

# ИНЖИЊЕРСКА ПРАКСА И ИДЕЈНИ РЕШЕНИЈА ПРИ РАЗВОЈ НА ПЛАНОВИ ЗА ПОПЛАВА

## ❖ Вовед во проблематиката

Инжињерската пракса во изнаоѓање на идејните решенија за развој на плановите за заштита од поплавите се базираат на теоретски знаења од хидротехниката и водостопанството и од практични искуства од претходните поплави.

Исто така се повеќе се разменуваат практичните искуствата помеѓу државните институции на локално, државно и на меѓународно ниво, кои се задолжени за заштита од поплавите и унапредување на методите и начините за заштита од поплавите, со што се добиваат нови сознанија кои се имплементираат во инжињерската пракса.

Во сите досегашни инжињерски практики за заштита на населените подрачја од поплави секогаш се дефинираат неколку значајни параметри кои се водилка за понатамошните идејни решенија при развојот на плановите за одбрана од поплави. Тие параметри кои први се дефинираат се:

1. Големината на поплавниот бран кој се очекува да дојде до урбаните подрачја кои треба да се заштитат.
2. Каква одбрана од поплави реално постои на терен. Дали има регулирано речно корито и во каква состојба е регулираното корито.
3. Големината на поплавните површини кои се изложени на потенцијална опасност, и колкава штета може да се предизвика на тие површини.

Единствен начин од инжињерска гледна точка за заштита на поплавите предизвикани од високите водостоји во реките е Регулирање на постоечките природни корита, со технички зафати во самото речно корито.

## ❖ Типови на инжињерски објекти за регулирање на водотечите

Во инжињерската пракса за регулирање на речните токови за заштита од поплави, генерално се разликуваат два типа на објекти во зависност од големината на водотекот. Поделбата се однесува на мали водоточи и големи водотоци.

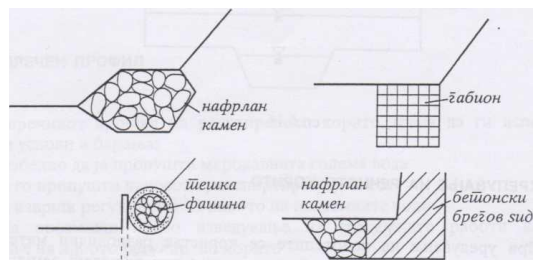
Во мали водотечи се вбројуваат сите водотечи во кои широчината на дното на коритото на реката изнесува  $B < 20$  m.

Во големи водотечи се вбројуваат сите водотечи во кои широчината на дното на коритото на реката изнесува  $B > 20$  m.

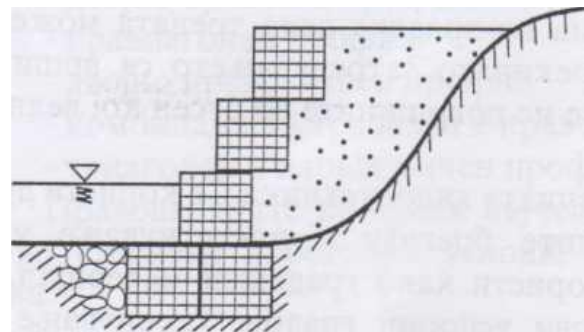
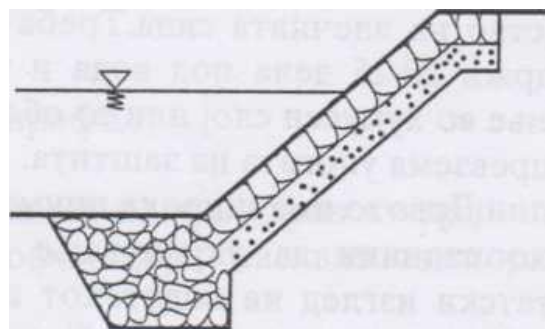
За регулирање на мали водотечи се врши регулација само на минор коритото, кое може да го прими максималниот проток кој е пресметан според Хидролошките анализи.

Материјалите кои се употребуваат за зацврстување на косините на попречниот пресек се:

- **Затривување.** Се врши на површини кои повремено се изложени на дејство на влечни сили. Тревата може да издржи под вода 20-25 дена непрекинато. Затривувањето се врши со сеене на хумусен слој или со редене на бусен. Бусенот ја превзема улогата на заштитен слој.
- **Дрво.** Дрвото има широка примена во речната хидротехника, се користат дрво во садници за зацврстување на речните брегови и притоа дава убав естетски изглед на речното корито. Дрвото се користи и за најразлични прагови, објекти за насочување на текот и слично. Дрвото треба да биде постојано на суво или постојано во вода за да се избегне скапувањето на дрвото.
- **Каменот.** Каменот како локален материјал се употребува за зацврстување на речните косини, изградба на стабилизационите пети, стабилизациони прагови, каскади и други објекти во речното корито.
- **Бетон.** Бетонот се употребува како замена на каменот, само тогаш кога има економска оправданост за тоа.
- **Чакал и Песок.** Се употребува како бетонски агрегат за насипите, за филтри и за подлоги за калдрма.
- **Земја.** Земјата се употребува за изградба на насипи, исполнување на напуштените корита и за изградба на пристапни патништа.



