

# Spis treści

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Przedmowa</b> .....                                                                                                                | 13 |
| <b>Wykaz oznaczeń</b> .....                                                                                                           | 20 |
| <b>Wykaz skrótów</b> .....                                                                                                            | 22 |
| <br><b>1. Energia Słońca</b> .....                                                                                                    | 25 |
| 1.1. Charakterystyka Słońca .....                                                                                                     | 25 |
| 1.2. Promieniowanie emitowane z powierzchni Słońca .....                                                                              | 26 |
| 1.3. Zależności opisujące energię Słońca .....                                                                                        | 29 |
| 1.3.1. Relacje między kątami opisującymi położenie odbiornika energii względem Słońca .....                                           | 29 |
| 1.3.2. Składowe promieniowania słonecznego .....                                                                                      | 30 |
| 1.3.3. Modele wyznaczania gęstości strumienia promieniowania słonecznego .....                                                        | 35 |
| 1.4. Wyznaczanie optymalnego kąta pochylenia odbiornika promieniowania słonecznego ze względu na maksimum energii .....               | 38 |
| 1.4.1. Dyskusja optymalizacji orientacji przestrzennej odbiornika energii słonecznej ze względu na maksymalny zysk energetyczny ..... | 38 |
| 1.4.2. Optymalizacja ustawienia odbiornika na podstawie symulacji komputerowej .....                                                  | 45 |
| 1.4.3. Warunki i wyniki pomiarów gęstości mocy promieniowania .....                                                                   | 50 |
| 1.4.4. Podsumowanie .....                                                                                                             | 54 |
| 1.5. Metody konwersji energii słonecznej .....                                                                                        | 56 |
| 1.6. Zalety i wady energetyki słonecznej .....                                                                                        | 56 |
| Literatura do rozdziału 1 .....                                                                                                       | 57 |
| <br><b>2. Ciepła energetyka słoneczna</b> .....                                                                                       | 60 |
| 2.1. Metody konwersji energii słonecznej w energię ciepłą .....                                                                       | 60 |
| 2.2. Kolektory .....                                                                                                                  | 60 |
| 2.2.1. Ogólna charakterystyka .....                                                                                                   | 60 |
| 2.2.2. Kolektory cieczowe .....                                                                                                       | 61 |
| 2.2.2.1. Kolektory płaskie i rurowe .....                                                                                             | 61 |
| 2.2.2.2. Kolektory cieczowe skupiające .....                                                                                          | 64 |
| 2.2.3. Kolektory powietrzne i próżniowe .....                                                                                         | 65 |
| 2.3. Słoneczne instalacje ciepłe na świecie .....                                                                                     | 66 |

|           |                                                                                             |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3.1.    | Elektrownie ciepłne .....                                                                   | 66         |
| 2.3.2.    | Światowi potentaci .....                                                                    | 67         |
| 2.3.3.    | Przykłady aplikacji kolektorów ciepłych .....                                               | 69         |
| 2.4.      | Ciepłna energetyka słoneczna w Polsce .....                                                 | 72         |
| 2.4.1.    | Rozkład całkowitego promieniowania słonecznego .....                                        | 72         |
| 2.4.2.    | Możliwości wykorzystania energii słonecznej do celów termicznych .....                      | 75         |
| 2.4.3.    | Przykłady aplikacji .....                                                                   | 78         |
|           | Literatura do rozdziału 2 .....                                                             | 80         |
| <b>3.</b> | <b>Konwersja energii słonecznej w elektryczną .....</b>                                     | <b>82</b>  |
| 3.1.      | Zjawisko fotowoltaiczne wewnętrzne .....                                                    | 82         |
| 3.1.1.    | Mechanizm zjawiska .....                                                                    | 82         |
