

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Урбано инжењерство

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 912/2015

Ивана Д. Ташовић

**Стандарди и процедуре за анализу квалитета
воде за пиће и отпадних вода**

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Вања Шуштершич, ред. проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да прикаже преглед стандарда који се односе на квалитет како вода за пиће, тако и на отпадне воде који важе у Србији. Такође, треба да упореди дозвољене границе за испуштање појединих загађујућих елемената у реципијент или канализациону мрежу за комуналне и индустријске отпадне воде за Србију. На крају треба да опише процедуре на који начин се врши контрола и провера квалитета вода за пиће и отпадних вода.

Препоручена литература:

- [1] Шуштершич В., *Инжењерство заштите животне средине, законска регулатива у области вода*, Факултет инжењерских наука Универзита у Крагујевцу, <http://moodle.fink.rs/course/view.php?id=998>
- [2] Бечелић-Томин М., *Граничне вредности емисије и емисиони нивои базирани на најбољим доступним техникама*, Природно – математички факултет, Нови Сад, <http://www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/palic2011/Milena%20Becelic%20Tomin%20GVE%20i%20BATAEI.pdf>
- [3] Аћимовић – Коруновић М., *Стандарди за испитивање воде и ваздуха*, Институт за стандардизацију Србије, <https://www.iss.rs/images/upload/prezentacije/standardi%20za%20ispitivanje%20kvaliteta%20vode%20i%20vazduha.pdf>
- [4] Агенција за заштиту животне средине (<http://www.sepa.gov.rs/>)

Крагујевац

Ментор: _____

др Вања Шуштершич, ред. проф.

Резиме:

Питање доступности и управљања водом, њено одрживо коришћење и заштита, политичко питање на које неће бити могуће дати одговор, који је у складу са принципима једнакости и демократичности, без одговарајуће анализе, визије и акције које у фокус стављају потребе људи а не интересе капитала. Вода као људско право јесте и све ће више бити предмет борбе, а самим тим и сектор вода путем којег се врши снабдевање и заштита вода. Приступ квалитетној води мора свакоме да буде обезбеђен у довољној количини која испуњава све потребе људи за пићем, хигијеном и другим функцијама основним за репродукцију свакодневног живота. Производња воде за употребу мора да буде одржива и дугорочно планирана.

Кључне речи: вода, поновна употреба, отпадне воде

Abstract:

The issue of water availability and management, it's sustainable use and protection, a political question that cannot be answered in accordance with the principles of equality and democracy, without proper analysis, vision and action that focus the needs of the people rather than the interests of capital. Water as a human right is, and will increasingly be, the subject of battle, and therefore the water sector through which the supply and protection of water is carried out. Access to quality water must be provided to everyone in a sufficient quantity that meets all the needs of the people for drinking, hygiene and other functions essential for the reproduction of daily life. Water production for use must be sustainable and planned for the long term.

Keywords: water, reuse, wastewater

Садржај:

1. УВОД.....	1
2. КВАЛИТЕТ ВОДА ЗА ПИЋЕ И ОТПАДНИХ ВОДА	3
2.1. ИСТОРИЈАТ	4
2.2. ОСНОВНИ ПОКАЗАТЕЉИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ ЗА ПИЋЕ	5
2.3. ОСНОВНИ ПОКАЗАТЕЉИ ОТПАДНИХ ВОДА	9
2.3.1. <i>Комуналне отпадне воде.....</i>	9
2.3.2. <i>Индустријске отпадне воде.....</i>	10
2.3.3. <i>Загађивачи отпадних вода</i>	11
3. СТАНДАРДИ КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА ВОДЕ ЗА ПИЋЕ И ОТПАДНИХ ВОДА . 13	
3.1. ИЗБОР ПОСТУПАКА ЗА АНАЛИЗУ ВОДЕ	15
3.2. ПОЈАМ, ВРСТЕ И КЛАСИФИКАЦИЈА ЗАГАЂУЈУЋИХ СУПСТАНАЦИ	15
3.3. КЛАСИФИКАЦИЈА ВОДА	17
3.3.1. <i>Узорковање површинских вода</i>	18
3.3.2. <i>Принципи прераде воде</i>	20
3.3.3. <i>Технолошки поступци и системи за прераду воде</i>	21
3.4. ОТПАДНЕ ВОДЕ.....	23
4. ГРАНИЦЕ ДОЗВОЉЕНЕ ЗА ИСПУШТАЊЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ ЕЛЕМЕНАТА У РЕЦИПИЈЕНТ ИЛИ КАНАЛИЗАЦИОНУ МРЕЖУ ЗА КОМУНАЛНЕ И ИНДУСТРИЈСКЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ ЗА СРБИЈУ	25
4.1. НЕОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ У ВОДИ ЗА ПИЋЕ.....	31
4.2. ОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ У ВОДИ ЗА ПИЋЕ	34
4.2.1. <i>Анализе органских материја</i>	35
4.2.2. <i>Метода за одређивање укупних органских материја.....</i>	36
4.2.3. <i>Појаве услед испуштања отпадних вода у реципијент</i>	37
5. ЗАКЉУЧАК	40
6. ЛИТЕРАТУРА	41

1. Увод

Вода као животни услов опстанка човека на нашој Планети представља средину у односу на људске потребе квантитативно и квалитативно врло непостојану и колебаљиву. Због њеног значаја човек је на вечитом фронту борећи се за њу или било то против ње.

Вода у природи је најраспрострањенија материја и покрива 71% површине Земље. Налази се у атмосфери, хидросфери, биосфери и литосфери. Вода се у биосфери најчешће налази у течном стању, а појављује се и у облику паре и чврстом стању. Од укупне количине воде само 2,4% је слатка вода и може се употребити за задовољење већине људских потреба. Највећи део слатке воде се налази заробљен у леду на Северном и Јужном полу, док други већи део се налази у подземним водама, а у рекама се налази најмањи део слатких вода.

У последње време човек све више и сам угрожава квалитет воде својом делатношћу, привређивањем, начином живота, навикама а најчешће недовољно пажљивим односом према њеним ресурсима. Вода је неопходна за одржавање опште и личне хигијене и представља најзначајнији фактор развоја привреде и стандарда људи. Користи се за снабдевање насеља и индустрије, наводњавање пољопривредног земљишта, пловидбу, добијање електричне енергије, рекреацију и спортове на води. Људима је одавно познат значај воде па су насеља најчешће подизали уз довољно издашне изворе, а и данас је неопходно да се при избору локације насеља води рачуна, пре свега о могућностима обезбеђења довољне количине хигијенски исправне воде за пиће и друге потребе.

Вода, као незаменљив извор живота заузима посебно место међу факторима животне средине, од којих зависе живот и здравље људи као и привредни и културни развој друштва. Вода је добро од општег интереса и представља богатство сваке земље.

Са хигијенског аспекта вода је значајна не само као основна животна намирница и средина у којој се одвијају сложени биохемијски процеси, већ и што се са њом могу преносити узрочници многих заразних обољења и хемијски токсичне материје. Поремећаји у снабдевању водом могу настати услед елементарних непогода као што су: поплаве, суша, земљотрес, рат и загађење водних објеката хемијским, биолошким и радиоактивним материјама, а што може изазвати далекосежне последице. Свакодневни напори који се улажу у снабдевање становништва довољном количином хигијенски исправне воде су у исто време борба против многих болести које још увек представљају важан социо – економски и медицински проблем. Епидемиолошки значај воде је велики јер сваке године у свету умре око 3 милиона људи због употребе неисправне воде за пиће.

Хемијске материје које се могу наћи у води изнад дозвољених концентрација имају токсично деловање. Такође, оне могу бити и геолошког порекла или у воду доспевају као секундарно загађење из ваздуха, индустријског или комуналног отпада, отпадних вода или пољопривредних производња (агрохемија, пестициди). Од изузетног значаја за исправност воде су:

- порекло воде;
- начин захватања;
- исправност постројења;
- избор материјала;
- поступци и методе пречишћавања;
- дезинфекција;
- контрола исправности у складу са важећом регулативом.

Основни проблеми са којима се Србија суочава у домену управљања и третмана комуналним и индустријским отпадним водама, јесте недовољна изграђеност канализационе инфраструктуре у градовима и индустрији, а посебно недовољна изграђеност уређаја за третман отпадних вода. Евидентна је и потреба за великим улагањима у сектор отпадних вода, док ниска цена воде није довољна да обезбеди ни одржавање постојећих водоводних и канализационих система, као ни да генерише развој и велике инвестиционе циклусе.

Приступање наше земље Европској унији захтева и испуњавање услова из Поглавља 27 које се односи на одрживи развој и заштиту животне средине. У циљу решавања проблема у домену управљања комуналним и индустријским отпадом и отпадним водама велики број институција и организација свакодневно са својим активностима ради на примени програма и указивања на значајна питања и проблеме у том домену [1].

2. Квалитет вода за пиће и отпадних вода

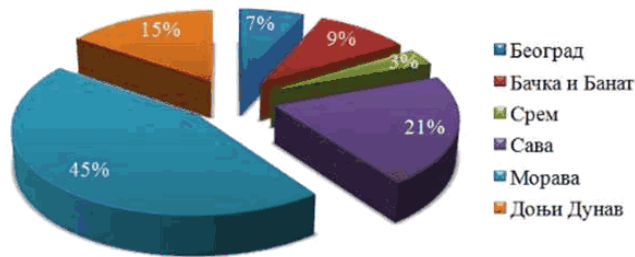
Квалитет површинских вода претежно је условљен радом индустријских постројења, пољопривредном производњом, како на територији Републике Србије, тако и у суседним земљама. Повећање индустријске производње последњих година условило је повећање количина отпадних вода у односу на предходни период. Са друге стране, умањило је могућност разблаживања и самопречишћавајуће способности реципијената. Угроженост површинских вода нарочито је изражена у близини великих градова и индустријских постројења. Овај проблем посебно је изражен у периоду године који карактеришу ниски водостаји и повишене температуре. Велике реке, захваљујући моћи самопречишћавања, успевају да разграде знатне количине органских материја. Насупрот њима, у периодима рада фабрика пуним капацитетом, мали водотокови су угрожени. Тада долази до појаве дефицита кисеоника и разградње органских материја у анаеробним условима средине, при чему долази до ослобађања токсичних материја и гасова.

Будући да вода као ресурс и сектор воде који тим ресурсом управља, имају апсолутну важност за животе људи и репродукцију друштва, праћење стања је од високог значаја. Ипак, најутицајнији актери у јавној сфери, попут политичких партија и великих медијских кућа, посвећују премало или нимало пажње и тек понекад чујемо најаве рестрикција воде због превелике потрошње, али без дубљег улажења у питање како се, колико и за чији рачун производи, даљег развоја јавне инфраструктуре, могућих одрживих алтернатива тренутном систему водоснабдевања. Тиме се не доприноси општем утиску да питање питке воде почиње у славини и завршава се у одводној цеви. Таквом утиску, на глобалном нивоу, супротставља се искуство милиона људи који немају приступ довољној количини воде за пиће, искуства огромног броја домаћинстава која су искључена са јавне водоводне мреже због немогућности плаћања рачуна, као и искуство милиона људи који немају приступ довољној количини воде за пиће, као и искуство становника чија је вода лошег квалитета, што је многим свакодневница како у Србији тако и широм света. Уз наведених нехуманих, и лоших искустава која нас упозоравају на експлоататорски карактер доминантних политика, све је већи број расположивих корисних истраживања из области вода и што је веома важно сведоци смо растућих активности организација и иницијатива у различитим деловима света које се боре за одрживост и доступност воде за пиће. Вода као људско право јесте и све ће више бити предмет борбе, а самим тим и сектор вода путем којег се врши снабдевање и заштита вода.

У циљу планирања мера за очување или достизање доброг статуса површинских вода утврђују се водна тела површинских вода, која представљају јасно одређене елементе површинских вода, приближно уједначених карактеристика.

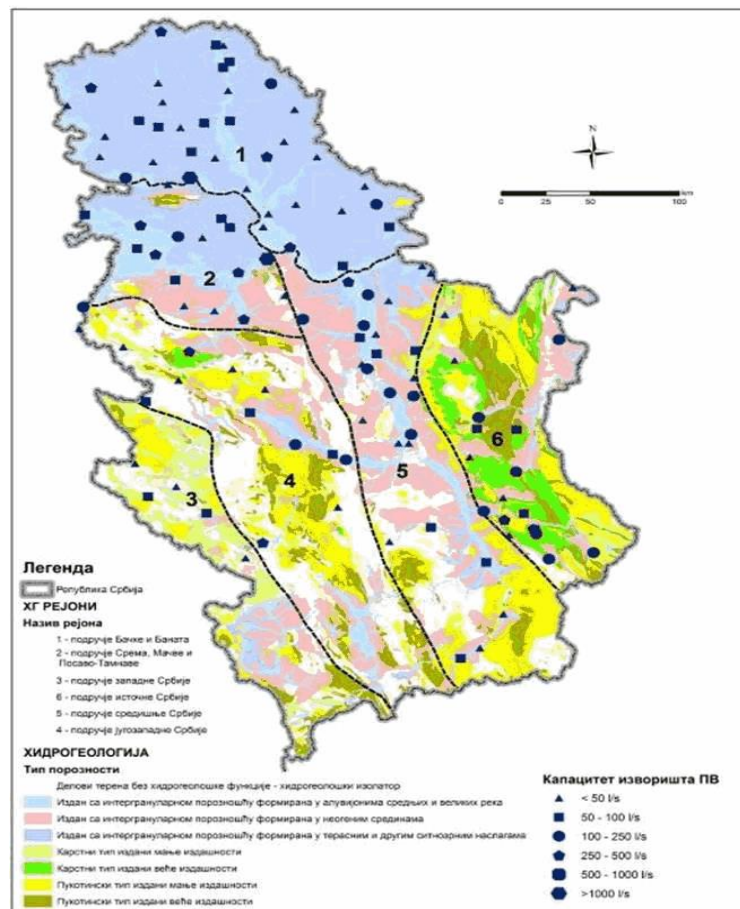
У републици Србији водна тела су утврђена на водотоцима и језерима на сливу Дунава и Егејског мора (подсливови Пчиње и Драговиштице). Водна тела су утврђена на водотоцима са површином слива већом од 100 km² и на свим значајним међудржавним водотоцима, без обзира на површину слива. Укупно је утврђено 499 водних тела, од чега 492 на сливу Дунава. Заступљеност водних тела по водним подручјима приказана је на слици 1, уз напомену да нека водна тела не припадају само једном водном подручју.

