

Универзитет у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 318/2011

Јована Р. Лазаревић

**Прорачун и димензионисање водоводног система за
снабдевање насеља Врбе**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Вања Шуштершич, ванр.проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада треба дати основе прорачуна водоводне мреже, приказати начине третмана воде за пиће, као и извршити прорачун водоводног система села Врбе. У раду дати и кратак опис захтеваног квалитета воде за пиће.

Препоручена литература:

[1] Шуштершич Вања, *Третман воде за пиће*, скрипта, Машински факултет, Крагујевац 2010.

[2] Јахић Мунир, *Урбани водоводни системи*, Удружење за технологију воде, Београд, 1988.

[3] Миловановић Добрица, *Транспорт флуида*, збирка решених задатака, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1999.

Крагујевац, новембар 2013.

Ментор:

Др Вања Шуштершич, ванр. проф.

РЕЗИМЕ

У оквиру овог рада дат је опис постројења за припрему и третман воде за пиће. Описани су и неки од главних елемената водоводног система. Које ће елементе водовод да садржи зависи од његове намене, врсте изворишта и других фактора.

Посебно је нагласак стављен на хидраулички прорачун магистралних водоводних мрежа као и на квалитет воде за пиће.

У овом раду дат је хидраулички прорачун разгранате мреже водоводног система, као и кратак преглед пројектовања водоводног система села Врбе.

Кључне речи: вода, третман воде за пиће, хидраулички прорачун.

SUMMARY

This paper gives a description of the facilities for the preparation and treatment of drinking water. Described some of the main elements of the water system. Element that will contain the water depends on its purpose, types of sources, and other factors.

In particular, emphasis is placed on the hydraulic calculation of main water supply network and the quality of drinking water.

In this paper, the hydraulic calculation of a wide network of water supply system as well as a brief overview of the planning of the water system villages of Vrba.

Keywords: water, treatment drinking water, hydraulic calculation.

Садржај

1.0	Увод.....	1
1.1	Значај воде за човека.....	1
2.0	Основни појмови и знања.....	3
2.1	Дефиниције.....	3
2.2	Историјат.....	4
3.0	Планирање.....	6
3.1	Критеријуми за пројектовање постројења.....	7
4.0	Изворишта воде за пиће.....	9
5.0	Водозахвати.....	12
5.1	Водозахвати изворске воде.....	13
5.2	Каптажа силазног извора.....	14
5.3	Каптажа улазног извора.....	14
6.0	Цевоводи.....	15
6.1	Водоводне цеви.....	15
6.2	Цевна арматура.....	17
6.2.1	Цевни затварачи.....	17
6.2.2	Цевно колено.....	18
6.2.3	Елементи за спајање цеви.....	19
6.2.4	Остали елементи цевне арматуре.....	20
7.0	Водоводи.....	21
7.1	Хидраулични прорачун магистралних водоводних мрежа.....	23
7.2	Прстенаста водоводна мрежа.....	24
7.3	Разграната водоводна мрежа.....	25
7.4	Савремени водоводни системи.....	28

8.0	Начини третмана воде за пиће у сеоским срединама.....	29
8.1	Пречишћавање воде.....	29
8.2	Процеси и операције пречишћавања воде за пиће.....	30
8.3	Предтретман.....	31
8.3.1	Мешање.....	31
8.3.2	Аерација.....	32
8.3.3	Коагулација и флокулација.....	32
8.3.4	Таложeње.....	33
8.3.5	Флотација.....	34
8.3.6	Филтрирање.....	34
8.3.7	Дезинфекција.....	35
8.5	Допунски третман.....	35
8.5.1	Оксидација.....	35
8.5.2	Сорпција.....	36
8.5.3	Одстрањивање гвожђа и мангана.....	36
8.5.4	Одстрањивање амонијака.....	37
8.5.5	Омекшавањe.....	37
9.0	Захтевани квалитет воде за пиће.....	39
10.0	Пројектовање водоводног система села Врбе.....	47
10.1	Потребне количине воде за кориснике.....	48
10.2	Главни довод.....	50
10.3	Запремина резервора.....	50
10.4	Хидраулички прорачун разгранате мреже водоводног система.....	52
10.4.1	Полазни подаци.....	53
10.4.2	Димензионисање.....	54
10.5	Квалитет воде коју користе мештани села Врбе.....	67
10.6	Софтверски пакети за моделирање водоводних мрежа.....	70
10.6.1	SolidWorks.....	70
10.6.2	Епанет.....	71

10.7	Технички извештај.....	72
11.0	Закључак.....	73
12.0	Ознаке.....	74
13.0	Литература.....	76

1.0 Увод

Значај воде за људе, живи свет, екосистеме и планету у целини, веома је велики и многострук, почев од тога да је вода услов живота, па до многих других функција. Вода је једна од најважнијих основних материја у природи и неопходна је за одржавање биљног, животињског и људског живота.

Вода у природи је најраспрострањенија материја. Налази се у атмосфери, хидросфери, криосфери, биосфери и литосфери.

Вода покрива 71% површине Земље. Од укупне количине воде само 2,4% воде је слатка вода и може се употребити за задовољавање већине људских потреба. Највећи део слатких вода се налази заробљен у леду на северном и јужном полу. Други, већи део, се налази у подземним водама. У рекама се налази запремински најмање слатких вода у односу на укупну расположиву количину на планети. Значајни део слатких вода се налази у атмосфери.

Она у организму човека одржава потребан хидростатички, осмотски и онкостатички притисак, а такође омогућава водно-минерални метаболизам. У одсуству воде живот се гаси за неколико дана, тј. чим њен губитак пређе 18% телесне тежине. Потреба за водом одраслог човека износе од 2,5 до 3 литара дневно.[1]

У данашње време, у веку научно-техничке револуције, рационално искоришћавање водних ресурса један је од главних задатака готово у свим земљама света.

Здраве и чисте воде све је мање, углавном због континуираног загађивања. С друге стране, све је већа потражња и потрошња нових количина воде, услед повећања броја становника и капацитета индустрије, пољопривреде, енергетике и др.[2]

1.1 Значај воде за човека

У човековом организму вода заузима приближно подједнак удео као у биосфери-око 71%, што указује на њен примаран значај за опстанак и живот на Земљи.

Воду због њене функције није могуће човеку ничим другим заменити. Она је стални учесник у биохемијским процесима који се одвијају у човековом организму. У воденој средини одвија се велики број хемијских реакција, које доводе до измене материја у организму.

Поред великог физиолошког и хигијенског значаја, вода има и знатну епидемиолошку и токсиколошку улогу. Епидемиолошки значај воде је условљен способношћу патогених клица да се одржавају у виртуалном стању и да се преносе, шире. Вода у коју су продрле патогене клице постаје моћним вектором проузроковач цревних зараза.

Најчешћа обољења изазвана употребом загађене воде су тифус, паратифус, бациларна и амевна дизентерија и колера. Доказано је да вода може бити преносник инфективног хепатитиса, туларемије, па чак и вируса полиомели. Водом се могу преносити и сточне заразне болести, као што су сакагија, црни пришт, слинавка и шап. Исто тако водом се могу преносити јаја паразита, нарочито пантљичаре и њихове ларве, од којих обољевају животиње и људи.

Вода налази најразличитију примену у човековом деловању: служи за пиће и припрему хране, за одржавање личне, стамбене и урбане хигијене, користи се у пољопривреди, индустрији, саобраћају, енергетици, риболову, рекреацији итд.[2]

Укупна дневна потрошња воде је одраз стандарда живота и културе понашања. У средњем веку у градовима потрошња је износила око 25 l на дан, а данас:

- за становништво 360 l/st. dan
 - за индустрију 190 l/st. dan
- укупно: 550 l/st. dan.

За сеоска насеља укупна дневна потрошња износи 250 l/st. dan.[3]

2.0 Основни појмови и знања

Водоснабдевањем се назива област хидротехнике која се бави питањима планирања, пројектовања, грађења и експлоатације хидротехничких објеката, уређаја и постројења за пречишћавање, дистрибуцију воде за пиће, за припрему хране и за санитарне, комуналне, јавне, индустријске и друге потребе. Уобичајено је да се водоснабдевање рачуна и као део санитарног инжењерства, односно део тзв. санитарне или комуналне хидротехнике.

Беспрекорно санитарно снабдевање урбаног подручја водом за пиће и за остале потребе може се постићи само путем централизованих водоводних система.[2]

2.1 Дефиниције

У ужем, стручном смислу схваћено, водоводни систем (краће: водовод) представља скуп грађевинско-инжењерских објеката који треба да обезбеде довољне количине квалитетне воде.

Функционални елементи савременог водоводног система обухватају природна и вештачки формирана изворишта воде, водозахтевне објекте, затим објекте за пречишћавање воде, пумпне станице и дистрибуционе објекте.

Објекти којима се захвата вода на изворишту називају се водозахвати.

Цевоводима се вода транспортује гравитационо или пумпањем од једног до другог функционалног елемента водоводног система.

Пречишћавање воде врши се у објектима који чине *постројење*. Постројења имају различите уређаје, међу којима, обавезно, уређај за *дезинфекцију воде*. (Дезинфекција воде може се обављати и ван постројења, у оквиру неког другог објекта водовода).

Објекти за ускладиштење воде називају се *резервоари*. Ако су над површином терена називају се *куле*, или *торњеви за воду*.

Мрежа укопаних цеви за транспорт воде под притиском, заједно са објектима и уређајима на тој мрежи, назива се – *дистрибуциона мрежа*.

Корисници (домаћинства, јавни, комунални, индустријски и други објекти) добијају воду преко *прикључака* на којима су монтирани, уређаји за мерење потрошње воде (*водомери*).

Транспортни гравитациони цевовод од водозахватног објекта до резервоара назива се *главни довод*, а од резервоара до места потрошње – *главни цевовод*. Цевовод од пумпне станице до резервоара или неког другог објекта водоводног система назива се *потисни вод*. [2]

За урбани водоводни систем подједнако је важан и квантитет и квалитет воде; међутим, гледано појединачно, по функционалним елементима, квантитет је увек на првом месту, изузев код постројења за пречишћавање.[2]

2.2 Историјат

Први објекти водовода потичу из IV миленијума пре наше ере, са подручја западне Азије и северне Африке. Из тог доба пронађене су цистерне за прикупљање воде и копани бунари (Египат) пречника 3-4 m. Бунари код Тебе били су дубоки и до 200 m. Вађење воде из дубоких бунара било је познато и у Кини. При захватању воде коришћени су различити уређаји. Постоје подаци да су у јужној Кини грађени артешки бунари дубине и до 900 m, пречника 13 – 15 cm.

Крајем 1000-те године пре наше ере, почетком изградње организованих насеља, почиње и довођење воде са веће удаљености. Остатак једног таквог водовода, веома атрактивног са техничког аспекта налази се у Палестини (Јерусалим). Изграђен је за време познатог владара Соломона.

Овај водоводни систем имао је три водозавхвата, довод са тунелом и једним мостом, три базена за воду и два главна одвода према различитим зонама Јерусалима.

Стари Грци су веома напредовали у изградњи централизованих водовода, а водили су рачуна и о квалитету воде за пиће. Најстарији водовод из тог периода је водовод за Микену. За град Самос урађен је водовод 550. године пре наше ере, у оквиру којег је био саграђен и тунел дужине око 1 km. Такође је познат гравитациони водовод за Пергамон, изграђен 200. године пре наше ере, где су коришћени аквадукти за премошћавање већих долина, као и тунели.

Грци су ван градова постављали подземне цевоводе за транспорт воде, да би их заштитили у случају рата од непријатеља. Иначе, у самим градовима градили су монументалне чесме.

Римљани су користећи искуства Грка, изградили грандиозне водоводе за Рим и околна насеља. Римљани су и први увели таложнике у водоводима. Први водовод за Рим изграђен је 313. године пре наше ере. У том гравитационом водоводу налазио се и чувени аквадукт Понт ду Гард, висине 48,77m, близу Нима (Nimes), са највећим распоном лука од 24,4m (слика 1). У самом граду су били резервоари, из којих се глиненим и оловним цевима вода одводила према јавним купатилима, чесмама и кућама богатих грађана.

У средњем веку на европском простору настаје стагнација грађења водовода; шта више, потпуно се запуштају и раније изграђени водоводи. Међутим у исто време имамо прави процват изградње водоводних система на подручју исламских градова и држава. Од

свих исламских народа нарочито су се прославили у градњи водовода Арапи у Шпанији, а у томе су нарочито предњачили Бербери, који су ову вештину познавали још од раније.



Слика 1. Аквадукт преко реке Гард

У нашим крајевима нема значајних остатака неког водовода из римског доба. Изузетак је водовод Сингидунума (Београда) из првог века пре наше ере. Сачувани објекти неких од старијих водовода (Прусац у Босни) изграђени су за време Турака. У оквиру приватних кућа највише су рађени копани бунари. Код турских бунара највише су коришћене глинене и дрвене цеви.

Први већи водовод изграђен је у Сарајеву 1461. године, где је изграђен и последњи 1866. год., као претеча модерног водовода. Пред окупацију Босне и Херцеговине, на овом подручју постојало је 143 водовода, са дужином већом од 120 km.

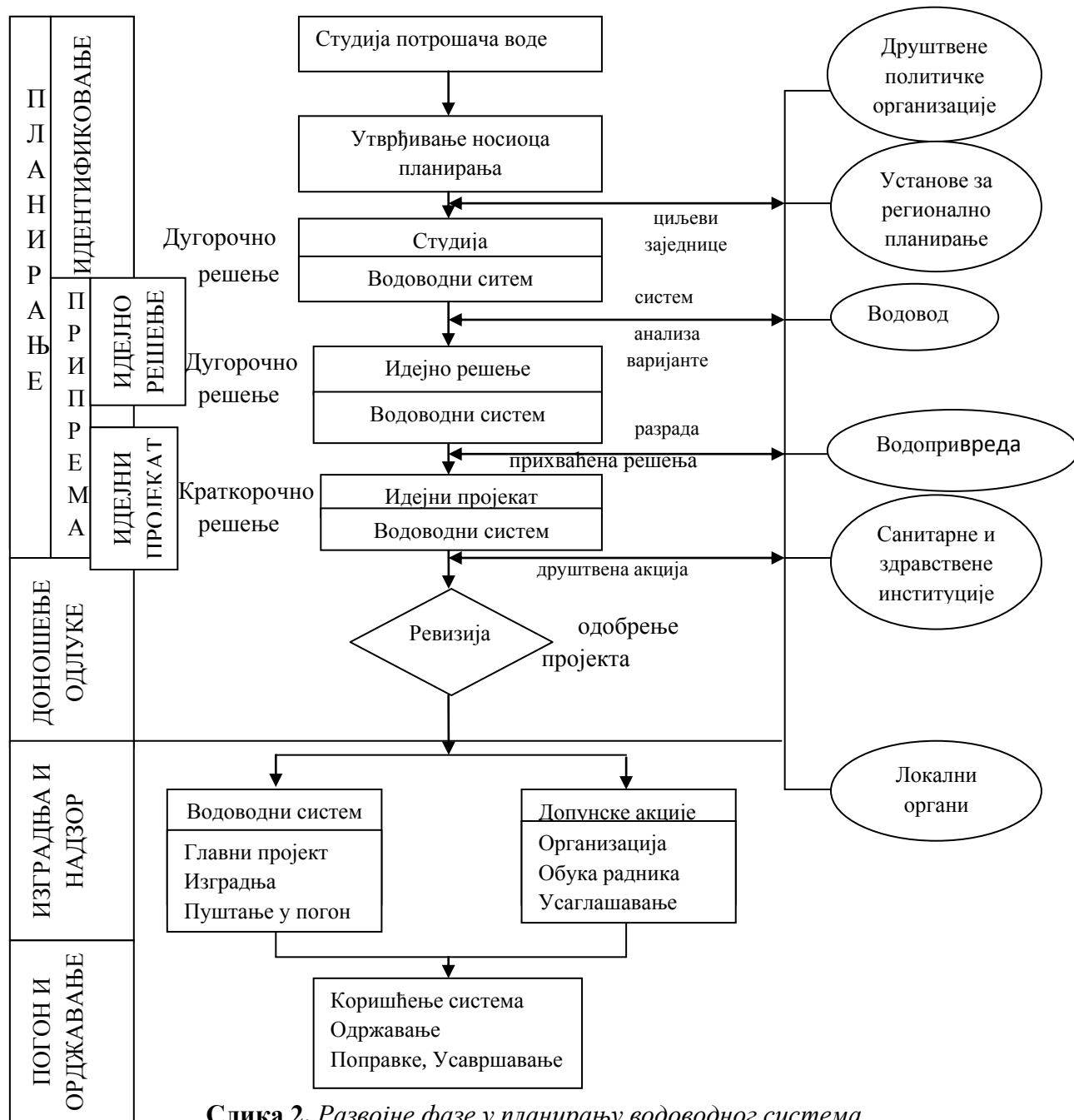
Пре Сарајева водоводе су имали Краков, Лавов, Праг и још по неки град. Београд је добио Турски водовод 1521.год., који је још 1890. снабдевао 20 уличних чесми. Из првих дана турских водовода, а и касније, посебно су били интересантни водоводни објекти звани теразије, грађени на почетку сваког водовода, као неке врста каптажних грађевина.

У 15. и 16. веку изграђени су многобројни водоводи у Пољској. Овим послом се бавио и чувени Никола Коперник.

Лондонском водоводу ударен је темељ 1609.год., а у Версају између 1661. и 1662. године. У Беч је вода доведена тек 1839.године, а у Москву 1878. године. Загреб је добио воду пре Москве. У Сарајеву је изграђен модеран водовод 1889. године.[2]

3.0 Планирање

Планирање водоводних система спада у оне активности без којих се не могу добити оптимална решења.



Слика 2. Развојне фазе у планирању водоводног система

Планирање као активност није индентична пројектовању; планирање подразумева методично разматрање техничке проблематике кроз извештајне елаборате до закључно идејних пројеката (слика 2). Планирање не обухвата послове повезане за израду изведбених (главних) пројеката.

Кроз планирање, као изузетно важан елемент реализације свих техничких пројеката, и не само њих, врше се процене алтернативних решења и доносе коначне одлуке о пројекту и његовом извођењу.

Продукт планирања је, разумљиво, план који у конкретном случају обухвата писани материјал са техничким, финансијским и кадровским параметрима и са одређеним бројем графичких прилога.