| 3.1.2.    | Powstawanie bariery potencjału .....                                                        | 84         |
| 3.2.      | Kalendarium wydarzeń w rozwoju konwersji fotowoltaicznej .....                              | 87         |
| 3.2.1.    | Antoine Cesar Becquerel i jego odkrycie .....                                               | 87         |
| 3.2.2.    | Badania zjawiska fotowoltaicznego w XIX wieku .....                                         | 88         |
| 3.2.3.    | Teoria Alberta Einsteina .....                                                              | 89         |
| 3.2.4.    | Jan Czochralski i jego metoda .....                                                         | 90         |
| 3.2.5.    | Dalszy rozwój fotowoltaiki .....                                                            | 95         |
| 3.2.6.    | Witold Żdanowicz – pionier fotowoltaiki w Polsce .....                                      | 97         |
| 3.2.7.    | Najnowsze osiągnięcia .....                                                                 | 99         |
|           | Literatura do rozdziału 3 .....                                                             | 101        |
| <b>4.</b> | <b>Rozwiązania materiałowe, konstrukcyjne i eksploatacyjne ogniw fotowoltaicznych .....</b> | <b>103</b> |
| 4.1.      | Podział materiałowy i strukturalny ogniw fotowoltaicznych .....                             | 103        |
| 4.2.      | Ogniwa krzemowe .....                                                                       | 104        |
| 4.2.1.    | Ogólna charakterystyka krzemu .....                                                         | 104        |
| 4.2.2.    | Ogniwa mono- i polikrystaliczne .....                                                       | 106        |
| 4.2.3.    | Ogniwa z krzemu amorficznego .....                                                          | 108        |
| 4.2.4.    | Cienkowarstwowe ogniwa krystaliczne .....                                                   | 111        |
| 4.2.5.    | Nowe rozwiązania .....                                                                      | 112        |
| 4.2.5.1.  | Ogniwa PERL i RP-PERC .....                                                                 | 112        |
| 4.2.5.2.  | Ogniwo monokrystaliczno-amorficzne HIT .....                                                | 114        |
| 4.2.5.3.  | Rozwiązania cienkowarstwowe sliver .....                                                    | 115        |
| 4.2.5.4.  | Ogniwa krzemowe Sphelar® .....                                                              | 117        |
| 4.2.6.    | Właściwości ogniw fotowoltaicznych wykonanych z krzemu w różnych technologiach .....        | 118        |
| 4.3.      | Ogniwa z tellurku kadmu .....                                                               | 118        |
| 4.3.1.    | Ogólna charakterystyka tellurku kadmu .....                                                 | 118        |
| 4.3.2.    | Rozwiązania krystaliczne i cienkowarstwowe .....                                            | 121        |
| 4.4.      | Ogniwa z arsenku galu .....                                                                 | 123        |
| 4.4.1.    | Ogólna charakterystyka arsenku galu .....                                                   | 123        |
| 4.4.2.    | Struktury krystaliczne i cienkowarstwowe .....                                              | 124        |
| 4.5.      | Ogniwa z diselenku indowo-miedziowego (CIS) i ich modyfikacje (CIGS) .....                  | 127        |
| 4.6.      | Moduły o mocy 200 Wp .....                                                                  | 130        |
| 4.7.      | Ogniwa fotowoltaiczne typu tandem .....                                                     | 131        |
| 4.8.      | Ogniwa fotowoltaiczne z nanorurkami .....                                                   | 132        |
| 4.9.      | Ogniwa organiczne .....                                                                     | 133        |
| 4.9.1.    | Ogólna charakterystyka ogniw .....                                                          | 133        |

|           |                                                                                                                     |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.9.2.    | Wybrane rozwiązania planarne i struktury 3D                                                                         | 134        |
| 4.9.3.    | Ogniwo barwnikowe Grätzela                                                                                          | 135        |
| 4.9.4.    | Nowe rozwiązania                                                                                                    | 136        |
| 4.10.     | Ogniwo fotowoltaiczno-fototermiczne o konwersji kombinowanej                                                        | 137        |
| 4.11.     | Ogniwo termofotowoltaiczne o konwersji promieniowania podczerwonego                                                 | 138        |
| 4.12.     | Ogniwa zintegrowane z architekturą                                                                                  | 139        |
| 4.12.1.   | Charakterystyka ogniw fotowoltaicznych stosowanych w budownictwie                                                   | 139        |
| 4.12.2.   | Systemy dachowe                                                                                                     | 141        |