С обзиром на природне одлике подручја и водотока (величина слива, надморска висина, геолошки састав терена и гранулометријски састав дна), водна тела на водотоцима разврстана су у 38 типова, обједињених у седам група типова. Од укупног броја водних тела површинских вода, готово 70% (342) је окарактерисано као природни водоток, тј. река, 16 су вештачка водна тела, тј. језера, док је остатак 28% (141), с обзиром на значајне хидроморфолошке промене, прелиминарно оцењен као значајно измењено водно тело [2].



Слика 1. Заступљеност водних тела на водотоцима, по водним подручјима [2]

Границе водних тела на водотоцима и водна тела на језерима приказани су на карти – водна тела површинских вода.



Слика 2. Хидрогеолошке јединице на подручју РС [2]

2.1. Историјат

На територији Републике Србије савремени водоводи се јављају на крају XIX века. Пред почетак Другог светског рата јавне водоводе имали су Београд и још 17 насеља. Процене говоре да је у предратном периоду, на територији целокупне Краљевине Југославије „једва 20% станова имало електричну енергију, 8% станова инсталацију текуће воде, 5% купатило, а централно грејање до 0,5% и то само у градским насељима“. Генерално посматрано, прва Југославија је спадала у категорију драстично подразвијених земаља.

Систем водоснабдевања највише је развијан у периоду Социјалистичке Федеративне Републике Југославије (СФРЈ). Већи део данас постојеће мреже и објеката изграђено је у том периоду и достигнута је висока стопа прикључности становништва на јавну водоводну

мрежу. Индикативно је да је у Уставу донетом одмах по успостављању Федеративне Народне Републике Југославије (ФНРЈ) 1945. године, истакнуто да је до 1965. године водом из јавног водовода снабдевано 21% укупног становништва СФРЈ, док је та цифра удвостручена до 1980. године када је износила 42%. До 1961. године водоводне инсталације имало је 34%, а 1984. године 70% станова. Значајни радови су реализовани на уређењу водотокова и режима вода, на одбрану од поплава и на заштити од ерозије и бујица. Пуштање у погон нових привредних објеката је условљено изградњом уређаја за пречишћавање отпадних вода (Савезни завод за статистику, 1986: 25, 150). Подаци о завршеним грађевинским објектима говоре да је у периоду од 1953. до 1984. године изграђено 131.073 km³ брана и насипа, 27.034 km спољног водовода, 9.361 km спољне канализације и 350.620 ha хидротехничке мелиорације. У тексту Стратегије управљања водама коју је усвојила Влада Републике Србије 2015. године, наводи се да је као укупан резултат инвестиционих активности интензивних у периоду до 1980. године, а драстично смањених у периоду рестаурације капитализма, изграђена водна инфраструктура у обиму, чија би се вредност када би се сада градила могла проценити на око 20 милијарди еура [2].

2.2. Основни показатељи квалитета воде за пиће

Контрола квалитета воде, захтева репрезентативну физичко – хемијску и микробиолошку анализу као и адекватан избор параметара квалитета. Да би се испитао квалитет вода, нису значајни само параметри који ће се анализирати, већ и начин узорковања, конзервисања и чувања узорака до приступања анализи.

Избор и оцена квалитета извора водоснабдевања базира се на резултатима проучавања његовог санитарног стања. При томе се испитују могући извори загађења воденог базена, врши се хемијска и микробиолошка анализа воде, предузимају се мере које су усмерене на спречавању загађења воденог базена, разматрају предвиђене методе пречишћавања воде и даје се њихова техничко – економска основа.

Анализа воде се врши уз спровођење одређених правила узимања узорака и укључује одређивање органских, хемијских и микробиолошких показатеља. Узимање узорака из откривених водених базена врши се са површинске воде и са оне дубине која је пројектована за водозахват. Из активног водозахвата узорци се узимају после пумпе првог степена. При анализи воде из подземних извора узорци се узимају после водоносног хоризонта из којег ће се захватати вода, или из већ активних извора, који се користе за водоснабдевање. За добијање објективне карактеризације својства воде неопходно је извршити неколико серија анализа, узимајући у обзир сезонске промене састава воде [3].

Квалитет воде условљава свеукупност у њој растворених минералних и органских материја, гасова, колоида, суспендованих материја и присуство микроорганизама. Развој индустрије, усавршавање метода обраде воде и брига о здрављу људи условљавају усавршавање стандарда који одређују квалитет воде за пиће. Доношењу стандарда претходи велики рад хемичара, медицинара и микробиолога који су на основу санитарно – микробиолошких, санитарно – токсиколошких и клиничко – статистичких података утврдили максимално дозвољене концентрације хемијских једињења и прецизирали ниво посебних показатеља квалитета воде. У било којем типу изворишта воде, начину обраде воде и конструктивних особина водоводне мреже вода мора задовољити одређене нормативе из стандарда, који осигуравају безбедност у епидемиолошком погледу, нешкодљивост хемијског састава и повољна органска својства воде. Вода, која се доставља потрошачима мора бити заштићена од случајног и систематског загађења путем изградње зона санитарне заштите и херметизације водоводне мреже. Квалитет воде за пиће мора се одређивати на основу целокупности њеног састава и својстава у местима уласка у водоводну мрежу и развођења воде површинских развода и славина унутрашње водоводне мреже.

Показатељи квалитета воде за пиће класификују се у три групе:

- 1) органолептичка;
- 2) токсично – хемијска једињења;
- 3) бактериолошка.

Оцена квалитета воде започиње од основних, физичких показатеља:

- мирис;
- укус;
- боја;
- температура;
- рН вредност;
- електропроводност;
- садржај суспендованих материја.

Док се неки од ових параметара прецизно мере инструментима, поједини се могу уочити већ при сензорској анализи користећи чула вида, мириса и укуса.

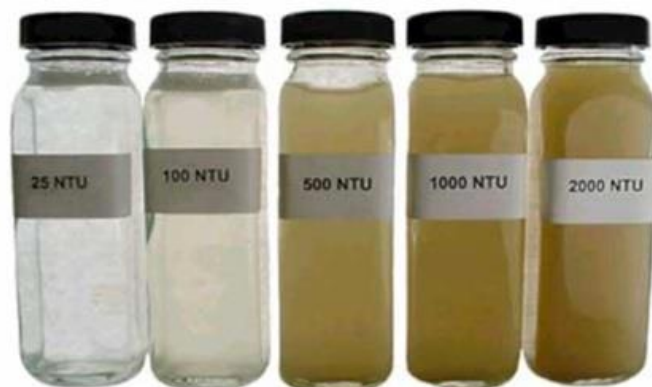
Мирис воде се може установити помоћу чула. Основни захтев квалитета воде је да она буде без мириса, укуса и боје. Присуство мириса указује најчешће на квалитативну неисправност воде јер мирис настаје због присуства растворених, органских и неорганских материја. Чулом мириса се може често препознати присуство органских материја за чију су детекцију потребне прецизне хемијске методе, па се у овом случају можемо ослонити на чула. Квантификација мириса врши се по Гартнеровој скали као: једва приметан, приметан, изражен, веома изражен и одбојан. Као и у већини других мерења узорак се пореди са безмирисним стандардом који се припрема превлачењем воде преко активног угља.

Укус воде је одређен минералним саставом, садржајем и температуром. Вода има освежавајући укус само уколико су ове вредности у границама хигијенске нормале. Осим у случају неких минералних вода, укус и најчешће знак неисправности воде. Испитивање укуса се врши загревањем узорка до 40°C и његовим задржавањем у устима до неколико секунди како би дошли у контакт са рецепторима у устима.

Боја воде је последица присуства колоидално растворених материја биљног порекла. Боја воде се веома тешко уклања, а настаје приликом преласка воде преко фосилне вегетације. Боја има сличан значај као и мутноћа, али потребно је имати на уму и да бистра и безбојна вода може садржати штетне састојке. Под правом бојом воде подразумева се колорација коју изазивају супстанце растворене у води, док провидну боју чине и помешане суспензије. Права боја воде одређује се након поступка центрифугирања које уклања суспендоване материје. Сам метод мерења је фотоколориметријски и састоји се у поређењу узорка са стандардом одређене обојености и изражава се у јединицама. Боју треба одредити на лицу места, након узимања узорка, а јединица боје базирана је на платина – кобалт (Pt-Co) стандардном раствору који формира жуту боју. Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист РС бр. 42/98) прописана је максимална допуштена вредност боје од 5 степени кобалт платинске скале. У ванредним приликама ова вредност има вредност од 50 степени кобалт платинске скале.

Мутноћа воде долази од суспендованих материја неорганског порекла и најчешће долази од глине и муља. Може такође бити и последица присуства водених организама. У периоду ниског водостаја многе реке имају чисту, јасну, зеленкасту, прозирну боју, имају ниску мутноћу, мању од 10 НТУ – а (*engl. Nephelometric turbidity units*). У кишном периоду, честице са обале се спирају и растварају у води, вода постаје блатњава и обојена, што указује на високу мутноћу. Током високог водостаја, брзина воде је већа, количина воде која протиче је већа и она доприноси лакшем и бржем спирању суспендованих материја са дна, што

узрокује већу мутноћу воде. Мутноћу у неким случајевима могу да изазову и безопасне примесе попут нерастворених мехурића ваздуха. Такву воду људи избегавају да користе из чисто психолошких разлога мислећи да је мутноћа последица растворене хемијске материје. Мутноћа расте са концентрацијом суспендоване материје у води, али не линеарно. Мутноћа се одређује поређењем светлосног ефекта који се остварује проласком кроз стуб мутне воде у односу на истоветни стуб припремљеног стандарда исте мутноће и осветљеног на исти начин. У пракси се често мутноћа изражава приближно изразима: бистра, мутна, слабо мутна и врло мутна. (слика 3).



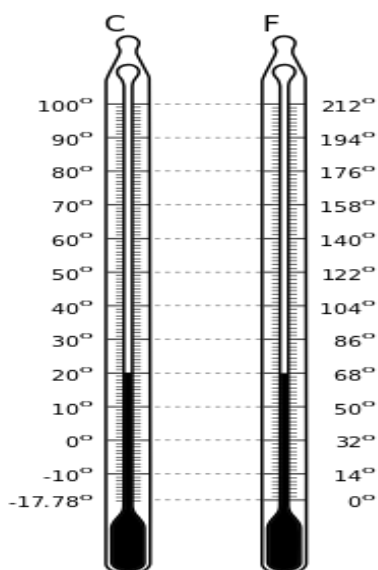
Слика 3. Узорци мерења мутноће воде од 25 до 2000 НТУ-а [3]

Према општим стандардима мутноћа се изражава у нормираним јединицама при чему јединицу мутноће показује суспензија mg Фулерове земље на dm^3 дестиловане воде. Мутноћа се у овом случају пореди, или непосредно голим оком или уређајима као што је Џексонов турбидиметар. (слика 4.) Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист РС бр. 42/98) прописана је максимална допуштена вредност мутноће до 1 НТУ – а, а у ванредним приликама ова вредност има вредност има до 6 НТУ – а [3].



Слика 4. Теренски турбидиметар за мерење мутноће воде [3]

Температура је код воде најлакше контролисати и она има посебан значај јер од ње зависи субјективни осећај засићености и свежине, а утиче и на физиолошке процесе. Оптимална температура воде се креће око 8-12°C. Правилником о хигијенској исправности воде за пиће није регулисана температура воде за употребу, јер нема директан хигијенски значај. С друге стране повишена температуре воде олакшава развој патогених микроорганизама. Температура се мери живиним термометром или другим термометријским уређајем. Изражава се у Целзијусовим степенима (°C), или у неким земљама Северне Америке у Фаренхајтовим степенима (°F), (Слика 5).



Слика 5. Мерење температура Целзијусовим или Фаренхајтовим термометром [3]

рН вредност јесте мера релативног алкалитета или ацидитета воде и дефинише се као негативан логаритам концентрације водоник – јона,

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

рН вредности у природним екосистемима се крећу од 4,5 за киселе воде, богате тресетом, до 10 за воде у којима се интензивно одвија фотосинтеза алги. Међутим, најчешћи опсег за рН је 6,5 до 8. У отпадним водама рН варира у зависности од индустрије, али гранична вредност за воде које се испуштају у реципијент износи од 6 до 9.

рН вредност се одређује методом директне потенциометрије. Инструмент за одређивање рН назива се рН-метар (слика 6.). За мерење рН вредности користи се пар електрода: индикаторска (стаклена) и референтна (каломелова или сребро–хлоридна) електрода. Сваки рН-метар има упутство у коме су наведени поступци за припрему узорака и припрему инструмената, као и поступак рада са рН-метром [3].



Слика 6. Лабораторијски рН-метар [3]

2.3. Основни показатељи отпадних вода

Отпадне воде по свом пореклу делимо у четири категорије:

- санитарне (фекалне);
- индустријске;
- атмосферске;
- инфилтрационе.

Санитарне (фекалне) отпадне воде настају на санитарним чворовима стамбених, јавних, индустријских и других објеката где живе и раде људи, који у физиолошком процесу продукују загађења у течном и чврстом облику. Слично је и са домаћим животињама које се узгајају на фармама и другим појединим местима. У ове воде убрајамо и отпадне воде од чишћења просторија, спремања хране, прања посуђа и веша, одржавање личне хигијене и сл. Количина санитарних отпадних вода зависи од специфичне потрошње воде, па је једнака или мање од ње за 10%.

Индустријске отпадне воде настају у фабрикама и индустријским погонима након употребе воде у процесу производње, као и приликом прања апарата, уређаја итд. Данас постоји велики број по карактеру различитих индустријских отпадних вода, које се деле на низ подтипова у зависности од технологије производње. Ове воде могу бити и условно чисте, када се упуштају директно у реципијент или атмосферску канализацију. Код хемијске и металопрерађивачке индустрије преовладавају загађења минералног порекла. Код текстилне, прехранбене, индустрије папира и сл. загађења су претежно органског порекла.

Код заједничког пречишћавања санитарних и индустријскиј вода постиже се мешавина која се добро биолошки пречишћава, уколико нису присутне токсичне материје, као нпр. тешки метали, цијаниди, разни отрови, када је за индустријске отпадне воде, пре мешања потребно урадити предтретман како би се оне неутралисале и биле погодне за даље пречишћавање. Количина и квалитет отпадних вода индустрије зависни су од технолошког процеса производње и мењају се током дана, што је мање изражено код санитарних вода.

Атмосферске отпадне воде се формирају као површински отицај од падавина и отопљеног снега са урбаног подручја. У ове воде се убрајају и отпадне воде од прања уличних површина, тротоара и др. Количина и квалитет ових вода зависи од интензитета и учесталости падавина, од начина одржавања јавне хигијене, броја и интензитета моторног саобраћаја, врсте површинске обраде терена и саобраћајних површина, загађења атмосфере, климатских услова и сл.

