

OBSAH

Úvod	9
1. Zdroje vody	10
1.1 <i>Složení a vlastnosti přírodních vod</i>	10
1.1.1 Výběr zdrojů pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou	11
1.2 <i>Podzemní vody</i>	12
1.2.1 Složení a vlastnosti podzemních vod	12
1.2.2 Jímání podzemních vod	13
1.3 <i>Povrchové vody</i>	14
1.3.1 Složení a vlastnosti povrchových vod	14
1.3.2 Jímání povrchových vod	15
1.4 <i>Hlavní rozdíly mezi podzemní a povrchovou vodou</i>	16
1.5 <i>Jakost vody</i>	17
1.5.1 Jakost povrchových vod	17
1.5.2 Jakost podzemních vod	17
1.5.3 Legislativa v oblasti jakosti pitné vody	17
2. Způsoby úpravy vody	17
2.1 <i>Návrh úpravny vody</i>	18
2.1.1 Kapacita a hrubý výkon úpravny vody	19
2.1.2 Územní řešení úpravny vody	19
2.1.3 Situační uspořádání	19
2.1.1 Výškové uspořádání	19
2.1.2 Ochrana před znečištěním	20
2.1.3 Řízení provozu	20
2.2 <i>Návrh technologického postupu úpravy</i>	21
2.3 <i>Způsoby úpravy vody</i>	22
2.4 <i>Chemické hospodářství úpraven vod</i>	24
2.5 <i>Zajištění jakosti vody při dopravě ke spotřebitelům</i>	24
3. Mechanické předčištění surové vody	25
3.1 <i>Přehled způsobů mechanického předčištění</i>	25
3.1.1 Česle	25
3.1.2 Síta	27
3.1.3 Lapáky písku	27
4. Čiření	28
4.1 <i>Princip čiření</i>	28
4.1.1 Koloidní částice a jejich elektrokinetický potenciál, vyvolání koagulace	28
4.1.2 Kinetika koagulace	29
4.2 <i>Koagulanty</i>	32
4.2.1 Koagulanty	32
4.2.2 Princip základních reakcí	33
4.2.3 Stanovení dávky koagulantu	35
4.3 <i>Intenzifikace procesu čiření</i>	35
4.4 <i>Zatěžkávadla</i>	35
4.5 <i>Polymerní flokulanty</i>	35
4.5.1 Anorganické polymery	36
4.5.2 Přírodní vysokomolekulární látky	36
4.5.3 Syntetické vysokomolekulární flokulanty	37
4.5.4 Výhody použití polymerních flokulantů	37
4.6 <i>Varianty separace vloček</i>	37

4.7	<i>Rychlomísiče</i>	38
4.8	<i>Vločkovací nádrže – pomalé míchání</i>	40
4.9	<i>Čiřiče</i>	41
4.9.1	Čiřiče s rovnoměrným průtokem	42
4.9.2	Čiřiče s nerovnoměrným průtokem	44
5.	Filtrace	45
5.1	<i>Druhy filtrace</i>	45
5.2	<i>Pomalá filtrace (anglická)</i>	46
5.2.1	Uspořádání pomalého filtru	47
5.2.2	Praní filtrační náplně	47
5.2.3	Použití pomalé filtrace	48
5.3	<i>Rychlofiltrace</i>	48
5.3.1	Rozdělení rychlofiltrů	49
5.3.2	Filtrační cyklus	49
5.3.3	Výpočet průběhu filtračního cyklu	53
5.3.4	Otevřené rychlofiltry	53
5.3.5	Tlakové rychlofiltry	57
5.4	<i>Náplavná filtrace</i>	60
5.5	<i>Membránové způsoby</i>	61
6.	Preoxidace	65
6.1	<i>Fyzikálně-chemická preoxidace vzdušným kyslíkem</i>	65
6.2	<i>Chemická preoxidace</i>	65
6.2.1	Preoxidace ozonem	65
6.2.2	Preoxidace manganistanem draselným	66
6.2.3	Preoxidace peroxidem vodíku	66
6.2.4	Preoxidace chlorem	66
6.2.5	Preoxidace oxidem chloričitým	66
7.	Dezinfekce vody	67
7.1	<i>Druhy dezinfekce a její působení</i>	67
7.1.1	Působení oxidačních činidel	67
7.1.2	Kinetika dezinfekce	68
7.2	<i>Dezinfekce chemickými způsoby - dezinfekční činidla</i>	68
7.2.1	Dezinfekce ozonem	68
7.2.2	Dezinfekce chlorem a chlornany	69
7.2.3	Dezinfekce chloraminy	70
7.2.4	Dezinfekce oxidem chloričitým	71
7.2.5	Dezinfekce stříbrem a jeho solemi	71
7.3	<i>Fyzikálně-chemické způsoby dezinfekce</i>	71
7.3.1	Dezinfekce UV zářením	71
7.3.2	Dezinfekce anodickou oxidací	72
7.3.3	Dezinfekce zářením	72
7.4	<i>Vedlejší produkty dezinfekce</i>	73
7.4.1	Druhy vedlejších produktů dezinfekce	74
7.4.2	Faktory ovlivňující tvorbu vedlejších produktů dezinfekce	74
7.4.3	Prekursory vedlejších produktů dezinfekce	75
7.4.4	Výzkum vlivu vedlejších produktů dezinfekce na lidské zdraví	75
7.4.5	Vývoj a směrnice týkající se dezinfekce vody a jejích vedlejších produktů	75
7.4.6	Metody a procesy omezující tvorbu vedlejších produktů dezinfekce	76
8.	Adsorpce	76
9.	Odkyselování	78

