

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 920/2015

Наташа Д. Јоцић

**Постројење за пречишћавање комуналних
отпадних вода капацитета 95.000 еквивалентних
становника**

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

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

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да опише начине третмана комуналних отпадних вода. Затим, треба да сагледа количине отпадних вода које се производе на дневном, месечном и годишњем нивоу, а које треба да прихвати и пречисти постројење капацитета 95.000 ЕС, а након тога да предложи идејно решење постројења за третман комуналних отпадних вода датог капацитета. На крају, кандидат треба да изврши упоредну анализу датог постројења са сличним постројењем које постоји у неком од европских градова.

Препоручена литература:

[1] Вања Шуштершич, *Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.

[2] Barbara Slomka Slupik, *Environmental engineering*, Presentations from Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering- Department of Building Structures, Gliwice, Poland 2019.

Крагујевац, октобар 2019. ментор:

Др. Вања Шуштершич, ред. проф.

Abstract: In this work are interpreted the functions and parts of a wastewater treatment plant. Following general information on wastewater, their characteristics, facilities and the elements in which they are treated, the situation in Serbia, a conceptual solution was proposed for the construction of a plant with capacity of 95,000 equivalent residents with municipal wastewater treatment (with a smaller influence of industrial wastewater). The calculation for the required water flows, which is classified into 3 classes, is presented in the following work. And in the end there is showed conceptual design of plant and elements, case of study, SWOT analysis and financial analysis.

Keywords: Wastewater, Wastewater Plant, Wastewater Treatment, Municipal wastewater

Резиме: У овом раду анализирано је функционисање и делови једног постројења за пречишћавање отпадних вода. Након уопштених информација о отпадним водама, њиховим карактеристикама, постројења и елементима у којима се третирају, стању у Србији, предложено је идејно решење за изградњу постројења капацитета 95.000 еквивалентних становника са пречишћавањем комуналних отпадних вода. Приказан је прорачун за потребне протоке воде која се сврстава у 3 класе, максимални, минимални и просечни очекивани протоци. На крају приказан о је идејно решење изгледа постројења за пречишћавање вода, распореда елемената које садржи, студија случаја, као и SWOT и финансијска анализа.

Кључне речи: Отпадне воде, Систем прераде отпадних вода, Третман отпадних вода, Комуналне отпадне воде

Садржај:

1. Увод.....	1
2. Дефиниција отпадних вода	3
2.1. Врсте загађивача вода.....	3
3. Настанак отпадних вода	5
4. Класификација отпадних вода	9
4.1. Комуналне отпадне воде.....	9
4.1.1. Санитарне отпадне воде.....	10
4.2. Индустрijske отпадне воде	11
4.3. Отпадне воде агро-комплекса	13
5. Заштита водних ресурса	15
6. Утицај отпадних вода на околину.....	20
7. Развој третмана отпадних вода кроз историју	23
7.1. Рани биолошки процеси третмана отпадних вода	23
7.2. Рани процеси контроле испуштања отпадних вода	25
8. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода	27
8.1. Физичке карактеристике.....	27
8.1.1. Сува материја	27
8.1.2. Боја	28
8.1.3. Мирис	28
8.1.4. Температура	29
8.2. Хемијске карактеристике воде	29
8.2.1. Органске материје	29
8.2.2. Протеини, угљени хидрати, уља и масти	33
8.2.3. Специфична органска једињења: површинске активне материје, пестициди, феноли.....	33
8.2.4. Неорганске материје	34
8.2.5. Азот, фосфор, сумпор	34
8.2.6. рН, алкалитет, киселост	34
8.2.7. Тешки метали, токсичне супстанце.....	35
8.3. Биолошке карактеристике	35
8.3.1. Микробиолошка испитивања.....	35
8.3.2. Биолошка испитивања	35
9. Поступци пречишћавања отпадних вода	36
9.1. Механички поступци у третману отпадних вода.....	37

9.1.1.Решетке.....	38
9.1.2.Сита	40
9.1.3.Песколови.....	41
9.1.4.Хватачи масти и уља.....	41
9.1.5.Таложници.....	42
9.2.Биолошки процеси пречишћавања отпадних вода	43
9.2.1.Аеробни процес пречишћавања отпадних вода	45
9.2.2.Анаеробни процес пречишћавања отпадних вода	48
9.2.3.Прерада муља.....	48
9.3.Хемијски поступци у третману отпадних вода.....	50
9.4.Терцијална прерада отпадних вода	50
9.4.1.Уклањање азота.....	51
9.4.2.Уклањање фосфора	51
10.Отпадне воде у Србији	53
10.1.Постројење за прераду отпадних вода у Крагујевцу	54
10.2.Постројење за пречишћавање воде у Суботици.....	55
10.3.Постројење за пречишћавање отпадне воде у Великој Плани	56
11.Предлог постројења за пречишћавање отпадних вода капацитета 95.000 еквивалентних становника	57
11.1. Правила за избор локације постројења за третман отпадних вода.....	57
11.1.Еквивалентни становник	59
11.2.Прорачун постројења за третман отпадних вода	59
12.Идејно решење постројења	65
12.1.Линија воде	65
12.2.Линија муља.....	70
12.3.Узорковање отпадне воде и мерење протока пречишћене воде.....	72
12.4.2D и3D приказ постројења	73
13.Упоредна анализа пројектованог и реалног постројења за третман отпадних вода.....	77
14.SWOT анализа	79
15.Финансијска анализа	80
16.Закључак	81
17.Литература.....	82

1. Увод

Деценијама уназад човек директно или индиректно загађује околину и већ тада је потребно предузети кораке за уклањање или смањење продуката загађења. Данас сви градови, без обзира на величину и степен развијености државе деле исте проблеме који су везани за квалитет животне средине. Значај воде за људе, за живи свет, екосистеме, за планету као целину, веома је велики и вишеструк, почев од тога да је вода услов живота па до многих других функција. Осим што је неопходна за одржавање биљног, животињског и људског живота, она је јефтин извор енергије и једна од најважнијих индустријских сировина у многим технолошким процесима. У природи је најраспрострањенија материја, налази се у атмосфери, хидросфери, биосфери и литосфери. Најдрагоценији је природни ресурс наше планете, па зато планско управљање њоме и брижљиво чување представљају један од најважнијих задатака савременог друштва. Ова околност је значајна јер интересовање за стање животне средине углавном почиње у градовима у којима промена еколошких услова има директан утицај на здрављем људи.

Вода је биолошки, физиолошки, егзистенцијални и еколошки медијум. Због тога је Конференција OUN о животној средини и развоју (одржана у Рио де Жанеиру 1992.године) закључила да недостатак хигијенски исправне воде за пиће, њено исцрпљивање и загађивање у светским размерама захтева комплексно планирање и рационално коришћење [3].

Развој насеља и повећање стандарда становништва утичу на загађење човекове околине, а међу најтеже облике загађења убрајамо загађење воде. Потрошња воде за разне потребе постаје све већа што узрокује и пораст количина отпадних вода. Највећи део употребљене воде враћа се у природу као отпадна вода. Пошто су количине свеже воде које стоје на располагању ограничене, а потребе за њом се повећавају, вода почиње у све већој мери да се поново користи, свесно или несвесно (испуштањем отпадне воде у исте водотокове из којих се узима вода). На тај начин квалитет свеже воде је све више повезан са квалитетом отпадне воде. Да би се заштитио реципијент, односно изворишта свеже воде, морају се предузети мере да се вода у природу врати у приближно истом стању у ком је узета.

Ради стварања услова за рационално коришћење и употребу вода, заштиту квалитета вода и заштиту од штетног деловања вода граде се водопривредни системи, који спадају међу сложенијељудске творевине. Њихова изградња, одржавање и погон захтевају веома висока средства која у значајној мери оптерећују друштвену економију. Узмимо у обзир и чињеницу да насеља данас не располажу исправним санитарно-техничким решењима одвођења отпадних вода, неопходно је приступити изградњи јединственог система одвођења и пречишћавања отпадних и загађених вода, што је неопходан корак према очувању здраве човекове околине и један од основних предуслова даљег развоја подручја.

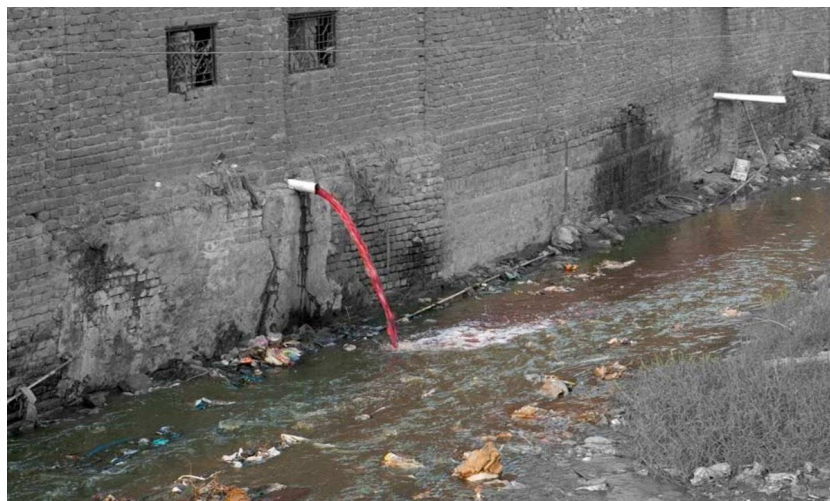
Канализација насеља и пречишћавање отпадних вода може се сматрати најважнијим урбаним проблемом и директно зависи од бројности популације, друштвених односа и развијености земље и регије.

Основни задатак правилног система прикупљања и третмана отпадних вода је да се њихово негативно дејство неутралише и обезбеди максимална могућа заштита човекове околине при испуштању пречишћених отпадних вода у реципијент. Да би се процес пречишћавања успешно обавио потребно је знати количину воде, врсту, квалитет, поступке пречишћавања као и услове реципијената. За пречишћавање санитарних отпадних вода располаже се ефикасним и провереним методама, док се за пречишћавање индустријских отпадних вода најчешће захтева посебна студија и развијање појединачног технолошког процеса пречишћавања.

2.Дефиниција отпадних вода

Вода је основни предуслов за живот свих живих бића на Земљи. Зато, вода у којој се одвија живот и која се користи за живот мора имати природан хемијски састав и природне карактеристике. Када се, услед човековог деловања, знатно промени хемијски састав воде, као и односи који у њој владају, кажемо да је вода загађена.

Не постоји опште прихваћена дефиниција отпадних вода, али једна од могућих је следећа: „Вода неочишћена на било који начин током употребе претставља отпадну воду“. У општем случају отпадна вода је неочишћена раствореним и нераствореним органским и неорганским материјама и микроорганизмима у колоидном облику или у облику суспензија[1]. По испуштању у природи ове отпадне воде битно мењају природну околину и уништавају је. У свим, осим у најразвијенијим земљама, огромна већина отпадних вода се ослобађа директно у животну средину без адекватног третмана, штетно утичући на здравље људи, економску продуктивност, квалитет амбијенталних слатководних ресурса и екосистеме (слика 1.). Што више воде користимо генеришемо и веће количине отпадних вода. Иако је отпадна вода критична компонента циклуса управљања водама, она се након употребе често доживљава као терет који треба одложити или сметња коју треба занемарити. Резултати овог занемаривања су сада очигледни. Непосредни утицаји, укључујући деградацију водених екосистема и водену болест из контаминираних залиха слатке воде, имају далекосежне последице на добробит заједнице и живота људи.



Слика 1.Испуштање отпадне воде директно у реципијент и њен утицај на околину [4]

2.1.Врсте загађивача вода

Убрзаним растом броја становника и развојем индустрије великом брзином почеле су да расту и потребе за водом. У истој мери како се води рачуна о квалитету извора воде за пиће потребно је водити рачуна и о одлагању и квалитету воде која се користила за одређене потребе. Загађење воде може бити различито и није увек строго везано само за људску делатност.

Иzvори загађења могу се поделити у две категорије: Једну чине природни извори загађивања, а другу представљају вештачки, односно антропогени извори.

Природно загађење настаје дејством катастрофалних процеса који су изазвани поремећајима природних сила (ерупције вулкана, поплаве, земљотреси, климатске промене, пешчане олује...). То су пролазни негативни ефекти за које није потребно велико ангажовање знања и скупих система, већ се решавају самопрочишћавањем воде. Природа има невероватну способност да се бори са малим количинама загађења у води, али на овај начин је немогуће третирати огромну количину загађене воде која се произведе сваки дан у великим градским насељима.

Антропогено загађење настаје као последица делатности људи. Оно може бити[1]:

- механичко (уношењем крутих отпадака),
- физичко (у вези с променама температурно-енергетских и радијационих показатеља),
- микробиолошко (појава нових микроорганизама или пренамножавање постојећих),
- хемијско (продирање хемијских елемената и једињења која мењају хемијске особине воде).

Постројења за пречишћавање смањују загађиваче у отпадним водама до нивоа који природа може да поднесе.

3. Настанак отпадних вода

Упоредо са развојем индустрије и „индустријализацијом” пољопривреде и сточарства расла је и количина и степен загађености отпадних вода, а самим тим и штете које се наносе реципијенту (земљиште, водотокови, акумулације ...) односно екосистему у целини, насталих услед испуштања отпадних вода. Поремећаји настали испуштањем непречишћених отпадних вода у екосистем су нарасли до те мере да је пречишћавање отпадних вода постало нужност. Најзначајније количине отпадних вода потичу из насеља и индустрије, а затим из пољопривреде и сточарства, при чему највеће укупно загађење емитује индустрија[1].

Велики проблем представљају стара инфраструктурна решења по којима су изведени заједнички канализациони одводи за комуналне и атмосферске воде. Проблеми се односе на нужну предимензионисаност канала, потешкоће око заједничке обраде (разређеност и велики капацитет) као и запрљаност комуналних вода тешким металима и низом тешко разградивих једињења са јавних површина. За обраду комуналних вода постоји низ решења, која доживљавају континуирана побољшања. Заједничка обрада индустријских и комуналних отпадних вода у једном уређају могућа је само након неопходне претходне обраде индустријских отпадних вода[1].

Варијације у количини и загађености, нарочито индустријских отпадних вода (као и чињеница да веома мало фабрика има идентичне процесе производње) указују на неопходност утврђивања количина и карактеристика отпадних вода као основног корака приликом конципирања технологије и опреме за прихватање, пречишћавање и испуштање отпадних вода. Количина отпадне воде се или мери (што је када се довољно прецизно уради, најтачније, али и најтеже) или процењује, односно прорачунава, на основу капацитета и трајања рада пумпи за транспорт отпадних вода, на основу потрошене воде или на основу норматива отпадних вода (по глави становника, по јединици производа итд.) што је свакако најмање сигуран начин[1].

Једна од најважнијих чињеница је да се обезбеди елиминација, односно редукција загађења воде на извору (месту настанка) уместо на крају или пре третирања отпадне воде. Овај начин спречавања настанка отпадне воде се постиже ако се вода користи штедљиво, уколико се нус-производи чувају одвојено од воде, избегава мешање различитих типова отпадне воде и мешање супстанци из истих...

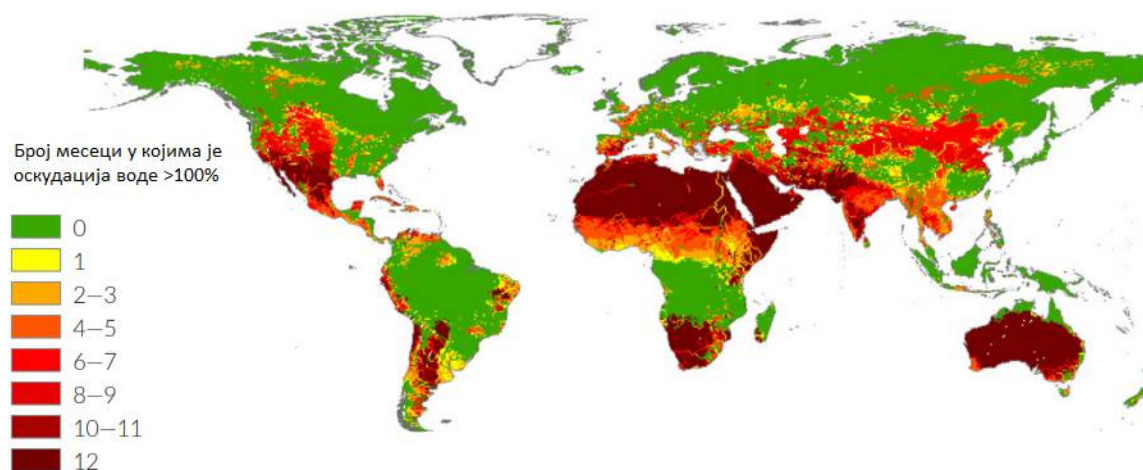
То је у већини случајева тешко постићи, тако да се настанак отпадних вода не може спречити, без утицаја на комфор живота, стандардне и економску активност, па је потпуно спречавање настанка отпадних вода немогуће, док је контрола и праћење испуштања ових вода, као и њихова прерада, веома пожељна и у данашње време неопходна.

Отпадне воде такође могу бити исплатив и одржив извор енергије, органских материја и других корисних нус-производа.

Потенцијалне предности искоришћења таквих ресурса из отпадних вода помажу при очувању здравља људи и животне средине, што директно утиче на сигурност хране и енергије, као и ублажавање климатских промена.

У контексту циркуларне економије, при чему је економски развој изbalансиран са заштитом природних ресурса и одрживости животне средине, отпадне воде представљају широко доступан и вредан ресурс.

Две трећине светског становништва тренутно живи у подручјима која имају недостатак воде (слика 2.).Око 500 милиона људи живи у областима у којима потрошња воде прелази локално обновљиве водене ресурсе [5]. Доступност водених ресурса је такође суштински повезана са квалитетом воде као и настанком отпадних вода. Повећано испуштање непречишћених отпадних вода у комбинацији са отпадним водама из пољопривреде и неадекватно пречишћеним отпадним водама из индустрије резултирало је деградацијом квалитета воде широм света. Ако се постојећи трендови наставе, квалитет воде ће се наставити смањивати током наредних деценија, посебно у сиромашним регијама у сувим подручјима, што даље угрожава здравље људи и екосистеме, доприносећи оскудици воде и ограничавајући одрживи економски развој.



Слика 2.Подручја са израженом несташицом воде[5]

Иако подаци о настајању отпадних вода, прикупљању и пречишћавању у великој мери недостају, јасно је да се, широм света, већина отпадних вода не сакупља нити пречишћава. База података "AQUASTAT" за храну и пољопривредна организација Уједињених Нација (ФАО) процењују коришћење воде и највеће секторе настанка отпадних вода у свету према дијаграму приказаном на слици (слика 3.). Највише отпадних вода настаје приликом употребе у пољопривреди, због неразвијених третмана сакупљања овако загађених вода, а одмах затим следи индустрија [5].



Слика 3. Глобална потрошња и производња отпадних вода према сектору употребе[5]

У просеку, земље са високим приходима третирају око 70% комуналних и индустријских отпадних вода које настају. Тај проценат пада на 38% у средње развијеним земљама са средњим примањима и на 28% у земљама са нижим средњим дохотком. У земљама са ниским примањима само 8% се подвргава било којој врсти процеса прераде и третмана вода. Ове процене показују да се глобално преко 80% свих отпадних вода испушта без пречишћавања[5].

У земљама са високим стандардом мотивација за напредним третманима отпадних вода и одржавање квалитета животне средине је на веома завидном нивоу у односу на средње развијене земље.

Међутим, испуштање непречишћених отпадних вода остаје уобичајена пракса, посебно у земљама у развоју, због недостатка инфраструктуре, техничких и институционалних капацитета и финансирања.

У Србији контрола испуштања отпадних вода није на задовољавајућем нивоу и још увек нормативи и стандарди контроле квалитета отпадних вода нису усклађени са стандардима Европске Уније.

Центар извршности за хемију околине и процену ризика (ЦЕЦРА) је у својим истраживањима дошао до података о укупном степену емисије загађења по врстама отпадних вода у Србији који су приказани у табели 1.