По укупној бактериолошкој загађености, атмосферске отпадне воде су сличне санитарним. Међутим, атмосферске воде са индустријских површина носе значајне количине бакра, олова и арсена, са асфалтних површина нафтне продукте (15 – 25 mg/l), што изузетно угрожава санитарни режим реципијента (настаје тровање риба, отежано коришћење воде и сл.). Нажалост, пракса је да се ове методе не пречишћавају јер се сматрају условно чистим, што понекад није тако.

Инфилтрационе воде су подземне воде које дотичу у канализациону мрежу преко цевних спојева или дренажних система. По свом квалитету су најчистије, међутим, у већим количинама када се разблаже санитарне воде, могу да поремете биолошко пречишћавање на постројењима [4].

2.3.1. Комуналне отпадне воде

Урбана насеља загађују воде преко својих канализационих излива који се директно уливају у реке, језера или мора. У канализационим отпадним водама могу се наћи разне органске течности, детерџенти, али и хемијска средства јер многобројне мање индустрије и занатске организације своје отпадне воде прикључују на канализациону мрежу насеља.

Отпадне воде од људи или животиња могу да буду веома опасне јер могу да изазову бактериолошку загађеност воде, што доводи до хидролошких епидемија. Како ове воде потичу од излучевина, умивања, купања и органских отпадака хране, разних детерџената оне садрже велики број клица, а међу њима се налазе и цревне, вирусне, бактеријске или паразитске клице. Највећи број клица се излучује преко људских фекалија.

Сапуни и детерџенти су површински активна једињења која мењају површински напон воде и концентришу се на површину воде. Са променом површинског напона воде мења (смањује) се размена кисеоника са ваздухом и даље, због смањења количине кисеоника у води долази до изумирања живог света у њој што опет подстиче анаеробан процес. Синтетичке површинске активне материје су постојане у води и њихова разградња може да потраје и до неколико месеци.

Атмосферске отпадне воде путем падавина, кишнице, и отопљеног снега са собом носе разна загађења. Атмосферске воде као и вода за прање улица спирају разне расуте загађујуће материје и односе их у реке, језера или мора. Садрже најчешће сулфате, хлориде, нитрате, нафту, уља, разне отпатке и низ других органских и неорганских једињења. Осим отпадних вода које канализационим системом доспевају, загађења могу да потичу и од подземних вода уколико су оне загађене. Међутим, много је гора ситуација када оштећена канализација загађује подземне воде које се користе за пиће. Осим отпадних вода из домаћинства у канализацији се могу наћи и многи други загађујући елементи и једињења која потичу од разних радионица, занатских радњи и индустрија. [4]

2.3.2. Индустријске отпадне воде

Индустријски објекти као што су: хемијско – базни, металопрерађивачки, за прераду руда, прехранбени, текстилни, за прераду целулозе и папира, грађевинског материјала, енергетски и термоенергетски, изливају своје отпадне воде после технолошке употребе. Ове воде су често агресивне и садрже велики број отровних материја. Индустријске отпадне воде сваким даном постају све већи проблем јер су велики загађивачи површинских вода, а преко њих и подземних. Њихов састав и токсичност зависе од врста индустрије.

Индустријске отпадне воде као концентрисани загађивачи загађују воде:

1. органским загађујућим материјама;
2. хемијским загађујућим материјама.

1. Органска једињења као загађивачи воде могу различито да делују на квалитет воде у зависности од њихове разградње. У вези са тим њиховим дејством постоје неколико врста:

- органске материје које се брзо разграђују у води;
- органске материје које не подлежу разградњи;
- органске материје чија се разградња одвија споро;
- органске материје чије је дејство токсично.

Материје које се разграђују у води утичу на потрошњу кисеоника у води. Од токсичних материја најчешће се налазе феноли као споредни продукти низа процеса у индустријској преради.

Највећи загађивачи органским материјама поред домаћинства су прехранбене индустрије. Отпадне воде прехранбене индустрије у себи садрже остатке од процеса прања органским остацима од воћа, поврћа, гранула скроба, па и неорганских остатака земље и песка. Отпадне воде млекара садрже део млека, нерастворене протеине, капљице масних раствора, шећере итд. Осим органских остатака у овим водама се могу наћи и средства за прање, одржавање и дезинфекцију. У њима се налазе: азот фосфатне киселине и калијум што доводи до опадања рН вредности воде.

Отпадне воде кланица садрже углавном органске материје подложне распадању. То су масти, делови коже, чекиња, крви, сламе и др. и доприносе великом загађењу.

Из индустрије за производњу детерџената у воду доспевају супстанце које су површински активне па мењају површински напон воде. Ово су обично сулфати различитих органских једињења, соли, супституциони деривати, феноли или слично, а најзначајнији су полифосфати, соли полимеризоване фосфатне киселине. Кад се нађу у води они ометају размену кисеоника између ваздуха и воде.

2. Највећи загађивачи хемијским средствима су хемијска, металска и машинска индустрија. У воде преко ових објеката доспевају токсични и агресивни електролити, као што су цијаниди, хром, јони тешких метала, минералне киселине и сл. Отпадне воде хемијске индустрије могу се поделити на:

- типичне;
- специфичне;

Загађујуће материје у води као и у ваздуху, могу да буду оне које се најчешће јављају, односно сталне, јављају се у већини фабрика, па су због тога такве типичне као киселине. Другу групу загађујућих материја представљају хемијске супстанце које су специфичне за једну врсту фабрике. Међутим, у неким отпадним водама хемијске индустрије могу истовремено да се нађу органске и неорганске загађујуће материје. Највећи загађивачи неорганским материјама су фабрике киселина и могу деловати на промену рН вредности у водама [4].

2.3.3. Загађивачи отпадних вода

Отпадна вода је одређена својим физичким, хемијским и биолошким саставом. Полутанти које можемо наћи у отпадним водама могу се класификовати у три групе:

- физичке загађиваче;
- хемијске загађиваче;
- биолошке загађиваче.

Физички загађивачи су суспендоване материје које се таложе и стварају анаеробне услове, као што су разни отпаци (храна, одећа, тоалет папир), песак, муљ али исто тако радиоактивна једињења која контаминирају водене ресурсе на ширем простору. Пре свега, то су радиоактивне падавине након нуклеарних проба, радиоактивни елементи у случају већих хаварија нуклеарних електрана, радиоактивни отпаци из института где се користе изотопи и др.

Хемијски загађивачи се могу поделити на:

- биоразградиве органске материје које углавном чине протеини, угљоводоници и масти. Ако се испуштају непречишћене у околину, биолошка разградња ових материја доводи до губитака кисеоника и развоја септичких услова;
- нутријенти (азот, угљеник и фосфор) који су битни за раст микроорганизама и њиховим испуштањем у водену средину може доћи до развоја непожељног воденог света, односно до еутрофикације, а њиховим испуштањем у већим количинама на земљиште може доћи до загађења подземне воде;
- резистентне органске материје су отпорне на уобичајене биолошке методе обраде отпадних вода, а то су углавном површински активне материје (детерџенти), феноли и пестициди;

- тешки метали, због њихових токсичних особина, одређени метали могу имати негативан утицај на биолошки процес пречишћавања, као и на живот у водотоку;
- отопљене неорганске материје (калцијум, натријум и сулфати) доспевају преко употребе воде и треба да се одстрани да би се вода поново користила.

Биолошки загађивачи су бактерије, вируси, алге, фекалије, лигнини и други заразни организми, међу којима су посебно опасни по човека инфекциони микроорганизми, изазивачи заразних болести [4].

3. Стандарди контроле квалитета воде за пиће и отпадних вода

Квалитет воде је релативан појам, који би могао бити потпуно дефинисан тек када је поред познавања примеса, позната и будућа намена те воде. Према томе, квалитет воде се може дефинисати као подобност за одређену употребу: снабдевање људи, животиња, индустрије, одржавање здравог акватичког живота, наводњавање земљишта, рекреацију и др. Имајући ово у виду, разумљиво је да се захтеви за количину појединих супстанци, односно максимално дозвољене концентрације (МДК) супстанци разликују у зависности од намене воде.

Да би се резултати одређивања квалитета различитих вода могли међусобно поредити, уведене су стандардне методе анализе вода, након пажљивог проучавања расположивих аналитичких поступака и метода. Који показатељи квалитета ће бити одређивани зависи пре свега од будуће намене воде. Такође, да би резултати одређивања били стварни показатељи квалитета дате воде од изузетног значаја је и поступак узимања, чувања и припреме узорка за анализу.

Састав природних и отпадних вода се најчешће изражава у mg/dm^3 , што се некада поистовећивало са ppm (engl. *parts per million*), што представља 1g у 10^6g . Данас се ppm углавном не користи, јер се густина многих, нарочито отпадних вода, знатно разликује од 1000 mg/dm^3 .

Показатељи (физичко – хемијски и микробиолошки) који се односе на контролу квалитета воде за пиће на територији Републике Србије преузети су из Института за јавно здравље Србије „др Милан Јовановић Батут“. Приказ је дат по окрузима (табела 1.), а односи се на 2008, 2010 и 2012 годину [5].

Табела 1. Физичко – хемијска и микробиолошка исправност воде на контролисаним јавним водоводним системима. [5]

	Округ	Број јавних водоводних система (ЈВС)														
		контролисаних			Без неисправности*			Са физичко – хемијском неисправности			Са микробиолошком неисправности			Са обе неисправности		
		2008.	2010.	2012.	2008.	2010.	2012.	2008.	2010.	2012.	2008.	2010.	2012.	2008.	2010.	2012.
1.	Севернобачки	3	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3
2.	Западнобачки	4	4	4	0	0	0	1	0	1	0	2	0	3	2	3
3.	Јужнобачки	11	11	11	4	2	3	1	3	2	0	0	1	6	6	5
4.	Севернобанатски	6	6	6	0	0	0	1	2	1	0	0	0	5	4	5
5.	Средњобанатски	5	5	5	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3	5	4
6.	Јужнобанатски	8	8	8	3	0	1	0	1	0	1	2	2	4	5	5
7.	Сремски	6	5	5	3	2	2	2	0	2	0	0	0	1	3	1
Укупно АП Војводина		43	42	42	10	5	6	7	6	7	1	4	3	25	27	26
8.	Мачвански	8	8	8	3	5	8	0	0	0	4	2	0	1	1	0
9.	Колубарски	7	6	6	6	6	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10.	Подунавски	4	3	4	3	2	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
11.	Браничевски	8	8	8	7	6	6	1	1	1	0	0	0	0	1	1
12.	Шумадијски	7	7	7	2	3	2	4	2	3	1	1	2	0	1	0
13.	Поморавски	6	6	6	4	4	6	0	0	0	2	2	0	0	0	0
14.	Борски	5	5	5	3	3	3	0	1	2	1	0	0	1	1	0
15.	Зајечарски	4	4	4	4	3	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0
16.	Златиборски	11	11	11	4	7	1	0	0	0	6	2	10	1	2	0
17.	Моравички	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.	Рашки	5	5	5	4	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
19.	Расински	6	6	6	2	3	4	2	1	1	1	1	0	1	1	1
20.	Нишавски	6	6	6	4	2	4	1	1	2	1	2	0	0	1	0
21.	Топлички	4	4	4	2	4	2	0	0	0	2	0	1	0	0	1
22.	Пиротски	4	4	4	4	1	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0
23.	Пчињски	7	7	7	6	6	6	0	0	0	1	1	1	0	0	0
24.	Јабланички	10	10	10	6	7	7	2	1	1	1	0	2	1	2	0
Централна Србија		106	106	104	68	70	73	13	9	11	20	15	18	5	10	3
25.	Београд	7	7	7	1	0	2	0	0	0	3	2	1	3	5	4
Република Србија без АП Косово и Метохија		156	156	154**	79	75	81	20	15	18	24	21	22	33	42	33

* мање од 5% микробиолошки и мање од 20% физичко – хемијски неисправних узорака;

** 59.900 узорака воде за пиће испитано на физичко – хемијску исправност, неисправно 13,9%.

Физичко – хемијска и микробиолошка неисправност воде за пиће није забележена на око 50% контролисаних водоводних система, при чему је исправних система највише било на подручју централне Србије (65 – 70%). Повремена неисправност забележена је на неким узорцима у системима у АП Војводини и Београду. Стање водоснабдевања се разликује по подручјима, како у погледу изграђености, инфраструктуре, степена обухваћености становништва, тако и у погледу поузданости водоснабдевања (по времену, количини и квалитету). Ово је условљено различитом густином насељености, степеном привредне активности и расположивим капацитетима изворишта, губицима у мрежи и другим факторима. Стање изграђене инфраструктуре разликује се по системима и у највећој мери зависи од старости и одржавања објеката. Неодговарајуће одржавање често има за последицу велике губитке у мрежи, који је код појединих система и виши од 30%, а може доћи и до угрожавања квалитета воде. По питању квалитета воде постоје три групе проблема:

1. неодговарајући квалитет воде за пиће – присутан је у великом делу АП Војводине, Поморавља, деловима Шумадије и бројним мањим општинама;
2. надексплоатација подземне воде – присутна првенствено у АП Војводина;
3. недовољна заштићеност изворишта (присутна на многим извориштима у земљи).

3.1. Избор поступака за анализу воде

Између поступака који се примењују за анализу појединих састојака незагађене (подземне, површинске и пречишћене) и загађене воде најчешће не постоји разлика. Тако се, на пример, за одређивање многих метала користи атомска апсорпциона спектрофотометрија која покрива доста широк опсег концентрација. Међутим, могућност концентрисања испаравањем, јонском изменом или екстракцијом омогућава примену многих поступака и када је концентрација у води мања од границе одређивања.

Обим испитивања воде зависи од природе воде и сврхе за коју је намењена јер немају сви састојци воде исти значај за испитивање воде. Суви остатак се одређује код свих вода, јер је мерило количине растворених супстанци у води. За загађене воде које садрже отпадне органске супстанце које троше кисеоник, од посебног значаја је одређивање биохемијске и хемијске потрошње кисеоника, а за отпадне воде из текстилне индустрије и перионица важно је одредити садржај детерџената. Код индустријских отпадних вода одређују се пре свега они параметри, односно састојци који су карактеристични за дату индустрију. Ради уштеде времена и средстава, код свакодневних анализа испитивања треба ограничити на састојке који утичу на одређену намену воде.

