

Iwona Romanowska-Słomka

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Janusz Mirosławski

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Wiesław Tomaszewski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Biomasy - charakterystyka - ochrona środowiska - zagrożenia dla zdrowia pracowników

Streszczenie

Obowiązek uzyskiwania energii ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych spowodował wykorzystanie do tego celu biomasy. W opracowaniu zostały scharakteryzowane biomasy wytwarzane i spalane w Polsce. Produkcja, współspalanie lub spalanie biomasy w celu uzyskania energii z jednej strony przyczynia się do ochrony środowiska poprzez obniżoną emisję dwutlenku węgla, tlenku węgla, dwutlenku siarki i tlenków azotu, z drugiej strony może stanowić zagrożenie dla tego środowiska ze względu na powstawanie wielkoobszarowych monokultur, co jest niekorzystne dla środowiska, ograniczenie lub wręcz eliminacja bioróżnorodności, możliwe wyjałowienie gleby. Jednak największym zagrożeniem jest zagrożenie zdrowia pracowników przez czynniki biologiczne. Zagrożenia biologiczne wynikają głównie ze sposobu przechowywania biomas oraz stosowania odpadów komunalnych.

Słowa kluczowe: *bezpieczeństwo pracy, ochrona środowiska, zagrożenia biologiczne, energia odnawialna.*

Abstract

The obligation to obtain energy from unconventional and renewable sources caused biomass to be used for this purpose. This paper describes biomass produced and burnt in Poland. On the one hand, production, co-combustion or combustion of biomass aimed at obtaining energy increases environmental protection through reduced emissions of carbon monoxide, sulphur dioxide and nitric oxides, on the other hand, however, it may create a hazard for the environment due to the creation of large areas of monocultures, which has a negative effect on the environment, reduce or even eliminate biovariety and lead to possible soil impoverishment. The biggest hazard for employees' health are, however, biological factors. Biological hazards mainly result from the way biomass is stored.

Keywords: *occupational safety, environmental protection, biological hazards, renewable energy.*

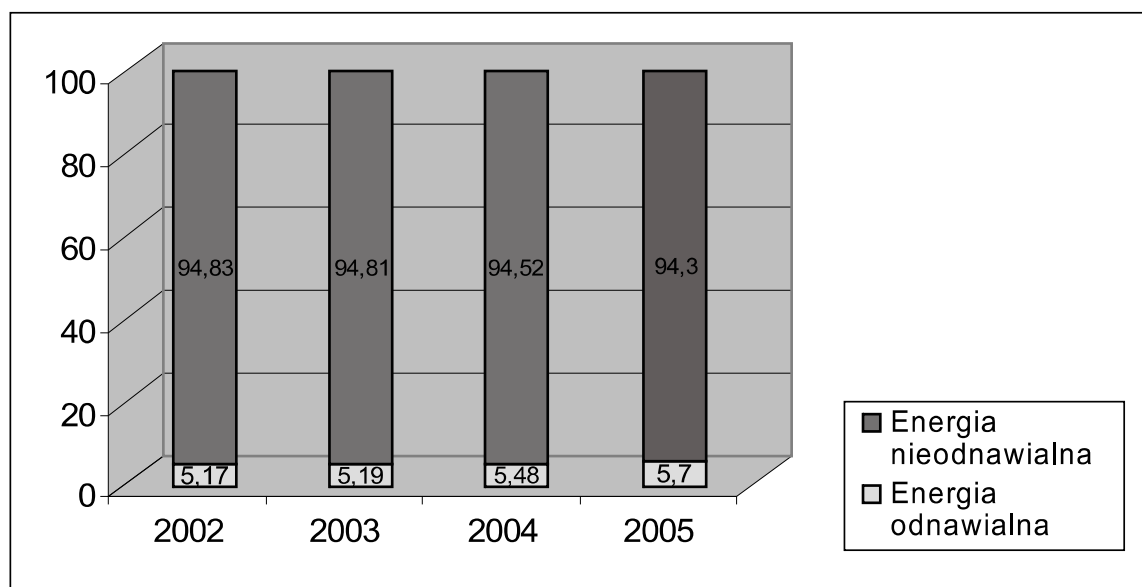
1. Biomasy a strategia rozwoju energetyki odnawialnej

Zakłada się, że w roku 2010 w Unii Europejskiej około 12% energii pierwotnej wytworzone będzie ze źródeł odnawialnych. W Polsce na mocy Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 15 grudnia 2000 r. [1] nałożono obowiązek na przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się obrotem energią elektryczną lub ciepłem, zakupu energii elektrycznej oraz energii wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych.

