

Spis treści

Od Autora	17
1. Wykaz wybranych oznaczeń, wielkości i ich jednostek	19
2. Przedmowa	22
3. Wprowadzenie	25
4. Sposób wytwarzania, podział i rodzaj energii otrzymywanej z OZE	27
5. Stan obecny i perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii na świecie i w UE	28
6. Perspektywy inwestycyjne w OZE na świecie	30
7. Rodzaje i zakres wykorzystania OZE w Polsce	31
7.1. Biomasa	33
7.1.1. Drewno	33
7.1.2. Słoma	34
7.1.3. Gaz z czynnych składowisk odpadów	34
7.1.4. Gaz z fermentacji osadów i ścieków	35
7.1.5. Biogaz z biogazowni rolniczych	35
7.1.6. Biopaliwa	36
7.2. Energetyka wodna	36
7.3. Energetyka geotermalna	37
7.4. Energetyka wiatrowa	38
7.5. Energetyka słoneczna	38
8. Rodzaj, ilość i moc instalacji wytwarzających energię elektryczną z OZE z podziałem na województwa	39
9. Prognozy dotyczące wykorzystania OZE w Polsce	45
10. Cel strategiczny dla Polski w zakresie OZE	47
11. Finansowanie przedsięwzięć z zakresu odnawialnych źródeł energii	48
11.1. Analiza i ocena średnich kosztów produkcji energii z wybranych instalacji OZE wraz z analizą wrażliwości	48
12. Świadectwa pochodzenia	51
13. Warunki i tryb wydawania certyfikatów instalatorom mikroinstalacji i małych instalacji oraz akredytowania organizatorów szkoleń	54
14. Podsumowanie	60
15. Wnioski	61

Rozdział I ENERGIA SŁONECZNA

1. Sposoby produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem energii słonecznej	63
1.1. Metoda heliotermiczna	64
1.2. Metoda helioelektryczna	65
2. Rozwiązania przyszłościowe wykorzystania energii słonecznej	67
3. Światowy rozwój fotoogniw	67
4. Fotoogniwa	70
4.1. Wiadomości wstępne z optoelektroniki	70
4.2. Budowa i zasada działania ogniw krzemowych	72
4.3. Podział ogniw PV	73
4.4. Ogniwa z krzemu monolitycznego	73
4.4.1. Budowa fotoogniwa	73
4.4.2. Technologia wytwarzania fotoogniwa	75

4.4.3. Przykłady krzemowych modułów fotowoltaicznych	76
4.5. Ogniwa polikrystaliczne	79
4.5.1. Budowa fotoogniwa	79
4.5.2. Rozwiązania konstrukcyjne fotomodułów płaskich polikrystalicznych	80
4.6. Ogniwa polikrystaliczne cienkowarstwowe	81
4.6.1. Budowa fotoogniwa	81
4.6.2. Technologia wytwarzania ogniwa PV	82
4.7. Ogniwa z krzemu amorficznego	82
4.7.1. Budowa i technologia wytwarzania fotoogniwa	82
4.8. Ogniwa cienkowarstwowe jedno- i wielozłączowe z arsenku galu	84
4.8.1. Budowa i technologia wytwarzania	84
4.8.2. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego	85
4.9. Ogniwa fotowoltaiczne z materiałów organicznych	86
4.9.1. Budowa i technologia wytwarzania	86
4.9.2. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne ogniw PV, na podłożu polimerowym	86
4.9.3. Parametry polimerowych ogniw PV	88
4.9.4. Sposoby produkcji	89
4.10. Ogniwa fotowoltaiczne uczulane barwnikiem	89
4.10.1. Zasada działania	89
4.10.2. Budowa, parametry ogniwa	89
4.11. Hybrydowe panele słoneczne	90
4.11.1. Zasada działania	90
4.11.2. Budowa urządzenia	91
4.11.3. Przykładowe rozwiązania	93
4.11.4. Wybrane warunki gwarancyjne montażu i użytkowania kolektorów E-PVT 2,0 i ES2V/2,0AL z absorberem aluminiowym	94
5. Analiza pracy fotoogniwa	94
5.1. Podstawowe zależności	94
5.2. Wpływ temperatury na parametry fotoogniwa	97
5.3. Sposoby połączeń ogniw PV	98
5.4. Wpływ promieniowania słonecznego na parametry fotoogniwa	99
5.5. Utrata mocy fotoogniwa funkcji czasu pracy	100
5.6. Dioda bocznikująca fotoogniwo (by-pass)	100
6. Parametry osprzętu dodatkowego	103
6.1. Regulatory ładowania	103
6.1.1. Przykładowe rozwiązanie techniczne regulatora	103
6.1.2. Zadania realizowane przez regulator	104
6.2. Przetwornica napięcia (inwerter, falownik)	105
6.2.1. Inwerter w instalacji fotowoltaicznej	105
6.2.2. Falowniki jednofazowe	107
6.2.3. Falowniki trójfazowe	108
6.2.4. MPP tracker	112
6.3. Centrala komunikacyjna	112
6.3.1. Zasada działania	112
6.3.2. Charakterystyka urządzeń	112
6.4. Sposób łączenia przewodów po stronie DC	114
6.5. Mierniki instalacji fotowoltaicznych	114
6.6. Ochrona odgromowa instalacji fotowoltaicznych	115
6.6.1. Ochrona odgromowa – rodzaje ochrony	116
6.6.2. Ochrona odgromowa – ochrona zewnętrzna	116
6.6.3. System ochronny instalacji PV bez zewnętrznej ochrony odgromowej (zwodów pionowych) – ochrona wewnętrzna	117