Када се ради о води за пиће, хигијенска исправност се утврђује: основним и периодичним прегледом, прегледом воде из нових захвата и прегледом на основу хигијенско – епидемиолошких индикација да је дошло или да може доћи до загађење воде. Најдетаљније се анализира вода из нових захвата, и она обухвата одређивања преко 50 показатеља квалитета, а најмање анализа је укључено у основне прегледе, што је разумљиво, имајући у виду да су ови прегледи најчешћи.

Хигијенска исправност воде из водовода за јавно снабдевање становништва водом за пиће и из сопствених објеката организација које производе или прерађују намирнице на индустријски начин утврђује се систематским вршењем основних и периодичних прегледа сирове воде у једнаким размацама у току месеца, односно године. Приликом сваког прегледа воде из водовода узорци воде се узимају:

1. из изворишта;
2. из резервоара воде за пиће;
3. из водоводне мреже, а број тачака се одређује зависно од броја становника.

Преглед воде из артешких бунара и других објеката за јавно снабдевање становништва водом за пиће, уколико не постоје водоводни системи, врши се годишње према броју становника који се снабдевају из сваког таквог објекта и према врсти објекта.

У објектима за снабдевање водом образовно – васпитних организација врше се у току школске године четири основна прегледа воде за пиће. За време распуста преглед се врши на 15 дана пре почетка наставе. У објектима за рекреативну наставу, одмор деце и омладине и у омладинским насељима врше се четири основна и два периодична прегледа за време коришћења објеката [6].

3.2. Појам, врсте и класификација загађујућих супстанци

Вода представља смешу хемијски чисте воде и низа примеса, чија природа и концентрације одређују квалитет воде, односно могућност директног коришћења дате воде за одређену намену. Када концентрације присутних примеса достигну вредности које су

неприхватљиве обзиром на предвиђену намену дате воде, оне постају загађујуће супстанце (полутанти). Загађујуће супстанце у води ремеће њен природни састав, особине или интегритет.

Извори загађујућих супстанци у води су практично све активности човека у којима он користи воду, односно долази у додир са њом. Потенцијално највећу опасност представљају различите хемијске супстанце које доспевају у воду као последица примене „прљавих“ индустријских процеса, тј. из отпадних вода, отпадних гасова или чврстих отпадака индустријске производње.

Загађујуће супстанце у води се могу поделити на основу различитих параметара:

- величине честица;
- природе загађујућих супстанци;
- утицаја на живи свет;
- утицаја на здравље људи и др.

На основу величине честица, полутанти се могу поделити на:

- нерастворљиве, у шта спадају суспензије, емулзије и микроорганизми. Ове примесе са изузетком микроорганизама, образују у води нестабилне системе односно подложне су таложењу (седиментацији);
- колоидно дисперговане, у шта спадају честице глине, високомолекуларна једињења, вируси и др.;
- растворене, у шта спадају све загађујуће супстанце, органског или неорганског порекла, које су у води присутне у облику молекула или јона.

На основу природе, полутанти се могу поделити на:

- хемијске, који обухватају хемијске супстанце које се налазе у води, у нерастворљивом, колоидно диспергованом или раствореном облику;
- биолошке, који обухватају различите патогене микроорганизме и
- радиоактивне, који обухватају различите радиоактивне изотопе.

Загађујуће супстанце се могу поделити и на основу дејства на реке и друге воде на:

- неорганске загађујуће супстанце са специфичним отровним (токсичним) дејствима које у контакту са природним водама, доводе до промене физичко – хемијских својстава воде и тровања водених организама;
- неорганске загађујуће супстанце без специфичног отровног (токсичног) дејства, где спадају углавном суспендоване минералне супстанце;
- органске загађујуће супстанце без специфичног отровног (токсичног) дејства, чине најбројније представнике ове групе загађујућих супстанци као што су: отпадни материјали прехранбене индустрије који не садрже токсичне супстанце, али негативно утичу на воде, јер се током разградње ових супстанци троши растворени кисеоник, а у неким случајевима настају и отровни гасови као што су сумпорводоник, амонијак и метан;
- органске загађујуће супстанце са специфичним отровним (токсичним) дејствима, у које спадају разноврсне органске супстанце као што су: феноли, полихлоровани бифеноли, нафта и нафтни деривати, пестициди и др. [6].

3.3. Класификација вода

Класификација и категоризација водотока врши се ради:

- усклађивања и упоредивости оцене степена антропогених загађујућих утицаја на еколошку функцију воде;
- одређивања погодности квалитета водотокова за постојећу и планирану употребу;
- успостављања циљева квалитета за сваки регион или део речног слива посебно;
- контроле успешности свих предузетих мера заштите које имају за циљ спречавање погоршавања стања и постепено побољшање и обнове свих површинских водотокова.

Према намени и степену чистоће, Уредбом о класификацији вода, воде се разврставају у четири класе:

I класа – воде које се у природном стању, уз евентуалну дезинфекцију могу употребљавати за пиће и у прехранбеној индустрији, а површинске воде – за гајење племенитих врста риба;

II класа – воде које се могу употребљавати у природном стању за купање, рекреацију, спортове на води, гајење одређених врста риба, или које се уз уобичајене методе обраде (коагулација, филтрација, дезинфекција), могу користити за пиће и у прехранбеној индустрији;

III класа – воде које се могу користити за наводњавање, а после уобичајених метода обраде и у индустрији, осим у прехранбеној индустрији;

IV класа – воде које се могу употребљавати за поједине намене само после одговарајуће обраде. Да би се такве воде могле користити за пиће, потребна је интензивна физичка и хемијска обрада са продуженом дезинфекцијом (коагулација, флокулација, филтрација, адсорпција на активном угљу и дезинфекција озоном или хлором);

VК стање – стање воде ван класе.

Воде класе II, ван граничних токова и токова пресечених границом Републике Србије деле се на подкласе и то:

- подкласа II–а, која обухвата воде које се уз нормалне поступке обраде (коагулација, филтрација, дезинфекција) могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехранбеној индустрији;
- подкласа II–б, која обухвата воде које се могу искоришћавати или употребљавати за спортове на води, гајење мање племенитих врста риба и за појење животиња [7].

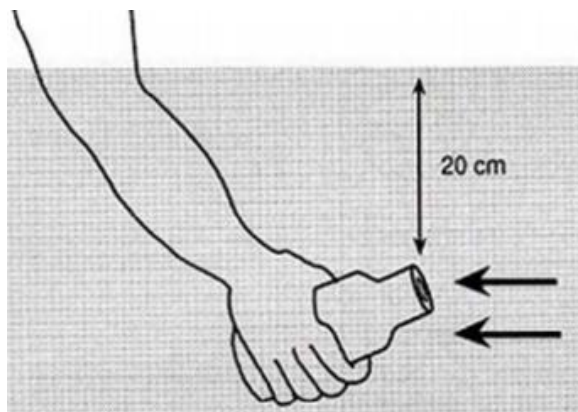
Табела 2. Анализа квалитета воде методом Water Quality Index (WQI) [7]

Параметри (јединица мере)	Мах. вредност	МДК I класа	МДК II класа	МДК III класа	МДК IV класа
Засићеност кисеоником (%)	18	90-105	75-90 105-115	50-75 115-125	30-50 125-130
ВРК5 (mg/l)	15	2	4	7	20
Амонијум (mg/l)	12	0,1	0,1	0,5	0,5
рН вредност	9	6,8-8,5	6,8-8,5	6-9	6-9
Укупни азот (mg/l)	8	10,0	10,0	15,0	15,0
Ортофосфати (mg/l)	8	0,005	0,01	0,01	0,01
Суспендоване материје (mg/l)	7	10	30	80	100
Температура (°C)	5	-	-	-	-
Електропроводљивост ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	6	-	-	-	-
E.Coli (MPN u 1000 ml)	12	2000	100000	200000	200000
$\sum q_i \times w_i = \text{WQI}$	100	84,3-85,4	<u>71,9-</u> <u>76,4</u> <u>77,5</u>	<u>48,3-</u> <u>57,3</u> 61,8-	37,1-38,2

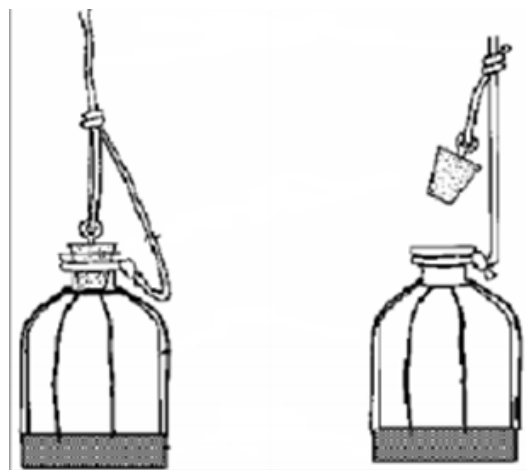
3.3.1. Узорковање површинских вода

Правилно узимање и руковање узорком готово је једнако важно као и остали поступци његовог испитивања и анализе. Ако се узорак не узме правилно или се не чува на одговарајући начин, може доћи до његове контаминације или промене састава. Такође је важно правилно одредити место и начин узорковања, како би се добили најрепрезентативнији подаци. Приликом узорковања површинских вода узорак се може узети са површине или са одређене дубине.

Приликом узимања узорка са површине довољно је да се отворени суд (лопатица или ведро) зароне мало испод површине (слика 7.а.). Када се узимају узорци са одређене дубине користи се посебна опрема, која може да измери дубину (слика 7.б.), као што су затворени прибор који се ураћа у воду, отворене цеви или цилиндри, разне пумпе и аутоматски узоркивачи.



Слика 7. а) Површинско узорковање



7.б) Узорковање са одређене дубине

Такође је јако битно одредити зону узорковања, односно да ли ће узорак бити узет на средини водног тела или ближе обали, на ком делу водотока и водити рачуна о изворима загађења.

Приликом узорковања потребно је користити посуђе од одговарајућег материјала (најчешће од стакла или пластике). Такође је важно опрати их на одговарајући начин, што може подразумевати прање детергентом и испирање водом одговарајућег квалитета (дестилована, дејонизована), а ако је потребно боце се могу испирати разним растворима (киселине, базе и др) или органским растварачима. На тај начин се узорак штити од контаминације.

Такође је важно узорак заштитити, транспортовати и чувати на одговарајући начин. Узорак се може заштитити хлађењем до одговарајуће температуре (најчешће до 4°C) или замрзавањем, а може се и конзервисати (најчешће се закисели до прописане рН вредности одговарајућом киселином). Конзервисање се врши на терену. Опрема за узорковање површинских вода и поступак заштите узорака по најчешће анализираним параметрима приказани су у табели 3 [7].

Табела 3. Опрема за узорковање површинских вода и поступци заштите узорака [7]

Параметри	Место анализе	Опрема	Конзервисање	Препоручено време чувања	Посуђе
Температура	Терен	Термометар	/	/	Чаша од 50 ml
Мутноћа	Терен	Турбидиметар	/	24 h	Чаша од 50 ml
pH	Терен	pH-метар	/	6 h	Чаша од 50 ml
Проводљивост	Терен	Кондуктометар	Хлађење између 1 °C i 5 °C	24 h	Чаша од 50 ml
НРК	Лаб	Фрижидер	Хлађење на 4°C	1 месец	Пластична или стаклена боца 100 ml
	Лаб	Фрижидер	Замрзавање на - 20°C	1 месец	Пластична боца 100 ml
БРК ₅	Лаб	Фрижидер	Хлађење на 4°C	24 h	Пластична или стаклена боца 1000 ml
Растворени O ₂	Терен /Лаб	Фрижидер	Фиксирање кисеоника на лицу места	4 дана	Стаклена боца 100 ml
Метали	Лаб	Фрижидер	сс HNO ₃ pH<2	7 дана до 1 месец	Стаклена боца 100 ml
Амонијум јон	Лаб	Фрижидер	Закишељавање pH између 1 i 2 помоћу H ₂ SO ₄ , хлађење на 4°C	21 дан	Стаклена боца 100 ml
	Лаб	Фрижидер	Замрзавање на - 20°C	1 месец	Пластична или стаклена боца ml 100 ml
Укупни N	Лаб	Фрижидер	Хлађење на 4°C; pH<2 сс H ₂ SO ₄	1 месец	Пластична или стаклена посуда 50 ml
Укупни P	Лаб	Фрижидер	Хлађење на 4°C; pH<2 сс H ₂ SO ₅	1 месец	Пластична или стаклена посуда 50 ml
Нитрати	Лаб	Фрижидер	Хлађење између 1 °C i 5 °C	24 h	Пластична или стаклена посуда ml 250 ml
	Лаб	Фрижидер	Закишељавање до pH између 1 i 2 помоћу HCl	7 дана	Пластична или стаклена боца 250 ml
	Лаб	Фрижидер	Замрзавање на -20 °C	1 месец	Пластична боца од 250 ml
Нитрити	Лаб/Терен	Фрижидер	Хлађење на 1°C i 5°C	24 h	Пластична или стаклена боца од 200 ml

3.3.2. Принципи прераде воде

Вода из природних изворишта својим квалитетом ретко испуњава захтеве примене, јер садржи штетне и непожељне супстанце па се мора подвргавати поступцима пречишћавања. За то се користе поступци и уређаји за уклањање непожељних компоненти (загађујућих супстанци) које могу штетно деловати на људско здравље када је у питању вода за пиће. То се односи и на супстанце које загађују животну средину када су у питању отпадне воде, или ометају технолошки процес добијања квалитетног производа када је у питању вода која се користи у индустрији. Врсте поступака који ће се користити зависе од квалитета воде на изворишту и захтеваног квалитета припремљене воде.

Начелно, вода из водоводне мреже која има квалитет воде за пиће, са мањим изузецима, испуњава захтеве већине прехрамбених технологија. То значи да, ако се одређени погон снабдева водом из јавне (градске) водоводне мреже, такву воду није потребно додатно обрађивати. Међутим, поједине хемијске технологије постављају и додатне захтеве у погледу квалитета воде, па се у таквом случају и вода из водоводне мреже мора додатно прерађивати. Посебни захтеви се постављају за квалитет воде која се користи у енергетским постројењима (парни котлови) и уређајима за пренос топлоте (загревање и хлађење).

Знатно је сложенија ситуација када се индустријски објекти снабдевају водом из властитог изворишта. Таква изворишта су бунари (површински или артешки) или површинске воде (реке, канали, језера или водоакумулације). Воде из ових изворишта ретко испуњавају захтеве индустрије, па се морају подвргавати мање или више сложеним поступцима прераде.