Ради поређења наше ситуације пречишћава се свега 7,6% укупног органског загађења. Постојећа структура индустријске производње је таква да око 75% је индустријска производња, око 17% производња и дистрибуција електричне енергије, гаса и воде и око 5% вађење руде и камена. Највећи удео у генерисању отпадних материја има хемијска индустрија са 37,6% и примарна металургија са 29,1%.

Табела 1. Укупни степен емисије загађења по врстама отпадних вода у Србији [1]

Врсте отпадних вода	Количина m ³ /dan	Оптерећење kg/dan			ES
		Суспенд. материје	Укупни N	Укупни P	
Комуналне отпадне Воде	1.172.673	310.657	56.161	16.874	* ¹ 5.350.959
Биоразградиве индустријске отпадне воде	1.101.445	836.305	18.191	5.439	6.814.743
Остале индустријске отпадне воде	1.220.713	580.135	45.793	16.763	1.633.686
Укупно	3.494.831	1.727.097	120.145	39.077	13.799.388

¹Подаци се односе само на каналисане отпадне воде. Један део комуналних вода се испушта у септичке јаме.

4.Класификација отпадних вода

Својства отпадних вода зависе од порекла, па се према томе могу поделити на (слика 4.):

- комуналне отпадне воде,
- индустријске отпадне воде,
- отпадне воде агро-комплекса.



Слика 4.Подела отпадних вода према пореклу настанка[13]

4.1.Комуналне отпадне воде

Већи део комуналних отпадних вода чине употребљене воде из домаћинства. За њих је карактеристичан константан састав у једном региону у дужем периоду, као резултат животног стандарда и начина живљења становништва. Домаћа отпадна вода представља водоводску воду или природну воду приближног квалитета која је употребљена за кување, прање или санитарне потребе у домаћинству.

Поред минералних и органских материја које су већ биле присутне у води чијом је употребом ова отпадна вода и настала, она још садржи и значајне количине излучевина, папира, сапуна и других средстава за прање, отпадака од хране, минералних отпадака и великог броја других отпадних материјала[6]. Отпадне воде од људи и животиња могу бити веома опасне јер могу да изазову бактериолошку загађеност воде, што може довести до епидемија.

Осим вода које потичу из домаћинства, систем за сакупљање комуналних отпадних вода може да подразумева и поједине прикључке индустријских отпадних вода као и пољопривредних (са или без претходног пречишћавања). За домаће отпадне воде из читавог једног насеља или града, са малим или никаквим уделом индустријских отпадних вода, и које садрже и значајан удео отпадних вода из различитих установа и јавних институција, често се користи назив *санитарне отпадне*

воде. Уколико је за то насеље или град карактеристична и развијена индустријска производња и уколико се и индустријске отпадне воде (уз одређени степен обраде) испуштају у градску канализациону мрежу и мешају са домаћим, односно санитарним отпадним водама, онда се тако настала смеша назива *комунална* или *градска отпадна вода* (слика5.). Отпадне воде у чијем саставу доминирају хумани или животињски екскременти, а које углавном потичу из нужника, писоара, штала и слично, називају се *фекалне отпадне воде*.



Слика 5.Испуст градске отпадне воде у реципијент [7]

Њихова количина и оптерећење загађујућим материјама може се изразити путем норматива, тј. стандардним вредностима по становнику. Главна карактеристична особина тих вода је изванредно садржај неорганских и органских материја. Део органских материја налази се у суспендованом стању. У свим отпадним водама налазе се микроорганизми. Најопаснији по људско здравље су патогени микроорганизми. Најважнија особина комуналних отпадних вода је биолошка разградљивост. Деле се на:

- свеже отпадне воде, у којима биолошка разградња још није унапредовала,
- одстајале отпадне воде, које не садрже кисеоник, јер је потроше за биолошку разградњу органске материје,
- труле септичке воде, у којима се биолошка разградња одвија анаеробно, а успостављена је равнотежа између раз грађивача и органске материје.

4.1.1. Санитарне отпадне воде

Комуналне отпадне воде које се мешају са водом из индустријских објеката и производних погона, се према месту и начину настајања, као и квалитету садржаја, могу сврстати, у *санитарне воде*.

Санитарне отпадне воде су комуналне отпадне воде из управа, ресторана, купатила, перионица и сличних објеката у оквиру производне организације, као и отпадне воде од прања складишта, непроизводних хала и магацина, платоа око производних објеката, саобраћајница и друге инфраструктуре и слично.

Санитарне отпадне воде се одликују повременим увећаним садржајима загађујућих супстанци, које могу бити и стабилног и нестабилног карактера, односно које су хемијски стабилне, или које подлежу пре свега биодегреабилним процесима, када се евакуишу у природне реципијенте.

Санитарне отпадне воде, за разлику од технолошких и техничких отпадних вода, одликују се стандардним хемијским садржајима и ниским концентрацијама загађујућих материја, што омогућава постављање стандардног третмана санитарних отпадних вода пре евакуације у реципијенте. Санитарне отпадне воде су сличне комуналним отпадним водама, од којих су разблаженије, али зато имају више равноресних загађујућих материја у свом садржају.

4.2.Индустријске отпадне воде

Индустријске отпадне воде обухватају све оне отпадне воде које не воде непосредно и искључиво порекло из домаћинства. Индустријске отпадне воде настају у фабрикама и индустријским погонима након употребе воде у процесу производње. Основна карактеристика ове групе отпадних вода је веома велика разноврсност састава. Састав индустријских отпадних вода битно се разликује од састава комуналних отпадних вода и зависи од примењеног технолошког поступка. Оне су данас, највећи загађивачи водних ресурса. Специфичне су за сваку индустријску грану. За разлику од комуналних отпадних вода, чији је састав углавном познат, карактеризација и пречишћавање отпадних вода из различитих индустријских погона ретко трпи уопштавање и типизирање.

Количина индустријских отпадних вода варира у ширем опсегу, како у току дана, тако и у дужем временском периоду. То је последица различитог интензитета рада индустрије и одређене динамике настајања отпадних вода унутар самог производног поступка. Индустријске отпадне воде могу садржавати киселине, базе, тешке метале, минералне соли, минерална уља, феноле, радиоактивне материје, патогене микроорганизме, угљоводонике, ароматична органска једињења, као и синтетичке хемијске производе, што их не садрже природне воде. Фактори као што су токсичне материје, висока или ниска рН вредност, висока температура, могу да проузрокују веће или мање поремећаје у раду постројења, нарочито у фази биолошке обраде, која је обавезна технолошка фаза градских постројења за пречишћавање.

Веома мале количине одређених органских једињења могу контаминирати велике количине воде. Један литар бензина, на пример, довољно је да контаминира милион литара подземне воде[5].

Индустријске отпадне воде могу се разврстати у две групе:

- Биолошки разградљиве или компатибилне, које се смеју мешати са комуналним отпадним водама,
- Биолошки неразградљиве или инкомпатибилне, које се не смеју мешати са комуналним отпадним водама, без хемијског пред третмана.

Поред напред истакнутог индустријске отпадне воде, често садрже разне штетне и опасне материје за објекте и систем канализације као и за особље које ради на њима. То су:

- токсични јони, који негативно утичу на биолошку разградњу органских материја,
- киселине и базе, које изазивају корозију, проузрокују мирис и интензивну боју,
- запаљиве материје,
- масноће, које зачепљују отворе, водове и пумпе,
- отровне гасове, који су опасни за особље на систему,
- детерcente који изазивају пену,
- влакнасте материје, које зачепљују отворе, ремете рад пумпи,
- каменчиће и песак, који се таложе у објектима, а изазивају абразију пумпи...

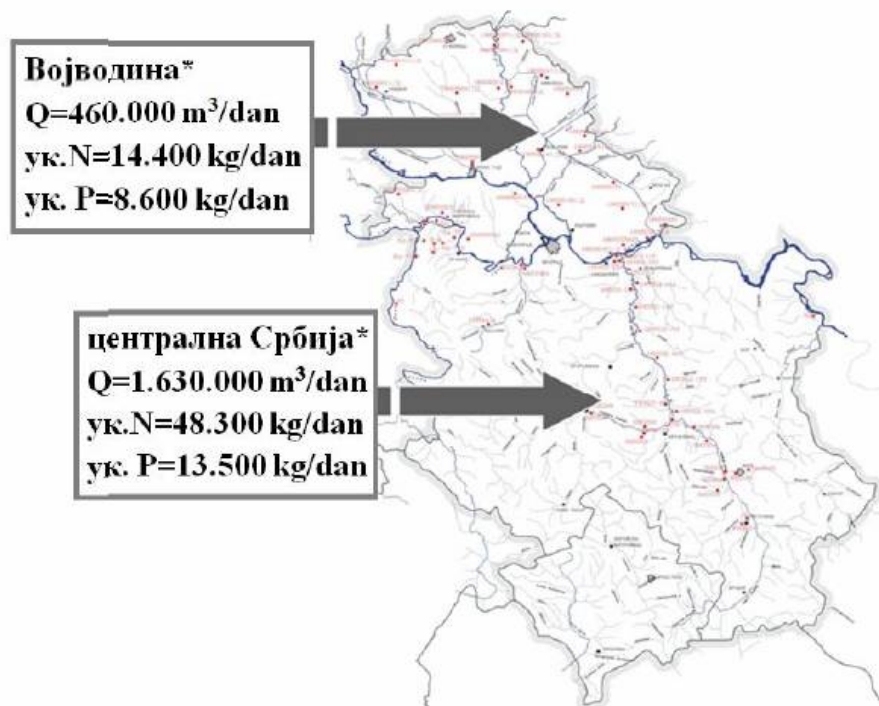
На слици 6. је приказана испусна цев из једног индустријског предузећа у реципијент. Реч је о води из рудника, која је препознатљива због специфичне боје коју је добила у индустријском процесу.



Слика 6.Испусна цев отпадне воде из рударства у реципијент која нам показује специфичну боју ове загађене воде [8]

Количине индустријских отпадних вода и утицај који оне врше на градски ефлуент могу се проценити упоређивањем особина градског ефлуента који садржи индустријске отпадне воде с особинама ефлуента у којем ових вода нема. При томе се узимају у обзир следећи критеријуми: биодеградабилност, присуство амонијака, утицај рН, редокс потенцијал, токсичност.

У Србији је ситуација са загађеним индустријским отпадним водама различита на различитим територијалним подручјима, што повлачи чињеницу да се различите гране индустрије налазе на различитим местима. Тако је проток индустријске отпадне воде у централној Србији за више од 3 пута већи него у Војводини, што значи већи број становника у том подручју, као и веће индустријске капацитете(слика 7.).



Слика 7. Укупна емисија загађења индустријским отпадним водама [1]

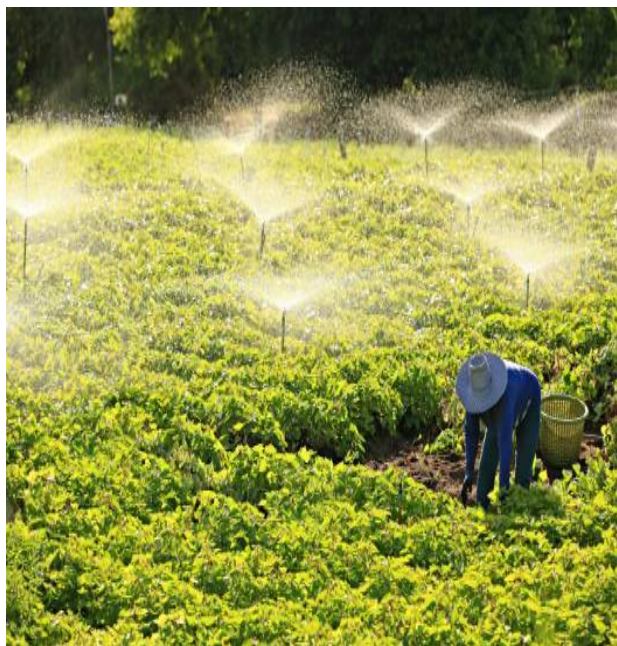
4.3. Отпадне воде агро-комплекса

То су посебне и површинске воде са земљишта, које је подвргнуто агротехничким мерама (слика 8.). На територији где је пољопривреда развијена, а неравномерна расподела падавина током године, пољопривредне површине се натапају. Вода која се процеђује до подземне воде или отиче, битно се разликује по саставу од вода за наводњавање.

Састав је промењен због испаравања воде и растварања вештачких ђубрива, средства за заштиту биљака, састава земљишта кроз које вода пролази.

Карактеристични показатељи ових отпадних вода су: висок рН, тврдоћа воде, садржај нитрата, фосфора и пестицида. У пољопривредне отпадне воде спадају и отпадне воде са сточних фарми, са течним изђубривањем. Главна карактеристика ових вода је висока концентрација органске материје, која се налази у таложном, суспендованом облику. Пољопривредне отпадне воде карактеристичне су по високом садржају амонијака.

Проблеми у заштити животне средине јављају се услед неодгорарајућег коришћења хемијских средстава у пољопривредној производњи, који се нестручно користе од стране пољопривредника и тиме веће количине загађујућих материја доспевају у тло, површинске и подземне воде.



Слика 8.Третмани земљишта који доводе до загађења [5],[9]

5. Заштита водних ресурса

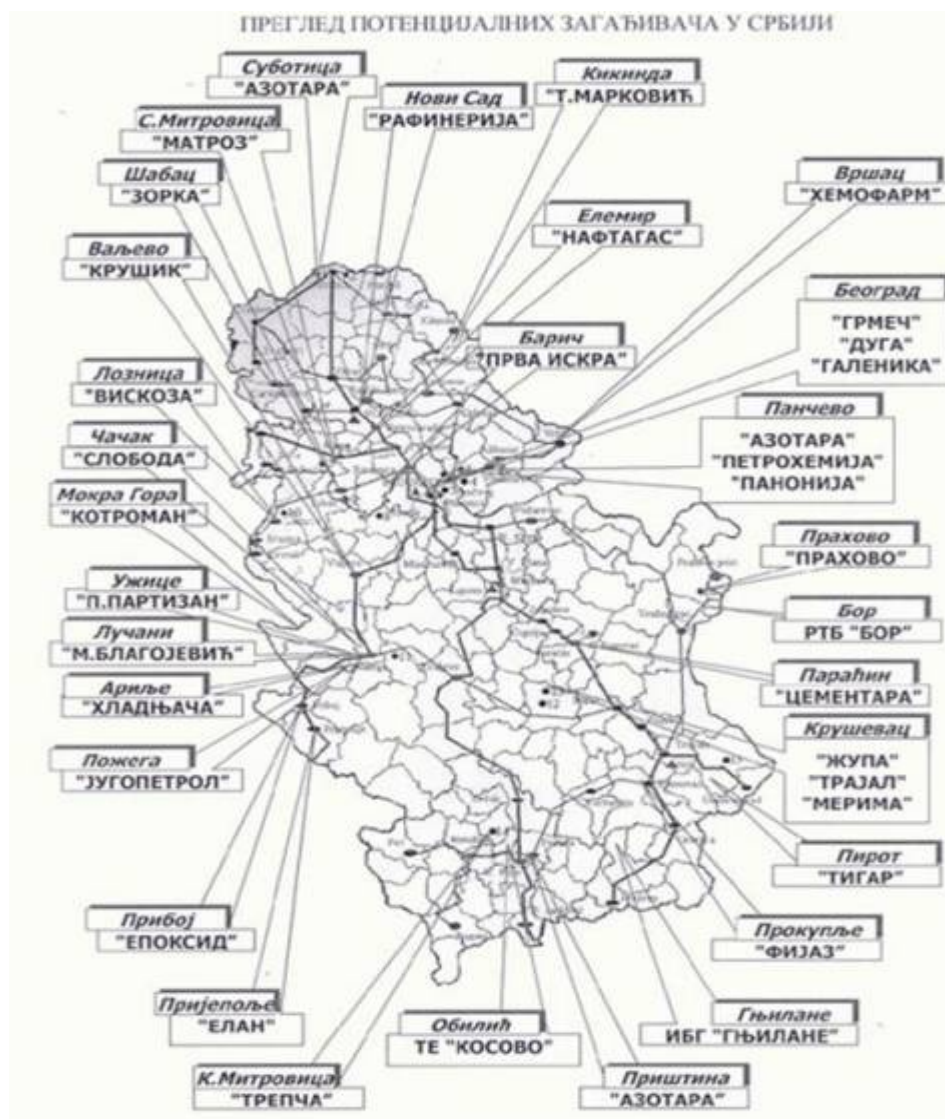
Вода представља једну од најважнијих сировина без које живот не би био могућ. То је сировина са великом моћи да прими и транспортује разноврсне загађиваче и контаминанте, али и да их тешко ода. Због тога је глобални проблем рационалног коришћења и заштита вода у свету све израженији.

У сталном кружењу загађивача у животној средини, може се рећи да су површинске воде (реке, језера и мора) веома загађене, а ни океани не заостају за њима. Последице се огледају у затрованој води, поремећеном механизму воде, уништавању биоценозе, немогућности самопречишћавања, нагомиланим и суспендованим материјама... Најчешће загађујуће материје су: сумпорна једињења, жива, фосфати, нитрати и органска једињења.

Сумпорна једињења су чести састојак површинских вода, у њих доспевају из индустријских отпадних вода, сливањем са земљишта и атмосфере путем киселих киша. Када се нађу у води могу да буду разложена од неких врста бактерија којима служе као храна. Разлагањем загађивача долази до размножавања бактерија што повећава потрошњу кисеоника, а последица је изумирање биљног и животињског света. Фосфати и нитрати када се нађу у рекама, делују као минерална ђубрива, па убрзавају раст воденог биља, што доводи до потрошње кисеоника у води. У воде доспевају преко отпадних индустријских вода и вештачких ђубрива, спирањем са земљишта [10].

Органске материје стижу из производње целулозе и папира. Оне доводе до смањења количине кисеоника и веома су опасне по биоценозу. Честице целулозних материја прекривају дно реке, а њиховом каснијом разградњом умањује се количина кисеоника. Својим механичким деловањем надражују шкрге риба и делују на њихово здравље [10]. Физичко здравље људи такође се угрожава загађеном водом.

Управљање водама чини скуп активности, одлука и мера чија је сврха одржавање, побољшавање и остваривање јединственог водног режима на одређеном подручју, што се нарочито остварује осигуравањем потребних количина воде одговарајућег квалитета за различите намене, заштитом вода од онечишћења, уређењем водотока и других вода и заштитом од штетног деловања вода. Заштита вода од онечишћења врши се ради очувања живота и здравља људи и заштите околине, те омогућавања нешкодљивог и несметаног коришћења вода за различите намене. Заштита вода остварује се надзором над стањем квалитета вода и изворима онечишћења, спречавањем, ограничавањем и забрањивањем радњи и понашања која могу утицати на онечишћења вода и стање околине те другим деловањима усмереним очувању и побољшавању квалитета и наменске употребљивости вода. Владе држава треба да планирају и реализују државне планове заштите вода, ради реализовања заштите вода, мора и океана у погледу заштите од онечишћења с копна. Посебан проблем је у очувању водних ресурса услед сталног загађивања од стране хемијске, прехранбене, пољопривредне и друге индустрије (слика 9.) [10].



Слика9.Потенцијални загађивачи водних токова у Србији [10]

Под термином „онечишћење вода“ подразумева се промена квалитета вода, која настаје уношењем, испуштањем или одлагањем хранљивих и других супстанци у воде, топлотне енергије, те других узрочника загађења, у количини којом се мењају својства вода у односу на њихову еколошку функцију и наменску употребу. „Загађење вода“ је онечишћење веће од допуштеног, а настаје уношењем, испуштањем или одлагањем у воде опасних супстанци из скупа опасних материја, када прекорачују њихово допуштене вредности у водама. Загађењем вода доводи се у опасност здравље и живот људи и могу наступити поремећаји у економији и другим подручјима.

Планови за заштиту вода утврђују: потребна истраживања и испитивања квалитета воде, мере заштите воде, укључујући и мере за случај ванредних и изненадних загађења вода, планови грађења објеката за одвод и пречишћавање отпадних вода у насељима, потребна финансијска средства, извори и начин финансирања, поједици које су дужни спровести план те њихова овлашћења и одговорности.

