
Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń, jednostek, czynników konwersji i przedrostków do tworzenia nazw i symboli	15
Przedmowa	19
Wstęp	21
Wprowadzenie	23
1. Charakterystyka zanieczyszczeń środowiska	29
1.1. Wprowadzenie	29
1.2. Antropogeniczne zanieczyszczenia atmosfery	29
1.2.1. Charakterystyka głównych zanieczyszczeń atmosfery	33
1.2.2. Tlenki azotu NO _x	33
1.2.3. Tlenki siarki	34
1.2.4. Tlenki węgla	36
1.2.5. Związki organiczne w spalinach	38
1.2.6. Sadza	39
1.2.7. Pyły i popioły	39
1.2.8. Pozostałe szkodliwe produkty spalania węgla	40
1.2.9. Fluorowodór	41
1.2.10. Ozon	42
1.3. Antropogeniczne zanieczyszczenia wód	43
1.3.1. Znaczenie wody dla organizmów żywych	43
1.3.2. Rodzaje zanieczyszczeń wody	44
1.3.3. Zanieczyszczenia wody związane z energetyką	47
1.4. Antropogeniczne zanieczyszczenia gleby	49
1.4.1. Charakterystyka zanieczyszczeń gleby	49
1.4.2. Metale ciężkie	49
1.4.3. Odpady paleniskowe żużel, popiół i pozostałości z odsiarczania	52
1.5. Skażenie środowiska ciepłem	53
1.5.1. Przyczyny skażenia środowiska ciepłem.	53

1.5.2.	Skutki zrzutów ciepła do środowiska	54
1.5.3.	Sposoby przeciwdziałania skażeniu środowiska ciepłem	55
1.6.	Przyczyny skażenia środowiska promieniowaniem	56
1.6.1.	Skutki oddziaływania promieniowania na środowisko	57
1.6.2.	Sposoby przeciwdziałania skażenia środowiska promieniowaniem ...	60
1.7.	Skutki zanieczyszczeń środowiska	61
1.8.	Podsumowanie	61
	Bibliografia	62
2.	Skażenie powietrza w Polsce i udział w nim ditlenku węgla	66
2.1.	Wprowadzenie	66
2.2.	Skażenie środowiska w Polsce	66
2.3.	Źródła i rodzaje skażeń	68
2.3.1.	Przemysłowe skażenie środowiska	69
2.3.2.	Energetyka i skażenie środowiska	71
2.4.	Ditlenek węgla i jego rola w środowisku	71
2.4.1.	Efekt cieplarniany	72
2.4.2.	Ditlenek węgla a globalne ocieplenie	73
2.4.3.	Rehabilitacja ditlenku węgla	77
2.5.	Co dalej z ditlenkiem węgla	79
2.5.1.	O konieczności redukcji emisji CO ₂	79
2.5.2.	Metody usuwania CO ₂	80
2.6.	Podsumowanie	81
	Bibliografia	81
3.	Ochrona powietrza – odpylanie suche	84
3.1.	Wprowadzenie	84
3.2.	Główne źródła zapylenia powietrza w Polsce	84
3.2.1.	Budowa autostrad	85
3.2.2.	Budownictwo mieszkaniowe	85
3.2.3.	Zapylenie i skażenie wywołane odzyskiem materiałów	86
3.3.	Metody usuwania zanieczyszczeń z powietrza	86
3.4.	Podział i skuteczność odpylaczy	87
3.5.	Odpylacze grawitacyjne	87
3.5.1.	Typy grawitacyjnych odpylaczy	87
3.5.2.	Podstawy teoretyczne grawitacyjnego odpylacza komorowego	89
3.5.3.	Rodzaje grawitacyjnych odpylaczy komorowych	90
3.5.4.	Grawitacyjne odpylacze półkowe	91
3.5.5.	Grawitacyjne odpylacze przewodowe	92
3.5.6.	Charakterystyka techniczna odpylaczy grawitacyjnych	93
3.6.	Odpylacze inercyjne	94
3.6.1.	Odpylacze inercyjno-uderzeniowe	95
3.6.2.	Odpylacze inercyjno-odśrodkowe	95
3.6.3.	Multicyklony	100
3.7.	Odpylacze filtracyjne	101
3.7.1.	Filtracja	101
3.7.2.	Etapy filtrowania	102
3.7.3.	Filtry z tkaninami filtracyjnymi	104