Још је сложенији проблем кад су у питању отпадне воде индустријских погона. С обзиром на законске прописе о заштити животне средине, отпадне воде се пре испуштања у пријемнике морају пречистити до одређеног степена.

3.3.3. Технолошки поступци и системи за прераду воде

Пројектовање технолошког поступка прераде воде почиње утврђивањем разлике између хемијског састава воде која се обрађује (вода из изворишта или отпадна вода) и квалитета воде који захтева њена примена или испуштање у природне пријемнике. На основу тих података се врши избор процеса и операција помоћу којих се из воде могу уклонити непожељни састојци.

Операције – њима се присутне загађујуће супстанце уклањају из воде, а да се при томе не мења њихов хемијски састав, а често ни облик и то су: процеђивање, филтрација и гравитационо таложење.

Процеси – њима се присутне загађујуће супстанце уклањају из воде и при томе се мења њихов хемијски састав, то су различити хемијски и биолошки процеси као што је разлагање загађујућих супстанци хемијском оксидацијом или редукцијом и биолошка разградња.

Линију прераде – чине појединачни или више међусобно повезаних процеса и операција помоћу којих се из воде могу уклонити присутне непожељне супстанце које имају сличне хемијске или физичко – хемијске особине.

Разликују се четири линије прераде вода:

1. прелиминарна линија прераде;
2. примарна линија прераде;
3. секундарна линија прераде и
4. терцијарна линија прераде.

Једна или више основних линија обраде помоћу којих се остварује крајњи циљ обраде, односно целовито пречишћавање воде до жељеног степена, чине систем за обраду (прераду) воде. Свака линија обраде у оквиру система за обраду воде служи за уклањање загађења сличне природе, линија за уклањање органских, биоразградивих или бионеразградивих супстанци. Ради успешног функционисања, у систем за прераду воде је укомпоновано у постројење са низом помоћних објеката, као што су енергана, магацини, управна зграда итд.

За прераду воде до квалитета воде за пиће користе се различити поступци, зависно од степена загађености и врсте загађења. Процеси и операције разврстани су по редоследу прераде у технолошке линије прераде воде приказане у табели 4, врста и број линија прераде зависи од квалитета (класе) сирове воде.

Табела 4. Технолошке линије обраде појединих класа [7]

Класа воде	Поступци	Примена технолошких линија
I	Дезинфекција	Примењује се код вода које испуњавају услове стандарда квалитета воде за пиће (код појединих бунара и извора).
	Филтрација и дезинфекција	Примењује се код вода које садрже само суспендоване супстанце у концентрацији до 10 mg/dm^3 , које се могу уклонити филтрацијом.
II	Коагулација, пешчана филтрација и дезинфекција Коагулација, таложење, пешчана филтрација и дезинфекција	Примењује се ако вода садржи вода суспендоване колоидно дисперговане супстанце у количини до 40 mg/dm^3 . Примењује се ако вода садржи већу количину суспендованих и колоидно диспергованих супстанци.
III	Решетке и сита, коагулација, таложење, филтрација и дезинфекција	Користи се код прераде површинских вода које поред суспендованих и колоидно растворених супстанци садрже и биолошко загађење (алге, планктоне итд.).
IV	Решетке и сита, оксидација, коагулација, адсорпција, таложење, оксидација, филтрација, дезинфекција	Примењује се код површинских вода које поред претходних линија прерада садржи и додатне процесе и операције ради уклањања присутних органских супстанци (хуминске и фулво киселине), и неорганских супстанци (гвожђе, манган, арсен, амонијак).

Постројења за прераду I класе – најједноставнија прерада вода (бунарске воде и природни извори), јер је потребна само дезинфекција воде.

Постројења за прераду воде II класе – површинске воде, реке, језера и водоакумулација садрже линију за уклањање колоидно диспергованих супстанци коагулацијом, флокулацијом, таложењем, филтрацијом и дезинфекцију.

Постројења за прераду воде III и IV класе – знатно су сложенија јер поред линије за уклањање грубог материјала (сита и решетке), линије за уклањање суспендованог и колоидно диспергованог материјала, садрже и линију за уклањање растворених органских и неорганских супстанци.

3.4. Отпадне воде

Када су у питању отпадне воде (индустријске или комуналне) узорци се могу узимати ручно или аутоматски. Ручно се узимају урањањем отворене посуде у воду, а аутоматски помоћу посебних уређаја. Аутоматски узоркивачи могу узимати узорке континуално или у серијама. Они се често лако преносе и могу да се користе за сваки тип отпадне воде. Примарно су доступна два типа аутоматских уређаја за узимање узорака у одређеним временским периодима (исти временски размак између два узорка), док се приликом проточно – пропорционалног узорковања мери проток воде и узорак се узима након протока одређене количине воде. Правилним избором времена, места и трајањем узорковања, као и броја узорака, могу се добити значајни подаци о дневним, недељним, сезонским и годишњим трендовима (Табела 5).

Табела 5. Узорковање отпадних вода и поступци заштите узорака [7]

Параметри	Т/Л	Опрема	Конзервисање	Посуђе
Температура	Терен	Термометар	/	Чаша од 50 ml
Боја	Терен	Колориметар	/	Чаша од 50 ml
Мирис	Терен	/	/	/
pH	Терен	pH –метар	/	Чаша од 50 ml
Проводљивост	Терен	Кондуктометар	/	Чаша од 50 ml
НРК	Лабораторија	Фрижидер	Хлађење на 4°C	Пластична или стаклена боца 200 ml
ВРК ₅	Лабораторија	Фрижидер	Хлађење на 4°C	Пластична или стаклена боца 1l
Видљиве материје	Терен	Левак	/	/
Амонијум јон	Лабораторија	Фрижидер	Хлађење на 4°C; pH<2 cc H ₂ SO ₄	Пластична или стаклена посуда 100 ml
Укупни pH	Лабораторија	Фрижидер	Хлађење на 4°C; pH<2 cc H ₂ SO ₄	Пластична или стаклена посуда 50 ml
Сулфиди	Лабораторија	Фрижидер	Zn(CH ₃ COO) ₂ на 4°C, pH>9, NaOH	Пластична или стаклена посуда 500 ml

Приликом узорковања отпадних вода такође је потребно узорак узети у одговарајућој посуди и заштитити га на одговарајући начин. Постоје два главна начина узорковања отпадних вода:

- Композитно узорковање – може бити пропорционално протоку или времену. Када је пропорционално протоку, тачно одређена количина узорака се узима из унапред дефинисане запремине (нпр. из сваких 10 m^3 отпадне воде која протекне, узима се $0,1 \text{ m}^3$ узорака). Код временски пропорционалног узорковања, одређена количина узорака се узима у предефинисаним временским интервалима (нпр. на сваких 5 секунди). Проточно пропорционално узорковање је пожељније, због веће репрезентативности. Композитни узорак се састоји из више појединачних узорака и даје средњу вредност мереног параметра током периода узорковања (2 сата, 24 сата, итд.). Композитно узорковање се обично обавља аутоматски, односно инструмент сам узима узорак.
- Тачкасто узорковање – се врши из једне тачке у насумично изабраном тренутку и није везано за протеклу запремину или време. Користи се у случајевима када је састав отпадне воде константан, када дневни (композитни) узорак није прикладан, у случају инспекције, када су присутне две фазе (нпр. слој уља на површини воде), када треба измерити квалитет воде у одређеном тренутку и др.

Отпадне воде се могу узорковати на различитим местима:

- у индустријским погонима (токови необрађених отпадних вода);
- на тачкама испуштања из индустријских погона (комбиновани необрађени отпад);
- на урбаним канализационим системима, укључујући цевоводе под притиском и гравитационе системе;
- у погонима за обраду отпадне воде;
- на испустима из постројења за обраду отпадне воде (СР ИСО 5667-10).

Потребни материјал за узорковање:

- пластичне и стаклене боце за узорковање;
- ручни фрижидер;
- филтер папир;
- левак;
- хемикалије за конзервацију узорака: HNO_3 (8 mol/l), HCl ($\rho=1,15 \text{ gl}$), H_2SO_4 ($\rho=1,42 \text{ gl}$).

4. Границе дозвољене за испуштање загађујућих елемената у реципијент или канализациону мрежу за комуналне и индустријске отпадне воде за Србију

Проблем неодговарајућег квалитета воде је присутнији у мањим срединама, док је у већим градовима у водоводним системима квалитет углавном унутар граница максималне дозвољене концентрације (МДК). Трендови у погоршању квалитета воде, генерално нису уочени. Проблем неадекватне заштићености изворишта јавља се независно од величине система. Такође, проблем представљају и нелегално бушени бунари претежно у руралним и субруралним просторима, који су изграђивани најчешће за потребе индивидуалног снабдевања домаћинстава водом за пиће. Поред наведеног, мора се указати на различиту организованост комуналних служби на нивоу локалне самоуправе, јер је чест случај да се у њиховој надлежности налазе, поред јавног снабдевања становништва и других корисника водом за пиће и друге комуналне делатности. То су извесној мери утиче на ефикасност њиховог рада као и недостатак одговарајућег кадра у адекватном обављању водоснабдевања у оквиру појединих водоводних система.

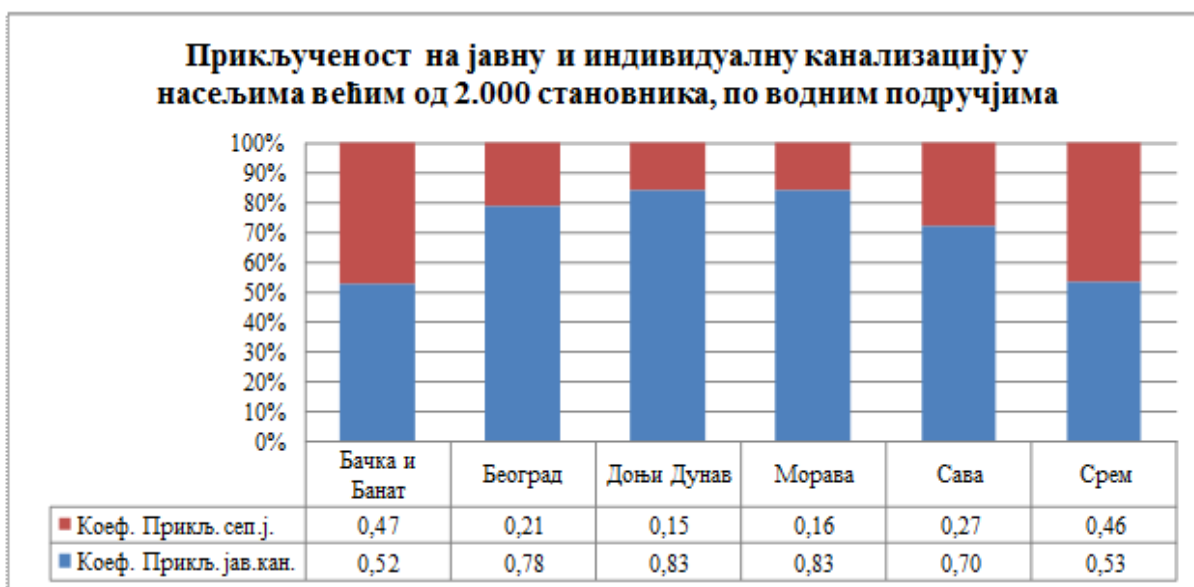
Снабдевање водом индустрије и дугогодишња неконкурентност уз неповољне услове пословања изазване глобалним рецесионим кретањима, довела је у 2009. години индустрију Републике Србије од око 45% производње из 1990. године. Коришћење воде је у директној корелацији са физичким обимом индустријске производње, тако да се 2008. године за потребе индустрије користило око 136 милиона m^3 воде (табела 6.), што представља значајно смањење у односу на претходни период и јасно рефлектује укупно смањење индустријске производње, поготову у области прерађивачке индустрије. Притом је више од 16% укупно захваћених количина воде било из јавног водовода, док су сопствени водозахвати били претежно оријентисани на површинске воде. Касније су се захваћене количине воде за индустрију смањивале, тако да су 2012. године на територији Републике Србије износиле око 90 милиона m^3 (из јавног водовода око 17 милиона m^3 , односно око 19%, а из подземних вода око 27 милиона m^3 , односно око 30%, док је више од половине захваћених површинских вода).

Табела 6. Захваћене количине воде за индустрију на територији Републике Србије у m^3 [7]

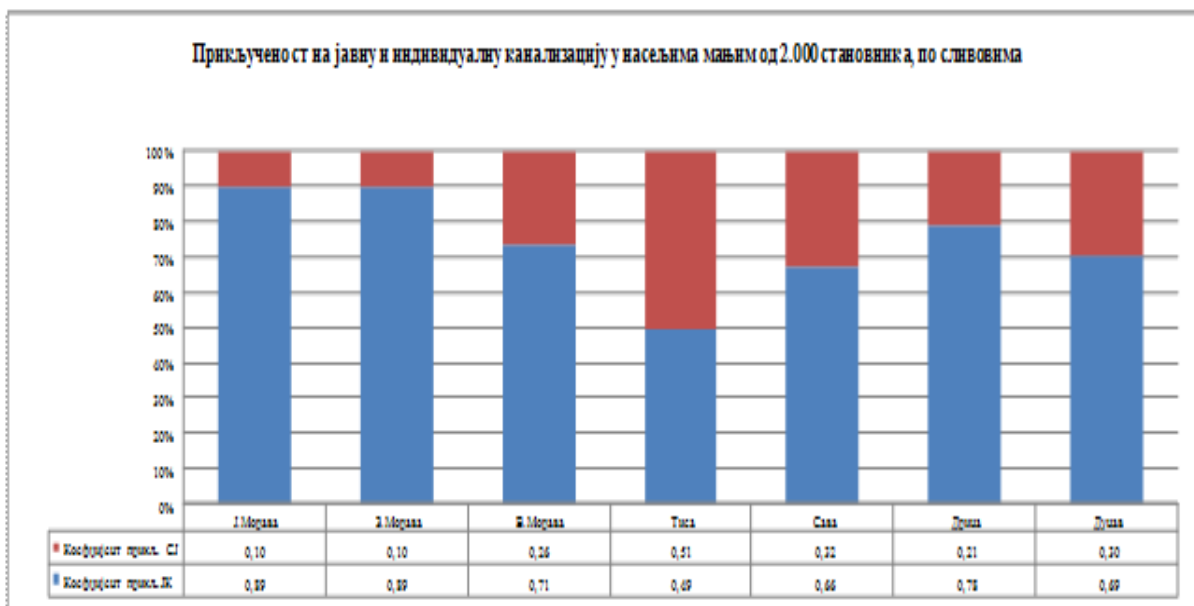
Извориште		Године		
		2008.	2010.	2012.
Јавни водовод		22.360	15.826	17.326
Сопствени водозахват	Подземне воде	31.324	28.374	26.993
	Површинске воде	82.017	64.744	45.106
Укупно		135.701	108.944	89.425

Стање изграђености система за прикупљање и евакуацију (примарна и секундарна канализациона мрежа и главни канализациони колектори) и пречишћавање комуналних отпадних вода (постројења – ППОВ) је на ниском нивоу у односу на европске стандарде. Ово се нарочито односи на стање изграђености ППОВ, па се већина комуналних отпадних вода без потребног пречишћавања упушта у реципијенте.