Пошто се сваки план базира на претпоставкама, најчешће је неминовно с времена на време ревидирати га и ускладити са новим стањем и подацима.

Планирање водоводних система може да се врши са становишта потреба читаве државе, а може да буде израз потреба републичког, регионалног, градског и сеоског подручја. Без обзира о ком се нивоу планирања ради, битно је да постоји координација и усаглашеност на свим нивоима.

У погледу фаза планирање нема посебних правила. У принципу, ради се у више ваза, почевши од оне која се ослања на најобичније реконструкције терена, до фаза која предвиђају израду студија, идејних решења и идејних пројеката.

Основна проблематика која се третира кроз планирање водоводног система обухвата:

- разматрање утицајних аспеката,
- рокове извршења плана, обим изградње и глобално време дејства система,
- потрошаче који ће бити прикључени на систем,
- потребне количине воде и неравномерност потрошње,
- притисак у мрежи и висинске зоне,
- обим пројектовања и грађења,
- коштање водоводног система и
- реализација инвестирања.[2]

3.1 Критеријуми за пројектовање постројења

При пројектовању постројења треба поћи од више предпоставки, донети одлуке и на крају извршити избор између више варијанти. Треба се, дакле, одлучити о:

- прогнози квалитета изворишта и
- избору технологије пречишћавања.

Квалитет воде изворишта оцењује се на основу истражних радова и одређених мерења и карактеристика сливног подручја. Ови подаци су подлога за прогнозу квалитета воде изворишта и његову заштиту. Карактеристике сливног подручја које утичу на квалитет воде изворишта су *хидролошке, геолошке, климатске и др.* Такође веома су важни и друштвено економски чиниоци у сливу: *начин коришћења земљишта, насељеност, привреда и саобраћај* и сл., које треба узети у обзир при изради прогнозе квалитета воде изворишта. Код већине изворишта утврђен је тренд погоршања квалитета воде, што је повезано са порастом урбанизације, пољопривреде и индустрије. Погоршање због урбанизације и индустрије потиче од њихових загађених вода. Често је случај да се изградњом канализације у насељима долази до скоковитог погоршања квалитета воде у водотоку или акумулацији. Узрок томе је напуштање септичких јама и прикључивање на канализациону мрежу, одакле се загађене воде испуштају у реципијенте без предходног пречишћавања. Овде треба додати и оптерећење од загађених атмосферских вода, које концентрисано дотичу у водоток.

Коришћење земљишта за интензивно сточарство и земљорадњу, уз примену вештачких ђубрива и стајњака, може у значајној мери да погорша квалитет подземних вода из бунара или извора, јер се повећава садржај бактерија, амонијака и других састојака. Загађењу подземних вода доприносе и депоније отпада из насеља, преко којих у подземне воде доспевају разне органске материје: феноли, органски растварачи и друге штетне материје.

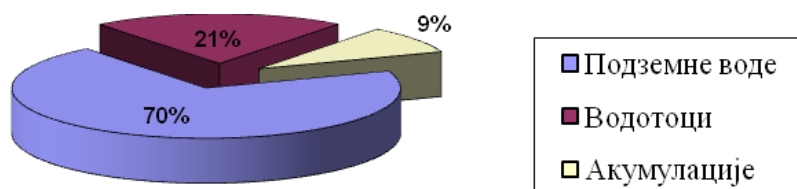
4.0 Изворишта воде за пиће

За урбане водоводне системе користе се атмосферска (ретко), подземна и површинска вода.

Основни показатељ вредности изворишта су квалитет и количина воде. Ако извориште у природном стању не одговара захтеваном квалитету, вода се мора пречишћавати; ако не одговара по количини воде, стварају се вештачки услови за формирање изворишта богатијег водом.[2]

Површинске воде се узимају из реке и акумулације, а од подземних вода користе се највише алувијалне воде, воде из основног водоносног комплекса, воде из карста, воде из издани у оквиру неогених наслага и издани пукотинске порозности.

Процењује се да подземне воде обезбеђују око 70% потреба за водом за домаћинства и индустрију у Србији (слика 3), а на подручју Војводине је ово искључиви вид водоснабдевања. Према расположивим статистичким подацима и процени количина које се експлоатишу за потребе јавног и индивидуалног водоснабдевања сеоског становништва, данас се у Србији експлоатише укупно око 500 милиона m^3 подземне воде. Укупни капацитети постојећих изворишта подземних вода у Србији износе око 678 милиона m^3 годишње или $21,5 m^3/s$, од тога $6,25 m^3/s$ за Војводину и $15 m^3/s$ за Централну Србију. На Косову и Метохији доминира снабдевање водом из површинских акумулација. У централној Србији учешће површинских вода је око 10%.



Слика 3. Републички Завод за статистику, *Захваћене количине воде према врсти водозавхвата, Годишњи извештај о јавном водоводу ВОД-2В, 2004. Године*

Данас укупно захваћена количина подземних вода за јавно водоснабдевање становништва и индустрије у Србији износи око $18,5 m^3/s$. Највећи део подземних вода

захвата се у подручју алувијалних речних токова - око $12,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Из осталих водоносних средина се захватају знатно мање количине подземних вода, укупно $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Алувијални наноси већих река су по правилу већих дебљина, а пресечене су речним токовима, одакле произилази чињеница да постоје добри предуслови за природно прихрањивање издани. Квалитет ових вода у принципу је условљен квалитетом воде у реци. Код мањих река проблеми су нешто сложенији. У случају дубоких издани формираних у кварталним наслагама квалитет воде може бити погоршан кретањем вода из дубљих издани. Савремена тенденција коришћења подземних вода је примена вештачке инфилтрације.

	Укупне количине воде за снабдевање	Захваћене количине воде					Преузете количине из других јавних водовода или система других предузећа
		укупно	из подземних вода	из изворских вода	из водотока	из акумулација воде	
1999							
Република Србија	695 590	682 793	405 604	99 968	120 856	56 365	12 797
Централна Србија	538 624	525 827	248 755	99 928	120 779	56 365	12 797
Војводина	156 966	156 966	156 849	40	77	-	-
2004							
Република Србија	730 041	710 494	404 187	94 920	150 552	60 835	19 547
Централна Србија	573 984	554 437	248 815	94 312	150 475	60 835	19 547
Војводина	156 057	156 057	155 372	608	77	-	-
2005							
Република Србија	708 246	688 544	417 558	94 372	118 615	57 999	19 702
Централна Србија	555 526	535 824	265 330	93 958	118 537	57 999	19 702
Војводина	152 720	152 720	152 228	414	78	-	-

Табела 1. Годишњи извештај о јавном водоводу ВОД-2В, у трогодишњој периодици, до 1999. године

**(Од 2004. ово истраживање се спроводи годишње. Овим извештајем добијају се и подаци о испорученим количинама воде према намени, квалитету воде, водоводној мрежи и уређајима за пречишћавање воде, броју домаћинстава којима је испоручена вода. Све јединице су изражене у хиљ. m^3)*

Површинске воде из река се захватају са око $2,5 m^3/s$, а из акумулација око $3,5 m^3/s$. Из водотока се могу захватати и веће количине, али је то у принципу ограничено квалитетом вода у водотоку. Како је заштита вода код нас ниска, постоје велика ограничења за коришћење водотока као изворишта воде за пиће.[1]

5.0 Водозахвати

Водозахватни објекти су први и најважнији елементи водоводног система. Од хидрауличких и конструктивних особина водозавата, његовог положаја и квалитета рада умногоме зависи и рад самог система - гледано кроз испоруку воде и квантитативног и квалитативног смислу.

Водозахват који је пројектован и изведен на бази резултата истражних радова и извршеног избора изворишта воде треба у свим хидролошким условима да обезбеђује потребне количине воде водоводном систему.

Природни услови захватања воде морају пружити могућност проширења за будуће потребе. Многи водоводи добијају обележје друге класе ако на основу геолошких услова и уз примену одговарајућих техничких мера, није могуће повећати издашност изворишта. У истом смислу треба дати предност захватима подземне воде, ако се њихова издашност може повећати, тј. ако је терен на коме се водозахват налази погодан за вештачко формирање подземне акумулације.

Економичност инвестирања у објекте водовода огледа се првенствено у врсти водозавата и његовом положају у односу на конзумно подручје. Јефтинија је вода која је природно чиста и која се може добити близу насеља, него вода која се мора пречишћавати и транспортовати кроз дугачке доводе већих димензија, под притиском.

Оринтација треба увек да буде на страни воде која дотиче природним падом, где препумпавање није нужно, јер се тако избегава зависност од енергије и од могућих сметњи у погону пумпног постројења.

Пројекат водозавата мора да садржи решење зона санитарне заштите, њихову организацију и димензије, односно положај на ситуацији.

Најважније врсте водозахватних објеката, сходно типу изворишта, који се јављају у пракси урбаних система су: водозахвати изворске воде; водозахвати подземне воде; и водозахвати површинске воде.

Димензионирање водозавата – Водозахватни објекти димензионирају се на максималну дневну потрошњу воде ($Q_{\max}^d$). Код подземне воде тражи се да црепње буде највише 16 сати дневно, тако да капацитет водозавата треба да износи $1,5/24 Q_{\max}^d$. Ово важи под претпоставком да у оба случаја постоје резервоари довољне запремине.

5.1 Водозахвати изворске воде

Објекти за захватање изворске воде – каптаже, различити су – у зависности од врсте извора. Облик каптажне грађевине зависи од резултата истражних радова, што значи да се коначно одређује тек када је извор у довољној мери откопан и откривен до оног места на коме се вода може захватити, и то на начин који је непрекоран у техничком и хигијенском смислу.

При откопавању извора, иде се за местима на којима избија вода. Ако вода избија на падини, ров се копа хоризонтално, при чему треба да се не засече непропустива падина извора. Ако вода избија одоздо, јама се копа у дубину, уз избацивање воде. Код силазних извора, на бази откопавања, треба се одлучити да ли ће се каптажа урадити одвојено, или ће се продужити процедурна галерија.

Код извора под притиском као и код преливних, често постоји могућност да се, спуштањем нивоа воде на извору целокупна количина привуче на главни извор и на тај начин одстрани споредни извор.

Кад споредни извори пресуше, потребно је запушити канале који их спајају са главним извором, како би се спречило продирање прљаве површинске воде до главног извора.

Код извора под притиском, који се могу сматрати вертикалним природним бунарима, може се вештачким спуштањем нивоа воде повећати њихова издашност, слично као код бунара, али под претпоставком да је сливно подручје довољно за такво повећање.

И код једне и код друге врсте каптаже веома је важно да се не формира препрека природном течењу воде, јер може доћи до њеног губљења. Поред тога, сваки каптажни објект, за нормално функционисање, треба да има:

- довољно откривен извор по површини и дубини,
- заштиту од површинског загађења,
- мере за спречавање расипања воде (екрани, бараже и сл.) и
- вентилацију.

Извори су само онда погодни за снабдевање водом, ако покривају потребе и у току дужих сушних периода.

Каптажа треба да је опремљена одређеним уређајима и елементима који омогућавају, сходно топографским, геолошким и хидрогеолошким условима, оптимално захватање воде извора. Вода из каптаже може отицати гравитационо или пумпањем.

Одводни цевовод из каптаже мора имати корпу димензионирану на брзину $v=0,1\text{m/s}$, при максималној потрошњи. Поред одводног цевовода, морају се пројектовати и прелив, испуст, водомер и степенице за силажење (ако су потребне). Ако у води има песка, треба

пројектовати таложник за песак пре каптажне коморе, и у самој каптажи. Каптажна комора мора бити обезбеђена затварачким механизмом, како би се спречио улазак незапосленим лицима.

5.2 Каптажа силазног извора

Водозахватна грађевина силазног извора састоји се од процедурног дела, водне коморе са усисним делом и одводом, преливом и др.

Преливна цев мора бити довољног пречника, да би могла одвести изворску воду кад је највише има, али без појаве успоравања извора. Одводна цев, која се продужава од усисне корпе, треба да лежи 0,30 - 0,50 m изнад дна и да има затварач и муљни испуст. Усисна корпа треба да има површину отвора једнаку троструком пресеку цеви. Крај преливне воде и муљног испуста треба да има решетку и жабљи поклопац, да би се спречило оштећење и улажење ситних животиња. Комора за воду у каптажи треба да се димензионише за брзину воде $v=10 \text{ cm/s}$.

Врата за улаз у каптажу боље је поставити са стране него шахт са поклопцем одозго. Врата треба да буду од челика, са гуменим заптивачем.

5.3 Каптажа улазног извора

Извор који избија одоздо мора се захватити на месту избијања. Каптажа се не може померити као код силазних извора. Место избијања извора треба очистити, а затим ископати јаму довољних димензија, најмање 2 са 2 m. Дубина јаме подешава се према могућности савлађивања воде и врсти и дебљини пропустљивог слоја кроз који је извор пробио. Ако се захват воде мора вршити црпљењем, онда треба обавити пробно црпљење као и код захватања подземних вода уопште.

Захватање треба тако извести да се изворска вода пење само у водну комору. Изван захватне коморе, унаоколо, у висини непропусног покривача, треба предвидети хоризонталну бетонску плочу.

Водна комора се обично пројектује од бетонских прстенова. Дно остаје отворено и прекрива се ситним шљунком, дебљине 0,30 m. Ако вода избија из растреситих материјала, онда се на дно поставља тзв. обрнути филтер. Изван бетонске водне коморе изворска јама се пуни дренажним каменом тако да према спољној страни дођу ситније фракције. Изнад водне коморе може се предвидети каптажна грађевина са бочно уграђеним вратима. И овде треба предвидети затварачку комору, а остало као код каптаже силазног извора.[2]

6.0 Цевоводи

Цевоводи су сложени системи за транспорт флуида састављени од струјних цеви и цевне арматуре, који могу бити спојени на различите начине. Цевоводи могу бити прости и сложени. Прости цевоводи су они код којих се цеви и цевна арматура ређају линијски (једно за другим). Код сложених цевовода постоји гранање тока.

6.1 Водоводне цеви

Водоводне цеви се израђују од ливеног гвожђа, челика, мешавине азбеста и цемента (азбестно – бетонске цеви), армираног бетона и пластичних маса (полиетилена и поливинилхлорида).

Цеви од ливеног гвожђа су отпорне на корозију, ако се још за време израде у фабрици заштите одговарајућим премазима за заштиту од корозије. Због слабе еластичности су осетљиве на променљиве притиске, па често пуцају при хидрауличким ударима. Израђују се за притиске до 10 бара. Користе се у спољашњим градским водоводним мрежама, у напорним цевоводима притиска до 10 бара, и другим водоводима притиска до 10 бара.

Челичне цеви имају велику механичку чврстоћу и еластичност, због чега се користе за напорне цевоводе притиска изнад 10 бара, у деоницама мреже које пролазе испод пута или железничке пруге и у случајевима када се водоводи полажу у порозном терену и сеизмолошки осетљивим подручјима. Велики недостатак челичних цеви је њихова осетљивост на корозију, па се спољашњи зидови цеви обично заштићују од корозије премазима на бази битумена. Много се ради и на усавршавању разних поступака унутрашње и спољашње пластификације зидова челичних цеви.

Поцинковане челичне цеви су мањег пречника (до око 50 mm) и имале су широку примену у унутрашњим (кућним) водоводним мрежама.

Азбестно-бетонске цеви израђују се од масе коју чине 20÷25% азбестних влакана и 80÷70% портланд цемента. Ове цеви не кородирају, имају танке зидове и глатке површине. Ове цеви се више не уграђују у водоводне мреже, али их има раније уграђених и то у великим количинама. Производиле су се за притиске до 12 бара и пречнике до 500 mm. Влада САД је године 1989., увела забрану производње и коришћења производа са азбестом.

Бетонске цеви не кородирају, а лоше особине су им велика тежина (због дебелих

зидова) и осетљивост на механичке ударе, па се практично примењују за транспорт агресивних вода (у индустријским водоводним системима). Израђују се за притиске и до 20 бара.

Пластичне цеви су много лакше од металних, не кородирају, неосетљиве су на лутајуће струје и врло су глатке (стварају веома мале отпоре струјању). Недостатак им је што имају већи коефицијент линеарног ширења. Производе се за радне притиске до 6 бара и пречнике до 250 (300) mm као цеви од тврдог полиетилена (ТПЕ цеви), односно, пречнике до 125 (150) mm за савитљиве цеви од полиетилена (СПЕ цеви). Имају широку примену у спољашњим мрежама сеоских водовода. Тврде пластичне цеви мањег пречника добијају све већу примену и у унутрашњим (кућним) водоводним мрежама.

Цеви за воду од полиетилена високе густине (ПЕХД), у класи материјала ПЕ – 80 и ПЕ – 100 које су далеко квалитетније од ранијих материјала, производе се за називне притиске од 6 до 20 бара и називне (спољашње) пречнике до 250 mm. Користе се у градским водоводним мрежама, али и у магистралним напорним цевоводима. У Европи и свету се материјал ПЕ-100 користи у више од 90% инвестиција, а и код нас је таква тенденција.

Основне карактеристике ових цеви су:

- веома лак материјал,
- једноставан и лак начин како транспорта тако и руковања,
- брзо и јефтино монтирање,
- отпорне су на корозију у алкалним, киселим или агресивним окружењима,
- добар су електрични изолатор, а такође су отпорни на механички утицај,
- век трајања дужи од 50 година,
- практично без трошкова одржавања цевовода.[7]

У процесу пројектовања, при избору материјала за цеви мора се водити рачуна о следећим карактеристикама:

- пропусна моћ (храпавост материјала),
- отпорност материјала на притисак (век трајања),
- лак транспорт и монтажа,
- велики избор пречника, фитинга и арматура,
- трошкови инвестиција и одржавања.

