

P R E D G O V O R

Ovaj tekst napisan je prema predavanjima koja već više godina održavam na Hidrotehničkom odseku Gradjevinaskog fakulteta u Beogradu i na Gradjevinaskom odseku Tehničkog fakulteta u Prištini, uz korišćenje svojih pisanih tekstova, od kojih su neki povremeno umnožavani za potrebe nastave ili biblioteke fakulteta, i skripata koja je u svoje doba napisao profesor Slobodan Petrović. Za pojedine delove korišćeni su i drugi izvori, koji su navedeni na kraju. Tekst odgovara najnovijem nastavnom planu koji će se primenjivati od školske 1975/76 godine. On ne pretenduje na obimnost koja bi odgovarala široj primeni u praksi.

Tekst je prilagodjen shvatanju da voda u prirodi predstavlja nedeljivu celinu. Sistem za dovodjenje čiste vode u naselja i sistem za odvodjenje upotrebljene vode iz naselja izlani su onako kako se oni i u naselju nadovezuju jedan na drugi. Izuzetak je učinjen kod postrojenja za pripremu vode za piće i za prečišćavanje otpadnih voda, koja se zbog izvesnih analogija ulazu zajedno na kraju, kao što je i programom predviđeno.

Predmet snabdevanja vodom i kanalisanja naselja je veoma složen i raznovrstan i u ograničenom fondu časova predavanja, kome ovaj tekst odgovara, iz mnogih oblasti se mogu dati samo neki osnovni pojmovi. Naročito se to odnosi na objekte za pripremu vode za piće i za prečišćavanje otpadnih voda.

Tehnička obrada slika nije u celom tekstu na visokom nivou, čime je postignuta velika ušteda u vremenu odnosno skraćeni rok za izdavanje. Radi smanjenja obima knjige nisu uneti brojni primeri i mnoge slike kojima bi se objasnilo i prikazalo niz pomenutih detalja, što će biti dopunjeno na predavanjima.

Beograd
1976

Pisac

PREDGOVOR PETOM IZDANJU

Četvrto izdanje ove knjige objavljeno je 1991. godine u 500 primeraka i preostalo je kod izdavača u vrlo malom broju. U međuvremenu promenjen je nastavni plan na Građevinskom fakultetu u Beogradu pa materija koja je obrađena u ovoj knjizi predstavlja deo predmeta Kvalitet voda, koji se predaje na Odseku za hidrotehniku u VII semestru, i glavne delove predmeta Komunalna hidrotehnika I i Komunalna hidrotehnika II, koji se takođe predaju na Odseku za hidrotehniku, u VII, VIII i IX semestru. Napominjem da u ovoj knjizi nije u dovoljnoj meri obuhvaćena materija pripreme vode za piće i prečišćavanje otpadnih voda, čemu je u novom nastavnom planu data veća težina.

U planu je priprema novih udžbenika, prilagođenih novom nastavnom planu. U njih će biti unete neophodne izmene i dopune, vezane za novosti u ovoj tehnici. Međutim, bilo je neophodno da se knjiga *Snabdevanje vodom i kanalizisanje naselja* u istom obliku objavi još jednom, iz tehničkih razloga.

Pisac skreće pažnju čitaocima da su u knjizi primećene neke pogreške, od kojih neke utiču i na smisao teksta. One, nažalost, nisu mogle biti ispravljene prilikom štampanja knjige pa su na kraju knjige priložena ispravke, koje čitaoci treba sami da unesu. Pisac se zbog toga i ovog puta izvinjava čitaocima.

Beograd
april 1995.

Pisac

S A D R Ž A J

Strana

1. UVOD

1.1 Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja kao vodoprivredna grana	3
1.2 Kratak pregled istorije razvoja tehnike snabdevanja vodom i kanalisanja naselja	9
1.3 Zadatak i značaj zajedničkog snabdevanja vodom i kanalisanja naselja	14
1.4 Stanje snabdevanja vodom i odvodjenja otpadnih voda u našoj zemlji	24

