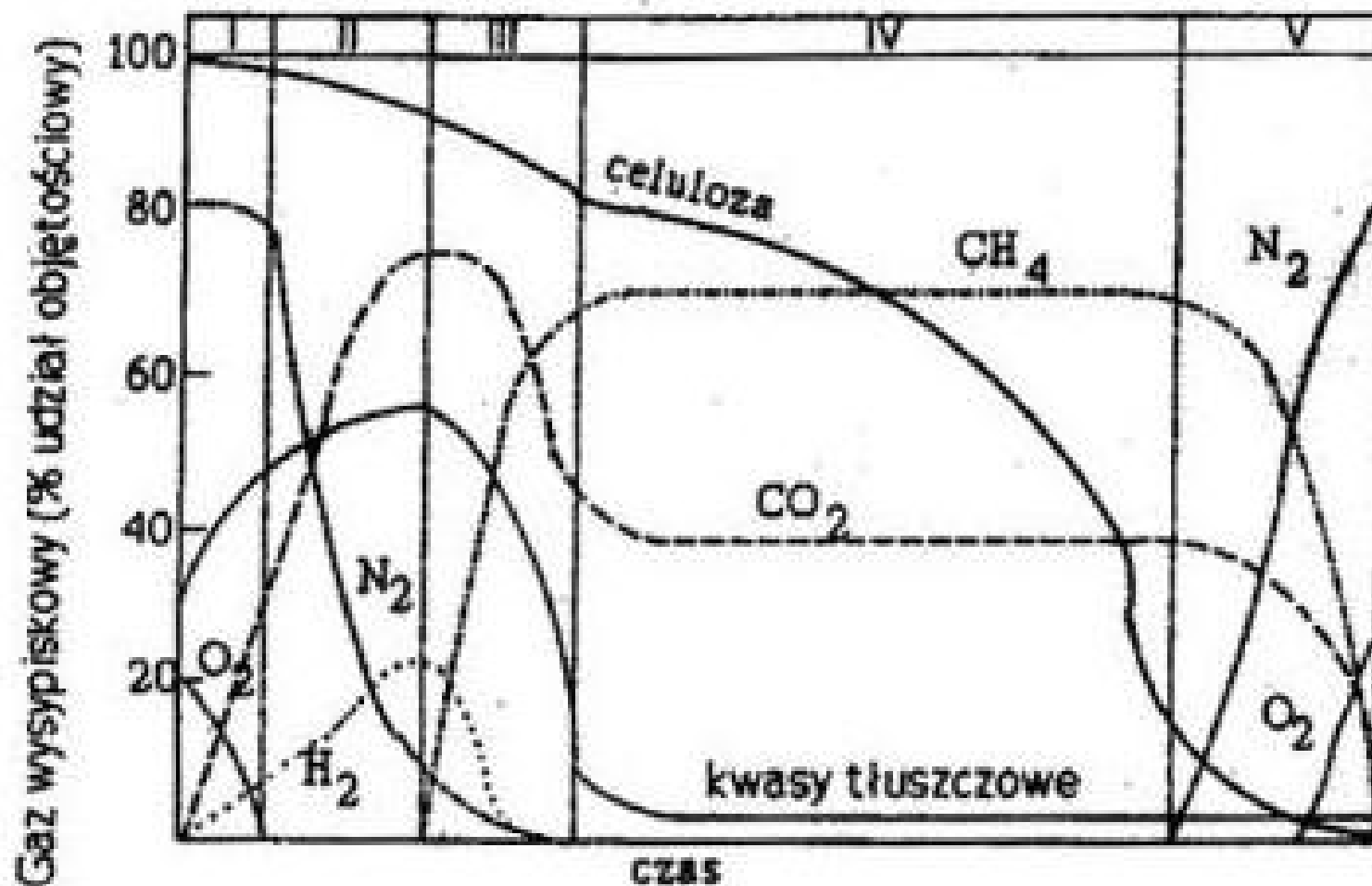
BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