| 4.12.3.   | Moduły fasadowe i transparentne okienne                                                                             | 144        |
| 4.12.4.   | Nowe rozwiązania BIPV i znani producenci                                                                            | 145        |
| 4.13.     | Ogniwa współpracujące z koncentratorami                                                                             | 148        |
| 4.13.1.   | Koncentratory w układzie nadajnym                                                                                   | 148        |
| 4.13.2.   | Nowe rozwiązania                                                                                                    | 151        |
|           | Literatura do rozdziału 4                                                                                           | 152        |
| <b>5.</b> | <b>Wybrane właściwości ogniw fotowoltaicznych</b>                                                                   | <b>156</b> |
| 5.1.      | Absorpcyjność                                                                                                       | 156        |
| 5.2.      | Refleksyjność                                                                                                       | 161        |
| 5.3.      | Strumień fotonów w funkcji wybranych parametrów ogniwa                                                              | 162        |
| 5.4.      | Gęstość fotoprądu emitera i bazy                                                                                    | 164        |
| 5.5.      | Wydajność kwantowa                                                                                                  | 165        |
| 5.5.1.    | Wydajność zewnętrzna i wewnętrzna                                                                                   | 165        |
| 5.5.2.    | Wpływ prędkości rekombinacji na wydajność kwantową                                                                  | 166        |
| 5.5.3.    | Wpływ średniej drogi dyfuzji na wydajność kwantową                                                                  | 168        |
| 5.6.      | Czynnik spektralny                                                                                                  | 169        |
| 5.7.      | Badania ogniw fotowoltaicznych w warunkach promieniowania o różnych długościach fali w zakresie światła widzialnego | 170        |
| 5.7.1.    | Warunki i obiekty badań                                                                                             | 170        |
| 5.7.2.    | Wyniki badań                                                                                                        | 172        |
| 5.7.3.    | Podsumowanie                                                                                                        | 172        |
|           | Literatura do rozdziału 5                                                                                           | 176        |
| <b>6.</b> | <b>Schemat zastępczy, parametry i charakterystyki ogniwa fotowoltaicznego</b>                                       | <b>178</b> |
| 6.1.      | Schemat zastępczy ogniwa i jego parametry                                                                           | 178        |
| 6.2.      | Charakterystyki prądowo-napięciowe ogniwa fotowoltaicznego                                                          | 180        |
| 6.2.1.    | Wyznaczanie zależności prądowo-napięciowych w funkcji parametrów ogniwa                                             | 180        |
| 6.2.2.    | Symulacja charakterystyk wybranych ogniw w funkcji nasłonecznienia i temperatury                                    | 182        |
| 6.2.3.    | Parametry charakterystyczne ogniw                                                                                   | 182        |
| 6.3.      | Charakterystyka mocy i sprawność ogniwa fotowoltaicznego                                                            | 188        |
| 6.3.1.    | Wpływ nasłonecznienia i temperatury na moc                                                                          | 188        |
| 6.3.2.    | Wpływ nasłonecznienia i temperatury na sprawność                                                                    | 190        |
| 6.3.3.    | Optimalizacja pracy w wyniku kształtowania obciążenia ogniwa                                                        | 191        |
| 6.4.      | Współpraca baterii słonecznej z silnikiem prądu stałego zasilającym wentylator                                      | 193        |
| 6.4.1.    | Schemat ideowy badanego układu                                                                                      | 193        |
| 6.4.2.    | Model matematyczny                                                                                                  | 194        |
| 6.4.3.    | Przykładowe wyniki symulacji                                                                                        | 197        |

|           |                                                                            |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.5.      | Praca ogniw fotowoltaicznych w różnych konfiguracjach połączeń . . . . .   | 200        |
| 6.6.      | Wpływ zacienienia na pracę modułu fotowoltaicznego . . . . .               | 203        |