3.7.4.	Charakterystyka filtrów tkaninowych	105
3.7.5.	Rodzaje filtrów tkaninowych	105
3.7.6.	Filtry z wypełnieniem warstwowym	108
3.7.7.	Filtry z wypełnieniem ceramicznym	111
3.8.	Elektrofiltry	111
3.8.1.	Zależności opisujące zjawisko elektrofiltracji	112
3.8.2.	Elektrofiltry	113
3.8.3.	Elektrostatyczny separator	114
3.9.	Podsumowanie	116
	Bibliografia	116
4.	Odpylanie i oczyszczanie mokre	118
4.1.	Wprowadzenie	118
4.2.	Mechanizm odpylania mokrego	118
4.3.	Płuczki bez wypełnienia – Skrubery	120
4.3.1.	Odpylacze natryskowe	120
4.3.2.	Mokre odpylacze inercyjne	121
4.3.3.	Skrubery Venturiego	122
4.3.4.	Skrubery odśrodkowe	124
4.4.	Skrubery z wypełnieniem do odpylania i oczyszczania gazu	124
4.4.1.	Sposoby rozwinięcia powierzchni wymiany masy	125
4.4.2.	Rodzaje wypełnień stałych	126
4.4.3.	Skrubery z wypełnieniem stałym	126
4.4.4.	Skrubery z wypełnieniem ciekłym, barbotażowe i półkowe	128
4.4.5.	Skrubery pianowe	130
4.5.	Podsumowanie	131
	Bibliografia	132
5.	Odsiarczanie węgla – separatory	133
5.1.	Wprowadzenie	133
5.2.	Metody odsiarczania paliw stałych	133
5.3.	Grawitacyjne odsiarczanie węgla i usuwanie skały płonnej	135
5.3.1.	Podstawy teoretyczne separacji grawitacyjnej w płynie	135
5.3.2.	Podstawy teoretyczne separatorów odśrodkowych– –hydrocyklonów	137
5.3.3.	Rodzaje separatorów	139
5.4.	Grawitacyjno-inercyjne odsiarczanie węgla	141
5.4.1.	Osadzarki	141
5.4.2.	Wzbogacalniki stożkowe	143
5.4.3.	Wzbogacalniki strumieniowe	143
5.4.4.	Wzbogacalniki zawieszinowe	144
5.4.5.	Wzbogacalniki zawieszinowe odśrodkowe	146
5.4.6.	Wzbogacanie węgla na stołach koncentracyjnych	147
5.4.7.	Podsumowanie grawitacyjno-inercyjnego odsiarczania węgla	148
5.5.	Odsiarczanie przez flotacyjne wzbogacanie węgla	149
5.5.1.	Proces flotacji	149
5.5.2.	Środki flotacyjne	150
5.5.3.	Flotatory do wzbogacania węgla	150
5.6.	Podsumowanie	152
	Bibliografia	153

6. Odsiarczanie gazu, ropy naftowej i ropopochodnych	155
6.1. Wprowadzenie	155
6.2. Zestawienie metod odsiarczania	155
6.3. Odsiarczanie surowej ropy	156
6.3.1. Termiczne odsiarczanie surowej ropy	156
6.3.2. Biotechnologiczne odsiarczanie surowej ropy	157
6.4. Odsiarczanie gazów	157
6.4.1. Odsiarczanie aminowe gazów zawierających siarkowodor	158
6.4.2. Redukcyjno-utleniająca konwersja H_2S	160
6.4.3. Adsorpcyjna metoda desulfuryzacji gazów zasiarczonych	160
6.4.4. Proces Clausa	161
6.5. Odsiarczanie produktów z ropy naftowej	162
6.5.1. Wstępna rafinacja ropopochodnych	163
6.5.2. Hydroodsiarczanie HDS	163
6.5.3. Desulfuryzacja oksydacyjna	164
6.5.4. Technologia ULSD	166
6.5.5. Proces Merox	167
6.6. Charakterystyka aparatury do odsiarczania ropopochodnych	168
6.6.1. Płuczka wstępnego ługowania	168
6.6.2. Reaktor Merox	169
6.6.3. Filtr piaskowy	169
6.6.4. Oddzielacz ługu	171
6.6.5. Płuczka wodna	171
6.6.6. Filtr solny	171
6.6.7. Filtr z ziemią bielącą Fullera	172
6.7. Podsumowanie	172
Bibliografia	172
7. Ochrona powietrza przez odsiarczanie spalin	175
7.1. Wprowadzenie	175
7.2. Odsiarczanie spalin w palenisku	175
7.3. Podział technologii odsiarczania spalin	176
7.3.1. Odsiarczanie mokre	177
7.3.2. Metoda sucha	180
7.3.3. Odsiarczanie półsuche	181
7.3.4. Odsiarczanie adsorpcyjno-utleniające	185
7.3.5. Odsiarczanie metodą RESOX	186
7.4. Absorbery	187
7.4.1. Wprowadzenie	187
7.4.2. Przegląd absorberów	187
7.5. Podsumowanie	190
Bibliografia	190
8. Ochrona powietrza przez ograniczanie emisji NO_x	193
8.1. Wprowadzenie	193
8.2. Ograniczenie powstawania NO_x w procesie spalania	195
8.3. Mechanizmy powstawania NO_x	196
8.3.1. Mechanizm termiczny	196

