

Љиљана Јанковић, Љубодраг Савић, Весна Ђикановић,
Јасна Плавшић, Владан Кузмановић, Миодраг Јовановић

РИБЉЕ СТАЗЕ

РИБЉЕ СТАЗЕ

ISBN 978-86-7518-209-2
www.grf.bg.ac.rs



Универзитет у Београду - Грађевински факултет

РИБЉЕ СТАЗЕ

Љиљана Јанковић, Љубодраг Савић, Весна Ђикановић,
Јасна Плавшић, Владан Кузмановић, Миодраг Јовановић



Грађевински факултет
Универзитета у Београду

Београд, 2020.

РИБЉЕ СТАЗЕ

Љиљана Јанковић, Љубодраг Савић, Весна Ђикановић,
Јасна Плавшић, Владан Кузмановић, Миодраг Јовановић

Издавач

Универзитет у Београду - Грађевински факултет, Београд, 2020.

За издавача

Проф.др Владан Кузмановић, декан

Уредник

Проф.др Владан Кузмановић, декан

Рецензенти

Проф.др Радомор Капор, дипл.грађ.инж
В.проф.др Тина Дашић, дипл.грађ.инж
Др Мирјана Ленхардт, дипл.биол., научни саветник

Припрема за штампу и дизајн корица

Омнибус, Београд

Штампа

Штампарија Свен, Ниш

Тираж

150

Књига одобрена за штампу одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду а седници од 26. 6. 2020.

© 2020 Грађевински факултет Универзитета у Београду

Сва права задржавају издавач и аутори. Забрањено прештампавање и копирање.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије

626/627

РИБЉЕ стазе / Љиљана Јанковић ... [и др.]. - Београд :
Универзитет, Грађевински факултет, 2020
(Ниш : Свен). - XI, 194 стр. : илустр. ; 24 cm

Тираж 150. - Библиографија: стр. 185-194.

ISBN 978-86-7518-209-2

1. Јанковић, Љиљана, 1968- [аутор]

а) Хидротехничке конструкције б) Рибе -- Реке -- Заштита

COBISS.SR-ID 25241609

Садржај

Увод	1
1. Историјат и распрострањеност рибљих стаза	3
1.1. Историјат	3
1.2. Распрострањеност рибљих стаза код нас и у свету	3
1.3. Законодавство у Србији	8
2. Миграције риба	11
3. Утицај хидротехничких објеката на рибље популације	19
3.1. Хидротехнички објекти који утичу на водене екосистеме	22
3.1.1. Бране	22
3.1.2. Пропусти	27
3.1.3. Канали	27
3.1.4. Преливни прагови	28
4. Врсте рибљих стаза	31
4.1. Рибља стаза са коморама и преливима	34
4.2. Рибља стаза са вертикалним отворима	37
4.3. Рибља стаза типа Денил	39
4.4. Рибље преводнице	43
4.5. Бродске преводнице	45
4.6. Рибљи лифтови	48
4.7. Рибље стазе у пропустима	50
4.8. Натуралне рибље стазе	55
5 Пројектовање	61
5.1. Основни захтеви које треба да задовољи рибља стаза	62
5.1.1. Биолошки критеријуми	63
5.1.2. Основни узроци нефункционисања рибљих стаза	71
5.1.3. Привлачност рибље стазе	72
5.1.4. Оптималан положај рибље стазе	74
5.1.5. Улази у рибљу стазу на узводном и низводном крају и проток за привлачење риба (<i>attraction flow</i>)	77

5.1.6.	Хидролошки подаци и подаци о квалитету воде	85
5.1.7.	Услови течења у рибљим стазама и хидраулички прорачун	88
5.1.8.	Дужина, нагиб и денивелација рибљих стаза; коморе за одмор	96
5.1.9.	Пројектовање дна	98
5.1.10.	Време рада рибље стазе	99
5.1.11.	Одржавање и заштита од угрожавања рада	100
5.1.12.	Интеграција у окружење	100
5.2.	Хидраулички прорачуни по типовима рибљих стаза	101
5.2.1.	Рибља стаза са коморама и преливима	101
5.2.2.	Рибље стазе са вертикалним отворима	109
5.2.3.	Рибља стаза типа Денил	118
5.2.4.	Рибље преводнице	124
5.2.5.	Рибљи лифтови	128
5.2.6.	Рибље стазе у пропустима	132
5.2.7.	Натуралне рибље стазе	141
5.2.7.1	Уређене речне деонице	141
5.2.7.2	Рибље рампе	145
5.2.7.3	Заобилазни канали	149
5.2.8.	Објекти за усмеравање и заштиту риба	156
5.3.	Конструктивна разматрања	158
5.3.1.	Анализа оптерећења	160
5.3.2.	Општа стабилност	162
5.3.3.	Статички систем и димензионисање	165
5.4.	Мониторинг	167
5.5.	Кораца при пројектовању рибљих стаза	168
6.	Рехабилитација постојећих хидротехничких објеката	171
6.1.	Побољшање услова у пропустима	171
6.2.	Побољшање услова на преливу/каскади	178
6.3.	Примери вишенаменског коришћења рибљих стаза	180
	Референце	185