9.1	<i>Mechanické způsoby odkyselování</i>	79
9.2	<i>Chemické způsoby odkyselování</i>	81
9.2.1	Odkyselování vápnem	81
9.2.2	Odkyselování mramorem	81
9.2.3	Odkyselování polovypáleným dolomitem	82
9.3	<i>Kriteria pro výběr vhodného způsobu odkyselení</i>	82
10.	Odželezování a odmanganování vody	82
10.1	<i>Odželezování</i>	83
10.2	<i>Odmanganování</i>	83
10.3	<i>Přehled způsobů odstraňování železa a manganu z vody</i>	84
10.3.1	Odželezování provzdušňováním	84
10.3.2	Odmanganování provzdušňováním	84
10.3.3	Odželezování a odmanganování alkalizací	84
10.3.4	Odželezování a odmanganování oxidačními činidly	85
10.3.5	Kontaktní odželezování a odmanganování	86
10.3.6	Odmanganování pískovou filtrací	86
10.3.7	Odželezování v horninovém prostředí	87
10.3.8	Odželezování iontovou výměnou	87
10.3.9	Odželezování a odmanganování koagulací	87
10.3.10	Odželezování a odmanganování biologickou cestou	87
11.	Ostatní způsoby předúpravy a úpravy vody	88
11.1	<i>Stabilizace</i>	88
11.2	<i>Flotace</i>	89
11.3	<i>Změkčování vody (odstraňování vápníku a hořčíku)</i>	90
11.3.1	Částečné odstranění vápníku a hořčíku	90
11.3.2	Úplné odstranění vápníku a hořčíku z vody	91
11.4	<i>Iontová výměna</i>	92
11.5	<i>Deionizace a demineralizace</i>	94
11.6	<i>Dechlorace vody</i>	94
11.7	<i>Fluoridování vody</i>	94
11.8	<i>Odstraňování dusíkatých látek z vody</i>	94
11.8.1	Odstraňování amonných iontů	94
11.8.2	Odstraňování dusitanů	95
11.8.3	Odstraňování dusičnanů	95
11.9	<i>Odstraňování fosforečnanů</i>	95
11.10	<i>Odstraňování radioaktivních látek z vody</i>	95
12.	Kaly z úpravy vody	95
12.1	<i>Původ, složení a vlastnosti vodárenských kalů</i>	95
12.2	<i>Zahušňování a odvodňování vodárenských kalů</i>	96
13.	Literatura k části úprava pitné vody	99
14.	Úvod do čištění odpadních vod	101
14.1	<i>Historie zneškodňování odpadních vod</i>	101
14.2	<i>Aktuální stav</i>	102
15.	Podklady pro návrh a výpočet ČOV	104
15.1	<i>Definice pojmu znečištění odpadních vod</i>	104
15.2	<i>Druhy odpadních vod</i>	105
15.3	<i>Množství OV</i>	105
15.3.1	A) Obyvatelstvo	106