Składnik	Jednostka	Odpady z gospodarstw domowych	Osad z oczyszczalni ścieków	Odpady rolniczych	Odpady z przemysłu rolno- -spożywczego
CH ₄	[%] obj.	50–60	60–75	60–75	68
CO ₂		34–38	19–33	19–33	26
N ₂		0–5	0–1	0–1	–
O ₂		0–1	< 0,5	< 0,5	–
H ₂ O	[%] obj. (w 40°C)	6	6	6	6
H ₂ S	[mg/m ³]	100–900	1000–4000	3000–10 000	100
NH ₃		–	–	50–100	400
Związki aromatyczne		0–200	–	–	–
Związki chlorowcoorganiczne lub fluoroorganiczne		100–800	–	–	–

BIOCHEMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY, PRODUKCJA BIOGAZU

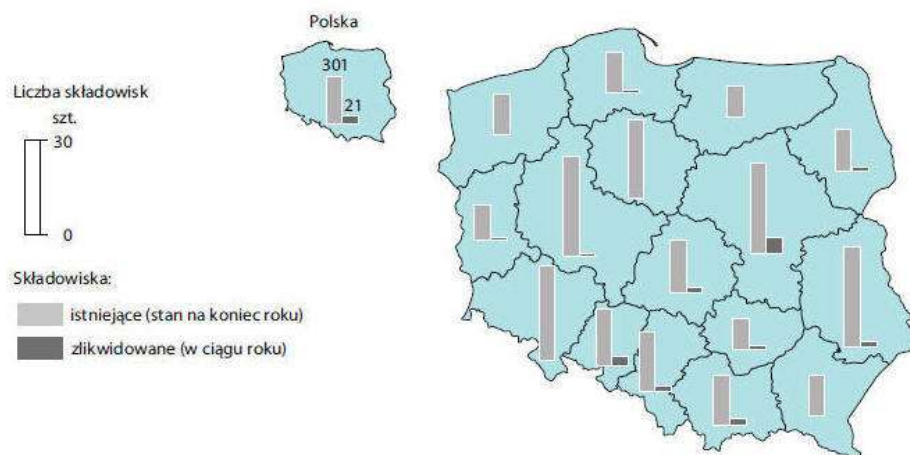
właściwości gazu	biogaz z odpadów domowych	biogaz rolniczy	gaz ziemny
skład procentowy	60% CH ₄ 33% CO ₂ 1% N ₂ 0% tlenu 6% H ₂ O	68% CH ₄ 26% CO ₂ 1% N ₂ 0% tlenu 6% H ₂ O	97% CH ₄
wartość opałowa [kWh/m ³]	6,0	6,8	10,3
gęstość [kg/m ³]	1,21	1,11	0,73
liczba Wobbego	6,9	8,1	14,9

PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ WYSYPISKOWY

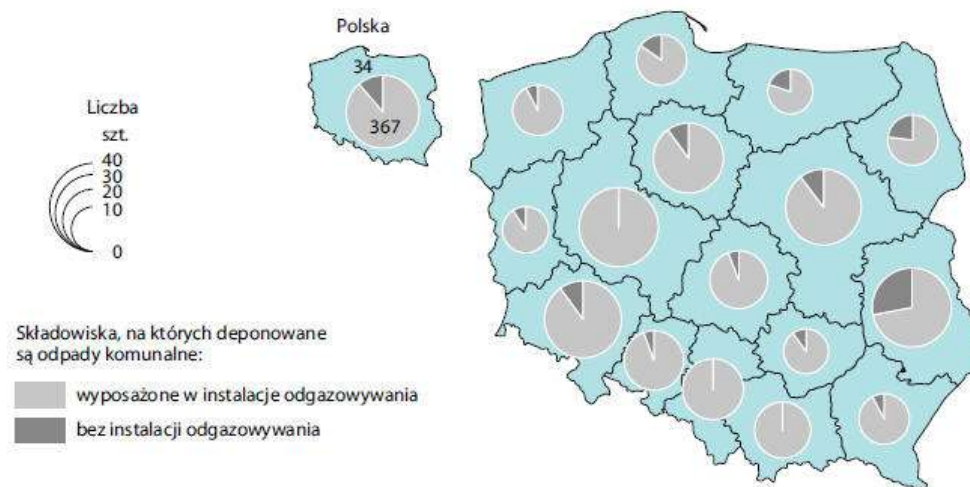


PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ WYSYPIISKOWY

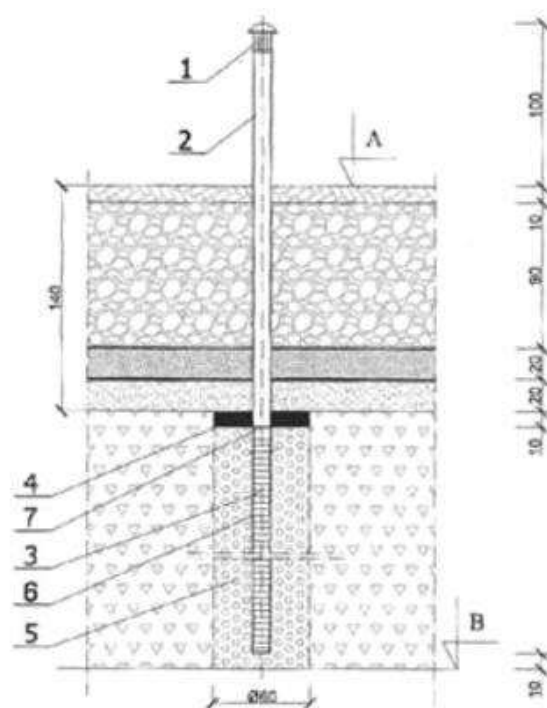
Składowiska kontrolowane w 2017 r.



Odgazowywanie składowisk odpadów w 2017 r.



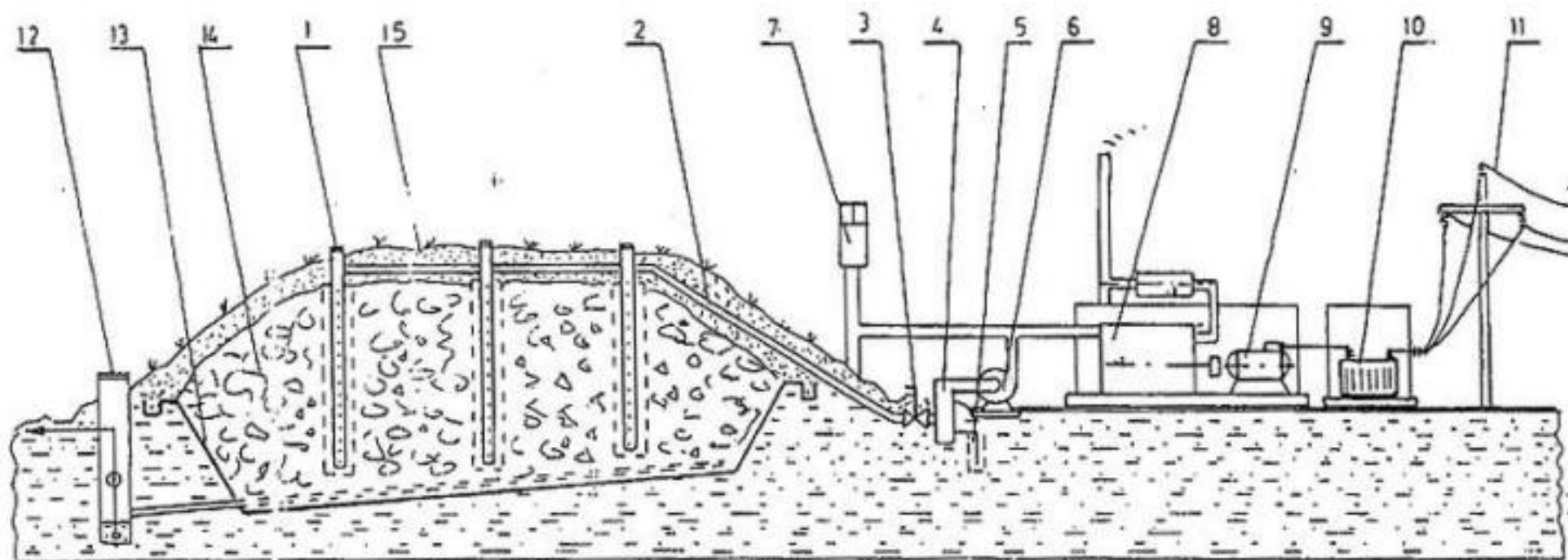
PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ WYSYPISKOWY



