

**Dr Dejan Ljubisavljević
Mr Aleksandar Đukić
Mr Branislav Babić**

PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

**Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, 2004.**

Dr Dejan Ljubisavljević
Mr Aleksandar Đukić
Mr Branislav Babić

PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

DRUGO IZDANJE

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, 2004.

Dr Dejan Ljubisavljević, dipl. inž.građ.,
redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu
Mr Aleksandar Đukić, dipl. inž.građ.,
asistent Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu
Mr Branislav Babić, dipl. inž.građ.,
asistent Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Recenzenti:

Dr Miloje Milojević, dipl.inž.građ., redovni profesor
Dr Božidar Batinić, dipl.inž.građ., redovni profesor

Izdavač:

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra 73

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Aleksandar Cvetanović, dipl.inž.građ.

Odobreno za štampu od strane Komisije za izdavačku delatnost Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, a po preporukama Katedre za hidrotehničke discipline Građevinskog fakulteta u Beogradu od 13.09.1995. godine i 25.03.2004. godine.

Obrada slika: Mr Branislava Jovanović i Mirjana Kmezić

Prelom teksta: Mirjana Kmezić

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.3(075.8)

ЉУБИСАВЉЕВИЋ, Дејан

Преčišćavanje otpadnih voda / Dejan Ljubisavljević, Aleksandar Đukić, Branislav Babić. – 2. izd. – Beograd : Građevinski fakultet Univerziteta, 2004 (Beograd : Čigoja štampa). – 251 str. : graf. prikazi; 24 cm

Tiraž: 800. – Bibliografija: str. 250-251.

ISBN 86-7518-039-X

1. Ђукић, Александар 2. Бабић, Бранислав

а) Отпадне воде – Пречишћавање б) Уређаји за пречишћавање отпадних вода
COBISS.SR-ID 114352652

Štampa: "Čigoja štampa", Beograd, Studentski trg 13

Tiraž: 800 primeraka

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Poreklo otpadnih voda i njihov uticaj na životnu sredinu.....	1
1.2. Administrativne mere zaštite vodoprijemnika od zagađenja otpadnim vodama.....	3
1.3. Pregled postupaka prečišćavanja otpadnih voda.....	6
1.4. Tipovi hemijskih i biohemijskih reaktora sa kontinualnim radom	15
1.5. Opterećenje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda	17
1.5.1. Hidrauličko opterećenje.....	18
1.5.2. Opterećenje materijama prisutnim u otpadnoj vodi.....	21
1.6. Zajedničko odvođenje i prečišćavanje industrijskih i komunalnih otpadnih voda.....	22
2. PROCESI KOJI SE KORISTE PRI PREČIŠĆAVANJU OTPADNIH VODA	29
2.1. Fizički procesi.....	29
2.1.1. Rešetke i sita	29
2.1.2. Ujednačavanje protoka i sastava otpadne vode.....	31
2.1.3. Mešanje	32
2.1.4. Taloženje	34
2.1.4.1. Teorija diskretnog taloženja	34
2.1.4.2. Idealno taloženje	36
2.1.4.3. Lamelna taložnica	38
2.1.4.4. Realne taložnice	39
2.1.4.5. Zonsko taloženje	47
2.1.4.6. Površinsko opterećenje naknadnih taložnica muljem (muljni fluks)	51
2.1.4.7. Ogledi statičkog taloženja	55
2.1.5. Flotacija	60
2.2. Fizičko-hemijski procesi	61
2.2.1. Hemijska precipitacija.....	61
2.2.2. Prenos gasova	63
2.2.2.1. Teorijski aspekt prenosa gasova.....	64
2.2.2.2. Aeracioni sistemi (aeratori)	68
2.2.2.3. Tehnički pokazatelji aeracije	71
2.3. Biološki procesi.....	75
2.3.1. Razvoj mikroorganizama u čistim kulturama	78
2.3.2. Razvoj u mešovitoj kulturi.....	79
2.3.3. Stopa rasta mikroorganizama.....	80

