

Wstęp	11
1. Krótka historia smogu	13
1.1. Smog na świecie	13
1.2. Smog w Polsce	20
2. Powietrze i jego przepływy	25
2.1. Miary ilości substancji w powietrzu	25
2.2. Naturalne powietrze, czyli czym powinniśmy oddychać	27
2.3. Pionowa struktura atmosfery	30
2.4. Bilans energii Ziemi	32
2.5. Planetarna warstwa graniczna i warstwa mieszania	35
2.6. Ruchy powietrza w skali globalnej	37
2.7. Pionowe ruchy powietrza	39
2.7.1. Adiabatyczny gradient termiczny	39
2.7.2. Atmosfera stabilna i niestabilna	41
2.7.3. Stany atmosfery i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń	44
2.7.4. Charakterystyka inwersji	47
2.8. Poziome ruchy powietrza	50
2.9. Cyrkulacja powietrza w skali lokalnej	51
2.9.1. Wpływ topografii terenu na cyrkulację powietrza	51
2.9.2. Przepływ powietrza w przestrzeniach zabudowanych	51
2.10. Modelowanie propagacji zanieczyszczeń	59
2.11. Identyfikacja źródeł zanieczyszczeń	62
3. Jak powstaje smog?	64
3.1. Źródła naturalne	66
3.1.1. Podział i charakterystyka źródeł naturalnych	66
3.1.2. Wywiewanie z gleb	70
3.1.3. Bioaerozole	72
3.1.4. Stan równowagi	73
3.2. Spalanie paliw	74
3.2.1. Węgiel i węglowodory	74
3.2.2. Gaz ziemny	76
3.2.3. Paliwa płynne	77
3.2.4. Stałe paliwa kopalne	78
3.2.5. Biomasa	82
3.2.6. Podstawy procesu spalania	84
3.2.7. Spalanie paliw gazowych i ciekłych	88
3.2.8. Spalanie węgla	91
3.2.9. Spalanie biomasy	97
3.2.10. Spalanie odpadów	99
3.2.11. Ocena cyklu życia źródeł energii	100
3.2.12. Energia energii nierówna	102
3.2.13. Transport drogowy	105
3.2.13.1. Technologie i normy	105
3.2.13.2. Charakterystyka parku samochodowego	109
3.2.14. Transport morski	113
3.3. Inne antropogeniczne źródła zanieczyszczeń	114
3.3.1. Źródła przemysłowe	114
3.3.2. Źródła poza przemysłem	119
3.4. Zanieczyszczenia wtórne	123
3.4.1. Kwaśne opady	123
3.4.2. Powstawanie ozonu troposferycznego	124
3.4.3. Powstawanie pyłów wtórnych	126
3.5. Wzór Ehrlicha	130
4. Polska specjalność – kocioł węglowy	132
4.1. Rozproszona zabudowa	132
4.2. Kotły i piece	134
4.3. Organizacja procesu spalania paliwa stałego	136
4.3.1. Kocioł zasypowy	136
4.3.2. Spalanie od góry	137
4.3.3. Kocioł retortowy	140

4.3.4.	Klasy kotłów	141
4.4.	Jak bardzo truje kopciuch?	143
4.5.	Jakość węgla	152
4.5.1.	Ocena jakości	152
4.5.2.	Wzbogacanie węgla	154
4.5.3.	Odpady z produkcji węgla	157
4.5.4.	Rozporządzenie w sprawie jakości paliw stałych	160
4.6.	Koks i błękitny węgiel	163
4.6.1.	Koks	163
4.6.2.	Błękitny węgiel	163
4.6.3.	Roszków – studium przypadku	166
4.7.	Odpady w palenisku	168
4.8.	Alarm – dodatki poprawiające spalanie	171
5.	Charakterystyka zanieczyszczeń powietrza	174
5.1.	Rodzaje i grupy zanieczyszczeń	174
5.2.	Czas trwania substancji	177
5.3.	Zanieczyszczenia gazowe	178
5.3.1.	Tlenki węgla	178
5.3.2.	Tlenki siarki	181
5.3.3.	Związki azotu	182
5.3.4.	Ozon troposferyczny	183
5.3.5.	Węglowodory i ich pochodne	184
5.3.6.	Chlorofluorowęglowodory i ozon stratosferyczny	186
5.4.	Aerozole i pyły zawieszone	187
5.4.1.	Rozmiary drobin pyłu	189
5.4.2.	Ruchy cząstek w powietrzu	193
5.4.2.1.	Sedymentacja	193
5.4.2.2.	Ruchy Browna	196
5.4.2.3.	Uderzanie i przechwytywanie	197
5.4.2.4.	Średnica aerodynamiczna	199
5.4.2.5.	Wywiewanie cząstek	200
5.4.3.	Skład chemiczny pyłu	201
5.4.4.	Szczególnie szkodliwe składniki aerozoli	204
5.4.4.1.	Benzen	205
5.4.4.2.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	205
5.4.4.3.	Benzo(a)piren	210
5.4.4.4.	Dioksyny	211
5.4.4.5.	Metale ciężkie	214
5.4.5.	Rakotwórczość pyłu	221
6.	Wpływ smogu na zdrowie	222
6.1.	Skąd wiadomo, że smog szkodzi?	222
6.1.1.	Wnioskowanie epidemiologiczne	222
6.1.2.	Badania in vitro	229
6.1.3.	Badania in vivo na zwierzętach	230
6.1.4.	Badania kliniczne z udziałem ludzi	231
6.1.5.	Problemy w badaniach toksykologicznych	232
6.2.	Wchłanianie i oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza	233
6.2.1.	Oddychanie	234
6.2.2.	Oddziaływanie zanieczyszczeń i mechanizmy obronne	236
6.3.	Dawka i jej skutek	242
6.3.1.	Dawka zdeponowana	242
6.3.2.	Dawka ostra i dawka przewlekła	246
6.3.3.	Zależność dawka – skutek	247
6.3.4.	Zależność dawka – skutek dla substancji rakotwórczych	249
6.4.	Ocena ryzyka i wyznaczanie norm	250
6.4.1.	Ryzyko względne	250
6.4.2.	Ocena zagrożenia substancjami nieuznawanymi za rakotwórcze	251