8.3.2.	Mechanizm szybki	197
8.3.3.	Mechanizmy paliwowy	197
8.3.4.	Mechanizmy powstawania NO za pośrednictwem N ₂ O	198
8.3.5.	Mechanizm tworzenia się ditlenku azotu NO ₂	199
8.3.6.	Porównanie metod powstawania NO _x w procesach spalania	199
8.4.	Metody pierwotne obniżania emisji NO _x w spalinach	200
8.4.1.	Palniki niskoemisyjne	201
8.4.2.	Obniżenie temperatury spalania przez recyrkulację spalin	203
8.4.3.	Niskoemisyjne paleniska	203
8.4.4.	Wielostrefowe spalanie paliwa	204
8.4.5.	Zastosowanie wiru niskotemperaturowego	205
8.4.6.	Redukcja NO _x przez spalanie paliw w cyrkulującej warstwie fluidalnej	207
8.5.	Podsumowanie	209
	Bibliografia	210
9.	Metody usuwania NO_x ze spalin	212
9.1.	Wprowadzenie	212
9.2.	Przegląd suchych metod usuwania tlenków azotu ze spalin	213
9.2.1.	Selektywna niekatalityczna redukcja NO _x	213
9.2.2.	Selektywna sucha redukcja katalityczna NO _x	215
9.2.3.	Nieselektywna sucha redukcja katalityczna NO _x	216
9.2.4.	Katalityczny suchy rozkład NO _x	217
9.2.5.	Sucha adsorpcja NO _x	218
9.2.6.	Sucha radiacyjna metoda usuwania NO _x	220
9.3.	Wtórne mokre metody obniżania emisji NO _x w spalinach	222
9.3.1.	Usuwanie NO _x w ciekłych absorberach alkalicznych	223
9.3.2.	Adsorpcja w EDTA	223
9.3.3.	Metody utleniająco-absorpcyjne	224
9.3.4.	Metody z zastosowaniem silnych utleniaczy i absorpcji	224
9.3.5.	Metody absorpcyjne redukujące	226
9.4.	Biotechnologiczne metody usuwania NO _x i CO ₂ ze spalin	226
9.5.	Nakłady inwestycyjne na redukcję NO _x	228
9.6.	Jednoczesne usuwanie NO _x i SO ₂	228
9.6.1.	Metoda SHL	229
9.6.2.	Metoda WSA-SNOX	229
9.6.3.	Zmodyfikowana metoda suszenia rozpyłowego SDA	231
9.7.	Katalityczne utlenianie CO, węglowodorów i SO ₂	231
9.7.1.	Dopalanie katalityczne	232
9.7.2.	Technologia Swingtherm	232
9.8.	Fotokataliza heterogeniczna	233
9.8.1.	Mechanizm fotokatalizy heterogenicznej	233
9.8.2.	Reakcje fotokatalitycznego rozkładu NO _x , SO ₂ i VOC	234
9.8.3.	Reaktory fotokatalityczne	235
9.9.	Technologie związane z CO ₂	236
9.9.1.	Metody usuwania ditlenku węgla z gazów	236
9.9.2.	Metody zagospodarowania ditlenku węgla	241
9.9.3.	Wykorzystanie ditlenku węgla w przemyśle chemicznym	241
9.9.4.	Niekonwencjonalne sposoby wykorzystania ditlenku węgla	243
9.10.	Podsumowanie	244
	Bibliografia	245

