

# Spis treści

<b>Wstęp</b> . . . . .	15
<b>1. Wody podziemne w środowisku przyrodniczym (Grzegorz Barczyk)k</b> . . . . .	17
1.1. Wprowadzenie . . . . .	17
1.2. Hydrologiczny obieg wody w przyrodzie . . . . .	19
1.2.1. Wiadomości wstępne . . . . .	19
1.2.2. Występowanie wód w przyrodzie i czas ich wymiany . . . . .	21
1.2.3. Schemat krążenia wody w przyrodzie . . . . .	22
Opady . . . . .	24
Retencja . . . . .	25
Spływ powierzchniowy . . . . .	26
Parowanie . . . . .	27
Odpływ podziemny . . . . .	28
Wody kondensacyjne . . . . .	29
1.2.4. Bilans krążenia wody . . . . .	29
1.3. Wody infiltrujące . . . . .	29
1.3.1. Wody strefy aeracji . . . . .	31
Woda higroskopijna . . . . .	31
Woda błonkowa . . . . .	31
Woda kapilarna . . . . .	32
Woda zawieszona . . . . .	32
1.3.2. Wody strefy saturacji . . . . .	33
Wody przypowierzchniowe . . . . .	34
Wody gruntowe . . . . .	34
Wody głębokie . . . . .	35
Wody głębinowe . . . . .	35
1.4. Wody podziemne o genezie niezwiązanej ze współczesnym obiegiem . . . . .	36
1.4.1. Wody juvenilne . . . . .	36
1.4.2. Wody reliktove . . . . .	37
1.4.3. Wody metamorficzne . . . . .	37
<b>2. Charakterystyka przestrzeni hydrogeologicznej (Włodzimierz Huumnicki)</b> . . . . .	39
2.1. Wprowadzenie . . . . .	39
2.2. Ośrodek i przestrzeń hydrogeologiczna . . . . .	39
2.2.1. Porowatość . . . . .	40

2.2.2. Porowatość efektywna . . . . .	45
2.2.3. Szczelinowatość . . . . .	46
2.2.4. Krasowatość . . . . .	48
2.3. Właściwości ośrodka hydrogeologicznego . . . . .	49
2.3.1. Wodochłonność . . . . .	50
2.3.2. Odsączalność . . . . .	51
2.3.3. Pojemność i odsączalność sprężysta . . . . .	52
2.3.4. Przepuszczalność hydrauliczna . . . . .	53
2.4. Występowanie wód podziemnych w ośrodku hydrogeologicznym . . . . .	55
2.4.1. Wiadomości wstępne . . . . .	55
Warstwy przepuszczalne i wodonośne . . . . .	55
Warstwy o zwierciadle swobodnym i naporowym . . . . .	56
2.4.2. Warunki występowania wód podziemnych w strukturach i środowiskach geologicznych . . . . .	58
Utwory polodowcowe i aluwialne . . . . .	59
Formy tektoniczne w utworach przedczwartorzędowych . . . . .	64
Strefy wybrzeży morskich . . . . .	64
2.4.3. Wpływ litologii i warunków tektonicznych na krążenie wód podziemnych . . . . .	68
Przykłady regionalne z terenu Polski . . . . .	69
<b>3. Zasilanie i drenaż wód podziemnych (Włodzimierz Humnicki)</b> . . . . .	<b>72</b>
<hr/>	
3.1. Zasilanie wód podziemnych . . . . .	72
3.1.1. Infiltracja opadów atmosferycznych . . . . .	72
Uwagi ogólne i definicje . . . . .	72
Kondensacja pary wodnej w strefie aeracji . . . . .	73
Czynniki wpływające na infiltrację opadów atmosferycznych . . . . .	74
3.1.2. Infiltracja wód powierzchniowych . . . . .	77
3.1.3. Zasilanie z innych poziomów wodonośnych . . . . .	78
3.2. Drenaż wód podziemnych . . . . .	80
3.2.1. Źródła . . . . .	80
Pojęcia podstawowe . . . . .	80
Kryteria klasyfikacji źródeł . . . . .	81
Reżim źródeł . . . . .	84
3.2.2. Drenaż przez ciekły powierzchniowe . . . . .	86
3.2.3. Parowanie terenowe i podziemne . . . . .	88
3.2.4. Odptyw podziemny i metody jego oceny . . . . .	89
3.3. System wodonośny . . . . .	96