7. Odbiór instalacji	119
8. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja	120
9. Recykling modułów fotowoltaicznych	120
10. Przykłady zastosowania fotoogniw	122
11. Wybrane przykłady instalacji fotowoltaicznych	122
12. Dobór i montaż baterii fotowoltaicznych	123
13. Przykładowy uzysk energetyczny fotoogniw	125
14. Wybrane układy połączeń fotoogniw	126
14.1. Sieć autonomiczna (wydzielona, off – grid)	126
14.2. Praca elektrowni PV na sieć „sztywną” (on – grid)	127
15. Montaż instalacji fotowoltaicznej	128
15.1. Systemy montażowe dla modułów skrzynkowych	128
15.1.1. Montaż na dachu spadzistym	128
15.1.2. Montaż ogniw PV na dachu płaskim lub płaszczyźnie poziomej	129
15.1.3. Sposoby montażu fotoogniw polimerowych elastycznych na dachu płaskim	130
15.2. Montaż fotoogniw „podążających za słońcem”	132
15.3. Wytyczne montażowe	132
15.3.1. Warunki techniczne, projekt	132
15.3.2. Etapy realizacji budowy systemu fotowoltaicznego na dachu spadzistym	133
15.3.3. Odbiór instalacji	135
15.3.4. Awarie systemów fotowoltaicznych i ich eliminacja	136
16. BHP przy montażu instalacji fotowoltaicznych	136
16.1. Informacje ogólne	136
16.2. Przepisy bezpieczeństwa	137
16.3. Ochrona przeciwporażeniowa	137
16.4. Ochrona przeciwpożarowa	137
16.5. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych.	137
16.6. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym ..	138
17. Struktura nakładów inwestycyjnych kosztów eksploatacyjnych dla elektrowni fotowoltaicznych	138
18. Wybrane wyniki badań modułów fotowoltaicznych	139
18.1. Wybrane wyniki pomiarów	140
18.2. Zacienienie modułów zimą	144
18.3. Zmiana kąta położenia względem azymutu równego zera (kierunek południe) ..	146
18.4. Zmiana mocy modułu wraz ze zmianą kąta położenia względem płaszczyzny poziomej, zimą	147
18.5. Wpływ temperatury na pracę modułów fotowoltaicznych	148
18.6. Zacienienie modułów w okresie letnim	149
18.7. Zmiana kąta położenia względem azymutu równego zera (kierunek południe), latem	151
18.8. Zmiana kąta położenia modułu fotowoltaicznego względem płaszczyzny poziomej, latem	151
18.9. Wybrane wyniki badań instalacji fotowoltaicznej „podążającej za słońcem” ..	152
18.10. Wybrane wyniki pomiarów uzyskanych w Krakowie	154
19. Procedury formalno-prawne związane z budową instalacji fotowoltaicznej	156
20. Przykładowy projekt budowlano-wykonawczy	157
21. Analiza wstępna rentowności przykładowej domowej instalacji fotowoltaicznej o mocy znamionowej 4 kW	164
22. Kolektory słoneczne	167

