

BRANISLAV ĐORĐEVIĆ

TINA DAŠIĆ

EKOLOGIJA VODOPRIVREDNIH SISTEMA



**Univerzitet u Beogradu
Građevinski fakultet**



**Akademija inženjerskih
nauka Srbije**



BRANISLAV V. ĐORĐEVIĆ rođen je 1938. u Skoplju. Redovni je profesor Građevinskog fakulteta u Beogradu, redovni član Akademije inženjerskih nauka Srbije, član Naučnog društva Srbije, professor honoris causa. Kao utemeljivač Teorije vodoprivrednih sistema predavao je na više univerziteta. Bio je šef Katedre za hidrotehniku. Njegova specijalnost su složeni hidrotehnički sistemi sa hidroelektranama, višenamensko korišćenje, uređenje i zaštita voda, kao i ekološki aspekti složenih sistema. Za knjige "Korišćenje vodnih snaga I i II" nagrađen je 1984. Oktobarskom nagradom Beograda. Njegovo kapitalno delo iz oblasti teorije vodoprivrednih sistema, objavljeno u SAD (1993) - Cybernetics in Water Resources Management - bazna je monografija u svetu iz te oblasti i citira se u tom svojstvu. Druge češće citirane knjige: Vodoprivredni sistemi, Objekti hidroelektrana, Hidroenergetsko korišćenje voda. Radio je na planiranju svih većih hidroelektrana i vodoprivrednih sistema u SFRJ, kao i na izradi najvažnijih strateških planskih dokumenata u oblasti voda na prostoru bivše SFRJ. Autor je dela Prostornog plana Srbije koji se odnosi na vode i vodnu infrastrukturu.



TINA P. DAŠIĆ rođena je 1970. godine u Dubrovniku. Vanredni je profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na kome predaje predmete Korišćenje vodnih snaga i Vodoprivredni sistemi, na osnovnim i master studijama, a na doktorskim studijama: Metode optimizacije i Upravljanje hidrotehničkim sistemima. Autor je knjige Kvalitet vode u akumulacijama (modeliranje, ocenjivanje, praćenje) i Hidroenergetika - kroz rešavanje konkretnih problema (kao koautor sa prof. Branislavom Đorđevićem). Bila je učesnik u izradi velikog broja naučno-istraživačkih, razvojnih i stručnih projekata iz oblasti upravljanja vodoprivrednim i hidroenergetskim sistemima, uticaja hidrotehničkih sistema na okruženje, pouzdanosti složenih vodoprivrednih sistema i dr.

BRANISLAV V. ĐORĐEVIĆ

TINA P. DAŠIĆ

EKOLOGIJA VODOPRIVREDNIH SISTEMA

Recenzenti:

Prof. dr Miodrag Jovanović, redovni profesor
Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Cvetanka Popovska, redovni profesor
Građevinski fakultet, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij, Skopje

Prof. dr Ratko Ristić, redovni profesor
Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Odobreno za štampu na osnovu odluke Nastavno-naučnog veća Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na sednici održanoj 13.09.2018.

Slika na naslovnoj strani korica: Vlasinsko jezero (foto Ljubomir Mihajlović)

Izdavači: Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet
Akademija inženjerskih nauka Srbije, Beograd

Za izdavača: Prof. dr Vladan Kuzmanović, dipl.građ.inž.

Štampa: BiroGraf, Zemun

Tiraž: 500

CIP – Каталогизacija u publikaciji
Народна библиотека Србије, Београд
502.51:626/628

ЂОРЂЕВИЋ, Бранислав, 1938-

Ekologija vodoprivrednih sistema / Branislav Đorđević, Tina Dašić. - Beograd : Univerzitet, Građevinski fakultet, 2019 (Beograd : BiroGraf). - IV, 448 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 500. - Bibliografija: str. 423-440. - Registri.

ISBN 978-86-7518-205-4

1. Дашић, Тина, 1970- [autor]