Списак табела

Табела 5.1.	Брзине пливања одабраних врста риба у равномерном току и току са отворима у преградама	69
Табела 5.2.	Брзине пливања одабраних врста рибе	70
Табела 5.3.	Највеће брзине кретања одраслих јединки врста риба присутних у отвореним водама Србије	71
Табела 5.4.	Пример прорачуна минималних тродневних протока q_{3d} у узастопним тродневним периодима; на крају прорачуна бира се највећа вредност Q_{3d} током миграционог периода у једној години	87
Табела 5.5.	Просечне дужине појединих рибљих врста	97
Табела 5.6.	Искусствене димензије рибљих стаза са коморама и преградама	106
Табела 5.7.	Препоручене димензије рибљих стаза са вертикалним отворима	110
Табела 5.8.	Резултати прорачуна нивоа воде у коморама	117
Табела 5.9.	Препоручене вредности ширине, подужног нагиба и протока рибље стаза типа Денил	119
Табела 5.10.	Препоручене вредности димензија рибље стаза типа Денил у односу на ширину канала b	120
Табела 5.11.	Минималне дозвољене вредности коефицијента K_k	163
Табела 5.12.	Минималне дозвољене вредности K_p и K_i	164
Табела 5.13.	Неопходне фазе у пројектовању рибље стазе и потребни подаци/ активности	168

Списак слика

Слика 1.1.	Рибља стаза на брани „Зворник“	3
Слика 1.2.	Рибља стаза на МХЕ „Црнетићи“	4
Слика 1.3.	Рибља стаза на МХЕ „Грамада“	4
Слика 2.1.	Анадромне рибе	13
Слика 2.2.	Врсте риба за које је карактеристична амфидромна миграција (<i>лево</i>) и потамодромна миграција (<i>десно</i>)	16
Слика 3.1.	Високе бране Даниел-Џонсон (<i>Daniel-Johnson</i>), Канада (<i>лево</i>) и Ђердап I (<i>десно</i>)	19
Слика 3.2.	Примери поремећаја услед мањих објеката	20
Слика 3.3.	Рибље стазе у кањону Ђавоља врата (<i>Hell's gate</i>) у Канади	21
Слика 3.4.	Високе бране: Бајина Башта, (<i>лево</i>), и Врутци (<i>десно</i>)	22
Слика 3.5.	Пример физичких препрека на уласку у турбину	23
Слика 3.6.	Нагомилавање рибе испред водозахвата прибранске електране, (<i>лево</i>), и заштитна мрежа на иригационом водозахвату (<i>десно</i>)	24
Слика 3.7.	Хидродинамички параван	25
Слика 3.8.	Низводни услови на бранама Зворник и Ђердап I	26
Слика 3.9.	Услови у водотоку низводно од бране на реци Сан Ривер (<i>Sun River</i>)	26
Слика 3.10.	Неправилно постављени пропуси	27
Слика 3.11.	Правилно постављени пропуси	27
Слика 3.12.	Примери каналисаних водотока	28
Слика 3.13.	Примери ниских преливних прагова у водотоку	29
Слика 3.14.	Уклањање прелива Булко (<i>Bulco</i>) на реци Асон (<i>Asón</i>)	29
Слика 4.1.	Основе каналских рибљих стаза са различитим типовима попречних преграда	31
Слика 4.2.	Канал са лавиринтном преградом на брани Боневил, (<i>Boneville</i>) Орегон, САД	32
Слика 4.3.	Основа рибље стазе са коморама (базенима) за одмор	32
Слика 4.4.	Различити типови каналских рибљих стаза	33
Слика 4.5.	Скица рибље стазе са коморама и преливима	34
Слика 4.6.	Понируће (<i>горња слика</i>) и површинско течење (<i>доња слика</i>) у рибљој стази са коморама и преливима	35