22.1. Dane statystyczne	167
22.2. Rodzaje i budowa kolektorów słonecznych	168
22.2.1. Podział kolektorów	168
22.3. Kolektory płaskie cieczowe	169
22.4. Budowa kolektorów płaskich, bilans energii	170
22.5. Przykładowe dane techniczne i charakterystyka identyfikacyjna kolektorów płaskich	172
22.5.1. Kolektory płaskie w wykonaniu standardowym	172
22.5.2. Kolektor płaski próżniowy	173
22.6. Budowa próżniowych rurowych kolektorów słonecznych	175
22.6.1. Kolektory próżniowe heat-pipe (gorąca rurka – ciepłowód).	175
22.6.2. Kolektory próżniowe heat-pipe z pojedynczą rurą próżniową	178
22.6.3. Kolektory próżniowe z U-rurą	179
22.6.4. Kolektory rurowo-próżniowe „direct flow”	180
22.7. Zwierciadło CPC	181
22.8. Ogólna charakterystyka kolektorów próżniowych.	182
22.9. Kolektory słoneczne skupiające	182
22.9.1. Refleksowo-próżniowy kolektor słoneczny „podążający za słońcem”	183
22.10. Kolektor cieczowy wykonany w formie maty z propylenu	184
22.11. Kolektor współpracujący z fotoogniwem.	185
22.12. Świadectwa poprawności wykonania kolektorów	185
23. Słoneczne instalacje grzewcze	185
23.1. Bezpośrednie i pośrednie	186
23.1.1. Układ do podgrzewania wody bez zasobnika	186
23.1.2. Układ do podgrzewania wody z zasobnikiem.	186
23.1.3. Pośrednie	186
23.1.4. Układ pompowy	187
24. Parametry techniczne instalacji solarnej do ogrzewania c.w.u., c.o., schematy	188
24.1. Instalacja solarna dla ciepłej wody użytkowej i wspomagania ogrzewania budynku	189
24.2. Przykładowe schematy systemów grzewczych wspomaganych kolektorami słonecznymi	190
25. Typowe elementy słonecznej instalacji grzewczej	198
25.1. Zbiorniki na wodę – charakterystyka ogólna	198
25.2. Zbiorniki instalacji solarnej	199
25.3. Przeciwdziałanie bakteriom Legionella Pneumophila w instalacji c.w.u.	200
25.4. Wymiennik ciepła.	200
25.5. Zasobnik z jedną węzownicą	201
25.6. Zasobniki z dwiema węzownicami	201
25.7. Zasobnik płaszczowy	202
25.8. Zasobniki kombinowane (multiwalentne) – typu zbiornik w zbiorniku	203
25.9. Zasobnik termosyfonowy Logalux SL 300/S dla przygotowania c.w.u.	203
26. Pompy stacje solarne	205
26.1. Stacja solarna dwudrogowa	205
26.2. Jednodrogowa stacja solarna	205
27. Pompa solarna.	206
28. Regulatory	206
29. Zasilacz bezprzerwowy, awaryjny, UPS.	208
30. Czujniki temperatury	208
31. Wymiennik płytowy	209
32. Grzałka elektryczna	210

33. Odpowietrznik instalacji solarnej	210
34. Złączka kompensacyjna	210
35. Rotametr	211
36. Manometr	211
37. Separator powietrza	212
38. Licznik ciepła (ciepłomierz)	212
39. Uchwyty dachowe kolektora i konstrukcje wolnostojące	213
40. Oblachowanie kolektorów	213
41. Naczynie wzbiorcze	214
42. Zawór bezpieczeństwa	217
43. Wykonanie instalacji rurowej	217
44. Izolacja cieplna instalacji solarnej	218
45. Wężę solarne	218
46. Układ hydrauliczny instalacji solarnej	219
47. Montaż i instalacja kolektorów	219
47.1. Możliwości usytuowania kolektorów	219
47.2. Odległość między rzędami kolektorów	220
48. Wpływ ustawienia kolektora na jego parametry energetyczne	221
49. Instalacje do ciepłej wody użytkowej w budynkach indywidualnych	223
49.1. Dobór urządzeń do instalacji solarnej	223
49.1.1. Warunki konieczne do określenia powierzchni kolektorów słonecznych	223
49.1.2. Wyznaczenie całkowitych oporów przepływu w typowej instalacji	223
49.1.3. Pojemność instalacji	224
49.1.4. Zużycie energii w gospodarstwie domowym	224
50. Instalacja do podgrzewania wody basenowej	225
51. Łączenie kolektorów w instalacje o dużej powierzchni czynnej	227
52. Zalecenia eksploatacyjne	230
53. Przykłady montażu kolektorów słonecznych	230
54. Dobór wielkości instalacji	231
55. Dobór wielkości kolektora i zasobnika	231
56. Lokalizacja zasobników wody użytkowej i zbiorników akumulacyjnych	232
57. Instalacje do przygotowania c.w.u., oraz wspomagania c.o. w budynkach indywidualnych	233
57.1. Efektywność pracy kolektorów słonecznych	235
58. Napełnienie i odpowietrzenie instalacji solarnej	240
59. Instalacje wielkogabarytowe	241
59.1. Największa instalacja solarna w Polsce	241
59.2. Instalacja wielkogabarytowa z magazynem ciepła	242
60. Płaskie kolektory powietrzne	246
60.1. Zasada działania	246
60.2. Budowa	246
60.3. Konstrukcje kolektorów	248
60.4. Zalety i wady stosowania kolektorów słonecznych powietrznych	248
60.5. Rozwiązania konstrukcyjne instalacji	250
60.6. Sposoby rozdziału powietrza	252
60.7. Przykłady instalacji	252
60.7.1. Małe budynki	252
60.7.2. Mieszkania, pomieszczenia biurowe, szkoły, obiekty handlowe, itp.	253
60.7.3. Systemy przemysłowe	254
60.7.4. Suszenie płodów rolnych	256
60.7.5. Przechowywanie płodów rolnych	256