Саставни део планова за заштиту вода је категоризација вода. Категоризацијом се поједини водотоци и друге воде, полазећи од мерила из класификације вода, разврставају у скупове, који морају задовољити прописане услове квалитета и других особина вода. Класификацијом вода оцењује се квалитет вода и обавља сврставање вода у врсте на темељу допуштених граничних вредности појединих параметара, који обележавају изворе и узрочнике онечишћења вода. Класификација вода приказује се нумерички од I до V, а графички у бојама (табела 2)[10].

Табела 2. Градијент квалитета воде[10]

Група	Боја
I	ПЛАВА
II	ЗЕЛЕНА
III	ЖУТА
IV	ЦРВЕНА
V	ЦРНА

Према међународним прописима параметри за класификацију вода сврставају се у два скупа (табела 3)[10]:

Први скуп параметара- обавезни параметри за оцену опште еколошке функције вода.

Други скуп параметара- параметри који се испитују по посебним програмима садржаним у плановима за заштиту вода и циљаним програмима испитивања квалитета вода, те заједно с обвезним параметрима служе за ширу оцену опште еколошке функције вода и утврђивања услова коришћења вода за одређене намене.

Табела 3.Параметри за класификацију вода

Скуп	Параметри	Карактеристике	Врсте
I Обавезни параметри	A	Физичко-хемијске	pH, алкалитет, електрична проводљивост
	B	Режим кисеоника	отопљене, засићење, хемијска потрошња, биолошка потрошња
	C	Хранљиве супстанце	амонијак, нитрити, нитрати, фосфор
	D	Микробиолошки	број колиформа бактерија, број фекалних колиформа, број аеробних бактерија
	E	Биолошки	индекс сапробности, биотички индекс, ступањ трофије
II Испитивани параметри	F	Метали	бакар, цинк, хром, никл, олово, жива
	G	Органска једињења	минерална уља, феноли, бифенили, линдан, DDT
	H	Радионуклеоиди	од-131, цезијум, стронцијум..

Све врсте вода (I-V) имају прописане допуштене граничне вредности за поједине параметре, те се сваки од мерених параметара може сврстати у једно од пет врста вода. Сирова вода се с обзиром на изворе из којих потичу може поделити у две основне групе[10]:

- сирова вода из концентрисаних извора.
- сирова вода из расутих извора.

Концентрисани извори сирове воде су они који углавном могу бити надгледани. То су по правилу санитарне и индустријске отпадне воде, отпадне воде од пољопривредних фарми, процедурне воде депонија – ефлуат, и атмосферске воде које се прикупљају канализацијским системима и могуће их је надгледати помоћу уређаја за пречишћавање, односно на самом извору одабиром најбоље расположиве технологије и рецикулацијом вода.

Концентрисани извори који врше загађење могу се поделити у више скупова: становништво (домаћинства, болнице, хотели, школе и сл.), индустрија (хемијска, нафтна, грађевинска, комбинати, електране), пољопривреда (пестициди), депоније, саобраћајнице, туристички објекти и остали објекти.

За становништво које није спојено на јавни канализацијски систем, а снабдева се водом из властитих, индивидуалних извора воде или путем јавног водоводног система индиректно се може извршити процена на основу специфичне потрошње воде и оптерећења од 60 gO₂/ст./дан.

Становништво које није прикључено на канализациони систем своје отпадне воде одводи у сабирне или септичке јаме. Сабирне јаме се празне на следеће начине: у систем јавне канализације, на ограничене површине, тј. водопрпуснесептичке јаме се празне у подземље или у водоток.

Процену загађења воде могуће је вршити путем расположивих података кроз научне пројекте и процена на терену (слика10.).За пољопривреду се индиректно може извршити процена на основу геолошких и хидрогеолошких карактеристика терена, бројног стања сточног фонда.Депоније отпада које су неуређене представљају извор онечишћења вода, будући да депонијски отпад загађује земљу, оцедне воде се испуштају у водотоке или инфилтрирају у земљу.



Слика 10.*Процена квалитета воде на лицу места [11]*

6. Утицај отпадних вода на околину

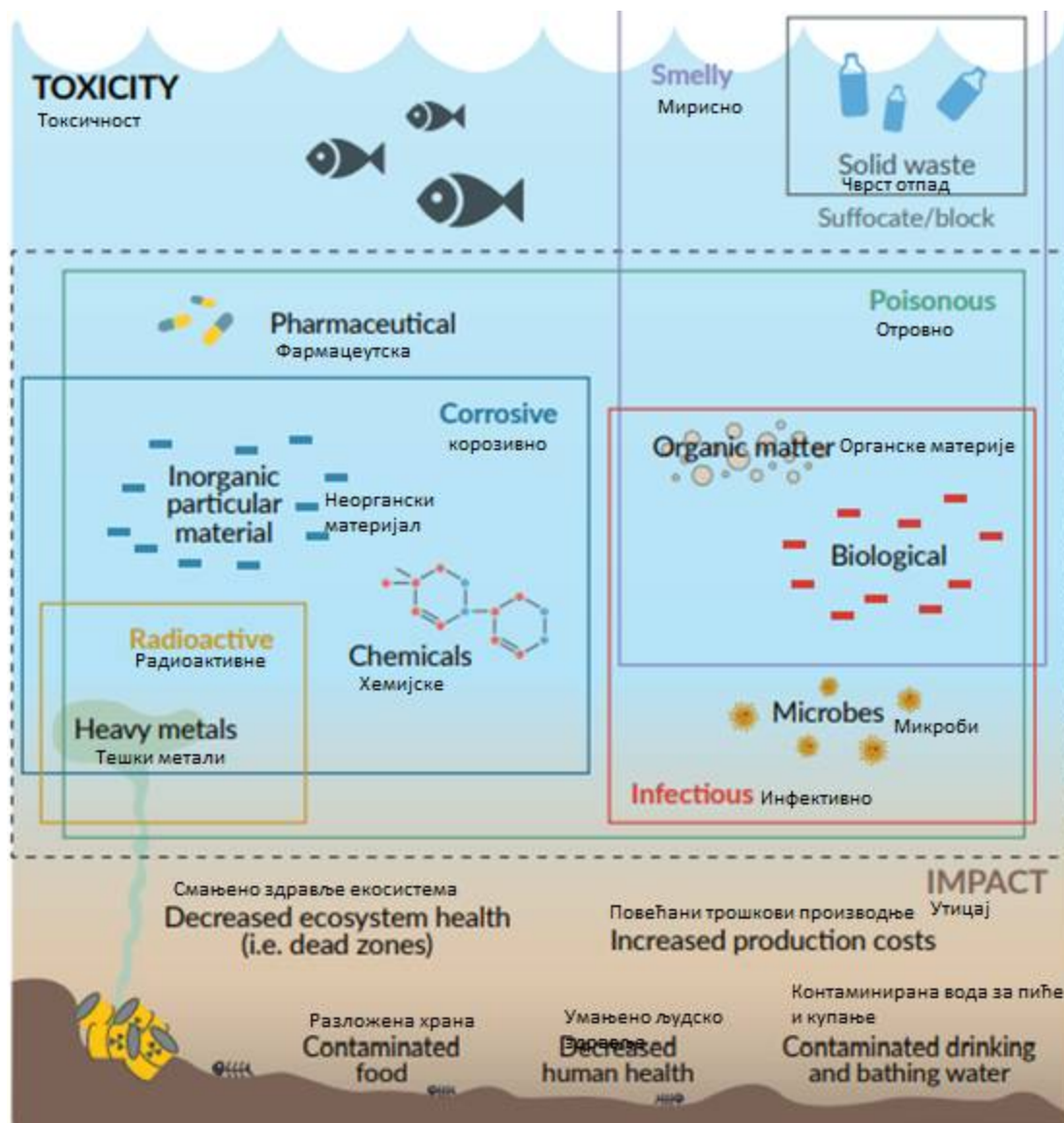
Загађење животне средине настаје услед дотока комуналних и индустријских отпадних вода. Оно може бити биолошко, хемијско, радиолошко, физичко и као промена температуре воде. Оптерећење вода може бити органско (текстилна, прехранбена, индустрија целулозе и папира), неорганско(рударство, производња угља и тешка индустрија) и бактериолошко (микроорганизми разлажу беланчевине, угљене хидрате, сулфате, амонијак, нитрате).

Последице ослобађања непречишћене или неадекватно третиране отпадне воде се могу сврстати у три групе:

- штетан утицај на здравље људи,
- ефекти који су повезани са смањеном количином чисте воде- квалитет воде,
- негативни утицаји на животну средину.

Испуштање необрађених отпадних вода у животну средину има велики негативан утицај и данас представља велики проблем. Забринутост због квалитета воде расте. Од 1990.године отпадним водама загађена је већина река у Африци, Азији и Латинској Америци, како због повећаног раста броја становника, економске активности или ширења пољопривреде, тако и због испуштања канализације без третмана директно у реке.

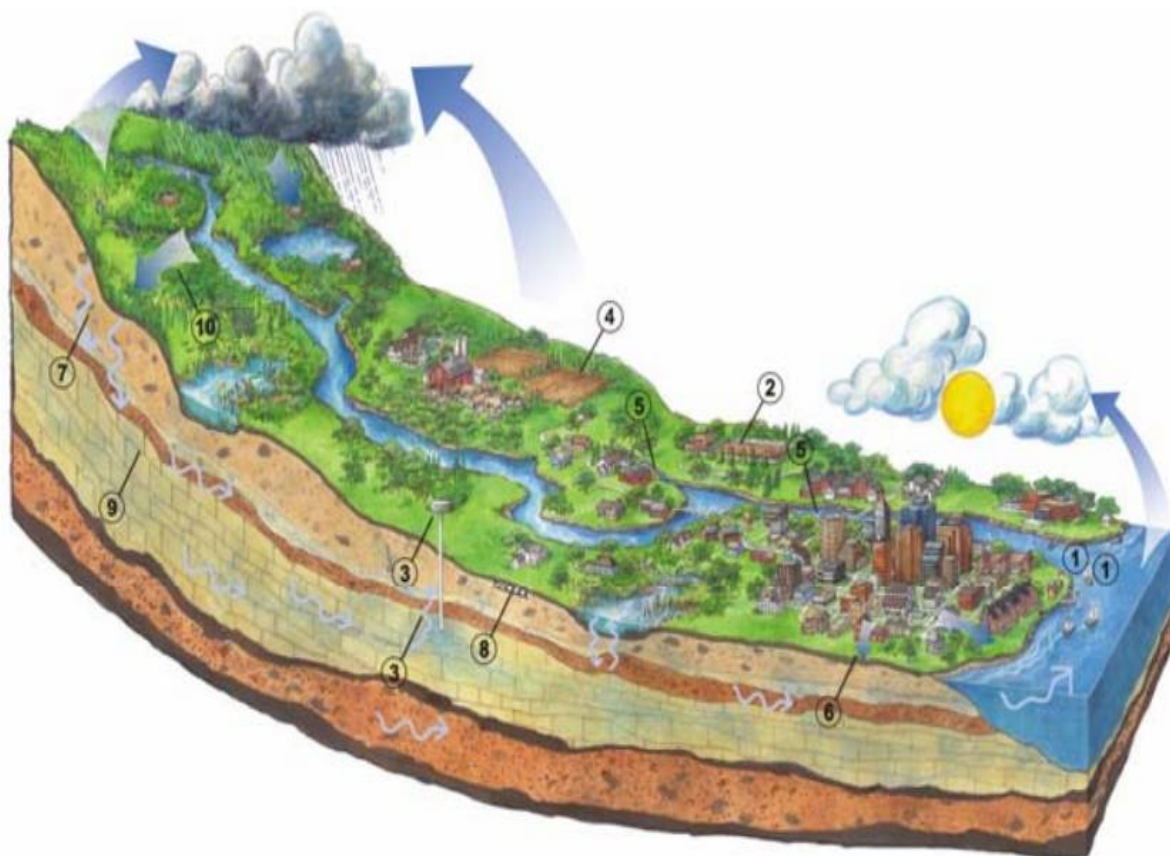
Све ово има велики утицај на екосистеме. Долази до еутрофикације, која је последица вишка азота и фосфора и која изазива цветање алги и смањење биодиверзитета. Такође, долази до поремећаја ланаца исхране у оквиру водених екосистема, и самим тим угинућа појединих врста, до бактериолошких и микробиолошких обољења, стварања непријатних мириса и боје воде. Окружење водених система такође пати од ових последица. Ствара се непријатно окружење које не погодује нормалном функционисању и живљењу у таквим околинама. На слици 11.су приказане загађујуће компоненте отпадних вода које ако се као нетретиране испуштају у реципијент, таложе и задржавају.



Слика 11. Приказ таложења и задржавања загађујућих компоненти у отпадним водама[5]

Какав ће утицај отпадне воде имати на околину, зависи од својства отпадних вода и количине отпадних материја. Утицај отпадних материја на околину је веома различит. Материје, као што су хранљиве соли, у малим количинама делују повољно, док веће концентрације могу узроковати поремећаје еколошког система. У отпадним водама се често сусреће присуство тешких метала (Hg, Pb, Cr, Cd). Испуштањем у околину ове материје и у малим концентрацијама могу деловати отровно на живи свет. Све отпадне воде садрже микроорганизме. Сапрофитни микроорганизми (разлагачи), биолошки разграђују органске материје, троше растворени кисеоник, па се може појавити нежељени мањак кисеоника, тј., анаеробно стање. Они разграђују органску материју до неорганске и тако обављају део поступка труљења материје у биосфери.

Међу микроорганизмима фекалног порекла има и патогених које могу бити узрочници тифуса, туберкулозе, колере, полиомиелитиса, хепатитиса. Ове заразне болести могу се пренети купањем у нечистој води (због додира са кожом или због гутања такве воде) или конзумирањем производа из воде, посебно шкољки, које се једу сирове. Отпадне воде се канализационим системима одводе из насеља и испуштају у водопријемнике: реке, канале, језера, море или земљиште (слика 12.). Пре испуштања у околну средину потребно је и Законом регулисати обавезе везане за пречишћавање отпадних вода.



Слика 12. Најчешћи извори загађења и путеви миграције отпадних вода: 1-индустријске отпадне воде, 2-депонисјке воде, 3-миграција отпадних вода према бунару, 4-примена агротехничких хемијских средстава, 5-загађени површински водоток, 6-миграција градских отпадних вода, 7-продирање отпадних вода у подземље, 8-одлагање индустријског отпада, 9-подземне воде, 10-површинске отпадне воде.

7.Развој третмана отпадних вода кроз историју

Средином 19-ог века, произведене отпадне воде у брзо развијајућим индустријским регијама и градовима испуштане су директно у реке и канале, као и у земљиште испод тоалета, у двориштима оронулих квартова.Често, пумпа воде за пиће је била смештена одмах до тоалета.Због таквих разлога, близине места испуштања и захватања воде, није била чудна честа појава колере, посебно у великим градовима.



Слика 13.*Карикатура ситуације на енглеским рекама и каналима*[14]

Први корак у решавању проблема загађења река било је описати то загађење узимањем узорак и мерењем.Френкланду је наложено од стране Лондонске управе да месечно презентује извештај о водоснабдевању. 1868.год., поводом састанка Краљевског Института Велике Британије, он је истакао да је пијаћа вода која стиже у Лондон из Кадер Идрис и Плајлимон планина (северни Велс) загађена „нездравим клицама“ и хемикалијама (Frenkland 1869.)[14].

Сличан извештај и опис методе мерења као и резултати били су објављени од стране Финкенера и Зинрека, што се односило на језера и реке у и око Берлина(Finkener 1871; Zinrek 1871).

Године 1871.резултати Комисије за речна загађења на челу са Френклендом, постали су доступни. Од посебног значаја било је стање реке Ирвел и њених притока.На дужини од преко 56km било је 285 фабрика које су испуштале своје отпадне воде у ову малу реку, која је била изузетно загађена (Rajh 1871).Тада се дискутовало о томе да ли концентрација загађујућих материја може бити редукована помоћу хемијске оксидације током њиховог транспорта у реку. Едвард Виебе, на пример, је био убеђен да су све отпадне воде Берлина које се испуштају у реку Спри између Шарлотбурга и Шпанда пречишћене „самопрочишћавањем“, природним хемијским процесом који је повољан за коришћење (Viebe 1873).

7.1.Рани биолошки процеси третмана отпадних вода

Прикупљање отпадних вода у системе канала служио је сврси, али испуштање тих вода у реке није било решење проблема јер би количина испуштених вода била далеко већа у односу на проток у речном току. У Берлину, Хобрехт је предложио а затим и изградио систем за прикупљање отпадних вода са 12 радијалних рукаваца - пет

јужно и седам северно од реке Спри. У сваком радијалном систему, кишница и отпадна вода су текле ка најнижој тачки помоћу гравитације (тај систем је и данас у употреби), одакле је пумпана у цеви за наводњавање поља изван града. У средини сваког поља за наводњавање, вода је излазила кроз хидранте и вентиле и пролазила кроз јаркове за наводњавање у пољима.

Вода је продирала у земљу и бивала прикупљена кроз порозне керамичке цеви и текла у дренажне канале и коначно у канале или реке (Hobreht 1884). Слична поља за наводњавање била су изграђена у околини неколико других градова. Подаци о концентрацији отпадних вода мереној на уласку и изласку су веома ретки. Табела 4 показује неке податке који датирају од 14.априла 1891.год., и односе се на поље за наводњавање у Вроцлаву (Ufelman 1893). Ако упоредимо вредности растворених органских материја од 155.9 mgL^{-1} (при уласку) и 53.2 mgL^{-1} (при изласку), можемо закључити да је око 66% органских материја уклоњено. Нитрификација је била скоро потпуна (амонијак $105 \rightarrow 7 \text{ mgL}^{-1}$) [14].

Табела 4. Концентрација узорака при улазу и изласку из поља за наводњавање у Вроцлаву [14]

Супстанца	Концентрација mgL^{-1}	
	Утицање	Истицање
Суспендовани материјали	195,2	54
Органски	155,9	53,2
Неоргански	531,4	425,2
Растворени материјали	687,3	478,4
Потрошња KMnO_4	118,1	9,7
Амонијак	105	7
Азотна киселина	-	17,5
Фосфорна киселина	22,4	-

Након оснивања „Краљевског Института за водоснабдевање, тестирање и санацију“ у Берлину, експерименти су извођени систематски како би се проучавала повремена земљишна филтрација, у циљу налажења најбољег типа контактних слојева и како би се побољшао процес у Темпелхофу (ThumiPrickov 1902, Zap 1902). Развој и експерименти водили су коначно до развитка континуирано оперативних филтера за процеђивање.

Једно од првих постројења великих размера је саграђено у облику контактних слојева коришћењем великих комада кокса и вршило је повремену филтрацију у Стансдорфу близу Берлина (Muler 1907)[14].

7.2.Рани процеси контроле испуштања отпадних вода

У почетку, чврст и течни отпад је испуштан на улице и у дворишта средњевековних градова и села. Некалдрмисане улице и путеви били су пуни блата, нарочито након јаких киша. Како су домаће животиње такође живе у овим областима, блато се мешало са чврстим и течним фекалијама. Оваква ситуација је остала непромењена све до првих прописа које су издале локалне власти.(Hosel 1990).

У 16.и 17. веку у Берлину, прописи Изборника и градског Савета били су углавном ограничени на уклањање чврстог отпада и одлагања на гомиле. У 18.веку, многи станари који нису имали тоалете у својим двориштима и даље су празнили своје посуде за нужду на улице. Градско Веће Берлина забранило је ово убирањем казне и дефинисањем листе места на реци Спри где су се посуде за нужду могле празнити у одређено време у току дана. Након 1830.год., све више и више канала за отпадне воде је грађено, неки од њих су се налазили испод земље, неки од њих су грађени као отворени канали непосредно поред тротоара. Ови су веома често бивали запушени и отпадне воде нису могле да отичу, нарочито након и током падавина. У 19.веку, било је забрањено испразнити посуду за нужду у реку Спри. Међутим, овај закон је веома тешко било спровести (слика 14.; Hosel 1990) [14].