2. OSOBINE VODE

2.1 Uslovi za kvalitet vode	35
2.1.1 Voda za snabdevanje vodom	35
2.1.2 Otpadne vode	49
2.1.3 Izmene uslova za kvalitet vode	61
2.2 Ispitivanje fizičkih i hemijskih osobina vode	61
2.2.1 Kvalitativne i kvantitativne analize	61
2.2.2 Odredjivanje fizičkih i hemijskih osobina vode	63
- Temperatura	63
- Mutnoća	63
- Boja vode	70
- Miris vode	72
- Ukus vode	75
- Ostatak po isparavanju	76
- Ostatak po žarenju	76
- Sadržaj rastvorenih materija	77
- Fiksni ostatak - volatilne supstance	78

- Koncentracija suspendovanog materijala	78
- Postojane materije u suspenziji	79
- Elektrolitička provodljivost	79
- pH- vrednost	82
- Kiselost	98
- Alkalnost	101
- Tvrdća	110
2.2.3 Provera tačnosti hemijske analize vode	115
2.2.4 Koncentracija organskih materija u vodi	118
- Gubitak pri žarenju	118
- Potrošnja $KMnO_4$	119
- Postojanost	121
- BPK	122
- Pojedinačno određivanje organskih materija	132
2.3 Bakteriologija vode	133
2.3.1 Kvalitet vode i hidričke bolesti	133
2.3.2 Rasprostranjenost bakterija u prirodi	137
2.3.3 Položaj bakterija u sistematici živog sveta i bakteriologija	139
2.4 Bakteriološka ispitivanja	141
2.4.1 Tipovi bakterija koje se nalaze u vodama	141
2.4.2 Osobine bakterija i postupci za identifikovanje vrsta	147
- Oblici bakterija	148
- Veličina bakterija	149
- Struktura bakterija	151
- Pigmentacija	154
2.4.3 Razmnožavanje bakterija	154
2.4.4 Ishrana bakterija i biohemijska aktivnost	155
2.4.5 Činioci spoljašnje sredine	163
2.4.6 Bakteriološki mikroskopski preparati	165
2.4.7 Gajenje bakterija na veštačkim podlogama - bakteriološke kulture	167

2.5	Bakteriološka ispitivanja vode	176
2.5.1	Obim ispitivanja	176
2.5.2	Sterilizacija bakteriološkog materijala	177
2.5.3	Kolimetrija	185
2.5.4	Prebrojavanje klica na čvrstim podlogama; ukupan broj bakterija	195
2.6	Membran filter tehnika bakteriološke analize vode	201
2.7	Druga biološka ispitivanja vode	203
2.8	Zahvatanje uzoraka za analize	203
3. SNABDEVANJE VODOM		
3.1	Opšte šeme sistema za snabdevanje vodom	211
3.2	Potrošači vode iz gradskog vodovoda i potrošnja vode	216
3.3	Promene potrošnje vode u toku vremena	223
3.4	Izvorišta vode	229
3.4.1	Zahvatanje i upotreba meteorske vode	230
3.4.2	Gradjevine za zahvatanje površinske vode	239
3.4.2.1	Zahvatne gradjevine na tekućim vodama	245
3.4.2.2	Zahvatanje vode iz jezera	246
3.4.2.3	Upotreba morske vode	255
3.4.3	Postanak podzemnih voda	256
3.4.4	Zahvatanje podzemne vode na prirodnim izvorima	259
3.4.5	Tipovi gradjevina za zahvatanje vode iz izdani	265
3.4.6	Hidraulika podzemnih voda	266
3.4.6.1	Uvodne napomene	266
3.4.6.2	Zakon otpora	266
3.4.6.3	Predpostavke o vodonosnim slojevima i o strujanju	268
3.4.6.4	Zbirka nekih osnovnih formula za kapacitet bunara i galerija	269
	A - Bunari	269
	B - Drenažni rovovi	281
	C - Nepotpuni bunari	281