<b>4. Przepływ wód podziemnych (Ewa Krogulec)</b> . . . . .	<b>97</b>
<hr/>	
4.1. Filtracja . . . . .	97
4.1.1. Filtracja, prędkość filtracji . . . . .	97
4.1.2. Wysokość hydrauliczna . . . . .	98
4.1.3. Spadek hydrauliczny . . . . .	100
4.1.4. Parametry hydrogeologiczne . . . . .	101
Współczynnik filtracji . . . . .	102
Współczynnik przepuszczalności . . . . .	103
Podział skał ze względu na przepuszczalność . . . . .	103
Sposoby uśredniania parametrów na przykładzie współczynnika filtracji . . . . .	105
Przewodność warstwy wodonośnej . . . . .	106
Pojemność wodna skał . . . . .	106

4.2. Prawo Darcy'ego . . . . .	107
4.2.1. Henry Philibert Gaspard Darcy (1803–1858) . . . . .	107
4.2.2. Zależności określone prawem Darcy'ego . . . . .	107
4.2.3. Zakres stosowalności prawa Darcy'ego . . . . .	108
4.3. Natężenie przepływu $Q$ . . . . .	109
4.4. Przesączanie, przesiąkanie . . . . .	111
4.5. Siatka hydrodynamiczna . . . . .	115
4.5.1. Hydroizohipsa . . . . .	115
4.5.2. Linia prądu . . . . .	115
4.5.3. Siatka hydrodynamiczna i jej elementy . . . . .	117
4.6. Ruch wody podziemnej . . . . .	119
4.6.1. Ruch ustalony . . . . .	119
4.6.2. Ruch nieustalony . . . . .	119
4.6.3. Równanie filtracji . . . . .	120
<b>5. Chemizm wód podziemnych (Dariusz Dobrzyński)</b> . . . . .	<b>123</b>
5.1. Budowa cząsteczki wody i jej skład izotopowy . . . . .	123
5.2. Właściwości fizyczne i chemiczne wody . . . . .	124
5.3. Woda jako rozpuszczalnik. Podstawy chemii fizycznej wód . . . . .	126
5.3.1. Formy występowania substancji w wodach podziemnych . . . . .	126
5.3.2. Aktywność. Siła jonowa roztworów wodnych . . . . .	128
5.3.3. Prawo działania mas . . . . .	129
5.3.4. Dysocjacja elektrolityczna wody . . . . .	129
5.3.5. Iloczyn rozpuszczalności. Iloczyn aktywności form . . . . .	130
5.4. Rozpuszczanie minerałów. Hydratacja. Hydroliza . . . . .	131
5.5. Rozpuszczanie gazów . . . . .	132
5.6. Tworzenie się związków kompleksowych i koloidów . . . . .	133
5.7. Właściwości fizyczne, chemiczne i organoleptyczne wód podziemnych . . . . .	135
5.7.1. Właściwości fizyczne . . . . .	135
Temperatura . . . . .	135
Przewodność elektrolityczna właściwa . . . . .	137
Radoczynność . . . . .	138
Gęstość i lepkość . . . . .	140
5.7.2. Właściwości chemiczne . . . . .	140
Mineralizacja ogólna. Sucha pozostałość . . . . .	140
Odczyn wody (pH) . . . . .	143
Potencjał utleniająco-redukcyjny (Eh) . . . . .	144
Zasadowość i kwasowość . . . . .	147
Chemiczne i biochemiczne zapotrzebowanie na tlen . . . . .	147
Twardość . . . . .	148
Agresywność . . . . .	149
5.7.3. Wybrane właściwości organoleptyczne . . . . .	149
Barwa . . . . .	149
Przezroczystość, mętność i zawiesiny . . . . .	150
Zapach . . . . .	150
5.8. Skład chemiczny wód podziemnych . . . . .	151
5.8.1. Charakterystyka wybranych gazów . . . . .	151
Tlen ( $O_2$ ) . . . . .	152
Dwutlenek węgla ( $CO_2$ ) . . . . .	152
Siarkowódór ( $H_2S$ ) . . . . .	153

5.8.2. Główne i podrzędne składniki wód . . . . .	154
Wodorowęglany . . . . .	154
Siarczany . . . . .	154
Chlorki . . . . .	156
Sód . . . . .	156
Potas . . . . .	157
Magnez . . . . .	157
Wapń . . . . .	157