Narzuca to zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w bilansie paliwowo-energetycznym kraju do 6,0% w 2009 r. oraz 7,5% w 2010 r. Obowiązek zwiększenia udziału paliw ze źródeł niekonwencjonalnych najczęściej realizowany jest poprzez współspalanie biomasy z węglem. Obecnie biomasa, jako paliwo pochodzi przede wszystkim z odpadów przemysłu rolno-spożywczego i leśnictwa. Rozwój elektroenergetyki bazującej na biomase musi być związany z rozwojem upraw energetycznych [1, 7].

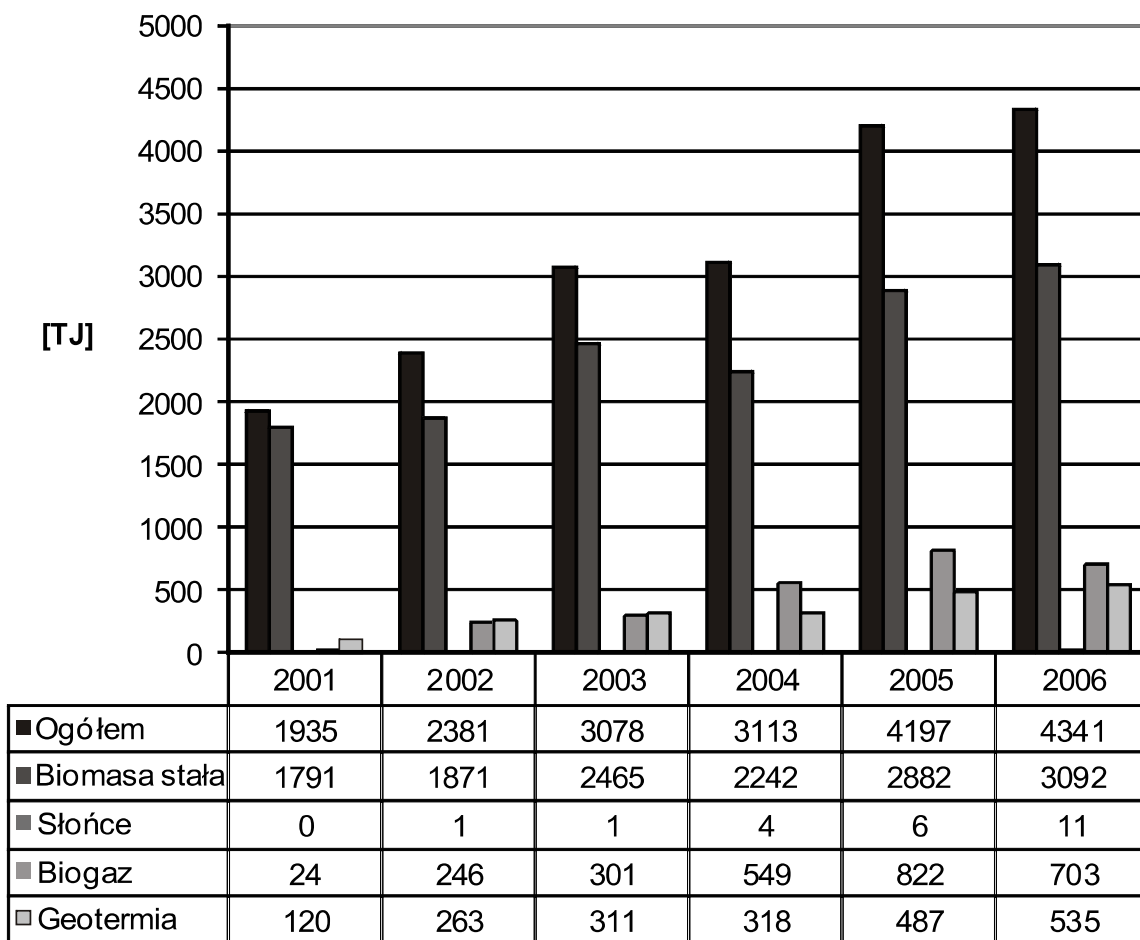
W strukturze zużycia, najwięcej energii wykorzystuje się do celów grzewczych. W zależności od wielkości obiektu i jego przeznaczenia wykorzystanie energii na cele grzewcze stanowi od 70% do 90%.

