

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>1 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody</b>	<b>15</b>
1.1 Změny skupenství	16
1.1.1 Fázový diagram, trojný a kritický bod vody	17
1.2 Absorpce a rozptyl světla ve vodě	18
1.3 Autoprotolýza a pH vody	19
1.4 Rozpouštění pevných látek ve vodě	20
1.4.1 Iontová síla a aktivita iontů v roztocích	22
1.5 Hustota vody	23
1.5.1 Teplotně-hustotní stratifikace	24
1.6 Viskozita vody	25
1.7 Povrchové napětí vody	26
1.8 Rozpustnost plynů ve vodě	27
1.8.1 Rozpuštěný kyslík	28
1.8.2 Rozpuštěný oxid uhličitý	29
1.9 Neutralizační a tlumivá kapacita vody	31
1.10 Vodivost vody	34
1.11 Oxidačně-redukční potenciál vody	35
1.12 Koroze ve vodním prostředí	38
1.13 Hydrostatické a hydrodynamické vlastnosti vody	40
1.13.1 Hydrostatika	40
1.13.2 Hydrodynamika	42
Poznámky k 1. kapitole	45
Poznámka 1.1a – Teplotní stupnice	45
Poznámka 1.1b – Brownův pohyb	45
Poznámka 1.2a – Vlnový pohyb	45
Poznámka 1.2b – Absorpční koeficienty	45
Poznámka 1.2c – Tyndallův efekt	45
Poznámka 1.4 – Permitivita vody	46
Poznámka 1.8 – Dekompresní (kesonová) nemoc	46
Poznámka 1.8.2 – Diurnální změny	46
Poznámka 1.9a – KNK	47
Poznámka 1.9b – Určení pH bodu ekvivalence a stanovení KNK titrací podle Grana	47
Poznámka 1.11 – Princip potenciometrie	47
Poznámka 1.13.2 – Aplikace Bernoulliho rovnice	49
<b>2 Voda na Zemi</b>	<b>51</b>
2.1 Koloběh vody na Zemi	51
2.2 Voda v atmosféře	55
2.2.1 Sluneční energie, tepelný příkon a ztráty	56
2.2.2 Vztah teploty a tlaku vzduchu	57
2.2.3 Coriolisův efekt a pásy převládajícího proudění atmosférických mas	58
2.2.4 Teplá a studená fronta	60
2.2.5 Atmosférické srážky	61
2.2.6 Odpar	63
2.3 Oceány a moře	65
2.3.1 Mořské proudy a termohalinní cirkulace	65
2.3.2 Slapová dmутí a vlny	68
2.3.3 Vývoj života v oceánech	69

2.4	Ledovce a doby ledové . . . . .	71
2.5	Podzemní a půdní voda . . . . .	76
2.6	Kontinentální povrchové vody . . . . .	79
2.6.1	Vodní toky . . . . .	79
2.6.2	Jezera a mokřady . . . . .	81
2.6.3	Umělé vodní nádrže . . . . .	83
2.6.4	Průplavy a vodní kanály . . . . .	89
2.6.5	Zavlažovací a odvodňovací systémy . . . . .	91
	Poznámky ke 2. kapitole . . . . .	96
	Poznámka 2.1 – Virtuální voda . . . . .	96
	Poznámka 2.2a – Albedo . . . . .	96
	Poznámka 2.2b – Adiabatická expanze . . . . .	96
	Poznámka 2.2c – Převládající směry větrů v České republice . . . . .	96
	Poznámka 2.2d – Typy a síla větru (Seifert 1987) . . . . .	96
	Poznámka 2.2e – Hlavní typy oblačnosti a jejich charakteristiky . . . . .	99
	Poznámka 2.2f – Extrémní klimatické hodnoty na Zemi a v České republice . . . . .	99
	Poznámka 2.2h – Rosný bod . . . . .	99
	Poznámka 2.4a – Kyslíkový teploměr . . . . .	99
	Poznámka 2.4b – Katastrofy na konci poslední doby ledové . . . . .	100
	Poznámka 2.4c – Malá doba ledová . . . . .	100
	Poznámka 2.5 – Minerální vody v České republice . . . . .	101
	Poznámka 2.6.1 – Největší řeky na Zemi . . . . .	101
	Poznámka 2.6.2 – Největší jezera na Zemi . . . . .	101
	Poznámka 2.6.3a – Rybníční soustavy . . . . .	101
	Poznámka 2.6.3b – Schwarzenberský a Vchynicko-tetovský kanál . . . . .	101
	Poznámka 2.6.4 – Významné průplavy, kanály a vodní cesty . . . . .	103
	Poznámka 2.6.5a – Historie závlahových systémů . . . . .	104
	Poznámka 2.6.5b – Zasolování půd . . . . .	106
	Poznámka 2.6.5c – Nizozemské vodní inženýrství . . . . .	106