6.2 Цевна арматура

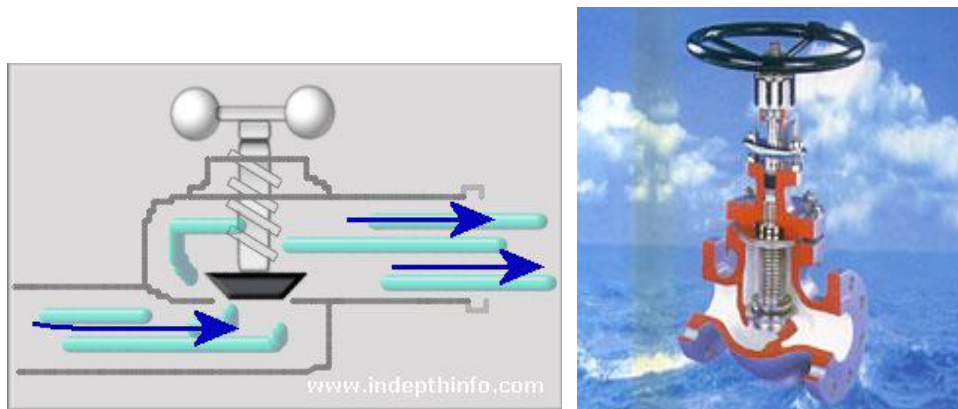
Цевна араматура су елементи цевовода који служе за промену, затварање или отварање протока, за промену правца струјања, за спајање деоница цевовода, за рачвање и друге потребе.

6.2.1 Цевни затварачи

Цевни затварачи су:

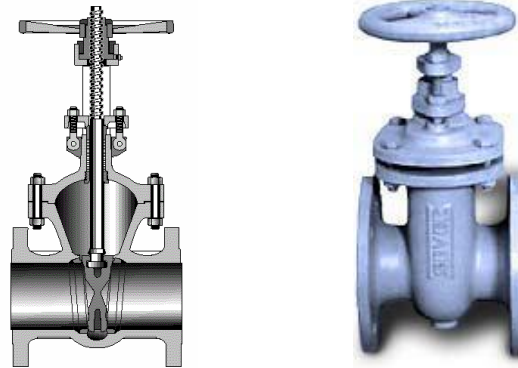
- вентили ,
- засуни и
- славине.

Вентили су цевни затварачи који се конструкционо карактеришу налегањем печурке вентила на седиште вентила (слика 4).



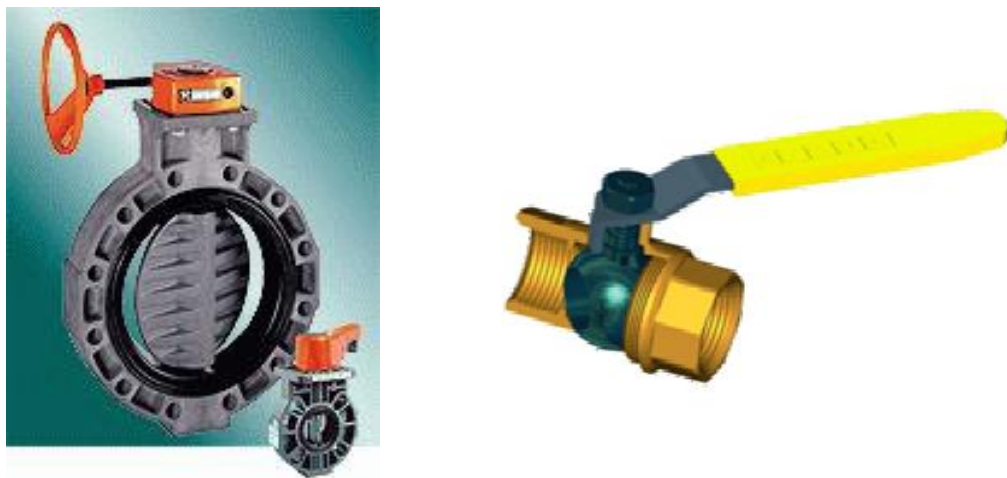
Слика 4. Вентил (принцип рада – лево, пресек – десно)

Засуни су цевни затварачи који се карактеришу преградом која се помера попречно на правац струјања (слика 5).



Слика 5. Засун (пресек – лево, спољни изглед – десно)

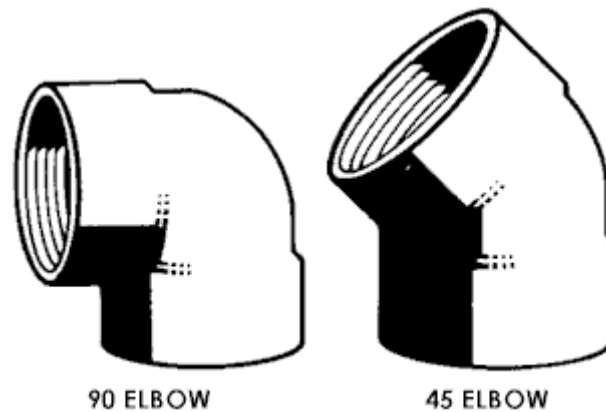
Славина се карактерише закретањем преградног елемента. Ова преграда најчешће је кугла или плоча. Када је преграда кугла, реч је о кугластој славини, а када је плоча реч је о лептирастој славини (слика 6).



Слика 6. Славине (лептираста – лево, кугласта – десно)

6.2.2 Цевно колено

Цевна колена су елементи цевовода који служе за промену правца (слика 7). Ови елементи називају се и лукови. Најчеће се израђују као колена 90° или 135° . Са цевима се спајају заваривањем, лемљењем, лепљењем, прирубницама, навојним спојевима и др.



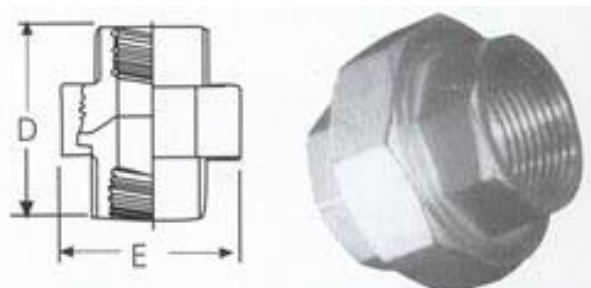
Слика 7. Цевна колена

6.2.3 Елементи за спајање цеви

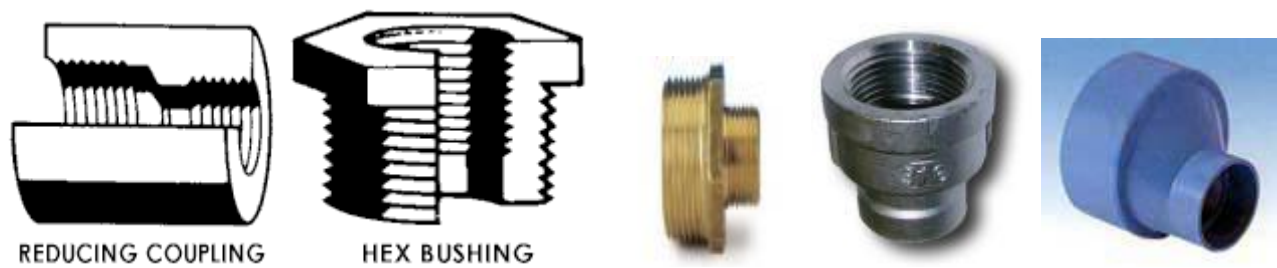
Елементи за спајање цеви су цевни наглавци ("муфови"), цевни углавци ("нипле") и цевне спојнице ("холендери"), а када постоји потреба промене пречника користе се редукциони цевни углавци и наглавци ("редуцир") (слика 8, слика 9 и слика 10).



Слика 8. Цевни наглавак - муф (лево) и цевни углавак- дупла нипла (десно)



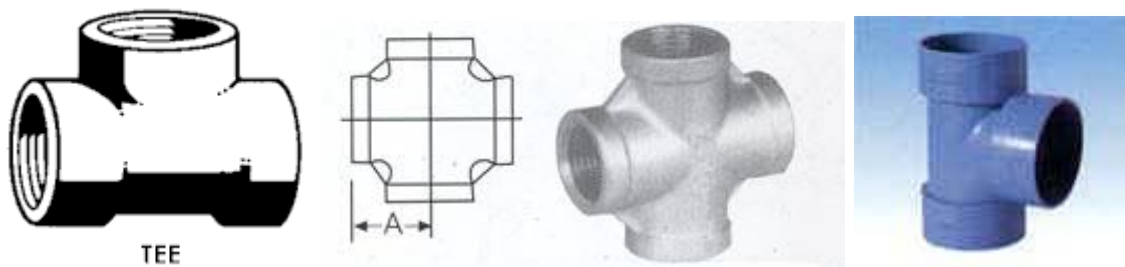
Слика 9. "Холендер" (пресек –десно, спољни изглед – лево)



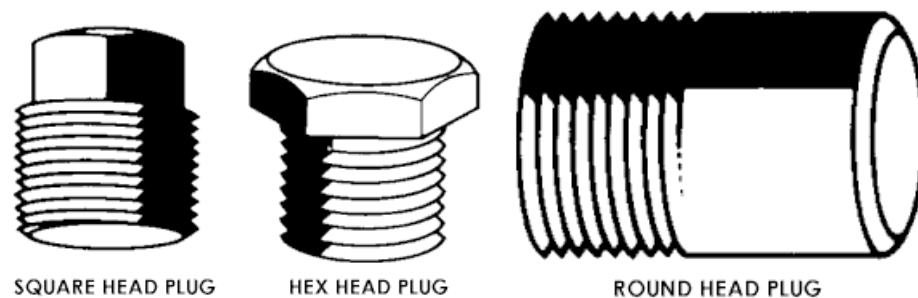
Слика 10. Цевни елементи за редукцију пресека цевовода

6.2.4 Остали елементи цевне арматуре

У остале елементе цевне арматуре спадају рачве (слика 11), чепови (слика 12), прирубнице, заптивачи, филтери и др.[4]



Слика 11. Рачве



Слика 12. Чепови

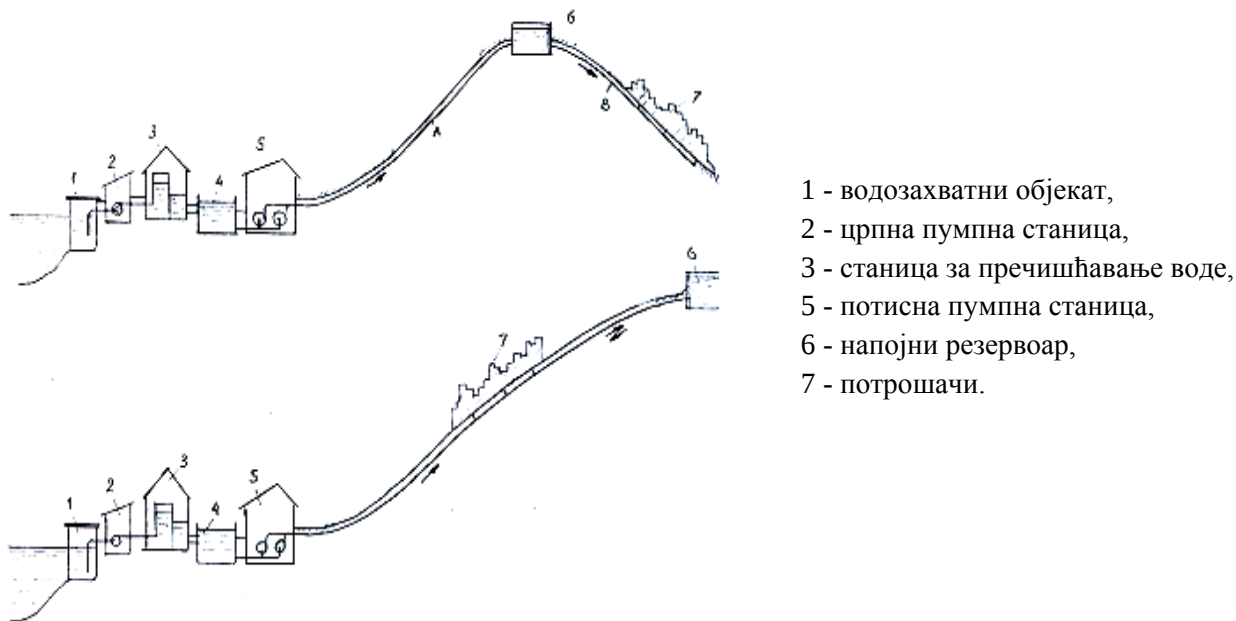
7. Водоводи

Под водоводима се, у ширем смислу посматрано, подразумевају како цевоводи за транспорт и дистрибуцију воде, тако и сва постројења и уређаји који су у функцији водоснабдевања. Ту спадају водозахватни објекти, постројења за пречишћавање воде и њену припрему за употребу, пумпне станице, резервоари, уређаји за заштиту од хидрауличног удара, водоторњеви, итд. Које од наведених елемената ће водовод да садржи зависи од његове намене, врсте изворишта и других фактора.

Према намени водовода разликују се:

- водоводи за питку воду (градски и сеоски),
- водоводи за индустријску (технолошку) воду,
- водоводи за наводњавање,
- специјални водоводи (у рудницима, хидроелектранама и др.)

На слици 13. су приказане шеме елемената градског водовода са предходним напојним резервоаром (а) и са контрарезервоаром (б).



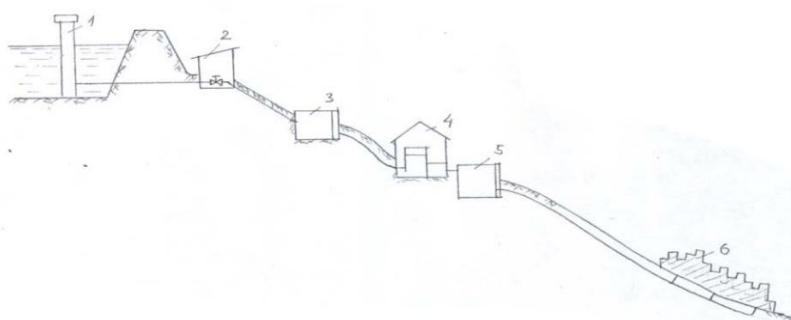
Слика 13. Конфигурација елемената градског водовода

Водозахватни објекат има задатак да прихвати воду из реке или језера, онемогући продор механичке нечистоће и створи повољне услове за усисавање воде. Према положају водозахватни објекти могу бити приобалски или у кориту реке (реке или језера).

Црпне пумпе имају задатак да усисају воду из водозахватног објекта и да је преко постројења за пречишћавање транспортују до резервоара чисте воде. Црпне пумпе могу бити смештене у засебном грађевинском објекту са водозахватом. Такође, црпне пумпе могу бити смештене у заједничком објекту са потисним пумпама. Овакво решење је могуће уколико је станица за пречишћавање воде близу црпне станице, а и теренски услови су погодни. Потисне пумпне станице имају задатак да воду из резервоара пречишћене воде транспортују до напојног резервоара.

Напојни резервоар може бити постављен испред потрошача, а када је на довољној геодезијској висини да потрошачима непрекидно даје воду под одређеним притиском. У случајевима када се предходни напојни резервоар налази на великој висини у односу на црпиште, а напојни цевовод је дугачак, да би се избегао високи притисак, напојна линија (од пумпне станице до напојног резервоара) пројектује се са једним или више међупумпних станица. Напојни резервоар може бити постављен и иза потрошача. У том случају његов задатак је да прихвати вишак воде коју пумпе шаљу потрошачима и да обезбеди притисак и потребну количину воде у периоду када потисне пумпе не раде.

Пумпне станице морају да имају одвојене црпне и потисне пумпе. Једне те исте пумпе у извесним случајевима могу да обаве и једну и другу функцију. Такав је, на пример, случај код пумпних станица за наводњавање, индустријских, кућних и сеоских водовода. Број пумпи у пумпној станици одређује се на основу техничко-економских прорачуна, узимајући у обзир и важност водовода. Према важности водовода одређује се број резервних пумпи, као и асортиман резервних делова којима мора да се располаже. Према техничко-економском прорачуну и важности водовода одређује се пречник и број цевовода. У случајевима када је хидроакумулација на већој надморској висини од насеља које се снабдева водом, користе се гравитациони водоводи - водоводи без пумпне станице.



- 1 - водозахватни објекат,
- 2 - запорни вентил,
- 3 - прекидна комора,
- 4 - станица за пречишћавање воде,
- 5 - резервоар пречишћене воде-напојни резервоар,
- 6 - потрошачи.

Слика 14. *Шема гравитационог водовода (водовода без пумпне станице)*

Код гравитационих водовода са великом висинском разликом (слика 14), траса напојног цевовода прекида се са једном или више прекидних комора. На тај начин смањује се притисак у цевоводу. Функцију прекидне коморе може да обави и мала хидроелектрана.

Постоје два типа водоводних мрежа: прстенасте и разгранате.

7.1 Хидраулични прорачун магистралних водоводних мрежа

Пројектовање водоводних система је уско повезано са хидрауличким прорачуном његових појединих елемената, као и комплекса система у целини. У сваком тренутку рада између појединих елемената водовода постоји непрекидна веза изражена кроз хидрауличке законе.

Стварне вредности напора и протока, при заједничком раду елемената система, могуће је одредити само кроз резултат заједничког решења једначина које изражавају ту везу.

Хидраулични прорачуни треба да пруже одговоре на следећа питања:

- да ли сви потрошачи добијају потребне количине воде уз одговарајући радни притисак?
- да ли су локални притисци у систему унутар допуштених граница у свим трајним режимима?
- да ли има „уских грла“ у систему унутар допуштених граница у свим трајним режимима?
- колика је потрошња енергије, хемикалија и другог по 1 m^3 испоручене воде?

Код магистралних водоводних мрежа локални губици механичке енергије износе 5-10 % од губитака енергије услед трења.

Хидраулични прорачуни се врше за: редовна погонска стања, ванредне режиме (појачана потрошња воде, смањени производни капацитети, квар једног или више објеката, испадање неког главног довода и сл.), катастрофалне ситуације (рат, поплаве, земљотрес и сл.), када је снабдевање водом јако отежано, па се уводи ванредно стање.

7.2 Прстенаста водоводна мрежа

Прстенаста водоводна мрежа састоји се из низа затворених кола-прстенова из чијих чворишта преко грана и огранака се снабдевају потрошачи.

На основу захтеваног капацитета појединих потрошача, проток којим се напаја мрежа треба да износи:

$$\dot{V}_0 = \sum \dot{V}_i \quad (7.2.1)$$

Да би се дефинисали протоци у свим деоницама мреже потребно је поставити одређен број једначина. Решавање система једначина се обично врши у итеративном поступку.