Nieorganiczne związki azotu (jony amonowe, azotyny, azotany) . . . . .	158
Żelazo . . . . .	159
Krzem . . . . .	160
Substancja organiczna . . . . .	160
5.8.3. Wybrane mikroskładniki . . . . .	161
Bor . . . . .	161
Fluor, brom, jod . . . . .	162
Arsen . . . . .	163
Miedź, cynk, kadm, rtęć, ołów . . . . .	163
Chrom, mangan, nikiel . . . . .	164
Glin . . . . .	165
Pierwiastki promieniotwórcze (rad, uran, tor) . . . . .	166
5.9. Jakość wód podziemnych . . . . .	167
5.9.1 Wprowadzenie . . . . .	167
5.9.2. Jakość wód pitnych . . . . .	168
5.9.3. Kryteria oceny wód leczniczych . . . . .	168
<b>6. Naturalne czynniki i procesy kształtujące skład chemiczny wód podziemnych</b> (Dariusz Dobrzyński)	170
6.1. Wprowadzenie . . . . .	170
6.2. Rola atmosfery w kształtowaniu chemizmu wód opadowych . . . . .	171
6.3. Wpływ roślinności i ewapotranspiracji . . . . .	175
6.4. Procesy zachodzące w glebie i strefie aeracji. Wietrzenie chemiczne. Rozpuszczanie . . . . .	177
6.5. Procesy w strefie saturacji . . . . .	181
6.5.1. Procesy sorpcyjne . . . . .	182
6.5.2. Procesy membranowe . . . . .	185
6.5.3. Przemiany promieniotwórcze . . . . .	186
6.5.4. Wpływ procesów magmowych i metamorficznych . . . . .	186
6.5.5. Mieszanie się wód podziemnych o różnym składzie chemicznym . . . . .	187
6.6. Wpływ warunków hydrogeologicznych . . . . .	187
<b>7. Badania hydrogeologiczne i opracowanie ich wyników</b> (Dorota Janica)	192
7.1. Wprowadzenie . . . . .	192
7.2. Badania terenowe . . . . .	192
7.2.1. Kartowanie hydrogeologiczne . . . . .	193
7.2.2. Pobieranie próbek wód i skał . . . . .	196
Pobieranie próbek wód . . . . .	196
Pobieranie próbek skał . . . . .	197
7.3. Badania laboratoryjne . . . . .	198
7.3.1. Podstawowe badania laboratoryjne skał na potrzeby hydrogeologii . . . . .	198
Laboratoryjne wyznaczenie współczynnika filtracji . . . . .	198
Określanie współczynnika filtracji wzorami empirycznymi . . . . .	200

Oznaczanie wodochłonności, odsączalności, porowatości efektywnej . . . . .	203
Badania składu mineralogicznego i chemicznego skał . . . . .	204
7.3.2. Badania laboratoryjne wód . . . . .	204
Rodzaje analiz chemicznych wód podziemnych h . . . . .	204
Metody badań chemizmu wód . . . . .	205
7.4. Prace kameralne . . . . .	207
7.4.1. Ocena i weryfikacja danych hydrogeologicznychh . . . . .	207
7.4.2. Bazy danych . . . . .	209
Bank HYDRO . . . . .	209
Monitoringowa Baza Danych (MONBADA) . . . . .	209
Sieć Stacjonarnych Obserwacji Wód Podziemnych w Polsce (SSOWP) . . . . .	210
Baza danych wód gruntowych. Baza danych przepływów gruntowych . . . . .	210
7.4.3. Profile i przekroje hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne . . . . .	210
Profile hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne . . . . .	210
Przekroje hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne . . . . .	211
7.4.4. Metody przedstawiania parametrów hydrogeologicznych hydrogeochemicznych . . . . .	213
7.4.5. Tło i anomalie hydrogeochemiczne . . . . .	214
<b>8. Mapy hydrogeologiczne (Franciszek Knyszyński)</b> . . . . .	218
8.1. Wprowadzenie . . . . .	218
8.2. Cel sporządzania map hydrogeologicznych . . . . .	219