Слика 1 Зацврстување на петите на речниот брег

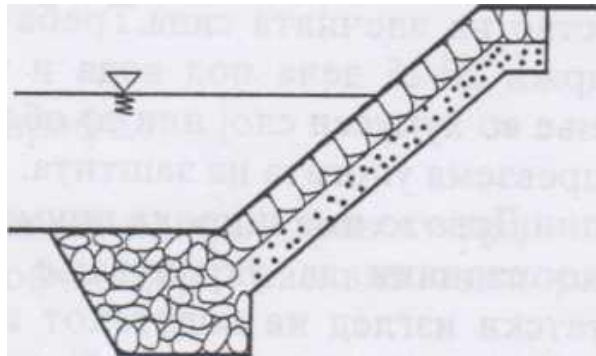


Слика 2 Зацврстување на бреговите

Тие конструктивни елементи кои се добиваат од природните материјали и комбинациите од неколку природни материјали се следниве:

1. **Лесни фашины.** Се прават со прачки од врба кои се врзуваат во сноп со должина според потребите и можностите за манипулација. Лесните фашины се прават на тој начин што снопот од прачки се пушта низ машина која ги врзува со најлонско јаве или жица. Лесните фашины поединечно успешно се применуваат за зацврстување на речните брегови. Ако прачките од врба живнат, подоцна може да се оформи ефикасна биолошка заштита на брегот.
2. **Тешки фашины.** Се прават од прачки во цилиндрична форма чија што внатрешност се исполнува со крупен камен или крупен чакал. Дебелината на цилиндрите се прават според потребата на терен и се движат од 0.5 м до 1.0 м. Тешките фашины се прават специјално на подготвена платформа и потоа се тркалаат до речното корито. Зацврстувањето на тешките фашины на речните брегови се врши со коли кои ги стабилизираат фашините од понатамошни поместувања.
3. **Габиони.** Габионите се тела оформени со жичана пошцикувана мрежа, со правоаголна форма. Габионите се исполнети со камен или крупен чакал, чија што гранулација е поголема од отворотите на мрежата. На овој начин се формираат тела со голема тежина, кои меѓусебно се поврзуваат и формираат еден стабилен објект. Габионите со својата тежина успешно се спротивставуваат на голема влечна сила на реките при појава на големи води.
4. **Бетонски елементи.** Бетонските елементи имаат широка примена за различни конструкции и за обложување на површините изложени на влечната сила од водата. Бетонските елементи се изработуваат во најразлични форми и со различна дебелина.

Во инжињерската пракса досега како најуспешна конструкција која го има издржано тестот на времето како што беше поплавата во ноември 1979 година во Скопје со проток од  $Q=980$  (m<sup>3</sup>/сек) и во други градови во Македонија е конструкцијата прикажана на слика 3.



Слика 3 приказ на трајна конструкција за регулирање на речните токови

Трајната конструкција за регулирање на минор корито кај речите е изведена од следниве конструктивни елементи:

1. **Камена пета** која е изведена од крупен нареден камен со исполнети шуплини од чакал. Камената пета ја има улогата на темел и истата ги прифаќа сите динамички и статички сили од конструкцијата и од влечната сила на реката.
2. **Обработена косина** од реден камен или од калдрма положена на слој од чакал и песок. Слојот од чакал и песок има двојна улога. Од една страна служи како подлога за израмнување со изведената косина и подлога на која се редат камената облога или калдрмата. Втората улога на песокиво чакалестиот слој е функција на дренажа која ги дрена водите кои продреле преку камената облога.
3. **Завршен слој** кој служи како врска помеѓу облогата и косината на речното корито. Завршниот слој е хоризонтален и служи за зацврстување на облогата со теренот кој се наоѓа над максималната ката на големите води.
4. **Цементна исполна** помеѓу камените блокови или калдрмата, односно исполна помеѓу футите се со цел на комплетно стабилизирање на косината на регулацијата на речниот ток.

Овој тип на конструкција се препорачува за примена на регулација на големите реки со широчина на дното на реките,  $B > 20$  m.