На основу добијених вредности за проток бирају се вредности брзине струјања по Есману, а затим коришћењем израза:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot c_p}}, \quad (7.2.2)$$

одређују се одговарајуће вредности пречника цеви, које се даље стандардизују, а онда се због промене пречника, израчунавају кориговане вредности брзина према изразу:

$$c = \frac{4 \cdot \dot{V}}{d_{st}^2 \cdot \pi}. \quad (7.2.3)$$

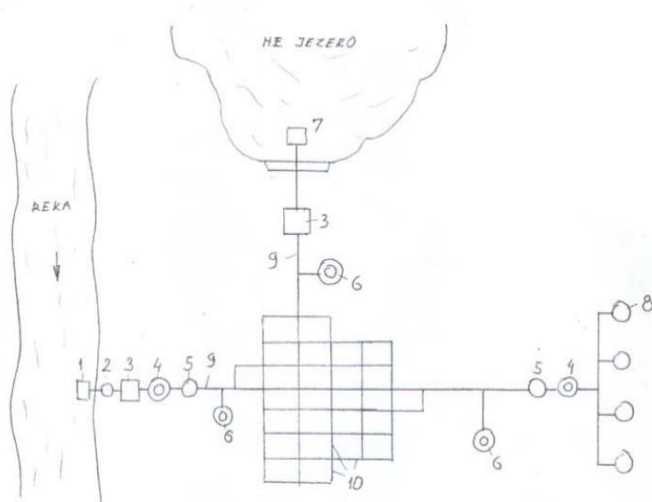
На крају израчунамо вредност за хидраулични отпор К по обрасцу:

$$k_{ij} = 0,0146 \cdot l_{ij} \cdot d_{ij}^{-5,334} \quad (7.2.4)$$

Притисак напајања мреже одређује се имајући у виду постављени захтев да сваки од потрошача добије захтевану количину воде под притиском не мањим од 2,5 bar.

Градске водоводне мреже обезбеђују двосмерно снабдевање потрошача и не захтевају прекид рада целе мреже при искључењу појединих деоница. Напајање прстенастих водоводних мрежа обавља се на једном или више места преко магистралних водова, зависно од величине мреже, распореда и положаја потрошача и њихове потрошње.

Водоводна мрежа приказана на слици 15. Је прстенаста. Градске водоводне мреже углавном се изводе као прстенасте, пошто оне обезбеђују двосмерно снабдевање потрошача водом и не захтевају прекид рада целе мреже за време искључења њених појединих делова.



- 1 – водозахватни објекат на реци,
- 2 – црпна пумпна станица,
- 3 – постројење за пречишћавање воде,
- 4 – резервоар чисте воде,
- 5 – потисне пумпне станице,
- 6 – напорни резервоар,
- 7 – водозахватни објекат у хидроакумулационом језеру,
- 8 – бунари са црпним пумпама,
- 9 – напојни цевоводи,
- 10 – магистрална водоводна мрежа.

Слика 15. Шема градог водовода са три различита изворишта

Из магистралне водоводне мреже вода се дистрибутивним цевоводима води до потрошача (зграде, стана и (њима) конкретно до сваке славине). Дистрибутивне водоводне мреже су по правилу разгранате.

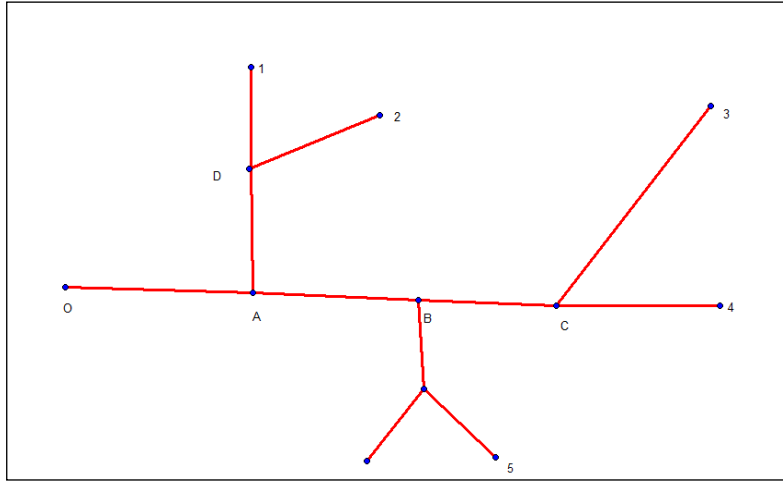
Притисак у деловима магистралне водоводне мреже са предходним напојним резервоаром зависи од висине и удаљења напојног резервоара од потрошача. Већи градови се снабдевају водом из различито лоцираних напојних резервоара. Напојне резервоаре није увек могуће поставити на одговарајућој висини, или из било ког разлога (најчешће економског) постављање напојног резервоара на висину која ће обезбедити потребан притисак свим потрошачима није пожељно. У оваквим случајевима вода из магистралног водовода преко хидрофорског постројења транспортује дистрибутивном мрежом до потрошача. Хидрофорска постројења су једноставне пумпне станице које захтевају незнатан надзор, а у којима се увек могу постићи жељени притисци.[4]

7.3 Разграната водоводна мрежа

Разграната водоводна мрежа састоји се из: магистрала, грана и огранка. Овакав тип водоводне мреже се користе за снабдевање водом мањег броја међусобно удаљених

потрошача који дозвољавају и краткотрајне прекиде у снабдевању (нпр. Сеоски водоводи). Пуцање цевовода или други квар доводе до прекида у снабдевању водом више потрошача.

Хидраулични прорачун разгранате водоводне мреже



Слика 16. Шема разгранате водоводне мреже

Задатак хидрауличног прорачуна је да се одреде пречници D_{ij} свих деоница цевовода и притисак напајања мреже. Према притиску одређује се висина напорног резервоара, или се бира пумпа.

1. Прво се одреде протоци $\dot{V}_{ij}$ у свим деоницама према следећим једначинама:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{OA} &= \sum_{i=1}^6 \dot{V}_i, & \dot{V}_{AD} &= \dot{V}_1 + \dot{V}_2, & \dot{V}_{D1} &= \dot{V}_1, & \dot{V}_{D2} &= \dot{V}_2, \\ \dot{V}_{AB} &= \dot{V}_3 + \dot{V}_4 + \dot{V}_5 + \dot{V}_6, & \dot{V}_{BC} &= \dot{V}_3 + \dot{V}_4, & \dot{V}_{C3} &= \dot{V}_3, \\ \dot{V}_{C4} &= \dot{V}_4, & \dot{V}_{BE} &= \dot{V}_5 + \dot{V}_6, & \dot{V}_{E5} &= \dot{V}_5, & \dot{V}_{E6} &= \dot{V}_6\end{aligned}\quad (7.3.1)$$

2. Затим се на основу усвојених брзина c_{ij} воде у деоницама, израчунају њихови пречници:

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_{ij}}{\pi \cdot c_{ij}}}, \quad (7.3.2)$$

који се стандардизује на први већи пречник.

У разматраном примеру:

- за усвојену брзину c_{OA}

$$d_{OA} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}_{OA}}{\pi \cdot c_{OA}}}, \text{ па се усваја стандардно } d_{OA}. \quad (7.3.3)$$

3. Израчунавају се губици енергије Y_{gij} у свим деоницама. Код цевовода нормалне храпавости препоручује се употреба Манинговог обрасца ($C = 66 \cdot D^{1/6}$) према којем је,

$$Y_{trij} = 0.0144 \cdot \frac{L_{ij}}{D_{ij}^{5.33}} \cdot \dot{V}_{ij}^2, \quad (7.3.4)$$

а узимајући у обзир и локалне губитке ($\alpha=1,05$)

$$Y_{tri} = 0.015 \cdot \frac{L_{ij}}{D_{ij}^{5.33}} \cdot \dot{V}_{ij}^2. \quad (7.3.5)$$

У разматраном примеру на овај начин рачунају се губици енергије $Y_{gOA}, Y_{gAD}, Y_{gD1}, Y_{gD2}, Y_{gAB}, Y_{gBC}, Y_{gC3}, Y_{gC4}, Y_{gBE}, Y_{gE5}, Y_{gE6}$.

4. Израчунава се притисак на почетку мреже идући дуж срујног тока сваког потрошача.

$$\begin{aligned} p_0(1) &= p_1 + \rho g(z_1 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAD} + \rho Y_{gD1} \\ p_0(2) &= p_2 + \rho g(z_2 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAD} + \rho Y_{gD2} \\ p_0(3) &= p_3 + \rho g(z_3 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAB} + \rho Y_{gAC} + \rho Y_{gC3} \\ p_0(4) &= p_4 + \rho g(z_4 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAB} + \rho Y_{gBC} + \rho Y_{gC4} \\ p_0(5) &= p_5 + \rho g(z_5 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAB} + \rho Y_{gBE} + \rho Y_{gE5} \\ p_0(6) &= p_6 + \rho g(z_6 - z_0) + \rho Y_{gOA} + \rho Y_{gAB} + \rho Y_{gBE} + \rho Y_{gE6} \end{aligned} \quad (7.3.6)$$

где је $p_0(1)$ притисак на почетку мреже који одговара првом потрошачу, $p_0(2)$ притисак на почетку мреже који одговара другом потрошачу, и тако редом, до притиска $p_0(6)$ који одговара шестом потрошачу.

Да би сви потрошачи добили захтевану количину воде одређеног притиска мора бити задовољена једнакост:

$$p_0(1) = p_0(2) = p_0(3) = p_0(4) = p_0(5) = p_0(6) \cdot [4] \quad (7.3.7)$$

7.4 Савремени водоводни системи

Савремени дистрибутивни водоводни систем садржи рачунарима опремљен командно-контролни центар одакле се врши надзор и управљање радом система. Управљање дистрибуцијом воде чине групе инжињерских послова који се извршавају у реалном времену: операције у дистрибутивној мрежи, праћење инвентара, одржавање и радови, подршка потрошачима, читавање потрошње и локално управљање. Такође постоје групе инжењера који раде на планирању и оптимизацији операција, планирању измена и ширењу мреже.

Водоводни дистрибутивни системи имају једну специфичност која их, са гледишта поузданости, чини сложенијим од других техничких система. Да би водопривредни системи успешно обављали своју функцију поред механичке поузданости морају бити задовољени и хидраулички параметри система. Другим речима, да би у неком потрошачком чвору биле задовољене потребе неопходно је да буду задовољена следећа два услова:

1. Разматрани чвор мора да буде физички повезан са неким изворишним чвором (резервоар, извориште), а та се вероватноћа обухвата кроз механичку поузданост система.
2. Притисак у разматраном чвору мора да буде већи од неког минималног захтеваног притиска.[4]

8. Начини третмана воде за пиће у сеоским срединама

Сирова вода, тј. вода коју преко водозахватних објеката узимамо за потребе водоснабдевања никад није апсолутно чиста. Она увек садржи, мање или више, различите материје у раствареном и суспендованом стању, а које су унешене из околине кроз коју пролази (са површине литосфере, кроз хидрогеолошки медиј, кроз атмосферу итд.).

У води такође могу да се нађу унешене разне врсте загађења. Да би се утврдило присуство појединих супстанци у сировој води, морамо на бази прописано узетих узорака извршити одговарајуће анализе чије резултате упоређујемо са важећим стандардима воде за пиће. Резултати поређења говоре да ли и у којој мери треба вршити пречишћавање воде.

Пречишћавање воде за пиће подразумева коришћење различитих процеса и операција којима се уклања неки недостатак сирове воде, понекад и читав комплекс недостатака, а понекад се вештачки поправља одређено својство које захтевају потрошачи, односно стандарди којима су прописани критеријуми квалитета воде за пиће.

Методе за припрему воде за пиће обухватају низ главних и допунских процеса и операција који се комбинују у оквиру технолошког поступка, често и са посебним третманом, чија шема пречишћавања може бити веома једноставна (нпр. Само дезинфекција воде), али и крајње комплексна.

8.1 Пречишћавање воде

Основни задатак пречишћавања – кондиционирања воде код урбних водоводних система (које се иначе обавља у постројењима), састоји се у обезбеђењу питке воде која по свом саставу треба да одговара прописаним захтевима.

На бази извршених анализа сирове воде (са изворишта), одређује се карактер операције за њено пречишћавање.

Има случајева да се посредством постројења за пречишћавање, морају уклонити одређени недостаци природне воде; понекад је у питању читав комплекс недостатака, а понекад се на захтев потрошача и вештачки иде на поправак одређеног својства воде.

Вода која се данас налази у природи ретко, поседује својства која одговарају захтевима санитарних и других важећих прописа који регулишу ову проблематику. Квалитет воде је бољи уколико је боље регулисана водопривреда дотичног изворишног и ширег подручја. Због тога је веома важно, ради смањења трошкова, скупог пречишћавања сирове воде, деловати превентивно, тј. спречити све утицаје на воду који би њену употребу могли

отежати или изазвати накнадно уклањање непожељних супстанци вештачким средствима, што би узроковало велике и инвестиционе, а исто тако и погонске (експлоатационе) трошкове. Код пречишћавања посебно значајну ставку чине трошкови разних хемикалија и енергије. Стога је нужно, пре свега, улагати средства у заштиту вода од загађења, што се постиже путем одржавања режима подземних вода, одстрањивањем суспендованих материја из успорних деонца отворених токова, одржавањем и уређењем бујичних токова, одржавањем и унапређењем биолошког самопречишћавања, спречавањем упуштања непречишћених природних вода и сл.[2]

8.2 Процеси и операције пречишћавања воде за пиће

Производња воде за пиће обавља се применом одговарајућих операције и процеса. Погоршање квалитета воде са изворишта повећава број и сложеност операција и процеса које треба примењивати да би се постигао прописани квалитет воде за пиће, или воде за друге намене. Процеси пречишћавања засновани су на физичким, хемијским и биолошким дејствима, којима се постиже уклањање непожељних састојака из воде.

За пречишћавање воде користе се следеће основне операције и процеси:

- мешање,
- аерација,
- коагулација и флокулација,
- таложeње,
- флотација,
- филтрирање,
- дезинфекција.

Као допунски процеси, примјењују се:

- оксидација,
- сорпција,
- одстрањивање гвожђа и мангана,
- одстрањивање амонијака,
- омекшавање,
- стабилизација воде, и сл.

Саставни део процеса кондиционирања воде је обрада и одстрањивање муља из постројења. При кондиционирању воде за пиће често се користи и операција задржавања на

решеткама и ситнима пливајућих и лебдећих материја. Уређаји за ову операцију постављају се ван постројења на почетку водозахватних објеката или на самом улазу у постројење.

Постројење за пречишћавање воде обједињује објекте процеса, опрему и хемикалије које треба применити да би се на технички реалан и економски оправдан начин из сирове воде уклонили сви нежељени састојци. Комбинације процеса могу бити следеће:

- дезинфекција,
- флокулација, филтрирање, дезинфекција,
- флокулација, таложење, филтрирање, дезинфекција,
- флокулација, флотација, филтрирање, дезинфекција.

У случајевима изузетно лошег квалитета сирове воде, уз набројане комбинације процеса, мора се укључити још и:

- аерација,
- оксидација и
- сорпција.[2]

8.3 Предтретман

Мешање, аерација, коагулација и флокулација спадају у категорију предтретмана сирове воде. У предтретман сирове воде такође спада и пролазак воде кроз решетке и сита, било да су оне постављене код водозавхвата или се налазе испред самих постројења за припрему воде за пиће. Од начина примене ових операција и процеса зависи успех наредних фаза пречишћавања воде. [1]

8.3.1 Мешање

Мешање је операција која се у постројењима за пречишћавање воде примењује у циљу:

- равномерног распореда додате хемикалије по целокупној запремини воде на месту додавања,
- уношења у систем енергије неопходне за дестабилизацију и флокулацију,
- да се убрза растварање, суспендовање или разблаживање хемикалија при прављењу раствора или суспензија.

Мешање треба пројектовати и извести тако да се постигне потребан ефекат за одређено време, као и потребан смер кретања воде. Оно се остварује на један од начина:

- млазницама и ињекторима
- кружењем воде
- дисперзијом гаса
- механичким мешањем елисама, лопатицама или турбинама
- хидрауличким губитком оствареним сужењима, праговима и денивелацијом. [1]

8.3.2 Аерација

Аерација је процес размене материје између воде и гасне фазе (ваздуха или чистог кисеоника) преко границе додира. Аерација се изводи довођењем у додир воде са ваздухом или чистим кисеоником. Разлози за примену аерације воде су уклањање растворених гасова и повећање садржаја раствореног кисеоника. Уобичајна је појава да вода која нема довољно раствореног кисеоника има повећани садржај гасова, који се морају уклонити јер су штетни по квалитет воде. Ти гасови су: метан, водоник-сулфид и угљен-диоксид.

Метан који се ослобађа из подземних вода, концентрише се око бунара и цевовода, може изазвати експлозију на изворишту, у пумпној станици или на славини потрошача.

Водоник-сулфид даје води непријатан мирис и укус на покварена јаја, а у већим концентрацијама је корозиван и отрован.

Угљен-диоксид растворен у води је корозиван и отежава процес пречишћавања, нарочито уклањање гвожђа и мангана из подземних вода.

Осим ових гасова, у води се могу наћи и органске материје, претежно органски растварачи. Аерација је ефикасан процес за њихово делимично уклањање из воде.

Повећање садржаја раствореног кисеоника у води потребно је да би се спречило стварање услова за анаеробно стање у јединицама процеса, за биолошку оксидацију амонијака и за оксидацију гвожђа и мангана.

8.3.3 Коагулација и флокулација

Коагулација и флокулација су процеси припреме воде уз примену хемикалија за даљу обраду. Применом коагулације и флокулације, нерастворене и колоидне материје претварају се у облик погодан да се са ефикасношћу од 95 до 99% уклоне из воде једним од процеса:

- таложењем и филтрирањем,
- флотацијом и филтрирањем,
- директном филтрирањем.

Нерастворене и колоидне материје које се појављују у води су: честице минерала и земљиште од ерозије, неорганске и органске материје од загађених вода становништва и индустрије, бактерије, вируси, алге, обојене материје, планктон организми и супстанце које дају мирис и укус води.

Објекти за извршење процеса коагулације и флокулације, коагулатори и флокулатори, могу бити појединачни или у склопу заједничке целине са таложником. За успешност извршења технике коагулације и флокулације (пored временског контакта и одговарајуће дозе хемикалија) посебно је важно постићи одговарајуће хидродинамичке услове.