60.7.6. Ogrzewanie pomieszczeń inwentarskich.	256
60.7.7. Podgrzewanie szklarni i tuneli foliowych.	256
60.7.8. Ciepło technologiczne.	257
60.8. Koszty i oszczędności wynikające ze stosowania dużych systemów solarnych do podgrzewania powietrza.	257
60.9. Podsumowanie.	258
61. Badania nad wykorzystaniem energii słonecznej w instalacjach solarnych w laboratorium OZE w ZSE nr 1.	259
61.1. Analiza wybranych wyników badań instalacji solarnych w laboratorium OZE w Zespole Szkół Elektrycznych nr 1 w Krakowie.	259
62. Symulacyjne programy komputerowe.	265
63. Bilans energetyczny wydajności instalacji solarnej na podstawie symulacji.	266
64. Informacje techniczne oraz zasady BHP obowiązujące przy montażu kolektorów płaskich.	272
64.1. BHP podczas montażu.	272
64.2. Kompletność dostawy.	273
64.3. Transport i składowanie.	273
64.4. Dokumentacja techniczna.	273
64.5. Narzędzia i sprzęt dodatkowy.	273
64.6. Informacje ogólne.	274
64.7. Odpowietrzanie solarnego obwodu pierwotnego.	274
64.8. Prowadzenie rur solarnego obwodu pierwotnego.	275
64.9. Podłączenie przewodów zbiorczych.	275
64.10. Montaż kolektora.	275
64.11. Połączenie kolektorów w baterię solarną.	278
64.12. Napęnianie solarnego obwodu pierwotnego płynem solarnym.	279
64.13. Odpowietrzenie instalacji.	279
64.14. Prace izolacyjne.	279
64.15. Przepisy bezpieczeństwa.	280
64.16. Ochrona przeciwporażeniowa.	280
64.17. Ochrona przeciwpożarowa.	280
64.18. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych.	280
64.19. Elektryczne okablowanie urządzenia.	281
64.20. Zabezpieczenie przed uderzeniem pioruna (piorunochron) i wyrównywanie potencjałów.	281
64.21. Uruchomienie.	281
64.22. Wylączenie/zatrzymanie.	282
64.23. Kontrola instalacji.	282
64.24. Eksploatacja instalacji solarnej do celów wspomagania ogrzewania budynku.	282
64.25. Przegląd instalacji.	282
64.26. Ważne informacje dla użytkownika instalacji.	283
64.27. Warunki gwarancji.	283
64.28. Najczęściej występujące usterki.	284
65. Instrukcja montażu kolektorów rurowych próżniowych na dachu spadzistym i na powierzchni płaskiej.	284
65.1. Instrukcja.	284
65.2. Ogólne przepisy bezpieczeństwa.	285
65.3. Wysokie temperatury.	285

65.4. Elementy metalowe	285
65.5. Szklane rurki próżniowe.	285
65.6. Wyłączenia odpowiedzialności	286
65.7. Umieszczenie kolektora – informacje ogólne.	286
65.7.1. Ukierunkowanie kolektora	286
65.7.2. Zapewnienie nasłonecznienia	287
65.7.3. Dostosowanie kąta nachylenia kolektora w celu zmniejszenia przegrzania.	287
65.7.4. Ustawienie głowicy kolektora	287
65.7.5. Lokalizacja w stosunku do zasobnika c.w.u.	287
65.8. Montaż kolektorów	287
65.8.1. Przepisy bezpieczeństwa	287
65.9. Montaż kolektorów na dachu spadzistym	288
65.10. Montaż kolektorów na powierzchni płaskiej	290
65.10.1. Informacje ogólne	290
65.10.2. Sposób montażu stojaków	290
65.10.3. Mocowanie kolektora na belkach poziomych	292
65.10.4. Kolejność postępowania	292
65.11. Hydraulika	293
65.11.1. Połączenia hydrauliczne	293
65.11.2. Dobór rur przyłączeniowych	294
65.11.3. Płyn solarny	294
65.11.4. Ciśnienia	294
65.11.5. Montaż czujnika temperatury	294
65.11.6. Odpowietrzanie instalacji	295
65.12. Ochrona odgromowa	295
66. Instalacje o większych powierzchniach	295
67. Treść przykładowej dokumentacji projektowej instalacji solarnej	296
68. Podsumowanie	298
69. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii słonecznej ...	300
70. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	300