Слика 14.*Сатиричан приказ испуштања фекалија у реку Спри [14]*

До друге половине 19.века, уобичајена пракса је била испуштање отпадних вода у реке, и било је нормално да се заједнице које су се налазиле низводно сналазе са загађеном водом (Driver 1999). Ови проблеми су драматично порасли како је почео индустријски развој у брзо растућим градовима. У циљу избегавања епидемија као што је колера и тифус, морали су се издати закони за третман и испуштање отпадних вода[14].

У Немачкој, до 1945.год. прописи о води издавани су само од стране државе, неки од њих чак само у последње 32 године 19.века (нпр: „ Олденбургшка политикаводе", 10. новембра 1868.; „Брунсвишки закон о води", 20.јуна 1878.).

У Пруској, највећој и индустријски најразвијенијој регији у Немачкој, прописи о води су први пут установљени 1913.године (Šlegerberger 1927., 1931.), јер је око 80 појединачних прописа морало бити уједињено у један, где је сваки од тих прописа био валидан у само једној од 80 пруских регија. Овај изненадан посао од 1600 страница, обраћао је пажњу на проблеме као што су својинска права на пловним путевима и језерима, обавезама при одржавању пловних путева и обала, као и заштиту од поплава. Ограничења у обиму и концентрацији отпадних вода испуштаних у површинске воде нису назначена.Слични закони су били на снази у целој Немачкој и у основи нису мењани до 1945.године[14].

Важан развој у законодавству Немачке била је структура „Законом је уређено плаћање накнада за одлагање отпадних вода у површинске воде" (од 13. септембра 1976.), који је ступио на снагу 1.јануара 1978. године.

Наплаћивање накнада почело је 1.јануара 1981. године, а покривало је само директно испуштање отпадних вода у површинске воде. Такозвана еквивалентна оптерећења обрачунавана су према годишњем нивоу оптерећења одређених супстанци (Berendes и Vinters 1981). Једно еквивалентно оптерећење (необрађена отпадна вода домаћинства произведена од стране једне особе годишње) имала је вредност 12 DM (6 €) 1986.а касније 40 DM[14].

Посматрајући период од средине 19. века па до 80- их година 20 века, може се закључити да су научници имали великих проблема и превасходно изазова, како би прво детектовали пре свега узрочнике различитих хидричних болести и тровања, па тек онда да пронађу начине, поступке и средства за третман како индустријских, тако и комуналних отпадних вода. Још у том времену је био препознат проблем са отпадним водама, па су се ти проблеми кроз време и развоју науке парцијално решавали, али се ни до данашњих дана нису у потпуности решили.Напредак је видљив самим доношењем Закона у тој области, који може и мора бити бољи.Рад на том пољу нам тек предстоји [14].

8. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода

Уобичајена подела карактеристика отпадних вода је на физичке, хемијске и биолошке карактеристике. Отпадне воде, веома се разликују по својим карактеристикама те било каква генерализација је тешко изводљива [1].

Испод је приказана табела у оквиру које је представљен типичан састав непречишћених комуналних отпадних вода (табела 5).

Табела 5. Типичан састав непречишћених отпадних комуналних вода [1]

		Концентрација, mg/l	
		Опсег	Средња вредност
Укупне чврсте материје		350 ÷ 1200	720
-растворне		250 ÷ 850	500
-суспендоване		100 ÷ 350	220
Биохемијска потрошња кисеоника	ВРК ₅	110 ÷ 400	220
Укупан органски угљеник	ТОС	80 ÷ 290	160
Хемијска потрошња кисеоника	НРК	250 ÷ 1000	500
Укупан азот		20 ÷ 85	40
Органски азот		8 ÷ 35	15
Слободан амонијак		12 ÷ 50	25
Нитрити		0	0
Нитрати		0	0
Укупан органски фосфор		1 ÷ 5	3
Укупан неоргански фосфор		3 ÷ 10	5
Хлориди		3 ÷ 100	50
Алкалитет	CaCO ₃	50 ÷ 200	100
Уља и масти		50 ÷ 150	100

8.1. Физичке карактеристике

Најзначајније физичке карактеристике отпадних вода су: садржај суве материје, боја, мирис и температура воде. Поред њих значајни су и параметри као што су: мутноћа, укус, електропроводљивост и садржај флотирајућих материја [1].

8.1.1. Сува материја

Најважнија физичка карактеристика отпадних вода је свакако садржај суве материје (СМ), која се дефинише као остатак након сушења узорка на 103 – 105 °С, при чему на овај начин нису обухваћени састојци са ниском тачком кључања. Филтрацијом преко мембране одговарајућег пречника пора, обично 0.45 µm, сува материја се раздваја на суспендоване честице са пречницима од око 1 µm и већим и филтрат који чине колоидне честице и раствор (органски и неоргански молекули и јони растворени у води). Обично се посебно одређује и фракција суспендованих честица која се лако таложи и та фракција је приближна мера количине талога (муља) која би доспела у реципијент и која се уклања у уређајима за таложење [1].

Колоидне честице, приближно у опсегу пречника од 10^{-3} μm до 1 μm не могу се уклонити из воде таложењем већ се морају применити сложенији поступци, као што је коагулација или биолошка оксидација, а затим таложење. Сува материја се може даље раздвојити жарењем на $550 \pm 50^\circ\text{C}$. Жарањем се уклања (испарава) органска и мали део неорганске суве материје, тако да се та фракција суве материје дефинисана преко губитака жарењем може условно назвати „органска сува материја” (ОСМ). Остатак после жарања који представља неорганску фракцију суве материје назива се “пепео”. Обично се одређивање ОСМ користи приликом анализе муљева који настају у процесу пречишћавања отпадних вода, а нарочито биолошких муљева из реактора за аеробну и анаеробну биолошку обраду отпадне воде, када представља индикатор количине активне биомасе у муљу [1].

8.1.2.Боја

Боја представља оптичко својство воде. Последица је апсорпције и рефлексije светлости одређене таласне дужине без скретања таласних дужина. Боја воде може бити различита због присутних примеса. Одређује се колOMETРИЈСКИ на основу платино-коблатне скале и изражава се у степенима.

На основу боје може се грубо проценити стање отпадне воде (слика 15.). Тако су „свеже” отпадне воде обично сиве боје (отпадне воде појединих индустрија могу имати сасвим другу боју), док код „одлежалих” отпадних вода, након утрошка целокупног раствореног кисеоника деловањем аеробних микроорганизама и након настанка анаеробних (септичких) услова, боја прелази у црну.



Слика 15. Обојена и необојена вода [25]

8.1.3.Мирис

Мирис је карактеристика отпадне воде на коју су људи најосетљивији. Мирис потиче од соли, гасова и органских једињења насталих процесом животне активности организама. Природни мириси (мирис трулежи, плесни) настају приликом разлагања органских материја или услед животне активности водених организама. Вештачки мириси (мирис фенола, итд.) јављају се приликом антропогених загађења воде. Обично мирис отпадне воде потиче од гасова који настају у процесу распада органске материје (неке индустријске отпадне воде имају мирис који је карактеристика технолошког процеса од кога потичу). Мириси се одређују органолептички на собној температури и 40°C , а дефинишу се описно. Дају се оцене од 0-5 (табела 6).

Табела 6.Оцене одређивања мириса воде

Оцена	Јачина мириса	Опис одређивања
0	Нема	Одсуство мириса. Не може да се запази.
1	Врло слаба	Мирис може да утврди посебно оспособљено лице.
2	Слаба	Мирис не скреће пажњу.
3	Приметна	Мирис се лако установи.
4	Знатна	Мирис који се одмах установи.
5	Врло јака	Врло јак мирис.

8.1.4.Температура

Температура отпадне воде је значајна карактеристика јер утиче на биосвет водотокова у које се испуштају такве, загрејане, отпадне воде, првенствено зато што се на вишим температурама растворљивост кисеоника у води смањује[1].

8.2.Хемијске карактеристике воде

Разликујемо низ хемијских карактеристика отпадне воде. Детаљније ће се размотрити само садржај органских материја, а укратко још неке важније. Наравно у зависности од порекла отпадне воде, нарочито када је о индустријским отпадним водама реч, најважнија може да буде и нека друга хемијска карактеристика, на пример неки од тешких метала, поједина токсична органска једињења (феноли, пестициди, и слично), површински активне материје, итд.

8.2.1.Органске материје

Свакако најзначајнија хемијска карактеристика отпадне воде је садржај органских материја. При томе се по правилу одређује укупан садржај, а ређе се анализа обавља на поједине групе органских материја (феноли на пример) или на специфична органска једињења (на пример пестициди).

Укупни садржај органских материја се може одредити:

1. Преко потрошње оксидационог средства (нпр.кисеоника, калијумдихромата):

-Биохемијске потрошње кисеоника БПК (енглески: *BOD – Biochemical Oxygen Demand*),

-Хемијске потрошње кисеоника ХПК (енглески: *COD – Chemical Oxygen Demand*).

2. Директним мерењем органског угљеника:

- Укупни органски угљеник УОУ (енглески: *TOC - Total Organic Carbon*).

За одређивање органских материја у води оксидометријски, веома дуго се користи и утрошак оксидационог средства, који служи као мера садржаја органских материја. Најстарија метода је утрошак KMnO_4 , иако оксидација не тече квантитативно, посебно код вештачких органских материја.

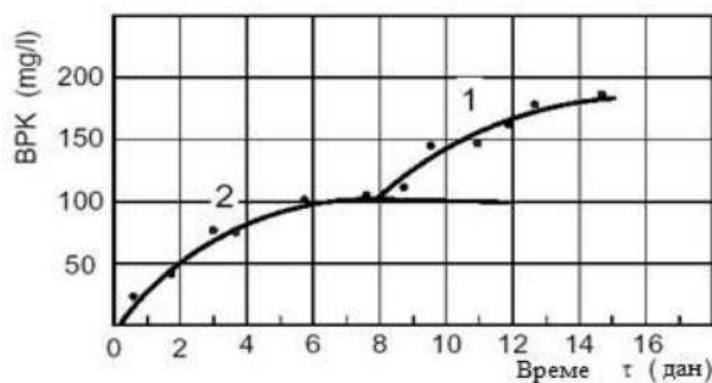
8.2.1.1. Биохемијска потрошња кисеоника

БПК карактерише биолошку активност отпадних вода и представља главни показатељ загађености отпадних вода. БПК је количина кисеоника која је потребна микроорганизмима из воде да у аеробним условима на температури од 20°C , у одређеном времену инкубације, оксидују органске материје у води. Аналитички, БПК је масена концентрација раствореног O_2 која је под одређеним условима утрошена за биолошку (биохемијску) оксидацију органских и дела неорганских материјала у води.

Одређивањем БПК одређује се загађеност отпадних вода и проверава ефикасност постројења за пречишћавање. У свету је прихваћено да се најчешће одређује БПК₅, тј. потрошња O_2 за 5 дана, иако у том периоду нису све органске материје оксидоване. Вредност БПК₅ износи приближно 70 – 80 % од БПК.

При одређивању БПК 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 16.) ако број организама није велики и ако им је раст успорен. Прва фаза у којој долази до оксидације угљеника до CO_2 и водоника до воде траје релативно кратко време 7- 10 дана. Друга фаза у којој азот оксидира до нитрита, а затим до нитрата – нитрификација, траје знатно дуже време. Сметње које се могу јавити при одређивању БПК су:

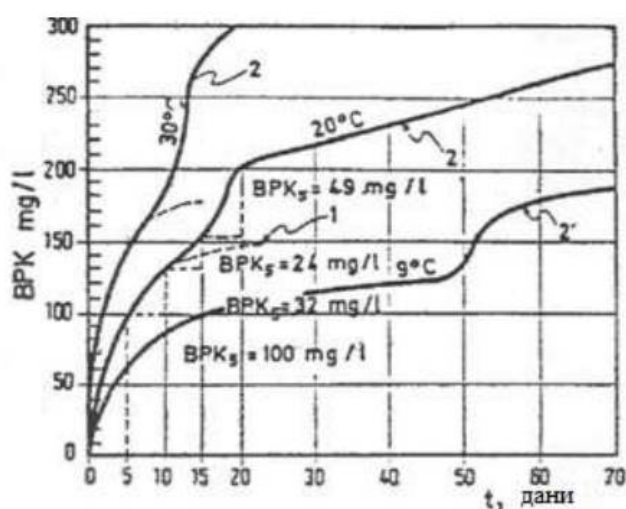
- појава нитрификације,
- присуство токсичних компоненти,
- нитрити.



Слика 16. Криве БПК за азот (1) и угљеник (2) [1]

Поједине компоненте не оксидишу до CO_2 при биолошкој реакцији, па је потребна мања маса кисеоника у односу на вредност одређену стехиометријским прорачунима величине ХПК. Присутност биолошки неразградивих материја у отпадној води манифестује се већом вредношћу ХПК у односу на БПК. У биолошки неразградиве органске материје спадају: целулоза, угљена прашина, лигнин, танин и већина од низа синтетичких органских једињења. Однос ХПК/БПК₅ карактеристика је за поједине отпадне воде, и у зависности од састава може бити различит и утврђује се лабораторијским поступцима основа. Мешавина не сме садржати токсичне компоненте.

Са порастом температуре воде расте и брзина потрошње кисеоника, односно биохемијска оксидација (слика 17).



Слика 17. Биохемијска потрошња кисеоника у зависности 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 (БПК_{пот}). У општем случају вредност БПК пропорционална је количини угљеника и водоника у органској материји, односно концентрацији органске материје. БПК је основни показатељ који служи и као индикатор претпостављеног утицаја загађених вода на воду пријемника у коме долази до снижења садржаја раствореног кисеоника. Као правило важи да се код одређивања степена пречишћавања загађених вода на постројењима у ефлуенту постигне таква БПК вредност која неће смањити садржај раствореног кисеоника низводно у водотоку (реципијенту). БПК се изражава у mg/l , /m^3 , $\text{g/(st}\cdot\text{d)}$, g/d . Вредности БПК за отпадне воде из различитих процеса су наведене у табели 7.

Постоје три методе које се користе за одређивање БПК₅:

- Метода разблажења,
- Манометријска метода,
- Кулометријска метода.

Табела 7.Вредности БПК за неке непречишћене отпадне воде код различитих производних процеса [1]

Отпадна вода	БПК mg/l
Из домаћинства	350
Сульфитна лужина из производње папира	20.000 ÷ 45.000
Из производње пива: -после издвајања остатка јечма -после издвајања остатка хмеља -од прања боца	15.000 7.430 550
Џибра из производње алкохолних пића	10.000 ÷ 25.000
Џибра из производње етанола	10.000 ÷ 25.000
Из производње квасца	3.000 ÷ 14.000
Из производње пеницилина: -влажан мицелијум после филтрирања -Филтрат -после испирања	4.000 ÷ 40.000 2.150 ÷ 10.000 210 ÷ 13.800
Из производње стрептомицина	2.450 ÷ 5.900

8.2.1.2.Хемијски потребна количина кисеоника ХПК

Хемијски потребна количина кисеоника (ХПК) и укупно потребна количина кисеоника су такође показатељи концентрације органских компонената (слика 18). ХПК је хемијски потребна количина кисеоника за оксидацију органских компонената и неорганских соли, и представља показатељ загађености отпадних вода. ХПК се најчешће изражава потрошњом O_2 у mg/l. Најбољи показатељ концентрације органских компонената је теоријска вредност ХПК, која одговара количини кисеоника потребној за оксидацију органског угљеника. Одређује се на основу стехиометријских једначина реакција оксидације.ХПК карактерише оксидација компонената само у CO_2 , H_2O и NH_3 .

Значај вредности ХПК зависи од састава воде: за градске отпадне воде је ХПК реална мера теоретске потрошње кисеоника јер се велики број присутних једињења оксидише (90-100%), док за воде онечишћене материјама које се тешко оксидишу под датим условима, ХПК вредност је непоуздана мера теоретске потрошње кисеоника.

Методe за одређивање ХПК су:

- отворена титриметријска рефлукс метода,
- затворена титриметријска рефлукс метода,
- затворена спектрофотометријска рефлукс метода.

8.2.1.3. Укупан органски угљеник (УОУ)

Укупан органски угљеник је мера садржаја органски везаног угљеника у отпадној води. Одређује се мерењем количине CO_2 насталог оксидацијом органског угљеника. Пошто одређивање укупаног органског угљеника не зависи од степена оксидисаности органских материја (за разлику БПК и ХПК), то се њиме не обухватају други органски везани елементи, азот и водоник на пример, као и нека неорганска једињења која реагују приликом одређивања потрошње кисеоника мереног преко БПК и ХПК. То значи да је УОУ бољи показатељ садржаја органских материја у отпадној води од БПК и ХПК, али како УОУ не даје исту врсту информација то се њиме не замењује одређивање БПК и ХПК [1].

8.2.2. Протеини, угљени хидрати, уља и масти

Сем познавања укупног садржаја органских материја у отпадној води може бити од значаја да се сазнају удели неких од најважнијих група органских једињења: протеина, угљених хидрата, уља и масти, с обзиром на њихов различити утицај на екосистем и на различито понашање приликом пречишћавања.

Тако су на пример, протеини (заједно са уреом) најважнији извор азота у водотоковима, а у процесу њихове разградње често настају веома непријатни мириси, угљене хидрате често карактерише веома различита биоразградљивост (шећери се брзо разграђују, целулоза веома споро), уља и масти су обично тешко биоразградљиви, а познато је да уља стварају танак слој (филм) на површини водотокова чиме, отежавајући унос кисеоника, угрожава живи свет у води [1].

8.2.3. Специфична органска једињења: површинске активне материје, пестициди, феноли

Отпадне воде, у зависности од порекла, могу да садрже веома различита органска једињења, од којих су површински активне материје, пестициди и феноли само типични представници. Број тих органских материја је, упоредо са развојем индустрије и поваћаног стандарда све већи. Многе од њих су споро биолошки разградиве или чак неразградиве, а често и веома токсичне, тако да њихово испуштање са отпадним водама драстично нарушава живи свет реципијента, а тешко их је уклонити биолошким поступцима пречишћавања.

Површински активне материје (у највећој мери пореклом из детергента) изазивају пењење на површини водотока отежавајући унос кисеоника, као и пењење у уређајима за пречишћавање. Пестициди и хербициди доспевају у реципијенте спирањем са пољопривредних површина, веома су токсични за живи свет у води и значајно смањују (због контаминисаности) употребну вредност такве воде, а токсични су и за радну микрофлору биолошких поступака пречишћавања. И феноли веома негативно утичу на употребну вредност воде реципијента, поготово ако се таква вода хлорише јер настају хлорфеноли су веома непријатног мириса [1].

8.2.4. Неорганске материје

Укупан садржај неорганских материја у отпадним водама (изузимајући ефлуенте појединих фабрика или погона) је толико ретко да би захтевало његово генерално уклањање, али зато поједине неорганске материје негативно утичу на реципијенте и морају се уклањати пречишћавањем [1].

8.2.5. Азот, фосфор, сумпор

Азот и фосфор спадају у најважније биогене елементе, те њихово значајније уношење са отпадним водама изазива прекомеран раст воденог биља и такозвану еутрофикацију („забаривање”) водотокова. Азот се налази у различитим облицима у отпадним водама (органски, амонијачни, нитритни и нитратни азот) или се приликом самопречишћавања водотокова односно биолошког пречишћавања отпадних вода преводи из једног облика у други, а у зависности од форме различит је и негативан утицај на реципијент: амонијак је изразитог и непријатног мириса, повећане концентрације нитрата у води су веома штетне по здравље деце, итд. [1].

Сумпор се из сулфата којих има веома често у већим концентрацијама у појединим отпадним водама, редукује у анеробним условима (какви често владају у канализационим условима и у муљу на дну водотокова) до водониксулфида, H_2S , који је изразито непријатног мириса и веома токсичан, а настали H_2S се може оксидовати до веома корозивне сумпорне коселине [1].