15.3.2	B) Průmysl	107
15.3.3	C) Balastní vody	107
15.4	<i>Bilance:</i>	107
15.4.1	Průměrný bezdeštný denní přítok	107
15.4.2	Maximální bezdeštný denní přítok (výpočtový, návrhový průtok, $Q_d = Q_v$)	108
15.4.3	Maximální hodinový denní přítok	108
15.5	<i>Znečištění odpadních vod</i>	108
16.	Mechanické způsoby čištění odpadních vod	109
16.1	<i>Přehled způsobů mechanického čištění</i>	109
16.2	<i>Filtrace, cezení</i>	110
16.3	<i>Flotace</i>	111
16.4	<i>Usazování (sedimentace) a zahušťování</i>	112
16.4.1	Pád částice v kapalině	113
16.4.2	Výpočet rychlosti usazování částic	115
16.4.3	Výpočet průměru částice d	115
16.4.4	Rušené usazování	116
16.4.5	Usazování částic v proudící kapalině	117
16.5	<i>Vzplývání</i>	118
16.6	<i>Odstředování (centrifugace)</i>	119
17.	Jednotlivé objekty mechanického čištění	119
17.1	<i>Lapák splavenin</i>	119
17.2	<i>Lapák štěrku</i>	120
17.3	<i>Česle a síta</i>	121
17.3.1	Ručně stírané klasické česle	122
17.3.2	Strojně stírané klasické česle	122
17.3.3	Krokové česle (step screen)	122
17.3.4	Samočisticí česle	123
17.3.5	Rotační česle	123
17.3.6	Rotační síta	123
17.3.7	Rotační šnek se sítem, šroubové česle	123
17.3.8	Rotační bubnové česle s drtičem	124
17.3.9	Stírané válcové síto - SVS	124
17.3.10	Spádové scezovací síto	125
17.3.11	Bubnové síto	126
17.3.12	Mělnicí česle a čerpadla	126
17.4	<i>Sdružení objektů hrubého předčištění</i>	126
17.4.1	Integrované hrubé předčištění ECONOMY IHPE	126
17.4.2	Integrované hrubé předčištění IHP	127
17.4.3	Kompaktní zařízení Ro5, Ro5K	127
17.4.4	Kompaktní zařízení Ro5C	128
17.4.5	Rotamat Minicop	128
17.4.6	Shrabky	128
17.4.7	Pračka shrabků a lis	129
17.5	<i>Lapák písku</i>	130
17.5.1	Horizontální lapáky písku	131
17.5.2	Vertikální lapáky písku	132
17.5.3	Vírový lapák písku	133
17.5.4	Provzdušňovaný lapák písku	133
17.5.5	Likvidace písku	134
17.6	<i>Lapáky tuků</i>	135
17.7	<i>Rozdělovací objekt</i>	136
17.8	<i>Čerpání</i>	137