8.3. Metodyka sporządzania map hydrogeologicznych . . . . .	220
8.4. Skale map hydrogeologicznych . . . . .	222
8.5. Tematyka map hydrogeologicznych . . . . .	223
8.6. Seryjne mapy hydrogeologiczne Polski . . . . .	226
<b>9. Bilanse wodne (Franciszek Knyszyński)</b> . . . . .	232
9.1. Wprowadzenie . . . . .	232
9.2. Składniki bilansu wodnego . . . . .	232
9.3. Bilans wód podziemnych . . . . .	237
9.3.1. Bilans hydrogeologiczny w warunkach umiarkowanej antropopresji . . . . .	238
9.3.2. Bilans hydrogeologiczny w warunkach aktywnej antropopresji . . . . .	240
9.4. Bilans wodnogospodarczy . . . . .	243
<b>10. Zasoby wód podziemnych (Franciszek Knyszyński)</b> . . . . .	246
10.1. Wprowadzenie . . . . .	246
10.2. Zasoby statyczne . . . . .	248
10.3. Zasoby dynamiczne . . . . .	249
10.3.1. Charakterystyka zasobów dynamicznych . . . . .	249
10.3.2. Bezpośrednie metody obliczania zasobów w dynamicznych . . . . .	250
10.3.3. Pośrednie metody szacowania zasobów dydynamicznych . . . . .	251
Metoda infiltracyjna . . . . .	251
Metoda wahań zwierciadła wody podziemnej . . . . .	254
Metoda regresji zwierciadła wody . . . . .	254
Metody hydrologiczne . . . . .	255
10.4. Zasoby dyspozycyjne . . . . .	257
10.5. Zasoby eksploatacyjne . . . . .	261
10.6. Zasoby sprężyste . . . . .	262

10.7. Zasoby sztuczne wód podziemnych . . . . .	263
10.8. Zasoby wzbudzone wód podziemnych . . . . .	264
10.9. Dokumentowanie zasobów wód podziemnych . . . . .	264
10.9.1. Wiadomości wstępne . . . . .	264
10.9.2. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych . . . . .	266
10.9.3. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych . . . . .	267
10.9.4. Inne rodzaje dokumentacji hydrogeologicznych . . . . .	268
<b>11. Modelowanie hydrodynamiczne (Ewa Krogulec)</b>	<b>269</b>
11.1. Definicja modelu . . . . .	269
11.2. Budowa modelu . . . . .	270
11.3. Dyskretyzacja obszaru . . . . .	272
11.4. Schematyzacja warunków hydrogeologicznych . . . . .	273
11.5. Metody modelowania numerycznego . . . . .	273
11.6. Warunki brzegowe modeli numerycznych . . . . .	275
11.7. Identyfikacja modelu . . . . .	277
11.8. Weryfikacja modelu . . . . .	278
11.9. Organizacja badań modelowych . . . . .	278
11.10. Programy komputerowe . . . . .	279
<b>12. Modelowanie geochemiczne wód podziemnych (Dariusz Dobrzyński)</b>	<b>280</b>
12.1. Wprowadzenie . . . . .	280
12.2. Pojęcie modelu geochemicznego . . . . .	281
12.2.1. Rodzaje modeli geochemicznych . . . . .	282
12.2.2. Weryfikacja, prawidłowość i użyteczność modeli geochemicznych . . . . .	283
12.3. Podstawowe pojęcia dotyczące termodynamiki i kinetyki procesów formujących skład chemiczny wód podziemnych . . . . .	284
12.4. Dane wejściowe do modeli geochemicznych . . . . .	288
12.5. Konstruowanie koncepcyjnych modeli geochemicznych. Modelowanie odwrotne a modelowanie wprost . . . . .	289
12.6. Modelowanie specyjalne i modelowanie rozpuszczalności . . . . .	291
12.7. Modelowanie odwrotne bilansu masy . . . . .	294
12.8. Modelowanie dróg reakcji . . . . .	295
12.9. Modelowanie procesów sorpcyjnych . . . . .	299
12.10. Modelowanie transportu reaktywnego . . . . .	300