8.2.6. рН, алкалитет, киселост

Веома важна карактеристика отпадне воде је и њена рН вредност, јер ће екстремни рН отпадне воде, било висок било низак, отежати њено биолошко пречишћавање и негативно утицати на живи свет реципијента у који би се таква непречишћена отпадна вода испустила. Док је рН квалитативни показатељ, садржај база/киселина (тзв. титрациони алкалитет/киселост) је квантитативни показатељ, непходан у процесима хемијске обраде воде [1]. Због ферментационих процеса, индустријске отпадне воде имају киселу реакцију $pH < 7$, док комуналне отпадне воде имају базну реакцију $pH > 7$ (слика 18.). Због тога је понекад могуће испуштати индустријске отпадне воде у канализациону мрежу.



Слика 18. Скала базних вредности отпадне воде [10]

8.2.7.Тешки метали, токсичне супстанце

У појединим индустријским отпадним водама, налазе се недозвољено велике концентрације тешких метала (олово, кадмијум, хром, жива, итд) који су токсични и чијим доспевањем у реципијент се употреба тако контаминиране воде доводи у питање. У отпадним водама у зависности од порекла, среће се читав низ токсичних супстанци као што су: цијаниди, хлорована органска једињења, итд.

За поједине отпадне воде (на пример из неких погона металопрерађивачке индустрије, производње боја и лакова, итд.) морају се идентификовати токсичне материје и одредити тачне концентрације како би се дефинисао најбољи начин пречишћавања односно утврдиле штете које настају испуштањем таквих отпаних вода у реципијенте[1].

8.3.Биолошке карактеристике

Биологија отпадних вода је изузетно сложена област. За утврђивање квалитета отпадних вода пре и после пречишћавања (и за успешан рад биолошких поступака пречишћавања) морају се знати и одређене биолошке карактеристике.

8.3.1.Микробиолошка испитивања

За утврђивање тзв.санитарног квалитета воде, мора се знати који индикаторски микроорганизми и у ком броју се налазе у води (слика 19.). У првом реду се то односи на патогене микроорганизме, изазиваче тешких заразних болести (тифуса, колере, и сл.) на чије присуство су индикатори колиформне бактерије, те фекалне стрептококе које изазивају фекално загађење[1].



Слика 19.Микробиолошко испитивање[12]

8.3.2.Биолошка испитивања

Она се користе у првом реду да би се утврдила токсичност отпадне воде на био свет водотокова, јер се токсичност не може оценити само на основу физичких и хемијских карактеристика отпадне воде. На основу биолошких испитивања се утврђује и учинак појединих поступака пречишћавања. За биолошке тестове се користе одређене групе организама: планктон, алге, рибе, итд.

9. Поступци пречишћавања отпадних вода

Ради спречавања загађења реципијента директним испуштањем отпадних вода, приступило се градњи постројења за пречишћавање отпадних вода. Пречишћавање отпадних вода представља смањење или елиминацију негативних утицаја отпадне воде на водопријемнике и животну средину, уопште. Пречишћавање отпадних вода обавља се применом различитих физичких, хемијских и биолошких поступака. Они се обалају у посебно изграђеним и за то намењеним базенима-реакторима (слика 20.) [1].

Стандардно пречишћавање градског ефлуента обухвата:

- механичке поступке (претходна прерада),
- физичко-хемијске поступке,
- биолошко пречишћавање,
- прера дамуља, као концентрованог отпада.

За делимично пречишћавање воде може бити довољан и сам процес физичке прераде. У супротном када се тражи висок степен пречишћености воде, треба применити терцијарну прераду, која подразумева одстрањивање фосфата, азота, активних материја и хлорисање.



Слика 20. *Посебно изграђена постројења за прераду воде- базени [5]*

Физичко-хемијски поступци налазе своју примену и у случају када је потребан висок степен пречишћености (бање, туристички центри).

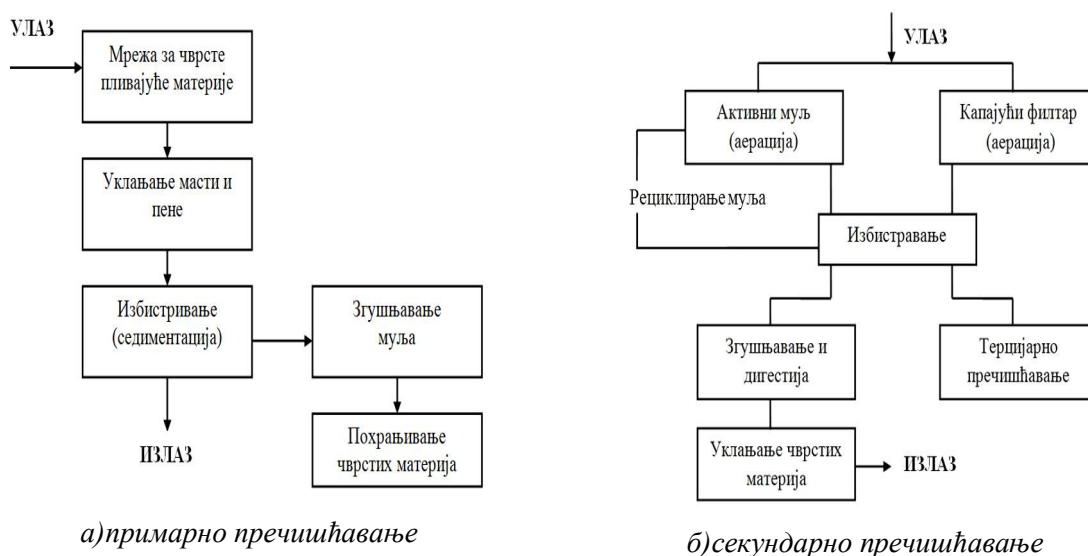
Постоји неколико различитих фаза процеса пречишћавања отпадних вода и опција извођења. За свако постројење у зависности од састава, количине, протока отпадне воде изводе се сви поступци или само одабрани. На слици су приказане све могуће фазе процеса са објашњењем (слика 21.).



Слика 21. Фазе процеса пречишћавања и опције извођења [13]

9.1. Механички поступци у третману отпадних вода

Механичким поступцима пречишћавања називамо поступке који се заснивају на уклањању физичких нечистоћама воде услед разлике у специфичној маси, облика, тежине, итд., и на деловању физичких сила (гравитације, притисак, итд.). Механичким (или физичким) пречишћавањем уклањају се: грубе примесе, инертан материјал и један део биолошки разградљивих састојака из отпадне воде. Ти поступци су основа такозване претходне обраде и процеса примарног пречишћавања, као и појединих фаза процеса секундарног и терцијалног пречишћавања отпадних вода (слика 22.). Који ће се од поступака механичког пречишћавања применити, то зависи од порекла и карактеристике отпадне воде и од траженог степена пречишћавања.



Слика 22. Упростијена шема примарног (а) и секундарног (б) пречишћавања отпадних вода [1]

Механичко пречишћавање се врши помоћу: решетке, сита, флотације, филтрирања, центрифугирања, таложника за песак, хватача масти, примарних (претходних) таложника и базена за изједначавање протока и састава отпадне воде (када се ови битно мењају у току дана). У склопу овог дела постројења користе се и уређаји за аерацију отпадне воде, којом се постиже боље издвајање инертних честица, флотација масти и уља, унос одређене количине кисеоника у воду, као и десорпција неких гасова из воде.

Принцип рада ових уређаја заснива се на различитим специфичним тежинама суспендованих честица и воде. Пре него што вода дође у те уређаје, из ње се уклањају све пливајуће макроматерије, као папир, остаци дрвета, пластике, итд., и то на систему грубих и финих уситњавања макроматерија у уређајима који се називају коминутори (слика 23.). Њихова примена је врло широка. Флотатори углавном служе за одвајање материја лакших од воде, као што су све врсте уља и масти. Разне врсте флотатора примењују се у техници прошишћавања отпадних вода у насељима, као и специфичним индустријским гранама[1].

Механичко пречишћавање се примењује за:

- претходно пречишћавање отпадних вода на постројењу за пречишћавање,
- делимично пречишћавање кишнице (пре исуштања у реципијент), и
- претходно пречишћавање неких индустријских отпадних вода пре испуштања градску канализацију (понекад у комбинацији са хемијским, физичко-хемијским или биолошким поступцима).



Слика 23. Уклањање крупних честица из отпадне воде механичким поступцима [15]

9.1.1. Решетке

Помоћу решетки се уклањају крупније, нерастворене и пливајуће материје из отпадних вода. Њихова функција је да штите уређаје и цевоводе од оштећења и загушења и да олакшају даљи третман отпадне воде.

Решетке преграђују доводни канал и постављају се вертикално или под нагибом, најчешће од 40-70%. Израђују се од челичних шипки, правоугаоног или кружног попречног пресека које се постављају у канал на једнаком међусобном размаку са величином отвора од 3 до 100 mm. У односу на величину отвора решетке се деле на (слика 24.):

- грубе решетке, са ширином отвора од 50 до 100 mm,

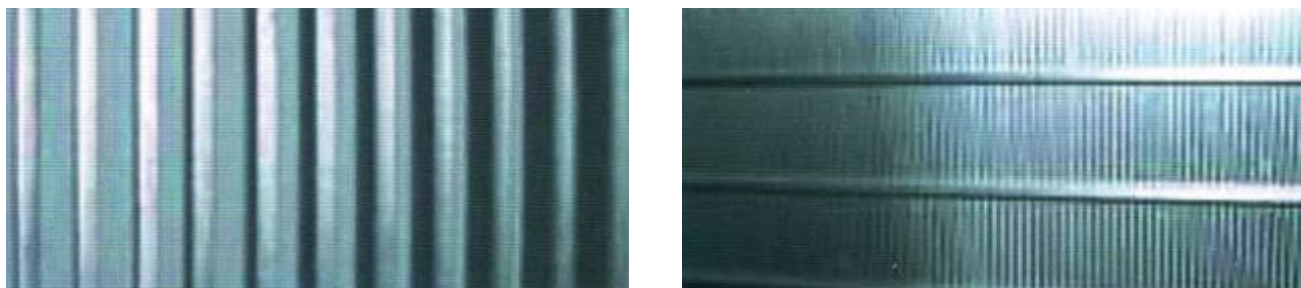
- средње фине решетки, са ширином отвора од 10 до 25 mm, и
- фине решетки, са ширином отвора од 3 до 10 mm.

Код малих и средњих уређаја за пречишћавање обично се користи фина решетка, а код великих груба и фина решетка заједно. При избору решетки важно је обратити пажњу на брзину протицања између решетки која износи $Q_v=1,0 \text{ m/s}$ у сушном периоду, док у кишном периоду максимална брзина је $1,5 \text{ m/s}$. При већим брзинама протицања, отпаци из воде пролазе једним делом кроз решетку или пријањају и заглављују се тако да онемогућавају даљи проток воде.

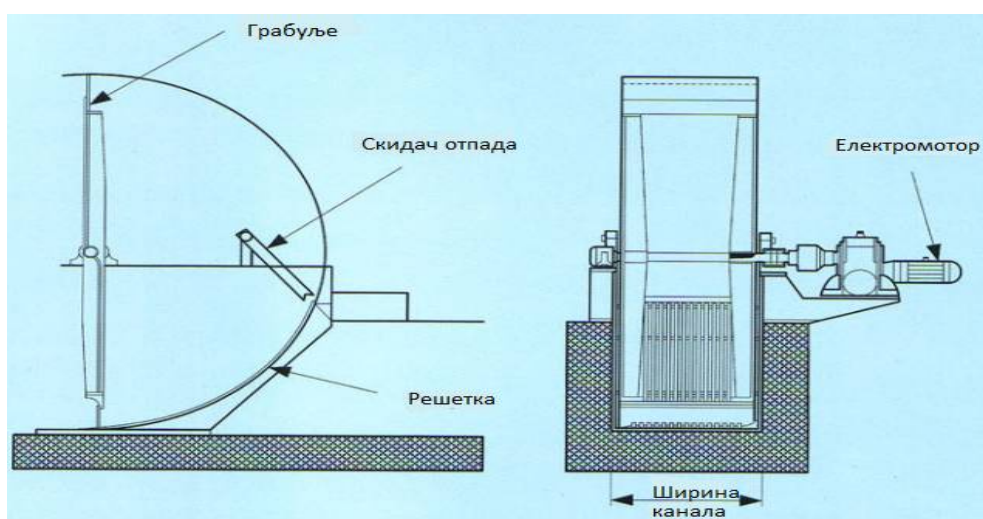
Пре дотока воде на решетке потребно је да се она умири и да буде без таласања. Решетке се од корозије обично штите антикорозивним премазима, а уколико нису смештене у оквиру објекта, тада је потребна и заштита од смрзавања.

У одосу на конструкциона решења решетки могу бити (слика 25.):

- косе и вертикалне,
- покретне и непокретне,
- са ручним или механичким (аутоматским) чишћењем,
- са дробљењем наноса и др.



Слика 24. Груба и фина решетка [15]



Слика 25. Шема аутоматске лучне решетки [15]

9.1.2.Сита

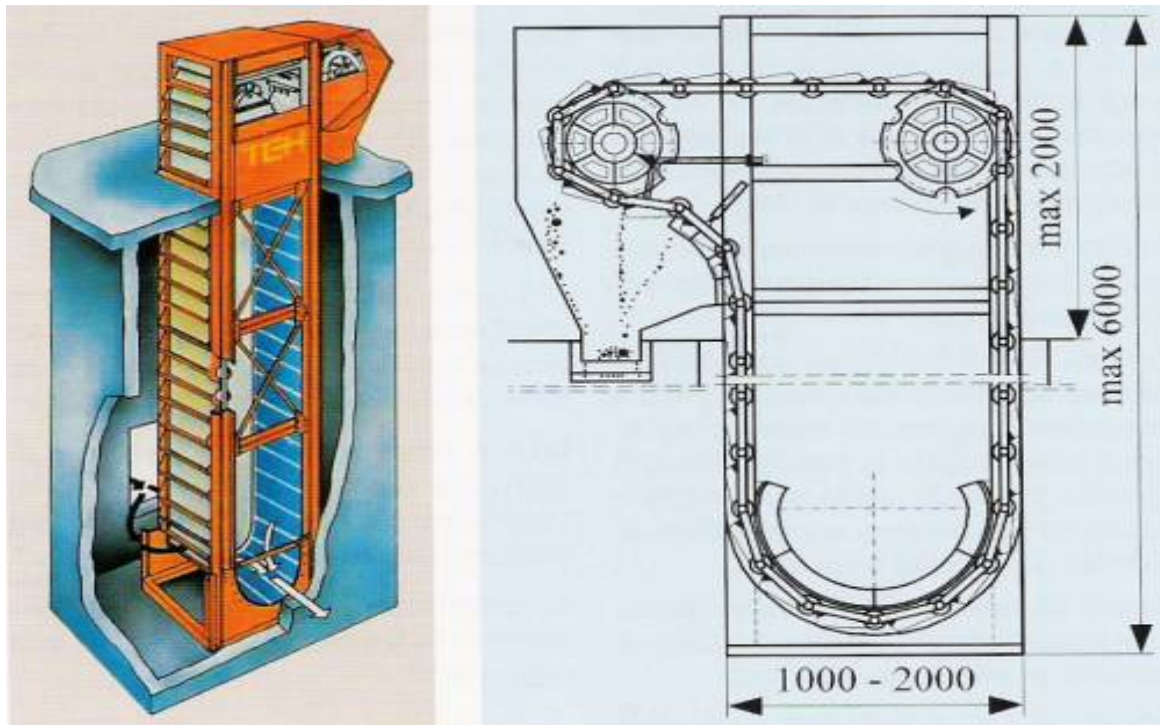
Ситима се из отпадне воде уклањају пливајуће честице и распршене честице мањих величина. Некада се примењују као замена за песколове и примарни таложник. Могућа је примена и за додатно одстрањивање распршених честица након секундарног пречишћавања. Обично су изведена у облику ваљка, који се окреће око хоризонталне осе. Разликују се:

- Макро сита отвора 0,3 до 3 mm(уклања се 10-80% суспендованих честица),
- Микро сита отвора 1,5mm.

9.1.2.1.Тракасто сито

Тракасто сито се састоји од зглобно повезаних перфорираних или мрежастих плоча које заједно чине вертикалну ротирајућу траку. Плоче су израђене од нерђајућег челика, ширине отвора сита од 3 до 12 mm. Доњи део радног елемента израђен је у облику плитке посуде. Отпадни материјал који се сакупља на плочама подиже се на врх уређаја где се испире млазом воде при притиску од $2,5 \cdot 10^5$ Pa и потрошњи воде од 4 l/s по метру ширине сита.

Погон се састоји од спиралног мотора, редуктора и погонских ланчаника, а налази се изнад максималног нивоа воде. Цела конструкција изведена је у пакету унутар челичног оквира, што уређају даје велике предности при транспорту, монтажи и ремонту. Стандардне ширине су 1000 и 1500 mm (слика 26.).



Слика 26. Приказ тракастог сита [15]

9.1.3.Песколови

Песколови служе за одвајање шљунка, песка, земље, шљаке, минералних честице из воде. Ови материјали изазивају абразију и убрзано хабање покретних делова уређаја за пречишћавање отпадне воде која ствара насlage и талогe који се тешко чисте у цевоводима и каналима у биолошким реакторима, односно на свим местима где је успорено кретање воде. Због тога је неопходно да се уклони тај инертни материјал такозваним хватачима песка. У зависности од врсте ефикасно се уклањају честице средњег пречника $> 200 \mu\text{m}$. Принцип рада је слободно таложење и седиментација. Базени су дубине око 1m док је оптерећење $15\text{--}30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Примењује се више типова песколова : са хоризонталним током, са кружним током воде (радијални), аерирани песколови.

9.1.4.Хватачи масти и уља

Из отпадне воде је потребно уклонити материје лакше од воде: уља и масти, комадиће сапуна, комадиће дрвета, плуте и слично. Те материје отежавају пречишћавање, а то се нарочито односи на минерална уља у отпадним водама индустрије нафте и петрохемијске индустрије, али и у отпадним водама великих индустријских погона за моторна возила и појединим погонима машинске индустрије. Мастонови или флоатори су уређаји у којима се одвија испливање масноћа. Пливајуће нечистоће се одстрањују механички померањем згртача масти у базену мастолова.

Мастонови се према процесу испливавања могу поделити на:

- мастолове природног испливавања (гусина честица је мања од густине воде),
- једно, дво или више коморне мастолове стимулираног испливавања или аериране мастолове (убацивање компримованог ваздуха, аерацијом, у ситним мехурићима, који се лепе за честице густине веће од густине воде и издижу их на површину),
- комбинација песколова и мастолова.

Вода се у мастоловима задржава од 3 до 5 минута, а брзина протицања износи око 0,015 m/s.

Одстрањивање муља врши се онда, када садржина суспензије у води достигне 10000 mg/l. Ефикасност уређаја за отклањање муља је 65-80%. Када је вода веома загађена, потребно је додавање различитих хемијских реагенса, при чему ефикасност може достићи и 75-98%. Базени за одстрањивање муља могу бити правоугаоног и кружног облика, при чему могу имати уређај за стругање дна. Муљ се може евакуисати: директно пумпама, инсталираним на покретном мосту, пумпањем из једног или више окана, у којем се скупља муљ, саструган са дна базена.

9.1.5.Таложници

Таложење је основни поступак издвајања из отпадних вода нерастворивих таложних или пливајућих механичких примеса. Таложење може бити претходна и завршна етапа пречишћавања вода. Деле се на:

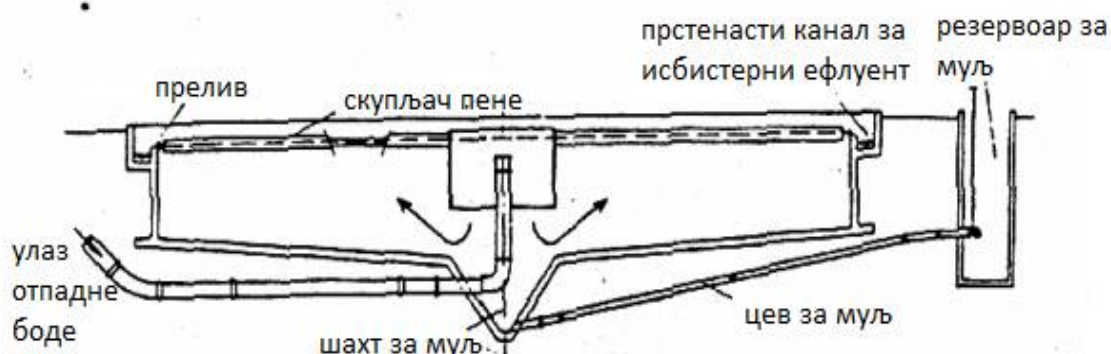
- Хоризонталне таложнике (примењују се за протоке отпадне воде до $20.000\text{ m}^3/\text{дан}$),
- Ветиклане таложнике (примењују се за протоке отпадне воде до $10.000\text{ m}^3/\text{дан}$),
- Радијалне таложнике (раде на истом принципу као хоризонтални и користе се за капацитете преко $20.000\text{ m}^3/\text{дан}$).

