

Универзитет у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука

Ђорђе Б. Нићифоровић

Регулација водотока

Завршни рад

Крагујевац, 2016.

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Индустијски инжењеринг
Предмет: Механика флуида
Број индекса: 117/2011

Ђорђе Б. Нићифоровић
Регулација водотока
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Проф. др Слободан Савић-ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба:

- проучи одговарајућу литературу везану за физичка својства и законе кретања флуида
- прикаже одређене проблеме који се јављају при регулацији водотокова
- објасни хидрауличке карактеристике
- на основу прикупљених и систематизованих података из препоручене и друге литературе наведене области, примерима покаже задатке регулације
- укаже на практичну примену изложене материје у грађевинарској техници.

Препоручена литература:

- [1] Печорник, М., Техничка механика флуида, друго поправљено издање, Школска књига Загреб, 1989
- [2] [http://www.Diplomski/Regulacije_skripta_1\[1\]%2019str.pdf](http://www.Diplomski/Regulacije_skripta_1[1]%2019str.pdf)
- [3] Андреић, Ж., Темељи механике флуида, Свеучилиште у Загребу, 2014

Резиме

Предмет овог рада је регулација водотокова у отвореним токовима и преко препрека које могу да се појаве. Приказана је сврха, проблеми и задаци регулације. Дате су основне дефиниције и поделе водотокова. У првом делу рада приказани су системи за водоснабдевање водом насеља са великом популацијом, примењивани у прошлости, као и предности и мане које пружају. Затим су приказани проблеми и задаци регулације водотокова, као и њихова подела. Приказана је речна хидраулика, чији је циљ да на принципима механике флуида објасни и покаже уређење водотокова. Такође, дате су регулационе грађевине које се користе у циљу спречавања поплава, бујица, ерозија итд. Све ово је урађено у циљу избегавања или ублажавања последица утицаја великих вода.

Кључне речи: водоснабдевање, регулација водотока, речна хидраулика, регулационе грађевине, хидромеханика

Abstract

Subject of this work is regulation of watercourse in open channels and over barriers that could appear. The purpose, problems, and tasks of regulations are shown in this work. Basic definitions and divisions of watercourse are given. The first part presents the systems for water supply for settlements with large populations, applied in past, as well as the advantages and disadvantages they provide. Then, it shows the problems and tasks of water regulation, and their division. The river hydraulics is presented also, whose aim is to explain the principles of fluid mechanics and to show regulation of watercourses. Also, regulatory structures is shown, that are used to prevent floods, flash floods, erosions etc. All this has been done in order of avoiding or minimizing consequences of big water.

Keywords: supply with water, hydromechanics, regulation of watercourses, regulatory structures, river hydraulics

САДРЖАЈ

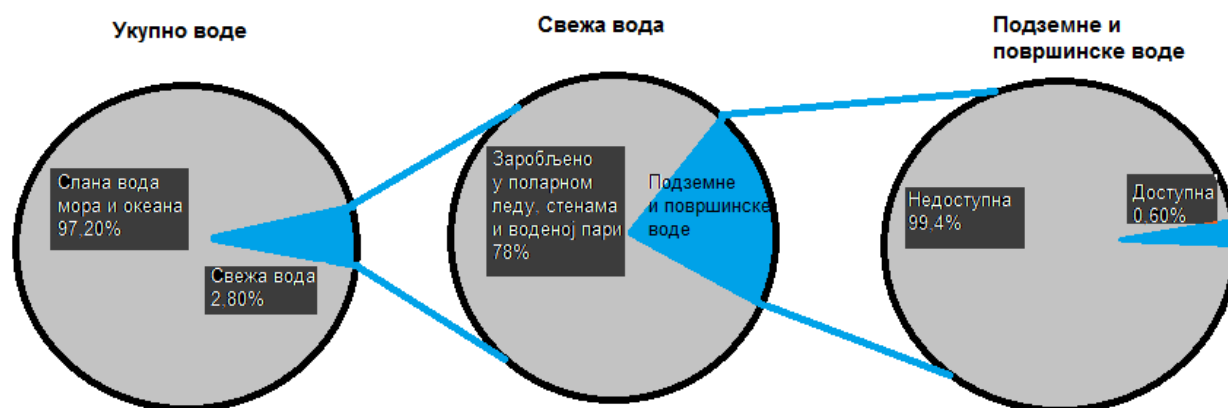
1. УВОД	6
1.1. Глобална расподела воде на Земљи	6
1.2. Историја водоснабдевања	7
1.2.1. Асирија и Вавилон	7
1.2.2. Аквадукт	8
1.2.2.1. Начин функционисања castellum-a	8
1.2.2.2. Водоснабдевање подручја старог Београда	9
2. СВРХА, ПРОБЛЕМИ И ЗАДАЦИ РЕГУЛАЦИЈЕ	9
2.1. Начин коришћења река	10
2.2. Подручје заштите од штетног деловања вода	14
2.3. Подручје заштите воде	17
3. ОСНОВНЕ ДЕФИНИЦИЈЕ И ПОДЕЛЕ	19
3.2. Подела водотока	19
3.3. Дефиниција регулација водотока	21
3.4. Дефиниције везане уз корито водотока	22
3.5. Инжењерски приказ водотока	24
4. РЕЧНА ХИДРАУЛИКА	27
4.2. Хидрауличке карактеристике природних токова	27
4.3. Ефекат контура тока	28
4.4. Утицај гравитације	30
4.5. Хидрауличка анализа	31
4.6. Методе хидрауличке анализе	31
4.7. Основне једначине и примери примене линијских модела	33
5. РЕГУЛАЦИОНЕ ГРАЂЕВИНЕ	33
6. РЕГУЛАЦИОНИ РАДОВИ	35
6.1. Просек речне кривине	35
7. МАТЕРИЈАЛИ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ РЕГУЛАЦИОНИХ ГРАЂЕВИНА	37
7.1. Природни материјали	37
7.1.1. Камен	37
7.1.2. Шљунак и песак	38
7.1.3. Дрво	38
7.1.4. Биљни материјали	38
7.2. Вештачки материјали	39
8. ПРИМЕР	39
9. ЗАКЉУЧАК	43
10. ЛИТЕРАТУРА	44

1. Увод

1.1. Глобална расподела воде на Земљи

Вода заузима 70,8% земљине површине. Највише је има у океанима, морима, језерима и рекама. У облику леда се налази на половима Земље. У ваздуху је у облику гаса - водене паре.

Преко 97% од укупне количине на Земљи представља слана вода, 2,80% отпада на слатку воду. Од укупне слатке воде, 78% је заробљено у леду и глечерима. Преосталих 22% слатких вода налази се у земљшиту. Око 0,6% укупне количине воде на планети представљају слатководни извори, као што су реке и језера. Реке и језера су извори највећег дела воде за свакодневну људску употребу[1].



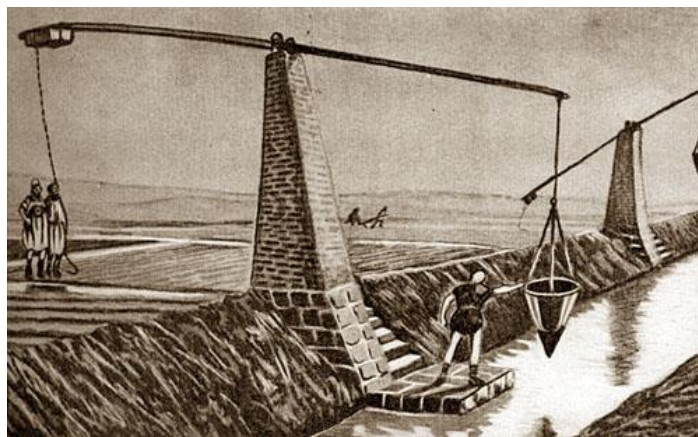
Слика 1. Расподела воде на земљи

Људска насеља и питка вода су нераздвојиви. Раније су се за људску употребу и за напајање домаћих животиња најчешће користили природно присутне воде - из извора, потока, река па и бара. Вода је била питка до пре 70-80 година, ако су већа насеља била низводно од места где се узимала вода. И тада су се појављивали проблеми у водоснабдевању променом годишњих доба. Лета су била сушна и долазило је до пада нивоа воде, често и до загађења поплавама. Да би дошли до уједначеног снабдевања, људи су се постарали да нађу стабилне изворе. На местима на којим је било изворске воде, било је једноставније а тамо где јеније било, прављени су бунари.