3. OBJEKTI I UREĐAJI POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	82
3.1. Objekti i uređaji za mehaničko prečišćavanje otpadnih voda	82
3.1.1. Rešetke	82
3.1.2. Sita	86
3.1.3. Usitnjivači (kominutori).....	88
3.1.4. Taložnice za pesak (peskolovi).....	89
3.1.5. Ujednačavanje protoka i sastava otpadne vode.....	93
3.1.6. Flotacija	94
3.1.7. Prethodne taložnice.....	96
3.2. Objekti i uređaji biološkog prečišćavanja otpadnih voda ..	100
3.2.1. Proces sa aktivnim muljem	100
3.2.1.1. Tipovi postrojenja.....	100
3.2.1.2. Opterećenje i dimenzionisanje	110
3.2.1.3. Uobičajene vrednosti za dimenzionisanje.....	115
3.2.2. Aerisane lagune	119
3.2.3. Postrojenja sa anaerobnim aktivnim muljem.....	120
3.2.4. Procesi sa fiksiranim biološkim filmom	122
3.2.4.1. Biološki filtri	123
3.2.4.2. Rotacioni biološki kontaktori (RBK).....	129
3.2.5. Naknadne taložnice.....	132
4. POSTUPCI TERCIJARNOG PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA	134
4.1. Uvod.....	134
4.2. Uklanjanje azota	135
4.2.1. Desorpcija amonijaka (striping)	136
4.2.2. Nitrifikacija - denitrifikacija.....	137
4.2.2.1. Veličine za dimenzionisanje	139
4.3. Uklanjanje fosfora.....	143
4.3.1. Hemijska precipitacija.....	144
4.3.2. Biološke metode.....	145
4.4. Filtracija	148
4.4.1. Konstrukcija i primena	148
4.4.2. Pranje filtra	150
4.5. Dezinfekcija prečišćene otpadne vode	151
4.5.1. Dezinfekcija hlorom, natrijumhipohloritom i kalcijumhipohloritom.....	152
4.5.2. Ostali načini dezinfekcije.....	154
5. OBRADA MULJA.....	156
5.1. Uvod	156
5.1.1. Količine i karakteristike mulja.....	156

5.2. Postupci obrade mulja.....	163
5.2.1. Smanjenje zapremine i količine vode u mulju (dehidracija).....	164
5.2.1.1. Gravitacioni zgušnjivač.....	165
5.2.1.2. Flotaciono zgušnjavanje	166
5.2.1.3. Centrifugiranje.....	167
5.2.1.4. Vakuum filtri	168
5.2.1.5. Filter prese.....	168
5.2.1.6. Polja za sušenje mulja	171
5.2.1.7. Lagune.....	172
5.2.2. Hemijsko kondicioniranje mulja	172
5.2.3. Stabilizacija mulja	173
5.2.3.1. Stabilizacija krečom	173
5.2.1.2. Anaerobna stabilizacija.....	174
5.2.1.3. Aerobna stabilizacija	179
5.2.1.4. Kompostiranje.....	184
5.2.1.5. Termička obrada mulja.....	185
5.2.4. Postupci za ubijanje izazivača bolesti.....	186
6. HIDRAULIČKI ASPEKTI POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	188
6.1. Zadaci hidrauličkog proračuna	188
6.2. Način sprovođenja hidrauličkog proračuna	190
6.2.1. Veze između objekata.....	190
6.2.2. Prelivi u postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda.....	191
6.2.3. Ostali proračuni.....	195
6.3. Hidraulički zahtevi pri dimenzionisanju objekata	196
6.4. Prikazivanje rezultata hidrauličkog proračuna	197
7. MERENJE, UPRAVLJANJE I KONTROLA EFIKASNOSTI UREĐAJA	201
7.1. Uvod	201
7.2. Kontinualna merenja u sistemu za prečišćavanje otpadnih voda	202
7.2.1. Mesta za kontinualna merenja u sistemu za prečišćavanje otpadnih voda	204
7.2.2. Značaj kontinualnih merenja pojedinih parametara kvaliteta vode	204
7.3. Laboratorijske analize	207
7.3.1. Uzorci za analizu u laboratoriji.....	208
7.3.2. Podaci dobijeni merenjima koji su od šireg značaja.....	210