9.1.5.1.Примарни и секундарни таложници

Примарном седиментацијом се омогућава таложење дискретних органских и неорганских суспендованих честица које се из система издвајају у облику муља. Ефлуент примарних таложника карактерише смањена концентрација суспендованих материја око 50-70%, БПК оптерећење је око 25-40% и непромењена је или незнатно повећана концентрација амонијачног азота чиме се олакшава даље пречишћавање и смањује оптерећење уређаја. Конструкција примарних таложника треба да створи услове за успорено и равномерно кретање воде, као и довољно дуго задржавање отпадне воде, да обезбеди гравитационо таложење суспендованих честица.

Накнадне таложнице су пратећи уређаји у биоаерационим базенима у оквиру биолошких поступака. Накнадне таложнице врше уклањање активног муља из процеса после биоаерационих базена, биолошких филтера, или ротационих биодискова. После биоаерационих базена активни муљ се понаша по зонској теорији таложења, па су боље таложнице са вертикалним током (кружне) од хоризонталних таложница (четвороугаоне).

За комуналне отпадне воде најчешће се примењује кружни тип таложника са механичким скрепером за континуирано уклањање муља и површинским згртачем пливајућих материја (масноћа) и пене (слика 27.).



Слика 27. Кружни примарни таложник са централним увођењем и радијалним током воде[16]

Отпадна вода се уводи кроз централну улазну зону која обезбеђује равномерну расподелу и радијални ток флуида.

Преливни канали лоцирани су по ободу таложника и омогућују уједначено уклањање избистрене воде из базена. Пена која се формира на површини воде механички се сакупља и посебним каналом одводи у шахт. Исталожени муљ се гребачима повлачи са дна у централну комору одакле се пумпама пребацује у прихватни шахт и одвози на линију третмана муља.

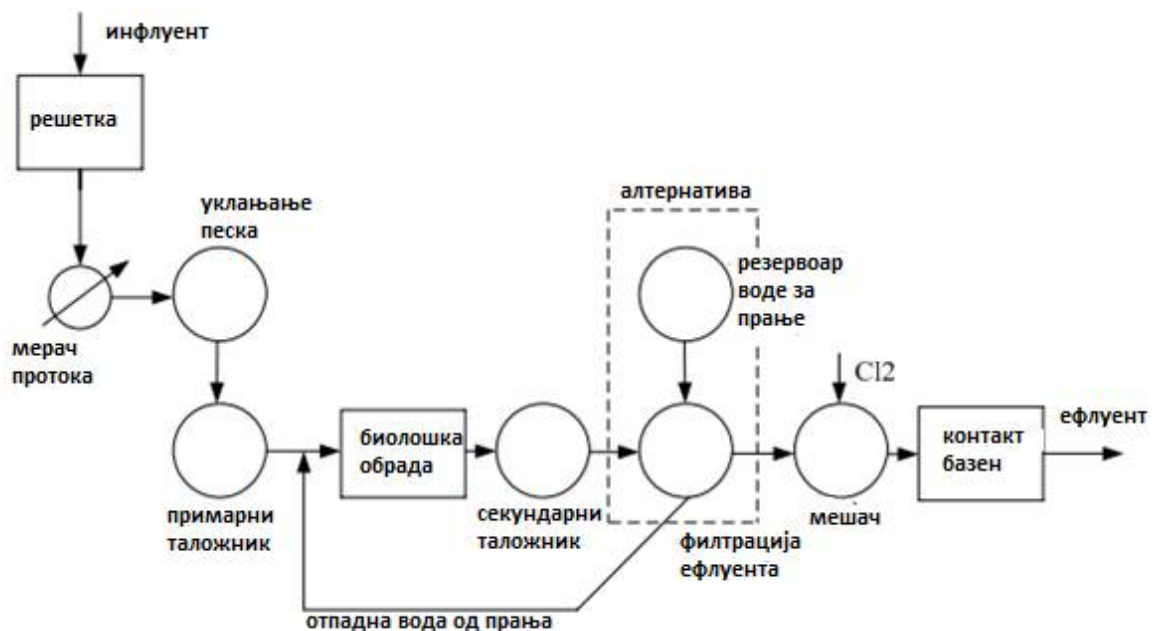
На ефикасност таложења утичу поремећаји који могу настати у улазној и излазној зони таложника услед неуниформног тока отпадне воде, затим као последица кретања уређаја за уклањање талоба са дна и нечистоћа са површине, кретања воде услед разлика у температури, деловања ветра... Кључни елементи за успешно функционисање таложника су повремена евакуација исталоженог муља, конфигурација муљних пумпи, природа и густина муља. Запремина исталоженог муља зависи од низа фактора као што су карактеристике отпадне воде, трајања таложења, степена пречишћавања, карактеристика суспендованих честица, дубине таложника, примењеног начина уклањања муља и времена задржавања муља у таложнику. Количина извојеног муља која се најчешће примењује износи 70-74g и то у виду 2,4% суспензије.

Пречник кружних таложника је између 10-40 m, али може бити и до 60 m са временом задржавања при средњем протоку од 1,5-2,5 h. Брзине кретања воде се крећу од 0,45-0,75 m/min⁻¹. Кружни таложници већи од 10,5 m у пречнику имају централни мост са механизмом за сакупљање муља са дна, који може имати две или четири "руке" са гребачима.

9.2. Биолошки процеси пречишћавања отпадних вода

Биолошки процеси пречишћавања заснивају се на активности комплексне микрофлоре, која у току свог животног циклуса усваја органски и (мали) део неорганских материја које чине загађење отпадне воде, користећи их за одржавање животних активности и за стварање нових ћелија. Након завршеног пречишћавања обави се, на погодан начин сепарација микрофлоре и пречишћење отпадне воде у којој заостаје мала количина органске материје која је биолошки неразградива као као и продукти метаболизма које је микрофлора излучила у воду [1].

Биолошким пречишћавањем је могуће из отпадне воде уклонити највећи део органског загађења, али је није могуће у потпуности пречистити. Биолошко пречишћавање се првенствено користи за уклањање органског онечишћења воде. У систему пречишћавања отпадних вода биолошка обрада одвија се као секундарно пречишћавање, а после механичког, односно примарног пречишћавања. Може се појавити и као независан поступак (слика 28.).



Слика 28. Типична технолошка шема біологічної обробки міських стічних вод [16]

Біологічні процеси очищення води можуть відбуватися як аеробні і анаеробні, з допомогою аеробних або анаеробних мікроорганізмів. Різниця є в шляхах біологічної окислення органічних матеріалів. Аеробні процеси використовуються для обробки води з низькою і середньою концентрацією органічних матеріалів, а анаеробні для води з великим органічним навантаженням. Аеробні процеси значно більше застосовуються при обробці стічних вод [1]. Вони можуть відбуватися двома способами:

- з суспендованою мікрофлорою (з активним мулом), і
- з іммобілізованою мікрофлорою на інертному носії (біологічна фільтрація).

Аеробні методи з суспендованою мікрофлорою діляться на:

- методи з активним мулом у біоаераційних басейнах,
- методи у аерисаних лагунах (біологічних лагунах), і
- методи у аеробних (плитких) jezерах (біологічних штучних jezерах).

Методи з суспендованою мікрофлорою для обробки великих кількостей слабо і середньо навантажених стічних вод (наприклад, комунальних вод), одночасно методи з активним мулом, який відбувається у біоаераційних басейнах, найбільш застосовуються. При аеробній біологічній очищенні необхідно забезпечити достатню кількість кисню (здійснити велику площу контакту вода-повітря).

Лагуни і плиткі басейни мають велику площу, чим є забезпечено унесення кисню. У басейнах з активним мулом унесення кисню здійснюється удиханням повітря або змішуванням допомогою механічних аераторів, чим збільшується площа контакту (зображення 29.). При біофільтрі є велика площа контакту забезпечена фільтрною поверхню, крізь яку стічна вода тече, а надходження кисню здійснюється вдиханням або удиханням повітря.



Слика 29. Биоаерационе лагуне за пречишћавање вода и компресор за удување ваздуха

9.2.1. Аеробни процес пречишћавања отпадних вода

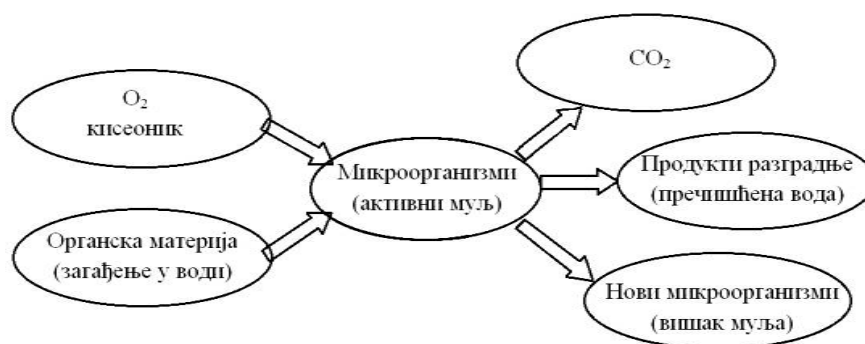
9.2.1.1. Процес са активним муљем

Процес са активним муљем данас представља најраспрострањенији биолошки поступак за пречишћавање отпадних вода. Први пут је примењен у Хјустону (САД) 1916. године и то за пречишћавање санитарних отпадних вода. У почетку су се користила постројења са клипним струјањем воде у аерационом базену. Међутим, ова постројења су била осетљива на варијације у оптерећењима, а посебно на токсичне материје тако да овај систем није био погодан за третман индустријских отпадних вода. У последњих тридесетак година процес пречишћавања са активним муљем је доживео многе модификације и побољшања која се углавном разликују у технолошким, а често само у механичким решењима [16].

Процес са активним муљем спада у аеробне процесе биолошког пречишћавања отпадних вода јер се одвија помоћу аеробне микробиолошке популације. Савремени поступци са активним муљем се могу применити и за уклањање азотних материја из отпадне воде.

У систему са активним муљем микроорганизми се налазе у лебдећем стању, тј. не образују слој на зидовима радних површина (као што је случај при примени филтара).

Микроорганизми, углавном бактерије, протозое и метозое налазе се на желатинозним пахуљицама муља у базену за аерацију, где се уз помоћ кисеоника у процесу метаболизма микроорганизама обезбеђује разградња супстрата (органиског загађења). У основи микроорганизми оксидирају растворене и суспендоване органске материје у угљендиоксид и воду у присуству кисеоника. Део органских материја се синтетише у нове ћелије или се користи за раст постојећих ћелија, а остатак се састоји од отпада и вишка муља (слика 30.).



Слика 30. *Принцип биолошког поступка са применом активног муља за обраду отпадних вода [1]*

Технолошки процес укључује примарни третман отпадне воде. Отпадне воде се аеришу у биоаерационом базену стварајући услове погодне за интензивни процес биоразградње (редукција садржаја органских материја око 95%).

Након аерације, следи таложење где се одваја биомаса – микробиолошки муљ од ефлуента, како је приказано на слици 31. Део муља се води натраг у процес (активни муљ) где служи као активатор биолошког процеса. Остатак муља се одводи у уређај за обраду муља односно одлаже на одговарајући начин. Бистра пречишћена вода (ефлуент) се испушта у пријемник (реципијент), или по потреби води на додатну обраду (дезинфекцију, филтрирање и сл.). Поступак се заснива на великој микробиолошкој густини уз интензивно мешање у суспензији с отпадном водом при аеробним условима. Органске материје могу бити трансформисане оксидацијом у крајње продукте оксидације као CO_2 , NO_3 , SO_4 и PO_4 или биосинтезом у биомасу.



Слика 31. *Шема поступка са активним муљем [16]*

Важни сегменти овог поступка су:

- реактор за аерацију (биоаерациони базен),
- Уређаји за аерацију и мешање,
- Таложник,
- Активни муљ,
- Повратни муљ.

Основна реакција при биохемијском пречишћавању, која се остварује при активности бактерија, гљивица и других микроорганизама, јесте:



У пречишћавању отпадних вода учествују прости организми као "Vorticella", "Operculari", "Epistylis" и друге. У табели 8 приказане су карактеристике поступака прераде отпадних вода, где видимо да је поступак са активним муљем најефикаснији.

Табела 8. Ефикасност поступка обраде отпадних вода [16]

Метод обраде	Степен издвајања %			Запремински удео активног муља %
	Лебдеће чврсте честице	БПК ₅	Бактерије	
Примарна обрада				
Таложeње	40-95	30-65	40-75	0,1-0,5
Хемијско таложeње	75.95	60-80	80-90	0,5-1,0
Ток пречишћених вода	35-80	25-65	40-75	0,025-0,05
Секундарна обрада				
Капљичаста филтрација	20-80	60-90	70-85	0,1-0,5
Обрада активним муљем	70-97	70-96	95-99	1-3

9.2.1.2. Прерада отпадних вода у аеробним лагунама

Биолошки процеси прераде отпадних вода у аеробним лагунама примењују се у подручјима са погодним климатским условима. Могу се у потпуности остварити аеробни услови. Кисеоник се ствара у процесу фотосинтезе. Уношење ваздуха дифузерима постављеним при дну лагуне, погодно је решење у условима где је лагуна више месеци прекривена ледом те је онемогућено коришћење површинских аератора. Дубина лагуне је од 3-4 метара. Хидраулично задржавање отпадне воде је од 3-30 дана, најчешће 5-8 дана.

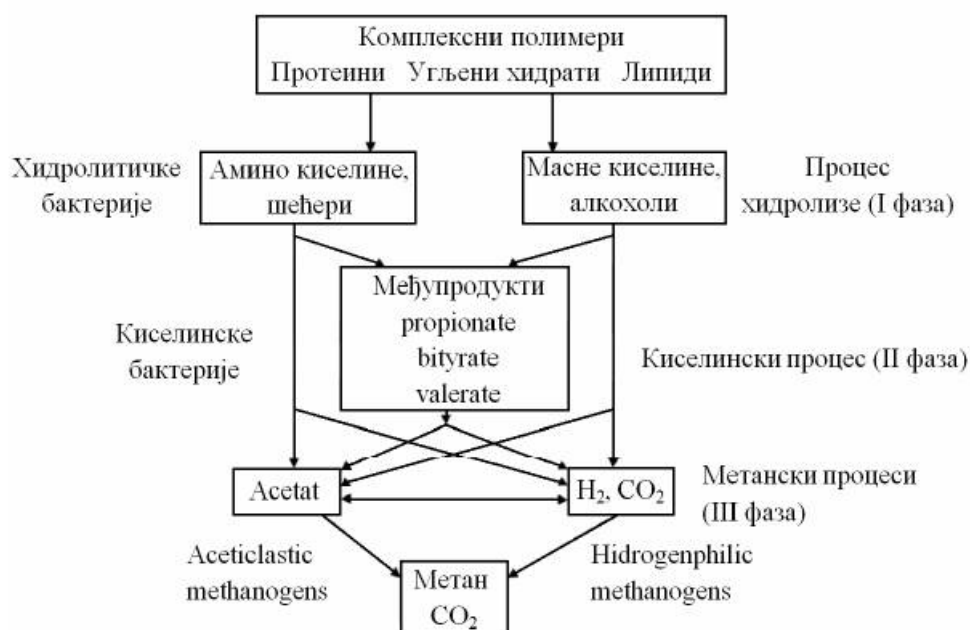
Како је трећина до половине преосталог загађења пречишћене отпадне воде, тј. ефлуента лагуне, садржана у суспендованим честицама, то се из ефлуента пре коначног испуштања мора таложeњем уклонити муљ. За издвајање муља се праве често секундарни таложници, при чему се муљ рециркулише нарочито у зимским периодима да би се повећала ефикасност пречишћења.

9.2.2. Анаеробни процес пречишћавања отпадних вода

Анаеробни процес пречишћења индустријских отпадних вода се развио из поступка анаеробне биолошке стабилизације муљева насталих током пречишћења отпадних вода. Основна карактеристика анаеробног у односу на аеробни поступак пречишћавања је да подноси већа органска оптерећења и да је у стању да пречишћава отпадне воде са много већом концентрацијом загађења. Из тих разлога се анаеробни процес користи у биолошким пречишћењима јако загађених најчешће индустријских отпадних вода.

Процес анаеробног пречишћавања заснован је на метанском врењу органског загађења отпадних вода, где се органска материја преводи у смешу гасова (тзв. биогаз) у којој су основне компоненте метан и угљендиоксид.

Најраспрострањенији, у последње време и једини начин анаеробне прераде отпадних вода је анаеробна дигестија. По дефиницији, анаеробна дигестија је употреба микроорганизама у одсуству кисеоника за стабилизацију органских материја превођењем у метан и неорганске продукте, укључујући угљен-диоксид. Анаеробна дигестија је поступак који се користи за третман отпадних вода из индустријске, пољопривредне производње и градова. У анаеробној преради органског отпада постоје три основне фазе (степенa), као што је приказано на слици 32.



Слика 32. Фазе анаеробне прераде органског отпада[1]

9.2.3. Прерада муља

Отпадни материјали из процеса прераде отпадних вода требало би да имају висок удео издвојених компонената, и мали удео преостале влаге. Код већине постројења за пречишћавања продукти из процеса пречишћавања су у виду муља са масеним уделом воде 96–98%.

Избор поступака обраде и одлагање муљева највише зависи од њихових карактеристика. Муљеви су, у општем случају, веома различити, нарочито муљеви од пречишћавања индустријских отпадних вода.

Од количине муља и концентрације суспендованих честица највише и зависи начин обраде муља. Треба нагласити да уобичајено изражавање концентрације суспендованих честица у муљу, преко процената масе суве материје, не даје пуну информацију о понашању муљева, јер је запремина суспендованих честица, због њихове хидратисаности, заправо много већа. Нарочито је то случај са активним муљем.

На пример, активни муљеви са 0,2 - 2% суве масе могу имати запреминске концентрације суспендованих честица 25 - 50%. Сем тога, само изражавање концентрације (мери се у mg/l) у процентима је погрешно, али уобичајено у пракси, при чему је та грешка мала и занемарљива за мале концентрације, и за муљеве са суспендованим честицама малих густина (активни муљ, на пример).

Међутим, који ће се од поступака применити, и којим редоследом, зависи од читавог низа фактора: физичких, хемијских и биолошких карактеристика муља, расположивости и карактеристика места за одлагање муља, могућности рецикулације појединих конституената муља, цене и прихватљивости појединих поступака обраде муља итд. У табели 9.наведени су најважнији поступци обраде муљева.

Табела 9.Поступци обраде муљева [1]

Поступак	Сврха поступка
Угушћивање ➤ Гравитационо ➤ Флотационо	Повећање концентрације суспендованих честица и смањење запремине муља.
Стабилизација ➤ Анаеробна ➤ Аеробна	Разградња муља (смањење концентрације суве материје)
Кондиционирање ➤ Додатакхемикалија ➤ Термичкаобрада	Промене у конзистенцији муља усмерене ка побољшању обезводњавања и повећању концентрације муља.
Обезводњавање ➤ Вакуумфилтрација ➤ Центрифугисање ➤ Спори пешчанифилтри	Смањење запремине муља и формирање влажне муљне "погаче".
Сушење и оксидација ➤ Спаљивање ➤ Сушење ➤ Оксидација влажнимваздухом	Сушење или оксидација муљне погаче.
Одлагање ➤ Депонија ➤ Разбацивање по обрадивом	Одлагање или коришћење стабилизованог муља.