Strukturę zużycia energii pierwotnej w Polsce (w oparciu o dane z Urzędu Statystycznego) przedstawiono na rys. 1. Stopniowo wzrasta zapotrzebowanie na surowce niekonwencjonalne od 5,17 do 5,7% [14].



Rys. 1. Procentowy udział energii odnawialnej i nieodnawialnej [14].

Rys. 2 przedstawia produkcję ciepła z odnawialnych nośników energii w latach 2001-2006 [14], można zaobserwować stopniowy wzrost zaangażowania źródeł energii odnawialnej do produkcji ciepła.



Rys. 2. Produkcja ciepła z odnawialnych nośników energii w latach 2001-2006.

2. Charakterystyka biomasy

Biomasy to substancje ulegające biodegradacji, są to najczęściej niejednorodne paliwa tzn. zrębki, okorki, które sporadycznie mogą być także zanieczyszczone mineralnie, trociny i wióry stolarskie (czasem z płyt wiórowych lub meblarskich), ścinki. Biomasa może występować w różnych stanach skupienia: w stałym, gazowym lub ciekłym, można ją wykorzystywać we wszystkich postaciach do produkcji energii elektrycznej, ciepłej czy energii elektrycznej i ciepłej w układach skojarzonych.

Na cele energetyczne wykorzystuje się drewno i odpady przerobu drewna (trociny, wióry, zrębki drzewne, kora), rośliny pochodzące z upraw energetycznych, produkty rolnicze (słoma), odpady organiczne z rolnictwa oraz niektóre odpady komunalne i przemysłowe. Biomasa to głównie pozostałości i odpady, jednak obecnie uprawia się rośliny by pozyskiwać biomasę takie jak wierzba wiciowa, rdest czy trzcina. Do upraw energetycznych nadają się rośliny charakteryzujące się dużym przyrostem rocznym i niewielkimi wymaganiami glebowymi. Rośliny pochodzące z upraw energetycznych można spalać albo w całości, albo w formie wyprodukowanych z nich brykietów czy pelet. Uprawy energetyczne umożliwiają zagospodarowanie zdegradowanych terenów

rolniczych. Rośliny energetyczne akumulują zanieczyszczenia w systemie korzeniowym i nie przenikają do produktów spalania. Plantacja roślin energetycznych może w ciągu 15 lat oczyścić glebę z takich metali ciężkich, jak: arsen, ołów, chrom, miedź, mangan, nikiel, rtęć i cynk. Nie bez znaczenia jest fakt, że zanieczyszczenia gromadzą się wyłącznie w korzeniach roślin, nie przenikają więc do produktów spalania. Jednak plantacje energetyczne mogą powodować:

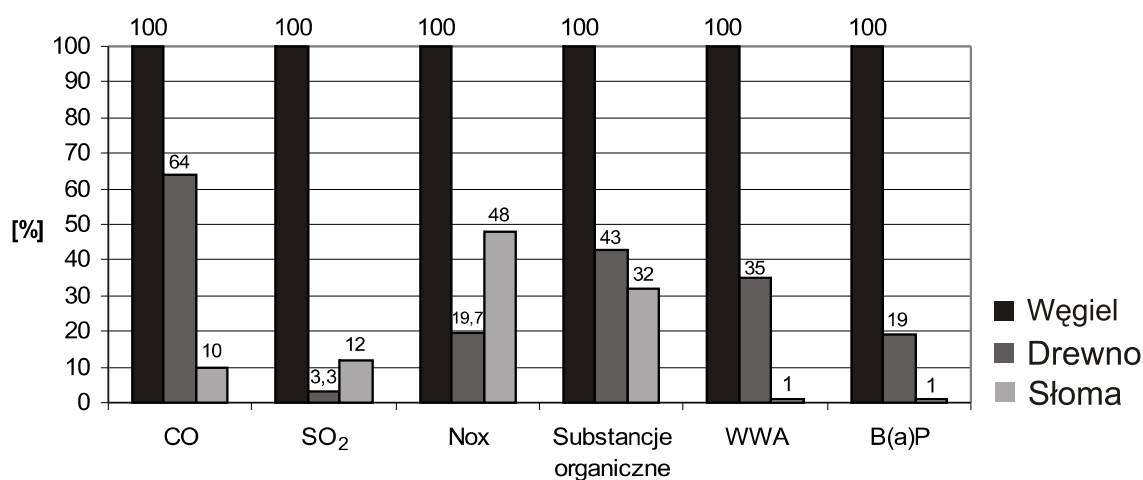
- powstawanie wielkoobszarowych monokultur, co jest niekorzystne dla środowiska,
- ograniczenie lub wręcz eliminację bioróżnorodności,
- wyjąłowanie gleby [10, 13].