1.2. Историја водоснабдевања

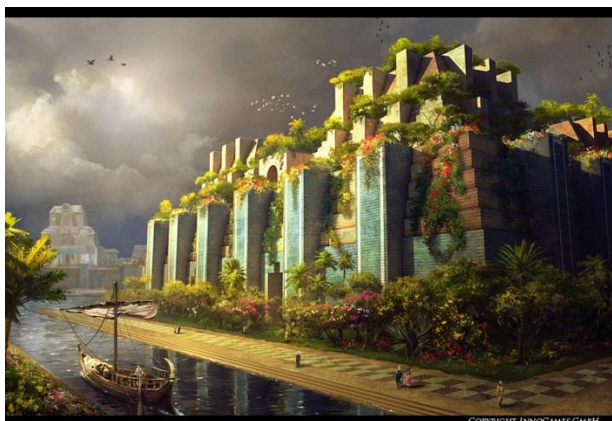
1.2.1. Асирија и Вавилон

Већу вредност има земљиште које има могућност заливања, јер може да донесе две или више жетви годишње. Тиме су се служили Асирци који су водом из мреже канала заливали своје усеве. Воду су вадиле из канала помоћу дугачких дрвених греда, које су се окретале на стубу озиданом циглом. На једној страни греде је терет потребне тежине, да би се извлачење воде и окретање греде и суда са водом изводило без већег напора.



Слика 2.Наводњавање поља

Вавилонски вртови такође су пример снабдевања водом ради заливања. Изграђени су на четвороспратној кули. Плоче терасе изграђене су од тешких камених плоча. Плоче су покривене слојем трске и преливане асфалтом. Тиме су постале водонепропусне. Преко асфалта наношен је дебео слој плодне земље у коме је могла да расте и мања шума. Вода је довођена из реке Еуфрат помоћу система полуга и пумпи [2].



Слика 3. Вавилонски вртови

1.2.2. Аквадукт

Аквадукт је вештачки канал за воду, састоји се од веће цеви за проток воде, постављене преко реке или долине, са одређеним грађевинским објектима постављеним за премошћавање одстојања и висинских разлика.

Највећи аквадукт на свету налази се у Француској. То је 2000 година стари аквадукт Pont du Gard који доводи воду до места Nîmes. Ова је грађевина је 49 m висока а 275 m дуга. Коцке од којих је мост саграђен су тешке око 6 t, а приликом градње није коришћен малтер [3].



Слика 4. Аквадукт Pont du Gard

1.2.2.1. Начин функционисања castellum-a

Castellum aquae (базен за воду) имао је улогу да смањи брзину воде како би се нечистоћа одстранила таложењем или филтрирањем. Подизањем бране у каналу би почело пуњење резервоара. У првом ширем делу резервоара вода се успорава и ту долази до одстрањивања нечистоћа приликом проласка кроз филтер, док се нечистоће таложе на дну базена. У следећем делу долази до сужавања резервоара а истовремено се повећава пад дна (2,9%), па вода опет убрзава свој ток и прелази у део резервоара који је дужи и ужи. Када се вода прелива из једног у други базен долази и до финијег пречишћавања и после тога се вода усмеравала у одводни канал, према потрошачу [4].



Слика 5. *Vimanacijum (код Костолца) – аквадукт истражен у дужини од 10 km*

1.2.2.2. Водоснабдевање подручја старог Београда

Водоснабдевање Београда (Калемегдана), обављало се из Малог Мокрог Луга. Водовод је изграђен 85. године нове ере и направили су га Римљани. Канал је био висок од 140 до 160 cm, на дну су биле постављене керамичке цеви кроз које је текла вода. Приликом зидања остављени су ревизиони отвори у тунелу за евентуално касније одржавање [5].

Представљени су отворени токови израђени људском руком. Све препреке току воде решени су грађевински. Пад је био уједначен тако да је ток био једнолик.

За разлику од отворених токова у природним условима где је струјање неједнолико условљено различитим препрекама.

2. Сврха, проблеми и задаци регулације

Реке су увек биле у фокусу људских активности. Важност тих активности огледа се у користи које се добијају од река и у потреби за заштитом од поплава и ерозија. Важност заштите околине даје нам додатну тежину из разлога што рекама пролази вода којом се загађење може пренети врло брзо и лако пренети на велика подручја. Такође, ту је и важност очувања природних лепота река. Из свих тих потреба произилазе инжењерски задаци решавања проблема.

Реке су предмет изучавања инжењера и научника који су фасцинирани способношћу истих да саме изграде корита и да одговоре на природне и људске сметње. Инжењерским решавањем разних хидротехничких проблема, утврђено је да реке могу бити укроћене разумевањем природних процеса а не силом.

Када је реч о регулацији водотока, задатак је уређење корита водотока (морфолошка регулација) и промена количина вода које пролазе водотоцима (регулација воденог режима).

У зависности од намене регулације, потребно је у већој или мањој мери утицати на промену природних особина водотока и одатле произилазе инжењерски задаци. Али, наравно у томе треба бити јако опрезан и никако не треба занемарити да су водотоци део природе која има сопствене законе. Успешност решавања инжењерских задатака зависи од разумевања природе водотока. Прибегавање насилним решењима резултује нерационалним и скупим решењима.

Природним водотоцима тече вода помешана са наносом (суспендованим и вученим), самиформирају и еродују сопствено корито, а настају у склопу феномена хидролошког циклуса.

Из горе наведеног можемо закључити да је за исправан приступ решавању проблема уређења воденог тока потребно владати знањима о:

- законитостима течења воде у отвореним водотоцима
- законитостима процеса формирања корита, ерозијских процеса и хидролошким законитостима

Природни водотоци „живи организми“ јер током времена мењају количину воде коју преносе и током времена мењају своје корито. Поседују огромну енергију која је стална, са временским варијацијама и према којој се треба односити са уважавањем и разумевањем.

Уређење водених токова често се назива регулацијама. Регулације природних токова су скуп изградњи и мера којима се мењају природне особине водотока и његовог подручја сливања ради:

- што рационалнијег коришћења вода
- што ефикасније заштите од штетног деловања воде из водотока
- што ефикасније заштите водотока од загађења

2.1. Начин коришћења река

Користи од река можемо набројати у следећим групама:

1. Црпљење и употреба воде за различите намене (снабдевање водом за пиће, санитарне и технолошке потребе, наводњавање и друго).

2. Коришћење воде за производњу електричне енергије и друге погонске намене.
3. Коришћење вода за узгој риба.
4. Коришћење вода за пловидбу.
5. Коришћење вода за спорт, купање, рекреацију и остало.

Пре свега, разликују се три битно различита коришћења. Први начин је када се користи вода из река на начин да се неповратно уклони из водотока или да се привремено уклони из водотока, а затим врати са промењеним физичким и/или хемијским особинама. Физичке особине се обично мењају када се вода користи у техничке сврхе, на пример као расхладна вода, а затим се враћа као загрејана у водоток. Хемијске особине се могу променити када се вода користи у санитарне потребе, те се у водоток враћа са одређеним променама. Наравно, при томе не сме доћи до толике измене која би могла угрозити квалитет воде у водотоку. Други начин је да се користи снага вода из водотока, а да се при томе не одузима количина воде, нити мењају њене физичко-хемијске особине. Трећи начин коришћења је да се користи вода као медиј, а да се при томе не одузима количина воде из водотока нити да се користи водена снага.

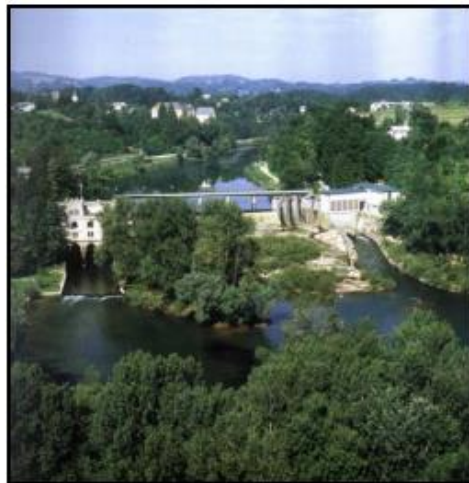
На слици 6 су приказане грађевине на водотоку које служе за хватање воде потребне за пиће. Слика приказује два примера техничког решења за исту намену. Слика под а) приказује захват који је смештен на самој обали реке, и на којој се види да је на уређењу водотока потребан релативно мали захтев. Потребно је узводно и низводно од саме грађевине одрадити заштиту обале ради одржавања стабилног проточног профила. Са друге стране, слика под б) приказује грађевину која је увучена у обалу и заштићена од леда, дрвећа и срушених стабала које може водоток носити. Међутим због велике осцилације водостаја, грађевина је велике висине. Слика десно, друго техничко решење, истурено је и улази у проточни профил водотока.

Налази се у условима могућег удара санте леда и стабала, па је потребна додатна заштита примењеном конструкцијом. Уз то, потребно је уредити обалу ради стабилизације профила водотока. Ово техничко решење је мање висине и неосетљиво је за повремени потапања током трајања великих вода.



Слика 6. а) Пример грађевина на водотоку за захватање и б) Црпљење вода реке за снабдевање водом за пиће

Коришћење реке за производњу електричне енергије може имати релативно велике захтеве. У зависности од типа захвата, са аспекта регулација важно је анализирати потребу за уређењем корита током целог водотока која ће бити у непосредном утицају система. У случају када је подручје утицаја релативно кратко, као на слици 7, са аспекта регулације треба осигурати корито низводно од бране у зони великих турбуленција тока воде, затим осигурати узводно заштиту од поплава због успоравања воде браном (изградња хидротехничких насипа). Међутим има и случаја где су ти утицаји далеко веће размере, па ће бити потребно изградити и неке додатне канале, променити путеве постојећих водотока и слично.