земљишту ➤ Лагуне ➤ Море	
--------------------------------	--

Биолошки поступци обраде муља изводе се у циљу:

- производње компоста,
- побољшања остатка муља за одлагање (механичко-биолошки поступци),
- биолошке стабилизације остатка муља (поступци стабилизације).

9.3.Хемијски поступци у третману отпадних вода

Хемијским процесима пречишћавања називамо процесе у којима се пречишћавање обавља помоћу одређених хемијских реакција или одређених физичко – хемијских феномена (адсорбција, на пример). По правилу су то адитивни процеси: уносе се хемикалије у воду да би се уклонило загађење. То доводи до повећања концентрације растворених материја у води (хемикалије се морају додати у вишку), што је неповољно уколико се тако пречишћене отпадне воде поново користе. Сем тога хемијски процеси пречишћавања су обично скупи. Међутим, треба истаћи да хемијски процеси за уклањање појединих дефинисаних загађења отпадне воде (врло чест случај са индустријским отпадним водама) обично немају алтернативу.

Основно поље примене хемијског пречишћавања отпадних вода је уклањање суспендованих и колоидно растворених материја коагулацијом и флокулацијом, те уклањање појединих расворених материја: хемијским таложењем, јонском изменом, оксидацијом, продувавањем (стрипингом) гаса, адсорпцијом. Уклањање суспендованих и колоидних материја у отпадној води коагулацијом и флокулацијом (настале флокуле се издвајају из воде таложењем, флотацијом или филтрацијом) је свакако најзаступљенији поступак хемијског пречишћавања отпадних вода. Уклањањем суспендованих и колоидних материја у отпадним водама се у значајној мери смањује загађење отпадне воде. У технологији отпадних вода пречишћавање коагулацијом и флокулацијом је алтернатива биолошким процесима пречишћавања.

Предности у односу на биолошке процесе су: једноставнија и јефтинија опрема, једноставнија и сигурнија контрола и вођење процеса пречишћавања, постројење се лако зауставља и поново пушта у рад без негативног утицаја на процес пречишћавања. Главни недостатак је значајно мања ефикасност пречишћавања (не уклањају се растворене материје), осим тога настају знатне количине запреминског талога, муља, чија је обрада скупа.

Углавном се примењује код пречишћавања индустријске отпадне воде и мешаних отпадних вода које садрже примесе из индустрије.

9.4.Терцијална прерада отпадних вода

Без обзира на примењену технологију, може доћи до захтева за строжијим параметрима квалитета ефлуентан од оних који се постижу применом класичног

поступака биолошког пречишћавања. У том случају, предвиђајусе поступци за додатно уклањање појединих материја. Ови поступци убрајају се у поступке терцијалне прераде отпадних вода. У процесе терцијарне прераде улазе процеси уклањања фосфорних и азотних једињења.

9.4.1. Уклањање азота

Присуство азотних једињења у води може довести до пада концентрације раствореног кисеоника у реципијенту, низводно од испуста. При томе се може угрозити опстанак живог света. У сировој комуналној отпадној води која долази до постројења за пречишћавање, практично целокупан азот се налази у облику амонијака и органског азота, који се не може одстранити секундарним третманом. Уклањање азота из отпадне воде може се остварити процесом десорпције амонијака (stripping), поступком биолошке нитрификације-денитрификације и хлорисањем, преко завршне тачке.

Од наведених метода предност се даје поступку нитрификације-денитрификације, због своје економичности. Овај поступак се обавља у две фазе. У првој фази се NH_3 , у аеробним условима оксидише до NO_3 -нитрификација, уз потрошњу раствореног кисеоника из воде. У другој фази се створени NO_3 у условима када нема раствореног кисеоника у води, редукује до елементарног азота-денитрификација. Елементарни азот (N_2) је слабо растворљив гас, који се десорпцијом уклања из воде. Денитрификација се може извести као:

- посебан степен у посебном реакторуи,
- поступак комбинован са аеробном оксидацијом и нитрификацијом.

Нитрификацију врше аеробни микроорганизми који могу да врше и денитрификацију, после краткотрајне адаптације. Брзина редукције NO_2 повећава се око три пута, ако се користе хемикалије.

После терцијарне прераде отпадне воде може се указати потреба да се, пре испуштања воде, врши дезинфекција. То је случај са оним отпадним водама за које се сумња да садрже патогене микроорганизме, као што су воде из болница, итд.

9.4.2. Уклањање фосфора

У сировој отпадној води фосфор се јавља у облику ортофосфата, полифосфата и фосфора везаног у органска једињења, при чему њихов међусобни однос зависи од карактеристика отпадних вода и степена разградње сложенијих форми фосфора, полифосфата и органског фосфора до орто-фосфата. Растворљиви орто-фосфат је облик фосфора који је најприступачнији биљкама.

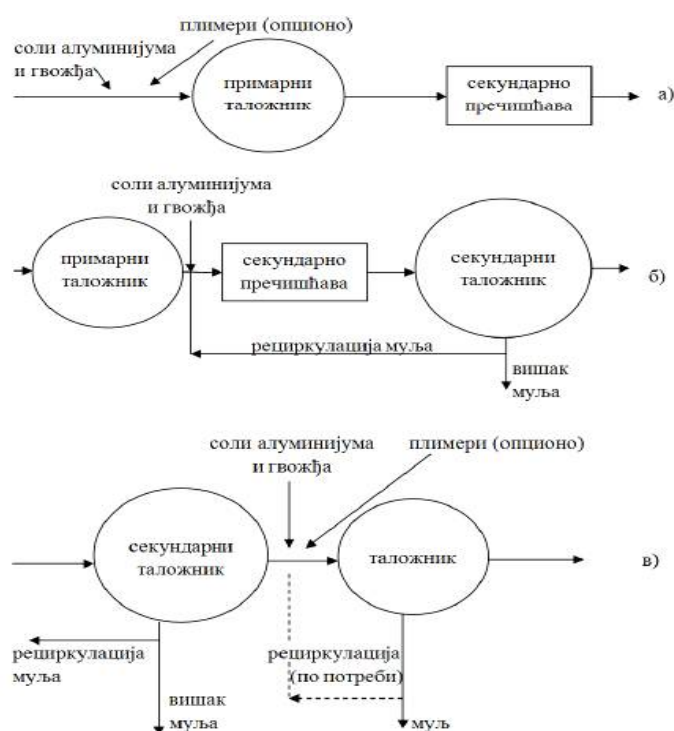
У највећем броју отпадних вода само је око 10 % од укупног фосфора у нераствореном облику, и он се може уклонити примарним пречишћавањем (табела 10). Фосфор у облику ортофосфата, неопходан је за живот водене флоре. Њихово уношење у реципијенте може изазвати повећан раст алги и планктона, тј. еутрофикацију.

Табела 10. Ефикасност уклањања фосфора из отпадне воде примарним и секундарним пречишћавањем [1]

Пречишћавање	Ефикасност, % у односу на сирову отпадну воду		
	Без додатка хемикалија! ²	Са додатком хемикалија! ^{2*3}	Додатак креча
Примарно	5 - 10	70 - 90	80
Секундарно	10 - 20	80 - 95	/

За уклањање фосфата углавном се примењује хемијско таложење фосфора, додавањем креча или соли алуминијума, натријума и гвожђа. Додавањем ових хемикалија, фосфор се преводи у нерастворени облик, који се може исталожити. При томе је неопходно обезбедити одговарајућемешање.

Таложне соли се могу додати током примарног пречишћавања, при чему се исталожени фосфати уклањају у примарном таложнику слика 33(а), у оквиру секундарног биолошког пречишћавања када се исталожени фосфати уклањају у секундарном таложнику слика 33(б), или се фосфати уклањају из пречишћене отпадне воде након секундарног пречишћавања слика 33(в).



Слика 33. Уклањање фосфора: (а) током примарног пречишћавања, (б) у процесу секундарног пречишћавања, и (в) након секундарног пречишћавања [1]

² Типичне вредности.

³ Обично алуминијум сулфат или ферихлорид.

10.Отпадне воде у Србији

Доминантна карактеристика стања заштите вода у Србији је да отпадна вода из домаћинства и индустрије представља један од најзначајнијих притисака на акватичку животну средину, због оптерећења органским материјама и нутријентима, као и опасним и токсичним супстанцама. Већи део комуналних отпадних вода, око 58%, прикупља се системима за каналисање, од чега 12% на системе са пречишћавањем, односно 46% на јавне канализационе системе без пречишћавања. У односу на врсту третмана у Србији 1,3% становника је прикључено на примарно (механичко) пречишћавање за уклањање суспендованих чврстих материја. На секундарно (биолошко) пречишћавање са аеробним или анаеробним разлагањем највећег дела органске материје прикључено је 8,7%. Терцијалним пречишћавањем обухваћено је 1,9% (слика 34.)[17].



Слика 34.Процент од укупног броја становника који су прикључени на канализационе системе са пречишћавањем отпадних вода [17]

Србија се налази се при дну лествице европских земаља у погледу комуналне опремљености. У већини европских градова више од 95% становника је повезано на канализациони систем, док Београд заостаје са свега 85% прикључених становника. Ситуација је још неповољнија на нивоу земље, тако да је у Војводини прикључено 45%, а у централној Србији без Београда свега 37% од укупног броја становника. Више од 70% рудника у Србији се налази у близини већих или мањих река, а рударским активностима и објектима су посебно угрожене реке Ибар, Тимок, Пек, Дрина, Колубара, Ресави, а преко њих Сава и Дунав. Термоелектране производе више од 5,5 милиона тона пепела годишње, који ствара велико загађење воде и земљишта и њихову деградацију. Сагоревањем лигнита ниског квалитета у нашим термоелектранама производе се велике количине пепела, сумпора и азотних оксида[6].

Разматрајући чињенице да најнасељенији градови у нашој држави, Београд и Нови Сад, немају постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода, и испуштају своје отпадне воде у реку Дунав, која има велики пријемни капацитет и огромну моћ самопречишћавања, јавља се питање како решити овај проблем. Тежиште решавања питања пречишћавања отпадних вода треба усмерити на средње (10.000-50.000 ЕС) и велике агломерације (50.000-100.000 ЕС). Средње и велике агломерације су бројније и има их осамдесет. Најзаступљеније су у сливу Мораве, у односу на девет највећих са скоро двотрећинском учешћем у укупном органском оптерећењу.

Због свих ових проблема који се јављају у нашој земљи као слабије развијеној у Европи, потребно је повећати свест, обратити пажњу и предузети мере за решавање питања третмана отпадних вода. Иако је доста општина у земљи сагледало овај проблем то идаље није довољно. Поред власти, потребно је и едуковати грађане о овим проблемима као и представити им решења других земаља. Такође, поједине општине у нашој земљи треба прво да реше проблем сакупљања комуналне отпадне воде, а затим да размишљају о преради, као следећем јако важном кораку у заштити животне средине и здравља. Свакако да за спровођење оваквих мера третмана и прераде отпадних вода главну препреку представљајуфинансије.

10.1.Постројење за прераду отпадних вода у Крагујевцу

Централно постројење за пречишћавање отпадних вода "Цветојевац" налази се на магисталном путу Крагујевац-Баточина, 7,5km удаљено је од града. Постројење је намењено за третман индустријских и фекално-санитарних вода. Први пут је пуштено у рад 1990.године (слика 35.).

Пројектовани капацитет за пречишћавање отпадних вода је 1520 l/s, а тренутно се користи око 1/3 расположивог капацитета, што сасвим задовољава тренутне потребе привреде. Опслужује око 150 хиљада становника. Отпадне воде које колектором стижу до система, после пречишћавања се испуштају у реципијент- река Лепеница. Квалитет испуштене воде задовољава законом прописане норме[18].

Постројење се састоји из главне, доводне станице воде, црпне станице која шаље воду на механичко пречишћавање. У оквиру механичког пречишћавања налазе се решетка и сито, затим два кружна таложника, примарни и секундарни, у којима се сакупља муљ, затим се вода шаље у биоаерационе базене, коагулацију, флоатацију, мешање. И као завршни процес у низу је таложник у коме се налази довољно чиста вода да је већ могуће да организми живе у њој (жабе, рибе). Такође, у оквиру постројења се сагорева биогас који настаје током третмана.



Слика 35.Изглед постројења за пречишћавање отпадних вода у Крагујевцу

10.2.Постројење за пречишћавање воде у Суботици

Отпадне воде Суботице су све до седамдесетих година прошлог века изливане у језеро Палић без пречишћавања. Са развојем индустрије се квалитет воде језера значајно погоршао, што је довело до изумирања неких биљних и животињских врста, пораста муљних наслага и немогућности коришћења језера за купање и рекреацију. При отклањању насталих проблема неопходно је било измуљити језеро.

У оквиру санације језера Палић, изграђено је и 1975.године пуштено у рад постројење за пречишћавање отпадних вода града. Пречишћавањем се вршила механичка и биолошка обрада отпадних вода. Механички третман се одвијао на грубим и финим решеткама, песколову, аерисаном мастолову и претходном таложнику. Биолошко пречишћавање се одвијало у биолошким базенима, активним муљем, са накнадним пречишћавањем у лагунама (слика 36.)[19].

Реконструкција првобитног постројења је извршена 1989.године, након тога је 2003.године извршена санација грађевинске конструкције базена и уведен је систем дубинске аерације. 2009.године додат је нови пречистач са повећаним хидрауличким и органским оптерећењем, терцијалним пречишћавањем и третманом примарног и секундарног муља.

Све отпадне воде становништва (104.000 становника), установа, занатства и индустрије, као и атмосферске воде града Суботице сакупљају се у систему канализације општег типа и главним колектором доспевају до постројења. Оно се састоји од две линије.Линија воде- механички и биолошки третман отпадних вода са ниским органским и високим хидрауличким оптерећењем. Линија муља- анаеробна стабилизација муљева у дигесторима, уз производњу биогаса и обезбеђивање насталог дигестованог муља [19].



Слика 36. Систем за пречишћавање отпадних вода у Суботици [19]

10.3. Постројење за пречишћавање отпадне воде у Великој Плани

Систем за пречишћавање отпадних вода у Великој Плани има капацитет 43.000 ЕС, секундарног је типа и простире се на 7 хектара земље. Изграђен је 1994. године на темељима већ постојећег постројења, које се састојало од 4 таложне лагуне дубине 1m. Како тај већ постојећи систем није задовољавао захтеве пречишћавања, приступило се изградњи новог. Њега данас сачињава део за механичко и биолошко пречишћавање (слика 37.).

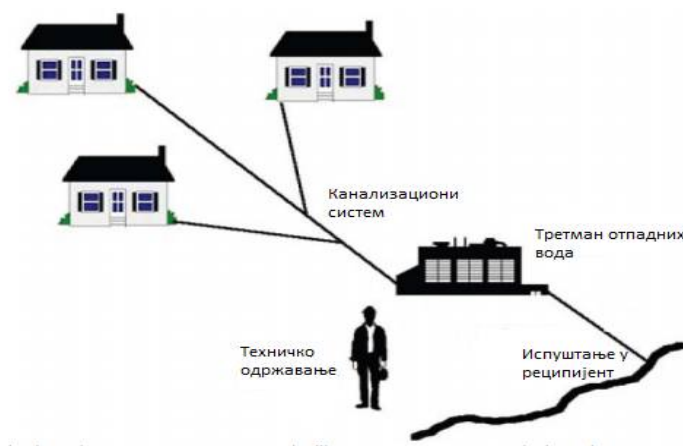
Главна карактеристика постројења је да је оно секундарно-лагунског типа са рецикулацијом активног муља, тако да се биолошка разградња и касније таложење одвијају у лагунама великих димензија. Систем поседује и савремену лабораторију из које се на основу сталних испитивања параметара квалитета отпадних вода одлучује о тежину рада аератора и удувавања ваздуха у биоаерационе лагуне. На овај начин је омогућено прецизно управљање системом, пречишћавање отпадних вода и одвођење пречишћене воде у реципијент- реку Велику Мораву.



Слика 37. Део биоаерационе лагуне у оквиру постројења за прераду отпадне воде у В.Плани

11.Предлог постројења за пречишћавање отпадних вода капацитета 95.000 еквивалентних становника

Како се данас као веома битан аспект појављује питање решавања проблема са отпадним водама одређених насеља, њихово сакупљање, одвођење, третман и испуштање, и како све већи број општина у држави покреће питање изградње оваквих постројења у наредном делу текста биће описан предлог и идеја постројења за пречишћавање отпадних вода за град које обухвата 95.000 становника и које третира комуналну воду из домаћинстава, атмосферску воду са улица, са мањим уделом индустријске отпадне воде (слика 38.).



Слика38. Шема замишљеног функционисања постројења

Постројење је замишљено тако да у оквиру њега постоји обавезно сабирно место колектор, механички третман отпадне воде, третман са примарним и секундарним таложником и биолошки третман у биоаерационом базену. Накнадно умиривање и седиментација честица из воде врши се у секундарним таложницима, затим се вода третира и базену за дезинфекцију и испушта у реципијент, односно оближњу реку. У комуналној отпадној води има и растворених гасова (кисеоник, угљен-диоксид, азот, сумпор-водоник и др.), као и бактерија и микроорганизама који имају значајну улогу у процесу пречишћавања отпадних вода. Одговарајућа технологија пречишћавања углавном успешно задовољава сезонске и дневне осцилације и очекиване карактеристике отпадних вода које долазе на постројење.

Услови тла и воде важан су фактор у избору структуре објекта. Постројења третмана отпадне воде обично су лоцирана у близини пријемника-реципијента (реке, језера), често на равницамаили депресивном подручју. Резервоари / коморе морају бити отпорни на притисак, утицај подземних вода и адекватно заштићени од влаге.

11.1.Правила за избор локације постројења за третман отпадних вода

Нека од најважнијих правила које треба следити при пројектовању једног постројења које се бави прерадом отпадним водама су:

- 1.Око уређаја за пречишћавање треба обезбедити санитарне чворове у зони заштите, која може бити и до 1 000 m.
- 2.Локација уређаја за пречишћавање и места уласка воде за прераду треба да испуњава захтеве за санитарну заштиту зона водозахвата, односно да буде удаљена од таквих места.
- 3.Треба обратити пажњу на смер превладавајућих ветрова у односу наград, ветар не треба да носи мирис ка граду.
- 4.Локација уређаја за пречишћавање треба да обезбеди гравитациони проток отпадне воде из канализације.
5. Локација постројења за пречишћавање отпадних вода треба да осигура најкраће могуће путеве канализационих цевовода.
6. Постројење ви требало бити лоцирано изван града према урбанистичком плану.
7. При куповини земљишта требало би тежити ка што мањим сумама плаца, како би инвестиције биле мање.
- 8.Постројење би требало да буде постављено 0,5m изнад поплавних услова који се догађају једном у 40 година у реци која представља реципијент.

Подаци за прелиминарно одређивање величине земљишта за изградњу постројења за пречишћавање отпадних вода дати су у следећој табели (табела 11)[2].

Табела 11. *Подаци за прелиминарно одређивање површине земљишта потребне за изградњу постројења [2]*

Капацитет постројења за пречишћавање отпадних вода [m^3 /дан]	Индикатор потребне површине [m^2 / m^3 /дан] у односу на количину отпадне воде
1.000	10
2.000	8
5.000	5
10.000	4
30.000	3
50.000	2
100.000	1,6
200.000	1,23
500.000	0,8

11.1. Еквивалентни становник

Загађење вода изражава се поред анализе састава и бројем еквивалентних становника (ЕС). Овај појам се дефинише тако што се својства неке отпадне воде у погледу БПК₅ упореде са уобичајеним вредностима за комуналне отпадне воде. Усвајајући да сваки становник прикључен на канализациону мрежу уноси за један дан 60 g БПК₅ у отпадну воду, еквивалентни број становника код постојећих постројења за пречишћавање вода се може дефинисати:

$$EC = \frac{\sum \text{БПК}_5}{\text{БПК}_5};$$

где су:

$\sum \text{БПК}_5$ - укупно оптерећење загађења неке индустријске отпадне воде [g/дан],

БПК₅ - оптерећење загађења канализационих вода по становнику за један дан (код одвојеног система канализације је 60g/(стан·дан), а код мешовитог 65-75g/(стан·дан).