Rozdział II

ENERGIA CIEPLNA ZIEMI I POWIETRZA

1. Wstęp	303
1.1. Zasoby geotermalne	304
1.2. Źródła energii geotermalnej	304
1.3. Gejzery jako źródła energii geotermalnej	305
1.4. Gorące suche skały – źródło energii geotermalnej	305
1.5. Parametry termodynamiczne wód geotermalnych	305
1.6. Sposoby wykorzystania energii geotermalnej	308
1.7. Dobrodziejstwa płynące z wykorzystania energii geotermalnej	309
1.8. Zagrożenia wynikające z wykorzystania energii geotermalnej	309
2. Przykłady wykorzystania energii geotermalnej	309
2.1. Bezpośrednie zastosowania energii geotermalnej	311
2.2. Bezpośrednie sposoby wykorzystania energii geotermalnej w Polsce	313
3. Elektrociepłownie geotermalne	314
3.1. Wykorzystanie energii geotermalnej w elektrociepłowniach	314
4. Wielkość i rozmieszczenie w Polsce zasobów wód geotermalnych	317

4.1. Prowincje i okręgi posiadające wody geotermalne	317
4.2. Charakterystyka złóż geotermalnych w Polsce	318
5. Przykładowe instalacje geotermalne w Polsce	320
5.1. Funkcjonujące ciepłownie geotermalne	320
5.2. Zakład w Mszczonowie	320
5.3. Ciepłownia w Pyrzycach	321
5.4. Geotermia na Podhalu	323
5.5. Pierwszy zakład geotermalny w Polsce	324
5.6. Schemat zagospodarowania wód geotermalnych w Bańskiej Niżnej	326
5.7. Kaskadowy system wykorzystania energii geotermalnej	327
5.8. Geotermia Uniejów	327
5.9. System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej do celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki	328
5.10. Ciepłownia geotermalna w Stargardzie Szczecińskim	330
5.11. Plan wykorzystania energii geotermalnej w Polsce do roku 2030	330
6. Wnioski	331
7. Energia cieplna płytkich złóż geotermalnych	335
7.1. Właściwości gruntu	335
7.2. Metody badania gruntu	339
8. Pompy ciepła	340
8.1. Informacje ogólne dotyczące pomp ciepła	341
8.2. Budowa oraz zasada działania pompy ciepła	341
8.3. Ogólne warunki instalacji	343
9. Dobór pompy ciepła (WP) dla c.o. (systemu grzewczego)	346
9.1. Określenie OZC – dokładne	346
9.2. Określenie OZC – w przybliżeniu	347
9.3. Przybliżony OZC wg wskaźników	347
9.4. Określenie systemu pracy układu grzewczego	348
9.5. System monowalentny	348
9.6. System biwalentny – alternatywny	349
9.7. System biwalentny – równoległy monoenergetyczny	349
9.8. System biwalentny – częściowo-równoległy	350
9.9. System grzewczy z pompą ciepła	350
10. Instalacje dolnego źródła ciepła WQA	351
10.1. Systemy powietrzne (powietrze/woda, powietrze/powietrze)	351
10.2. Systemy gruntowe poziome (solanka/woda)	354
10.3. Wymienniki gruntowe pionowe	361
10.4. Wody gruntowe	363
10.5. Wody geotermalne	364
10.6. Przykłady wykorzystania pomp ciepła w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym	364
10.6.1. Przemysł przetwórstwa mięsnego	365
10.6.2. Przemysł i przetwórstwo rolno-spożywcze	366
10.6.3. Ogrodnictwo i warzywnictwo	366
10.6.4. Zootechnika – odzysk ciepła	366
10.6.5. Rolnictwo	366
10.7. Charakterystyki pracy pomp ciepła	367
11. Górne źródło ciepła WNA	368
12. Wybrane przykłady urządzeń do instalacji pomp ciepła	369
12.1. Dolne źródło ciepła – grunt, instalacja solanka – woda	369

12.2. Gruntowe pompy ciepła, instalacja woda – woda	372
12.3. Pompa ciepła z bezpośrednim odparowaniem czynnika	373
12.4. Dolne źródło ciepła – powietrze zewnętrzne	377
12.5. Wybrane wyniki badań pompy ciepła powietrze-woda	379
12.6. Pompy ciepła na powietrze wentylacyjne	382
13. Aspekty ekonomiczne zastosowania pomp ciepła i porównanie ich z innymi instalacjami grzewczymi.	386
14. Analiza porównawcza kosztów uzyskania ciepłej wody użytkowej, centralnego ogrzewania przez pompę ciepła spirytus – woda, piec gazowy.	388
15. Sezonowy współczynnik efektywności SPF.	390
16. Wizualizacja pracy instalacji z pompą ciepła	391
17. Absorpcyjne pompy ciepła	392
17.1. Zasada działania	392
17.2. Współpraca pompy ciepła z instalacją solarną, chłodzenie przez grzanie. .	393
18. Wady i zalety pomp ciepła	394
19. Podsumowanie zagadnień związanych z pompami ciepła	395
20. Instalacje nawiewno-wywiewne z rekuperatorem w budynkach pasywnych. ...	396
20.1. Charakterystyka budynków pasywnych.	396
20.2. Instalacje nawiewno-wywiewne, informacje ogólne	401
20.3. Budowa oraz zasada działania instalacji nawiewno-wywiewnej.	401
20.4. Projekt wstępny budynku jednorodzinnego pasywnego	411
20.5. Analiza opłacalności budowy domu pasywnego zeroenergetycznego.	419
21. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii geotermalnej .	419
22. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	420