Коагулација и флокулација омогућавају низ побољшања квалитета сирове воде у физичком, хемијском и биолошком погледу. Самим таложењем се поправљају не само физички параметри воде него делом и хемијски. Боја се у потпуности уклања ако је колоидног порекла, док се боја од отопина уклања само делимично. Гвожђе и манган у форми бикарбоната, као и фосфати, уклањају се у потпуности. Степен уклањања радиоактивних супстанци зависи од врсте радио-изотопа и облика материје. Ако је материја колоидног облика, онда се потпуно уклања. Садржај бактерија смањује се на 30%. [1]

Флокулација је процес који се надовезује на коагулацију и има задатак да омогући интензиван додир између дестабилисаних честица, чиме се постиже њихово спајање у крупније фракције.

8.3.4 Таложење

У процесу пречишћавања воде, а у циљу издвајања суспензије флокула, престижно се користе таложници.

Таложници раде на бази гравитационог таложења честица. Брзина таложења, према Стокесовом закону, једнака је:

$$v = Kd^2(\gamma_c - \gamma_v) \quad (8.3.4.1)$$

где је:

v – брзина падања,

d – пречник честица односно флокула,

γ_c – специфична брзина честица, односно флокула,

γ_v – специфична тежина воде.

K – константа.

У пракси пречишћавања воде најчешће се користе следећи таложници:

- правоугаони са хоризонталним током воде,

- кружни са вертикалним током воде,
- таложним са лебдећим муљем,
- цевни таложник,
- ламелни таложник (без рецикулације муља, са рецикулацијом муља, са згрушавањем муља). [1]

8.3.5 Флотација

Флотација ваздухом је процес пречишћавања којим се из воде уклањају нерастворене материје. Заснована је на појави да су флокуле везане са мехуровима ваздуха лакше од воде и да услед тога испливавају на површину. Флотација ваздухом, уместо таложења примењује се у случајевима када се нерастворене материје у сировој води састоје претежно од алги, а садржај минералних нерастворених материја је занемарљив. У овим случајевима, за образовање тешке флокуле, која би се брзо и ефикасно издвајала у таложнику, потребно је примењивати велике дозе коагуланта и флокуланта, што повећава трошкове производње воде и ствара додатне проблеме – због образовања велике количине муља.

Флотација ваздухом изводи се увођењем ваздуха у виду малих мехурова у флокулисану воду. Мехурови ваздуха се везује за флокуле, чине их лакшим од воде и заједно испливавају на површину. Што су мехурови ситнији у односу на флокуле, То се већи број мехурова међусобно везује и флокула брже испливава на површину. [1]

8.3.6 Филтрирање

Филтрирање је процес који се у пречишћавању воде користи за уклањање нерастворених материја. Филтрирање се остварује проласком воде кроз слој гранулираног материјала, постављеног на неку подлогу. Избором подне филтарске испуне и постојањем сталих услова током филтрације, могу се одигравати и неки други процеси: биолошка оксидација амонијака, каталитично уклањање мангана, сорпција тешких метала, растворених органских материја, као и задржавање бактерија и вируса.

Зависно од технике филтрације која се примењује, имамо филтрације у контролисаним и у природним условима. У филтрације под контролисаним условима убрајају се спора и брза филтрација, а у филтрације у природним условима обална инфилтрација и коришћење инфилтрационих басена. [2]

8.3.7 Дезинфекција

Помоћу физичко-хемијских метода (коагулација, таложење, филтрирање) из воде је могуће уклонити скоро све суспендоване материје, као и 90 - 95% бактерија. Међутим, за уништење преосталог дела бактерија, потребно је воду пре употребе још и дезинфиковати.

Задатак дезинфекције воде је уништавање бактерија, вируса и протозоа у циљу спречавања преноса болести путем воде. Осим ових микроорганизама, дезинфекцијом треба уништити и друге живе организме и алге, чије би присуство у пречишћеној води утицало негативно на квалитет воде у мрежи.

Стално присуство дезинфекционог средства у води водоводног система нужно је и због евентуалног накнадног загађења воде (пуцање цевовода, поправке на објектима система, привлачење загађења и сл.), тако да је процес дезинфекције императиван код свих водовода, без обзира на квалитет сирове воде.

За дезинфекцију воде користе се физичке, хемијске и биолошке методе. У водоводној пракси највећу примену имају хемијске методе како због своје примарне ефикасности тако и због могућности накнадног деловања у дистрибуционој мрежи, чиме се спречава развој микроорганизама.

Дезинфекција хемикалијама заснива се на дејству хемикалија на виталне делове микроорганизама. Дезинфекција се постиже деловањем одређене концентрације дезинфекционог средства по укупној запремини воде током контакта. Најчешће примењивана дезинфекциона средства су: хлор, хлор-диоксид и озон.

На потребну концентрацију дезинфекционог средства и време контакта са водом утиче:

- врста дезинфекционог средства,
- врста микроорганизама,
- хемиски карактер и температура воде која се дезинфикује. [1]

8.4 Допунски третман

У процесу пречишћавања воде за пиће користе се и допунски процеси, самостално као методе или у комбинацији са основним методама припреме воде за пиће.

8.4.1 Оксидација

Оксидација је поступак који се примењује код пречишћавања воде ради острањивања неорганских и органских састојака. Оксидација у ужем смислу, код неорганских материја,

јесте претварање из нижег у виши валентно стање, а код органских материја претварање у угљен-диоксид и воду.

Оксидација се примењује у склопу осталих процеса пречишћавања. Њено место у припреми воде одређује се тако да се постигну оптимални ефекти доданих оксидационих средстава. Да би се повећала ефикасност оксидационих средстава, она се често додају у више тачака процеса. Уобичајена места додавања су на почетку и у току процеса. Избегава се додавање већих количина оксидационих средстава на крају процеса, због могућег дејства продуката оксидације на здравље потрошача.

Оксидациона средства која се користе у пречишћавању воде су: кисеоник, хлор, хлор-диоксид, озон, калијум-перманганат.[1]

8.4.2 Сорпција

Сорпција је поступак пречишћавања воде који се примењује првенствено да се из воде уклоне растворене органске материје. Сорпција се заснива на особини неких чврстих материја - сорбената да на својој површини концентришу органска једињења присутна у води. Процес се одвија преносом масе из воде преко границе додир на површину сорбента. Основна карактеристика сорбената је њихова велика специфична површина која се креће у распону од 50 до 500 m² по 1 граму за природне сорбенте, па до 1000 - 1500 m² по 1 граму за активни угаљ. Сорпција се ретко примењује као основни или једини процес пречишћавања воде.

Овим процесом уклањају се токсичне материје из воде: пестициди, хлор-органска једињења, полициклични аромати, органски растварачи и метали. [1]

8.4.3 Одстрањивање гвожђа и мангана

Гвожђе и манган налазе се у води у раствореном и нерствореном облику. У раствореном облику су у подземним водама у виду двовалентних хидрокарбоната. У површинским водама, за које су карактеристичне рН вредности 6,5 - 8,5 и присуство раствореног кисеоника, гвожђе и манган се налазе претежно у нераствореном облику.

Поступак одстрањивања гвожђа и мангана, заједно или само једног од њих, ако други није присутан, заснован је на њиховој оксидацији и претварању у нерастворен облик који се у процесу филтрирања одваја од воде. Начин оксидације који се мора применити зависи од хемијског облика гвожђа и мангана у води. Гвожђе и манган у виду хидрокарбоната се једноставно и ефикасно оксидишу аерацијом воде. Међутим, ако су они везани у комплексе

или су у води дисперговани у виду нерастворених колоида, неопходна је примена јачих оксидационих средстава.

Одстрањивање гвожђа и мангана из подземних вода у којима су ови метали везани у виду хидрокарбоната обавља се процесима као што су: аерација, ретенција и филтрирање. [1]

8.4.4 Одстрањивање амонијака

У површинским и подземним водама приметан је пораст садржаја азотних једињења, а посебно амонијака. Извори азотних једињења су: загађене воде насеља и индустрије, вештачка ђубрива, депоније смећа и отпаци сточних фарми. У површинске воде азотна једињења доспевају спирањем са земљишта, преко подземних вода и директним испуштањем загађених вода у водотоке. У подземне воде једињења азота долазе или спирањем кишом из површинског слоја ђубреног земљишта и поља за наводњавање или из септичких јама и сметлишта.

Механизми настајања амонијака из азотних једињења у води су: хидролиза и анаеробни биохемијски процеси. Амонијак настаје хидролизом из беланчевина или уреје. Обе ове материје налазе се у загађеним водама насеља, а уреја је још и једна од главних компонената вештачких ђубрива. Анаеробним процесима амонијак настаје из беланчевина и из нитрата, који су такође главна компонента вештачких ђубрива.

Ови процеси се одвијају дејством бактерија у одсуству кисеоника. Повећан садржај амонијака у водоносним слојевима поред река, у односу на садржај амонијака у водотоку, је последица биохемијске разградње беланчевина и нитрата која се одвија делимично у аеробним и делимично у анаеробним условима.

Амонијак се може из воде удаљити на један од следећих начина: аерацијом, електродијализом, јонском изменом, оксидацијом са хлором и биолошком нитрификацијом.

Поступци са аерацијом, електродијализом и јонском изменом нису погодни за примену у кондиционирању воде за пиће. За ефикасну аерацију потребно је да вода има рН вредност већу од 10, што је неприхватљиво за воду за пиће, а друге две технике захтевају скупу опрему и велики уторшак енергије и хемикаја. [1]

8.4.5 Омекшавање

Омекшавање је процес смањења садржаја соли калцијума и магнезијума у води. Основни циљ омекшавања воде за пиће је заштита кућних инсталација топле и хладне воде од каменца. Омекшавању се приступа у и случају када се у постојећи систем водоснабдевања укључује вода из новог изворишта са већом тврдоћом.

Омекшавању се може подврћи целокупна количина воде или само један њен део. У првом случају омекшана вода има велику рН вредност, која се мора неустралисати. У другом случају после мешања са делом воде која није омекшавана, висока рН вредност се неутралише.

За омекшавање се користи реагенсни метод са калцијум хидроксидом и натријум карбонатом, као и јонски измењивачи. Хемикалије се користе независно једна од друге или заједно. [1]

9.0 Захтевани квалитет воде за пиће

Захтевани квалитет воде за пиће директно утиче на здравље становништва и на цену воде коју је неопходно произвести, јер изискује примену одговарајућих технологија у припреми. Он је дефинисан прописом који се зове „Правилник о хигијенској исправности воде за пиће“ (у даљем тексту Правилник), донетим 1998. године (Сл. лист СРЈ бр. 42/98) са допунама из 1999. године (Сл. лист СРЈ 44/99). Правилник је формулисан на основу података Смерница Светске здравствене организације из 1993. и предлога Директиве ЕУ из 1994. године узимајући у обзир искуства из сопствене праксе. Важно је напоменути да је поменута Директива донета на нивоу ЕУ две године касније уз одговарајуће измене предлога што има за последицу извесна неслагања са важећим Правилником код нас.

Исте године кад и Правилник, донета је Директива 98/83/ЕС која се односи на воду намењену људској употреби, а циљ јој је заштита здравља од штетних ефеката било каквог загађења које се може наћи у води и то тако што ће се обезбедити да она буде здрава и чиста. То значи да у њој нису присутни микроорганизми, паразити, као ни супстанце које у броју или концентрацији представљају потенцијалну опасност по људско здравље, односно да задовољава минимум услова датих као вредности специфичних параметара. Овом Директивом је обухваћено 48 параметара од претходних 66 (из Директиве из 1980. године), укључујући и 15 нових параметара. За флаширану воду дато је 50 параметара. Ти параметри обухватају за квалитет воде и здравље људи најважније параметре, уз напомену да је државама чланицама остављен простор да додају и друге параметре за које сматрају да је то потребно у складу са локалним условима, природним и социоекономским разликама које условљавају да се већина мера које се предузимају у оквиру мониторинга, анализа и поправки врше на локалном, регионалном и националном нивоу у тој мери да присутне разлике не одступају од закона, правила и одредби обухваћених Директивом. Државе чланице су обавезне да поред параметра датих Директиви обухвате и све друге параметре неопходне за заштиту људског здравља на својој територији, као и да обезбеде захтевани квалитет производње, дистрибуције и контроле воде намењене за људску употребу. У случају да је неопходно донети строжије стандарде него што их прописује Директива о томе треба обавестити Комисију ЕУ.

Наш Правилник пре свега прихвата вредности из предлога Директива ЕУ. Разлог неслагања појединих параметара нашег Правилника је чињеница да је дошло до разлика у предложеној и крајње усвојеној варијанти Директиве, а наш Правилник је у међувремену донет. Вредности ових параметара требало би опет критички размотрити и усвојити оне вредности које обезбеђују бољи квалитет воде за пиће, при том водећи рачуна да код оних параметара који немају битан утицај на здравље да се прихвате мање захтевне норме како би јефтиније и једноставније технологије могле да обезбеде тражени и потребни квалитет воде

за пиће. У случајевима где не постоје подаци ни код нас ни у Директиви ЕУ прихваћене су препоруке СЗО (светске здравствене организације), са препорукама да се код нас што пре финансирају истраживања из тих области како би се на основу њих верификовале вредности тих параметара квалитета воде за пиће или установиле неке друге вредности. Та потреба и данас стоји и она је уобичајена пракса развијених европских земаља. Инсистирања на нижим вредностима неких параметара које токсиколошки нису доказани по правилу поскупљују технологију прераде воде и могу бити потпуно непотребна. С друге стране, ако ресурси нису угрожени, а токсиколошке вредности нису поуздане, инсистирање на нижим вредностима може значити очување ресурса воде на прихватљивом нивоу.

Упоређивањем вредности максимално допуштених концентрација утврђено је да код неорганских материја у води за пиће наш Правилник има строжије дефинисане вредности од Директиве ЕУ у погледу амонијака, бора, флуорида, хлорида, кадмијума, натријума и нитрита. Вредности су строжије и од нпр. националног немачког прописа.

У погледу органских материја Правилник СРЈ дозвољава вишу вредност за РАН, тетрахлоретен и трихлоретен у односу на Директиву ЕУ. За велики број параметара које Директива ЕУ не обухвата одређен је МДК у складу са Смерницама СЗО из 1993. године (нпр. алкил-бензени и хлоровани бензени, диетилхексилдипинат и диетилхексилфталат). У случају епихлорхидрина вредност усвојена у нашем Правилнику која је у складу са Смерницама СЗО из 1993. године ипак је четири пута виша од вредности које дозвољава немачки национални пропис, односно Директива ЕУ. У погледу пестицида наш Правилник је у потпуности усаглашен са Директивама ЕУ, сем у случају линдана који је код нас дозвољен у концентрацији од 0,2 µg/l, док Директива ЕУ прописује концентрацију од 0,1 µg/l.

Трошкови смањења концентрација пестицида, као и нитрата на дозвољени ниво су у великој мери условљени праксом у пољопривреди. Производи разградње пестицида могу изазвати проблеме у води за пиће. Међутим, у највећем броју случајева токсичност тих продуката разградње није узета у обзир у Смерницама СЗО зато што нема одговарајућих података о њиховом присуству, идентитету и биолошкој активности. Са тим у вези је изузетно важно прикупити податке о материјама које се користе код нас у пољопривреди и за које је могуће да доспеју у изворишта из суседних земаља преко загађених површинских вода.

У вези са присуством коагулационих и флокулационих средстава у води за пиће Правилник дозвољава већу концентрацију епихлорхидрина и акриламида у односу на Директиву ЕУ, али су те концентрације и даље у оквиру препорука СЗО из 1993. и из 2004. године.

Завршна дезинфекција водоводске воде је од великог значаја, посебно у условима лоше дистрибуционе мреже и велике могућности реинфекције воде јер се једино на тај начин могу спречити хидричне бактеријске и вирусне инфекције. Дезинфекциона средства, поред тога што су снажни биоциди, такође су способна да реагују са другим састојцима у води и

при том формирају нова једињења са потенцијално штетним и дуготрајним ефектима на здравље. Стога, општа процена утицаја дезинфекције на људско здравље мора узети у обзир не само микробиолошки квалитет третиране воде, већ и токсичност дезинфекционих средстава и њихових продуката реакције. Наш Правилник је у потпуности у сагласности са Директивом ЕУ и препорукама СЗО у погледу споредних производа дезинфекције и примене хлора и хлор-диоксида за дезинфекцију. При томе треба знати да Директива ЕУ не прописује максимално дозвољену количину хлора и хлор-диоксида за дезинфекцију нити њихову резидуалну концентрацију. У Немачкој је пракса да се употребљава максимална доза од 1,2 mg/l, 0,4 mg/l и 10 mg/l респективно за хлор, хлор-диоксид и озон, док се резидуали морају кретати у границама 0,1-0,3, 0,05-0,2 и 0,05 mg/l редом за хлор, хлор-диоксид и озон. У поређењу са нашим прописом то значи да је у Немачкој дозвољена скоро три пута мања концентрација хлора за дезинфекцију и мањи резидуал након хлорисања него што је то случај код нас (код нас је дозвољени резидуал хлора до 0,5 mg/l у редовним приликама).

Вредност за дозу хлор-диоксида која се може применити је усаглашена, а наш Правилник не прописује дозу озона која се може примењивати, нити резидуал озона. Имајући у виду висок садржај органских материја у подземним водама у Банату и могућност увођења предозонизације у обради воде аквифера Дунава може се претпоставити да ће се појавити потреба за бољим законским регулисањем овог начина дезинфекције.

Значајан аспект квалитета воде представљају и супстанце у води и параметри квалитета воде који утичу на употребну вредност воде (органолептичке карактеристике на првом месту, али и корозивност воде, тенденција ка стварању каменца). У Директивама ЕУ вредности главних параметара којима се дефинишу органолептичке карактеристике воде (боја, мирис и укус, мутноћа) дате су описно, док Смернице СЗО и Правилник наводе вредности за боју и мутноћу. Директиве ЕУ су у параметре квалитета воде уврстиле проводљивост, концентрацију јона водоника и оксидабилност, док их у Смерницама СЗО нема (сем рН, али није наведена вредност). Директиве ЕУ не обухватају температуру, а Смернице СЗО не наводе вредност температуре, већ само описну препоруку. Вредности параметара у Правилнику су у сагласности са препорукама СЗО, а за рН и садржај органских материја су рестриктивније у односу на пропис ЕУ. Посебно је значајан проблем органских материја јер су оне на територији Војводине у великој мери узрочник неисправности квалитета воде за пиће. У Директиви ЕУ садржај органских материја може да се креће до 5 mgO₂ /l, што је максимално допуштена концентрација и у националном немачком пропису. То је знатно више него што дозвољава наш Правилник (8 mg/l, KMnO₄, односно 2 mgO₂ /l). Према немачком пропису овај параметар чак не мора да се анализира када се раде мерења ТОС (укупни органски угљеник), а за ТОС чак и није дефинисана вредност, него само услов да не долази до ненормалних промена. Дакле, пажња која се овом параметру код нас посвећује је изузетно висока ако се пореди са европским прописима.