3.4.6.5	Rešenja za strujanja u nejednolikim izdanima	285
3.4.6.6	Odredjivanje vrednosti k, S i R	289
3.4.7	Obezbedjena izdašnost vodonosnog sloja	300
3.4.8	Veštačko napajanje izdani	301
3.4.9	Zavisnost kvaliteta vode od strujanja u izdani	304
3.4.10	Konstrukcija bunara i galerija	306
3.4.10.1	Kopani bunar	306
3.4.10.2	Pobijeni bunar	309
3.4.10.3	Bušeni bunar	310
3.4.10.4	Galerije	324
3.4.11	Opadanje izdašnosti gradjevina za zahvatanje podzemne vode i regeneracija	326
3.4.12	Zahvati slatke podzemne vode u blizini mora	329
3.5	Zdravstvena zaštita izvorišta	331
3.6	Crpenje i potiskivanje vode	332
3.6.1	Tipovi crpki i upotreba	332
3.6.2	Usisna visina crpki	349
3.6.3	Crpenje vode iz bunara	353
3.6.4	Crpne stanice	364
3.6.5	Zajednički rad crpki	368
3.6.6	Zajednički rad crpki i mreže	370
3.6.7	Izbor crpke	374
3.7	Crpne stanice za povećavanje pritiska - buster stanice	376
3.8	Komore za prekid pritiska	377
3.9	Transport vode do naselja i raspodela u naselju	380
3.9.1	Transport vode do naselja	380
3.9.2	Raspodela vode u naselju	386
3.9.3	Raspored potrošnje u mreži pri maksimalnoj potrošnji	389
3.9.4	Raspored potrošnje vode pri prosečnoj, minimalnoj ili nekoj drugoj potrošnji	392
3.9.5	Primena osnovnih hidrauličkih jednačina na računanje vodovodne mreže	393

3.9.5.1	Jednačina kontinuiteta	393
3.9.5.2	Bernulijeva jednačina	394
3.9.5.3	Neki posebni slučajevi	395
	(1) Prosta cev sa jednolikom usputnom potrošnjom	395
	(2) Hidraulički ekvivalentne cevi	400
	(3) Mrtve tačke u vodovodnoj mreži	404
3.9.6	Hidraulički proračun vodovodne mreže	410
	3.9.6.1 Granata mreža	410
	3.9.6.2 Prstenasta mreža	413
3.9.7	Ekonomska razmatranja	415
	3.9.7.1 Ekvivalentne cevi	415
	3.9.7.2 Najekonomičniji prečnik cevi	417
	3.9.7.3 Ekonomski proračun mreže - optimizacija mreže	426
3.10	Materijal od koga se gradi vodovodna mreža	426
	3.10.1 Uslovi za izbor materijala	426
	3.10.2 Cevi od livenog gvoždja	427
	3.10.3 Cevi od čelika	435
	3.10.4 Cevi od betona	438
	3.10.5 Cevi od armiranog betona	438
	3.10.6 Cevi od azbest cementa	441
	3.10.7 Cevi od plastičnih masa	445
	3.10.8 Vodovodne armature	449
3.11	Prikazivanje vodovodne mreže u projektu	457
3.12	Kopanje rovova, polaganje cevi, ispitivanje gotovih deonica na pritisak, zatrpavanje rovova	460
3.13	Ispiranje i dezinfekcija gotovih cevovoda	467
3.14	Rezervoari	468
3.15	Vodovodne instalacije u zgradama	482
4.	<u>ODVODNENJE OTPADNIH VODA IZ NASELJA</u>	
	<u>- KANALIZACIONA MREŽA</u>	
4.1	Sistemi zajedničkih kanalskih mreža	495
4.2	Opšte šeme sistema za kanalizaciju naselja	499
4.3	Izbor sistema zajedničkog kanaliziranja	502

4.4 Količine vode koje se odvođe kanalima i njihove promene	506
4.4.1 Upotrebljene vode	507
4.4.1.1 Domaće upotrebljene vode	507
4.4.1.2 Industrijske upotrebljene vode	511
4.4.2 Podzemna voda	511
4.4.3 Meteorska voda	512
4.4.3.1 Padavine	512
4.4.3.2 Oticanje	519
4.5 Kućna kanalizacija	527
4.6 Odvodjenje vode sa ulice	534
4.7 Mesto kanala u poprečnom profilu ulice	537
4.8 Hidraulički proračun kanalizacione mreže	539
4.8.1 Osobine strujanja kroz kanalizaciju	539
4.8.2 Tipovi poprečnih profila kanala	540
4.8.3 Obrasci za hidraulički proračun	542
4.8.4 Najmanji profil kanala i najmanji i najveći dopušteni nagib dna	553
4.8.5 Raspodela ukupnog pada na pojedine deonice	556
4.8.6 Najmanja i najveća dopuštena dubina ukopavanja kanala	560
4.8.7 Stepen punjenja kanala	561
4.9 Konstrukcija kanala	562
4.9.1 Prikazivanje kanalizacione mreže u projektu	562
4.9.2 Kopanje rovova za izradu kanala	564
4.9.3 Materijal od koga se gradi ulična mreža kanala	566
4.9.4 Objekti u kanalskoj mreži	573
Revizioní silazi	573
Spojevi velikih betonskih kanala	575
Okna za ubacivanje snega	576
Preliivi za kišnicu	577
Retenzioni baseni	582
Sifoni	583
Kaskade	584

