

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i jednostek 13

Przedmowa 17

Wstęp 19

1

Charakterystyka obecnego stanu środowiska 21

- 1.1. Wprowadzenie 21
 - 1.2. Energetyka konwencjonalna 23
 - 1.2.1. Paliwa naturalne, zasoby i prognozy zużycia 24
 - 1.3. Skażenie powietrza spalinami 28
 - 1.3.1. Składniki spalin i ich oddziaływanie na środowisko 28
 - 1.3.2. Skutki skażenia środowiska 32
 - 1.3.3. Wielkość emisji zanieczyszczeń 37
 - 1.3.4. Koszty środowiskowe 40
 - 1.4. Nowe trendy w energetyce konwencjonalnej 41
 - 1.4.1. Rodzaje siłowni 41
 - 1.4.2. Kierunki rozwoju energetyki konwencjonalnej 44
 - 1.4.3. Oczyszczanie spalin 52
 - 1.5. Energetyka jądrowa 54
 - 1.5.1. Wprowadzenie 54
 - 1.5.2. Promieniotwórczość 57
 - 1.5.3. Reakcje jądrowe 60
 - 1.5.4. Reaktory jądrowe 63
 - 1.5.5. Paliwo w reaktorach jądrowych 65
 - 1.5.6. Elektrownie jądrowe 65
 - 1.5.7. Kierunki rozwoju energetyki jądrowej 66
 - 1.6. Zalety i wady energetyki konwencjonalnej 68
 - 1.7. Charakterystyka działań zmierzających do zahamowania dalszej degradacji środowiska 68
- Bibliografia 69

2

Odnawialne źródła energii 72

- 2.1. Wprowadzenie 72
- 2.2. Rys historyczny 73

2.3.	Podział źródeł energii	74
2.4.	Charakterystyka pierwotnych odnawialnych źródeł energii	75
2.4.1.	Energia słoneczna i jej zasoby	75
2.4.2.	Energia geotermalna i jej zasoby	80
2.4.3.	Energia oddziaływań grawitacyjnych i jej zasoby	80
2.5.	Techniczne możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii	81
2.6.	Plan działań Unii Europejskiej w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych	82
2.7.	Prognozy rozwoju energii ze źródeł odnawialnych w Polsce	84
2.8.	Polskie regulacje prawne w zakresie OZE	86
2.9.	Podsumowanie	88
Bibliografia		88

3

Energia wody 91

3.1.	Wprowadzenie	91
3.1.1.	Światowe zasoby wody	91
3.2.	Hydroenergetyka	93
3.2.1.	Historia wykorzystania energii mechanicznej wody	93
3.2.2.	Potencjał hydroenergetyczny świata	93
3.2.3.	Zasoby wodne Polski i ich hydroenergetyczny potencjał	96
3.2.4.	Sposoby wykorzystania potencjału energetycznego wody	97
3.3.	Podstawy teoretyczne	97
3.4.	Duże elektrownie wodne	100
3.4.1.	Typy dużych elektrowni wodnych	100
3.4.2.	Elektrownie szczytowo-pompowe w Polsce	102
3.4.3.	Zalety i wady dużej energetyki wodnej	103
3.5.	Mała energetyka wodna (MEW)	104
3.5.1.	Podział małej energetyki wodnej	104
3.5.2.	Turbiny w MEW	105
3.5.3.	Mała energetyka wodna w Polsce	107
3.5.4.	Oplacalność budowy małych elektrowni wodnych	110
3.5.5.	Regulacje prawne dotyczące MEW	112
3.5.6.	Zalety MEW	112
3.6.	Energia pływów	112
3.7.	Energia fal	115
3.8.	Energia prądów morskich	119
3.9.	Energia dyfuzji	120
3.9.1.	Metoda PRO	121
3.9.2.	Metoda RED	121
Bibliografia		123

4

Energia wiatru i jej wykorzystanie 126

4.1.	Rys historyczny	126
4.2.	Charakterystyka energii wiatru	127
4.3.	Zależności opisujące energię wiatru	129
4.4.	Przegląd konstrukcji turbin wiatrowych	133
4.5.	Światowy rozwój energetyki wiatrowej	134
4.6.	Doświadczenia polskie	137
4.7.	Efekt ekologiczny, prognozy i perspektywy aeroenergetyki w Polsce do 2030 roku	140
4.8.	Koncepcje przyszłościowe energetyki wiatrowej	141