Biomasy pozyskiwane z drewna zawierają głównie celulozę, hemicelulozę, ligninę i wodę. Wraz z wiekiem drzewa nasila się proces lignifikacji i zawartość ligniny w drewnie wzrasta, a zawartość wody maleje. Zawartość wody w świeżym drewnie zależy przede wszystkim od gatunku drzewa i jest wyższa dla drewna o mniejszej masie właściwej.

Biomasy pozyskiwane z drewna charakteryzują się wysoką zawartością składników lotnych, tylko 20% ich masy stanowią nielotne związki węgla, które nie odparowują w procesie ogrzewania drewna, lecz zostają spalone na ruszcie. Natomiast związki lotne spalają się nad rusztem [6, 7].

Im mniejsza wilgotność, im bardziej zagęszczona jest biomasa, tym ma większą wartość jako paliwo. Bardzo wartościowym paliwem są na przykład produkowane z rozdrobnionych odpadów drzewnych brykiety i pelety. Jednak wymaga to zastosowania odpowiednich procesów uszlachetniających, takich jak suszenie, mielenie i prasowanie biomasy w brykiety lub pelety drzewne.

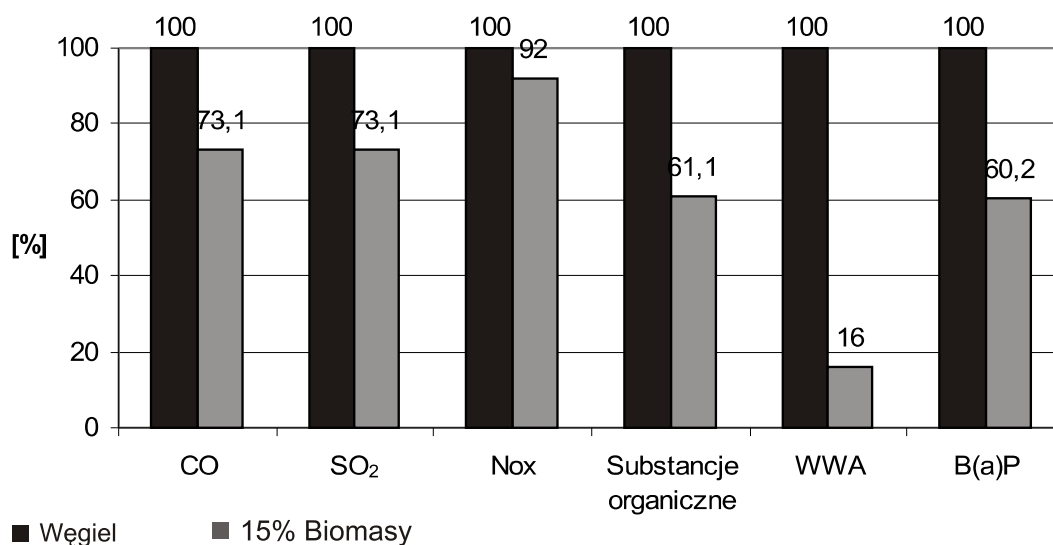
Emisja do atmosfery poszczególnych zanieczyszczeń podczas spalania biomasy jest znacznie niższa niż podczas spalania węgla, względną ekologiczną efektywność zastosowania słomy lub zrębków drzewnych zamiast spalania węgla w kotłowniach i elektrociepłowniach małej i średniej mocy przedstawiono na rys. 3 [6].



Rys. 3. Względna ekologiczna efektywność spalania węgla, zrębków drewna i słomy [6].