Rozdział III

ENERGIA WIATRU

1. Wstęp	423
2. Wiatr i jego zasoby energetyczne	424
2.1. Wpływ czynników środowiskowych	425
2.2. Róża wiatrów	426
2.3. Zasoby	428
2.4. Szorstkość terenu	429
3. Podstawa działania elektrowni wiatrowej	431
3.1. Podstawowe informacje o krzywej mocy.	431
3.2. Parametry pracy siłowni wiatrowych.	432
3.3. Silniki wiatrowe	433
3.4. Lokalne oddziaływanie energetyki wiatrowej	436
4. Budowa elektrowni wiatrowej	437
4.1. Metody regulacji mocy oddawanej przez elektrownie wiatrowe.	439
4.1.1. Koncepcje pracy siłowni wiatrowej.	439
4.1.2. Regulacja ustawienia elektrowni w kierunku wiatru (Yaw Control).	439
4.1.3. Regulacja kąta ustawienia łopat (Active Pitch Regulation).	440
4.1.4. Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej generatora	440
4.1.5. Regulacja przez zmianę obciążenia (Load Control)	441
4.1.6. Regulacja przez „przecignięcie” (Stall Regulation).	441
4.1.7. Regulacja lotkami łopat wirnika (Aileron Control).	441
4.2. Generatory	441
4.3. Krótka charakterystyka nowych konstrukcji elektrowni wiatrowych	443

5. Zainstalowana moc i sposób montażu elektrowni wiatrowych	445
5.1. Wielkość mocy i energii, zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w UE	445
5.2. Sposób montażu konstrukcji elektrowni wiatrowych	447
6. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wiatrowej	449
6.1. Faza wstępna	449
6.2. Faza zbierania danych szczegółowych	450
6.3. Faza ekonomiczna	451
6.4. Faza realizacji inwestycji i opracowania projektu techniczno-prawnego i finansowego inwestycji	451
6.5. Struktura kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych w przypadku energetyki wiatrowej 200-500 kW – rok 2013	452
7. Rozmieszczenie elektrowni pracujących w Polsce	453
7.1. Przeznaczenie pojedynczej elektrowni wiatrowej	454
7.1.1. Elektrownia wiatrowa V80	454
8. Optymalizacja warunków pracy silnika wiatrowego	455
9. Systemy sterowania w elektrowni wiatrowej	456
9.1. Sterowniki	456
9.2. Zdalne sterowanie	459
9.3. Sterowanie w małych elektrowniach wiatrowych	460
10. Małe elektrownie wiatrowe – charakterystyka	460
10.1. Elektrownia wiatrowa „Zefir-6” 5 kW	461
10.2. Turbina wiatrowa o mocy 1,5 kW	462
11. Wybrane wyniki badań, elektrowni wiatrowej ECO-H-1,5 kW	463
12. Mikroelektrownie wiatrowe z pionową osią obrotu	466
13. Wybrane wyniki badań, małej elektrowni wiatrowej	470
14. Programy do symulacji pracy elektrowni wiatrowych	472
15. Podsumowanie	472
16. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii wiatru.	475
17. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	475

Rozdział IV

ENERGIA WODY

1. Wstęp	479
2. Parametry elektrowni wodnych	480
3. Rozwiązania konstrukcyjne elektrowni wodnych	481
3.1. Budowle hydrotechniczne, elementy elektrowni wodnych, urządzenia mechaniczne	481
3.2. Elektrownie zbiornikowe i przepływowe	483
3.2.1. Elektrownie zbiornikowe – szczytowo-pompowe	484
3.2.2. Elektrownie wodne przepływowe	486
3.3. Wybrane przykłady	487
3.3.1. Elektrownia Małomice	487
3.3.2. Elektrownia Solina	487
4. Mała energetyka wodna	488
5. Zasada działania i budowa turbin wodnych	490
5.1. Rozwiązania współczesne z turbinami Francisza	491
5.2. Współczesne rozwiązania z turbinami Kaplana	492
5.3. Rozwiązania z turbinami Peltona	493