12.11. Modelowanie kinetyki reakcji . . . . .	302
12.12. Wybrane programy komputerowe do modelowania geochemicznego wód podziemnych . . . . .	303
<b>13. Zastosowanie badań izotopowych w hydrogeologii (Paweł M. Leśniak)</b>	<b>305</b>
13.1. Wprowadzenie . . . . .	305
13.2. Izotopy trwałe – podstawowe pojęcia . . . . .	305
13.3. Wzorce w badaniach izotopowych . . . . .	308
13.4. Efekty izotopowe tlenu i wodoru w cyklu hydrologicznym . . . . .	309
13.4.1. Skład izotopowy wód obiegu meteorycznego . . . . .	309
13.4.2. Hydrogram izotopowy . . . . .	313
13.4.3. Wymiana izotopowa woda-skała . . . . .	314

13.5. Obieg związków węgla w przyrodzie oraz frakcjonowanie izotopów węgla, tlenu i wodoru . . . . .	315
13.5.1. Wody podziemne i biosfera . . . . .	315
13.5.2. Metan w wodach podziemnych . . . . .	318
13.5.3. Dwutlenek węgla i metan w wodach zanieczyszczonych antropogenicznie w siarczanach . . . . .	319
13.6. Obieg związków siarki w przyrodzie oraz frakcjonowanie izotopów siarki i tlenku w siarczanach . . . . .	320
13.6.1. Frakcjonowanie izotopów siarki – uwagi i ogólne . . . . .	320
13.6.2. Skład izotopowy siarki jako wskaźnik zanieczyszczenia wód podziemnych siarczanami i siarczkami . . . . .	322
13.7. Obieg związków azotu w przyrodzie oraz frakcjonowanie izotopów azotu i tlenu . . . . .	323
13.7.1. Skład izotopowy głównych zbiorników azotu . . . . .	323
13.7.2. Wpływ nawozów naturalnych i ścieków na skład izotopowy azotanów w wodach podziemnych . . . . .	325
13.8. Izotopy trwałe chloru . . . . .	326
13.8.1. Skład izotopowy chloru w wybranych środowiskach naturalnych . . . . .	326
13.8.2. Izotopy chloru a zanieczyszczenia węglowodorami chlorowcopochodnymi . . . . .	327
13.9. „Datowanie” wód podziemnych z wykorzystaniem radiogenicznych izotopów wodoru, węgla i chloru . . . . .	328
13.9.1. „Datowanie” trytem . . . . .	329
13.9.2. „Datowanie” radiowęglem . . . . .	329
13.9.3. „Datowanie” chlorem-36 . . . . .	331
<b>14. Ujęcia wód podziemnych (Józef Mikołajków)</b> . . . . .	<b>333</b>
14.1. Wprowadzenie . . . . .	333
14.2. Typy ujęć wód podziemnych . . . . .	334
14.2.1. Ujęcia źródeł . . . . .	334
14.2.2. Ujęcia poziome . . . . .	334
14.2.3. Ujęcia infiltracyjne . . . . .	338
14.2.4. Studnie . . . . .	340
Studnie kopane . . . . .	340
Studnie wiercone . . . . .	342
14.3. Obniżenie zwierciadła wody, lej depresji . . . . .	348
14.4. Podstawy projektowania i wykonywania studni wierconych . . . . .	351
14.4.1. Podstawa prawna (stan na 01.10.2005) . . . . .	351
Projekt prac geologicznych . . . . .	351
Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych . . . . .	352
14.4.2. Podstawowe zasady projektowania studni wierconych . . . . .	352
14.5. Filtry studzienne . . . . .	355
14.5.1. Dobór filtru . . . . .	356
14.5.2. Obsypka filtracyjna . . . . .	359
14.5.3. Wymiary filtru . . . . .	360
Długość części roboczej filtru . . . . .	360
Średnica filtru . . . . .	361
14.5.4. Dopuszczalna wydajność studni . . . . .	363
Dopuszczalna prędkość wlotowa . . . . .	363
Dopuszczalna prędkość przepływu wody przez otwory filtru . . . . .	365
Maksymalna depresja wytwarzana podczas eksploatacji studni . . . . .	365