Слика 7. Коришћење реке за производњу електричне енергије

Када се вода користи за узгој риба (слика 8.), са аспекта регулације водотока обично нису потребни велики радови. Углавном се ради о потреби уређења захвата за воду и испуста воде у водоток. Највећи проблем је одређивање повољног места на водотоку где ћемо захватити воду тако да тај захват буде временски стабилан, да не дође до његовог

затрпавања наносом. Потребно је и наћи решење за евентуални проблема наноса у води који би могао са временом напунити базене за узгој риба.

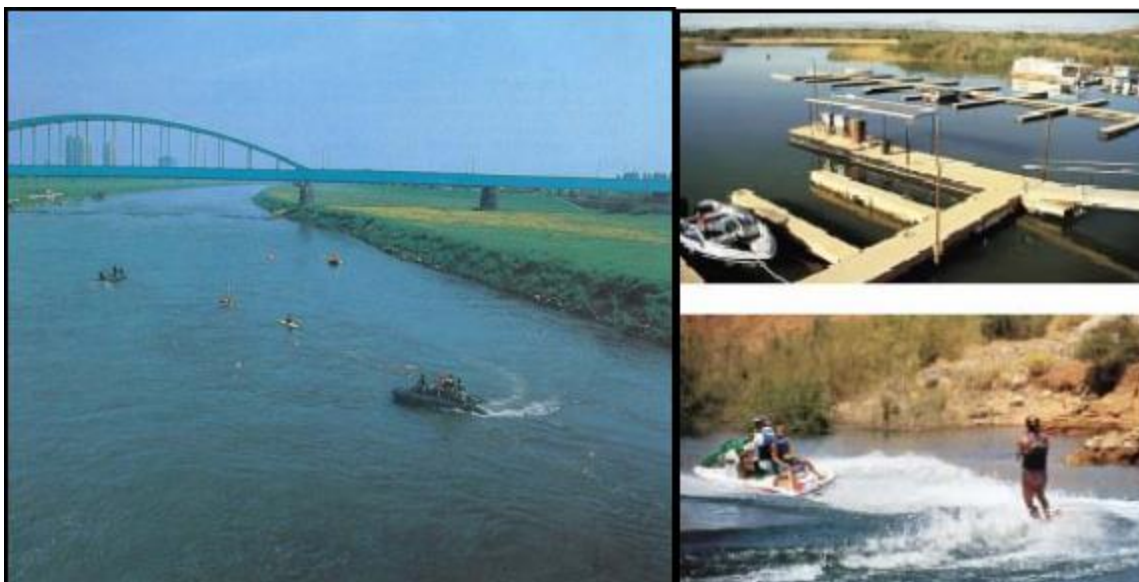


Слика 8. *Коришћење вода за узгој риба*

Најзахтевнија активност са аспекта регулација водотока је коришћење река за пловидбу. Проблем је у томе што се код пловних река мора осигурати довољан пловни габарит, затим довољно велики радијуси завоја на целој њеној пловној дужини, и то готово током целе године. Иако се за ову активност вода користи само као медиј, потребно је испунити велики број регулацијских захвата ради одржавања услова пловидбе. Прве регулације река биле су изведене из потребе коришћења за пловидбу.



Слика 9. *Примери коришћења река за пловидбу*



Слика 10. Коришћење река за а) спорт б) купање в) рекреацију и др. сличне намене

2.2. Подручје заштите од штетног деловања вода

У подручје заштите од штетног деловања вода спадају:

1. Уређење водотока и других вода (грађење, одржавање регулацијских и заштитних водених грађевина).
2. Одбрана од поплава, одбрана од леда, заштита од ерозије и бујица, уклањање последица.
3. Мелиорацијска одводњавања.

Уређење водотока и других вода по дефиницији спада у домен регулација водотока. И друга група која се односи на одбрану од поплава и сличних активности спада у регулације водотока. Посебан нагласак треба дати на чињеницу да поплаве не само да угрожавају људске животе и чине штете због потапања подручја, већ и вода својом ерозијском способношћу може знајано повећати штету.





Слика 11. а) Одбрана од поплава, б) од леда, заштита од ерозије и бујица, в) уклањање последица, г) Поплава у Обреновцу 2014

Један од основних задатака регулације водотока, поготово оног дела који се бави регулисањем воденог режима, је изградња таквих система који ће евентуално поплаве и штете од ерозија смањити на што је могуће мању меру, до степена оправданости улагања у тај систем.

Мелиорацијска одводњавања спадају у посебну подкатегорију регулација и изучава се засебно. Без обзира на ту чињеницу немогуће је одвојити регулације водотока од мелиорацијских одводњавања јер на крају, чине једну хидрографску целину. На слици 12 дате су фотографије елемената система који се директно вежу на предмет изучавања регулација (на водотоке).



Слика 12. Мелиорацијска одводњавања

2.3. Подручје заштите воде

Подручје заштите вода обухвата испуштање отпадних вода у пријемник и очување природних лепота. Са аспекта регулације водотока, испуштање отпадних вода у пријемник нема великих захтева на радовима. Потребно је локално уредити корито водотока на месту испуштања како би се обезбедио његов несметани рад. Са друге стране, техничка решења на уређењу корита водотока, без обзира у чију се сврху изводила, требају бити таква да се што мање утиче на природне лепоте, категорију која је економски немерљива.



Слика 13. Уређај за прочишћавање воде пре одвођења у пријемник



Слика 14. Природне лепоте водотока које треба очувати

Приликом решавања задатака регулација водотока првенствено се мора имати на уму да је река део природе са сопственим законитостима. Дакле, успешност решавања инжењерских задатака везана је за ниво разумевања природе реке. Насилно решавање проблема доводи до компликација и обично решења која су доста скупа. На слици 15 дати су примери одговора речних водотокова на непримерена и насилна решења. На првом примеру је приказано несразмерно продубљење корита водотока низводно од пролаза испод аутопута, у односу на корита водотока узводно. То нам показује да је реч о лошем техничком решењу које је проузроковало такве промене да је корито водотока непотребно заузело превелико подручје. Додатна негативност састоји се у дренажи подземља и у снижењу нивоа подземне воде. Друга и трећа слика односе се на насилно трасирање водотока у праволинијском смеру. У природи водотока је да буде кривудава и ако покушамо променити водоток, увек ће постојати тенденција да не буде праволинијски.



Слика 15.Одговор водотока на непримерена техничка решења

а) несразмерно продубљење корита

б),в) насилно трасирање водотока у праволинијском смеру

Задатак курса из подручја регулација водотока је:

1. Упознавање природне реке.
2. Тумачење њених законитости.

3. Описивање физикалних законитости математичким алатима.
4. Упознавање за инжењерским решењима на регулисању водотока.

3. Основне дефиниције и поделе

3.2. Подела водотока

Основне поделе водотока битне су са аспекта приступа решавању проблема. Стога, неће бити исти приступ решавању проблема уколико се треба регулисати неки бујични водоток или пак река. У наставку ћемо дати неке основне поделе по различитим критеријумима.

Подела водотока у географском смислу разликује бујице, брдске потоке, потоке и реке. Затим, према величини (хидрографска подела) водотке делимо на бразде, јарке, јаруге, поточиће, потоке, речице, реке и велике реке. Ове поделе немају никакву квалификацију и предмет су субјективне процене.

Хидротехничарима ће бити значајна подела водотока у алувијалним долинама. Према тој подели разликујемо следеће типове водотока:

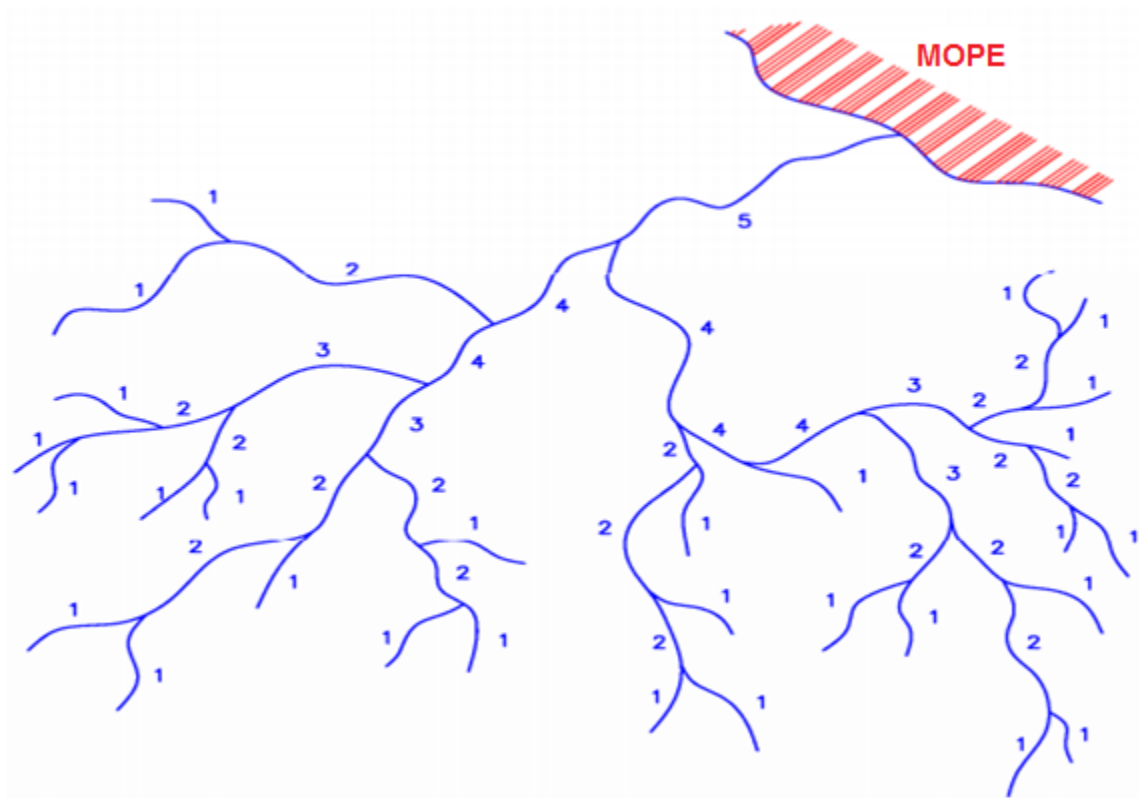
- Мелиорацијски канали (ширина дна $b < 1 \text{ m}$)
- Мали водотоци (ширина дна $1 \text{ m} < b < 20 \text{ m}$)
- Реке (ширина дна $b > 20 \text{ m}$)

То је подела која има строгу меру ширине дна која недвосмислено сврстава поједини водоток у алувијалним долинама у поједину категорију. Хидролошка подела водотока према научнику Хортону дели водотоке у редове у зависности од реда притока. Тако је према тој подели Дунав водоток 12 реда, Сава водоток 7 реда. По тој подели, водоток вишег реда настаје спајањем водотока истог реда почевши од извора водотока првог реда. На слици 16 дат је пример поделе водотока према Хортону.

Последња подела водотока, коју ћемо овде споменути, је подела према основним карактеристикама режима течења. Према тој подели водотоке делимо на:

- атлантски тип.
- континентални тип.
- планински тип.
- поларни тип
- средоземни тип
- монсунски тип

- екваторијални тип



Слика 16.Пример поделе водотока према Хортону

Основне карактеристике водотока према поједином од наведених типова дате су у табlici 1. Занимљиво је сврстати наше велике водотоке у типове. Тако Сава спада у типичан континентални тип водотокова. Може се запазити да она, по режиму протока, има два велиководна периода, и то управо у пролеће и јесен. Однос максималног и средњег протока налази се у границама од 3 до 4, а просечно годишњи коефицијент отицања је отприлике 0,3. Те информације су битне због планирања регулацијских радова. Сигурно ће се одабрати време мањих водостоја за извођење радова. Такође је јако битно да се зна када се могу очекивати проблеми са поплавама и слично.

Тип водотока	подручја	појава $Q_{\max}$	однос протока	коэффициент отицања
атлантски (кише)	средња и западна Европа, исток Северне Америке	јесен-зима	$\frac{Q_{\max}}{Q_{sr}} \leq 2$	0,26 - 0,28
континентални	ист. Немачка, Шведска, ист. Европа, Сибир, север Северне Америке	пролеће (снег и киша) јесен (киша)	$3 < \frac{Q_{\max}}{Q_{sr}} < 4$	0,30
планински (снег)	Алпе	лето	$2 < \frac{Q_{\max}}{Q_{sr}} < 3$	0,50 - 0,90
поларни (снег)		лето		
средоземни (зимске кише)			$\frac{Q_{\max}}{Q_{sr}} \leq 4$	0,20 - 0,50
монсунски		лето		
екваторијални		два кишна доба		

Таблица 1. Основне карактеристике типова водотока према основним карактеристикама режима течења

3.3. Дефиниција регулација водотока

Регулације природних водотока су скуп градњи и мера којима се мењају природне особине на водотоку и његовом сливном подручју ради:

- што рационалнијег коришћења вода,
- што ефикасније заштите од штетног деловања вода из водотока и
- што ефикасније заштите водотока од загађења.

При томе треба разликовати регулације корита водотока (морфолошке регулације) и регулације воденог режима. Регулације корита водотока баве се уређењем корита и грађевинама везаним за само корито. Према класичном поимању регулација водотока управо су регулације корита те које се описују тим режимом. Међутим, шири појам регулација водотока подразумева и регулисање режима воде. Ту је реч о такозваној прерасподели водених количина.

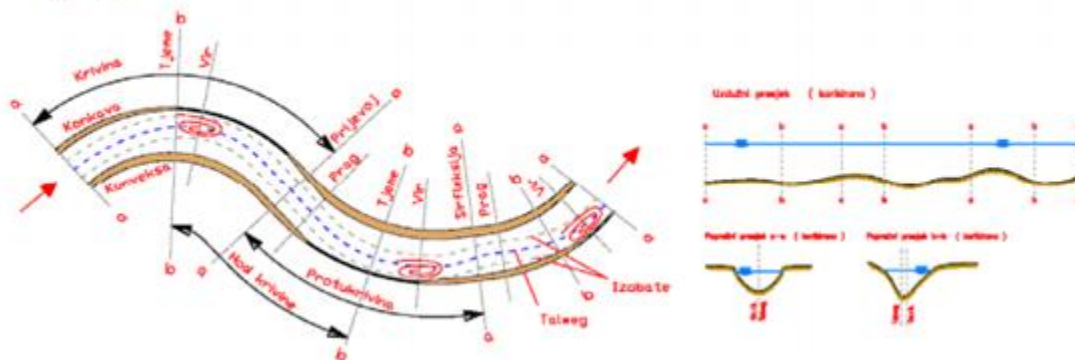
3.4. Дефиниције везане уз корито водотока

Обала је црта пресека корита водотока и терена околу. Термин се користи и за шире подручје које обухвата и део корита до дна. Код водотока разликујемо леву и десну обалу. Одређујемо их тако што посматрамо ток од извора према ушћу. Конкавна је обала спољна обала на завоју, док је конвексна унутрашња обала на завоју.

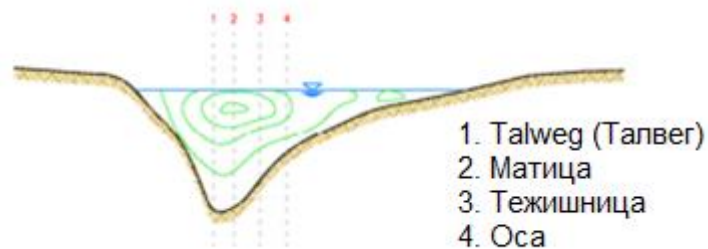
Можемо препознати низ карактеристичних тачака и црта које су графички приказане на слици 17. То су појмови које дефинишемо као:

- инфлексција (превој) – место промене карактера закривљености трасе водотока
- сирфлексција – место заједничке тангенте двеју истосмерних завоја трасе водотока
- talweg (Талвег) – спојница тачака највећих дубина у сукцесивним попречним профилима
- матица – спојница тачака највећих брзина у сукцесивним попречним профилима
- оса – црта која је једнако удаљена од обале
- тежишница – спојница линија које деле површину на једнаке половине у сукцесивним попречним профилима

Ситуације

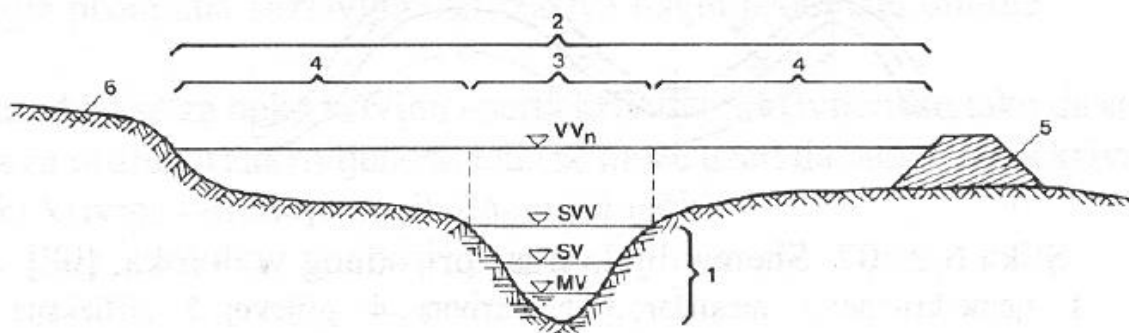


Слика 17. Основне дефиниције корита водотока – ситуацијски приказ



Слика 18. Основне дефиниције корита водотока – приказ у попречном профилу

Делови корита у попречном пресеку (слика 19.):