## ❖ Типови на инжињерски објекти за регулирање дното на водотечите

Регулираните речни токови за да можат да битат прифатени од речниот тек, на дното на регулираните корита задолжително мора да се изведат објекти кои ќе го фиксираат дното на регулираното корито и ќе овозможат прилагодување и прифаќање на режимот на течење на речните води на новото речно корито. Тие објекти кои се изведат од трајни материјали односно комбинација помеѓу бетон и камен се:

1. **Стабилизациони прагови.** Овие објекти се изведуваат на речното дно попречно по целата широчина на речното дно. Растојанието помеѓу стабилизационите прагови се добива според образецот  $L = \frac{K}{T}$  (m). Растојанието помеѓу стабилизационите прагови е количник помеѓу коефициентот K и падот на нивелетата на регулираното корито. Коефициентот K е сооднос помеѓу  $\frac{V_{gr}}{V_{gr0}}$  (m/сек), односно количник помеѓу средната брзина на водата во речното корито и граничната брзина при која почнува да се движи наносот во речното корито.
2. **Каскадни прагови.** Овие објекти служат за денivelација на речното дно, односно за прекинување на нивелетата се со цел смирување на речниот ток и намалување на брзината на водата во речниот ток.
3. **Објекти за концентрација и насочување на текот.** Во ова група на објекти спаѓаат напречните и надолжните напери кои служат за стеснување на речното корито. Наперите имаат задача да го насочат речниот тек кон средината на речното корито, додека странските делови на речното корито ќе се исполнат со нанос и наперите практично после извесен временски период ќе се вклопат во насипаниот дел од некогашното корито.

Како еден илустративен пример за опфатот на големината на плавната површина која може да биде загромена при појава на големи води е примерот со скопската котлина, каде што се извршиле повеќе хидраулички симулации и добиени се следниве резултати.

Урбаната зона на Градот Скопје, која со оглед на важноста од економска гледна точка, како и густината на населението има потреба од значително високо ниво на заштита од поплави.

Поплавиот бран со веројатност на појава  $Q1000$ , кој одговара на сегашниот проток од  $Q=900$  (m<sup>3</sup>/сек), може да биде предизвикан со целосна коинциденција на максималните протоци на поплавните бранови на Гоен Вардар и Лепенец. Вакава коинциденција е регистрирана со поплавата од ноември 1979 година.

Резултатите од моделирањето укажуваат дека моменталното ниво на заштита од поплави во урбаната зона се уште е на разумно ниво. Сепак треба да се истакне дека градот ја пропушта можноста, да има многу високо ниво на заштита, како и фактот дека никако не може да се оправда евентуалното идно намалување на пропуштената моќ на реката Вардар. На слика 4 даден е приказ на големината на опфатот на можните поплавени зони при појава на 1000 годишна вода односно протек  $Q=900$  (m<sup>3</sup>/сек).



Слика 4 поплавена скопска котлина при појава на 1000 годишна вода

Со изготвените хидраулички симулации, изготвени се можни три сценарија за нанесената штета при појава на поплавени бранови еднаш во 50 години, еднаш во 100 години и еднаш во 500 години. Во продолжеток ќе бидат дадени графичките прикази на изведените хидраулички симулации.



Слика 5 поплавена површина при појава на поплавен бран еднаш во 50 години



Слика 6 поплавена површина при појава на поплавен бран еднаш во 100 години



Слика 7 поплавена површина при појава на поплавен бран еднаш во 500 години

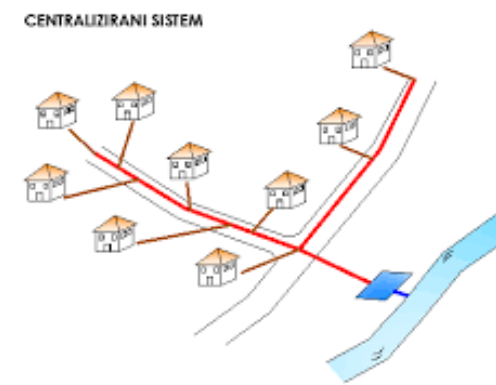
Во табела 1 ќе биде даден табеларен приказ на проценетите штети при појава на поплавните бранови кои се дадени на четирите слики.