а) Водопривреда -- Еколошки аспект

COBISS.SR-ID 277317388

SADRŽAJ

PREDGOVOR

I	UVOD: EKOLOGIJA, EKOLOGIJA VODOPRIVREDNIH SISTEMA, ODRŽIV RAZVOJ I MEĐUNARODNE OBAVEZE	
1.	EKOLOGIJA KAO NAUKA I NJENE GRANE	1
2.	EKOLOGIJA VODOPRIVREDNIH SISTEMA U OKVIRU INŽENJERSKE EKOLOGIJE	6
3.	PARADIGMA O ODRŽIVOM RAZVOJU	11
3.1.	Uslovi koji su pokrenuli strategiju održivog razvoja	11
3.2.	Definicija održivog razvoja	14
4.	MEĐUNARODNE AKTIVNOSTI USMERENE KA PROMENI ODNOSA PREMA RESURSIMA I OKRUŽENJU	17
4.1.	Skupovi sa zaključcima na nivou preporuka i smernica	18
4.2.	Konvencije sa karakterom obavezujućih dokumenata	20
4.3.	Ključni stavovi međunarodnih dokumenata	23
II	VODOPRIVREDNI SISTEMI, NJIHOV KIBERNETSKI OPIS I UTICAJ NA OKRUŽENJE	
1.	VOJSTVA VODE BITNA SA STANOVIŠTA EKOSISTEMA	25
1.1.	Fizička i hemijska svojstva vode	25
1.1.1.	Slatka voda	25
1.1.2.	Morska voda	28
1.1.3.	Termički kapacitet	28
1.1.4.	Voda kao rastvarač	29
1.1.5.	Osmoza	30
1.1.6.	Provodljivost	30
1.1.7.	Površinski napon	30
1.1.8.	Osobina kapilarnosti	31
1.1.9.	Amfoternost	32
1.2.	Resursna svojstva vode	32
1.2.1.	Osobine vode kao resursa	32
1.2.2.	Voda prisutna na slivu i voda kao resurs	33
1.3.	Potrebe za vodom: šta to stvarno znači?	35
1.3.1.	Zadovoljavajući vodni resurs - šta to znači?	35
1.3.2.	Kako okvirno oceniti raspoložive količine vode?	37
1.3.3.	Zaštita od voda kao ekološka kategorija	40
1.4.	Stanje vodnih resursa u svetu	40
1.5.	Stanje vodnih resursa u Srbiji i na području Balkana	43

1.6. Cirkulacije vazduha i vode na planeti i uticaj na sve globalne ekološke procese	47
1.6.1. Najvažniji planetarni vetrovi	48
1.6.2. Morske struje i njihov izuzetan značaj za život na planeti	49
2. VODOPRIVREDA, VODOPRIVREDNI SISTEMI I VODNI POTENCIJALI	55
2.1. Vodoprivredni sistemi i faze njihovog razvoja	55
2.1.1. Vodoprivreda i vodoprivredni sistemi	55
2.1.2. Fazni razvoj vodoprivredne infrastrukture	55
2.1.3. Sistemizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture	58
2.2. Vodni potencijali – polazište za strategiju upravljanja vodama	59
2.2.1. Totalni i parcijalni vodni potencijali	59
2.2.2. Ekološki potencijal	64
2.2.3. Primarni, sekundarni i tercijarni potencijali	65
2.2.4. Ekonomsko vrednovanje vodnih potencijala	65
2.3. Vodoprivredne kategorije značajne za planiranje sistema i njihovo skladno uklapanje u okruženje	66
2.3.1. Vodni režimi	66
2.3.2. Vodoprivredni postulati kao polazište za sva strateška planiranja ...	67
3. KIBERNETIZACIJA VODOPRIVREDNIH SISTEMA	73
3.1. Sistemizacija sistema prema stepenu razvoja	73
3.2. Vodoprivredni sistemi kao kibernetizovani upravljački sistemi	75
3.2.1. Ciljna i kriterijumska polazišta	75
3.2.2. Kibernetiska šema vodoprivrednog sistema	79
3.3. Nadsistem: vodoprivredni sistem + okruženje u zoni uticaja	83

III EKOLOŠKE KATEGORIJE I ZAKONITOSTI OD ZNAČAJA ZA VODOPRIVREDNA PLANIRANJA

1. DEFINICIJE I OSNOVNI POJMOVI	85
1.1. Biotop, biocenoza, ekosistem	85
1.2. Biodiverzitet – biološka raznovrsnost	90
1.2.1. Biodiverzitet	90
1.2.2. Uništavanje i osiromašenje biodiverziteta	91
1.2.3. Ekonomski aspekti biološke raznovrsnosti	95
1.2.4. Invazivne vrste – opasnost po biodiverzitet	96
1.3. Sukcesije, klimaks, homeostaza	99
1.4. Ekološki faktori, valentnost, ograničavajući faktori	101
1.4.1. Ekološki faktori	101
1.4.2. Ekološka valenca i ekološki spektar vrste	104
1.4.3. Libigov zakon minimuma	105