Велико је питање да ли је то оправдано и на то је немогуће дати одговор без опсежних истраживања различитих опција у преради воде. Како садржај органских материја у великој мери може поскупети неопходну прераду вода при вредности каква сада јесте препорука је да се ова вредност преиспита, пре свега са аспекта утицаја присутних природних органских материја на микробиолошку стабилност воде и стварање дезинфекционих нуспроизвода везано за локалне услове. Када је реч о микробиолошкој стабилности предуслов за било какав озбиљан закључак и стратешко опредељење мора бити процена ситуације у погледу квалитета мреже и ризика везаних за њега, планова њеног одржавања и временског периода неопходног за прогрес у овој области.

Поред директног поређења вредности различитих типова параметара квалитета воде за пиће постоји низ сличности и разлика у структури Правилника и Директиве ЕУ, односно немачког националног прописа. Ради лакшег поређења, у табели 2 дат је преглед садржаја Правилника и националног прописа Немачке.

Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (Сл.лист СРЈ 42/98)	TrinkwV 2001
• Објашњење појмова • Захтеви у погледу врсте и обима прегледа по параметрима (основни, периодични, нови захвати и хигијенско-епидемиолошке индикације) • Фреквенцију мониторинга у зависности од броја еквивалент становника и места узорковања за водоводе и друге објекте за јавно снабдевање становништва водом за пиће, као и за флаширану воду • Активности које ће се спроводити ако се при основном прегледу утврди одступање од микробиолошких особина • Начин испитивања у току студијскоистраживачких радова у новим захватима воде за изградњу и реконструкцију водовода • Поступке у случају хигијенско-епидемиолошких индикација загађења и акцидентних загађења • Условне за утврђивање радиоактивних материја у води • Листе микробиолошких и биолошких показатеља по врстама лабораторијских прегледа • Листе физичких, физичко-хемијских, хемијских и радиолошких показатеља по врстама прегледа • Захтеви квалитета у погледу микробиолошких особина воде за пиће у редовним и ванредним приликама, максимално допуштених концентрација неорганских материја, органских супстанција, пестицида, коагулационих и флокулационих средстава, дезинфекционих средстава и споредних производа дезинфекције; физичке, физичко-хемијске и хемијске особине које могу изазвати примедбе потрошача, захтевани квалитет у ванредним приликама, радиолошке особине и захтеване параметре квалитета флашираних вода	• Објашњење појмова • Захтеви у погледу микробиолошких (апендикс 1) и хемијских параметара (апендикс 2), дефиниција индикаторских параметара (апендикс 3) за које вредности морају бити испуњене и мере које се предузимају када вредности нису испуњене • Третман и дезинфекција: дозвољени адитиви за третман воде за пиће морају посебно бити одобрени од стране министарства здравља и објављени на посебној листи • Правила о начину објављивања одступања од квалитета од захтева, аналитичке методе (апендикс 5) и акредитација лабораторија • Контрола водовода и дистрибуционих система. Информисање потрошача о неправилностима и мерама које се предузимају • Посебна правила: војска, железница • Казне и прекршаји • Апендикси: 1. микробиолошки параметри: Есцхерицхиа коли, колиформи, ентероцоцци, Псеудомонас аеругиноса, број колонија 2. детаљно дискутовани хемијски параметри 3. индикаторски параметри 4. параметри које је неопходно анализирати периодично 5. спецификација аналитичких метода, тачност и прецизност 6. адитиви дозвољени у специјалним ситуацијама (нпр. рата)

Табела 2. Поређење структуре нашег и немачког Правилника о квалитету воде за пиће

У оба прописа је обухваћена и проблематика мониторинга у смислу фреквенције, обима и места узимања узорка, поступци у случају ванредних стања односно хигијенско-епидемиолошких индикација. Правила мониторинга постављена су у Директиви ЕУ. Она даје минимум захтева са којима треба да буде усклађен сваки локални програм мониторинга.

Посебно се наглашава да у случајевима где се изводи дезинфекција воде, она мора бити под надзором и да је контаминација дезинфекционим нуспроизводима минимална, без смањења њене ефикасности. У случају одступања од стандарда, државе чланице су обавезне да истраже узроке одступања од захтеваног квалитета и утврде одмах мере које је потребно предузети да би се стање поправило, а у међувремену, ако је потребно, и забране употребу воде која представља потенцијалну опасност по људско здравље или предузму неку другу адекватну меру о којој се јавност мора обавестити и саветовати које мере предострожности да предузме. При томе се препоручује државама чланицама да издају препоруке активности у таквим околностима. Обавештавање јавности не мора бити само у случајевима када компетентне установе или појединци сматрају да су проблеми у непоштовању параметарских вредности тривијални.

Према Директиви ЕУ, у случају да је квалитет воде угрожен стањем у дистрибуционом систему појединачних домаћинстава (од водоводног прикључка до славине у кући) прихваћено је да дистрибуциони систем домаћинства и његово одржавање не могу бити одговорност државе чланице. Међутим, и у тим случајевима постоји обавеза информисања власника са лошим инсталацијама, о последицама као и давање препорука шта треба да уради како би се могуће последице санирале. Оно што је посебно значајно у оквиру Директиве ЕУ је укљученост јавног мњења. Потрошачи морају бити адекватно и на одговарајући начин информисани о квалитету воде, о било каквим одступањима и акцијама које се спроводе од стране компетентних у овој области. Свака држава чланица обавезна је да даје извештај о квалитету воде сваке три године са циљем обавештавања јавности. Ти извештаји треба да обухвате све водозахвате који снабдевају више од 5.000 људи односно имају потрошњу већу од 1.000 m³/dan. Извештаји се шаљу и Комисији ЕУ, која формира збирни извештај за целу територију ЕУ.

У ЕУ је под посебним условима могуће дозволити државама чланицама непоштовање одређених параметара квалитета, односно постављање других виших вредности за параметре које сама држава чланица одреди у складу са принципом да нема потенцијалне опасности за људско здравље и да на датом локалитету није могуће решити и одржавати снабдевање водом на други прихватљив начин. То се односи на снабдевање које превазилази 1.000 m³/dan и обухвата популацију већу од 5.000 особа. Овакво непоштовање Директиве треба да буде што краће, а максимално време је девет година (3 пута по три године уз посебне дозволе Комисије). За захтевање овакве врсте изузећа држава чланица мора имати податке о узроцима, параметрима који се не могу испоштовати, претходне резултате мониторинга и сопствене предложене максималне вредности, податке о географском положају, дневној

количини воде која се користи са локалитета, популацији која се том водом снабдева као и то да ли нека прехранбена индустрија постоји на том подручју, одговарајући план мониторинга са повећаном фреквенцијом, извод акционог плана за решавање стања, укључујући и распоред активности и процене трошкова и мера, као и жељени рок за дозволу овакве врсте непоштовања Директиве. О свему овоме такође јавност мора бити прописно информисана, као и упућена у случају специјалних ризика како да се понаша. Изузеће у одређеним случајевима од обавеза прописаних Директивом може бити:

- када се користи вода за неке сврхе за које компетентне установе дају мишљење да је квалитет задовољавајући и да нема директног или индиректног утицаја на здравље,
- када су у питању индивидуална снабдевања мања од 10 m³/dan или која снабдевају мање од 50 особа, сем ако се вода не дистрибуира као део неке комерцијалне и јавне активности. У таквим случајевима популација мора бити обавештена о стању квалитета воде коју користи.

Пошто припрема и дистрибуција воде обухвата и примену низа супстанци и материјала неопходно је дефинисати и правила њихове употребе како би се избегли штетни ефекти по људско здравље. Примена светски признатих стандарда у овој области и континуирано иновирање националних прописа у складу са напретком у свету је неопходно.

У тренутку када је донета, Директива ЕУ је у односу на стару Директиву донела низ значајних измена у смислу смањења максимално допуштених концентрација појединих параметара (нпр. олова, пестицида, бакра и др). Она је ступила на снагу 25. децембра 1998. године. Државе чланице ЕУ биле су обавезне да у року од две године пренесу Директиву у националне законе, а у року од пет година да обезбеде прописани квалитет воде сем у случају бромата (десет година), олова (15 година) и трихалометана (10 година). Овакво 33 постављање рокова је изузетно значајно у случајевима када се прописима мењају параметри које је немогуће у кратком року постићи услед захтева за изменом технологије и инвестицијама и такву праксу је у будуће неопходно и код нас применити.

Наш Правилник не обухвата ни у једном аспекту методе анализе квалитета воде за пиће. Ова проблематика је садржана у другом националном пропису, а то је „Правилник о начину узимања узорка и методама за лабораторијску анализу воде за пиће“ (Сл. Лист СФРЈ, 55/78 и 58/85). Неопходно је иновирање праксе у овој области и доношење новог прописа у складу са међународним прописима. Директива ЕУ посебно инсистира на поузданости и упоредивости резултата мерења. При анализи треба испоштовати спецификацију анализа дату у Анексу II, а ако се користе другачије методе од специфицираних, мора се демонстрирати да су резултати добијени тим методама у најмањој мери поуздани као за специфициране методе. Методе су у потпуности дефинисане за

колиформне бактерије и *E. coli*, *Enterococcus*, *Pseudomonas aeruginosa* и број колонија на 22°C и 37°C. Оне морају испунити минимум захтева при којима је омогућено мерење концентрација једнаких прописаним параметрима дефинисаном тачношћу, прецизношћу и границом детекције. Нису специфициране методе анализе за боју, мирис, укус, укупни органски угљеник и мутноћу. Држава чланица мора имати лабораторије са разрађеним системом контроле квалитета рада аналитичке лабораторије и то од стране независних, за то овлашћених контролора. Сегмент интерног обезбеђивања квалитета, интерне и екстерне контроле квалитета рада лабораторја код нас је у потпуности занемарен и захтева потпуну реформу. Такође прописивање стандардних метода анализе на нашем језику је крајње неопходно јер су постојеће методе застареле у смислу да не могу да прате захтеве за мерењем квалитета и на тржишту у великој мери већ превазиђене. [5]

10. Пројектовање водоводног система села Врбе

Просечна дневна потрошња воде у домаћинствима (за пиће, кување, прање судова, умивање, испирање wc шоља, купање, прање веша, чишћење зграде и др.), сведено по становнику, креће се у границама $100 \div 200$ l/дневно. Доња граница одговара станарима кућа без унутрашње канализације, а горња граница станарима зграда са централним грејањем.

У селима се пијаћа вода троши и за напајање стоке и заливање окућница, а у градовима и за потребе јавних установа и објеката (школе, болнице, ресторани, хотели, касарне и др.) и потребе индустрије. У градовима се пијаћа вода, што је најчешће нерационално, троши и за заливање градског зеленила и прање улица.

Потрошња воде је променљива величина. Њена величина варира у годишњем, месечном, дневном и часовном билансу потрошње. И у току сваког сата потрошња воде варира из минута у минут, па и из секунде у секунду, с тим да се ове промене, при проучавању и прорачуну водовода, не узимају у обзир.

Колебања у годишњим билансима потрошње воде потичу, углавном, од климатских прилика, режима рада индустријских погона, варијације броја становника (у туристичким местима) и сл.

Сезонска колебања потрошње воде оцењују се према месечним билансима потрошње воде. Месечне потрошње воде у летњем периоду веће су од месечних потрошњи воде у зимском периоду.

Дневна потрошња воде мења се свакодневно.

Прорачун водовода (свих елемената водоводног система) врши се према највећој дневној потрошњи воде у тзв. прорачунској години, а прорачунска година је задња година његовог планираног ширења (планираног повећања потрошње воде). У свакој етапи повећања потрошње воде, до прорачунске године, елементи водоводног система се суштински не мењају, већ се само постепено повећава њихово оптерећење.

Врба је удаљена 15km од Јагодине. Насеље Врба обухвата три засеока која су међусобно независне средине, Горња Врба, Доња Врба и Липовак. Решење водоснабдевања које се овим пројектом обрађује обухвата засеок Горња Врба, коју чине 50 домаћинстава са око 150 становника и приближан број групне стоке.

Захват воде је предвиђен са извора из суседног села Слатина. Главни довод пролази преко брда на 3,1 km од каптаже.

10.1 Потребне количине воде за кориснике

Капацитет воде на основу праћења изворишта креће се од 0,4 - 0,8 l/s.

Према прописима за водоснабдевање за сеоска насеља се узима специфична потрошња по становнику од 150 l/st/dan, а за грло крупне стоке од 50-70 l/grlo/dan.

$$Q_{sr} = \frac{Q_{sp} \cdot N_k}{86400}, \quad (10.1.1)$$

где је:

Q_{sr} - средња дневна потрошња воде,

Q_{sp} - специфична потрошња воде,

N_k - број становника,

$$Q_{sr} = \frac{150 \cdot 150}{86400} = 0.26 l / s = 15.6 l / min = 0.93 m^3 / čas$$

Максимална дневна потреба за водом, која је меродавна за димензионисање главног довода од каптаже до резервоара, добија се увећањем средње потрошње за коефицијент дневне неравномерности који за сеоска домаћинства износи $k_d = 1,5$ l. (табела бр. 3)

Величина насеља	$k_{\max}^{(h)}$
Села, мања насеља	1,5 – 1,6
Насеља до 25000 становника без индустрије	1,4 – 1,5
Насеља до 25000 становника са ндустријом	1,3 – 1,4
Насеља од 25000 до 50000 становника	1,3 – 1,5
Насеља од 50000 до 100000 становника	1,25 – 1,3
Насеља преко 100000 становника	1,20 – 1,25

Табела 3. Коефицијент максималне дневне потрошње [8]

$$Q_{\max}^{dan} = Q_{sr} \cdot k_d \quad (10.1.2)$$

$$Q_{\max}^{dan} = 0.26 \cdot 1.5 = 0.39 \text{ l/s} = 21.6 \text{ l/min} = 1.4 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Часовна максимална потрошња, која је меродавна за прорачун разводне мреже корисника, добија се увећањем дневне потрошње за коефицијент часовне неравномерности, који за сеоска становништва износи $k_h = 2.0$ l. (табела бр. 4)

$$Q_{\max}^{\text{čas}} = Q_{\max}^{dan} \cdot k_h \quad (10.1.3)$$

$$Q_{\max}^{\text{čas}} = 0.39 \cdot 2.0 = 0.78 \text{ l/s} = 46.0 \text{ l/min} = 1.52 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Број становника	$k_{\max}^{(h)}$	$k_{\max}^{(h)}$
До 1000	2,4 – 2,8	0,04 – 0,06
5000	1,7 – 2,0	0,09 – 0,14
10000	1,6 – 1,8	0,16 – 0,24
30000	1,4 – 1,6	0,24 – 0,36
100000	1,3 – 1,5	0,28 – 0,42
300000	1,25 – 1,45	0,35 – 0,50
1000000 и више	1,2 – 1,4	0,50 – 0,70

Табела 4. Величине коефицијената максималне и минималне часовне потрошње[8]

За потребе стоке усвојиће се потрошња од 70 l/grlo/dan.

$$Q_{sr} = \frac{150 \cdot 70}{86400} = 0.12 \text{ l/s} = 7.29 \text{ l/min} = 0.46 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

$$Q_{\max}^{dan} = Q_{\max}^{\text{čas}} = 0.12 \cdot 1.5 = 0.18 \text{ l/s} = 10.8 \text{ l/min} = 0.70 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Меродавна количина воде:

$$Q_{sr} = 0.26 + 0.12 = 0.38 \text{ l/s} = 22.89 \text{ l/min} = 1.39 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

$$Q_{\max}^{dan} = 0.39 + 0.18 = 0.57 \text{ l/s} = 32.4 \text{ l/min} = 2.1 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

$$Q_{\max}^{\text{čas}} = 0.78 + 0.18 = 0.96 \text{ l/s} = 56.8 \text{ l/min} = 2.22 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

10.2 Главни довод

За добијење потребне количине воде од $Q_{\max}^{dan} = 0,6 \text{ l/s}$, усвојен је главни довод $\varnothing 75 \text{ mm}$ од пластичних полиетилних савитљивих цеви за притиске од 6 бара, произвођача „Милан Благојевић“ – Лучане.

Предност полиетиленских цеви:

- мала специфична тежина,
- добра флексибилност,
- добра хемијска отпорност,
- мали губици притиска,
- отпорност при покретању тла,
- глатка унутрашња површина и отпорност на стварање наслага,
- здравствена исправност у додиру.

На главном доводу постоје четири ваздушна вентила. Ваздушни вентили се уграђују на највишим преломним тачкама цевовода. Обезбеђују исправан рад цевовода тиме што дозвољавају излаз ваздуха за време пуњења и улаз ваздуха за време пражњења, када притисак у цевоводу падне испод атмосферског.

- Кота изворишта – 298,0 m

10.3 Запремина резервора

Потребна запремина резервоара одређена је на бази распореда дотока (који је приближно константан) и потрошњу у времену.

$$V_{rez} = a_{usv} \cdot Q_{\max}^{dan} \cdot 86400, \quad (10.3.1)$$

где је:

V_{rez} - запремина резервоара,

a_{usv} - коефицијент дневног изравнања.