Табела 1

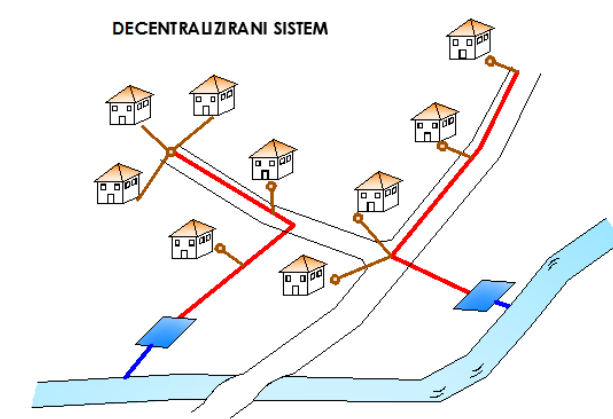
Р.Б.	Појава на голема вода во години	Повратен период P %	Предизвикана штета во м.Е.	Б/ДП на Град Скопје
1	50	2	29.000.000	0,9%
2	100	1	48.000.000	1,5%
3	500	0,2	90.000.000	2,8%
4	1000	0,1	150.000.000	3,4%

Еден од помошните системи кои во случај на обилни врски може да се продуцираат поплавени бранови, е и атмосферската канализација која треба да ја прифати целата дождовна вода и да ја транспортира до испустите во реинентот од кои нема да се појават повратни бранови или драстично да го зголеми поплавиот бран во реката.

Атмосферските канализации треба да се димензионираат според принципите на математичката статистика и теорија на веројатност и најчесто се димензионира, за Град Скопје, како меродавна големина се однесуваат на интензивните врски, со повратен период T еднаш во две години и веројатност на појавување од  $P=50\%$ .



Слика 8 шематски приказ на централизирана атмосферска канализација



Слика 9 шематски приказ на децентрализирана атмосферска канализација



Слика 10 приказ на кружен а.б. ретенционен базен



Слика 11 влез на атмосферската канализација во ретенционниот базен

Заклучоци и препораки кои треба да се применуваат во Инженерска пракса и идејни решенија при развој на планови за поплави

Инжињерската пракса за заштита од поплавени бранови постојано се развива и речиси секојдневно добива нови сознанија за најдобрите односно оптималните начини за заштита од појава на поплавните бранови во речните корита.

1. За мали реки со широчина на дното на речното корито  $B < 20$  m, за заштита на речните брегови се препорачува употреба на природни материјали како што се затривување на бреговите, дрво, камен песок и чакал и земја за изградба на насипи, а во помала мера и вештачки материјали како што бетонот.
2. За мали реки со широчина на дното на речното корито  $B < 20$  m, за заштита на речните брегови се применуваат лесни фашины, тешки фашины и габиони, кои можат да го одбранат речното корито до поплавени бранови кои се појавуваат еднаш во 50 години.
3. Најдобар начин и најтраен метод за регулирање на речните корита кај големите реки е примена на регулирање со комбинација помеѓу природни материјали (камен и калдрма) и вештачки материјали (бетон).
4. На дното на регулираните речни корита задолжително е да се постават објекти за зацврстување и укрутување на регулираното корито. Тие објекти се стабилизациони прагови и каскадни прагови. Растојанието на стабилизационите прагови и височината на каскадните прагови се добиваат со хидраулички пресметки.
5. На страните од речното корито доколку има потреба пожелно е да се изведат објекти за концентрација и насочување на речниот тек. Најчесто изведените објекти се попречните напери.
6. Во склоп на одбрана на урбаните подрачја од појава на поплавени бранови потребно е да се изготват идејни решенија за одбрана од поплавени бранови, по можност со хидраулички симулации, каде може да се прикаже големината на површината која е во потенцијална опасност од поплави.
7. За подобра одбрана на урбаните подрачја од поплави потребно е да користат и атмосферската канализација со примена на ретенционни базени кои ќе го трансформираат поплавиот бран со кој нема да дојде до коинциденција со поплавиот бран во речното корито.

Со примена на сите овие препораки, препораки од инжињерското искуство во изведба на објектите за регулирање на речните токови, се добиваат издржани технички решенија кои овозможуваат одбрана од поплавните бранови со висок степен на сигурност.

Автор на научниот труд:  
М-р Стојан Србиноски дипл.град.инж.

## Користена литература:

- [1] Уредување и ревитализација на водотечите Живко Шкоклевиќ Скопје 1999 година.
- [2] Уредување на водотечите Живко Шкоклевиќ постојан учебник Скопје 1986 година.
- [3] Интензивни врски во Македонија Шкоклевиќ, Тодоровски Скопје 1993 година.
- [4] Дипломска работа "Идеен проект за локална регулацијата на реката Вардар кај изворот Рашче" Стојан Србиноски Скопје 1994 година.
- [5] Статистички табели, УКИМ Кирил и Методиј Скопје 1992 година.
- [6] Хидрологија Зоран Радић Београд 1991 година.
- [7] Елаборат за заштита на Изворот Рашче од загадување Скопје 1990 година.[
- [8] Отпорно Скопје, Стратегија за заштита на градот од климатските промени Скопје 2017 г.