<b>3</b>	<b>Znečišťování vody</b> . . . . .	<b>108</b>
3.1	Eutrofizace . . . . .	109
3.2	Acidifikace . . . . .	111
3.2.1	Zdroje atmosférické acidifikace . . . . .	112
3.2.2	Acidifikace půd a vod . . . . .	114
3.3	Anorganické mikroznečištění . . . . .	116
3.3.1	Rtuť . . . . .	118
3.3.2	Kadmium . . . . .	120
3.3.3	Olovo . . . . .	121
3.3.4	Chrom . . . . .	122
3.3.5	Zinek . . . . .	122
3.3.6	Měď . . . . .	123
3.3.7	Arsen . . . . .	123
3.4	Organické mikroznečištění . . . . .	124
3.4.1	Perzistentní organické polutanty (POP) . . . . .	126
3.4.2	Farmaka a produkty osobní péče (PPCP) . . . . .	129
3.4.3	Ropné látky . . . . .	130
3.4.4	Mikroplasty . . . . .	132
3.5	Zasolování vod (znečištění vod anorganickými látkami) . . . . .	133
3.6	Globální oteplování . . . . .	136
3.7	Tepelné znečištění vody . . . . .	137
3.8	Invazní a nepůvodní druhy (biologické znečištění) . . . . .	138
	Poznámky ke 3. kapitole . . . . .	143
	Poznámka 3a – Samočištění (samočisticí schopnost toků) . . . . .	143
	Poznámka 3b – Ripariální zóna . . . . .	143
	Poznámka 3c – Hyporheická zóna (hyporheál) . . . . .	144
	Poznámka 3.2 – Emisní zdroje S a N do atmosféry . . . . .	144
	Poznámka 3.3a – Minamatská nemoc . . . . .	145
	Poznámka 3.3b – Nemoc itai-itai . . . . .	147
	Poznámka 3.3c – Využití izotopů olova v environmentálních studiích . . . . .	147
	Poznámka 3.3d – Kontaminace podzemních vod arsenem v Bangladéši . . . . .	147
	Poznámka 3.5a – Vliv zemědělství a změny hydrologického režimu na kvalitu vody v horní Vltavě . . . . .	148

Poznámka 3.5b – Vývoj znečištění povrchových vod v povodí horní Vltavy komunálními odpadními vodami . . . . .	150
Poznámka 3.5c – Dlouhodobé změny atmosférické depozice dusíku, síranů a chloridů v povodí horní Vltavy . . . . .	151
Poznámka 3.5d – Průmyslové zdroje síranů a chloridy ze zimní údržby silnic . . . . .	151
Poznámka 3.7 – Račí mor . . . . .	151
<b>4 Interakce povodí-voda</b>	<b>153</b>
4.1 Vliv podloží, kvality a množství půd a vegetace na chemismus vod . . . . .	153
4.1.1 Vliv horninového podloží . . . . .	153
4.1.2 Vliv množství a složení půd a vegetace v povodí . . . . .	154
4.1.3 Vliv složení půd na míru acidifikace povrchových vod . . . . .	156
4.1.4 Vliv půd a vegetace na míru saturace povodí dusíkem . . . . .	158
4.2 Vliv hydrologie na kvalitu povrchových vod . . . . .	160
4.3 Vliv antropogenních změn v povodí na složení povrchových vod . . . . .	163
4.3.1 Dusičnany . . . . .	163
4.3.2 Sírany . . . . .	164
4.3.3 Chloridy . . . . .	167
4.3.4 Rozpuštěný organický uhlík (DOC) a anionty organických kyselin . . . . .	167
4.3.5 Fosfor . . . . .	170
4.3.6 Bazické kationty . . . . .	174
Poznámky ke 4. kapitole . . . . .	176
Poznámka 4.3.4a – Huminové kyseliny a fulvokyseliny . . . . .	176
Poznámka 4.3.4b – Náboj aniontů organických kyselin . . . . .	176
Poznámka 4.3.5 – Formy fosforu ve vodách . . . . .	176
<b>5 Biogeochemické procesy ve vodách</b>	<b>178</b>
5.1 Koloběhy živin ve vodách . . . . .	182
5.1.1 Uhlík . . . . .	182
5.1.2 Dusík . . . . .	184
5.1.3 Fosfor . . . . .	187
5.1.4 Železo, mangan a síra . . . . .	188
5.1.5 Křemík . . . . .	192
5.2 Hlavní procesy zapojené v koloběhu živin . . . . .	192
5.2.1 Mikrobiální procesy . . . . .	192
5.2.2 Fotochemické reakce v přírodních vodách . . . . .	196