Слика 18. Делови корита у попречном пресеку

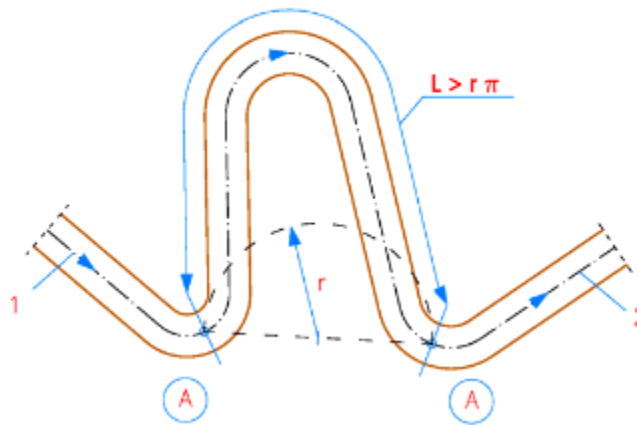
1. Корито за средњу воду
2. Корито за велику воду
3. Главно корито
4. Инундације
5. Насип
6. Висока обала

Корито за средњу воду лако је препознатљиво јер њиме вода тече већим делом године. Око њега обично је формиран претежно хоризонталан терен који бива поплављен за трајање већих водених запљускивања.

Део између корита за средњу воду и вишег терена, изграђених хидротехничких насипа, где се повремено појављује вода назива се инундација. Корито за средњу воду и инундације заједно формирају корито за велику воду.

Природне реке имају особину сталног мењања смера. Тако њихова траса формира једну завојну црту. Оштар дуг завој корита водотока се назива меандар. Назив је добио по турској реци Мендерес чије је корито веома кривудаво. Меандром називамо завој чија је дужина већа од дужине уписаног кружног лука (слика 20.). Меандри су углавном подложни сталним променама тако да се помичу. Тада је реч о лутајућим меандрима. Уколико нема временских промена трасе, реч је о устаљеном кориту.

Дефицијска слика меандра



Слика 19. Скица меандра

3.5. Инжењерски приказ водотока

Инжењерским приказом се назива графички приказ водотока. Показује се просторна геометрија корита водотока. Може да буде реч о геодетским мерама постојећег водотока или о неким техничким решењима из пројекта. Просторну геометрију корита водотока требамо приказати:

- тлоцртно на ситуацијама
- попречним профилима
- уздужним профилем

Да би се остварио сваки од ових приказа, мора постојати одређени број података. Неке од најбитнијих карактеристика појединог приказа:

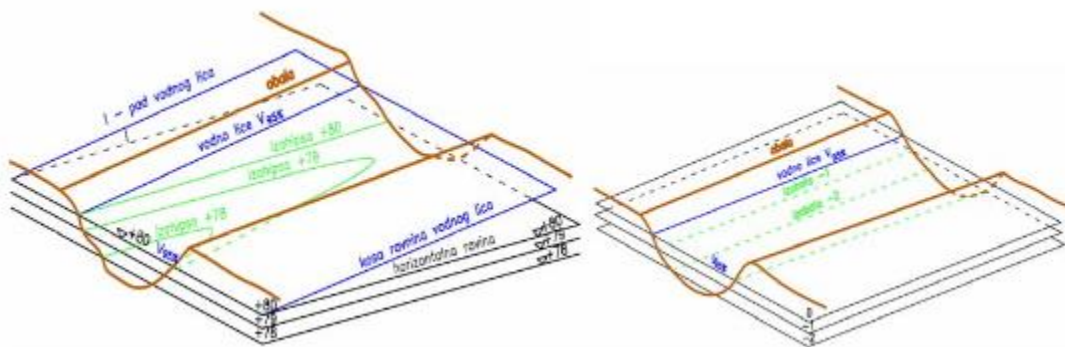
Ситуације

Размера 1:1000 до 1:25000, зависи од намене приказа. Мерило за прегледне ситуације зависи од величине водотока. Техничка решења се углавном приказују у размери 1:1000, али то опет зависи од величине водотока и од самог пројекта.

Топографију терена можемо приказати изохипсама и апсолутним висинским котама неки тачака. Оно што мора бити приказано на ситуацијама су све грађевине и сва инфраструктура (како надземна тако и подземна).

Корито водотока се приказује обалном цртом. Корито већих водотока (река) приказујемо изохипсама или изобатама. Изобате представљају пресек равнина паралелних воденим деоницама, и цртају се код пловних водотока.

На свакој ситуацији морамо обележити стационажу, километражу, позицију попречних профила и број профила. Стационажа представља удаљеност поједине тачке на оси корита од ушћа. Стационажа код водотока увек расте од ушћа према извору. Километража је важан параметар који се не мења временом иако водоток мења своју дужину због померања трасе, регулацијских радова, и служи за навигацију. Када се постави, километража се поклапа са стационажом, али се касније због динамике промене корита та два параметра не поклапају. Такође, на ситуацији морамо обележити место и трасу попречног профила. То обележавамо са цртом. Велике реке захтевају постављање такозваних евиденцијских профила. Они су увек на истој позицији и при сваком новом хидрографском снимању, профил се снима са тог места. Сава, Драва и Дунав имају евиденцијске профиле чији је међусобни размак око 200 до 250 м. Евиденцијским профилима се прати промена корита у неком временском периоду.



Слика 20. Скица приказа корита изохипсама и изобатама

Попречни профил

Ове профиле приказујемо у накривљеним пројекцијама, како бисмо нагласили промене висина у односу на дужину.

Размера приказа зависи од величине водотока и начину пројектовања, а обично износи 1:100/10 до 1:1000/100.

Оно што сваки попречни профил мора садржати је ознаку стационаже(километраже) или број. Како су профили природних токова неправилни и несиметрични, треба недвосмислено означити која страна приказује леву а која десну страну обале. Недвосмислено јер се профили обично приказују тако да следе стационажу, односно смер од ушћа ка извору, и тада се у приказу лева обала налази на десној страни и обрнуто.

Попречне профиле цртамо полигонално, између суседно измерених тачака. Морају бити означене висине тачака, као и удаљеност тачака од референтне. Уз то, треба и доцртати карактеристичне водостаје посматраног водотока.

Уздужни профил

Као и попречни профил, и уздужни се такође приказује у накривљеној пројекцији. Састоји се од графичког и табличног приказа.

И овде размера зависи од величине водотока и начину пројектовања, а обично износи 1:1000/100 до 1:10000/1000.

Графичким делом се приказују насипи обала, водена површина и дно корита. Насипе приказујемо цртом, и уколико има разлика између висине насипа на левој и десној страни, треба се графички другачије приказати. То важи и за обале. Дно корита означавамо цртом talвега (талвега), спајањем тачака највећих дубина. Све графичке ознаке се цртају полигонално, од попречног профила до попречног профила. Наравно, осим ознака, графички приказ мора да садржи и остале карактеристике за ту деоницу.

Таблични део приказа треба да покаже све нумеричке податке које су исцртане у графичком делу. То значи да на свакој позицији попречног профила треба бити исписана нумеричка вредност у виду висинске коте насипа, обала, дна и водостаја. Осим тога, потребно је уписати и ознаку профила, стационажу, километражу, податке о тлоцртним елементима.

Везе између ситуација, попречних профила и уздужних профила увек чини стационажа!

4. Речна хидраулика

Речна хидраулика се бави проучавањем течења воде и проносом наноса у рекама.

Хидраулички прорачун је неизоставни део било ког пројекта уређења водотока. Њиме одређујемо хидрауличке карактеристике природног режима и проверавамо хидрауличке последице одрађених регулационих захвата. Анализирањем више варијанти, узима се она која доноси најповољније услове течења, проноса наноса и леда, без неповољних утицаја на стабилност речног корита.

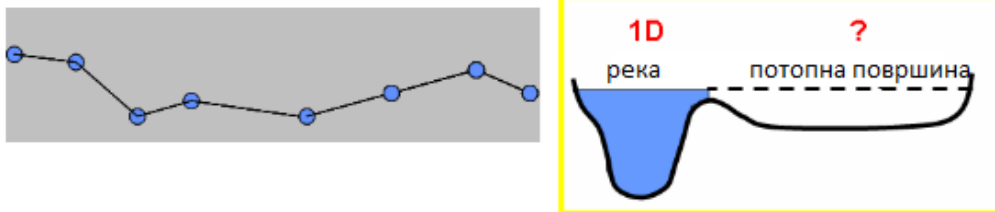
4.2. Хидрауличке карактеристике природних токова

У природном речном току течење је најсложеније јер може бити:

- неустаљено
- неједнолико
- изразито турбулентно
- са сталним променама режима течења
- просторно (тродимензионално)
- у непризматичном кориту чији се облик мења током времена
- хидрауличка хравапост оквашене контуре речног корита је просторно и временски променљива
- коритом се креће двофазни флуид (мешавина воде и наноса)

Како би се одрадила успешна анализа речног тока, морају се разумети процеси који се одвијају у речном систему. Основна ствар на коју треба обратити пажњу је карактеристика течења и морфологија речног корита. Од великог броја опција, инжењер који ради анализу мора да одабере једну или комбинацију неколико како би добио добре резултате, уз разуман трошак.