OZNACZENIA

1. Kominiek wentylacyjny D110 PVC
2. Rura D110x6,6 mm
3. Filtr gazowy D110x6,6 mm
4. Korek uszczelniający
5. Obsypka żwirowa
6. Siatka studniarska
7. Złączka elektrooporowa D110

PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ WYSYPISKOWY



Rys. 1 SCHEMAT AKTYWNEGO ODGAZOWANIA WYSYPISKA ODPADÓW
PROPONOWANY PRZEZ FIRMĘ "EKOWAT SC"

1. studnia gazowa, 2. rurociąg gazowy, 3. armatura regulacyjno-odcinająca, 4. kolektor, 5. odwadniacz, 6. ssawa gazowa, 7. pochodnia, 8. silnik gazowy, 9. generator, 10. transformator, 11. sieć, 12. studnia odcieków, 13. uszczelnienie, 14. złoża odpadów, 15. warstwa rekultywacyjno- uszczelniająca. Rysunek autorstwa OBREM Łódź

PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW

Stężenie					
Metan	Dwutlenek węgla	Tlen	Azot	Siarkowodór	Amoniak
%	%	%	%	mg/m ³	mg/m ³
61,525	38,269	0,032	0,155	278	0,12

Cisnienie	Temperatura	Wilgotność względna (ϕ)	Zawartość wilgoci	Gęstość (ρ)	Gęstość względna (d)	Ciepło spalania (H_0)	Wartość opałowa (H)	Liczba Wobego (W)	Liczba Wobego (W_1)
Pa	K	%	g/m ³	kg/m ³	-	kJ/m ³	kJ/m ³	kJ/m ³	kJ/m ³
3120	296	92,3	20,4	1,2	0,928	24569	22089	25500	22926

PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW

Biogaz z rolnictwa	Udział w całkowitej produkcji biogazu	69%
	Potencjał produkcyjny biogazu z rolnictwa [mld m ³ /rok]	2,0 ÷ 5,5
Biogaz z wysypisk	Udział w całkowitej produkcji biogazu	27%
	Potencjał produkcyjny biogazu z wysypisk [mld m ³ /rok]	0,796
Biogaz z oczyszczalni ścieków	Udział w całkowitej produkcji biogazu	4%
	Potencjał produkcyjny biogazu z oczyszczalni ścieków [mld m ³ /rok]	0,0969
RAZEM	Całkowity potencjał produkcyjny biogazu [%]	100%
	Całkowity potencjał produkcyjny biogazu [mld m ³ /rok]	2,9 ÷ 6,4