5.2.3 Vliv proudění a doby zdržení na přeměny živin ve vodách . . . . .	198
5.3 Interakce sediment-voda . . . . .	200
5.3.1 Mineralizace organických látek v sedimentu . . . . .	200
5.3.2 Denitrifikace v sedimentech . . . . .	202
5.3.3 Schopnost sedimentu uvolňovat fosforečnany . . . . .	203
Poznámky k 5. kapitole . . . . .	208
Poznámka 5.1.1 – Okyselení oceánů . . . . .	208
Poznámka 5.1.2 – Chemická fixace elementárního dusíku . . . . .	208
Poznámka 5.1.3 – Látková bilance a vnitřní zatížení vodních těles fosforem . . . . .	208
Poznámka 5.2.1 – Eufotická a afotická vrstva . . . . .	209
Poznámka 5.2.3 – Výpočet zadržování a odstraňování $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ a P ve vodních tělesech . . . . .	209
<b>6 Pitná a užitková voda</b>	<b>211</b>
6.1 Požadavky na množství vody (potřeba vody) . . . . .	212
6.2 Požadavky na jakost vody . . . . .	214
6.2.1 Pitná voda . . . . .	214
6.2.2 Užitková a provozní voda . . . . .	219
6.3 Odpadní vody . . . . .	221
Poznámky k 6. kapitole . . . . .	224
Poznámka 6.2.1a – Organoleptické (senzorické) vlastnosti vody . . . . .	224
Poznámka 6.2.1b – Příklady nemocí přenášených vodou . . . . .	224
Poznámka 6.2.1c – Mor a skvrnitý tyfus . . . . .	226
Poznámka 6.2.1d – Aktivita alfa a beta . . . . .	227
Poznámka 6.2.2 – Autointoxikace ryb amoniakem . . . . .	227
Poznámka 6.3a – BSK, CHSK, TSK . . . . .	227
Poznámka 6.3b – Příklady průmyslových a zemědělských odpadních vod . . . . .	228

<b>7</b>	<b>Jímání, akumulace a rozvod vody a odvodnění sídlišť</b>	<b>230</b>
7.1	Jímání vod	230
7.1.1	Jímání povrchových vod	230
7.1.2	Jímání podzemních vod	231
7.1.3	Umělá infiltrace	234
7.2	Ochranná pásma vodních zdrojů	234
7.3	Doprava a akumulace vody	235
7.3.1	Potrubí a rozvod vody	235
7.3.2	Akumulace vody	236
7.3.3	Vývoj dodávek pitné vody v České republice	237
7.4	Odvodnění a kanalizační sítě	237
7.4.1	Typy stokových soustav	238
7.4.2	Kanalizační řady	239
	Poznámky k 7. kapitole	241
	Poznámka 7.4 – Historie pražské kanalizace	241
<b>8</b>	<b>Úprava a čištění vody</b>	<b>242</b>
8.1	Procesy a technologie úpravy pitné a užitkové vody	242
8.1.1	Usazování, zahušťování a flotace	242
8.1.2	Filtrace	247
8.1.3	Pomalá filtrace	250
8.1.4	Úprava vody čířením	251
8.1.5	Odkyselování	257
8.1.6	Rekarbonizace vody (stabilizace)	261
8.1.7	Odželezňování a odmanganování	261
8.1.8	Hygienické zabezpečení vody	262
8.1.9	Adsorpce	267
8.1.10	Iontová výměna	270
8.1.11	Odsolování vody	275
8.1.12	Snižování koncentrací dusíku nitrifikací a denitrifikací ve vodárenství	280
8.1.13	Odstraňování arsenu	281
8.2	Příklady technologických linek úpravy pitné a užitkové vody	282
8.2.1	Vodárenství	282
8.2.2	Energetika	282
8.2.3	Příprava vody pro chemické laboratoře a výroba ultračisté vody	286
8.3	Procesy a technologie čištění odpadních vod	287
8.3.1	Mechanické předčištění odpadních vod	287
8.3.2	Aerobní rozklad organických látek	289
8.3.3	Anaerobní rozklad organických látek	295
8.3.4	Odstraňování anorganického dusíku z odpadních vod	299
8.3.5	Biologické odstraňování fosforu z odpadních vod	301
8.3.6	Využití srážecích reakcí při čištění odpadních vod	302
8.3.7	Další chemické způsoby používané při čištění odpadních vod	303
8.4	Příklady technologických linek čištění odpadních vod	305
8.4.1	Kořenové čistírny komunálních odpadních vod	306
8.4.2	Malé domovní čistírny odpadních vod	307