1.5. Zakon tolerantnosti ili zakon izdržljivosti vrsta	106
1.6. Opsezi ekoloških valenci	113
1.6.1. Stenoek i euriek vrste	113
1.6.2. Ekološke niše	114
1.6.3. Areal	116
2. KREĆANJE MATERIJE I PROTOK ENERGIJE U EKOSISTEMU	116
2.1. Kruženje materije u ekosistemu	117
2.2. Protok energije kroz ekosistem i produkcija u njemu	120
2.2.1. Protok energije kroz ekosistem	120
2.2.2. Efektivnost ekosistema	124
2.3. Lanac ishrane u ekosistemu	126
2.3.1. Lanac ishrane	126
2.3.2. Kvantifikacija odnosa u lancu ishrane	129
2.4. Razvoj ekosistema u svetlu energetskih odnosa u njemu	130
2.5. Pravilo ograničene stabilizacije ekosistema	136
3. ODNOSI UNUTAR VRSTE I IZMEĐU VRSTA	137
3.1. Homeotipske koakcije	137
3.2. Heterotipske koakcije	138
4. SPECIFIČNI POKAZATELJI RAZNOVRSNOSTI I STABILNOST BIOCENOZA	141
4.1. Specifični pokazatelji strukture i raznovrsnosti ekosistema	141
4.2. Stabilnost ekosistema	143
4.3. Ešbije (Ashby) zakon raznovrsnosti	145
4.4. Zakon maksimizacije informacija	147
4.5. Primena ekoloških zakonitosti u upravljanju vodama	148
4.6. Pravilo 'mekog upravljanja' ekološkim sistemima	149

IV VODOPRIVREDNI SISTEMI KAO DEO ŽIVOTNE SREDINE

1. EKOLOŠKI POKAZATELJI ZA OCENJIVANJE VODENIH EKOSISTEMA	153
1.1. Vodna tela	153
1.1.1. Vodna tela i njihove vrste	153
1.1.2. Osobnosti i klasifikacije vodotoka	154
1.1.3. Vodotoci prema morfologiji rečne doline	157
1.1.4. Morfologija rečnog korita i njen ekološki značaj	159
1.2. Erozijska zemljišta i njen uticaj na ekološke procese	164
1.2.1. Erozijski procesi – veliki izazov sa kojim se suočava civilizacija... ..	165

1.2.2. Oblici erozionih procesa	166
1.2.3. Klasifikacija erozionih procesa	168
1.2.4. Bujični tokovi	173
1.2.5. Pristupi za uređenje bujičnih slivova	175
1.3. Rečni nanosi i ekološki aspekti njihovog pokretanja, transporta i deponovanja	183
1.3.1. Dinamizam pokretanja nanosa	183
1.3.2. Energija suspendovanja: režimi taloženja i erodiranja	185
1.3.3. Proces i zasipanja akumulacija i njihove ekološke posledice	191
1.3.4. Mutne struje i njihov uticaj na procese u akumulacijama	199
1.4. Indikatori za razmatranje ekološkog statusa površinskih voda	202
1.4.1. Geofizički i hidromorfološki pokazatelji	202
1.4.2. Biološki pokazatelji kvaliteta voda	204
1.4.3. Fizičko-hemijski pokazatelji ekološkog statusa površinskih voda	208
1.4.4. Ekološki status voda	218
2. KARAKTERISTIKE ŽIVOTNIH ZAJEDNICA TEKUĆIH I STAJAĆIH VODA	222
2.1. Sistematizacija tekućih i stajaćih voda	222
2.2. Sistematizacija vrsta životnih zajednica u vodotocima	223
2.2.1. Osnovno korito	224
2.2.2. Bentos	225
2.2.3. Nekton	226
2.2.4. Plankton	226
2.2.5. Neuston i perifiton	228
2.3. Ekološke odlike raznih vodotoka	228
2.3.1. Temperaturni režimi reka	228
2.3.2. Tekuće gornjih delova sliva	229
2.3.3. Spore tekućice	230
2.3.4. Podela prema sastavu ihtiofaune	231
2.4. Jezera i njihove ekološke osobenosti	233
2.4.1. Tipovi jezera	233
2.4.2. Temperaturni režimi jezera	237
2.4.3. Proces i eutrofikacije jezera i dinamizam razvoja	241
2.4.4. Podela jezera prema stanju razvoja procesa trofije	244
2.4.5. Upravljanje procesima u jezerima u cilju zaštite od eutrofikacije	246
2.5. Ihtiofauna i njen uticaj na upravljanje vodoprivrednim sistemima	249
2.5.1. Postulat planiranja: obezbediti uslove za biološku raznovrsnost	249
2.5.2. Vrste riba od posebnog značaja za upravljanje sistemima	253
2.5.3. Opasnost od unošenja invazivnih vrsta riba	258
2.5.4. Iskustva sa razvojem ribljih populacija u nekim hidrotehničkim sistemima	259