Crpne stanice	584
Gradjevine na ispustu u odvodnik	589
4.9.5 Statičko ispitivanje ukopanih cevni kanala	592
4.9.6 Ispitivanje gotovih deonica cevni kanala na pritisak	595
4.9.7 Zatrpavanje rovova	596
4.9.8 Oblaganje cevni kanala betonom	599
4.10 Održavanje kanalizacije	599
4.10.1 Održavanje kanala	599
4.10.2 Čišćenje slivnika	604
4.10.3 Obezbedjenje radnika koji rade na održavanju kanalizacije	605

5. PRIRODNI ODVODNICI OTPADNIH VODA

5.1 Prirodni odvodnici otpadnih voda i promene koje se u njima odigravaju kad se otpadna voda u njih uvede	609
5.1.1 Kratak pregled	609
5.1.2 Biohemijske promene kanalskog sadr- žaja	615
5.1.3 Promene u prirodnim odvodnicima otpad- nih voda	621
5.1.3.1 Opšti prikaz	621
5.1.3.2 Bilans kiseonika u prirodnom odvodniku	626
5.1.3.3 Termičko zagadjivanje voda	638
5.1.3.4 Bakteriološko zagadjenje pri- rodnih odvodnika	639
5.1.3.5 Ostali vidovi zagadjanja	640
5.2 Zaštita prirodnih odvodnika	642
5.2.1 Mere zaštite	642
5.2.2 Mere za povećanje moći prirodnog pre- čišćavanja	642
5.2.3 Potreban stepen prečišćavanja otpad- nih voda	643

KRATAK PREGLED POSTUPAKA I OBJEKATA ZA PREČIŠĆAVANJE VODE

6.1 Priprema čiste vode	653
6.1.1 Potreba za popravljanjem kvaliteta vode	653
6.1.2 Opšte operacije prečišćavanja vode	653
6.1.3 Opis pojedinih postupaka i odgovarajućih uređjaja i objekata	658
1. Rešetke i sita	658
2. Aeratori	659
3. Taložnice	660
4. Uređjaji za flotaciju	665
5. Filtri	666
6. Objekti za hemijsku koagulaciju, hemijsku precipitaciju, izmenu jona i adsorpciju	670
7. Dezinfekcija vode	670
8. Rezervoar čiste vode	673
6.1.4 Šeme nekih kompletnih postrojenja za pripremu čiste vode	673
6.1.5 Privremena postrojenja za prečišćavanje vode	675
6.2 Prečišćavanje otpadnih voda	677
6.2.1 Potreba za prečišćavanjem otpadnih voda	677
6.2.2 Opšte operacije pri prečišćavanju gradskih upotrebljenih voda	679
6.2.3 Opis pojedinih postupaka i odgovarajućih objekata i uređjaja	685
6.2.3.1 Mehaničko prečišćavanje	685
1. Rešetke i sita	685
2. Usitnjivači	685
3. Taložnice za pesak	685
4. Hvatač masti i ulja	687
5. Taložnice za mulj	687
6. Taložnice za kišnicu	688
7. Trulište za mulj	688
8. Polja za sušenje mulja	689

6.2.3.2	Biološko prečišćavanje	690
A)	Polutehnički postupci biološkog prečišćavanja	690
1.	Navodnjavanje polja	690
2.	Ribnjaci	692
3.	Bara	692
B)	Tehnički postupci biološkog prečišćavanja	693
1.	Biološki filtri	693
2.	Biološki bazeni sa aktivnim muljem	694
3.	Naknadne taložnice	695
6.2.3.3	Dezinfekcija	695
6.2.4	Prečišćavanje upotrebljene vode iz usamljenih kuća i malih naselja	696
6.2.4.1	Septička jama	696
6.2.4.2	Imhofov tank	697
6.2.4.3	Druga postrojenja	699
6.2.4.4	Ispuštanje prečišćene vode	699
7.	<u>LITERATURA</u>	705