10. Wpływ energetyki i przemysłu na hydrosferę Polski	250
10.1. Wprowadzenie	250
10.2. Hydrosfera	250
10.2.1. Zasoby hydrologiczne świata	250
10.2.2. Światowy potencjał hydroenergetyczny	251
10.2.3. Zasoby wodne Polski	253
10.2.4. Zasoby hydroenergetyczne Polski	253
10.3. Wpływ energetyki wodnej na środowisko wodne Polski	254
10.3.1. Zalety i wady DEW	254
10.3.2. Wpływ MEW na środowisko	256
10.4. Wpływ energetyki konwencjonalnej na hydrosferę Polski	257
10.4.1. Skażenie wód produktami spalania	258
10.4.2. Straty ekologiczne związane z uzdatnianiem wody	258
10.4.3. Straty wody w procesach technologicznych elektrowni	259
10.4.4. Straty wody związane z odprowadzaniem żużla	259
10.4.5. Pośrednie oddziaływanie energetyki parowej na środowisko	259
10.5. Podsumowanie	260
Bibliografia	260
11. Gospodarka wodna w zakładzie energetycznym	262
11.1. Wprowadzenie	262
11.2. Gospodarka wodna w elektrociepłowni	262
11.3. Charakterystyka obiegów wodnych w energetyce	264
11.3.1. Obieg wodno-parowy	264
11.3.2. Obieg chłodzący	265
11.3.3. Obieg wody ruchowej	267
11.3.4. Obieg hydrotransportu żużla	267
11.3.5. Obiegi ciepłownicze	270
11.4. Wpływ otwartych obiegów w elektrowni na środowisko	272
11.4.1. Charakterystyka zagrożeń związanych ze wzrostem temperatury	272
11.4.2. Wpływ temperatury na skład chemiczny wód powierzchniowych	273
11.4.3. Wpływ temperatury na procesy biologiczne wód powierzchniowych	274
11.4.4. Metody walki ze skażeniem bakteryjnym wód chłodzących	275
11.4.5. Wpływ otwartego obiegu wód chłodzących na życie flory i fauny	275
11.4.6. Wpływ zamkniętych obiegów chłodni na otoczenie	277
11.5. Podsumowanie	278
Bibliografia	279
12. Procesy mechaniczne gospodarki wodnej	281
12.1. Wprowadzenie	281
12.2. Operacje mechaniczne w czerpaniu i uzdatnianiu wody	281
12.2.1. Podział urządzeń mechanicznych stosowanych w gospodarce wodnej	282
12.3. Urządzenia oczyszczania wstępnego	283
12.3.1. Kraty	283
12.3.2. Sita	284
12.3.3. Przykłady krat i sit	285

12.3.4.	Urządzenia do transportu i zagęszczania skrutek	287
12.3.5.	Mikrosita	287
12.3.6.	Przykłady mikrosit	289
12.4.	Urządzenia separacji z wykorzystaniem różnicy gęstości	290
12.4.1.	Podstawy teoretyczne separacji grawitacyjnej	290
12.4.2.	Piaskowniki	292
12.4.3.	Tłuszczowniki – separatory tłuszczu	293
12.4.4.	Flotatory	294
12.4.5.	Osadniki	297
12.5.	Operacje mieszania cieczy i rodzaje mieszalników	298
12.5.1.	Metody mieszania cieczy i rodzaje mieszalników	299
12.5.2.	Mieszanie pneumatyczne	299
12.5.3.	Mieszanie hydrauliczne	301
12.5.4.	Mieszanie mechaniczne	303
12.5.5.	Mieszalniki	306
12.6.	Napowietrzanie wody – aeratory	306
12.6.1.	Podstawy teoretyczne	307
12.6.2.	Podział aeratorów	310
12.6.3.	Aeratory stosowane do odżelaziania wody	314
12.6.4.	Aeratory stosowane do oczyszczania ścieków	317
12.7.	Podsumowanie	318
	Bibliografia	319

13. Urządzenia hydromechaniczne i ich wpływ

	na środowisko	321
13.1.	Wprowadzenie	321
13.2.	Operacje hydrotransportu	321
13.2.1.	Podział pomp	321
13.2.2.	Pompy wyporowe	322
13.2.3.	Pompy wirowe	324
13.2.4.	Współpraca pompy z rurociągiem	326
13.2.5.	Pompowanie hydromieszanin (płynu i zawiesin)	326
13.2.6.	Rodzaje pomp	328
13.2.7.	Pompy obiegu głównego zasilania kotłów	328
13.2.8.	Pompy obiegów chłodniczych	329
13.2.9.	Pompy obiegów pomocniczych i wspomagających	330
13.3.	Rurociągi	330
13.3.1.	Rury	330
13.3.2.	Łączenie rur	332
13.4.	Zawory	334
13.4.1.	Typy i budowa zaworu	335
13.4.2.	Zawory wzniosowe	336
13.4.3.	Zawory zasuwowe	341
13.4.4.	Zawory klapowe	342
13.4.5.	Zawory kurkowe	342
13.4.6.	Zawory specjalne	345
13.5.	Uszczelnienia i zadławienia	346
13.5.1.	Uszczelnienia spoczynkowe	346
13.5.2.	Podstawy teoretyczne płaskich uszczelnień kołnierzowych	347
13.5.3.	Przykłady spoczynkowych uszczelnień kołnierzowych	348
13.5.4.	Uszczelnienia ruchowe (zadławienia)	349