- 4.9. Morskie farmy wiatrowe (MFW) 142
- 4.9.1. Historia MFW 142
- 4.9.2. Europejskie MFW 143
- 4.9.3. Perspektywy MFW w Polsce 145
- 4.10. Małe turbiny wiatrowe (MTW) 146
- 4.10.1. Charakterystyka MTW 146
- 4.10.2. Przegląd rozwiązań MTW 148
- 4.10.3. Polskie rozwiązania MTW 152
- 4.10.4. Przybliżona metoda obliczania wydajności MTW 153
- 4.10.5. Wiatrowo-słoneczny system hybrydowy 154
- 4.10.6. Inne koncepcje zagospodarowania energii z MTW 155
- 4.11. Wady i zalety siłowni wiatrowych 157
- Bibliografia 157

5

Energia promieniowania słonecznego 161

- 5.1. Wprowadzenie 161
- 5.2. Istota promieniowania słonecznego 163
- 5.3. Budowa atomu i struktura materii 165
- 5.4. Podstawy teoretyczne promieniowania słonecznego 167
- 5.5. Wymiana ciepła przez promieniowanie 173
- 5.6. Charakterystyka promieniowania słonecznego 175
- 5.7. Perspektywy wykorzystania energii promieniowania słonecznego do ogrzewania 180
- 5.8. Podział metod konwersji i wykorzystania energii promieniowania słonecznego 181
- 5.9. Historia rozwoju energetyki słonecznej 183
- 5.10. Zalety i wady energii promieniowania słonecznego 184
- Bibliografia 184

6

Pasywne systemy wykorzystania energii słonecznej z elementami teorii wymiany ciepła 186

- 6.1. Definicja systemów pasywnych 186
- 6.2. Podstawy teoretyczne wymiany ciepła 186
- 6.3. Przewodzenie ciepła 188
- 6.4. Konwekcja 190
- 6.5. Promieniowanie i konwekcja swobodna 192
- 6.6. Przenikanie ciepła 193
- 6.7. Pasywne ogrzewanie budynków 196
- 6.7.1. Rodzaje pasywnych rozwiązań w budownictwie 196
- 6.7.2. Energooszczędne okna 198
- 6.7.3. Transparentne materiały izolacyjne 199
- 6.8. Pasywne chłodzenie 201
- 6.9. Pasywne systemy magazynowania ciepła w budynkach 202
- Bibliografia 204

7

Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej – kolektory słoneczne 207

- 7.1. Przegląd aktywnych metod wykorzystania energii słonecznej 207
- 7.2. Podstawy teoretyczne kolektorów słonecznych 207

- 7.3. Zasoby energii słonecznej w Polsce 212
- 7.4. Wartość użytkowa promieniowania słonecznego 214
- 7.5. Budowa kolektorów słonecznych 214
- 7.6. Obliczanie słonecznego systemu podgrzewania wody użytkowej 217
- 7.6.1. Przykład uproszczonych obliczeń i doboru kolektora 217
- 7.6.2. Aspekt ekonomiczny instalacji kolektorów słonecznych 219
- 7.6.3. Aspekt ekologiczny stosowania kolektorów słonecznych 220
- 7.6.4. Charakterystyka dostępnych na rynku kolektorów słonecznych 222
- 7.7. Nowe typy kolektorów słonecznych 224
- 7.8. Badanie kolektorów słonecznych 226
- 7.8.1. Normy badawcze kolektorów słonecznych 227
- Bibliografia 228

8

Aktywne systemy konwersji energii słonecznej – stawy i kominy słoneczne 230

- 8.1. Wprowadzenie 230
- 8.2. Stawy słoneczne 230
- 8.2.1. Budowa i zasada działania 231
- 8.2.2. Przegląd pracujących instalacji 232
- 8.2.3. Podsumowanie – wady i zalety stawów słonecznych 233
- 8.3. Kominy słoneczne 234
- 8.3.1. Wprowadzenie 234
- 8.3.2. Zasada działania komina słonecznego 235
- 8.3.3. Potencjał energetyki opartej na kominach słonecznych 236
- 8.3.4. Stan zaawansowania budowy kominów słonecznych 237
- Bibliografia 237