Основни показатељи о прикључености становништва на јавне и индивидуалне канализационе системе на нивоу водних подручја и главних сливова – подсливова приказани су на сликама 8. и 9. Прикљученост на јавне канализационе системе у насељима већим од 2000 становника већа је од 70%, осим на водном подручју Бачка и Банат и водном подручју Срем. У случају сливова – подсливова значајнијих водотока, прикљученост на јавне канализационе системе у насељима већим од 2000 становника је изнад 70%, изузев у сливовима Тисе и Саве. У односу на укупни број становника у Републици Србији прикљученост на јавне канализационе системе износи око 54%.



Слика 8. Прикљученост на канализационе системе, по водним подручјима [7]



Слика 9. Прикљученост на канализационе системе, по речним сливовима [7]

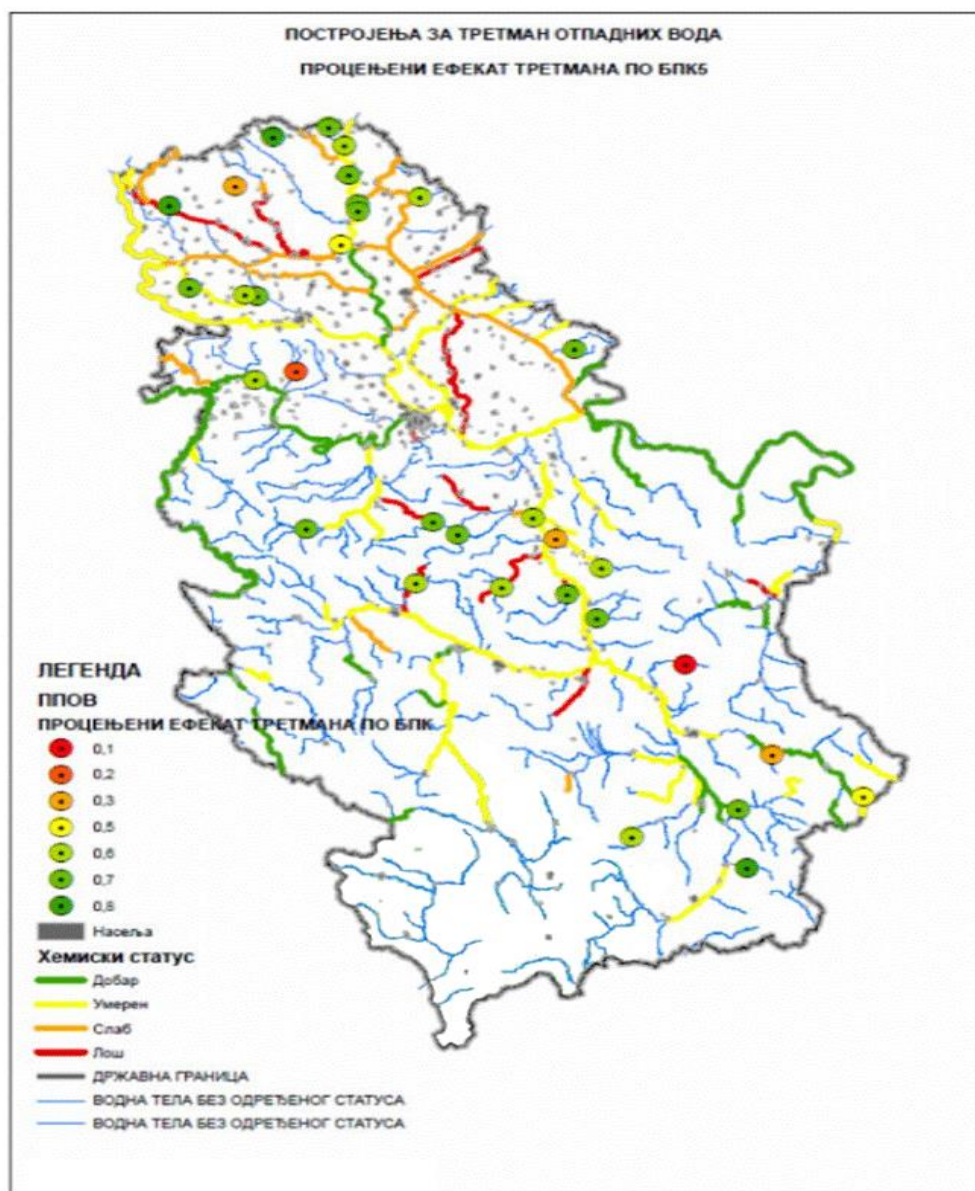
Постоји значајна разлика у степену прикључености становништва на канализацију у односу на прикљученост на водоводну мрежу, посебно у насељима мањим од 50.000 становника, што представља опасност по загађивање подземних вода специфичним параметрима квалитета вода као што су нитрати. У протеклих неколико деценија у Републици Србији је за пречишћавање отпадних вода у насељима већим од 2000 становника изграђено нешто више од 50 градских постројења. Од изграђених постројења у функцији су 32 (слика

10.), од којих мали број ради по пројектним критеријумима, док остала раде са ефикасношћу далеко испод пројектоване. Ефекти третмана комуналних отпадних вода (за одабране параметре) дати су у табели 7, на нивоу сливова.

Табела 7. Ефекти третмана отпадних вода [7]

Слив	Број прикључених становника	Ефективни третман			Број постројења
		ВРК ₅ , ES	укупни N, ES	укупни P, ES	
Јужна Морава	40.766	23.903	10.054	9.325	5
Западна Морава	22.988	13.793	4.598	4.598	1
Велика Морава	242.178	151.114	73.379	39.684	8
Тиса	124.547	90.130	59.422	61.577	6
Сава	82.967	44.886	32.582	16.479	3
Дунав – непосредни слив	90.814	61.236	26.547	17.922	9
Укупно	604.260	385.061	206.582	149.584	32

Постојећа постројења која су у функцији опсужују око 600.000 становника, при чему се њихов укупни ефективни третман своди на око 385.000 ЕС. Мање од 10% становништва обухваћено је неким степеном пречишћавања отпадних вода. Укупни ефекти третмана мањи су од 35%, док су у случају фосфорних компоненти ефекти мањи од 25%. Просторни распоред изграђених постројења на територији Републике Србије је неуједначен. Највећи број постројења се налази у оквиру водног подручја Морава. (слика 9.)



Слика 10. Просторни распоред постојећих ППОВ [7]

Притисак од становништва изражава се масом у току једне године (t/god), за органско загађење (ВРК₅), укупни азот (N), укупни фосфор (P) и хемијску потрошњу кисеоника (НРК). Како су отпадне воде које потичу из домаћинстава постојаног састава, са стандардним оптерећењима по становнику, оптерећење је рачунато са коефицијентима у функцији начина евакуације отпадних вода. (табела 8.).

Табела 8. Коефицијенти оптерећења за притиске од становништва [7]

Категорија притиска од становништва	ВРК ₅	НРК (dihr)	укупни N	укупни P
	gr/st/dan			
Прикљученог на канализацију	60	110	8,8	1,8
Без прикључка на канализацију	30	11	1,76	0,09

Оптерећење од насеља у којима постоје постројења за пречишћавање отпадних вода је умањено, у складу са обезбеђеним нивоом пречишћавања. Концентрисани извори загађења из насеља преко 2000 становника чине око 80% укупног притиска по параметру фосфора и око 70% по параметру азота које производи становништво (табела 9.).

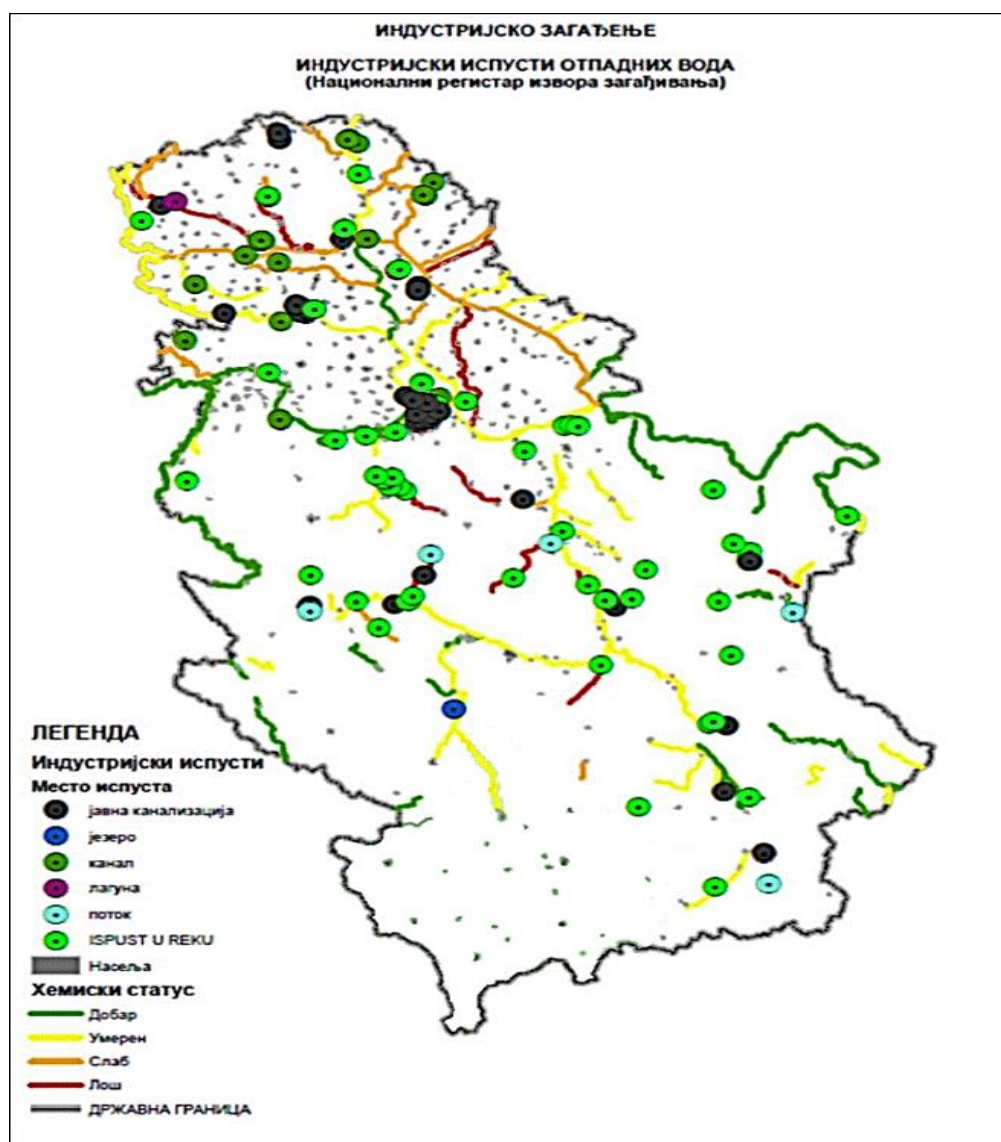
Табела 9. Притисак од становништва прикљученог на канализационе системе за насеља већа од 2000 становника. [7]

Водно подручје	Број становника	Становништво прикључено на системе	Коефицијент прикључености на јавну канализацију	Укупни притисак u t/god			
				ВРК ₅	НРК	N	P
Бачка и Банат	1.381.255	1.025.748	0,52	13.551	24.844	3.054	624
Београд	1.556.626	575.548	0,78	26.566	48.705	1.849	378
Доњи Дунав	246.171	33.525	0,83	4.494	8.239	108	22
Морава	1.554.847	1.328.193	0,85	24.386	44.708	4.180	861
Сава	320.267	283.142	0,70	4.056	7.437	909	186
Срем	292.547	597.662	0,53	3.076	5.640	1.920	393
Укупно	5.351.713	3.843.818	0,72	76.129	139.573	12.019	2.465

Постојећи индустријски капацитети у оквиру насеља су најчешће прикључени на јавну канализацију насеља. Поузданих података о врсти и количинама индустријских отпадних вода постојећих индустријских погона нема у мери неопходној за меродавне закључке. С обзиром на пад производње у земљи, удео индустријских отпадних вода у оквиру насеља је значајно смањен и процењује се на мање од 20%. Код индустрије је евидентно да најчешће нема изграђених постројења за предtretман индустријских отпадних вода пре њиховог упуштања у градску канализацију, односно у реципијенте, или је њихов рад неефикасан, што може да угрози и функционисање постојећих постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода, као и живи свет у води и приобаљу. Треба истаћи да је осамдесетих година прошлог века било више од стотину постројења за предtretман индустријских отпадних вода, што је углавном подразумевало неутрализацију у металопрерађивачкој индустрији, као и неколико самосталних постројења за коначан третма, најчешће у оквиру фабрика целулозе и папира, као и шећерана. Због неповољне економске ситуације у земљи, извршене приватизације и реструктурирања привреде, много погона је престало да ради или је променило делатност, тако да су њихова постројења за предtretман запустена или не одговарају стварним потребама.

Евиденција о индустријском загађењу вода за велике загађиваче се води у оквиру Националног регистра извора загађивања (Агенција за заштиту животне средине), а за мање загађиваче у оквиру локалног регистра на нивоу локалне самоуправе. Пракса показује да највећи део загађивача не доставља извештаје редовно и правовремено, а они који то чине, достављају непотпуне податке, из чега проистиче немогућност поузданог квантификовања притисака од индустрије. У одсуству релевантних података, на слици 11. су приказане локације упуштања отпадних вода из већих индустријских капацитета.

Посебно треба поменути проблем приоретних и хазардних супстанци коме се не посвећује задовољавајућа пажња и поред постојања законских одредаба које ову проблематику регулишу и успостављају обавезу контроле ове врсте загађивања. Тако у АП Војводина за 35% водних тела није постигнут добар статус на основу садржаја приоритетних и хазардних супстанци у води, а чак за 80% водних тела није постигнут добар статус по основу садржаја приоритетних и хазардних супстанци у седименту.