6. Prądnice elektryczne	493
6.1. Budowa i zasada działania prądnic asynchronicznych (indukcyjnych)	494
6.2. Prądnice synchroniczne (hydrogeneratory), budowa zasada działania	497
7. Regulatory turbin wodnych	499
7.1. Elektrohydrauliczny regulator prędkości obrotowej turbiny lub jej mocy ..	500
7.2. Rodzaje automatyzacji procesów ruchowych w MEW	500
8. Procesy ruchowe w MEW	501
8.1. Zakres i stopień automatyzacji procesów rozruchowych.	502
9. Sposoby automatyzacji procesów ruchowych MEW	504
9.1. Układ sterowania łopatek turbiny (USW)	504
9.2. Automatyczny regulator prędkości kątowej turbiny (ART).....	504
9.3. Układ sterowania aparatu kierowniczego turbiny (USK)	504
9.4. Układ automatycznej regulacji napięcia prądnicy synchronicznej (ARN) ..	504
9.5. Automatyczny synchronizator prądnicy synchronicznej (ASG)	504
9.6. Układ automatycznego sterowania procesami rozruchowymi turbozespołu (USR)	505
9.7. Układ automatycznego sterowania procesami odstawiania turbozespołu (USO)	505
9.8. Układ automatycznej regulacji poziomu wody (ARP)	505
9.9. Auto operator (AOP)	506
9.10. Układ sterowania zamknięć wlotowych wody do turbiny (USZ)	506
9.11. Układ programujący pracę szczytową MEW (UPP)	506
9.12. Sterowanie prądnicami asynchronicznymi.	506
10. Sposoby przekazywania napędu z turbiny na prądnice	506
10.1. Bezpośrednie sprzęgnięcie wału z prądnicą	506
10.2. Przekazywanie napędu przez przekładnie	507
10.3. Przekładnie pasowe	507
10.4. Przekładnie zębate	508
11. Pomocnicze wyposażenie mechaniczne	509
11.1. Kraty na ujęciach wody i ich czyszczenie	509
11.2. Zamknięcie dopływu wody do turbin.	509
11.3. Wyposażanie budynków elektrowni w dźwignice	510
12. Systemy pracy, zabezpieczeń, pomiary w MEW	511
12.1. Zabezpieczenia bloków z prądnicami synchronicznymi i transformatorowymi o mocy do 5000 kVA	512
12.2. Zabezpieczenia prądnic asynchronicznych o mocy do 250 kVA i napięciu do 1000 V, zasilających bezpośrednio szyny zbiorcze	513
12.3. Zabezpieczenia bloków, prądnica asynchroniczna – transformator o mocy do 250 kVA	513
12.4. Zabezpieczenia turbozespołów	513
12.5. Ochrona przeciwporażeniowa	514
12.6. Ochrona od przepięć oraz instalacje piorunochronne	516
12.7. Ochrona przeciwpożarowa.	517
12.8. Bezpieczeństwo wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych. ...	517
12.9. Udzielanie pierwszej pomocy osobom porażonym prądem elektrycznym .	517
12.10. Sygnalizacja zakłóceń pracy	517
12.11. Pomiary	518
12.12. Potrzeby własne elektrowni	519
12.13. Uziomy	520

13. Wybrane elementy dokumentacji małej elektrowni wodnej Zakopane – Olcza. .	520
13.1. Opis techniczny, charakterystyka elektrowni.	520
14. Mikro elektrownie wodne.	524
15. Etapy realizacji inwestycji budowy elektrowni wodnych	529
16. Podsumowanie	533
17. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii wody	534
18. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	534

Rozdział V

ENERGIA BIOMASY

1. Pojęcie biomasy	537
2. Drewno jako biopaliwo.	540
2.1. Wierzba energetyczna.	541
2.2. Gazyfikacja biomasy	543
2.3. Kotły do spalania drewna.	549
2.4. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne kotłów do spalania drewna.	552
2.5. Kotły małej mocy.	554
2.6. Piec MS	554
2.7. Kotły dużej mocy	555
2.8. Budowa małych kotłów zgazowujących drewno.	556
2.9. Kotły do spalania peletu.	557
3. Piece kominkowe	557
3.1. Kominiek z płaszczem wodnym	557
3.2. Kominiek pracujący w systemie zintegrowanym	559
3.3. Ciepła woda z kominka	561
3.4. Montaż pieców kominkowych	562
3.5. Awaryjne zasilanie pompy	564
3.6. Wytyczne przed montażem turbokominka.	565
3.6.1. Wytyczne hydrauliczne	565
3.6.2. Podczas instalowania urządzenia należy zwrócić uwagę na:	565
3.6.3. Wytyczne przeciwpożarowe	566
3.6.4. Wskazówki eksploatacyjne	566
3.6.5. Dobór turbokominka	566
3.6.6. Paliwo	566
3.6.7. Zadania centrali sterującej.	567
3.6.8. Montaż przełącznika źródeł zasilania	567
3.6.9. Montaż zabezpieczenia termicznego.	567
4. Słoma jako biopaliwo	567
4.1. Kotły do spalania słomy.	568
4.2. Kotły małej mocy na słomę	570
4.3. Kotłownie średniej mocy	572
4.4. Kotłownie dużej mocy	572
4.5. Peletowanie słomy	572
4.6. Maszyny do produkcji brykietów ze słomy	573
4.7. Wnioski	575
5. Osady ściekowe (analog torfu) i kotły na osady ściekowe	577
6. Biogaz	578
6.1. Biogazownie rolnicze.	580