9

Podstawy termodynamiki i metody przetwarzania energii słonecznej na pracę 240

- 9.1. Wprowadzenie 240
- 9.2. Podstawy teoretyczne termodynamiki 240
- 9.2.1. Pojęcia podstawowe 241
- 9.2.2. Zasady termodynamiki 244
- 9.2.3. *Perpetuum mobile* i sprawność obiegu 247
- 9.2.4. Rzeczywiste silniki termodynamiczne 251
- 9.2.5. Silnik Stirlinga 252
- 9.2.6. Silnik Ericssona 255
- 9.3. Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany 256
- 9.4. Wysokotemperaturowy system scentralizowany 259
- Bibliografia 262

10

Niskotemperaturowa energia termiczna mórz i oceanów 264

- 10.1. Wprowadzenie 264
- 10.2. Rys historyczny 265

- 10.3. Konwersja energii termicznej oceanu w energię mechaniczną 266
- 10.4. Zalety i wady systemu OTEC 269
- 10.5. Obecny stan zaawansowania systemu OTEC 269
- 10.6. Konwersja energii termicznej oceanu w energię elektryczną 270
- Bibliografia 270

11

Energia geotermalna 272

- 11.1. Wprowadzenie 272
- 11.2. Rys historyczny i współczesne metody wykorzystania energii geotermalnej 273
- 11.3. Natura źródeł geotermalnych 275
- 11.4. Sposoby wykorzystania źródeł geotermalnych 277
- 11.5. Zasoby geotermalne w Polsce i ich wykorzystanie 279
 - 11.5.1. Historia polskiej geotermii 280
 - 11.5.2. Zasoby wód geotermalnych 280
 - 11.5.3. Geotermalne zasoby energetyczne 283
 - 11.5.4. Obecny stan polskiej energetyki geotermalnej 287
 - 11.5.5. Głęboka geotermia – szansą dla Polski 292
 - 11.5.6. Płytką geotermia 296
- 11.6. Wnioski końcowe 296
 - 11.6.1. Porównanie energetyki geotermalnej z konwencjonalną 296
 - 11.6.2. Wpływ energetyki geotermalnej na środowisko 296
 - 11.6.3. Zagadnienia techniczno-ekonomiczne energetyki geotermalnej 297
- Bibliografia 298

12

Systemy wspomagające wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych 302

- 12.1. Wprowadzenie 302
- 12.2. Różne formy magazynowania energii 304
- 12.3. Magazynowanie energii cieplnej 304
- 12.4. Magazynowanie energii chemicznej 308
- 12.5. Przetwarzanie niskotemperaturowej energii cieplnej 309
- 12.6. Przetwarzanie i magazynowanie wysokotemperaturowej energii cieplnej 309
- Bibliografia 310

13

Pompy ciepła 312

- 13.1. Wprowadzenie 312
- 13.2. Rys historyczny 312
- 13.3. Zasada działania pompy ciepła 313
- 13.4. Przegląd typów pomp ciepła 314
- 13.5. Sprężarkowe pompy ciepła 315
- 13.6. Czynniki robocze sprężarkowych pomp ciepła a dziura ozonowa 316
- 13.7. Absorpcyjne pompy ciepła 319
- 13.8. Pompy ciepła pozostałych typów 321
- 13.9. Dolne źródła pomp ciepła 324
- 13.10. Pompy ciepła w Polsce 325

- 13.10.1. Polskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła 325
- 13.10.2. Charakterystyka domowych pomp ciepła stosowanych w Polsce 326
- 13.10.3. Efekty ekonomiczne stosowania pomp ciepła 329
- 13.10.4. Pompy ciepła pracujące w kogeneracji z innymi OZE 329
- 13.10.5. Przykłady zastosowania pomp ciepła w Polsce 330
- 13.11. Podsumowanie 331
- Bibliografia 332