|           | Literatura do rozdziału 6 . . . . .                                        | 203        |
| <b>7.</b> | <b>Technologia produkcji . . . . .</b>                                     | <b>206</b> |
| 7.1.      | Ogniwa krzemowe . . . . .                                                  | 206        |
| 7.1.1.    | Krzem do produkcji ogniw słonecznych . . . . .                             | 206        |
| 7.1.2.    | Wytwarzanie bloków krzemu monokrystalicznego . . . . .                     | 210        |
| 7.1.2.1.  | Rodzaje technologii . . . . .                                              | 210        |
| 7.1.2.2.  | Metoda Czochralskiego . . . . .                                            | 210        |
| 7.1.2.3.  | Metoda topienia strefowego . . . . .                                       | 213        |
| 7.1.3.    | Otrzymywanie bloków krzemu polikrystalicznego . . . . .                    | 214        |
| 7.1.3.1.  | Rodzaje technologii . . . . .                                              | 214        |
| 7.1.3.2.  | Metoda Bridgmana . . . . .                                                 | 215        |
| 7.1.3.3.  | Metoda odlewania bloku . . . . .                                           | 215        |
| 7.1.4.    | Cięcie bloków krzemowych na płytki . . . . .                               | 216        |
| 7.1.5.    | Dalsza obróbka płytek krzemowych . . . . .                                 | 217        |
| 7.1.6.    | Łączenie ogniw w moduły . . . . .                                          | 220        |
| 7.1.7.    | Wytwarzanie taśm krzemowych . . . . .                                      | 222        |
| 7.1.7.1.  | Przegląd metod wyciągania taśm krzemowych . . . . .                        | 222        |
| 7.1.7.2.  | Wytwarzanie taśmy typu WEB . . . . .                                       | 223        |
| 7.1.7.3.  | Metoda krawędziowego doprowadzania materiału . . . . .                     | 224        |
| 7.1.7.4.  | Metoda ribbon to ribbon . . . . .                                          | 225        |
| 7.1.7.5.  | Metoda SOC . . . . .                                                       | 226        |
| 7.1.7.6.  | Proces ESR . . . . .                                                       | 226        |
| 7.1.7.7.  | Metoda RGS . . . . .                                                       | 227        |
| 7.1.8.    | Inne technologie dla ogniw krzemowych . . . . .                            | 228        |
| 7.1.8.1.  | Uwodorniony krzem amorficzny . . . . .                                     | 228        |
| 7.1.8.2.  | Elastyczny układ krzemowy . . . . .                                        | 228        |
| 7.1.8.3.  | Technologia ogniw silver . . . . .                                         | 229        |
| 7.1.8.4.  | Technologia ogniw Sphelar® . . . . .                                       | 230        |
| 7.2.      | Ogniwa cienkowarstwowe wykonane w technologii innej niż krzemowa . . . . . | 230        |
| 7.2.1.    | CdS/CdTe i CIGS . . . . .                                                  | 230        |
| 7.2.2.    | Ogniwa cienkowarstwowe GaAs . . . . .                                      | 234        |
| 7.2.3.    | Technologia samoczyszczenia ogniw słonecznych . . . . .                    | 236        |
|           | Literatura do rozdziału 7 . . . . .                                        | 236        |
| <b>8.</b> | <b>Instalacje fotowoltaiczne . . . . .</b>                                 | <b>240</b> |
| 8.1.      | Konfiguracje systemów fotowoltaicznych . . . . .                           | 240        |
| 8.2.      | Elementy instalacji fotowoltaicznej . . . . .                              | 243        |
| 8.2.1.    | Wprowadzenie . . . . .                                                     | 243        |
| 8.2.2.    | Moduły fotowoltaiczne . . . . .                                            | 245        |
| 8.2.3.    | Trackery . . . . .                                                         | 252        |
| 8.2.4.    | Akumulatory . . . . .                                                      | 253        |
| 8.2.5.    | Regulatory ładowania . . . . .                                             | 254        |
| 8.2.6.    | Falowniki . . . . .                                                        | 257        |
| 8.2.7.    | Systemy monitorujące . . . . .                                             | 262        |
| 8.2.8.    | Zabezpieczenia systemów fotowoltaicznych . . . . .                         | 263        |
| 8.2.9.    | Konstrukcja nośna i kable . . . . .                                        | 264        |
| 8.3.      | Zestaw hybrydowy . . . . .                                                 | 268        |

|            |                                                                                                                                  |            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.4.       | Specyfikacja zapotrzebowania na energię. Sprawność i koszty                                                                      | 269        |
| 8.5.       | Montaż, obsługa i konserwacja instalacji fotowoltaicznej                                                                         | 270        |
|            | Literatura do rozdziału 8                                                                                                        | 272        |