Stosowanie biomas ma wiele zalet. Biomasa stosowana jako paliwo jest nieszkodliwa dla środowiska, ponieważ w procesie spalania biomasy bilans emisji CO₂ jest zerowy, tyle się go emituje do atmosfery, ile rośliny pobierają w procesie fotosyntezy. W przypadku wieloletnich roślin energetycznych, ilość pochłanianego CO₂ może przewyższać ilość emitowanego CO₂. Ze względu na znikomą ilość siarki w biomacie, zastępowanie nią węgla wpływa również na obniżenie emisji tlenków siarki, rozwiązując tym samym problem odsiarczania spalin.

Innym sposobem ograniczenia emisji gazów cieplarnianych jest współspalanie rozdrobnionej biomasy w mieszaninie z węglem. Warunkiem jest zachowanie optymalnego udziału biomasy w mieszance paliwowej ze względu na możliwości techniczne kotłów. Gwarantuje to efektywny pod względem energetycznym i ekologicznym przebieg procesu spalania. Zwiększenie udziału biomasy niesie za sobą konieczność modyfikacji organizacji procesu spalania w kotle. Na rys. 4 przedstawiono względną ekologiczną efektywność współspalania węgla z biomasą (zrębki drzewne) [6].



Rys. 4. Względna ekologiczna efektywność współspalania węgla i biomasy w porównaniu do spalania samego węgla [6].

Ogrzewanie biomasą jest opłacalne, ponieważ ceny biomasy są niższe niż innych paliw, a wykorzystanie biomasy do pozyskiwania energii pozwala zagospodarować nieużytki i spożytkować odpady.

3. Rodzaje biomas

3.1. Biomasy uzyskiwane z drewna

Biomasy uzyskiwane z drewna to:

- odpady z produkcji przycinanych na wymiar półwyrobów, materiał nie spełniający norm półwyrobu. Wilgotność drewna kawałkowego wynosi 20÷30%;

- trociny (około 10% pochodzi z drewna przerabianego w tartakach, reszta jest produktem ubocznym w zakładach bardziej zaawansowanej obróbki drewna (zakłady meblarskie, stolarskie, itp.). Trociny mogą być wykorzystywane w kotłowniach i są cennym paliwem. Poziom wilgotności trocin jest różny od 6 do 65% i zależy od momentu pozyskania trocin z drewna (z drewna sezonowanego, suszonego lub niedawno ściętego drzewa) oraz od sposobu przechowywania trocin. Trociny są podatne na zawilgocenia i zaparzenie;
- wióry są produktem ubocznym przemysłu drzewnego, powstają podczas skrawania i frezowania drewna. Prawidłowo przechowywane wióry charakteryzują się niską wilgotnością (5-15%);
- zrębki drzewne to rozdrobnione drewno o nieregularnych kształtach i długości do 50 mm. Zrębki powstają z wierzchołków i innych pozostałości po wyrębach (podczas trzebień drzewostanów). Zrębkuje się odpady drzewne w dużych zakładach przetwarzających drewno oraz wierzby z szybkorosnących plantacji [12]. Wilgotność zrębków wynosi 20-60%. Zrębki są podatne na zawilgocenia i choroby grzybowe;
- brykiety drzewne należą do grupy uszlachetnionych biomas, są to kostki utworzone z suchego rozdrobnionego drewna (trocin, wiórów czy zrębków), sprasowanego pod wysokim ciśnieniem bez dodatku substancji klejących, charakteryzują się niską wilgotnością (6-8%) i małą objętością oraz dużą masą właściwą;
- pelety należą do grupy uszlachetnionych biomas, są to granulki produkowane z odpadów drzewnych (najczęściej z trocin i wiórów) charakteryzują się niską wilgotnością i małą objętością, związaną z dużą masą właściwą. Granulat wytłacza się w prasie rotacyjnej, bez dodatku substancji klejącej i pod dużym ciśnieniem. Wilgotność pelet wynosi 16,5-17,5%.

3.2. Biomasy pochodzące z upraw energetycznych

- rośliny uprawne roczne: zboża, konopie, kukurydza, rzepak, słonecznik, trzcina, itp.
- rośliny drzewiaste szybkiej rotacji: topola, osika, wierzba,
- szybkorosnące, rokrocznie plonujące trawy wieloletnie,
- wolnorosnące gatunki drzewiaste [3].

