

SPIS TREŚCI

Przedmowa.....	5
Spis ważniejszych oznaczeń	7
1. Wstęp	9
2. Występowanie węgla w przyrodzie.....	13
2.1. Krążenie pierwiastka węgla w przyrodzie	13
2.2. Proces uwęglenia	14
2.3. Systematyka paliw	15
3. Odnawialne źródła energii	17
3.1. Potencjał techniczny odnawialnych źródeł energii i kluczowe technologie.....	17
3.2. Charakterystyka odnawialnych źródeł energii	20
3.2.1. Energia geotermalna.....	21
3.2.2. Energia słoneczna.....	22
3.2.3. Biomasa.....	24
3.2.4. Energia wody	27
3.2.5. Energia wiatru	27
3.3. Podsumowanie.....	28
4. Polska polityka energetyczna	31
4.1. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej w Unii Europejskiej	31
4.2. Założenia polskiej polityki energetycznej.....	34
4.3. Prawo energetyczne i inne akty	36
4.4. Plany i zagrożenia związane z rozwojem odnawialnych źródeł energii w Polsce	37
5. Biopaliwa stałe jako źródło energii	41
5.1. Rodzaje i właściwości biomasy	41
5.2. Sposoby i korzyści użytkowania biomasy	43
5.3. Stan i rozwój energetycznego użytkowania biomasy.....	44
5.4. Drewno jako źródło energii	46
5.4.1. Wielkość użytkowania drewna i źródła jego uzyskania	47
5.4.2. Lasy i zalesienia	48
5.4.3. Charakterystyka technologiczna drewna	49
5.4.4. Właściwości fizykochemiczne drewna.....	53
5.5. Stałe odpady rolnicze – słoma	61
5.5.1. Zasoby i potencjał energetyczny	61
5.5.2. Charakterystyka technologiczna.....	62
5.5.3. Właściwości fizykochemiczne	62
5.6. Uprawy energetyczne	63
5.6.1. Stan obecny	64
5.6.2. Rodzaje upraw.....	65
5.6.3. Charakterystyka paliwa	69
5.7. Brykiety i granulaty (pelety).....	70
5.7.1. Wytwarzanie i właściwości	70
5.7.2. Użytkowanie energetyczne.....	73
5.8. Podsumowanie.....	73

6. Otrzymywanie, produkcja i ocena jakości biopaliw stałych.....	77
6.1. Otrzymywanie biopaliw stałych	77
6.1.1. Odpady leśne i inne odpady drzewne	77
6.1.2. Roślinne odpady rolnicze	78
6.1.3. Uprawy energetyczne	78
6.2. Obróbka i wytwarzanie paliw	79
6.2.1. Ścinka, zrywka i zrębkowanie	79
6.2.2. Balotowanie słomy	82
6.2.3. Suszenie	82
6.3. Składowanie, ładowanie i podawanie biopaliw stałych	83
6.3.1. Składowanie	83
6.3.2. Systemy ładowania i podawania	85
6.4. Jakość paliwa	88
6.4.1. Jakość biopaliw stałych – wpływ zabiegów agrotechnicznych i leśnych	88
6.4.2. Standaryzacja metod oceny jakości biopaliw stałych	90
7. Teoria i praktyka spalania biopaliw stałych	95
7.1. Proces spalania biopaliw stałych	95
7.1.1. Stechiometria procesu spalania	95
7.1.2. Opis modelu spalania paliw stałych	96
7.1.3. Temperatura spalania	100
7.2. Wpływ rodzaju i jakości biopaliw stałych na ich spalanie	100
7.2.1. Wpływ składu paliwa i kaloryczności na proces spalania	102
7.2.2. Wpływ składu elementarnego	104
7.2.3. Wpływ składu substancji mineralnej	105
7.2.4. Wpływ właściwości fizycznych	108
7.3. Wpływ warunków na spalanie w palenisku i sprawność siłowni	108
7.3.1. Wpływ warunków na spalanie	108
7.3.2. Możliwości zwiększenia sprawności systemu ze spalaniem biopaliw stałych	112
7.4. Problemy związane ze spalaniem biopaliw stałych	114
7.4.1. Zużłowanie, popielenie i aglomeracja	114
7.4.2. Korozja wysokotemperaturowa	116
7.4.3. Emisja zanieczyszczeń	119
7.4.4. Zapłon, samozapłon i wybuchy	121
7.5. Systemy spalania	126
7.5.1. Spalanie w warstwie stacjonarnej	127
7.5.2. Spalanie pyłu	131
7.5.3. Spalanie w warstwie fluidalnej	136
8. Procesy konwersji biopaliw stałych	141
8.1. Wstęp	141
8.2. Procesy konwersji chemicznej	142
8.3. Procesy konwersji biochemicznej	143
8.4. Procesy termochemicznej konwersji biomasy	143
8.4.1. Piroliza biomasy	144
8.4.2. Zgazowanie biomasy	149
8.5. Metody zgazowania	151
8.5.1. Gazogenerator ze złożem stacjonarnym	153
8.5.2. Gazogenerator ze złożem fluidalnym	154
8.5.3. Pośrednie zgazowanie	157
8.6. Integrowanie technologii zgazowania	157
8.6.1. Kocioł parowy	158