| <b>9.</b>  | <b>Obszary i przykłady zastosowań ogniw fotowoltaicznych</b>                                                                     | <b>274</b> |
| 9.1.       | Dotychczasowe tempo rozwoju instalacji fotowoltaicznych i perspektywy                                                            | 274        |
| 9.2.       | Ogniwa słoneczne w urządzeniach powszechnego użytku małej mocy                                                                   | 277        |
| 9.3.       | Systemy autonomiczne                                                                                                             | 278        |
| 9.3.1.     | Przegląd możliwości aplikacji                                                                                                    | 278        |
| 9.3.2.     | Zasilanie oświetlenia                                                                                                            | 279        |
| 9.3.3.     | Biletomaty i parkomaty                                                                                                           | 280        |
| 9.3.4.     | Latarnie morskie                                                                                                                 | 282        |
| 9.3.5.     | Systemy ostrzegania i sygnalizacji                                                                                               | 285        |
| 9.4.       | Układy współpracujące z siecią                                                                                                   | 286        |
| 9.4.1.     | Systemy rozproszone BIPV                                                                                                         | 286        |
| 9.4.2.     | Systemy scentralizowane                                                                                                          | 290        |
| 9.5.       | Systemy hybrydowe                                                                                                                | 294        |
| 9.6.       | Zastosowania w kosmonautyce                                                                                                      | 298        |
|            | Literatura do rozdziału 9                                                                                                        | 299        |
| <b>10.</b> | <b>Zastosowanie energii Słońca i podczerwieni do zasilania w środkach transportu</b>                                             | <b>301</b> |
| 10.1.      | Samochody słoneczne                                                                                                              | 301        |
| 10.1.1.    | Metody zasilania                                                                                                                 | 301        |
| 10.1.2.    | Historyczne prototypy                                                                                                            | 302        |
| 10.1.3.    | Samochody wyścigowe i ich parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne                                                                 | 303        |
| 10.2.      | Najważniejsze aspekty projektowania pojazdu słonecznego                                                                          | 310        |
| 10.2.1.    | Strategia projektowania i optymalizacja ruchu                                                                                    | 310        |
| 10.2.2.    | Moc potrzebna do pokonania oporów jazdy                                                                                          | 313        |
| 10.2.3.    | Moc pozyskiwana na drodze konwersji fotowoltaicznej                                                                              | 314        |
| 10.2.4.    | Moc uzupełniająca z akumulatora                                                                                                  | 316        |
| 10.2.5.    | Materiały i elementy konstrukcyjne stosowane w samochodach słonecznych                                                           | 319        |
| 10.3.      | Charakterystyki ruchu samochodu słonecznego w funkcji jego parametrów i warunków zewnętrznych                                    | 322        |
| 10.3.1.    | Wpływ parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych samochodu słonecznego na jego charakterystyki ruchu                              | 322        |
| 10.3.2.    | Optymalizacja doboru prędkości w samochodzie słonecznym z doładowaniem akumulatora podczas jazdy ze względu na maksymalny zasięg | 325        |
| 10.3.3.    | Bilans mocy pojazdu elektrycznego zasilanego energią Słońca                                                                      | 329        |
| 10.3.4.    | Wnioski i uwagi do przeprowadzonych symulacji komputerowych                                                                      | 336        |
| 10.3.5.    | Samochód słoneczny „Hannibal”                                                                                                    | 338        |
| 10.4.      | Samochody konwencjonalne zasilane energią Słońca                                                                                 | 339        |
| 10.4.1.    | Samochody elektryczne                                                                                                            | 339        |
