
Spis treści

Przedmowa	17
Wykaz używanych skrótów	19
1. Wstęp	21
1.1. Wprowadzenie	21
1.2. Działania w zakresie efektywności energetycznej	22
1.3. Przedmiot i zakres pracy	24
1.4. Podstawowe określenia	25
2. Nośniki energii i system społeczno-gospodarczy	30
2.1. Energia wykorzystywana na Ziemi	30
2.2. Nośniki energii – rodzaje i określenia	32
2.3. System społeczno-gospodarczy kraju	34
2.4. Podsystem energetyczny kraju	37
2.5. Działalność społeczna i gospodarcza	40
2.6. Efektywność energetyczna	41
3. Pozyskiwanie i przetwarzanie energii nieodnawialnej	44
3.1. Paliwa kopalne i ich spalanie	44
3.1.1. Paliwa kopalne	44
3.1.2. Charakterystyka energetyczna paliw	47
3.1.3. Spalanie paliw	50
3.2. Wytwarzanie ciepła	51

3.2.1.	Uwagi o ciepłowniach	51
3.2.2.	Czynniki uwzględniane przy doborze kotłów małej mocy	57
3.2.3.	Średnia sprawność i zużycie energii pierwotnej w ciepłowni	60
3.3.	Urządzenia wytwórcze ciepła	61
3.3.1.	Informacje ogólne	61
3.3.2.	Zasilanie kotłów w paliwo i paleniska	65
3.3.3.	Wyposażenie kotłów	67
3.3.4.	Efektywność przemiany energetycznej w kotłach	69
3.3.5.	Standardy techniczne	71
3.4.	Wytwarzanie energii elektrycznej	72
3.4.1.	Wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach	72
3.4.2.	Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej	75
3.4.3.	Elektrociepłownie tradycyjne	77
3.4.4.	Elektrociepłownie gazowo-parowe	78
3.4.5.	Elektrociepłownie z tłokowymi silnikami spalinowymi	80
3.4.6.	Zmniejszenie zużycia energii w wyniku gospodarki skojarzonej	81
4.	Pozyskiwanie i przetwarzanie energii odnawialnej	83
4.1.	Wprowadzenie	83
4.2.	Wykorzystanie energii słonecznej	85
4.2.1.	Sposoby wykorzystania energii słonecznej	85
4.2.2.	Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej	88
4.2.2.1.	Kolektory słoneczne	88
4.2.2.2.	Wykorzystanie aktywnych systemów słonecznych	91
4.2.2.3.	Przykłady aktywnych systemów słonecznych ..	92
4.2.3.	Bierne wykorzystanie energii słonecznej	94
4.2.4.	Wykorzystanie systemów fotowoltaicznych	97
4.2.5.	Systemy fotowoltaiczne zintegrowane z budynkiem	99
4.3.	Energetyczne wykorzystanie biomasy i biopaliw	101
4.3.1.	Pochodzenie i klasyfikacja	101
4.3.2.	Charakterystyka energetyczna biopaliw	103
4.3.3.	Wykorzystanie energetyczne	107
4.3.4.	Wykorzystanie biopaliwa gazowego	109
4.4.	Wykorzystanie energii ze źródeł geotermalnych	110
4.4.1.	Energia wód geotermalnych	110