Слика 11. Локације и типови испуста индустриских отпадних вода [7]

Део расутих извора загађења чини становништво које није прикључено на јавне, већ на индивидуалне канализационе системе (или друге видове санитације са занемарљивим утицајем са аспекта заштите вода од загађивања). Применом усвојених коефицијената срачунати су притисци од становништва које није прикључено на системе јавне канализације. (табела 10.).

Табела 10. Притисак од становништва у насељима већим од 2000 са индивидуалним канализационим системима [7]

Водно подручје	Број становника		Расуто загађење од становништва t/ god			
	Насеља већа од 2.000	Прикључено на индивидуални канализациони систем	ВРК ₅	НРК (dihr)	Укупни N	Укупни P
Бачка и Банат	1.381.255	467.138	1.023,03	1.875,55	300,08	15,34
Београд	1.556.626	204.925	448,78	822,77	131,644	6,73
Доњи Дунав	246.171	58.823	128,82	236,17	37,78	1,93
Морава	1.554.847	419.356	918,39	1.683,71	269,39	13,77
Сава	320.267	193.174	423,05	775,59	124,09	6,34
Срем	292.547	133.173	291,64	534,68	85,55	4,37
Укупно	5.351.713	1.476,589	3.233,72	5.928,50	948,51	48,50

4.1. Неорганске материје у води за пиће

У табели 11 су приказане максимално допуштене концентрације неорганских материја у води за пиће у Директиви ЕУ о води за пиће (98/83/ЕС), смерницама Светске здравствене организације (СЗО) и Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист РС 42/98), као и приказ максимално допуштених концентрација неорганских материја у води за пиће у Правилницима неких земаља у Европи.

Већина Правилника који су новијег датума су прихватила у потпуности податке из Европске Уније о води за пиће и/или препоруке смерница СЗО. Од неорганских материја потребно је апострофирати елементе и једињења за које је утврђено у протеклом периоду да имају значајнији утицај на здравље а то су: антимоно, арсен, олово, кадмијум и жива, као и азотне материје (нитрати и нитрити). Упоредивањем приказаних вредности за поједине параметре утврђено је да је Правилник РС строжији у односу на Директиве ЕУ, Смернице СЗО у следећим случајевима: амонијака, хлорида и нитрита. У односу на Директиве ЕУ Правилник је строжији у случају бора и кадмијума. Вредности ових параметара требало би 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 либералније норме како би јефтиније и једноставније технологије могле да обезбеде тражени и потребни квалитет воде за пиће. Све земље у окружењу као и Република Србија су сагласно својим потребама дефинисале максимално допуштене концентрације за низ других параметара који нису дефинисани Директивом ЕУ [8].

Табела 11. Поређење вредности максимално допуштених концентрација неорганских материја у води за пиће у Директиви ЕУ, Смерницама СЗО и Правилнику РС [8]

Супстанца	Јединица мере	Директиве ЕУ (98/83/ЕС)	Смернице СЗО	Правилник РС (Сл.лист 42/98)
Амонијак	mg/l	0,5	1,5	0,1 ^a
Антимон	mg/l	5	20	3
Арсен	mg/l	10	₁₀ (P)	10
Бакар	mg/l	₂ 1	₂ 1	2
Баријум	mg/l		0,7	0,7
Бор	mg/l	1 ¹	0,5 ^(P, -V)	0,3
Цијаниди	mg/l	50	70	50
Цинк	mg/l		3	3
Флуориди	mg/l	1,5	1,5 ^{IV}	1,2
Хром	mg/l	50	₅₀ (P)	50
Хлориди	mg/l	250	250	200
Кадмијум	mg/l	5	3	3
Калцијум	mg/l			200
Калијум	mg/l			12
Магнезијум	mg/l			50
Манган	mg/l	0,05	0,4'	0,05 ^b
Молибден	mg/l		70	70
Натријум	mg/l	200	200	150
Никл	mg/l	20	₂₀ (P)	20
Нитрати	mg/l	50 ²	50"	50
Нитрити	mg/l	0,5 ²		0,03 ^p
Олово	mg/l	10 ^u	10	10
Селен	mg/l	10	10	10
Уран	mg/l		15 (P),v	
Жива	mg/l	1	1	1

Примедбе у Директивама ЕУ су наведене арапским цифрама, у Смерницама СЗО словом (P) и римским цифрама, а Правилник РС (абecedом). У ситуацијама где краткорочно излагање не представља опасност по здравље, често је боље спровести поправљање стања квалитета воде у изворишту, него инсталирати скуп постројења за уклањање хемијских компоненти [8].

Алуминијум – сматра се да алуминијум није токсичан, али још није потпуно јасан његов метаболизам. Мора се узети у обзир да је људско тело стално изложено алуминијуму због налажења овог елемента у природи. Велике оралне дозе алуминијума ипак, могу довести до иритације гастроинтестиналног тракта. Такође, високе концентрације алуминијума су нађене у одређеним деловима мозга болесника који су умрли од Алцхајмерове болести, хроничних пацијената на дијализи, док испитивања на животињима да би се испитали мутагени, канцерогени и тератогени утицају су дале негативне резултате.

Арсен – коришћен је у пиротехници, индустрији стакла, керамике, боја, инсектицида, отрова и медицине, док се у последње време користи за производњу транзистора и ласера. Арсен је познат по својој токсичности, отрован је за људе у количини од 100 mg и више (летална доза је 130 mg). Доказана је отровност при концентрацији у води за пиће од 0,21 mg/l, као и у опсегу од 0,4 до 10 mg/l, док се показао безбедним у концентрацијам од 0.05, 0.10, 0.15, 0,15 – 0,25 mg/l. Након ресорпције, арсен се депонује у јетри, слезини, бубрезима а нарочито у кератинским ткивима. Акумулација

у организму треба да расте прогресивно при нивоу уноса. Циљни органи на којима се прати изложеност људи арсену су кожа, плућа, генитални органи, бешика и органи чула вида. Хронично тровање становништва, које користи воду за пиће контаминирану арсеном, манифестује се хиперпигментацијом коже хиперкератозом, полинеуритисом. Арсен је нерастворан у води али неколико арсенита је растворно. Очекује се већи садржај арсена у подземној него у површинској води услед природних процеса (због присуства арсена у геолошким материјалима), или услед индустријске активности (индустријски отпад, пестициди и топионичке операције). Постоје многи региони где је арсен присутан у изворима пијаће воде, најчешће подземне воде, у повишеним концентрацијама. СЗО је привремену препоручену вредност за арсен поставила 1993. године на лимит од 0,01 mg/l, док је препоручена вредност одређена привремено због научне неизвесности о активном ризику при ниским концентрацијама (1 – 10 mg/l) и практичних тешкоћа у уклањању арсена из пијаће воде. Иста вредност је задржана у Смерницама из 2004. године.

Бор – се углавном користи у индустрији стакла, сапуна и детерџента. Постоје неки докази да унос бора кроз уобичајену исхрану може да утиче на метаболизам и искоришћење других нутријената, посебно калцијума и може имати користан утицај на класификацију костију и њихову одржавање. Препоручени унос бора још није одређен. Дугогодишња изложеност бору, борној киселини или солима бора доводе до хроничног тровања која се манифестују губитком апетита, мучнином или повраћањем. У већини земаља се очекује концентрација бора у води за пиће од 0,1 – 0,3 mg/l.

Цинк – користи се у галванизацији за припрему боја, производа од гуме, козметике, лекова, подних прекривача, пластике, сапуна, батерија, текстила, електричне опреме и других производа. Мала растворљивост у води карактеристична је за карбонате, оксиде и сулфиде што доприноси ниској концентрацији у природним водама, али индустријско загађење, посебно из области са рудницима цинка, може да допринесе високим концентрацијама и до 50 g/l. Цинк је есенцијални елемент у траговима. Конзумирање воде за пиће која садржи до 20 mg/l цинка није показало штетне ефекте. Опор укус се може појавити при концентрацијама вишим од 20 – 30 mg/l. Дневни унос исхраном препоручен од стране СЗО је 4 – 10 mg/дан зависно од година и пола.

Количине цинка у површинској и подземној води се крећу око 0,01 – 0,05 mg/l, док у води из чесме могу бити знатно веће због растварања цинка из цеви. С обзиром да цинк при ниском нивоу (испод 20 mg/l) нема штетних психолошких итицаја на људе и нађен не само у ниским концентрацијама у води за пиће, нису спроведена додатна испитивања од стране здравствених институција.

СЗО у међународним стандардима за пијаћу воду из 1958. сугерише да концентрација цинка преко 15 mg/l може значајно покварити питкост воде. Пијаћа вода са преко 3 mg/l цинка може бити неприхватљива за потрошаче.

Према препоруци ЕУ гранична вредност за цинк није прописана, а по нашем Правилнику износи 3 mg/l.

Хром – се природно налази у води за пиће, јер је широко распрострањен у земљиној кори 10 - 200 ppm. Користи се за хромирање у легурама челика, легурама са никлом, бакром, манганом и другим металима, као корозиони инхибитор у текстилној, фотографској и индустрији стакла. Токсична доза за човека је 0,5g калијум – дихромата. Укупна концентрација хрома у пијаћој води је обично мања од 2 mg/l, иако су налажене и концентрације преко 120 mg/l. Хром се углавном апсорбује кроз гастроинтестинални тракт и у стању је да прође и кроз ћелијску мембрану. Привремена препоручена вредност за укупни хром износи 0,05 mg/l. Иста вредност је још увек задржана.

Према препоруци ЕУ (Directive 98/83/EC) и по нашем Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће гранична вредност за хром је 50 mg/l.

Кадмијум – код људи се јавља мука и повраћање при концентрацији од 15 mg/l, а нису примећени нежељени ефекти при 0,05 mg/l. Веома је отрован, али не и фаталан. Кадмијум се примарно акумулира у бубрезима и има дуго биолошко време полураспада од 10 – 35 година (бубрежна дисфункција, хипертензија и анемија). На основу

истраживања је евидентирано да су кадмијум и његова једињења, која се у организам уносе инхалацијом канцерогена.

У изворишта воде може да доспе услед рударења, индустријских операција и оцедних вода са депонија. Контаминација пијаће воде може настати због нечистоће поцинкованих или галванизованих цеви и лимова, као и из неких цевовода. Кадмијум се у организам највише уноси храном, удахнутим ваздухом а потом водом за пиће.

Према препоруци ЕУ и по нашем Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће гранична вредност за кадмијум је 3 mg/1.

Кобалт – обзиром да је концентрација кобалта у води безначајна у односу на могућу токсичност, није прописан максималан ниво загађења изузев у Русији, која је прописала 1 mg/1.

Манган – је есенцијални елемент за људе и животиње и налази се природно у храни. Има важну улогу у метаболизму калцијума и фосфора, као и одржавању репродуктивних функција организма. СЗО је проценила средњу дневну потребу за нормалне физиолошке функције од 3 - 5 mg.

По препоруци ЕУ гранична вредност за манган износи 50 mg/1 (Directive 98/83/EC). Изузеци за краткотрајно прекорачење нису предвиђени, иста гранична вредност је прописана нашим Правилником за пијаћу воду.

Натријум – најважнија једињења су: кухињска со (NaCl), сода (Na_2CO_3), сода – бикарбона (NaHCO_3), каустична сода (NaOH), натријум – фосфат, натријум – тиосулфат и боракс ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). једињења натријума се користе у индустрији папира, стакла, сапуна, текстила, нафтној, хемијској и металној индустрији. Натријум је природни састојак сирове воде, али његова концентрација је повећана због индустријског загађења, као што је третман путева солима зими, спирање кишницом и раствори сапуна и детерџената. Према препоруци ЕУ гранична вредност за натријум је 200 mg/1, а по нашем Правилнику за пијаћу воду је 150 mg/1.

Никл – се веома веома користи за заштиту метала од корозије, јер је веома отпоран на оксидацију као и у производњи нерђајућих челика и легура, сматра се да је канцероген. Вода даје углавном мали допринос укупном оралном уносу. Никл је свеприсутан у многим намирницама и такође доспева у храну из челичне процесне опреме. Узимајући у обзир унос никла кроз храну и ваздух, препоручена је граница до 0,150 mg/1.

Олово – има широку примену: за батерије, оловне акумулаторе, омотаче каблова, водоводне цеви, наоружање, производњу горива, заштиту од зрачења из нуклеарних реактора и ренгенске опреме, индустрији стакла и у бојама. Нитрати и ацетати су растворне у соли. Опасност од тровања оловом преко воде за пиће постоји код употребе нових оловних водоводних цеви. Веома осетљива на олово су деца и труднице. Такође, олово је отров који се акумулира у скелету, учествује у метаболизму калцијума и директно утиче на метаболизам витамина Д. Олово је токсично и за централни и за периферни нервни систем, изазивајући неуролошке проблеме.

Концентрације олова у природним водама се креће у опсегу 0,4 – 0,8 mg/1 (укључујући планински кречњак и депозите галенита). У површинским и подземним водама креће се у опсегу од трагова до 0,04 mg/1, уз средњу вредност од 0,01 mg/1.

Према препоруци ЕУ и по нашем Правилнику, гранична вредност за олово је 10 mg/1 [8].

4.2. Органске материје у води за пиће

Хемијске анализе и мониторинг квалитета воде, иако не дају решења за све проблеме везане за водене екосистеме, представљају битан извор информација о стању водених екосистема, ефикасности предузетих корективних и превентивних мера, као и о утицају одређених производних технологија на квалитет вода.

Методе које се примењују у аналитици и мониторингу водених екосистема најчешће дају информацију о:

- елементарној композицији (саставу) загађујућих материја, на основу којих је могуће формирати базу за идентификацију ових материја;
- специфичности загађујућих материја. У складу са дефиницијом Интернационалне уније чисте и примењене хемије (IUPAC, *International Union of Pure and Applied Chemistry*) специфична анализа представља процес за идентификацију и одређивање различитих физичких и хемијских облика одређеног елемента у узорку;
- укупним параметрима описујући укупан садржај одређеног елемента у свим загађујућим материјама или у некој подгрупи загађујућих материја.

С обзиром на разноврсност хемијских супстанци које могу контаминирати неки део воденог екосистема, поступци сепарације, идентификације и одређивања свих загађујућих материја представљају комплексан и скуп поступак. Примена погодног сумарног параметра може значајно смањити број неопходних одређивања, а истовремено се добија процена о степену загађења испитиване воде. Наведени приступи (одређивање специфичних и сумарних параметара) комплементарни су и не искључују се међусобно као алтернативе, већ се допуњују.