| 10.4.1.1.  | „Solar Bug”                                                                                                                      | 339        |
| 10.4.1.2.  | Jeep elektryczny                                                                                                                 | 339        |
| 10.4.2.    | Rozwiązania hybrydowe                                                                                                            | 340        |
| 10.4.2.1.  | Samochodowe panele PV                                                                                                            | 340        |
| 10.4.2.2.  | Connector 2001                                                                                                                   | 341        |
| 10.4.2.3.  | Peugeot BB1 Concept                                                                                                              | 342        |
| 10.4.2.4.  | Fisker Karma                                                                                                                     | 342        |
| 10.4.2.5.  | Inne rozwiązania                                                                                                                 | 343        |

|            |                                                                                                                  |            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.4.2.6.  | Solar Energy Station .....                                                                                       | 344        |
| 10.5.      | Inne środki transportu zasilane energią słoneczną .....                                                          | 345        |
| 10.5.1.    | Pociąg słoneczny .....                                                                                           | 345        |
| 10.5.2.    | Samoloty zasilane energią słoneczną .....                                                                        | 345        |
| 10.5.2.1.  | Prace NASA .....                                                                                                 | 345        |
| 10.5.2.2.  | Solar Challenger .....                                                                                           | 345        |
| 10.5.2.3.  | Helios .....                                                                                                     | 345        |
| 10.5.2.4.  | Solar Impulse .....                                                                                              | 347        |
| 10.5.2.5.  | Polski samolot słoneczny „Phoenix” .....                                                                         | 347        |
| 10.5.3.    | Jednostki pływające zasilane energią słoneczną .....                                                             | 348        |
| 10.5.3.1.  | Katamaran „Sun” .....                                                                                            | 348        |
| 10.5.3.2.  | Tramwaj wodny „Słonecznik” .....                                                                                 | 348        |
| 10.5.3.3.  | Katamaran pasażerski „Solar” .....                                                                               | 350        |
| 10.5.3.4.  | Lodzie solarne Fiten Solar Team .....                                                                            | 352        |
| 10.5.3.5.  | Etapy projektowania łodzi zasilanych energią słoneczną .....                                                     | 353        |
|            | Literatura do rozdziału 10 .....                                                                                 | 354        |
| <b>11.</b> | <b>Zagadnienia prawne, społeczne, ekonomiczne, normalizacja, edukacja i promocja, recykling .....</b>            | <b>357</b> |
| 11.1.      | Zagadnienia prawne i społeczne .....                                                                             | 357        |
| 11.2.      | Koszt systemu PV .....                                                                                           | 359        |
| 11.3.      | Koszty zewnętrzne .....                                                                                          | 365        |
| 11.4.      | Normalizacja .....                                                                                               | 365        |
| 11.5.      | Konwersja fotowoltaiczna w promocji i edukacji .....                                                             | 369        |
| 11.6.      | Recykling modułów fotowoltaicznych .....                                                                         | 374        |
| 11.6.1.    | Problemy recyklingu, koszty, technologie .....                                                                   | 374        |
| 11.6.2.    | Linie pilotażowe odzysku i ponownego wykorzystania modułów krzemowych .....                                      | 376        |
| 11.6.3.    | Metoda odzysku i ponownego wykorzystania modułów z CdTe .....                                                    | 379        |
|            | Literatura do rozdziału 11 .....                                                                                 | 380        |
| <b>12.</b> | <b>Fotowoltaika w Polsce .....</b>                                                                               | <b>382</b> |