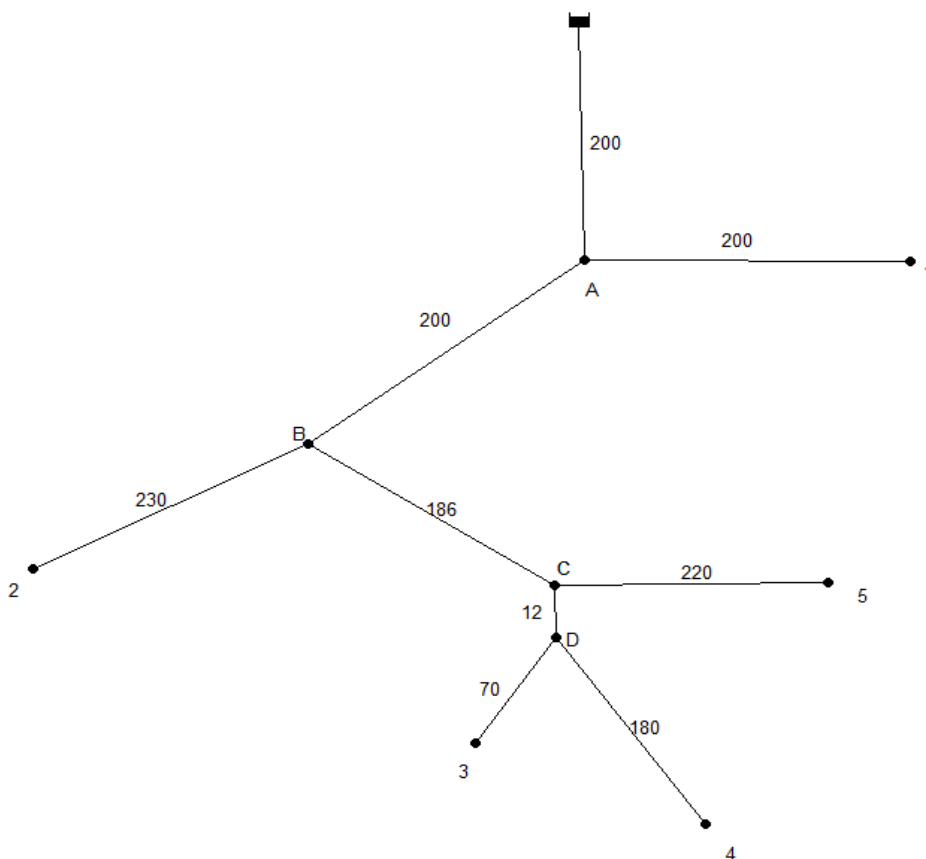
$$V_{rez} = 1 \cdot 0.00057 \cdot 86400 = 49.24 m^3$$

Усваја се запремина резервоара: $V_{rez} = 50 m^3$

- Кота резервоара – 288,0 m

10.4 Хидраулички прорачун разгранате мреже водоводног система

У овом делу дат је прорачун разгранате мреже сеоског водоводног система чија је шема приказана на слици 17. Прорачун је извршен у програмском пакету Mathcad 14, где је извршено димензионисање водоводне мреже, одређени су стандардни пречници цеви, падови притисака кроз деонице, као и притисак на почетку мреже.



Слика 17. Шема мреже према којој је вршен хидраулички прорачун

Чворовима водоводне мреже зову се места рачвања магистралних цевовода водоводне мреже и места прикључка потрошача на крајевима магистралних цевовода. Деоницом магистралне водоводне мреже зову се цевоводи који повезују чворове магистралне водоводне мреже.

На слици 17. приказан је гравитациони разгранати водоводни систем са резервоаром, чворним тачкама и дужинама појединих деоница.

10.4.1 Полазни подаци

1. Дужина деонице

$$L_{A1} := 200\text{m}$$

$$L_{AB} := 200\text{m}$$

$$L_{B2} := 230\text{m}$$

$$L_{C5} := 220\text{m}$$

$$L_{BC} := 186\text{m}$$

$$L_{D3} := 70\text{m}$$

$$L_{CD} := 12\text{m}$$

$$L_{D4} := 180\text{m}$$

$$L_{RA} := 200\text{m}$$

2. Протоци кроз деонице

$$Q_1 := 0.00040 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_2 := 0.00038 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_3 := 0.000155 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_4 := 0.000155 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_5 := 0.00016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3. Потребни притисци у чворовима

$$p_1 := 1.5 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$p_2 := 2 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$p_3 := 4.5 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$p_4 := 4.5 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$p_5 := 3 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

$$\rho := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4. Надморска висина чорова:

$$z_{1R} := 34\text{m}$$

$$z_{2R} := 56\text{m}$$

$$z_{3R} := 47.6\text{m}$$

$$z_{4R} := 47.6\text{m}$$

$$z_{5R} := 27\text{m}$$

$$z_{AR} := 34\text{m}$$

$$z_{BR} := 56\text{m}$$

$$z_{CR} := 47.6\text{m}$$

$$z_{DR} := 47.6\text{m}$$

10.4.2. Димензионисање:

$$Q_{A1} := Q_1$$

$$Q_{B2} := Q_2$$

$$Q_{D3} := Q_3$$

$$Q_{D4} := Q_4$$

$$Q_{CD} := Q_{D3} + Q_{D4} \quad Q_{CD} = 3.1 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{C5} := Q_5$$

$$Q_{BC} := Q_{CD} + Q_{C5} \quad Q_{BC} = 4.7 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{AB} := Q_{B2} + Q_{BC} \quad Q_{AB} = 8.5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{RA} := Q_{AB} + Q_{A1} \quad Q_{RA} = 1.25 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Из табеле по Есману следи:

$$c_{p1} := 0.680 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_{pC.D} := 0.679 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{p2} := 0.678 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_{pB.C} := 0.682 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{p3} := 0.688 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_{pA.B} := 0.685 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{p4} := 0.688 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_{pR.A} := 0.689 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{p5} := 0.689 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Предходни пречник цеви:

$$d_{1A} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{A1}}{\pi \cdot c_{p1}}} \quad d_{1A} = 0.027\text{m} \quad d_{s1A} := 0.030\text{m}$$

$$d_{2B} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{B2}}{\pi \cdot c_{p2}}} \quad d_{2B} = 0.027\text{m} \quad d_{s2B} := 0.030\text{m}$$

$$d_{3D} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{D3}}{\pi \cdot c_{p2}}} \quad d_{3D} = 0.017\text{m} \quad d_{s3D} := 0.020\text{m}$$

$$d_{4D} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{D4}}{\pi \cdot c_{p4}}} \quad d_{4D} = 0.017\text{m} \quad d_{s4D} := 0.020\text{m}$$

$$d_{5C} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{C5}}{\pi \cdot c_{p5}}} \quad d_{5C} = 0.017\text{m} \quad d_{s5C} := 0.020\text{m}$$

$$d_{AB} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{AB}}{\pi \cdot c_{pA.B}}} \quad d_{AB} = 0.04\text{m} \quad d_{sAB} := 0.040\text{m}$$

$$d_{BC} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{BC}}{\pi \cdot c_{pB.C}}} \quad d_{BC} = 0.03\text{m} \quad d_{sBC} := 0.030\text{m}$$

$$d_{CD} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{CD}}{\pi \cdot c_{pC.D}}} \quad d_{CD} = 0.024\text{m} \quad d_{sCD} := 0.025\text{m}$$

$$d_{RA} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{RA}}{\pi \cdot c_{pR.A}}} \quad d_{RA} = 0.048\text{m} \quad d_{sRA} := 0.050\text{m}$$

- Промена брзине због стандардизовања пречника:

$$c_1 := \frac{4 \cdot Q_1}{d_{s1A}^2 \cdot \pi}$$

$$c_1 = 0.566 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_2 := \frac{4 \cdot Q_2}{d_{s2B}^2 \cdot \pi}$$

$$c_1 = 0.566 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_3 := \frac{4 \cdot Q_3}{d_{s3D}^2 \cdot \pi}$$

$$c_3 = 0.493 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_4 := \frac{4 \cdot Q_4}{d_{s4D}^2 \cdot \pi}$$

$$c_4 = 0.493 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_5 := \frac{4 \cdot Q_5}{d_{s5C}^2 \cdot \pi}$$

$$c_5 = 0.509 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{AB} := \frac{4 \cdot Q_{AB}}{d_{sAB}^2 \cdot \pi}$$

$$c_{AB} = 0.676 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{BC} := \frac{4 \cdot Q_{BC}}{d_{sBC}^2 \cdot \pi}$$

$$c_{BC} = 0.665 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{CD} := \frac{4 \cdot Q_{CD}}{d_{sCD}^2 \cdot \pi}$$

$$c_{CD} = 0.632 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{RA} := \frac{4 \cdot Q_{RA}}{d_{sRA}^2 \cdot \pi}$$

$$c_{RA} = 0.637 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$K_{A1} := 0.0146 L_{A1} \cdot d_{s1A}^{-5.334}$$

$$K_{A1} = 3.876 \times 10^8 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{B2} := 0.0146 L_{B2} \cdot d_{s2B}^{-5.334}$$

$$K_{B2} = 4.458 \times 10^8 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{D3} := 0.0146 L_{D3} \cdot d_{s3D}^{-5.334}$$

$$K_{D3} = 1.18 \times 10^9 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{D4} := 0.0146 L_{D4} \cdot d_{s4D}^{-5.334}$$

$$K_{D4} = 3.033 \times 10^9 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{C5} := 0.0146 L_{C5} \cdot d_{s5C}^{-5.334}$$

$$K_{C5} = 3.708 \times 10^9 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{AB} := 0.0146 L_{AB} \cdot d_{sAB}^{-5.334}$$

$$K_{AB} = 8.356 \times 10^7 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{BC} := 0.0146 L_{BC} \cdot d_{sBC}^{-5.334}$$

$$K_{BC} = 3.605 \times 10^8 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{CD} := 0.0146 L_{CD} \cdot d_{sCD}^{-5.334}$$

$$K_{CD} = 6.151 \times 10^7 \frac{1}{m^{4.334}}$$

$$K_{RA} := 0.0146 L_{RA} \cdot d_{sRA}^{-5.334}$$

$$K_{RA} = 2.541 \times 10^7 \frac{1}{m^{4.334}}$$

- Падови притиска кроз деонице:

$$\Delta p_{A1} := \rho \cdot K_{A1} \cdot Q_{A1}^2$$

$$\Delta p_{A1} := 0.620 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{B2} := \rho \cdot K_{B2} \cdot Q_{B2}^2$$

$$\Delta p_{B2} := 0.643 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{D3} := \rho \cdot K_{D3} \cdot Q_{D3}^2$$

$$\Delta p_{D3} := 0.283 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{D4} := \rho \cdot K_{D4} \cdot Q_{D4}^2$$

$$\Delta p_{D4} := 0.728 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{C5} := \rho \cdot K_{C5} \cdot Q_{C5}^2$$

$$\Delta p_{C5} := 0.949 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{AB} := \rho \cdot K_{AB} \cdot Q_{AB}^2 \quad \Delta p_{AB} := 0.603 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{BC} := \rho \cdot K_{BC} \cdot Q_{BC}^2 \quad \Delta p_{BC} := 0.796 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{CD} := \rho \cdot K_{CD} \cdot Q_{CD}^2 \quad \Delta p_{CD} := 0.0591 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{RA} := \rho \cdot K_{RA} \cdot Q_{RA}^2 \quad \Delta p_{RA} := 0.397 \text{ bar}$$

- Одређивање притиска на почетку мреже:

$$p_{R_1} := p_1 + \rho \cdot g \cdot z_{1R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{A1}$$

$$p_{R_1} = 5.852 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{R_2} := p_2 + \rho \cdot g \cdot z_{2R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{B2}$$

$$p_{R_2} = 9.136 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{R_3} := p_3 + \rho \cdot g \cdot z_{3R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{D3}$$

$$p_{R_3} = 1.131 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_4} := p_4 + \rho \cdot g \cdot z_{4R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{D4}$$

$$p_{R_4} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_5} := p_5 + \rho \cdot g \cdot z_{5R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{C5}$$

$$p_{R_5} = 8.394 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Усваја се највећи притисак: $p_{R_4} := 11.75 \text{ bar}$

Највећи притисак је p_{R_4} па се према њему врши корекција:

Притисак у тачки D

$$p_D := p_4 + \rho \cdot g \cdot (z_{4R} - z_{DR}) + \Delta p_{D4}$$

$$p_D = 5.229 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Притисак у тачки С

$$p_C := p_D + \rho \cdot g \cdot (z_{DR} - z_{CR}) + \Delta p_{CD}$$

$$p_C = 5.288 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Притисак у тачки В

$$p_B := p_C + \rho \cdot g \cdot (z_{CR} - z_{BR}) + \Delta p_{BC}$$

$$p_B = 5.26 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Притисак у тачки А

$$p_A := p_B + \rho \cdot g \cdot (z_{BR} - z_{AR}) + \Delta p_{AB}$$

$$p_A = 8.022 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Притисак у тачки R

$$p_R := p_A + \rho \cdot g \cdot (z_{AR})$$

$$p_R = 1.136 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Корекција пречника на делу В2

$$K_{B2k} := \frac{(p_B - p_2) - \rho \cdot g \cdot (z_{2R} - z_{BR})}{\rho \cdot Q_{B2}^2}$$

$$K_{B2k} = 2.258 \times 10^9 \frac{1}{\text{m}^4}$$

$$K_{B2k} := 225800000$$

Кориговани пречник:

$$d_{B2.k} := \left(\frac{0.0146}{K_{B2k}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{B2.k} = 7.992 \times 10^{-3} \quad d_{B2.k} := 0.010\text{m}$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{B2.k} := 230 \cdot \text{m}$$

Корекција пречника на делу D3

$$K_{D3k} := \frac{(p_D - p_3) - \rho \cdot g \cdot (z_{3R} - z_{DR})}{\rho \cdot Q_{D3}^2}$$

$$K_{D3k} = 3.034 \times 10^9 \frac{1}{\text{m}^4}$$

$$K_{D3k} := 303400000$$

Кориговани пречник:

$$d_{D3k} := \left(\frac{0.0146 L_{D3}}{K_{D3k}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{D3k} = 0.017 \quad d_{D3k1} := 0.015\text{m}$$

$$d_{D3k2} := 0.020\text{m}$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{D3.1} := 30\text{m} \quad L_{D3.2} := L_{D3} - L_{D3.1} \quad L_{D3.2} = 40\text{m}$$

Корекција пречника на делу D4

$$K_{D4k} := \frac{(p_D - p_4) - \rho \cdot g \cdot (z_{4R} - z_{DR})}{\rho \cdot Q_{D4}^2}$$

$$K_{D4k} = 3.034 \times 10^9 \frac{1}{m^4}$$

$$K_{D4k} := 303400000$$

Кориговани пречник:

$$d_{D4k} := \left(\frac{0.0146 L_{D4}}{K_{D4k}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{D4k} = 0.02 \quad d_{D4k1} := 0.020m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{D4,k} := 180 \cdot m$$

Корекција пречника на делу CD

$$K_{CDk} := \frac{(p_C - p_D) - \rho \cdot g \cdot (z_{DR} - z_{CR})}{\rho \cdot Q_{CD}^2}$$

$$K_{CDk} = 6.151 \times 10^7 \frac{1}{m^4}$$

$$K_{CDk} := 61510000$$

Кориговани пречник:

$$d_{CDk} := \left(\frac{0.0146 L_{CD}}{K_{CDk}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{CDk} = 0.025 \quad d_{CDk1} := 0.025m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{D4k} := 70 \cdot m$$

Корекција пречника на делу C5

$$K_{C5k} := \frac{(p_C - p_5) + \rho \cdot g \cdot (z_{CR} - z_{5R})}{\rho \cdot Q_{C5}^2}$$

$$K_{C5k} = 1.683 \times 10^{10} \frac{1}{m^4}$$

$$K_{C5k} := 16830000000$$

Кориговани пречник:

$$d_{C5k} := \left(\frac{0.0146 L_{C5}}{K_{C5k}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{C5k} = 0.015 \quad d_{C5k1} := 0.015m$$

$$d_{C5k2} := 0.020m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{C5.1} := 46m \quad L_{C5.2} := L_{C5} - L_{C5.1} \quad L_{C5.2} = 174m$$

Корекција пречника на делу АВ

$$K_{ABk} := \frac{(p_A - p_B) - \rho \cdot g \cdot (z_{AR} - z_{BR})}{\rho \cdot Q_{AB}^2}$$

$$K_{ABk} = 6.808 \times 10^8 \frac{1}{m^4}$$

$$K_{ABk} := 680800000$$

Кориговани пречник:

$$d_{ABk} := \left(\frac{0.0146 L_{AB}}{K_{ABk}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{ABk} = 0.027 \quad d_{ABk1} := 0.025m$$

$$d_{ABk2} := 0.030m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{AB.1} := 87m \quad L_{AB.2} := L_{AB} - L_{AB.1} \quad L_{AB.2} = 113m$$

Корекција пречника на делу A1

$$K_{A1k} := \frac{(p_A - p_1) - \rho \cdot g \cdot (z_{1R} - z_{AR})}{\rho \cdot Q_{A1}^2}$$

$$K_{A1k} = 4.076 \times 10^9 \frac{1}{m^4}$$

$$K_{A1k} := 4076000000$$

Кориговани пречник:

$$d_{A1k} := \left(\frac{0.0146 L_{A1}}{K_{A1k}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{A1k} = 0.019 \quad d_{A1k1} := 0.015m$$

$$d_{A1k2} := 0.020m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{A1.1} := 139m \quad L_{A1.2} := L_{A1} - L_{A1.1} \quad L_{A1.2} = 61m$$

Корекција пречника на делу ВС

$$K_{BCk} := \frac{(p_C - p_B) - \rho \cdot g \cdot (z_{CR} - z_{BR})}{\rho \cdot Q_{BC}^2}$$

$$K_{BCk} = 3.853 \times 10^8 \frac{1}{m^4}$$

$$K_{BCk} := 385300000$$

Кориговани пречник:

$$d_{BCk} := \left(\frac{0.0146 L_{BC}}{K_{BCk}} \right)^{\frac{1}{5.335}} \quad d_{BCk} = 0.03 \quad d_{BCk1} := 0.03m$$