3.3. Produkty i odpady rolnicze

Do odpadów i produktów zaliczana jest przede wszystkim słoma wszystkich rodzajów zbóż (rzepaku i gryki, żyta, pszenicy, bobiku, słonecznika), siano oraz osadki kukurydzy. Do celów energetycznych najbardziej rozpowszechnione jest wykorzystywanie słomy. Stosowanie odpadów produkcji rolnej zapobiega marnotrawstwu żywności i rozwiązuje problem utylizacji odpadów oraz zapobiega spalaniu na polach. Wilgotność słomy wynosi 10-20%. Wilgotność ma znaczenie, jako czynnik decydujący o emisji zanieczyszczeń [5].

3.4. Odpady komunalne

Jako biomasy w kotłowniach spala się również odpady komunalne, powinny być one segregowane i suche. Do spalania wykorzystywane są również osady ściekowe. Osady ściekowe poddaje się procesom termicznym - suszeniu, tak więc nie powinny zawierać szkodliwych czynników biologicznych, jednak może dojść do zakażenia wtórnego w wyniku nieprawidłowego przechowywania. Do spalania w małych kotłowniach trafiają niemal wszystkie odpady. Mogą to być płyty wiórowe, folie, resztki jedzenia, papiery, opony, odpadki z miejskich koszy na śmieci w tym odchody zwierząt, co może stanowić poważne zagrożenie dla pracownika obsługującego kotłownię.

4. Zagrożenia dla zdrowia pracowników kotłowni

Sposób przygotowywania i przechowywania biomas ma szczególne znaczenie ze względu na zagrożenia biologiczne i fizyczne. Wilgotność zrębków i odpadów drzewnych jest ściśle związana z rodzajem biomasy, miejscem i sposobem jej wcześniejszego składowania oraz gatunkiem drewna. Średni procent wilgotności mieszanki drzewnej sięga 48%.

Podczas przechowywania wilgotnych biomas (przede wszystkim zrębków) w pryzmach, na skutek rozwoju mikroorganizmów i ich działalności metabolicznej następuje wzrost temperatury w przechowywanej masie. W okresie 10 - 15 dni temperatura podnosi się od 50 do 70°C i utrzymuje przez okres ok. 2 - 3 miesięcy, po czym powoli maleje, osiągając po 6-7 miesiącach poziom temperatury otoczenia. W szczególnych przypadkach wzrost temperatury w pryzmach może dojść do około 800°C, co grozi samozapłonem [11].

Przechowywanie biomas drzewnych niezabezpieczonych przed działaniem warunków atmosferycznych powoduje szybkie zawilgocenie. Podczas przechowywania wilgotnych zrębków wiórów i trocin w pryzmach dochodzi do intensywnego rozwoju i wzrostu liczebności mikroorganizmów. Najbardziej intensywny rozwój występuje w początkowej fazie przechowywania (do 2 miesięcy). Następnie dochodzi do niewielkiego spadku ilości mikroorganizmów i stabilizacji poziomu rozwoju. Drobnoustroje i grzyby mogą powodować zagrożenie dla zdrowia pracowników oraz możliwość występowania u nich objawów alergicznych. Większość z nich należy do 2 grupy ryzyka, jednakże są takie, które należą do 3 grupy ryzyka i mogą stanowić poważne zagrożenie. Do takich mikroorganizmów należą grzyby wytwarzające toksyny, wirusy – Bunyaviridae oraz pasożyty *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Toxocara sp.*, *Echinococcus multilocularis* (bąblowica), które mogą spowodować choroby nowotworowe lub śmierć. Na zakażenia i alergię narażone są osoby obsługujące kotłownie, wykonujące prace rozładunku, załadunku i przesypywania biomas, ze względu na podwyższone zawartości w powietrzu czynników biologicznych.

Pracownicy zatrudnieni przy spalaniu odpadów narażeni są nie tylko na kontakt z grzybami, ale również z drobnoustrojami przenoszonymi przez gryzonie (szczury

i myszy), a nawet z pasożytami (*Echinococcus multilocularis*) [9]. W tab. 1 przedstawiono zagrożenia czynnikami biologicznym, drogi przenoszenia oraz choroby, jakie mogą wskutek tego wystąpić.