17.8.1	Šnekováž	137
17.8.2	Odstředivá	137
17.8.3	Mamutka	138
18.	Měření průtoku	138
19.	Usazovací nádrže	139
19.1	<i>Primární (usazovací nádrže)</i>	139
19.1.1	Návrh a dimenzování	139
19.2	<i>Sekundární (dosazovací nádrže)</i>	140
19.2.1	Návrh a dimenzování	140
19.3	<i>Rozdělení sedimentačních nádrží</i>	142
19.3.1	Pravoúhlé s horizontálním průtokem (podélné)	142
19.3.2	Kruhové s horizontálním průtokem (radiální)	143
19.3.3	Kruhové s vertikálním průtokem (vertikální) a pravoúhlé s vertikálním průtokem	144
19.3.4	Štěrbinové usazovací nádrže (s kalovým prostorem)	144
19.3.5	Lamelové	145
19.3.6	Etážové (patrové)	145
19.4	<i>Vybavení sedimentačních nádrží:</i>	146
20.	Biologické čištění	150
20.1	<i>Princip biologického čištění</i>	150
20.1.1	Základní názvosloví	151
20.1.2	Aerobní biologické čištění	151
20.1.3	Enzymy	153
20.1.4	Kinetika odstraňování organických látek	153
20.1.5	Růst a množení mikroorganismů	153
20.1.6	Bilance celkové biomasy	155
20.2	<i>Aktivace</i>	155
20.2.1	Aktivovaný kal	156
20.2.2	Technologické parametry aktivace	156
20.3	<i>Základní technologické modifikace aktivace</i>	160
20.3.1	SBR reaktor - Diskontinuální systém čištění odpadních vod	160
20.3.2	Aktivace směšovací	161
20.3.3	Aktivace s postupným tokem	162
20.3.4	Postupně zatěžovaná aktivace	162
20.3.5	Aktivace s oddělenou regenerací kalu	163
20.3.6	Aktivace s cirkulací aktivační směsi	163
20.3.7	Šachtová aktivace	164
20.3.8	Věžová aktivace	164
20.3.9	Selektorová aktivace	164
20.4	<i>Odstraňování dusíku a fosforu</i>	164
20.4.1	Dusík	165
20.4.2	Nitrifikace	165
20.4.3	Denitrifikace	166
20.4.4	Systémy se simultánní nitrifikací a denitrifikací	167
20.4.5	Aktivační systémy s predenitrifikací (D-N)	167
20.4.6	Aktivační systémy s predenitrifikací a regenerací vratného kalu R-D-N	168
20.4.7	Diskontinuální systém čištění: SBR reaktor	169
20.4.8	Diskontinuální systém čištění: Bio Denitro proces	169
20.4.9	Fosfor	169
20.4.10	Chemické srážení fosforu	170
20.4.11	Biologické odstraňování fosforu	170
20.5	<i>Biofilmové reaktory (aerobní čištění směsnou kulturou)</i>	172
20.5.1	Biofilmové procesy	172

20.5.2	Rozdělení biofilmových reaktorů	173
20.5.3	Skrápěné biologické kolony	173
20.5.4	Ponořené biologické kolony	174
20.5.5	Rotační biofilmové reaktory (biodisky)	175
20.5.6	Reaktory kombinované	176
20.6	<i>Aerace</i>	177
20.6.1	Přestup kyslíku do vody	178
20.6.2	Přestup kyslíku do aktivační směsi	178
20.6.3	Výtěžek kyslíku	179
20.7	<i>Způsoby aerace</i>	179
20.7.1	Pneumatická aerace	179
20.7.2	Mechanická aerace	180
20.7.3	Hydropneumatická aerace	181
20.7.4	Kombinovaná aerace	181
20.7.5	Použití čistého kyslíku v aktivačních nádržích	181
20.8	<i>Anaerobní biologické čištění</i>	182
21.	Terciární stupeň čištění (dočišťování odpadních vod)	183
21.1	<i>Fyzikálně - chemické metody čištění komunálních odpadních vod</i>	184
21.1.1	Dávkování koagulantů	184
22.	Kalové hospodářství	185
22.1	<i>Druhy kalu</i>	185
22.2	<i>Zahušťování kalu</i>	187
22.2.1	Gravitační zahušťování	187
22.2.2	Flotace	188
22.2.3	Strojní způsoby	188
22.3	<i>Předúprava kalu</i>	189
22.4	<i>Stabilizace kalu</i>	189
22.4.1	Anaerobní biologická stabilizace	190
22.4.2	Aerobní biologická stabilizace	192
22.4.3	Chemická stabilizace	193
22.4.4	Spalování kalů	194
22.4.5	Kompostování	194
22.5	<i>Odvodňování kalu:</i>	195
22.5.1	Přirozené odvodňování kalu	195
22.5.2	Strojní odvodňování kalu	195
22.6	<i>Konečné zpracování kalu (využití nebo likvidace):</i>	197
22.6.1	Skládkování	197
22.6.2	Spalování (termické zpracování)	197
22.6.3	Využití kalu v zemědělství a rekultivace	197
23.	Literatura	198