4.4.2.	Ciepłownicze wykorzystanie wód geotermalnych	112
4.5.	Wykorzystanie energii wody	115
4.5.1.	Zasady wykorzystania energii wody	115
4.5.2.	Rodzaje elektrowni wodnych	118
4.5.3.	Znaczenie elektrowni wodnych	119
4.6.	Wykorzystanie energii wiatru	120
4.6.1.	Budowa i działanie siłowni wiatrowej	120
4.6.2.	Cechy charakterystyczne wiatru	123
4.6.3.	Ocena energetyczna wiatru	126
4.6.3.1.	Strefy energetyczne wiatru	126
4.6.3.2.	Sprawność przemiany energii wiatru w energię elektryczną	127
4.6.4.	Charakterystyka mocy siłowni wiatrowej	130
4.6.5.	Możliwości wykorzystania mocy zainstalowanej siłowni wiatrowej	132
5.	Wybrane problemy przesyłania nośników ciepła	134
5.1.	Wprowadzenie	134
5.2.	Nośniki ciepła	135
5.2.1.	Para wodna	135
5.2.2.	Ciepła woda	136
5.2.3.	Ciecze o podwyższonej temperaturze wrzenia	137
5.2.4.	Inne nośniki ciepła	138
5.3.	Układy sieci ciepłych	138
5.4.	Regulacja dostarczania ciepła	142
5.5.	Izolacja przewodów sieci ciepłej	144
5.6.	Straty energii w sieciach ciepłych	149
5.6.1.	Sieci parowe	149
5.6.2.	Wodne sieci ciepłe	150
5.7.	Węzły ciepłe	151
5.8.	Izolacje ciepłe	155
5.8.1.	Wprowadzenie	155
5.8.2.	Materiały termoizolacyjne	156
5.8.3.	Podstawowe wymagania w odniesieniu do materiałów izolacyjnych	161
5.8.4.	Ekonomicznie uzasadniona grubość izolacji cieplnej	162

6.	Charakterystyka sfery użytkowania energii	166
6.1.	Wprowadzenie	166
6.2.	Działalność gospodarcza	167
6.2.1.	Procesy produkcji wyrobów	167
6.2.2.	System produkcji wyrobu	169
6.2.3.	Przepływ materiałów i energii w cyklu istnienia wyrobu	170
6.3.	Wybrane procesy produkcji przemysłowej	171
6.3.1.	Wytwarzanie energii elektrycznej	171
6.3.2.	Produkcja wyrobów ceramiki budowlanej	174
6.3.3.	Produkcja stali	177
6.3.4.	Produkcja cementu	179
6.4.	Procesy wznoszenia obiektów budowlanych	184
6.5.	Procesy transportu	185
6.6.	Procesy użytkowania i eksploatacji	188
6.7.	Likwidacja i użytkowe przetwarzanie materiałów i wyrobów	190
6.7.1.	Problem wykorzystania użytkowych i poprodukcyjnych odpadów	190
6.7.2.	Schematy zagospodarowania zasobów użytkowych	193
7.	Wpływ działalności społecznej i gospodarczej na środowisko	195
7.1.	Wprowadzenie	195
7.2.	Oddziaływanie na środowisko według sektorów gospodarki	196
7.2.1.	Energetyka	196
7.2.2.	Przemysł	197
7.2.3.	Budownictwo i gospodarka komunalna	199
7.2.4.	Transport	200
7.2.5.	Rolnictwo	201
7.2.6.	Materiały eksploatacyjne w działalności gospodarczej	202
7.3.	Obciążenie środowiska w wyniku wykorzystania zasobów	203
7.3.1.	Rodzaje zasobów środowiska	203
7.3.2.	Wykorzystanie surowców nieenergetycznych	204
7.3.3.	Wykorzystanie surowców energetycznych	204
7.3.4.	Wykorzystanie zasobów wody	205
7.3.5.	Wykorzystanie zasobów gruntów i gleby	205
7.4.	Charakterystyka zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska	206
7.4.1.	Powstawanie i przenoszenie zanieczyszczeń	206
7.4.2.	Główne zanieczyszczenia chemiczne	207
7.4.2.1.	Dwutlenek i tlenek węgla	207