6.2. Biogazownie rolnicze oparte na procesie fermentacji metanowej	581
6.3. Wybrane zagadnienia z analizy porównawczej opłacalności ekonomicznej, biogazowni rolniczej	586
6.4. Charakterystyka pierwszej biogazowni rolniczej działającej w Polsce	590
6.5. Mała biogazownia rolnicza	592
6.5.1. Struktura produkcji	592
6.5.2. Budowa biogazowni	593
6.5.3. Przewidywane ilości wykorzystywanych surowców, materiałów, paliw, wody oraz energii	593
6.5.4. Sposób gromadzenia, transportowania i magazynowania odpadów przeznaczonych do produkcji biogazu	593
6.5.5. Rozwiązania chroniące środowisko	594
6.5.6. Charakterystyka procesu technologicznego i instalacja	594
6.6. Wnioski dotyczące perspektyw rozwoju biogazowni rolniczych	598
7. Biogaz z oczyszczalni ścieków	600
7.1. Gospodarka energią elektryczną i ciepłem na przykładzie oczyszczalni ścieków „Kujawy” w Krakowie	600
7.2. Opis działania oczyszczalni	601
7.3. Wytwarzanie biogazu	601
7.4. Generatory zasilane biogazem	601
8. Biogaz wysypiskowy z odpadów	603
8.1. Elektrociepłownia biogazowa – wysypisko Barycz	606
9. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w oparciu o paliwa biogazowe – agregaty kogeneracyjne	609
9.1. Geneza	609
9.2. Zasada działania	609
9.3. Dobór agregatu	609
9.4. Wytwarzanie i sprzedaż chłodu w oparciu o ciepło z kogeneracji	610
9.5. Wynik ekonomiczny	611
9.6. Świadectwa pochodzenia dla CHP	612
9.7. Finansowanie	613
9.8. Turbiny gazowe Capstone	613
10. Wzbogacanie i oczyszczanie biogazu	616
10.1. Odsiarczanie biogazu – technologia	616
11. Główne zalety wykorzystania biogazu	617
12. Problemy wynikające z produkcji biogazu	617
13. Biopaliwa płynne	617
13.1. Bioetanol	619
13.2. Biodiesel	620
13.3. Biopłyny do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła	627
14. Współspalanie biomasy i paliw kopalnych	629
15. Elektrociepłownie wykorzystujące do spalania biomase	632
16. Efekty ekonomiczne stosowania biomasy w energetyce	634
17. Możliwości produkcji energii z biomasy	634
18. Podsumowanie	636
19. Wymienniki do odzysku ciepła ze spalin (rekuperatory)	637
19.1. Przykłady zastosowań	638
19.2. Zasada działania rekuperatora z rurką cieplną	639
20. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii biomasy	641
21. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	641

Rozdział VI

ENERGIA WODORU

1. Wykorzystywanie energii elektrycznej z fotoogniw, do elektrolizy wody	645
2. Ogniwa paliwowe (fuel cells)	645
3. Wyniki pomiarów uzyskane w laboratorium OZE w ZSE nr 1	647
4. Otrzymywanie wodoru	648
5. Pytania oraz zadania kontrolne dotyczące wykorzystania energii z wodoru	649
6. Test wielokrotnego wyboru z jedną poprawną odpowiedzią	649

Rozdział VII

ODPOWIEDZI DO TESTÓW

Rozdział I. Energia słoneczna	653
Rozdział II. Energia ciepła ziemi i powietrza	653
Rozdział III. Energia wiatru	654
Rozdział IV. Energia wody	654
Rozdział V. Energia biomasy	655
Rozdział VI. Energia wodoru	655

Nauczyciele Izabela Góralczyk i Ryszard Tytko w czasie zajęć laboratoryjnych z uczniami ZSE nr 1 i studentami Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. 657

Zdjęcia przedstawiające wyposażenie laboratorium w ZSE nr 1 661

Literatura. 667