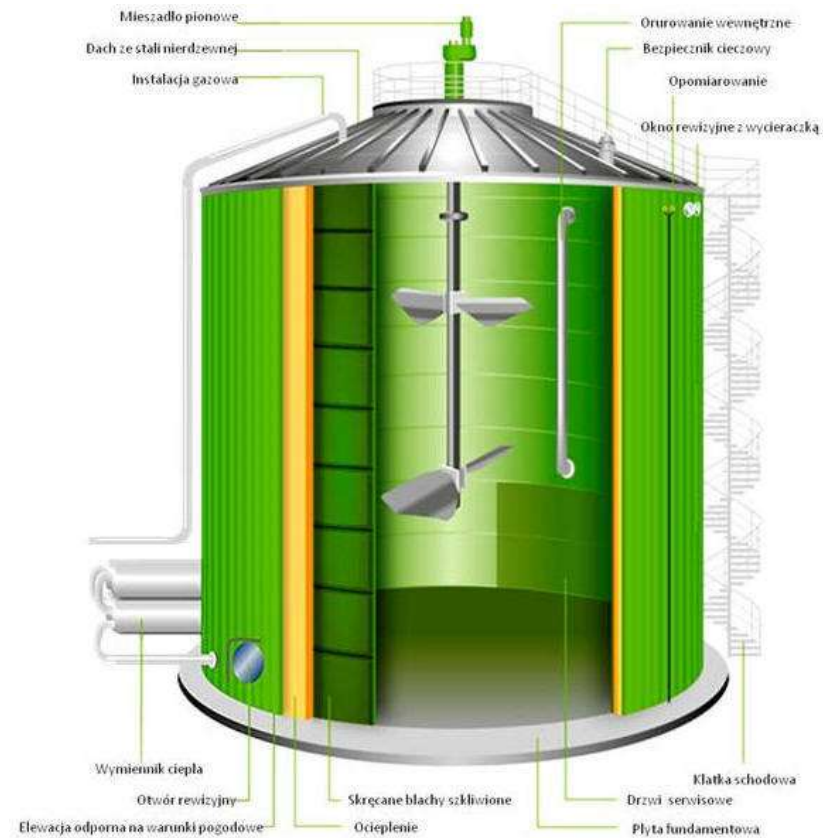
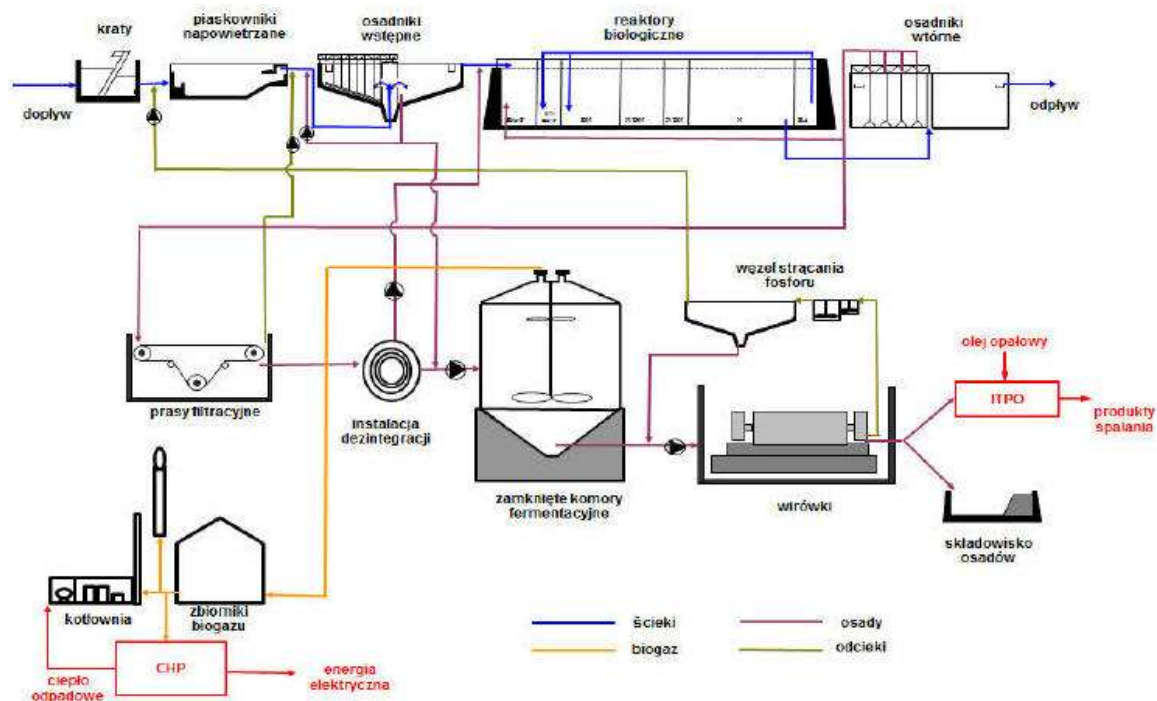
PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW

METALE	Maksymalna zawartość metali ciężkich w suchej masie osadów [mg/kg] przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych		
	w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne	do rekultywacji terenów na cele nierolne	przy dostosowywaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz
Kadm (Cd)	20	25	50
Miedź (Cu)	1000	1200	2000
Nikiel (Ni)	300	400	500
Ołów (Pb)	750	1000	1500
Cynk (Zn)	2500	3500	5000
Rtęć (Hg)	16	20	25
Chrom (Cr)	500	1000	2500

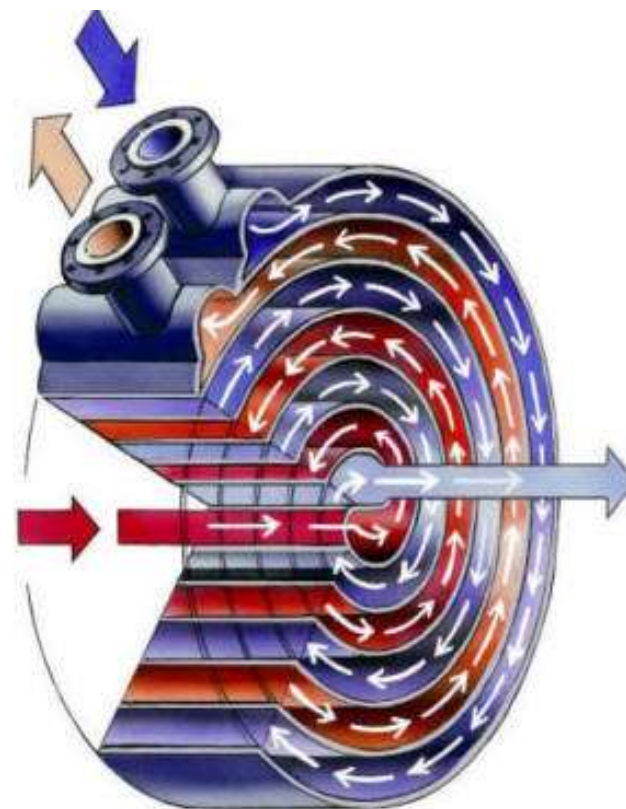
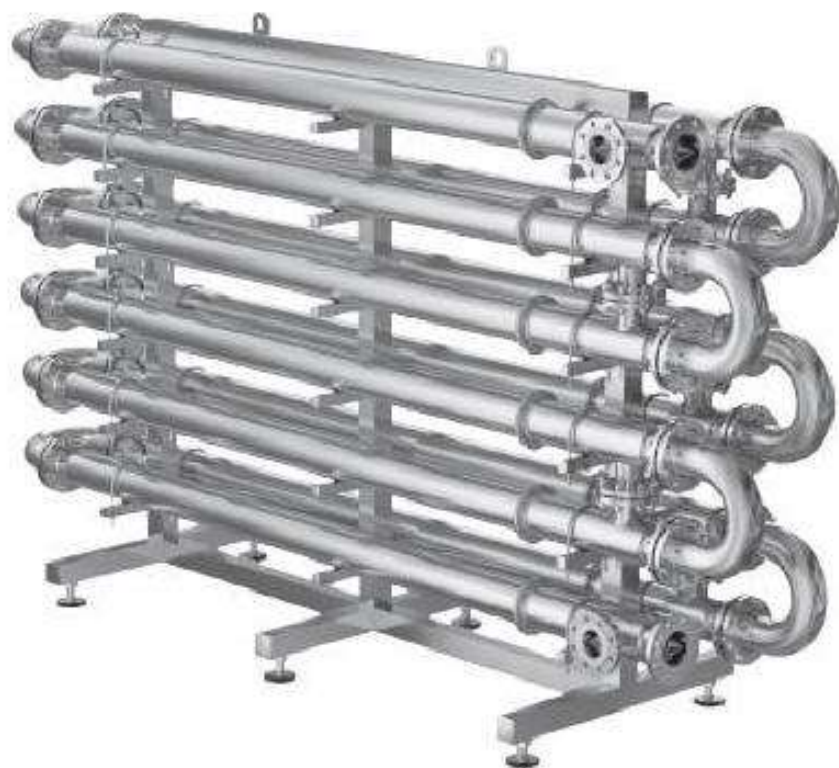
PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW

Rodzaj substratu	Ilość otrzymanego biogazu [dm ³]	Stężenie głównych składników biogazu	
		metanu (CH ₄) [%]	dutlenku węgla (CO ₂) [%]
Skrobia, celuloza	825	50	50
Węglowodany	790	50	50
Tłuszcze	1250	68	32
Białka	704	71	29
Osad ściekowy	875÷1020	63,8÷66,7	33,3÷36,2

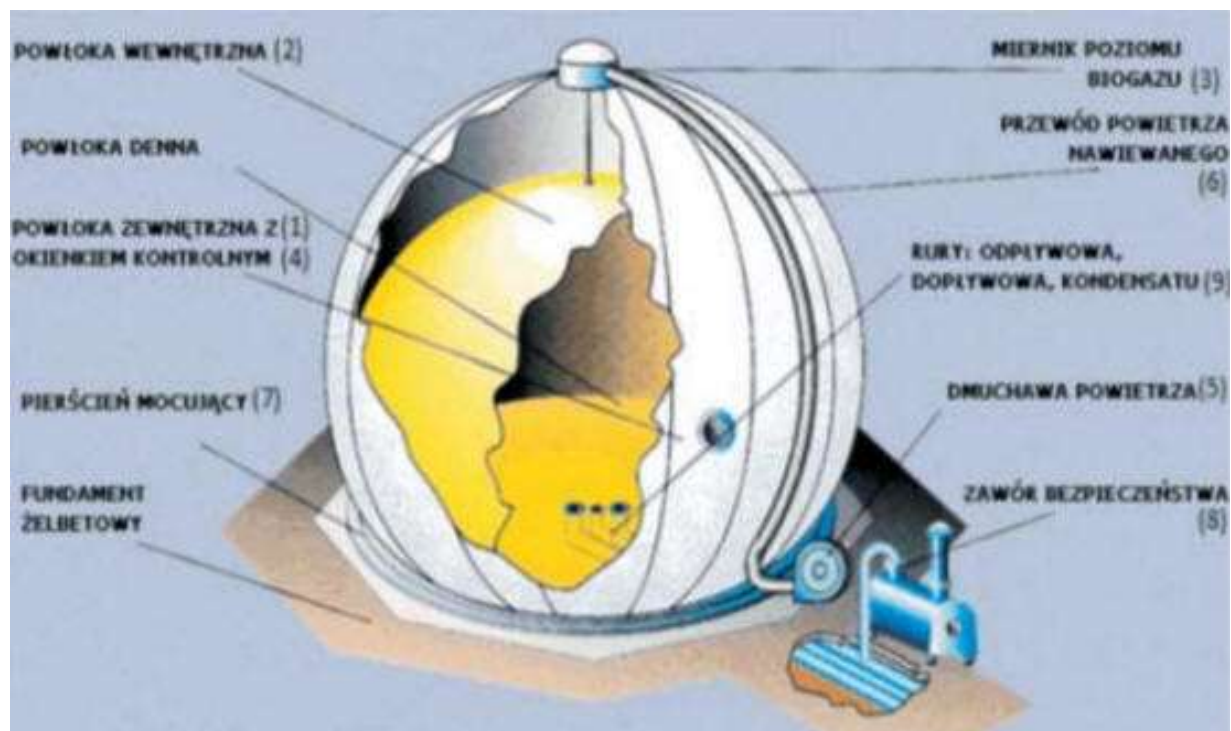
PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW



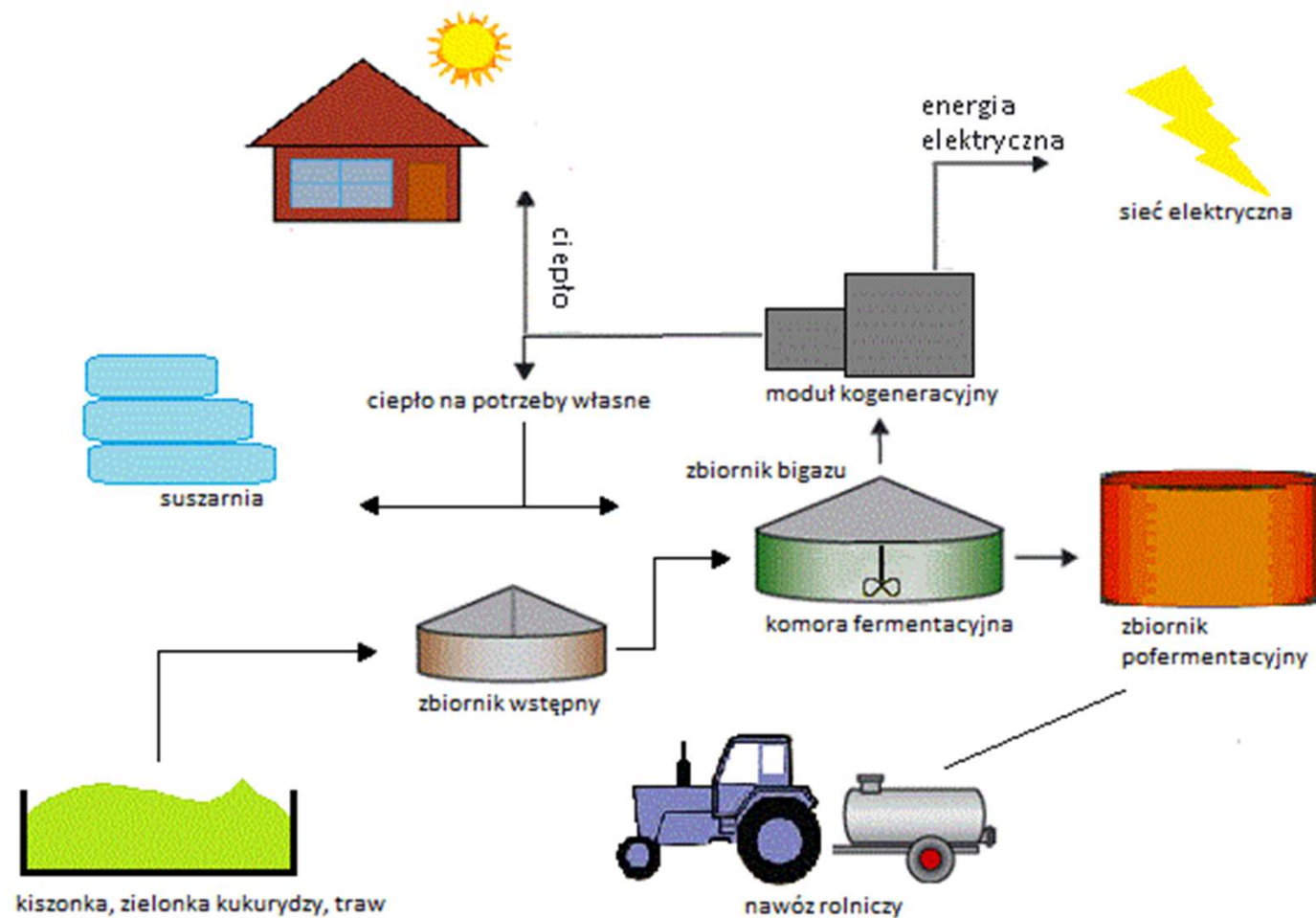
PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW



PRODUKCJA BIOGAZU – GAZ ZE ŚCIEKÓW



PRODUKCJA BIOGAZU – BIOGAZ ROLNICZY



PRODUKCJA BIOGAZU – BIOGAZ ROLNICZY



PRODUKCJA BIOGAZU – BIOGAZ ROLNICZY



PRODUKCJA BIOGAZU – BIOGAZ ROLNICZY