7.4.2.2.	Tlenki siarki	208
7.4.2.3.	Tlenki azotu	208
7.4.2.4.	Ciężkie metale	209
7.4.2.5.	Substancje rozproszone	210
7.4.2.6.	Metan i inne węglowodory	211
7.4.3.	Inne obciążenia środowiska	211
7.4.4.	Obciążenia środowiska pracy	214
7.5.	Skutki w środowisku wywołane wprowadzaniem obciążeń	215
7.5.1.	Wprowadzenie	215
7.5.2.	Uszczuplenie zasobów naturalnych	216
7.5.3.	Oddziaływanie zanieczyszczeń na zdrowie ludzkie	218
7.5.4.	Zmiany klimatyczne	221
7.5.4.1.	Efekt cieplarniany	221
7.5.4.2.	Degradacja stratosferycznej warstwy ozonowej	226
7.5.5.	Skażenie środowiska	229
7.5.5.1.	Zakwaszenie środowiska	229
7.5.5.2.	Smog letni i zimowy w atmosferze	230
7.5.5.3.	Eutrofizacja środowiska	231
7.5.6.	Oddziaływanie obciążeń środowiska na materiały i budowle	232
7.5.7.	Inne skutki środowiskowe	233
7.5.8.	Skutki obciążenia środowiska pracy	234
7.6.	Wykorzystanie energii odnawialnej a środowisko	236
7.6.1.	Skutki wykorzystania energii słonecznej	236
7.6.2.	Skutki energetycznego wykorzystania biomasy	237
7.6.3.	Skutki wykorzystania energii wiatru	238
7.6.4.	Oddziaływanie małej energetyki wodnej	239
7.6.5.	Skutki wykorzystania złóż geotermalnych	240
7.6.6.	Porównanie wybranych wskaźników charakteryzujących oddziaływanie na środowisko	241
8.	Określanie zużycia energii pierwotnej dla wyrobów i nośników energii	244
8.1.	Potrzeba określania zużycia energii pierwotnej	244
8.2.	Skumulowane zużycie energii	245
8.3.	Skumulowane obciążenie środowiska	248
8.4.	Nakład nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii do miejsca wykorzystania	250

8.5.	Skumulowana sprawność energetyczna pozyskania i dostarczenia nośnika energii do miejsca wykorzystania	253
8.6.	Przykład określania sprawności użytkowej energii wykorzystywanej w budynku	257
8.7.	Zasady obliczania zużycia energii pierwotnej w miejscu wykorzystania	259
8.8.	Analiza energetyczna i energetyczno-ekologiczna	261
8.9.	Możliwości poprawy charakterystyki energetyczno-ekologicznej przetworzonych nośników energii	268
8.9.1.	Charakterystyka energetyczno-ekologiczna nośników energii	268
8.9.2.	Możliwości wpływu na charakterystykę energetyczno-ekologiczną nośników energii	270
8.9.3.	Zwiększenie efektywności obecnych technologii energetycznych	271
8.9.4.	Zwiększenie udziału skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej	272
8.9.5.	Poprawa wskaźników ekologicznych obecnych technologii energetycznych	273
8.9.6.	Wprowadzanie nowych technologii energetycznych	275
8.9.7.	Zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych	275
8.9.8.	Udział energetyki jądrowej	277
9.	Możliwości wpływu na zużycie energii w pełnym cyklu istnienia obiektu	279
9.1.	Wprowadzenie	279
9.2.	Przekształcenia obiektu technicznego w cyklu istnienia	281
9.3.	Wpływ rozwiązań urbanistycznych i architektonicznych na energochłonność obiektów budowlanych	282
9.4.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie projektowania	285
9.4.1.	Czynniki proekologicznego oddziaływania	285
9.4.2.	Możliwości wpływu przez wybór nośników energii	287
9.4.3.	Maksymalne zapotrzebowanie na nośniki energii końcowej	288
9.4.4.	Możliwości wpływu na zużycie materiałów, wyrobów i nośników energii	288

9.4.5.	Możliwości wpływu na wytworzenie i dostarczenie energii podczas użytkowania	290
9.5.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie realizacji obiektu	293
9.6.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie użytkowania	295
9.6.1.	Czynniki uwzględniane w fazie użytkowania	295
9.6.2.	Znaczenie trwałości wyrobów i obiektu	297
9.6.3.	Rola systemu eksploatacji w zużyciu zasobów i oddziaływaniu na środowisko	299
9.6.4.	Możliwości oddziaływania na zużycie materiałów i wyrobów	301
9.7.	Możliwości wpływu na efektywność energetyczną w fazie likwidacji	302
9.8.	Możliwości wpływu na efektywność energetyczną przez racjonalizację wyrobów	304
9.8.1.	Działania w cyklu istnienia	304
9.8.2.	Projektowanie wyrobów	305
9.8.3.	Wytwarzanie wyrobów	306
9.8.4.	Eksploatacja wyrobów	307
9.8.5.	Likwidacja i poużytkowe przetwarzanie wyrobów	308
9.8.6.	Racjonalna gospodarka odpadami i zasobami użytkowymi	309
9.9.	Doskonalenie praktyki działalności gospodarczej	311
9.10.	Projektowanie proekologiczne i rozwój	312
10.	Formułowanie przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii	315
10.1.	Działalność o charakterze modernizacyjnym	315
10.2.	Podjęcie decyzji gospodarczych	317
10.2.1.	Wprowadzenie	317
10.2.2.	Podjęcie przy podejmowaniu problemu modernizacji	318
10.2.3.	Stosowanie rachunku efektywności ekonomicznej	320
10.3.	Rodzaje przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii	321
10.3.1.	Wprowadzenie	321
10.3.2.	Podział przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii	323
10.3.2.1.	Podział ze względu na poziom występowania w procesach	323
10.3.2.2.	Podział ze względu na wielkość nakładów niezbędnych na realizację	324