Sposób umieszczenia pompy w studni i wierconej . . . . .	365
14.6. Zasięg leja depresji . . . . .	367

14.7.	Przygotowanie studni do eksploatacji . . . . .	367
14.7.1.	Pompowanie oczyszczające (usprawniające) . . . . .	367
14.7.2.	Pompowanie badawcze . . . . .	368
14.7.3.	Pobór próbek wody. . . . .	369
14.8.	Ujęcia wielootworowe. . . . .	369
<b>15.</b>	<b>Dopływ wody do studni (Józef Mikołajków)</b>	<b>371</b>
15.1.	Wprowadzenie . . . . .	371
15.1.1.	Schematyzacja warunków dopływu wody do studni . . . . .	371
15.1.2.	Wyznaczanie parametrów hydrogeologicznych na podstawie pompowań badawczych . . . . .	375
15.2.	Dopływ ustalony do studni. . . . .	378
15.2.1.	Równanie dopływu ustalonego do studni zupełnej (równanie Dupuita). . . . .	378
15.2.2.	Dopływ do studni niezupełnej. . . . .	385
	Poprawka na niezupełność studni (poprawka Forchheimera) . . . . .	385
	Mięszość strefy aktywnego dopływu wody do studni . . . . .	387
15.2.3.	Współdziałanie studzien . . . . .	388
15.2.4.	Dopływ do studni w pobliżu granic hydrogeologicznych . . . . .	390
15.2.5.	Dopływ do studni w skałach szczelinowych. . . . .	393
15.3.	Interpretacja wyników pompowań badawczych w warunkach dopływu ustalonego	394
15.4.	Dopływ nieustalony do studni . . . . .	397
15.4.1.	Warstwa wodonośna o zwierciadle napiętym . . . . .	399
15.4.2.	Warstwa wodonośna zasilana z przesiąkania przez utwory słabo przepuszczalne . . . . .	403
15.4.3.	Dopływ z uwzględnieniem opóźnionego odsączania. . . . .	407
15.5.	Interpretacja wyników pompowań badawczych w warunkach dopływu nieustalonego	410
15.5.1.	Metoda krzywych wzorcowych . . . . .	411
15.5.2.	Metoda przybliżenia logarytmicznego Theisa–Jacobca. . . . .	413
15.6.	Efekt przyścienny, ocena sprawności studni . . . . .	417
<b>16.</b>	<b>Zagrożenia zasobów wód podziemnych. Rodzaje zanieczyszczeń</b>	<b>421</b>
	(Aleksandra Macioszczyk, Józef Mikołajków)	
16.1.	Wprowadzenie . . . . .	421
16.2.	Zubożenie zasobów wód podziemnych . . . . .	422
16.2.1.	Wiadomości wstępne. . . . .	422
16.2.2.	Eksploatacja wód na potrzeby ludności i rolnictwa . . . . .	424
16.2.3.	Odwodnienia górnicze . . . . .	424
16.3.	Zagrożenia jakości wód podziemnych . . . . .	425
16.3.1.	Przyczyny pogorszenia jakości wody . . . . .	425
	Stosowane pojęcia . . . . .	425
	Przyczyny pogarszania jakości wód podziemnych . . . . .	427
	Wskaźniki zanieczyszczeń . . . . .	429
16.3.2.	Ogniska zanieczyszczeń . . . . .	430
16.3.3.	Zanieczyszczenia geogeniczne . . . . .	433
16.3.4.	Zanieczyszczenia antropogeniczne . . . . .	434
16.3.5.	Wtórne zanieczyszczenia wód . . . . .	439

<b>17. Transport zanieczyszczeń w wodach podziemnych</b> (Jerzy J. Małecki)	441
17.1. Wprowadzenie . . . . .	441
17.2. Przenoszenie dyfuzyjne . . . . .	444
17.3. Przenoszenie adwekcyjne . . . . .	446
17.4. Dyspersja . . . . .	449
17.5. Opóźnienie przenoszenia zanieczyszczeń w wyniku procesów sorpcyjnych . . . . .	452
17.6. Rozpad i biodegradacja zanieczyszczeń . . . . .	458
17.7. Programy do modelowania transportu zanieczyszczeń w wodach podziemnych . . . . .	461
17.7.1. Program MT3D i jego modyfikacje . . . . .	461
17.7.2. Program PHREEQC . . . . .	462