8.6.2. Silnik spalinowy	159
8.6.3. Turbina gazowa	160
8.6.4. Kierunki rozwoju użytkowania gazu syntezowego	161
8.7. Obróbka gazu surowego	162
8.7.1. Sucha metoda oczyszczania gazu surowego.....	163
8.7.2. Konwersja gazów	164
8.7.3. Skrubler lub saturator	165
8.7.4. Odpylanie i kondensator związków alkalicznych.....	166
9. Urządzenia grzewcze małej mocy	169
9.1. Wstęp.....	169
9.2. Domowe urządzenia grzewcze na drewno	169
9.2.1. Kominki – wkłady kominkowe	169
9.2.2. Piece na drewno	171
9.2.3. Kotły na drewno.....	173
9.2.4. Uwagi ogólne związane z eksploatacją urządzeń grzewczych na drewno.....	183
9.3. Urządzenia grzewcze na słomę	189
9.3.1. Wstęp	189
9.3.2. Urządzenia kotłowe.....	190
9.3.3. Kierunki rozwoju kotłów na słomę	194
9.4. Przepisy i normy dotyczące kotłów małej mocy na biopaliwa stałe	195
10. Kotły ciepłownicze i przemysłowe na biopaliwa stałe	197
10.1. Wstęp.....	197
10.2. Technika kotłowa i ciepłownictwo	197
10.2.1. Para wodna i jej natura	197
10.2.2. Siłownia parowa.....	199
10.2.3. Ciepłownictwo	201
10.3. Paleniska ze złożem stałym	202
10.3.1. Palenisko przednie (przedpalenisko)	203
10.3.2. Kotły rusztowe	203
10.4. Paleniska ze złożem fluidalnym.....	210
10.5. Paleniska pyłowe	211
10.6. Inne rozwiązania.....	212
10.7. Metody podwyższania sprawności siłowni.....	214
10.8. Ogólne zasady związane z projektowaniem siłowni na biomasę	216
10.8.1. Elementy składowe siłowni.....	217
10.8.2. Wymiarowanie siłowni/wymiary kotła.....	223
10.8.3. Koszt wyprodukowanej energii	223
10.9. Porównanie różnych technologii ciepłowniczych i przemysłowych na biopaliwa stałe	225
11. Wytwarzanie energii elektrycznej i gospodarka skojarzona.....	229
11.1. Wstęp.....	229
11.2. Definicja skojarzonej produkcji energii cieplnej i elektrycznej	231
11.3. Systemy małej mocy	236
11.3.1. Turbiny parowe	238
11.3.2. Silniki parowe	241
11.3.3. Turbiny gazowe.....	247
11.3.4. Organiczny obieg Rankina (ORC)	250
11.3.5. Silnik Stirlinga	253
11.3.6. Ogniwa paliwowe.....	256
11.4. Systemy dużej mocy	260
11.4.1. Siłownie z turbiną parową.....	261

11.4.2. Siłownie gazowe z turbiną gazową lub silnikiem spalinowym	264
11.4.3. Zaawansowane układy energetyczne z turbiną gazową.....	268
11.5. Przykłady rozwiązań technicznych układów skojarzonych na biomasę	272
11.5.1. Systemy o mocy poniżej 100 kW _e	272
11.5.2. Systemy o mocy od 100 kW _e do 1000 kW _e	275
11.5.3. Siłownie o mocy od 1 MW _e do 10 MW _e	275
11.5.4. Siłownie o dużej mocy powyżej 10 MW _e	279
11.6. Ocena kosztów.....	283
11.7. Sytuacja w Polsce	287
11.8. Kierunki rozwoju	288
12. Współspalanie węgla z biomasą.....	295
12.1. Wstęp.....	295
12.2. Podstawy technologiczne współspalania	297
12.2.1. Porównanie właściwości węgla i biopaliw stałych.....	297
12.2.2. Rozwiązania techniczne technologii współspalania	300
12.2.2.1. Bezpośrednie współspalanie	301
12.2.2.2. Pośrednie współspalanie.....	307
12.2.2.3. Równoległe współspalanie.....	310
12.2.3. Przykłady doświadczeń ze współspalaniem	312
12.2.3.1. Doświadczenia ze współspalaniem w USA	312
12.2.3.2. Doświadczenia ze współspalaniem w Europie.....	314
12.3. Przygotowanie paliwa.....	324
12.4. Bariery techniczne i zalecenia związane z pracą kotła.....	329
12.4.1. Spalanie i sprawność procesu	330
12.4.2. Natura popiołów powstających w czasie współspalania – żużlowanie, popielenie i aglomeracja.....	333
12.4.3. Korozja elementów kotła.....	338
12.4.4. Sprawność odpylaczy.....	339
12.4.5. Powstawanie zanieczyszczeń w czasie współspalania.....	340
12.4.6. Wykorzystanie i składowanie stałych odpadów z elektrowni.....	342
12.5. Inne problemy pozatechniczne związane z wdrażaniem technologii współspalania węgla z biomasą w siłowniach.....	344
12.6. Wskazówki i zalecenia związane z wdrażaniem technologii współspalania.....	356
12.7. Podsumowanie – zalety i wady technologii współspalania.....	358
12.8. Wnioski.....	360
13. Środowiskowe aspekty związane z użytkowaniem biopaliw stałych	367
13.1. Wstęp.....	367
13.2. Charakterystyka zanieczyszczeń powstających w czasie spalania biomasy i regulacje prawne.....	368
13.2.1. Zanieczyszczenia.....	368
13.2.2. Regulacje prawne	373
13.3. Technologie ograniczania emisji zanieczyszczeń	378
13.3.1. Urządzenia odpylające	378
13.3.2. Odsiarczanie spalin	385
13.3.3. Zmniejszenie emisji NO _x	388
13.3.4. Odazotowanie spalin	391
13.3.5. Redukcja PCDD/PCDF	393
13.4. Odpady popiołowe i woda ściekowa	394
13.4.1. Gospodarowanie odpadami	394
13.4.2. Stałe odpady	395

13.4.3. Woda ściekowa	398
14. Dodatki.....	401
14.1. Obliczenia procesów spalania biopaliw stałych.....	401
14.2. Oznaczenia.....	405