13.6. Podsumowanie	351
Bibliografia	351
14. Operacje fizykochemiczne stosowane w uzdatnianiu wody	352
14.1. Wprowadzenie	352
14.2. Pierwszy etap uzdatniania wody – klarowanie przez koagulację koloidalnych zanieczyszczeń	354
14.2.1. Teoria koloidów	355
14.2.2. Koagulacja koloidów	357
14.2.3. Koagulanty	358
14.2.4. Mechanizm działania koagulantów	359
14.2.5. Technologia koagulacji	360
14.2.6. Przygotowanie roztworów koagulantów	361
14.2.7. Reaktory koagulacyjne	362
14.2.8. Komory flokulacji	363
14.2.9. Osadzanie zanieczyszczeń i klarowanie	366
14.3. Filtracja	368
14.3.1. Podstawy teoretyczne filtracji	369
14.3.2. Podział filtrów	370
14.3.3. Rodzaje filtrów piaskowych stosowanych do uzdatniania wody	370
14.4. Mikro i ultrafiltracja	372
14.4.1. Mikrofiltracja	372
14.4.2. Ultrafiltracja	373
14.4.3. Mikro i ultrafiltracja w obiegach chłodzących w energetyce	373
14.5. Podsumowanie	374
Bibliografia	374
15. Procesy chemiczne uzdatniania wody	376
15.1. Wprowadzenie	376
15.2. Odżelazianie wody	377
15.2.1. Formy występowania żelaza w wodzie	377
15.2.2. Odżelazianie wód obojętnych i lekko zasadowych	377
15.2.3. Odżelazianie wód kwaśnych	378
15.2.4. Odżelazianie wód powierzchniowych	379
15.2.5. Urządzenia do odżelaziania wody	379
15.3. Odmanganianie wody	380
15.3.1. Reakcje odmanganiania	381
15.3.2. Urządzenia do odmanganiania wody	381
15.3.3. Inne metody i uwarunkowania odmanganiania wody	382
15.4. Odgazowanie wody	382
15.4.1. Korozyjne działanie gazów rozpuszczonych w wodzie	383
15.4.2. Metody odgazowania wody	384
15.4.3. Odgazowywacze	387
15.4.4. Zastosowania praktyczne odgazowywaczy	390
15.5. Fotokatalityczne uzdatnianie wody	391
15.5.1. Mechanizm fotokatalitycznego oczyszczania wody	391
15.5.2. Reaktory do fotokatalitycznego oczyszczania wody	392
15.6. Podsumowanie	393
Bibliografia	393