Све органске супстанце садрже угљеник и водоник, а код многих су присутни и кисеоник, азот, сумпор и фосфор. Са аспекта утицаја на водене екосистеме постоје две класе органских супстанци. Супстанце које имају константне (јединствене) особине и супстанце код којих се особине мењају и нису строго дефинисане (нејединствене) супстанце, које се још називају и рефрактујуће.

4.2.1. Анализе органских материја

Анализе органских материја (и јединствених и нејединствених) се могу поделити на анализу:

- Укупне (сумарне) количине органских материја, које се могу поделити на:
 - Анализе укупне количине органске материје детектоване преко потрошње оксидационог средства (на пример кисеоника, калијум – дихромата и других јаких оксидационих средстава), које обухватају:
 - биолошку потрошњу кисеоника (ВРК);
 - хемијску потрошњу кисеоника (НРК);
 - укупни органски угљеник (ТОС).
 - садржаја уља и масти;
 - угљоводоника пореклом из нафте;
 - површински активних материја;
 - танина и лигнина;
 - укупних оргонохалогених једињења.
- Појединачних органских једињења (или групе једињења), као што су:
 - испарљива једињења;
 - испарљиви халогени угљоводоници и испарљива ароматична једињења;
 - акролеин и акрилонитрил.
- Једињења која се могу екстраховати, као што су:

- феноли, бензидини, фталатни естри;
- нитрозамини, пестициди и хербициди;
- полихлоровани бифенили;
- нитроаромати, изофорон, нитрозамини;
- полициклични ароматични угљоводоници;
- диоксини, етилендибромид.

4.2.2. Метода за одређивање укупних органских материја

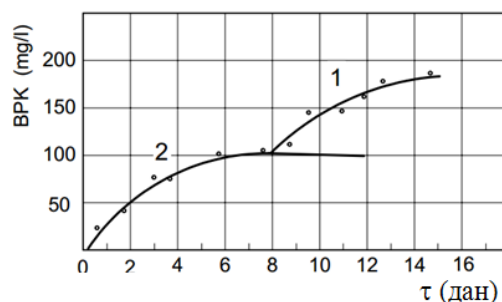
Параметри карактеризације оптерећења воде органским материјама који дају податак о укупном садржају органских материја су: биолошка потрошња кисеоника (ВРК) и потрошња KMnO_4 . Касније су развијени и други, као што су: хемијска потрошња кисеоника (НРК), укупни органски угљеник (ТОС енг. *Total Organic Carbon*) и спектрални адсорпциони коефицијент (SAK). Ови параметри су према одређеним законитостима међусобно повезани.

Хемијски потребна количина кисеоника (НРК) је количина кисеоника потребна за оксидацију органских компонената и неорганских соли и представља показатељ загађености отпадних вода. Најчешће се изражава потрошњом O_2 у mg/l .

Најбољи показатељ концентрације органских компонената је теоријска вредност НРК, која одговара количини кисеоника потребној за оксидацију органског угљеника. Одређује се на основу стехиометријских једначина реакција оксидације, а лабораторијско одређивање НРК се врши бихроматном оксидацијом и јако киселом раствору где су измерене вредности знатно мање од теоријских.

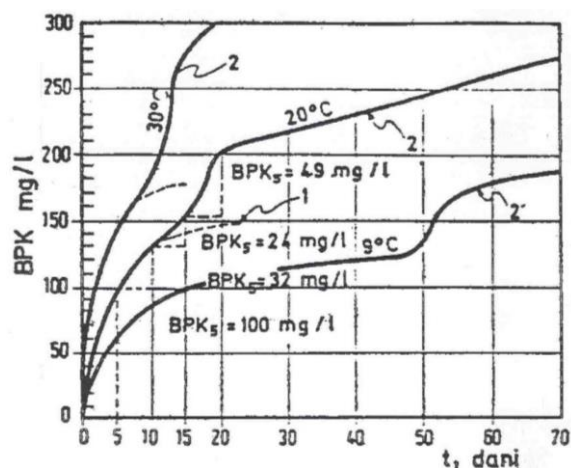
Биохемијска потрошња кисеоника (ВРК) – Степен загађености воде органским једињењима дефинисан је количином кисеоника који је потребан за оксидацију коју врше аеробни микроорганизми. Присутност биолошки неразградивих материја у отпадној води манифестује се већом вредношћу НРК у односу на ВРК. У биолошки неразградиве органске материје спадају: целулоза, угљена прашина, лигнин, танин и већина од низа синтетичких органских једињења. За испитивања се најчешће користи прилагођена бактеријска основа. Мешавина не сме садржати токсичне компоненте. Најчешће се одређује ВРК_5 који показује потрошњу кисеоника у првих пет дана. Вредност ВРК_5 износи приближно 70 – 80% од ВРК. При одређивању ВРК неопходно је знати потрошњу кисеоника за трансформацију угљеника и азота. Обично у отпадним водама постоје организми који троше O_2 за трансформацију NH_3 у NO_3 (реакција нитрификације). Утицај ових организама је незнатан првих неколико дана (Слика 12.), ако број организама није велики и ако им је раст успорен.

Прва фаза долази до оксидације угљеника, CO_2 и водоника до воде траје релативно кратко време 7 – 10 дана.



Слика 12. Криве за ВРК за азот и угљеник

Друга фаза у којој азот оксидира до нитрита, а за до нитрата – нитрификација, траје знатно дуже време. Са порастом температуре воде расте и брзина потрошње кисеоника, односно биохемијска оксидација. (Слика 13.)



Слика 13. Биохемијска потрошња кисеоника у зависно од времена за три различите температуре, 1 – прва фаза, 2 – друга фаза

Количина кисеоника коју микроорганизми троше за потпуну оксидацију угљеника и водоника до угљендиоксида и воде зове се потпуна биохемијска потрошња кисеоника (BPK_{pot}). У општем случају вредност ВРК пропорционална је количини угљеника и водоника у органској материји, односно концентрацији органске материје. Као правило важи да се код одређивања степена пречишћавања загађених вода на постројењима у ефлуенту постигне вредност која неће смањити садржај раствореног кисеоника низводно у реципијенту (табела 12).

Табела 12. Максималне дозвољене вредности (МДВ) садржаја појединих микроорганизама који се могу наћи у води [8]

Параметри	МДВ
Укупан број аеробних бактерија у 1ml воде	10
Колиформне бактерије фекалног порекла у 100 ml воде	0
Укупне колиформне бактерије у 100 ml воде	0
Стрептококе групе “Д” у 100 ml воде	негативан
Протеус врсте у 100 ml воде	негативан
Сулфиторедукујуће клостридије у 100 ml воде	0
Псеудомонас аеругионоса у 100 ml воде	негативан

4.2.3. Појаве услед испуштања отпадних вода у реципијент

Велики проблем представљају стара инфраструктурна решења по којима су изведени канализациони одводи за комуналне и атмосферске воде. Проблеми се односе на нужну предимензионираност канала, потешкоће око заједничке обраде (разређеност и велики капацитет) као и запрљање комуналних вода тешким металима и низом тешко разградивих једињења са јавних површина.

За обраду комуналних вода постоји низ решења која могу довести до побољшања. Заједничка обрада индустријских и комуналних отпадних вода у једном уређају могућа је само након неопходне претходне обраде индустријских отпадних вода. На темељу квалитета, односно састава индустријских отпадних вода дефинише се потребан технолошки процес обраде до квалитета за испуштање у градску канализацију или у реципијент (табела 13.).

Посебан проблем је обрада и депоновање муља, могућност његовог коришћења као ђубрива отежана је честом присутношћу тешких метала. Услед испуштања отпадних вода у реципијенте долази до пада бројности врста организама и броја јединки појединих врста које су првобитно чиниле екосистем [8].

Табела 13. Граничне вредности за испуштање отпадних вода у градску канализацију и реципијенте I и II класе [8]

Редни број	Параметар	Јединица мере	Гранична вредност емисије
1.	pH		6,5-9,5
2.	Хемијска потрошња кисеоника (НПК)	mg/l	1000 ^(vi)
3.	Биохемијска потрошња кисеоника (ВПК ₅)	mg/l	500 ^(vii)
4.	Укупни неоргански азот (NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N)	mg/l	120
5.	Укупни азот	mg/l	150
6.	Амонијак, изражен преко азота (NH ₄ -N)	mg/l	100 ⁽ⁱ⁾
7.	Таложне материје након 10 минута	mg/l	150 ⁽ⁱⁱⁱ⁾
8.	Укупан фосфор	mg/l	20
9.	Екстракт органским растварачима (уља, масноће)	mg/l	50 ⁽ⁱⁱⁱ⁾
10.	Минерална уља ^(iv)	mg/l	30
11.	Феноли (fenolni indeks)	mg/l	50
12.	Катран	mg/l	5
13.	Укупно гвожђе	mg/l	200
14.	Укупни манган	mg/l	5
15.	Сулфиди	mg/l	5
16.	Сулфати	mg/l	400 ^(ix)
17.	Активни хлор	mg/l	30
18.	Укупне соли	mg/l	5000 ^(viii) (x)
19.	Флуориди	mg/l	50
20.	Укупни арсен ^(vi)	mg/l	0,2
21.	Укупни баријум	mg/l	0,5
22.	Цијаниди (лако испарљиви)	mg/l	0,1
23.	Укупни цијаниди	mg/l	1
24.	Укупно сребро	mg/l	0,2
25.	Укупна жива ^(vi)	mg/l	0,05
26.	Укупни цинк ^(vi)	mg/l	2
27.	Укупни кадмијум ^(vi)	mg/l	0,1
28.	Укупни кобалт	mg/l	1
29.	хром VI ^(vi)	mg/l	0,5
30.	Укупни хром ^(vi)	mg/l	1
31.	Укупно олово	mg/l	0,2
32.	Укупни калај	mg/l	2
33.	Укупни бакар ^(vi)	mg/l	2
34.	Укупни никал ^(vi)	mg/l	1
35.	Укупни молибден	mg/l	0,5
36.	ВТЕХ (бензен, толуен, тиобензен, ксилен)	(V)	0,1
37.	Органски растварачи	(V)	0,1
38.	Азбест	mg/l	30
39.	Токсичност		Однос разблажења LC50%
40.	Температура	°C	40

⁽ⁱ⁾ Одређује се за 24 – часовни средње композитни узорак;

⁽ⁱⁱⁱ⁾ само у том случају се одређује, ако је запремина таложних материја, након 10 минута таложења већа од $5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$;

- (III) У случају дневног протока од $100 \text{ m}^3/\text{d}$, за материје биљног и животињског порекла гранична вредност је трострука а изнад тода двострука;
- (IV) Изнад $10 \text{ m}^3/\text{d}$;
- (V) Гранична вредност је изражена у 10^{-3} m^3 ;
- (VI) У случају коришћења остатака од пречишћавања отпадних вода насталог на централном постројењу граничне вредности се могу заострити или ако се утврди да долази до сметње на централном пречистачу услед великог броја прикључених индустрија за сваки случај потребно је преиспитати дате вредности;
- (VII) Ове вредности могу бити преиспитане узимајући у обзир техничке, технолошке и економске факторе који утичу на избор заједничког пречишћавања комуналних и индустријских отпадних вода на градском постројењу за пречишћавање отпадних вода, као и продор подземних вода у канализацију услед чега концентрација органских материја у дотоку на постројење може бити ниска;
- (VIII) Ове вредности могу бити преиспитани узимајући у обзир технолошке факторе који утичу на избор заједничког пречишћавања комуналних и индустријских отпадних вода на градском постројењу за пречишћавање отпадних вода;
- (IX) У случају када су одводне цеви бетонске, гранична вредност за сулфате износи 200 mg/l ;
- (X) У случају када су одводне цеви бетонске, гранична вредност емисије за хлориде износи 1000 mg/l [8].

5. Закључак

Вода је јединствена компонента природе, без које се не може замислити настанак и постојање живота, а истовремено је добро којим се може располагати и које се може уновчити. Вода је предмет многих контроверзних економских интереса и комплексних социјалних односа, извор међународних конфликта, али све више фактор који заокупља пажњу својом суштинском улогом у опстанку човечанства и биосфере. Све се више показује тачним да „плаву Планету“ као такву не смемо узимати здраво за готово, јер оно што је чини плавом, то је управо вода, постаје редак ресурс око кога ће се ускоро можда водити и ратови.

Сваки појединац може дати допринос у заштити вода ако само мало промени своје устаљене навике:

- Рационално користи воду;
- Спречи настајање великих количина отпадних вода на самом извору;
- Користи биоразградиве детерgente јер на тај начин помаже биолошку разградњу;
- Користи омекшивач воде уместо за рубље, јер мека вода смањује потрошњу детергента и штити машину, а настале отпадне воде су прихватљивије за водотоке;
- Води рачуна о томе шта баца у канализацију, јер треба имати на уму да ће то завршити или у постројењима за пречишћавање отпадних вода или водотоку (што је код нас чешћи случај);
- Користити природна ђубрива уместо вештачких;
- Не одлагати отпад у близини изворишта питке воде и водотока;
- Не сећи шуме у близини изворишта;
- Контролисати ерозију тла на властитом имању садњом биљног покривача и стабилизацијом подручја склоног ерозијама;
- Не одлагати старо моторно уље у близини водних ресурса (један литар уља загади преко милион литара воде);
- Пажљиво одлагати батерије, једна цинкована батерија може загадити од 5 - 30 m³ воде, једна кадмијска батерија може загадити од 3000 – 15000 m³ воде а само једна меркуријева батерија може загадити до 30000 m³ воде.

6. Литература

- [1] Бован А., Пузовић С., *Коришћење и третман комуналних и индустријских отпадних вода у Републици Србији*. Централно – европски форум за развој (ЦЕДЕФ), Покрајински Секретаријат за урбанизам, градитељство и заштиту животне средине АПВ.
- [2] Стратегија управљања водама на територији Републике Србије, анализе и истраживања, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2015.
- [3] Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, „Службени гласник РС“, бр. 96/10.
- [4] Бечелић-Томин М., *Отпадне воде, проблеми и решења*. Природно – математички факултет, Нови Сад,
<http://www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/palic2011/Milena%20Becelic%20Tomin%20GVE%20i%20BATAEL.pdf>
- [5] Чоха Ф., *Вода за пиће: Стандардне методе за испитивање хигијенске исправности*, Привредни преглед, Београд, 1990.
- [6] *Квалитет вода, Лабораторијски приручник*, Грађевински Факултет Универзитет у Београду, Београд 2010.
- [7] Вељковић Н., *Стање загађености вода Србије*, Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине.
- [8] Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, „Службени гласник РС“, (бр. 3/2017).