14

Ogniwa i moduły fotowoltaiczne 334

- 14.1. Historia ogniw fotowoltaicznych 334
- 14.2. Technologie fotowoltaiczne 337
- 14.2.1. Technologie fotowoltaiczne pierwszej generacji – ogniwa krzemowe z krystalicznego krzemu 337
- 14.2.2. Technologie fotowoltaiczne drugiej generacji – ogniwa cienkowarstwowe 338
- 14.2.3.. Technologie fotowoltaiczne trzeciej generacji 340
- 14.3. Efekt fotowoltaiczny 342
- 14.3.1. Typy półprzewodników 342
- 14.3.2. Generowanie swobodnych nośników ładunku w obszarze złącza $p-n$ 344
- 14.4. Budowa ogniw słonecznych krzemowych 346
- 14.4.1. Ogniwo fotowoltaiczne 346
- 14.4.2. Moduł fotowoltaiczny 347
- 14.5. Charakterystyka prądowo-napięciowa i parametry elektryczne ogniw i modułów PV 348
- 14.6. Łączenie szeregowo i równoległe ogniw i modułów PV 351
- 14.7. Instalacje fotowoltaiczne 353
- 14.8. Koncentratory promieniowania 354
- 14.9. Współpraca modułów fotowoltaicznych z innymi urządzeniami do konwersji energii 356
- 14.9.1. Systemy fotowoltaiczne hybrydowe – połączenie kilku źródeł energii elektrycznej 356
- 14.9.2. Układ moduł fotowoltaiczny–kolektor słoneczny 357
- 14.10. Recykling modułów fotowoltaicznych 359
- 14.11. Perspektywy i strategia rozwoju ogniw fotowoltaicznych 361
- 14.11.1. Światowa sytuacja na rynku systemów fotowoltaicznych 361
- 14.11.2. Kierunki rozwoju systemów fotowoltaicznych 363
- 14.11.3. Polskie doświadczenia energetyki fotowoltaicznej 364
- 14.11.4. Perspektywy rozwoju fotowoltaiki w Polsce 366
- 14.12. Znaczenie ogniw fotowoltaicznych w kosmonautyce 366
- 14.13. Zalety systemów fotowoltaicznych 368
- Bibliografia 369

15

Biomasa 372

- 15.1. Wprowadzenie 372
- 15.2. Cechy charakterystyczne biomasy 373
- 15.3. Biomasa jako odnawialne źródło energii 374
- 15.3.1. Energetyczny potencjał biomasy 374
- 15.3.2. Charakterystyka biomasy jako nośnika energii 376
- 15.4. Metody energetycznego wykorzystania biomasy 378

- 15.4.1. Spalanie biomasy 379
 - 15.4.2. Termiczne przetwarzanie biomasy na potrzeby energetyczne 379
 - 15.4.3. Inne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy 381
 - 15.4.4. Plantacje energetyczne 381
 - 15.4.5. Wady i zalety energetycznego wykorzystania biomasy 382
 - 15.5. Drewno jako proekologiczne odnawialne źródło energii 383
 - 15.5.1. Pelety 384
 - 15.5.2. Plantacje drewna energetycznego 385
 - 15.5.3. Bilans drewna w Polsce 385
 - 15.5.4. Wykorzystanie drewna do produkcji ciepła w Polsce 386
 - 15.5.5. Przykłady kotłowni opalanych drewnem 386
 - 15.5.6. Budowa i zasada działania kotłowni opalanej drewnem 387
 - 15.6. Słoma jako proekologiczny surowiec energetyczny 389
 - 15.6.1. Charakterystyka słomy jako nośnika energii 389
 - 15.6.2. Sposoby spalania słomy 390
 - 15.6.3. Polskie ciepłownie opalane słomą 390
 - 15.7. Biopaliwa 393
 - 15.7.1. Historia, stan obecny i prognozy produkcji biopaliw na świecie 393
 - 15.7.2. Surowce do produkcji biopaliw 394
 - 15.7.3. Biopaliwa w Polsce 395
 - 15.8. Podsumowanie 397
- Bibliografia 398