16. Zmiękczenie wody	396
16.1. Wprowadzenie	396
16.2. Metody zmiękczenia	398
16.3. Dekarbonizacja termiczno-chemiczna	398
16.4. Dekarbonizacja chemiczna	399
16.4.1. Zmiękczenie wody wapnem	400
16.4.2. Zmiękczenie sodą	403
16.4.3. Zmiękczenie wody ługiem sodowym	404
16.4.4. Zmiękczenie wapnem i sodą	405
16.4.5. Metoda fosforanowa	406
16.5. Jonitowe zmiękczenie wody	409
16.5.1. Charakterystyka wymiany jonowej	409
16.5.2. Układy wymienników jonowych	412
16.5.3. Jonitowe sposoby zmiękczenia wody	412
16.5.4. Budowa wymienników jonowych	415
16.5.5. Cykl pracy wymienników jonowych	416
16.6. Membranowe techniki zmiękczenia wody	418
16.6.1. Przegląd technik membranowych	418
16.6.2. Podstawy teoretyczne technik membranowych	419
16.6.3. Zjawiska osmozy w demineralizacji wody	420
16.6.4. Odwrócona osmoza	421
16.6.5. Wykorzystanie odwróconej osmozy w energetyce	423
16.6.6. Elektrodializa ED	424
16.6.7. Elektrodializa odwracalna EDR	426
16.6.8. Elektrodejonizacja	428
16.6.9. Membranowe układy hybrydowe demineralizacji wody	429
16.7. Analiza wpływu poszczególnych etapów uzdatniania wody na środowisko	429
16.7.1. Środowiskowe oddziaływanie gospodarki wodnej elektrociepłowni	430
16.7.2. Oddziaływanie mechanicznych metod oczyszczania wody na środowisko	430
16.7.3. Wpływ pracy hydromechanicznych urządzeń na środowisko	431
16.7.4. Operacje fizykochemiczne uzdatniania wody i ich wpływ na środowisko	431
16.7.5. Chemiczne uzdatnianie wody w aspekcie ochrony środowiska	432
16.7.6. Oddziaływanie produktów zmiękczenia, dekarbonizacji i demineralizacji wody na środowisko	432
16.8. Podsumowanie	433
Bibliografia	433
17. Litosfera i wpływ na nią energetyki konwencjonalnej	435
17.1. Wprowadzenie	435
17.2. Gleba	436
17.2.1. Procesy glebotwórcze	436
17.2.2. Rodzaje gleb	437
17.2.3. Charakterystyka gleb	438
17.2.4. Gleby antropogeniczne	439
17.2.5. Zanieczyszczenia gleby	440
17.2.6. Czynniki wpływające na samooczyszczanie się gleby	442

17.3.	Wpływ produktów spalania na litosferę	442
17.3.1.	Skutki zmiany pH gleby	442
17.4.	Odpady z przemysłu paliwowo-energetycznego	444
17.4.1.	Zagospodarowanie odpadów przemysłu wydobywco- -paliwowego	444
17.4.2.	Wtórne odpady przemysłu energetycznego i ich zastosowanie	445
17.4.3.	Charakterystyka popiołów i żużli węglowych	446
17.4.4.	Skład chemiczny popiołów i żużli węglowych	447
17.4.5.	Promieniotwórczość węgla i produktów jego spalania	448
17.5.	Mokre składowanie odpadów paleniskowych	450
17.5.1.	Własności filtracyjne popiołów i żużli paleniskowych	450
17.5.2.	Charakterystyka wody nadosadowej w składowiskach mokrych	451
17.5.3.	Wpływ składowisk popiołów i żużli na hydrosferę	452
17.6.	Suche składowanie odpadów paleniskowych	453
17.6.1.	Składowanie odpadów paleniskowych z kotłów fluidalnych	453
17.6.2.	Wpływ składowisk popiołów i żużli na atmosferę	454
17.6.3.	Wpływ stałych produktów spalania na organizmy żywe	455
17.6.4.	Metody przeciwdziałające pyleniu składowisk	457
17.6.5.	Rekultywacja składowisk odpadów paleniskowych	457
17.7.	Składowanie odpadów z odsiarczania spalin	459
17.7.1.	Odpady z mokrej IOS	459
17.7.2.	Specyfika składowania odpadów z mokrej IOS	459
17.7.3.	Odpady z półsuchej technologii odsiarczania spalin	460
17.8.	Zagospodarowanie odpadów z przemysłu energetycznego	460
17.8.1.	Tradycyjne sposoby recyklingu odpadów z energetyki	460
17.8.2.	Typy, rodzaje, sortymenty i gatunki pyłów i żużli	461
17.8.3.	Wytwarzanie i zagospodarowanie popiołów lotnych w Polsce	463
17.8.4.	Zagospodarowanie UPS w Polsce, UE i USA	464
17.9.	Lekkie kruszywa budowlane z suchych popiołów lotnych	465
17.9.1.	Technologia pollytag	465
17.9.2.	Własności mechaniczne kruszyw lekkich pollytag	467
17.9.3.	Mit o radioaktywności kruszyw lekkich pollytag	467
17.9.4.	Zalety kruszyw lekkich pollytag	469
17.9.5.	Proekologiczność pollytagu i prognozy jego dalszych zastosowań	470
17.9.6.	Postscriptum	471
17.10.	Technologia otrzymywania z żużlu i popiołu budowlanej wełny mineralnej	472
17.10.1.	Chińska jednoczesna produkcja energii i materiałów budowlanych ...	472
17.10.2.	Technologia produkcji materiałów budowlanych z ciekłego żużla	472
17.10.3.	Wełna mineralna z ciekłego żużla	473
17.11.	Podsumowanie	475
	Bibliografia	476
	Skorowidz	479