Течење у рекама се обично може посматрати као линијски проблем. То значи да се простор своди на осовину речног тока (слика 21) Прорачуном се добијају резултати у сваком попречном профилу реке – средња профилска брзина, дубина, ниво воде, површина итд.



Слика 21. *Линијски хидраулички прорачун*

Међутим, постоје случајеви када се морају истражити промене у више праваца, јер би се коришћењем једнодимензионалног прорачуна направила велика грешка.

Обично се користи концепт сложеног корита да би се у 1Д анализи приметило успоравање тока на инундацијама. Ту постоји већи отпор течењу због вегетације. Линијским прорачуном се само апроксимативно могу описати услови течења, нарочито у фазама пораста и опадања поплавног таласа.

Све чешће се у новије време за прорачуне користе равански (2Д) модели за:

- течење воде на широким инундацијама у условима великих вода
- прорачуне ширења полутаната у речном кориту
- анализе сложених услова течења у зонама ушћа притока, мостова итд.

4.3. Ефекат контура тока

Како се површина воде мења у времену и простору, знатно је компликованије течење у отвореним токовима него у цевима. Брзина и ниво воде зависе од протока и геометрије попречног профила.

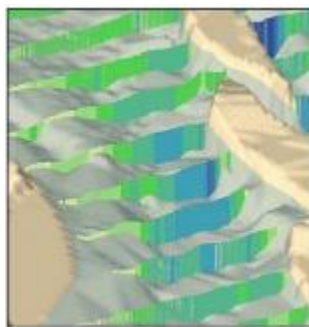
Вештачке (канали) и природне водотокове можемо разликовати по њиховим геометријским карактеристикама и отпорима које пружају течењу. Канали имају призматичан профил и уједначене стрме ивице, добро обложене како би отпор течењу био што мањи.



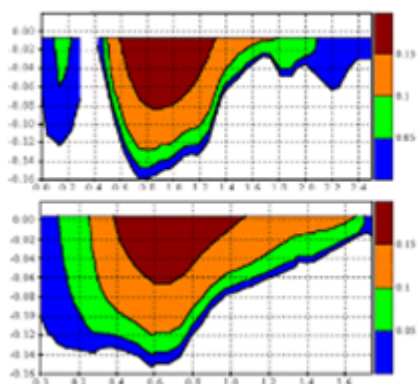
Слика 22. *а) природно призматично корито канала б) вештачко призматично корито канала*

Физички услови у природним водотоцима могу да буду различити (слика 23).

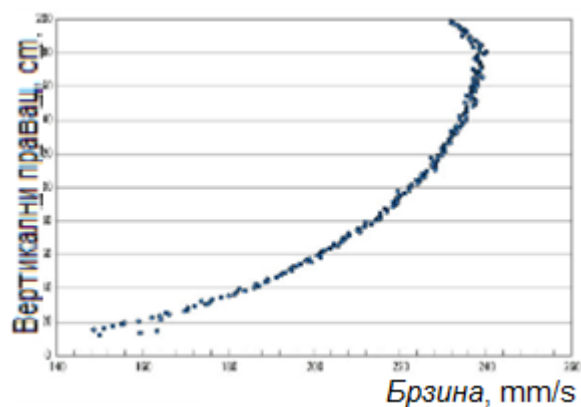
Распоред брзина тока може да буде променљива по ширини попречног профила и по дубини. Ако посматрамо попречни пресек, највеће брзине су у средини тока, а најмање уз обалу.



Слика 23.Непризматично корито природног водотока



Слика 24.Распоред брзина тока
у попречном пресеку



Слика 25.Распоред брзина тока
у вертикали

Такође, ни вертикални распоред брзина није усклађен – на дну је брзина знатно мања. Распоред брзина у вертикали можемо изразити и логаритамском функцијом:

$$V(z) = \frac{V^*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (1)$$

где је:

z – вертикални координатни правац, z_0 – референтно растојање од дна, где је брзина једнака нули, V – брзина воде, $k = 0,4$ фон Карманова константа, V^* - брзина трења.

У пракси се најчешће користи средња брзина по дубини тока.

Између речног тока и покретне контуре ствара се тангенцијални напон (τ), чији се распоред по дубини тока може приказати линеарном једначином:

$$\tau(z) = \rho \cdot g(h - z) \cdot Jd \quad (2)$$

где је:

Jd – пад дна, h – дубина воде, ρ - густина воде. Највећа вредност овог напона је на дну водотока и износи:

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot h \cdot Jd \quad (3)$$

Тангенцијални напон је једнак нули на површини воде. Често уместо тангенцијалног напона користимо смичућу брзину, која се одређује из:

$$V_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (4)$$

4.4. Утицај гравитације

Однос инерцијалних и гравитационих сила је значајна мера стања отвореног тока. Изражава се Фрудовим бројем (Fr).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}} \quad (5)$$

Где је:

g – гравитациона константа (m/s^2)

H – средња дубина или хидраулички радијус (m)

A – површина протицајног профила (m^2)

B – ширина профила (m)

$$H = \frac{A}{B}$$

На основу приказаног, закључујемо да течење у отвореном може бити:

- Бурно (силовито), где су инерцијалне силе веће од сила тежине и притиска. Тада је Фрудов број $Fr > 1$. Велике су брзине воде и таласа.
- Мирно, где су инерцијалне силе мање од сила тежине и притиска. Тада је Фрудов број $Fr < 1$.

Фрудов број је једнак 1 када су силе тежине и притиска једнаке, и тада је ток критичан. У тим условима се јавља критична дубина. Пре него што се крене са прорачуном нивоа воде у водотоку, проверавамо Фрудов број. Уколико је течење мирно, ниво воде је одређен карактеристикама речног корита на низводном крају. Прорачун креће од најнизоводнијег профила и иде узводно. Важи и обрнуто, уколико је течење бурно, креће се од најузводнијег профила и иде низводно.

4.5. Хидрауличка анализа

Основни типови течења у водотоковима су:

- устаљено течење
- неустаљено течење
- једнолико течење
- неједнолико течење

4.6. Методе хидрауличке анализе

Постоје разне методе за хидрауличке анализе. Неке од њих су:

- Теренска мерења и њихова интерпретација представљају важан део примене било које методе. Могу се користити и као засебна метода. Нужна су за калибрацију и верификацију нумеричких и физичких модела. Ретко се користе као засебна метода, јер није могуће покривање свих просторно-временских промена на водотоку.
- Аналитичка решења се добијају коришћењем математичких израза. Комплексне феномене изражавамо емпиријским коефицијентима. Није могуће коришћење ове методе ако је геометрија комплексна или су потребни детаљнији резултати.

- Нумерички хидраулички модели – користе се за посебне рачунарске технике да би се решиле математичке једначине. Ово су методе коначних разлика и коначних елемената
- Хибридни модели су најчешће коришћени модели и најчешће су комбинација нумеричког и физичког модела. Користе се да би се испитали утицаји бројних феномена који захтевају комплекснији начин анализирања.

Пројектују се	Специфичности	Хидраулички прорачун	Нанос	Димензионалност
насопи		најчешће УНТ		1
Брана		НЕТ		1
Уређење корита водотока у циљу заштите од поплава	Краће деонице	УНТ	квалитативна анализа покретног дна да би се испитала величина утицаја	1
	Дуже деонице	УНТ	квантитативна анализа наноса	1
Растеретни канали		УНТ или НЕТ физички модел		1
Ушће	ушће у мали водоток	најчешће УНТ		1
	ушће у веће водотоке или мора	НЕТ		1 и/или 2
Анализа изливања воде из корита	узка речна долина	често УНТ		1
	широка речна долина	НЕТ		2
Уређење корита водотока	речне грађевине	УНТ физички модел	квантитативна анализа покретног дна	1 и/или 2
	просеци	УНТ или НЕТ физички модел	анализа покретног дна	1 и/или 2
	обалоутврде	УНТ		1
Пловни пут	дужи потези	УНТ		1
	локалитети брана и устава	УНТ физички модел		2

Ознаке: УНТ - устаљено неједнолико течење
 НЕТ - неустаљено течење

Таблица 2.Препоручене методе хидрауличке анализе

У табlici 2 дата су упутства за избор метода хидрауличке анализе која се користи при пројектовању регулације река. Можемо посматрати течење на разним нивоима детаљности и за различите врсте анализа:

- на нивоу слива
- на нивоу речне деонице
- на локалном нивоу
- на микронивоу

4.7. Основне једначине и примери примене линијских модела

Основне једначине за линијско, неустаљено течење у отвореним токовима су Сен Венанове једначине:

- Једначина континуитета (одржања масе)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

- Динамичка једначина (једначина одржања количине кретања) за правац тока

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\partial z}{\partial x} + g \cdot A \cdot I_e = 0 \quad (7)$$

где је:

Q – проток, A – површина протицајног профила, I_e – пад линије енергије услед трења.