Tab. 1. Charakterystyka zagrożeń biologicznych [2, 4, 8]

Czynnik biologiczny	Droga przenoszenia	Choroba
Wirusy – Bunyaviridae	Ugryzienie przez szczury, powietrzno-kropelkowa, oraz przez skaleczenia	Gorączka krwotoczna
Wirusy (Parvoviridae)	Powietrzno-kropelkowa	Gorączka z wysypką, anemia, poronienia
<i>Staphylococcus aureus</i> (gronkowiec złocisty)	Powietrzno-kropelkowa, powietrzno-pyłowa	Zakażenia ropne, stany zapalne dróg oddechowych, zatrucia, alergia skórna
<i>Bacillus anthracis</i> (laseczka wąglika)	Bezpośrednia, powietrzno-pyłowa, pokarmowa	Wąglik postać płucna, skórna, jelitowa
<i>Cryptococcus neoformans</i> var.	Odchody ptaków (zwłaszcza gołębi), pył, powietrzno-kropelkowa, powietrzno-pyłowa	Kryptokokoza, zapalenie płuc i opon, alergia
Grzyby (workowce) – <i>Neotestudina rosati</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), bezpośrednia, przez uszkodzoną skórę	Zakażenia skóry i tkanki podskórnej
<i>Aspergillus flavus</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), powietrzno-pyłowa	Grzybica płuc, aspergiloza płuc paznokci, choroby ucha wewnętrznego, choroby nowotworowe
<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), powietrzno-pyłowa	Choroba płuc, alergiczne zapalenie oskrzeli, aspergiloza płuc
<i>Cladosporium trichoides</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), bezpośrednia	Zakażenie skóry
<i>Fusarium sporotrichioides</i> , Zarodniki grzyba <i>Fusarium solani</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), powietrzno-pyłowa, pokarmowa	Zaburzenia oddychania, rakotwórcze, uszkadzające układ odpornościowy i krwiotwórczy, zatrucie organów wewnętrznych
<i>Penicillium auratnigriseum</i>	Pleśniejące drewno, (biomasy), powietrzno-pyłowa	Choroby płuc, alergiczne zapalenie oskrzeli uszkadzające układ odpornościowy i krwiotwórczy
<i>Penicillium funiculosum</i> , <i>fusarium</i> sp.	Pleśniejące drewno, (biomasy), powietrzno-kropelkowa, powietrzno-pyłowa	Zatrucia (wątroba, płuca, nerki) choroby nowotworowe, wytwarza miktotoksyny
Lotne związki organiczne wytwarzane w dużych ilościach przez grzyby pleśniowe	Powietrzno-pyłowa, pleśniejące drewno, (biomasy)	Zatrucia z objawami ogólnymi (nudności, złe samopoczucie)
<i>Echinococcus multilocularis</i> (bąblowica)	Kał kotów i innych zwierząt, pokarmowa, rzadko powietrzno-pyłowa	Bąblowica wątroby, rzadziej płuc, mózgu lub innych organów
<i>Toxocara canis</i> (glista psia)	Gleba, psy, ludzie, pokarmowa	Toksokaroza, zarażenie larwami migrującymi wątroby, śledziony, oka, mózgu, opon mózgowo-rdzeniowych, płuc i innych narządów

Ascaris lumbricoides (glista ludzka)	Ludzie, gleba, pokarmowa	Glistnica (inwazja przewodu pokarmowego), zapalenie płuc (spowodowane przez larwy wędrujące), reakcje alergiczne
Trichuris trichiura/ Włosogłówka/ gr. 2/ brak szczepień	Ludzie, pokarmowa	Włosogłowczyca jelita cienkiego, biegunki, anemia

Jak wynika z powyższej tabeli pracownicy obsługujący kotłownie, w których są spalane biomasy mogą być narażeni na kontakt ze szkodliwymi czynnikami biologicznymi. Mogą to być wirusy, bakterie, pasożyty lub grzyby w zależności od rodzaju biomasy i technologii produkcji biomas. Nie mniej ważny jest sposób przechowywania biomasy.