Слика 4.7.	Положај рибље стазе са коморама и преливима: закривљена, паралелна и у облику серпентине	35
Слика 4.8.	Примери изграђених рибљих стаза са коморама и преливима	36
Слика 4.9.	Скица рибље стазе са вертикалним отворима	37
Слика 4.10.	Фотографије изграђених рибљих стаза са вертикалним отворима	38
Слика 4.11.	Пример рада рибље стазе са вертикалним отворима при различитим протоцима	39
Слика 4.12.	Скице рибљих стаза типа Денил	40
Слика 4.13.	Фотографије изграђених Денил рибљих стаза	41
Слика 4.14.	Објекат на реци Нарагарава (<i>Naragarawa</i>) у Јапану који садржи и рибљу преводницу	43
Слика 4.15	Рибља преводница отвореног типа - случај са пливањем рибе преко устава	44
Слика 4.16.	Рибља преводница отвореног типа - случај са проласком рибе испод устава	44
Слика 4.17.	Рибља преводница затвореног типа - брана Свети Стефан (<i>St. Stephen Hydropower Plant</i>), САД	45
Слика 4.18.	Бродске преводнице Боневил (<i>Boneville</i>), САД и Ђердап I	46
Слика 4.19.	Скица коришћења бродске преводнице Пајнополис (<i>Pinopolis</i>), на брани на реци Купер (<i>Cooper</i>), САД, за потребе транспорта рибе	47
Слика 4.20.	Рибљи лифт на брани Голфек (<i>Golfekh</i>) на реци Гарон (<i>Garonne</i>), Француска	48
Слика 4.21.	Концепција рибљег лифта	49
Слика 4.22.	Рибља стаза типа коморе – замке на брани Талова (<i>Tallowa</i>), Аустралија	50
Слика 4.23.	Примери лоше и добро постављеног пропуста	51
Слика 4.24.	Примери пропуста у којима је остварена симулација природног корита	52
Слика 4.25.	Пример обичног пропуста	53
Слика 4.26.	Примери пропуста са уграђеним препрекама	54
Слика 4.27.	Примери пропуста са уграђеним препрекама од камена	54
Слика 4.28.	Типови природних рибљих стаза	55
Слика 4.29.	Уређена деоница на реци Ус (<i>Ouse</i>), Велика Британија	56

Слика 4.30.	Пример заобилазне рибље стазе Хаишман Мил (<i>Heischman's Mill</i>), САД	57
Слика 4.31.	Пример рибље рампе на брани Соумил (<i>Sawmill</i>), САД	58
Слика 4.32.	Примери рибљих рампи	59
Слика 5.1.	Максималне брзине пливања риба у зависности од дужине рибе и температуре воде, за салмонидне врсте риба	67
Слика 5.2.	Издржљивост при максималној брзини пливања у зависности од дужине рибе и температуре воде за салмонидне врсте риба	67
Слика 5.3.	Примери доброг и лошег избора положаја рибље стазе	74
Слика 5.4.	Примери доброг и лошег избора положаја рибље стазе код различитих препрека	75
Слика 5.5.	Скица сабирног канала за прикупљање рибе	76
Слика 5.6.	Сабирни канал за прикупљање рибе изнад турбина у машинској згради Мектекак (<i>Macataquac</i>), река Сент Џон (<i>Saint John</i>), Канада	77
Слика 5.7.	Фотографије улаза у рибље стазе	78
Слика 5.8.	Положај рибљих стаза и улаза за ниске и високе водостаје на брани Просер (<i>Prosser</i>), Калифорнија, САД	79
Слика 5.9.	Уставе за регулацију на улазу у рибљу стазу	80
Слика 5.10.	Примери довођења протока за привлачење рибе отвореним каналом	81
Слика 5.11.	Пример довођења протока за привлачење рибе цевоводом	81
Слика 5.12.	Веза природног корита и улаза у рибљу стазу	82
Слика 5.13.	Примери излаза из рибље стазе на узводном крају на различитим објектима	83
Слика 5.14.	Пример излаза из рибље стазе на различитим kotaма	84
Слика 5.15.	Примери заштите рибље стазе од плутајућег отпада на узводном крају	85
Слика 5.16.	Прорачун линије нивоа између два пресека	91
Слика 5.17.	Основа и попречни пресек деонице натуралне стазе	94
Слика 5.18.	Ознаке променљивих за прорачун дисипације енергије	96