Једначине Сен-Венана су парцијалне диференцијалне једначине хиперболичког типа, које се у општем случају не могу решити. Увођењем неких апроксимација омогућава да се ове једначине искористе за прорачун нивоа воде у неустаљеним условима.

Пад линије енергије се одређује помоћу Шези-Манингове формуле:

$$I_d = \frac{n^2 \cdot Q |Q|}{A^2 \cdot R^{4/3}} = \frac{Q |Q|}{K^2} \quad (8)$$

где је K – модул протока речног корита.

5. Регулационе грађевине

Постоје различити типови регулационих грађевина које служе за уређење речног корита. Оне су део водотока који ће после радова имати измењене карактеристике. Одговарајућим прорачунима се извршавају промене у водотоку, у циљу остварења плана регулације.

Избор типа регулационе грађевине зависи од циља регулационих радова, и он може бити:

- повећање ерозије корита и његово продубљивање
- омогућавање протока воде и проноса наноса без сметњи
- смањење ерозије обале
- изазивање таложења наноса на одређеним местима
- повећање проточности корита
- комбинација претходних намена

Кроз хидрауличке и морфолошке анализе долазимо до основних димензија регулационих грађевина.

Одабир конструкције грађевине зависи од техно-економске анализе радова (слика 26).



Слика 26. Техно-економска анализа решења

Грађевине за уређење водотока су углавном скупе, због тога се траже јефтина техничка решења и то:

- користе се углавном природни материјали у близини градилишта.
- користи се способност водотока да сам формира своје корито. Тако је могуће усмерење тока воде мањим захватима.

Конструкције регулационих грађевина су једноставне, али сам избор типа и распоред грађевина у простору представља сложен инжењерски задатак. Након извођења регулационих објеката, потребно је одржавати их у функционалном стању. Свако одржавање има своје специфичности. Када се ради о регулационим захватима на реци, није могуће обављати радове на објектима који су у води, тако да се користе полуфабрикати који се као елементи уграђују на одређену позицију у води.

Подела најчешће коришћених типова регулационих грађевина:



Слика 27. Подела регулационих грађевина

6. Регулациони радови

6.1 Просек речне кривине

Ово просецање има за циљ да се повећа пропусна моћ корита скраћењем трасе, за пронос леда и наноса и проток воде. Ако елементи просека нису добро одабрани, јављају се негативни ефекти: рушење грађевине, дубинска ерозија, угрожавање мостовских стубова итд.

Просецање се не врши као регулациона мера у природном уређењу водотока, јер се тиме погоршавају хидролошки услови низводно, што се противи концепту интегралног уређења слива. Постоји „рехабилитација“ речног корита, корито се враћа у природно стање пројектовањем нове меандрирајуће трасе.

Постоје два начина извођења просека:

- Ископом кинете (малог корита) које се дејством реке разграђује до пројектованих димензија
- Ископом новог корита у пуном профилу



Слика 28. *Стара и нова траса Велике Мораве*

7. Материјали за извођење регулационих грађевина

Избор материјала за извођење регулационих грађевина зависи од:

- Отпорности материјала на утицаје којима ће бити изложен после уградње (отпорност на стишљивост, физичке, хемијске и биолошке утицаје, на мраз итд.).
- Лакоће уграђивања материјала.
- Цене. Циљ је да буде што јефтинији и да буде већа примена природног материјала, који се налази у близини градилишта.

Материјали за извођење регулационих грађевина могу бити природни и вештачки. У природне материјале спадају камен, шљунак и песак, глина, земља, дрво и биљни материјали. У вештачке спадају бетон, челик и синтетички материјали.

7.1. Природни материјали

7.1.1. Камен

Камен се користи за израду тела регулационих грађевина. Потребно је да камен буде:

- Тврд
- Тежак
- Отпоран на дејство мраза
- Отпоран на хабање

Због својих особина, најпогоднији је камен од еруптивних и седиментних стена.

Камен се најчешће користи у облицима:

- Тесани камен за израду облоге
- Ломљени камен за израду завршног слоја регулационих грађевина
- Дробљени и млевени камен израду бетона и филтерских слојева

Испитивање квалитета камена се обавезно врши пре уградње према већ одређеним стандардима.

7.1.2. Шљунак и песак

Ова два материјала чине чврсте честице минералног састава. Деле се према крупноћи зрна на ситан, средњи и крупан шљунак или песак. Користе се као природна мешавина или се мешавина дели на фракције које имају одређену намену. Широку примену имају у регулацију алувијалних водотокова због близине налазишта и мале цене.

Позитивне особине ових материјала су:

- Лако се равномерно разастире
- Добро испуњавају шупљине
- Брзо се слежу
- Имају релативно малу стишљивост

Користе се за израду постељица, филтерских и тампонских слојева, бетона, малтера.. Обично се испирају органским примесама пре уграђивања.

Обавезно је испитивање квалитета пре већ утврђеним стандардима пре примене.

7.1.3. Дрво

Дрво се може користити у више облика: цела стабла, као обла, тесана, цепана и резана грађа, пруже.. Пожељно је да дрво буде трајно, гипко, жилаво и отпорно на деловање инсеката и гљивица. Век дрва је неограничен ако је потопљено у воду јер је ту заштићено од инсеката и гљивица. Ако је у зони осцилације нивоа воде, трајност дрвета је ограничено (од 2 до 20 година, зависно од врсте).

7.1.4. Биљни материјали

Користе се разни биљни материјали:

- Трава се сеје у пролеће, залива док се не закорени, одржава кошењем.
- Бусен се користи ако нема довољно времена да се развије засејани травнати покривач.
- Трска се користи за заштиту обала од ерозионог дејства таласа, посебно на пловним рекама.
- Саднице врбе, јасике, јохе и тополе саде се у зони од нивоа средње до нивоа средње велике воде.

Радови са биљним материјала се врше ради заштите косина обала, насипа и делова корита изложених ерозионом дејству воде.

7.2. Вештачки материјали

Све чешће се користе бројни вештачки материјали. У ову групу спадају:

- Лаки и обични бетон, армирани или неармирани. Особине: минимална порозност, отпорност на абразију итд.
- Метал(челик) најчешће се користи за везивање пружа или израду жичаних корпи. Да би била отпорна на корозију, жица мора бити два пута поцинкована.
- Керамички материјали
- Опека
- Неорганска везива (цемент)
- Органска везива (катран, битумен)
- Асфалтне мешавине
- Синтетички материјали

8. Пример

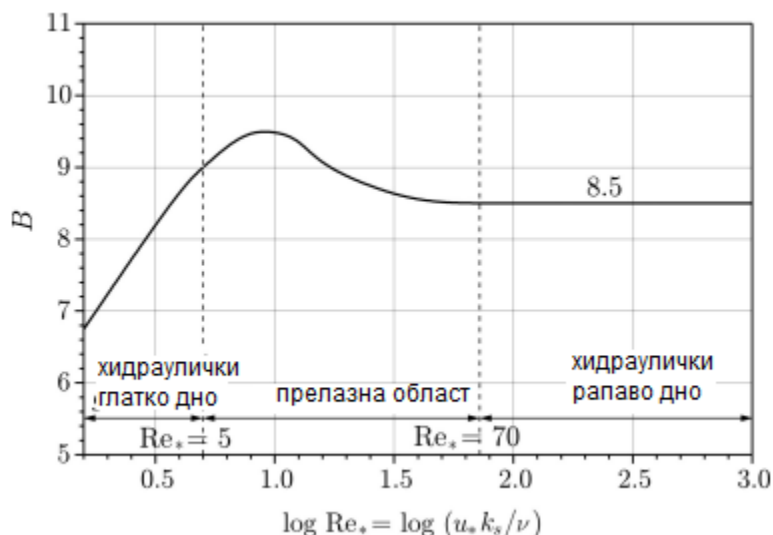
Подлога за вежбу је ситуациони план реке Велике Мораве у размери 1:5000. На ситуацији је приказана речна деоница. Њихове координате чине рачунарску базу која се користи у овој вежби. За речну деоницу потребно је:

а) Утврдити вредност Манинговог коефицијента отпора (n) помоћу снимљене линије нивоа, дефинисане котама на ситуацији. У моменту снимања, проток у реци износио је $23 \text{ m}^3/\text{s}$.

б) Срачунати вредност тангенцијалног напона и одговарајуће смицајуће брзине при протоку Q_{sv} у профилу који је задат улазним подацима.

в) Користећи дијаграм на слици 29, показати да је карактер течења у датом профилу турбулентан, по „хидраулички храпавом дну“. Написати једначину логаритамског распореда брзне по дубини и срачунати вредност брзине у неколико тачака дуж осовине тока при Q_{sv} . Резултате приказати графички. Вредност кинематичког коефицијента вискозности износи $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Претпоставити да је храпавост: $K_s = 10 \text{ mm}$.