8.4.3	Středně velké mechanicko-biologické čistírny odpadních vod	308
8.4.4	Velké mechanicko-biologické čistírny odpadních vod	310
<b>9</b>	<b>Biologické interakce a potravní vztahy ve vodách</b>	<b>311</b>
9.1	Tok energie a koloběh látek ve vodních ekosystémech	311
9.1.1	Koloběh látek a živin	311
9.1.2	Tok energie ve vodních ekosystémech	312
9.2	Trofické úrovně a potravní řetězce ve vodách	312
9.2.1	Pastevně-kořistnický řetězec	315
9.2.2	Detritový řetězec	316
9.2.3	Parazitický potravní řetězec	316
9.2.4	Mikrobiální potravní síť	317
9.3	Organismy jednotlivých trofických úrovní ve vodách	318
9.3.1	Primární producenti	318
9.3.2	Primární konzumenti	319
9.3.3	Sekundární konzumenti	320
9.3.4	Vrcholoví predátoři	320

9.3.5	Rozkladači . . . . .	320
9.4	Trofická struktura potravních sítí ve vodách . . . . .	321
9.4.1	Potravní sítě a jejich dynamika . . . . .	321
9.4.2	Teorie potravních vztahů ve vodách . . . . .	322
9.4.3	Potravní sítě v různých typech vodních ekosystémů . . . . .	326
9.4.4	Ovlivňování potravních sítí . . . . .	330
9.4.5	Vliv změn potravních sítí na cykly prvků ve vodách . . . . .	333
	Poznámky k 9. kapitole . . . . .	334
	Poznámka 9 – Interakce mezi organismy . . . . .	334
	Poznámka 9.1.2a – Zákon zachování energie a zákon o růstu entropie . . . . .	334
	Poznámka 9.1.2b – Ekologická účinnost . . . . .	334
	Poznámka 9.2a – Potravní gildy tekoucích vod a mořských prostředí . . . . .	335
	Poznámka 9.2b – Průměrná trofická úroveň světového rybářského úlovku . . . . .	335
	Poznámka 9.2c – Specifické nutriční vlastnosti fytoplanktonu . . . . .	335
	Poznámka 9.2d – Hypotéza růstové rychlosti . . . . .	335
	Poznámka 9.4.2a – Trofické potravní sítě, diverzita a stabilita ekosystému . . . . .	335
	Poznámka 9.4.2b – Vliv rybí obsádky na mikrobiální potravní řetězec ve vodách . . . . .	336
	Poznámka 9.4.3a – Příklady vlivu působení predátorů shora dolů na změny trofické kaskády toků . . . . .	336
	Poznámka 9.4.3b – Mořský pelagický potravní řetězec . . . . .	337
<b>10</b>	<b>Vodní nádrže, jejich využití a řízení</b> . . . . .	<b>338</b>
10.1	Funkce a provoz nádrží . . . . .	339
10.1.1	Zásobní funkce nádrže . . . . .	339
10.1.2	Ochranná funkce nádrže . . . . .	343
10.1.3	Problémy víceúčelového využívání nádrže . . . . .	345
10.1.4	Požadavky na kvalitu vody a oživení nádrží . . . . .	345
10.2	Ekologické řízení nádrží . . . . .	347
10.2.1	Specifika vodního ekosystému nádrží . . . . .	347
10.2.2	Proces plánování a řízení nádrží . . . . .	349
10.2.3	Nejčastější problémy nádrží . . . . .	351
10.2.4	Diagnóza a predikce kvality vody . . . . .	354
10.2.5	Řízení odnosu znečištění z povodí . . . . .	360
10.2.6	Možnost řízení procesů uvnitř nádrže . . . . .	365
	Poznámky k 10. kapitole . . . . .	372
	Poznámka 10.1.1a – Pracovní cyklus nádrže a jeho závislost na velikosti odběru . . . . .	372
	Poznámka 10.1.1b – Význam pojmů zabezpečení . . . . .	372
	Poznámka 10.1.1c – Příklad výpočtu zásobního objemu nádrže postupnou bilanční metodou v chronologické datové řadě . . . . .	372
	Poznámka 10.1.2 – Výpočet účinnosti ochranného prostoru nádrže . . . . .	373
	Poznámka 10.1.4 – Referenční stav pro hodnocení ekologického potenciálu ryb v nádržích . . . . .	374
	Poznámka 10.2.3 – Meromixie ve stratifikovaných vodních tělesech . . . . .	374
	<b>Seznam použité literatury</b> . . . . .	<b>375</b>