6.4.3.	Ocena zagrożenia substancjami uznawanymi za rakotwórcze	254
6.4.4.	Ocena zagrożenia na stanowisku pracy	254
6.4.5.	Ryzyko skumulowane	256
6.4.6.	Wytyczne i normy	256
6.5.	O ile smog psuje nam zdrowie?	258
6.5.1.	Wpływ smogu na rozwój i zdrowie dzieci	258
6.5.1.1.	Ekspozycja prenatalna	259
6.5.1.2.	Ekspozycja po urodzeniu	260
6.5.2.	Umieralność z powodu smogu	261
6.5.2.1.	Umieralność w Polsce	261
6.5.2.2.	Międzynarodowe dane o umieralności	266
6.5.3.	Wpływ smogu na wybrane narządy	269
6.6.	Czy doczekamy się efektu?	271
7.	Czym oddycha Polak?	272
7.1.	Ocena narażenia	272
7.2.	System pomiarów jakości powietrza w Polsce	273
7.3.	Średnie narażenie mieszkańców Polski	277
7.3.1.	Sposób wyznaczania średnich wartości	277
7.3.2.	Paradoks benzo(a)pirenu	280
7.3.3.	Niebezpieczne zanieczyszczenia nieuwzględnione w zestawieniu	284
7.4.	Narażenie mieszkańców województw	285
7.5.	W którą stronę zmierzamy?	289
7.6.	Powietrze w Polsce i w Europie	293
7.7.	Źródła najbardziej znaczących emisji	300
7.7.1.	Bilans emisji	300
7.7.2.	Identyfikacja głównych źródeł groźnych zanieczyszczeń	304
8.	Jak pokonać smog?	311
8.1.	Podstawy strategii walki ze smogiem	311
8.1.1.	Miara zagrożenia ze strony poszczególnych substancji	312
8.1.2.	Udział źródeł	315
8.1.3.	Oszacowanie zagrożenia zdrowia z poszczególnych źródeł	316
8.2.	Ile warto na to wydać?	319
8.2.1.	Przydatne miary ekonomiczne	319
8.2.2.	Społecznie optymalny koszt redukcji zanieczyszczeń	322
8.2.3.	Wielkość strat z powodu smogu w Polsce	323
8.3.	Główne operacje ograniczania smogu i ich przeciętny koszt całkowity	324
8.3.1.	Koszt - ogrzewanie indywidualne	325
8.3.2.	Koszt - energetyka i ciepłownictwo	327
8.3.3.	Koszt - transport	327
8.3.4.	Zestawienie przeciętnych kosztów całkowitych	328
8.4.	Plan dla Polski	329
8.4.1.	Ogrzewanie indywidualne	329
8.4.2.	Energetyka i ciepłownictwo	336
8.4.3.	Transport	337
8.4.4.	Spodziewany efekt redukcji zanieczyszczeń	343
8.4.5.	Pozostałe kategorie	344
8.5.	Kto za to zapłaci?	348
8.6.	Jak to się robi w Krakowie	349
8.6.1.	Gmina Kraków	349
8.6.2.	Wojewódzkie uchwały antysmogowe	351
8.7.	Bierna ochrona przed smogiem	353
Literatura		359
Skorowidz		376