Дужина на којој се врши корекција:

$$L_{BC,k} := 186m$$

- Провера притиска на почетку мреже:

$$\Delta p_{B2k} := \rho \cdot K_{B2k} \cdot Q_{B2}^2$$

$$\Delta p_{B2k} = 3.261 \times 10^5 \frac{m^3 \cdot kg}{s^2}$$

$$\Delta p_{B2k} := 3.261 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{D3k} := \rho \cdot K_{D3k} \cdot Q_{D3}^2$$

$$\Delta p_{D3k} = 7.289 \times 10^4 \frac{m^4 \cdot kg}{s^2}$$

$$\Delta p_{D3k} := 0.7289 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{D4k} := \rho \cdot K_{D4k} \cdot Q_{D4}^2$$

$$\Delta p_{D4k} = 7.289 \times 10^4 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta p_{D4k} := 0.7289 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{CDk} := \rho \cdot K_{CDk} \cdot Q_{CD}^2$$

$$\Delta p_{CDk} = 5.911 \times 10^3 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta p_{CDk} := 0.05911 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{C5k} := \rho \cdot K_{C5k} \cdot Q_{C5}^2$$

$$\Delta p_{C5k} = 4.308 \times 10^5 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta p_{C5k} := 4.308 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{ABk} := \rho \cdot K_{ABk} \cdot Q_{AB}^2$$

$$\Delta p_{ABk} = 4.919 \times 10^5 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta p_{ABk} := 4.919 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{A1k} := \rho \cdot K_{A1k} \cdot Q_{A1}^2$$

$$\Delta p_{A1k} = 6.522 \times 10^5 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta p_{A1k} := 6.522 \text{ bar}$$

$$p_{R_1k} := p_1 + \rho \cdot g \cdot z_{1R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{A1k}$$

$$p_{R_1k} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_2k} := p_2 + \rho \cdot g \cdot z_{2R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{B2k}$$

$$p_{R_2k} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_3k} := p_3 + \rho \cdot g \cdot z_{3R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{D3k}$$

$$p_{R_3k} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_4k} := p_4 + \rho \cdot g \cdot z_{4R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{D4k}$$

$$p_{R_4k} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_{R_5k} := p_5 + \rho \cdot g \cdot z_{5R} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{C5k}$$

$$p_{R_5k} = 1.175 \times 10^6 \text{ Pa}$$

- Провера брзина у коригованим деловима мреже:

$$c_{A1k} := \frac{4 \cdot Q_{A1}}{d_{A1k}^2 \cdot \pi} \quad c_{A1k} = 1.273 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{CDk} := \frac{4 \cdot Q_{CD}}{d_{CDk}^2 \cdot \pi} \quad c_{CDk} = 0.632 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{D3k} := \frac{4 \cdot Q_{D3}}{d_{D3k}^2 \cdot \pi} \quad c_{D3k} = 0.493 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{ABk} := \frac{4 \cdot Q_{AB}}{d_{ABk}^2 \cdot \pi} \quad c_{ABk} = 1.203 \frac{m^3}{s}$$

$$c_{C5k} := \frac{4 \cdot Q_{C5}}{d_{C5k}^2 \cdot \pi} \quad c_{C5k} = 0.509 \frac{m^3}{s}$$

$$c_{D4k} := \frac{4 \cdot Q_{D4}}{d_{D4k}^2 \cdot \pi} \quad c_{D4k} = 0.493 \frac{m^3}{s}$$

$$c_{BCk} := \frac{4 \cdot Q_{BC}}{d_{BCk1}^2 \cdot \pi} \quad c_{BCk} = 0.665 \frac{m^3}{s}$$

$$c_{B2k} := \frac{4 \cdot Q_{B2}}{d_{B2.k}^2 \cdot \pi} \quad c_{B2k} = 4.838 \frac{m^3}{s}$$

10.5 Квалитет воде коју користе мештани села Врбе

Снабдевање становника хигијенски исправном водом за пиће један је од основних предуслова доброг здравља, а право на воду за пиће једно је од основних људских права. Квалитет услуге водоснабдевања од виталног је значаја, не само што се на овај начин мештанима обезбеђује вода неопходна за живот, већ и што се одстрањује могућност дистрибуције штетних материја и микроорганизама.

Присутност хемијски загађујућих супстанци и микробиолошких агенаса у води за пиће одређује њен квалитет, како са хемијског и микробиолошког аспекта, тако и у погледу органолептичких својстава. Болести повезане са загађеном водом за пиће чине већи део проблема јавног здравља, па је стога главна сврха стандарда о квалитету воде за пиће заштита јавног здравља. Добра вода за пиће дефинисана је стандардима, а оквирни прописи

дати су у *Смерницама Светске здравствене организације (WHO)*, које дају опсег информација са аспекта микробиологије, хемије, радиологије и органолептичких особина.

Контрола микробиолошког и хемијског квалитета воде за пиће захтева стално ангажовање на систему заштите и контроле водоснабдевања. Тиме се спречава присуство патогена и хемикалија у води за пиће који су ризик по здравље мештана. Код нас се контрола воде врши на основу важећег Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. Лист СРЈ 42/98), којим су дефинисани услови обављања контроле у погледу врста анализа, броја узорака, места и времена узорака.

Упоредо са контролом хемијских анализа воде у дому здравља у Јагодини, ради се и контрола воде у *Заводу за јавно здравље Ћуприја*, који на основу анализираних параметара доноси оцену о квалитету воде из система. Контрола се врши на сваких три месеца.

	Максимална допуштена концентрација (редовне прилике)	Налаз
Температура воде		19,8
Мирис и укус	Без	Без
Мутноћа	до 1 НТУ	0,0
Концентрација јона водоника (ph)	6,8 – 8,5	7,77
Утрошак KMnO_4 mg/l	до 8	4,0
Амонијак (NH_3) mg/l	до 0,1	0,05
Резидуални хлор слободни mg/l	до 0,5	0,0
Хлориди (Cl) mg/l	до 200,0	38,0
Нитрити (NO_2) mg/l	до 0,03	0,0
Проводљивост (S/cm, на 20°C)	до 1000,0	801,0
Нитрати (NO_3) mg/l	до 50,0	4,0
Гвожђе (Fe) mg/l	до 0,3	0,0

Табела 5. Хемијска анализа о исправности воде за пиће [9]

Врста анализе	Референтне вредности	Налаз
Укупан број аеробних мезофилних бактерија у 1ml	100	<1
Укупне колиформе бактерије у 100 ml	10	0
Колиформне бактерије фекалног порекла у 100 ml	не сме да садржи	нема
Стрептококе фекалног порекла у 100 ml	не сме да садржи	нема
Proteus врста у 100 ml	не сме да садржи	нема
Pseudomonas aeruginosa у 100 ml	не сме да садржи	нема
Сульфито-редукујуће клостридије у 100 ml	5	0

Табела 6. Бактериолошка анализа о исправности воде за пиће [9]

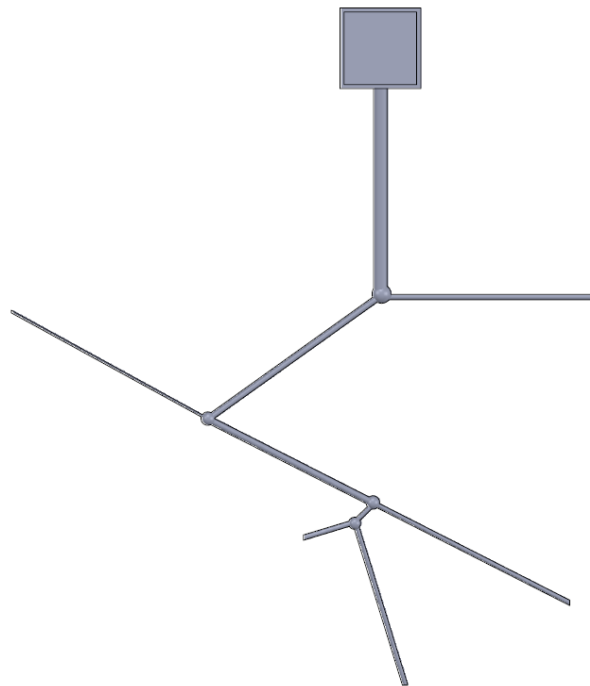
На основу хемијске (табела 5) и бактериолошке (табела 6) анализе воде за пиће, анализирани узорак одговара прописима дефинисаним Правилником о хигијенској исправности воде за пиће ("Сл. лист" СРЈ 13/91 и 42/98). [9]

10.6 Софтверски пакети за моделирање водоводних мрежа

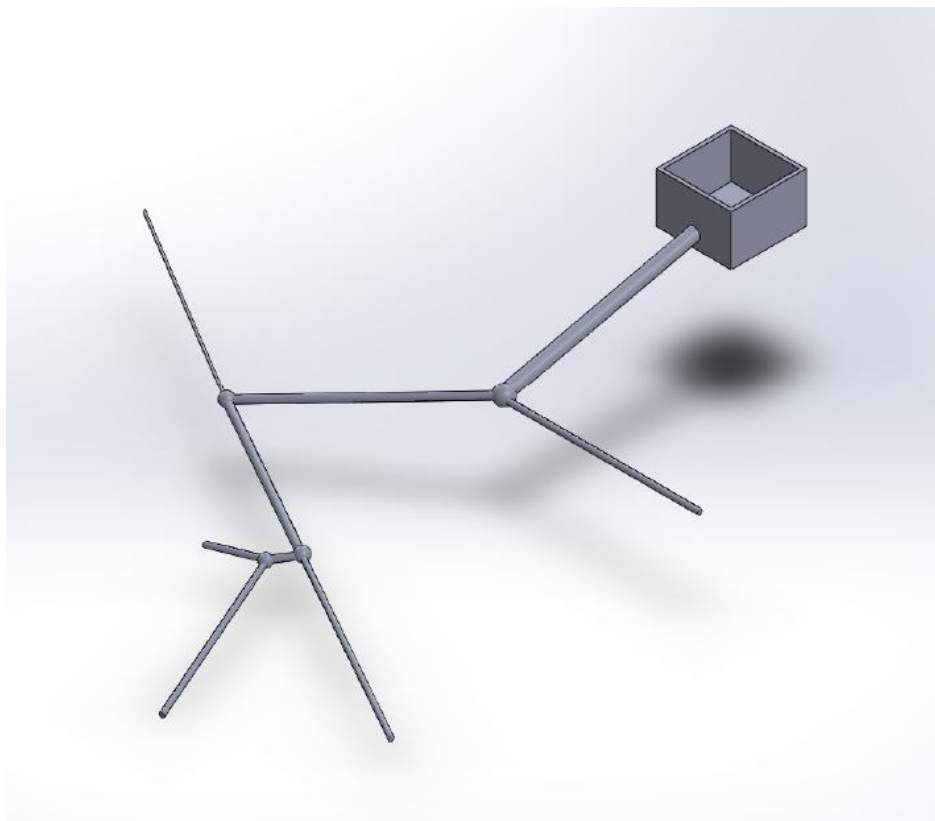
10.6.1 SolidWorks

SolidWorks је програм за тродимензионално моделирање делова и склопова који се користе у свим индустријским областима. Служи за пројектовање и аутоматизацију процеса који су засновани на параметарском моделирању пуних тела. Програм спада у CAD програме (компјутерско вођено пројектовање). SolidWorks омогућава да основну 2D модела скицу претвори у модел пуног тела помоћу једноставних, али високоефикасних алатки за моделирање. SolidWorks се не ограничава на 3D моделе, већ генерише и техничке цртеже међусобно повезаних елемената, делова и склопова. [10]

Шема водоводне мреже села Врбе дата је на сликама 18 и 19.



Слика 18. Шема водоводне мреже села Врбе



Слика 19. Шема водоводне мреже села Врбе

10.6.2 Епанет

Програм ЕПАНЕТ је програм за хидраулички прорачун и моделирање водоводних мрежа. Програм је направила ЕПА (Environmental Protection Agency) из САД. Програм је постао практични стандард за хидраулички прорачун водоводних састава.

Најважније карактеристике ЕПАНЕТА су:

- врсте чворова: у Епанету је могуће дефинисати 11 типова чворова, укључујући пумпе, резервоаре, изворе и различите типове вентила.
- формуле прорачуна: Епанет омогућава прорачун по Hasen-Wiliamsu, Darcy-Weisbachu i Chezy-Manningu.
- типови прорачуна: омогућен је тзв. „snap-shot“ прорачун успостављања равнотежног стања за задане податке или прорачун уз задавање временске компоненте. Могуће је задавање тзв. образаца потрошње (patterns) за време одређеног периода (нпр. 24 сата).

ЕПАНЕТ је рачунарски програм који врши симулације понашања воде у цевима под притиском мреже. Мрежа се састоји од цеви, чворова, пумпи, вентила и резервоара. ЕПАНЕТ

прати проток воде у свим цевима, притисак у свим чворовима, висине воде у сваком резервоару, као и концентрацију хемијских врста кроз мрежу у току периода симулације. ЕПАНЕТ је дизајниран да буде средство за унапређење истраживања и разумевање кретања воде за пиће кроз дистрибутивне системе. [11]

Како у водоводном систему за снабдевање водом села Врбе не постоји пумпа, јер се напање врши слободним падом, није било могуће урадити хидраулички прорачун у овом програму, али је урађена шема водоводне мреже (2Д модел).

10.7 Технички извештај

Овим пројектом обрађено је снабдевање становништва водом насељеног места Врбе.

Захват воде остварен је помоћу каптаже. Вода се даље гравитационо транспортује према резервоару у насељу. Цеви су пластичне полиетиленске савитљиве.

На самом цевоводу постоје четири ваздушна вентила Ø50 mm са једном куглом и четири испуста. Испусна цев је пречника Ø32 mm. Сви ваздушни вентили и испусти смештени су у приватном поседу. Цевовод је полаган у рову дубине око 1,3 m на слоју ситне земље, којом се и вршило покривање цевовода најмање 30 cm од цеви, а затим се остали део рова затрпавао земљом из ископа са набијањем.

Резервоар је запремине $V=50 \text{ m}^3$, од армираном бетона. Из резервоара се вода гравитационо дистрибуише корисницима у насељу.

Разводна мрежа у насељу је такође од пластичних полиетиленских савитљивих цеви.

Пре пуштања у погон водоводна мрежа је испитана и извршена је дезинфекција мреже и резервоара. [12]

Нема потребе за планирањем увођења пумпе, јер се нажалост број становника не повећава.

11.0 Закључак

У данашње време рационално искоришћавање водних ресурса један је од главних задатака готово у свим земљама света. Здраве и чисте воде све је мање, углавном због континуираног загађивања. С друге стране све је већа потражња и потрошња нових количина воде.

Вода је извор живота на Земљи. Воду непрестално користи живи свет који без ње не може да живи. Људско тело чини 70% воде. Очување преостале чисте воде и смањење загађења у процесу њене експлоатације представљају основне циљеве у овом веку јер људска врста, као и сав живи свет на нашој планети, директно зависи од количине и квалитета воде.

Водоснабдевањем се назива област хидротехнике која се бави питањима планирања, пројектовања, грађења и експлоатације хидротехничких објеката, уређаја и постројења за пречишћавање, дистрибуцију воде за пиће и друге потребе. Беспрекорно санитарно снабдевање урбаног подручја водом за пиће и за остале потребе може се постићи само путем централизованих водоводних система. Корисници могу бити: насеља, индустрија, пољопривреда и сл. Људска цивилизација воду црпи из земље, река или из мора, вода се даље преко различитих функционалних елемената у водоводном систему доводи од изворишта, преко водозахватних објеката, гравитационо или црпљењем, цевоводима, до места потрошње, уз претходно пречишћавање или поправљање квалитета, ако је потребно.

У овом раду урађен је прорачун разгранатог водоводног система у програмском пакету Mathcad 14, као и 2Д модел водоводне мреже у софтверском пакету ЕПАНЕТ, а 3Д модел у софтверском пакету SolidWorks. Упоређивањем вредности које сам добила прорачуном и вредности добијених у пројекту „Водоснабдевање насеља Врбе” постоје незнатна одступања, што значи да овај прорачун може да послужи и касније за даљу анализу уколико дође до промена у систему.

12.0 Ознаке

$\dot{V}_0$	<i>проток напајања мреже</i>
$\dot{V}_i$	<i>проток у чворовима који се шаљу потрошачима</i>
$Q_{sr} [m^3/s]$	<i>средња дневна потрошња воде</i>
$Q_{sp} [m^3/s]$	<i>специфична потрошња воде</i>
N_k	<i>број становника</i>
k_d	<i>коефицијент дневне неравномерности</i>
$Q_{max}^{dan} [m^3/s]$	<i>максимална дневна потреба за водом</i>
$Q_{max}^{cas} [m^3/s]$	<i>часовна максимална потрошња воде</i>
k_h	<i>коефицијент часовне неравномерности</i>
$V_{rez} [m^3/s]$	<i>запремина резервоара</i>
a_{usv}	<i>коефицијент дневног изравнања</i>
$L [m]$	<i>дужина деонице</i>
$Q [m^3/s]$	<i>проток кроз деонице</i>
$P_{ij} [Pa]$	<i>потребни притисци у чворовима</i>
$\rho [kg/m^3]$	<i>специфична густина воде</i>
$z [m]$	<i>надморска висина чворова</i>
$c_p [m/s]$	<i>брзина (усваја се по Есману)</i>
$d [m]$	<i>пречник цеви</i>
$d_s [m]$	<i>стандардни пречник цеви</i>
K_{ij}	<i>хидраулични отпор</i>

Δp_{ij} [bar]	<i>пад притиска</i>
p_R [Pa]	<i>притисак на почетку мреже</i>
d_{ijk} [m]	<i>кориговани пречник</i>
d_{ijks} [m]	<i>стандардни кориговани пречник</i>

13.0 Литература

- [1] Шуштершич Вања, *Третман воде за пиће*, скрипта, Машински факултет, Крагујевац 2010.
- [2] Јахић Мунир, *Урбани водоводни системи*, Удружење за технологију воде, Београд, 1988.
- [3] Ђурић Душко, *Снабдевање водом за пиће*, ФТН издаваштво, Нови Сад, 2006.
- [4] Миловановић Добрица, *Транспорт флуида*, скрипта, Машински факултет у Крагујевацу, Крагујевац, 1999.
- [5] <http://selar.pmf.kg.ac.rs> (приступљено: 28.10.2013).
- [6] Миловановић М. Добрица, *Основи транспорта цевима*, скрипта, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.
- [7] <http://www.malinacbc.arilje.org.rs> (приступљено: 28.10.2013).
- [8] Миловановић М. Добрица, *Транспорт флуида*, збирка решених задатака, Машински факултет у Крагујевацу, Крагујевац, 1999.
- [9] Резултати анализа и мишљење о хигијенској исправности воде за пиће, Дом здравља Јагодина, 04.12.2012.
- [10] Софтверски пакет SolidWorks.
- [11] Милојевић, Јелена, *Моделирање сеоског водоводног система*, Дипломски рад, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2010.
- [12] Казић Илија, *Водоснабдевање насења Врбе*, главни пројект, Београд, 1983.