10.3.2.3. Podział ze względu na motywację przy podejmowaniu decyzji o realizacji	325
10.3.2.4. Podział ze względu na sposób uzyskiwania efektów	326
10.3.2.5. Podział ze względu na charakter wprowadzanych zmian	326
10.3.3. Wykorzystanie surowców wtórnych	329
10.4. Obszary poszukiwania oszczędności energii według ustawy o efektywności energetycznej [U10, U11]	330
10.5. Audyting energetyczny i zasady jego wykonywania	331
10.5.1. Wprowadzenie	331
10.5.2. Podstawowe określenia	333
10.5.3. Wykonywanie audytingu energetycznego	335
10.5.3.1. Przygotowanie do wykonywania audytingu ...	335
10.5.3.2. Opracowanie zbioru danych o użytkowaniu energii	336
10.5.3.3. Obserwacje przebiegu procesów produkcji i pomiary	337
10.5.3.4. Zestawienie bilansu energii	339
10.5.3.5. Sformułowanie propozycji przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii	340
10.5.3.6. Obliczanie energetycznych efektów modernizacji	340
10.5.4. Uwagi o audytingu energetycznym obiektów budowlanych	342
11. Problemy określania kosztów i efektów działalności	344
11.1. Uogólnione koszty i efekty społeczne	344
11.2. Efekty w realizacji przedsięwzięć racjonalizujących działalność gospodarczą	347
11.3. Instrumenty polityki ekologicznej w racjonalizacji gospodarczej	349
11.4. Zasady określania efektów w działalności jednostek wykorzystujących energię	351
11.4.1. Jednostki gospodarcze	352
11.4.2. Jednostki niekreujące dochodu	356
11.5. Uwagi o określaniu nakładów na realizację przedsięwzięć	357
11.5.1. Nakłady inwestycyjne	357
11.5.2. Uwagi o określaniu nakładów na modernizację	359
11.6. Możliwości wpływu na koszty w pełnym cyklu istnienia obiektu	361

12. Określanie kosztów, dochodu i przepływów pieniężnych	365
12.1. Koszty w przedsiębiorstwie	365
12.1.1. Wprowadzenie	365
12.1.2. Koszty i wyniki działalności operacyjnej	366
12.2. Określanie kosztów i dochodu w analizach efektywności ekonomicznej	374
12.2.1. Określanie kosztów realizacji i funkcjonowania przedsięwzięć	374
12.2.2. Określanie kosztów eksploatacji	375
12.2.3. Dochód netto związany z funkcjonowaniem przedsięwzięcia	378
12.3. Przepływy pieniężne podczas funkcjonowania obiektu technicznego	381
12.3.1. Określenia	381
12.3.2. Określanie wartości przepływów pieniężnych	382
12.3.3. Określanie przyrostu przepływów pieniężnych po modernizacji	385
12.4. Określanie składników kosztów eksploatacji	387
12.4.1. Koszt nośników energii	387
12.4.1.1. Wprowadzenie	387
12.4.1.2. Rozporządzenia taryfowe i taryfy opłat za nośniki energii	388
12.4.1.3. Koszt ciepła	389
12.4.1.4. Koszt paliw gazowych	390
12.4.1.5. Koszt energii elektrycznej	392
12.4.1.6. Koszt paliw ciekłych i stałych	393
12.4.2. Opłaty za korzystanie ze środowiska	394
12.4.2.1. Wprowadzenie	394
12.4.2.2. Wprowadzanie zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do środowiska	394
12.4.2.3. Umieszczanie odpadów na składowisku	397
13. Metody oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć	398
13.1. Koncepcja podejścia	398
13.2. Okres eksploatacji i stopa dyskontowa	401
13.2.1. Okres eksploatacji przedsięwzięcia	401
13.2.2. Zmiana wartości pieniądza w czasie	403
13.2.3. Obliczanie wartości zaktualizowanej przychodów	405