8. TROŠKOVI PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA	211
8.1. Uvod	211
8.2. Investicije	212
8.3. Godišnji troškovi.....	212
9. PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE I PUŠTANJE U POGON UREĐAJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	221
9.1. Projektovanje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda.....	221
9.2. Oprema	225
9.2.1. Pumpe	225
9.2.2. Rešetke.....	231
9.2.3. Mešalice	233
9.2.4. Oprema peskolova.....	233
9.2.5. Oprema taložnica.....	235
9.2.6. Oprema aeracionih bazena	237
9.2.7. Oprema biofiltra.....	242
9.2.8. Oprema za obradu mulja.....	243
9.3. Građenje, prvo punjenje i puštanje u probni rad postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.....	248
LITERATURA	250

PREDGOVOR PRVOM IZDANJU

Ova knjiga obrađuje problematiku prečišćavanja komunalnih otpadnih voda. Ona pokriva približno jednu polovinu gradiva predmeta Komunalna hidrotehnika II na hidrotehničkom odseku Građevinskog fakulteta u Beogradu, dok drugu polovinu pokriva knjiga Prof. dr Miloja Milojevića *Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja*, šesto izdanje, Građevinski fakultet, Beograd, 2003. Knjiga je koncipirana tako da ima karakter monografskog dela iz ove oblasti.

Prečišćavanje otpadnih voda je danas veoma značajno s obzirom na sve veće zagađivanje životne sredine. Knjiga prvenstveno obrađuje problematiku prečišćavanja komunalnih otpadnih voda. Problematika prečišćavanja otpadnih voda je multidisciplinarna oblast u kojoj svoje mesto imaju stručnjaci različitih profila: biolozi, tehnolozi, građevinski inženjeri, mašinski inženjeri, elektrotehnički inženjeri, arhitekta, urbanisti. Knjiga "Prečišćavanje otpadnih voda" ima za cilj da studentima pete godine hidrotehničkog smera Građevinskog fakulteta objasni osnovne postupke prečišćavanja otpadnih voda i obrade mulja i ukaže na hidrotehničke i građevinske probleme koji se javljaju prilikom projektovanja i građenja uređaja za prečišćavanje otpadnih voda.

Autori su se trudili da obrade vrlo složenu problematiku prečišćavanja otpadnih voda na osnovu najnovijih domaćih i svetskih iskustava iz ove oblasti. Knjiga sadrži veliki broj tabela, crteža, dijagrama i preporuka koji će pomoći studentima da lakše savladaju gradivo, a mogu ih koristiti građevinski inženjeri i drugi stručnjaci u praksi prilikom projektovanja uređaja za prečišćavanje otpadnih voda.

Prilikom izrade ove knjige veoma su nam pomogli svojim primedbama i sugestijama recenzenti Prof. dr Miloje Milojević i Prof. dr Božidar Batinić. Naročito ističemo pomoć Prof. dr Miloja Milojevića koji je svojim korisnim sugestijama prevazišao ulogu recenzenta. Ovom prilikom im se najtoplije zahvaljujemo.

Ako čitalac smatra da je knjiga tehnički dobro urađena, onda je to dobrim delom zasluga Mirjane Kmezić, tehničara Instituta za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Beogradu.

Beograd,
septembar 1995.

Autori

PREDGOVOR DRUGOM IZDANJU

Prvo izdanje ove knjige objavljeno je 1995. godine u 500 primeraka i rasprodato je pre dve godine. Prvo izdanje kupovali su i koristili pored studenata i građevinski inženjeri i drugi stručnjaci u praksi prilikom projektovanja uređaja za prečišćavanje otpadnih voda. Pri tome je profesionalna javnost pozitivno ocenila ovu knjigu.

U drugom izdanju su ispravljene uočene pogreške i unapređena je tehnička obrada teksta i slika ali struktura i obim drugog izdanja u osnovi je ostala ista kao kod prvog izdanja.

Pored našeg učinjenog truda da popravimo prethodno izdanje, ukoliko korisnici imaju neke primedbe i sugestije bićemo zahvalni ako ih dostave.

Beograd,
april 2004.

Autori