16

Biogaz 401

- 16.1. Biogaz jako odnawialne źródło energii 401
 - 16.2. Mechanizm powstawania biogazu 402
 - 16.3. Źródła oraz technologie pozyskiwania i zagospodarowania biogazu 403
 - 16.4. Zagospodarowanie biogazu w oczyszczalni ścieków 404
 - 16.5. Wykorzystanie biogazu z wysypisk śmieci 406
 - 16.5.1. Charakterystyka gazu wysypiskowego 406
 - 16.5.2. Technologie energetycznego wykorzystania odpadów 408
 - 16.5.3. Eksploatacja gazu wysypiskowego w Polsce 409
 - 16.6. Pozyskiwanie biogazu w gospodarstwach rolnych 409
 - 16.6.1. Rolnicze źródła biogazu 410
 - 16.6.2. Technologie pozyskiwania biogazu w rolnictwie 411
 - 16.6.3. Pozyskiwanie biogazu na polskiej wsi 411
 - 16.6.4. Koncepcja wiejskiej spółdzielczej elektrociepłowni opalanej biogazem 412
 - 16.7. Konwersja biogazu 414
 - 16.7.1. Wprowadzenie 414
 - 16.7.2. Metody wzbogacania i oczyszczania biogazu 415
 - 16.7.3. Konwersja biogazu w energię cieplną 417
 - 16.7.4. Konwersja biogazu w energię elektryczną 417
 - 16.7.5. Koncepcje zagospodarowania ciepła odpadowego z konwersji biogazu 418
 - 16.7.6. Konwersja biogazu w energię mechaniczną 420
 - 16.8. Zalety i wady produkcji energii z biogazu 420
- Bibliografia 421

17**Ogniwa paliwowe 425**

- 17.1. Rys historyczny 425
 - 17.2. Zasada działania ogniwa paliwowego 426
 - 17.3. Klasyfikacja ogniw paliwowych 427
 - 17.4. Ogniwa z polimerową membraną (PEMFC) 427
 - 17.5. Ogniwa alkaliczne (AFC) 428
 - 17.6. Ogniwa fosforanowe (PAFC) 429
 - 17.7. Ogniwa węglanowe (MCFC) 431
 - 17.8. Ogniwa tlenkowe (SOFC) 433
 - 17.9. Ogniwa zasilane metanolem (DMFC) lub kwasem mrówkowym (DFAFC) 434
 - 17.10. Rozwiązania konstrukcyjne ogniw paliwowych 435
 - 17.11. Zastosowanie ogniw paliwowych 436
 - 17.12. Podsumowanie 439
- Bibliografia 440

18**Wodór 442**

- 18.1. Wprowadzenie 442
 - 18.2. Właściwości wodoru 442
 - 18.3. Przemysłowe metody otrzymywania wodoru 443
 - 18.4. Metody otrzymywania wodoru w przyszłości 447
 - 18.5. Magazynowanie wodoru 449
 - 18.6. Najnowsze zastosowania wodoru 450
 - 18.7. Wodór jako paliwo XXI wieku 452
 - 18.7.1. Analiza dotychczasowego wykorzystania wodoru 452
 - 18.7.2. Zalety i wady energetycznego wykorzystania wodoru 453
 - 18.7.3. Światowe kierunki rozwoju energetyki wodorowej 453
 - 18.7.4. Możliwości wykorzystania wodoru w Polsce 454
- Bibliografia 454

19**Oszczędzanie energii 456**

- 19.1. Ochrona środowiska przez oszczędzanie energii 456
 - 19.2. Modyfikacja tradycyjnych systemów energetycznych 457
 - 19.3. Energooszczędne technologie 458
 - 19.4. Śmieci jako potencjalne odnawialne źródło energii 459
 - 19.5. Kierunki oszczędzania energii 465
 - 19.6. Indywidualne kierunki oszczędzania energii 466
 - 19.6.1. Oszczędzanie energii cieplnej 466
 - 19.6.2. Oszczędzanie energii elektrycznej 474
 - 19.6.3. Oszczędzanie oświetlenia 475
 - 19.6.4. Oszczędzanie wody 476
 - 19.6.5. Oszczędzanie dóbr konsumpcyjnych 477
 - 19.7. Podsumowanie 478
- Bibliografia 478

Skorowidz 481