13.3. Metoda wartości zaktualizowanej kosztów w pełnym cyklu istnienia	408
13.4. Metoda wartości zaktualizowanej netto w pełnym cyklu istnienia	413
13.4.1. Wartość zaktualizowana netto	413
13.4.1.1. Obliczanie wartości zaktualizowanej netto	413
13.4.1.2. Podstawowe czynniki wpływające na wartość <i>NPV</i>	415
13.4.2. Wewnętrzna stopa zwrotu	416
13.4.3. Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu	419
13.4.4. Ocena przedsięwzięć o różnym okresie eksploatacji i różnym poziomie ryzyka	420
13.4.4.1. Metoda zastępowania łańcuchowego	421
13.4.4.2. Metoda nieskończonej powtarzalności wartości <i>NPV</i>	423
13.5. Metoda dynamicznego kosztu efektu społecznego	425
13.6. Koszt uzyskania oszczędności kosztów energii i kosztów eksploatacji	429
13.7. Okres zwrotu nakładów	431
13.7.1. Prosty okres zwrotu nakładów	431
13.7.2. Zdyskontowany okres zwrotu nakładów	434
13.8. Ocena wiarygodności wyników analizy	436
13.8.1. Potrzeba oceny wiarygodności wyników analizy ekonomicznej przedsięwzięcia	436
13.8.2. Niepewność wynikająca z oceny poziomu nakładów inwestycyjnych	438
13.8.3. Niepewność ze względu na ocenę efektów	439
13.8.4. Niepewność wynikająca z przygotowania projektu	440
13.8.5. Metody oceny ryzyka	440
13.8.5.1. Jednoparametrowa analiza wrażliwości	440
13.8.5.2. Metody statystyczne	441
13.8.5.3. Przykład analizy wrażliwości dwóch przedsięwzięć modernizacyjnych	443
14. Przykładowe przedsięwzięcia modernizacyjne i ocena ich opłacalności ekonomicznej	447
14.1. Wprowadzenie	447
14.2. Problem odzysku ciepła odpadowego wentylacji w budynku użyteczności publicznej	452

14.2.1. Określenie możliwości modernizacji	452
14.2.2. Opis istniejącej instalacji	453
14.2.3. Proponowany zakres przebudowy instalacji	454
14.2.4. Bilans cieplny instalacji wentylacyjnej przed modernizacją	457
14.2.5. Bilans cieplny układu po modernizacji	459
14.2.6. Przystosowanie charakterystyki nagrzewnicy	463
14.2.7. Obliczenie sprawności energetycznej układu rekuperacji .	463
14.2.8. Energetyczne efekty modernizacji instalacji wentylacyjnej	465
14.2.9. Ocena efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia	466
14.3. Modernizacja ciepłowni komunalnej wyposażonej w kotły typu WR	469
14.3.1. Wprowadzenie	469
14.3.2. Charakterystyka modernizowanego obiektu	471
14.3.2.1. Opis kotłowni	471
14.3.2.2. Wyposażenie i stan techniczny ciepłowni	471
14.3.2.3. Charakterystyka techniczna kotłów WR 10 ...	475
14.3.2.4. Ocena pracy jednostek kotłowych	473
14.3.2.5. Wykres uporządkowany zapotrzebowania na moc cieplną	474
14.3.3. Zakres modernizacji kotłów	476
14.3.3.1. Informacje ogólne	476
14.3.3.2. Propozycja zakresu modernizacji	477
14.3.3.3. Analiza przebiegu obciążenia jednostek kotłowych po modernizacji	479
14.3.3.4. Określenie poziomu nakładów i kosztów eksploatacji	482
Bibliografia	487