W celu ochrony pracowników przed zagrożeniami spowodowanymi przez szkodliwy czynnik biologiczny pracodawca jest obowiązany do stosowania wszelkich dostępnych środków eliminujących narażenie lub ograniczających stopień tego narażenia. Stosowanie środków zapobiegawczych nie zwalnia pracodawcy od obowiązku ograniczania liczby pracowników narażonych lub potencjalnie narażonych na działanie szkodliwego czynnika biologicznego, oraz projektowania procesu pracy w sposób pozwalający na uniknięcie lub zminimalizowanie uwalniania się szkodliwego czynnika biologicznego w miejscu pracy.

5. Podsumowanie

Wykorzystywanie biomas do produkcji energii elektrycznej i ciepłej ze względu na ochronę środowiska jest korzystne, ponieważ ogrzewanie biomasą jest opłacalne, a wykorzystanie biomasy do pozyskiwania energii pozwala zagospodarować nieużytki i spożytkować odpady.

Wykorzystywanie biomasy do spalania i współspalania z węglem w kotłach jest korzystne ze względów na obniżoną emisję tlenku węgla, dwutlenku siarki, tlenków azotu.

Biomasa stosowana jako paliwo jest nieszkodliwa dla środowiska, ponieważ ilość dwutlenku węgla emitowana do atmosfery podczas jego spalania równoważona jest ilością CO₂ pochłanianego przez rośliny.

Uprawa roślin energetycznych umożliwia zagospodarowanie zdegradowanych terenów rolniczych oraz oczyszczenie gleby z takich metali ciężkich.

Jednak uprawa roślin energetycznych może mieć niekorzystny wpływ na środowisko ze względu na powstawanie wielkoobszarowych monokultur, ograniczenie lub wręcz eliminację bioróżnorodności, możliwe wyjałowienie gleby przez wieloletnie uprawy tych samych roślin.

Wykorzystywanie biomasy do spalania i współspalania z węglem w kotłach może wpływać niekorzystnie na zdrowie pracowników transportujących ręcznie i ładujących do kotłów biomasy. Zależy to głównie od składu biomasy oraz od sposobu przechowywania.

W związku z zagrożeniami biologicznymi powstaje konieczność stosowania masek, rękawic oraz ubrania roboczego zabezpieczającego pracowników obsługi kotłowni i ciepłowni, jak też pracowników biorących udział w procesach rozładunkowych.

W ocenie ryzyka zawodowego pracowników kotłowni spalających biomasy należy również uwzględnić zagrożenie czynnikami biologicznymi.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 grudnia 2000 r. w sprawie obowiązku zakupu energii elektrycznej ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, a także ciepła ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz zakresu tego obowiązku (Dz. U. z 2000 r., nr 122, poz. 1336).
- [2] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. z 2005 r., nr 81, poz. 716).
- [3] J. W. Dubas, A. Grzybek, W. Kotowski, A. Tomczyk: *Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania*, WSEA, Bytom 2004
- [4] J. Dutkiewicz, R. Śpiewak, I. Jabłoński: *Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych*. Instytut Medycyny Wsi. Lublin 2000.
- [5] A. Grzybek, P. Gradziuk, K. Kowalczyk: *Słoma – energetyczne paliwo*, Warszawa 2001.
- [6] K. Kubica: *Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem techniki, korzyści i bariery*. Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla. Zabrze 2003.
- [7] J. Kuś: *Produkcja biomasy na cele energetyczne (możliwości i ograniczenia)*, „Biuletyn Informatyczny” Lubelskiego Oddziału PAN, 2002, nr 7.
- [8] D. Kwiatkowska: *Materiały szkoleniowe*. Projekt Phare PL/IB/2002/So/02 Szkolenie, Wrocław 2005.
- [9] A. A. Salyers, D. D. Whitt: *Mikrobiologia*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- [10] S. Szczukowski, J. Tworkowski, M. J. Stolarski: *Wierzba energetyczna*, Wydawnictwo Plantpress, Kraków 2004.
- [11] S. Suski: *Właściwości drewna w hałdzie paliwa znajdującej się na wolnym powietrzu*, „Energetyka”, 2008, nr 7.
- [12] Szczukowski S.: *Energia cieplna z biomasy wierzb krzewiastych*, „Wiadomości Rolnicze Polska”, 2004.
- [13] *Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego*, publikacja EC BREC/IMBER, Warszawa 2003
- [14] www.stat.gov.pl 16.07.2008