Слика 5.19.	Пример стазе са коморама за одмор код објекта бране	98
Слика 5.20.	Примери обраде дна рибље стазе	99
Слика 5.21.	Подужни пресек рибље стазе са коморама и преливима	101
Слика 5.22.	Подужни пресек слободног и потопљеног преливања	102
Слика 5.23.	Рибља стаза са коморама и преливима	103
Слика 5.24.	Попречни пресек рибље стазе	107
Слика 5.25.	Подужни пресек рибље стазе са коморама и преливим	108
Слика 5.26.	Рибље стазе са вертикалним отворима	109
Слика 5.27.	Рибље стазе са вертикалним отворима	110
Слика 5.28.	Подужни пресек рибље стазе са вертикалним отворима	111
Слика 5.29.	Дијаграм промене коефицијента протока μ	113
Слика 5.30.	Предлог димензија и положаја преграда у стази, са вертикалним отворима	114
Слика 5.31.	Предлог димензија и положаја преграда у стази са вертикалним отворима	114
Слика 5.32.	Проток кроз отворе ширине 17 cm	116
Слика 5.33.	Рибља стаза типа Денил са умирујућим коморама	118
Слика 5.34.	Скица рибље стазе типа Денил са ознакама димензија	119
Слика 5.35.	Дијаграм зависности h^* и h_0	121
Слика 5.36.	Подужни пресек рибље стазе	122
Слика 5.37.	Попречни пресек рибље стазе	123
Слика 5.38.	Пример рибље преводнице на реци Салто Гранде (<i>Salto Grande</i>) на граници Аргентине и Уругваја	124
Слика 5.39.	Рад рибље преводнице за мање денивелације	126
Слика 5.40.	Рибља преводница са степенастим дном	127
Слика 5.41.	Рибљи лифт са опремом	128
Слика 5.42.	Комора-замка на реци Сент Џон (<i>Saint John</i>) у Канади	131
Слика 5.43.	Коморе-замке на брани Мектекуак (<i>Mactaquac</i>), Канада, и брани Реинбоу (<i>Rainbow</i>), САД	131
Слика 5.44.	Примери побољшања услова за кретање риба у постојећим пропустима	132

Слика 5.45.	Уобичајени подужни пресеци кроз пропусте који се не користе за миграцију риба	134
Слика 5.46.	Подужни пресек кроз пропуст који се користи за миграцију риба	135
Слика 5.47.	Уобичајени попречни пресеци пропуста са дном покривеним природним материјалом	135
Слика 5.48.	Пропуст са низводном преградом од каменог набачаја за контролу нивоа доње воде	137
Слика 5.49.	Типови преграда у пропустима: а) правоугаоне преливне преграде, б) преграде са вертикалним отворима и ц) троугаоне преливне преграде	138
Слика 5.50.	Смакнуте преграде	139
Слика 5.51.	Спојлер преграде	140
Слика 5.52.	Камени блокови у речном кориту	142
Слика 5.53.	Типови уређења дна: (а) уграђен камен, (б) набачан камен, (в) каскадна грађевина	142
Слика 5.54.	Пример конструктивног решења рампе са набачаним каменом	143
Слика 5.55.	Рибља рампа у облику каскадне грађевине	144
Слика 5.56.	Примери биотехничке заштите обала	145
Слика 5.57.	Примери уређених речних деоница	145
Слика 5.58.	Прелив са рибљом рампом	146
Слика 5.59.	Рибља стаза у виду заобилазног канала	149
Слика 5.60.	Примери заобилазних канала из литературе	150
Слика 5.61.	Камени прагови са ознакама које се користе у прорачуну	152
Слика 5.62.	Примери осигурања дна и косина заобилазног канала	153
Слика 5.63.	Усмеривачи – решетке (<i>лево</i>) и паравани (<i>десно</i>)	156
Слика 5.64.	Примена паравана за спречавање уласка рибе у улазну грађевину	157
Слика 5.65.	Параван од fine мреже на улазној грађевини хидроелектране Лок Нес (<i>Loch Ness</i>) у Шкотској	157
Слика 5.66.	Прорачун коефицијента K_k : а) хоризонтална клизна равна, б) коса клизна равна	162
Слика 5.67.	Прорачун коефицијента сигурности против превртања и испливавања	164
Слика 6.1.	Пример реконструкције деонице низводно од пропуста	171

Слика 6.2.	Примери охрапављивања дна пропуста	172
Слика 6.3.	Скица различитих типова преграда погодних за постављање у пропустима	173
Слика 6.4.	Преграђивање широког пропуста	174
Слика 6.5.	Пропусти постављени на различитим kotaма са уграђеним препрекама у вишем пропусту	175
Слика 6.6.	Примери побољшања услова у рибљој стази у пропусту	175
Слика 6.7.	Рехабилитација доњег дела слива	176
Слика 6.8.	Прелаз преко потока Универзитет (<i>University</i>)	177
Слика 6.9.	Реконструисана деоница потока	178
Слика 6.10.	Пример реконструкције постојећег прелива	179
Слика 6.11.	Пример реконструкције прелива Бишофсвердер (<i>Bischofswerder</i>), поток Долн, Бранденбург (<i>Dolln, Brandenburg</i>), Немачка	179
Слика 6.12.	Пример реконструкције постојеће бетонске каскаде	180
Слика 6.13.	Пример реконструкције постојеће бетонске каскаде на реци Медвеј (<i>Medway</i>)	181
Слика 6.14.	Брана Мидтаун (<i>Midtown</i>) на реци Ред (<i>Red</i>) у Минесоти, САД, пре реконструкције	181
Слика 6.15.	Камена рампа на локацији бране Мидтаун (<i>Midtown</i>)	182
Слика 6.16.	Пролаз кајакаша преко камене рампе на реци Ред (<i>Red</i>) у Минесоти, САД	183