| 12.1.      | Możliwości sektora fotowoltaiki .....                                                                            | 382        |
| 12.2.      | Prace naukowo-badawcze .....                                                                                     | 384        |
| 12.2.1.    | Laboratorium Fotowoltaiczne Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Kozach .....                    | 384        |
| 12.2.2.    | Prace Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych .....                                                     | 390        |
| 12.2.3.    | Laboratorium Energetyki Odnawialnej w Sulechowie .....                                                           | 391        |
| 12.3.      | Największe inwestycje fotowoltaiczne w Polsce .....                                                              | 391        |
| 12.3.1.    | Wprowadzenie .....                                                                                               | 391        |
| 12.3.2.    | Instalacja PV Warszawa-Wawer .....                                                                               | 392        |
| 12.3.3.    | Instalacja fotowoltaiczna na Wojewódzkim Specjalistycznym Szpitalu im. dr. Władysława Biegańskiego w Łodzi ..... | 393        |
| 12.3.4.    | Instalacja fotowoltaiczna na wytwórni mrożonek Frosta w Bydgoszczy .....                                         | 393        |
| 12.3.5.    | Instalacja PV na Politechnice Warszawskiej .....                                                                 | 395        |
| 12.3.6.    | Instalacja PV na budynku ambasady japońskiej w Warszawie .....                                                   | 396        |
| 12.3.7.    | Instalacja fotowoltaiczna w Polkowicach .....                                                                    | 397        |
| 12.3.8.    | Instalacja fotowoltaiczna w Rybniku .....                                                                        | 397        |
| 12.3.9.    | Instalacja fotowoltaiczna w Rzeszowie .....                                                                      | 397        |
| 12.3.10.   | Elektrownia słoneczna w Wierchosławicach .....                                                                   | 398        |
| 12.3.11.   | Projekt elektrowni fotowoltaicznej w Gryźlinach pod Olsztynem .....                                              | 398        |

|                                     |                                                                                                                            |            |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.3.12.                            | Projekt elektrowni fotowoltaicznej na budynku hotelowym Centrum<br>Badawczego Polskiej Akademii Nauk w Jabłonnie . . . . . | 398        |
| 12.3.13.                            | Największa fotowoltaiczna instalacja dachowa w Polsce . . . . .                                                            | 399        |
| 12.3.14.                            | Elektrownia fotowoltaiczna na dachu motelu „Na Wierzyńka” w Wieliczce . . . . .                                            | 399        |
| 12.3.15.                            | Panele fotowoltaiczne na hotelu „Ramka” w Poznaniu . . . . .                                                               | 400        |
| 12.3.16.                            | Skrzydło fotowoltaiczne – projekt z Pily . . . . .                                                                         | 400        |
| 12.4.                               | Producenci krzemu i jego stopów . . . . .                                                                                  | 400        |
| 12.4.1                              | Warszawskie Centrum Naukowo-Produkcyjne Materiałów Elektronicznych<br>Cemat Silicon . . . . .                              | 400        |
| 12.4.2                              | Firma European Silicon w Katowicach . . . . .                                                                              | 401        |
| 12.5.                               | Producenci modułów . . . . .                                                                                               | 401        |
| 12.5.1                              | EKOpower21 Sp. z o.o. z Warszawy . . . . .                                                                                 | 401        |
| 12.5.2                              | Linia produkcyjna modułów Solar Energy w Bożepolu Wielkim . . . . .                                                        | 401        |
| 12.5.3                              | Spółka Vetro Polska . . . . .                                                                                              | 402        |
| 12.5.4                              | SELFA Photovoltaics ze Szczecina . . . . .                                                                                 | 402        |
|                                     | Literatura do rozdziału 12 . . . . .                                                                                       | 402        |
| <b>Skorowidz rzeczowy . . . . .</b> |                                                                                                                            | <b>404</b> |
| <b>Indeks nazwisk . . . . .</b>     |                                                                                                                            | <b>411</b> |