V UPRAVLJANJA VODAMA U CILJU POBOLJŠAVANJA EKOLOŠKIH USLOVA

1. UTICAJI VODOPRIVREDNIH SISTEMA NA EKOLOŠKO OKRUŽENJE	267
1.1. Pozitivni uticaji vodoprivrednih sistema na okruženje	269
1.2. Negativni uticaji vodoprivrednih sistema i mogućnosti njihovog otklanjanja	271
1.3. Fenomeni koji se neopravdano navode kao negativni uticaji	274
2. UKLAPANJE VODOPRIVREDNIH SISTEMA U EKOLOŠKO OKRUŽENJE	279
2.1. Ekološki ciljevi i kriterijumi pri planiranju sistema	279
2.2. Mere pri planiranju sistema	281
2.3. Mere pri operativnom upravljanju	284
2.4. Objekti za nesmetanu migraciju riba u zonama brana	285
2.4.1. Nepovoljni uticaji na ihtiofaunu i mere zaštite	285
2.4.2. Objekti za propuštanje riba u zoni uspornih građevina i prateće mere zaštite	286
3. OBEZBEĐIVANJE PROTOKA U REKAMA NIZVODNO OD BRANA I VODOZAHVATA	304
3.1. Pristup rešavanju problema obezbeđenja ekoloških protoka	304
3.2. Određivanje protoka nizvodno od brana i vodozahvata	305
3.3. Određivanje ekoloških protoka	310
3.3.1. Metoda GEP	313
3.3.2. Metoda abiotičkih i biotičkih parametara i indeksa saprobnosti – MABIS	318
3.4. Objedinjen pristup upravljanja ekološkim protocima	321
4. MERE NATURALNE REGULACIJE I REHABILITACIJE VODOTOKA	323
4.1. Naturalna regulacija vodotoka	323
4.1.1. Posledice isključivo 'funkcionalističke' regulacije vodotoka	323
4.1.2. Bazna polazišta koncepta naturalnog uređenja vodotoka	324
4.1.3. Korišćenje inundacionih prostora i vodnog zemljišta	330
4.1.4. Osobnosti planiranja, realizacije i održavanja naturalnih regulacija	332
4.2. Mere obnove reka koje su bile uništene kao ekosistemi	333
4.2.1. Funkcionalna regulacija koja devastira ekološke i urbane vrednosti nekih reka	333
4.2.2. Pristupi i bazni principi obnove devastiranih reka	339
5. SPECIFIČNOSTI UPRAVLJANJA VODAMA U USLOVIMA KARSTA	345
5.1. Ekološke karakteristike karstnih područja	345

5.1.1. Specifičnosti karsta sa aspekta izgradnje brana	345
5.1.2. Ekološke specifičnosti karsta	348
5.1.3. Ekološke posledice izgradnje brana u karstu	350
5.1.4. Očuvanje vlažnih staništa (močvara) u karstu	350
5.2. Upravljanje vodama u karstu – primer višenamenskog hidrosistema Trebšnjica	353
6. MOGUĆNOSTI MATEMATIČKOG MODELIRANJA PROCESA U EKOSISTEMIMA	356
6.1. Opšti principi matematičkog modeliranja procesa u vodoprivredno- ekološkim sistemima	356
6.1.1. Spoznajne odlike matematičkih modela	356
6.1.2. Postulati matematičkog modeliranja sistema	358
6.1.3. Generalni pristupi modeliranju sistema	360
6.2. Simulacioni modeli hidroloških režima kao ključnog ekološkog faktora	363
6.2.1. Primena ARMA modela za složene analize promene hidroloških režima	364
6.2.2. Primena metoda zasnovanih na fizičkim zakonitostima	368
6.3. Modeliranje abiotičkih i biotičkih procesa u ekosistemima	377
6.3.1. Polazište i sistematizacija ekoloških modela	377
6.3.2. Generalni pristup za formiranje abiotičkih modela	379
6.3.3. Pristup formiranju biotičkih modela	384
6.3.4. Spregnuti modeli	385
6.3.5. Ekološko vrednovanje alternativa sistema	386
6.4. Modeliranje dinamičkih procesa u akumulacijama	388
6.4.1. Dinamizam procesa u jezerima	389
6.4.2. Abiotičke komponente procesa u jezerima	390
6.4.3. Biotičke komponente procesa u akumulaciji	397
6.4.4. Analiza mogućnosti promene modela	402
6.5. Modeli za proveru scenarija razvoja višenamenskih sistema	407
6.5.1. O potrebi provere razvojnih scenarija primenom simulacionih modela	407
6.5.2. Model WEAP	408
6.5.3. Iskustva u primeni WEAP modela na primeru sliva Drine	411
POGOVOR	415
LITERATURA	423
INDEKS POJMOVA	441
INDEKS AUTORA	447