г) У задатом профилу срачунати вредност средње брзине по дубини на месту осовине тока при Q_{sv} .



Слика 29. Помоћни дијаграм за одређивање логаритамског распореда брзине по дубини

Решење:

а) Калибрација Манинговог коефицијента отпора деонице (n) може се обавити пробањем, тако што се за више претпостављених вредности коефицијента n срачунавају линије нивоа и упореде са снимљеном линијом. Усваја се она вредност n која даје најбоље рачунске и снимљене линије нивоа. Може се применити и директан поступак заснован на формули:

$$n = \frac{1}{Q} \left\{ \frac{E_1 - E_N}{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} \left[\frac{1}{(AR^{2/3})_i^2} + \frac{1}{(AR^{2/3})_{i+1}^2} \right] \Delta x_i} \right\}^{1/2} \quad (9)$$

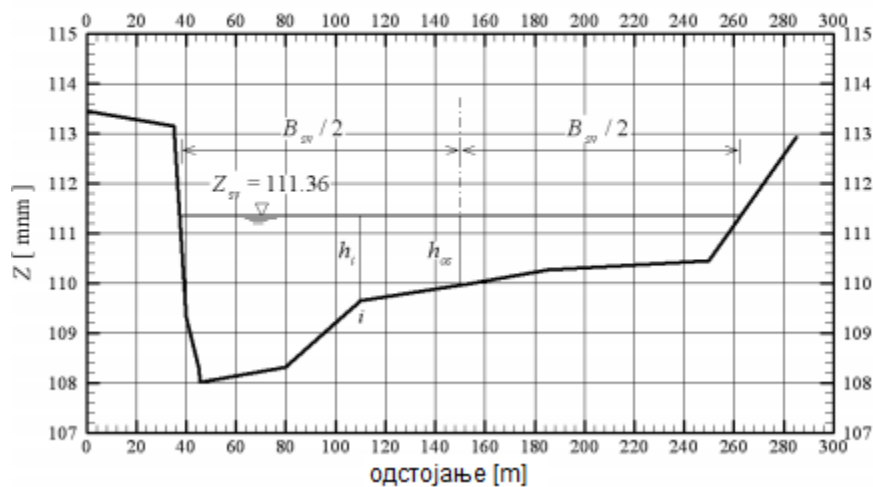
где индекси $i = 1, 2, \dots, N = 24$ означава број профила. Енергетске коте на крајевима деонице E_1 и E_N , као и вредност функције $(AR^{2/3})_i$ рачунају се на основу снимљених кота нивоа.

б) На слици 29.1 приказан је изабрани профил са котом нивоа која одговара протоку Q_{sv} . Вредност глобалног тангенцијалног напона у овом профилу износи:

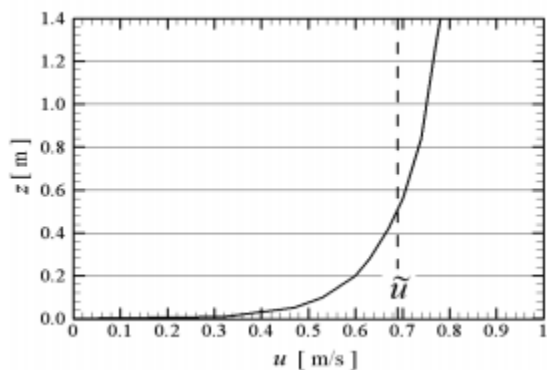
$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot I_e = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,63 \cdot 1,02 \times 10^{-4} = 1.63 \text{ Pa} \quad (10)$$

Вредност глобалне смичуће брзине је: $V^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = 0,04 \text{ m/s}.$ (11)

Хориз. размера 1:2000 река: Велика Морава Профил бр. 5
Верт. размера 1:100 НЕРЕГУЛИСАНО КОРИТО Стационажа [км]: 178+260



Слика 29.1 Положај рачунске вертикале



Слика 29.2 Логаритамски распоред брзине по дубини тока и одговарајућа средња брзина (на одстојању $0,4h$ од дна)

в) Локална вредност тангенцијалног напона у осовини тока (Слика 29.1) износи:

$$\tau_0 = 1,4 \text{ Pa} \quad (12)$$

Вредност одговарајуће смичуће брзине је: $V^* = 0,037 \text{ m/s}$. Локална вредност смичућег Рејнолдсовог броја је:

$$Re^* = u^* \cdot \frac{K_s}{\nu} = 374 > 70 \quad (13)$$

што указује на област „хидраулички храпавог дна“ ($B=8,5$ на слици 29). За ову област важи теоријски распоред брзине у виду логаритамске функције:

$$\frac{u(z)}{u^*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{z}{k_s} \right) + 8,5 = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{30z}{k_s} \right) \text{ или } 5,75 \cdot \log \left(\frac{30z}{k_s} \right) \quad (14)$$

где је z – вертикално одстојање од дна, u^* - локална смичућа брзина, а $k=0,4$ – фон Карманова „константа“. Применом израза (14), срачунате су локалне вредности брзине (Табела 3), на основу којих је приказан дијаграм на слици 29.2.

z	u
[m]	[m/s]
0.00	0.00
0.01	0.35
0.05	0.47
0.10	0.53
0.20	0.60
0.28	0.63
0.42	0.67
0.56	0.69
0.70	0.72
0.84	0.73
0.98	0.75
1.12	0.76
1.26	0.77
1.40	0.78

y	Z_d	h	τ_0
[m]	[mm]	[m]	[Pa]
0.0	113.44	-	-
35.0	113.15	-	-
40.0	109.32	2.04	2.04
45.0	108.32	3.04	3.04
45.5	108.02	3.34	3.34
80.0	108.32	3.04	3.04
102.5	109.32	2.04	2.04
110.0	109.65	1.71	1.71
155.0	110.00	1.36	1.36
185.0	110.27	1.09	1.09
250.0	110.45	0.91	0.91
285.0	112.93	-	-

Табела 3.

г) Теоријска вредност средње брзине по дубини једнака је:

$$\tilde{u} = u^* \cdot 5,75 \log \left(12 \frac{h}{k_s} \right) = 0,69 \text{ m/s}. \quad (15)$$

9. Закључак

Константан развој суштина је способности људског друштва да напредује и изводи сталне реформе, побољшања, била то мала или нека радикална у циљу очувања равнотеже између људи и њиховог природног система за одржање живота. Однос људи и неживе природе је врло специфичан. Човек је кроз своју историју стално мењао своје природно окружење, стварајући тако окружење у којем може нормално да функционише. Развитком технологија током историје, људи су на разне начине покушавали да себи олакшају живот и прилагоде воду и саму природу својим потребама.

Утицаји и промене које је човек чинио у односу на околну средину биле су у првим етапама развоја човечанства мале и безначајне и углавном локалног значаја. Током каснијих етапа, оне постају све дубље и трајније, са могућим несагледивим последицама.

Како се развијало људско друштво, развијале су се и техничке могућности код решавања проблема водоснабдевања. Људи су успели на најбољи начин да одговоре на компликоване захтеве током времена. Даљим развојем, долази се до већих могућности, али исто тако и захтеви постају сложенији.

Речна хидраулика се бави водом под утицајем силе теже, нагиба, разлике нивоа струја и речног наноса итд. Инжењери су ти који прорачуном долазе до решења најтежих и најсложенијих проблема који се јављају у пракси.

Овим радом је покушано да се подигне свест људи о решавању комплексних проблема водоснабдевања и регулације водотока са којима се сусрећемо свакодневно. Било је доста примера поплава, ерозија, бујица итд. са којима смо се сусрели у нашој земљи у последње време. Најбољи пример тога су свакако поплаве које су погодиле Србију 2014. године, а посебно Обреновац. То треба да буде показатељ и на том примеру, људи би требали да схвате значај одбране од обилних падавина које подижу ниво вода, река у Србији. Последице могу да буду катастрофалне.

10. Литература

- [1] Печорник, М., Техничка механика флуида, друго поправљено издање, Школска књига Загреб, 1989
- [2] Андреић, Ж., Интерна скрипта, део 1., Загреб, 2008
- [3] Куспилић, Н., Регулације водотока, Загреб, 2009
- [4] <http://Diplomski/tehnicka%20mehanika%20224%20str.pdf>
- [5] Бабић Младеновић, М., Скрипта регулација река, 2013
- [6] http://Diplomski/temelji_mehanike_fluida.pdf
- [7] Андреић, Ж., Темељи механике флуида, Универзитет у Загребу, 2014
- [8] <http://thebritishgeographer.weebly.com/floods-and-river-management.html>
- [9] <http://water.usgs.gov/edu/watercycleserbian.html>
- [10] http://www.rastko.rs/istorija/istorijski-albumi/istorijski-album_2/index_c.html#15
- [11] <http://www.da-te-pitam.com/koji-je-najveci-akvadukt-na-svetu-video/>
- [12] Маричић, Н., скрипта, Факултет техничких наука у Косовској Митровици
- [13] http://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Regulacije_skripta_1%5B1%5D.pdf