<b>18. Ochrona wód podziemnych</b> (Józef Mikołajków, rozdz. 18.1–18.3, Ewa Krogulec, 18.4, 18.5)	464
18.1. Wiadomości wstępne . . . . .	464
18.2. Ochrona ujęć wód podziemnych . . . . .	466
18.2.1. Ustanawianie i wyznaczanie stref ochronnych ujęć . . . . .	466
Teren ochrony bezpośredniej . . . . .	467
Teren ochrony pośredniej . . . . .	467
18.2.2. Przykłady metod wyznaczania strefy ochrony pośredniej . . . . .	472
Metody modelowe . . . . .	473
Metoda superpozycji . . . . .	474
Metoda Wysslinga . . . . .	474
18.3. Ochrona zbiorników wód podziemnych . . . . .	475
18.4. Podatność wód podziemnych na zanieczyszczenia . . . . .	477
18.4.1. Wiadomości wstępne . . . . .	477
18.4.2. Przykładowe metody oceny podatności . . . . .	478
Metoda DRATIC . . . . .	478
Metoda DIVERSITY . . . . .	482
Czas przesączania jako kryterium oceny podatności . . . . .	482
18.4.3. Mapy podatności . . . . .	482
18.5. Wody podziemne w raportach oddziaływania na środowisko . . . . .	483
<b>19. Monitoring wód podziemnych</b> (Aleksandra Macioszyk)	486
19.1. Ogólne założenia i cele monitoringu wód podziemnych . . . . .	486
19.2. Punkty badawcze i organizacja sieci monitoringu wód podziemnych . . . . .	488
19.3. Rodzaje monitoringu wód podziemnych . . . . .	489
19.3.1. Wiadomości wstępne . . . . .	489
19.3.2. Monitoringi regionalne . . . . .	490
19.3.3. Monitoring obszarów chronionych . . . . .	492
19.3.4. Monitoring w obszarach przygranicznych . . . . .	493
19.3.5. Monitoring osłony ujęć wód podziemnych . . . . .	493
19.3.6. Monitoring osłony wokół ognisk zanieczyszczeń . . . . .	494
19.4. Projektowanie i działanie sieci monitoringu oraz raporty z badań . . . . .	495
19.4.1. Programy badań monitoringowych . . . . .	495
19.4.2. Interpretacja wyników badań monitoringowych . . . . .	495
Wiadomości wstępne . . . . .	495
Oceny ilościowe wód podziemnych . . . . .	496
Ocena stanu chemicznego wód podziemnych . . . . .	497
Łączna ocena stanu wód podziemnych . . . . .	501
19.4.3. Raporty dotyczące przeprowadzenia badań monitoringowych . . . . .	501

<b>20. Uwarunkowania prawne zarządzania zasobami wód podziemnych</b> (Andrzej Sadurski)	503
20.1. Podstawowe akty prawne . . . . .	503
20.2. Zasady ochrony wód . . . . .	507
20.3. Strefy i obszary ochronne . . . . .	510
20.4. Zarządzanie zasobami wodnymi. . . . .	511
20.5. Instrumenty zarządzania zasobami wodnymi. . . . .	512
Plany gospodarki wodnej. . . . .	513
Pozwolenia wodnoprawne . . . . .	513
Opłaty i należności w gospodarce wodnej . . . . .	514
Kataster wodny . . . . .	514
Kontrola gospodarowania wodami . . . . .	514
20.6. Państwowa służba hydrogeologiczna . . . . .	515
20.7. Inne zadania administracji . . . . .	517
20.7.1. Projekty badań geologicznych i dokumentacje hydrogeologiczne . . . . .	517
20.7.2. Informacja hydrogeologiczna . . . . .	519
20.7.3. Spółka wodna . . . . .	519
<b>Literatura</b> . . . . .	521
<b>Podstawowe akty prawne, dyrektywy, rozporządzenia, wytyczne, ustawy</b> . . . . .	539
<b>Objaśnienia zbiorcze do rysunków</b> . . . . .	542
<b>Wykaz oznaczeń do podręcznika</b> . . . . .	543
<b>Indeks (opracowała Anna Binder).</b> . . . . .	559