11.2. Прорачун постројења за третман отпадних вода

Задатак који је описан у овом делу рада је био да се осмисли прост систем за третман отпадних вода за град од $RN=95.000$ становника(r). Дужина мреже дистрибутивног канализационог система је $L=20\text{km}$.

Пријемници отпадних вода припадају I, II, и III категорији водотока. У оквиру I класе налази се 35% вода, II класе 15% вода, III класе 50% вода.

Количина отпадних вода произведених од стране индустрије дневно износи $Q_{ind} = 22 \text{ dm}^3/\text{r} \cdot \text{d}$.

Потрошње воде по 1. становнику по дану у складу са санитарном опремом q_i као и фактор дневног протока N_{di} је:

$$q_I = 160 \text{ dm}^3/\text{r} \cdot \text{d}; N_{dI} = 1,3$$

$$q_{II} = 140 \text{ dm}^3/\text{r} \cdot \text{d}; N_{dII} = 1,3$$

$$q_{III} = 100 \text{ dm}^3/\text{r} \cdot \text{d}; N_{dIII} = 1,5$$

Одређивање количине отпадних вода

1. Број становника према санитарној опреми и класи вода:

$$\text{Класа I (a\%)} : RN1 = a \cdot RN = 0,35 \cdot 95000 = 33250$$

$$\text{Класа II (b\%)} : RN2 = b \cdot RN = 0,15 \cdot 95000 = 14250$$

$$\text{Класа III (с\%)} : RN3=c \cdot RN=0,5 \cdot 95000=47500$$

2. Количине отпадних вода

2.1. Просечан дневни проток

$$Q_{av,d*} = \frac{\sum(RN_i \cdot q_i)}{1000} + \frac{Q_{ind} \cdot RN}{1000}$$

$$Q_{av,d*} = \frac{33250 \cdot 160 + 14250 \cdot 140 + 47500 \cdot 100}{1000} + \frac{22 \cdot 95000}{1000}$$

$$\underline{Q_{av,d*} = 14155 \text{ m}^3 / \text{d}}$$

2.2. Максимални дневни проток

$$Q_{max,d} = \frac{\sum(RN_i \cdot q_i \cdot N_{di})}{1000} + \frac{Q_{ind} \cdot RN \cdot N_{ind}}{1000}; \quad N_{ind} = 1,2$$

$$Q_{max,d} = \frac{33250 \cdot 160 \cdot 1,3 + 14250 \cdot 140 \cdot 1,3 + 47500 \cdot 100 \cdot 1,5}{1000} + \frac{22 \cdot 95000 \cdot 1,2}{1000}$$

$$\underline{Q_{max,d} = 16631 \text{ m}^3 / \text{d}}$$

2.3. Просечан сатни проток

$$Q_{av,h*} = \frac{Q_{av,d*}}{24}$$

$$\underline{Q_{av,h*} = 589,8 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

2.4. Максимални сатни проток

$$N_{max,h} = 1 + \frac{2,7}{(Q_{av,d*})^{0,259}} > 1,7$$

$$Q_{av,d*} = 163,83 \text{ l/s}$$

$$N_{max,h} = 1,72$$

$$Q_{max,h} = Q_{av,h*} \cdot N_{max,h} = 589,8 \cdot 1,72$$

$$\underline{Q_{max,h} = 707,76 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

2.5. Минимални сатни проток

$$N_{min,h} = 0,146 \cdot (Q_{av,d*})^{0,196}$$

$$N_{min,h} = 0,4$$

$$Q_{min,h} = Q_{av,h*} \cdot N_{min,h} = 589,8 \cdot 0,4$$

$$\underline{Q_{min,h} = 235,92 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

2.6. Минимални дневни проток

$$Q_{\min,d} = Q_{av,h} \cdot N_{\min,d} = 589,8 \cdot 0,5$$

$$\underline{Q_{\min,d} = 294,9 \text{ m}^3/\text{h} = 7077 \text{ m}^3/\text{d}}$$

На основу добијених просечних вредности протока отпадне воде кроз канализациону мрежу за један дан можемо доћи до закључка колико отпадне воде прође кроз канализациони систем у току месеца (узето је у обзир приближно 30 дана) или у току године 365 дана (табела 12.).

Табела 12. Приказ протока отпадне воде кроз канализациону мрежу на дневном, месечном и годишњем нивоу

Просечан дневни проток	$14.155 \text{ m}^3/\text{d}$	163,83 l/s
Просечан месечни проток	$424.650 \text{ m}^3/\text{d}$	4.914,93 l/s
Просечан годишњи проток	$5.166.575 \text{ m}^3/\text{d}$	59.798,32 l/s

Одређивање карактеристичних оптерећења и концентрације загађивача

На слици 39. приказана је табела у којој треба допунити вредности које недостају да би се могло прерачунати карактеристично оптерећење система као и концентрација загађивача у отпадној води.

ПАРАМЕТАР	ЈЕДИНИЦА	УКУПНО СУСПЕНДОВАНЕ ЧВРСТЕ МАТЕРИЈЕ	БПК ₅	УКУПНИ АЗОТ N_t	УКУПНИ ФОСФОР P_t
L_{in}	g/r · d	65,0	60,0	12,0	4,0
$L_{av,d}$	kg/d				
$L_{max,d}$	kg/d				
$L_{av,h}$	kg/h				
$L_{max,h}$	kg/h				
$C_{av.}$	g/m ³				
C_{max}	g/m ³				
C_p	g/m ³	35	25	10	1,5
η	%				

Слика 39. Приказ табеле која треба да се допунити као и вредности које су одређеним правилницима већ усвојене [2]

Значења ознака у табели су:

L_{in} – Појединачно оптерећење;

$L_{av,d}$ – Дневно просечно оптерећење, $L_{av,d} = L_{in} \cdot ERN$;

$L_{max,d}$ – Максимално дневно оптерећење, $L_{max,d} = L_{av,d} \cdot N_{max,d}$;

$$(N_{\max,d}=Q_{\max,d}/Q_{av,d}= 1,17);$$

$L_{av,h}$ - Сатно просечно оптерећење, $L_{av,h}=L_{av,d} / 24$;

$L_{\max,h}$ – Максимално сатно оптерећење, $L_{\max,h}= Q_{\max,h} \cdot C_{\max}$;

C_{av} -Просечна концентрација честица, $C_{av}=L_{av,d} / Q_{av,d}$;

$C_{\max}$ – Максимална концентрација честица, $C_{\max}= 1,3 \cdot C_{av}$;

C_p -Дозвољена концентрација,

η - потребан степен пречишћавања - основа за успостављање канализације, односно проточне шеме постројења за прераду вода, $\eta = \frac{C_{av}-C_p}{C_{av}}$

Да би се добили тражени подаци о укупном садржају суспендованих честица, биохемијској потрошњи кисеоника, азоту и фосфору потребно је прво одредити еквивалентан број становника:

$$ERN = RN + \frac{Q_{ind} \cdot RN}{Q_{md}} [r]$$

$Q_{md} = \frac{\sum(RN_i \cdot q_i)}{1000}$ - Количина отпадне воде коју произведу људи својим активностима.

$$Q_{md} = 12065 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$\underline{ERN = 95173,23 [r]}$$

Коришћењем задатих формула могу се добити жељене вредности за оптерећења и концентрације загађења. Резултати су приказани табеларно (табела 13.).

Табела 13. Вредности оптерећења и концентрације честица у отпадној води

ПАРАМЕТАР	ЈЕДИНИЦА	УКУПНО СУСПЕНДОВАНЕ ЧЕСТИЦЕ	БПК ₅	УКУПНИ АЗОТ	УКУПНИ ФОСФОР
L_{in}	$g/d \cdot r$	65,0	60,0	12,0	4,0
$L_{av,d}$	kg/d	6186,26	5710,39	1142,1	380,7
$L_{\max,d}$	kg/d	7237,92	6681,16	1336,26	445,419
$L_{av,h}$	kg/h	257,76	237,93	47,59	15,86
$L_{\max,h}$	kg/h	402,88	371,19	74,32	24,74
C_{av}	g/m^3	437,1	403,42	80,69	26,89
$C_{\max}$	g/m^3	569,23	524,45	105	34,96
C_p	g/m^3	35	25	10	1,5
η	%	0,93	0,94	0,88	0,94

Одређивање потребне површине земљишта на коме ће се налазити постројење

На основу табеле 13. интерполацијом се може доћи до површине која је потребна за смештај једног постројења које ће третирати отпадну воду. Како капацитет постројења одређује вредност максималног дневног протока, а он износи $Q_{\max,d} = 16631 \text{ m}^3/\text{d}$, потребно је наћи вредност индикатора површине између вредности капацитета постројења од 10.000 и 30.000 m^3/d .

$$\frac{30000-10000}{3-4} = \frac{16631-10000}{x-4}$$

$$X=3,67$$

Након добијене вредности индикатора површине он се множи са капацитетом постројења и добијамо вредност потребен површине земљишта за смештај постројења.

$$16631 \cdot 3,67 = 6,104 \text{ ha}$$

Дакле, потрено је обезбедити 6,104 хектара земљишта на одговарајућој локацији удаљеној од града са већ наведеним условима, како би се изградило целокупно постројење за пречишћавање отпадних вода са одговарајућим пратећим елементима.

Специфична потрошња и средњи проток отпадне воде

Специфична потрошња воде се може усвојити из табеле 14 при чему имамо податке о броју становника.

$$q_{sp} = 250 \text{ l/r} \cdot \text{d}$$

Табела 14. Специфична потрошња воде у односу на број становника (95.000)

Број становника	Специфична потрошња воде
<5000	150
5000-10.000	180
10.000-50.000	220
50.0000-250.000	250
>250.000	300

Потребно је усвојити и редуковани број сати из табеле 15. :

$$\tau = 18 \text{ h/d}$$

Табела 15. Редуковани број сати у зависности од еквивалентног броја становника [2]

Т	ЕС
10	До 1000

12	1000-5000
14	5000-10.000
16	10.000-20.000
18	20.000-100.000

Одређивање средњег протока отпадне воде:

$$Q_{sr} = \frac{EC \cdot q_{sp} \cdot 24}{\tau \cdot 1000} Q_{sr} = 3,167 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$$

12.Идејно решење постројења

У наредном делу текста биће описан процес пречишћавања отпадне воде у пројектованом постројењу на површини земљишта од 6,104 ha. Пројектовано постројење за пречишћавање отпадних вода се састоји од прелиминарних процеса, примарног и секундарног третмана, као и третмана муља.

Процес пречишћавања отпадних вода се може поделити на две основне линије: линију воде и линију муља.

Сви објекти система налазе се делимично испод нивоа терена, а делом у насипу или грађевинском објекту. Сви потребни објекти изграђују се на грађевинском земљишту које обухвата зграде и објекте за пречишћавање и опслуживање. Око пречистача поставља се заштитни зелени појас.

У погонској згради налазе се просторије за: хемикалије, централну команду, лабораторија, гардероба, остава, складиште и санитарни чворови. У оквиру објекта за механички третман се налази и просторија са опремом за хемијску пертиципацију фосфора. Такође, постоји и објекат за смештај дуваљки, односно компресора.

Прилаз оперми решен је интерним саобраћајницама. Пражњење пречишћене воде врши се након дезинфекције гравитационим цевоводом, који пречишћену воду одводи до мерача протока.

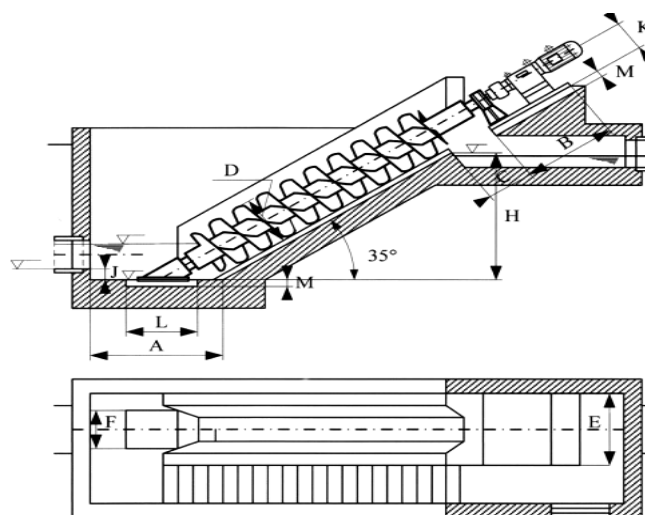
12.1.Линија воде

Принцип рада постројења за прераду отпадних вода састоји се од пумпања отпадне воде, уклањања грубог и инертног материјала, примарног таложења, биолошке аерације, секундарног таложења и дезинфекције воде пре непосредног испуштања у реципијент.

- Црпна станица

Комуналне отпадне воде стижу до локације пречистача гравитационо и уливају се у главну црпну станицу. На самом почетку процеса, тј. на месту где сабирни колектор отпадних вода улази у постројење, налази се црпна станица сирове воде која има за циљ да све количине отпадних вода подигне на вишу коту тј. на висину од 6 m. Ова разлика висина обезбеђује гравитационо протикање воде кроз комплетан процес такозване „линије воде“.

Обзиром на састав воде и примесе које се у њој налазе, као и на чињеницу да је висина на коју се вода подиже мала, изабране су такозване пужне пумпе (слика 40.). Овај тип пумпи је отворене конструкције, дуготрајан због ниског броја обртаја, лако се прилагођава различитим протоцима, не захтева дубок усисни шахт и што је најважније, на самим пумпама не долази до зачепљења.



Слика 40. Шематски приказ пужне пумпе [17]

Сагласно захтевима технолошког процеса предвиђено је да се уграде три пужне пумпе. Две пужне пумпе би биле у сталном раду, док би трећа била резервна у случају кvara или ремонта на претходно поменутих пужних пумпама.

- Аутоматска решетка

Преко заједничког колектора вода се доводи на постројење, пребацује се у црпни базен, а затим пужним пумпама доводи на аутоматске решетке. Подизањем воде помоћу пужних пумпи се обезбеђује потребан ниво воде за рад уређаја. Аутоматске решетке спречавају да дође до оштећења уређаја и запушавања цеви.

У оквиру пројектованог постројења предвиђене су две аутоматске решетке са растојањем између шипки од 10 cm (слика 41.). Решетке се постављају под углом од 75° степени. Равна аутоматска решеткасе састоји од челичних шипки које су постављене у рам који је исте ширине као ширина канала. Брзина протицања између шипки не треба да прелази 1,0 m/s, односно, максимално 1,5 m/s. Код већих брзина протицања отпадне воде долази до пролажења једног дела отпадака између шипки решетака, а задржани отпаци тако чврсто пријањају за шипке да је аутоматско чишћење онемогућено. Усвојена ширина аутоматске решетке је 1,2m.



Слика 41. Аутоматска решетка [20]

Сакупљени материјал се са аутоматске решетке згрће у метални жлеб и помоћу тракастог транспортера транспортује у контејнер запремине 10 m^3 . Количина отпада који се издваја на аутоматској решетки зависи од размака између шипки, али и од отпадне воде. Крупан отпад и песак се са овог степена производног процеса, депонује на локацију која је предвиђена за то.

- Аерисани песколов

У процесу пречишћавања отпадне воде функција аерисаног песколова је смањење оптерећења примарних таложника, смањење абразије механичке опреме у њима, као и смањење таложења материја у цевоводима и каналима. Смањење оптерећења обавља се уклањањем инертног материјала, чије честице имају већу брзину таложења од честица органских материја. Када отпадна вода дође у песколов, честице се таложе на дно различитом брзином, у зависности од величине, специфичне тежине и брзине кретања кроз песколов. Довођењем ваздуха контролише се брзина таложењачестица.

Постројење се састоји од једног песколова дужине 25 m , максималне висине 4 m и ширине 12 m . Песколов има конично дно. За чишћење аерисаних песколова употребљавају се две муљне пумпе које усисавају смешу песка и воде догранулације 8 mm . Оне имају покретну усисну цев и постављене су на мосту који се креће дуж песколова.

- Примарни таложник

Примарни таложник се користи за уклањање суспендованих материја, фосфата и осталих растворених материја, као и одређене количине рециркулисаног активног муља. Таложници са згртачем се пројектују као хоризонтални проточни кружни или правоугаони базени. За примарно таложење у пројектованом постројењу се користи кружни таложник са згртачем.

Основна карактеристика за димензионисање примарног таложника је време задржавања отпадне воде у таложник и оно најчешће износи 4 сата. Укупна запремина таложења је: $V_u = 5,278 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Након одређивања укупне запремине таложења усваја се број таложника (a), што је неопходно да би се одредила запремина једног таложника. У овом постројењу постоје два примарна таложника, као две линије у систему. У случају смањења капацитета може да ради само један таложник. Запремина једног таложника износиће : $V_t = 2,639 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Дубина примарног таложника се одређује тако што се висина дели на четири зоне:

- 1) Зона бистрења h_1 је константна вредност и износи $0,5 \text{ m}$.
- 2) Зона одвајања h_2 . За израчунавање ове зоне усвајају се одређене и граничне вредности:

$\lambda = 450 \text{ l/m}^2 \text{ h}$, оптерећење чврстим честицама;

$w = 120 \text{ l/kg SM}$, индекс муља;

$M_o=4 \text{ kgSM}/m^3$, оптерећење муљем;

$H_o=0,94\text{m}/h$, хидрауличко оптерећење;

$OPM=1$, вредност односа повратног муља, константна.

На основу тога може се израчунати висина зоне: $h_2 = \frac{h_1 \cdot H_o \cdot (1+OPM)}{1 - (\frac{w \cdot M_o}{1000})}$;

$$h_2 = 1,808\text{m}$$

$$3) \text{Зона сакупљања } h_3 = \frac{0,45 \cdot \lambda \cdot (1+OPM)}{500}; \quad h_3 = 0,81\text{m}$$

4) Зона одвајања $h_4 = \frac{\lambda \cdot (1+OPM) \cdot t_{dt}}{300 \cdot t_{dt} + 500}$, где је t_{dt} време згушњавања на дну примарног таложника и узима се да је константно, $t_{dt}=1,2h$.

$$h_4 = 1,26\text{m}$$

На основу свега овога горе наведеног минимална потребна дубина примарног таложника се рачуна на следећи начин: $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 4,378 \text{ m}$. На основу добијене минималне вредности потребно је усвојити дубину таложника већу од ове:

$$H_t = 7 \text{ m}$$

Површина и пречник таложника износиће: $A = 377 \text{ m}^2$, $D = 21,909\text{m} \approx 22\text{m}$.

- Уклањање БПК и суспендоване материје

Биолошко пречишћавање отпадних вода, уклањање БПК и суспендоване материје СС одвија се у два корака.

Први корак уклањања се одвија самим таложењем опадне воде у примарном таложнику, а процентуална вредност зависи од времена задржавања воде.

Други корак уклањања одвија се биолошком аерацијом и секундарним таложењем где такође, од времена задржавања воде зависи концентрација БПК и СС. У овом поступку за разлику од претходног систем мора да испоштује задате вредности концентрације ових материја на излазу из секундарног таложника што се постиже регулацијом времена задржавања отпадне воде

- Базен за аерацију

У биоаерационим базенима се одвијају метаболичке реакције синтезе и респирације, при чему се формира микробиолошки флок који се храни органским материјама из отпадне воде. Поред микробиолошког флока у биоаерационим базенима се налазе и инертне и небиодеградабилне материје. Микроорганизми се углавном састоје од 70-90% органске и 10-30% неорганске материје. Њихово формирање и количина зависе од састава отпадне воде. Флокуле активног муља састоје се из великог броја, у више слојева распоређених, бактерија које могу бити обавијене слојем слузи. Због своје велике површине и негативног наелектрисања, муљ има знатну апсорбциону моћ и садржи пуно везане воде чак и до 80%.

Оптимална температура за већину микроорганизама је 20-30 °C. Ниске температуре смањују активност микроорганизама, па према томе и ефекат пречишћавања. Зими долази до веће производње муља и ефлуент садржи већу количину суспендованих материја.

За димензионисање аерационог базена неопходно је користити израчунате вредности из табеле 13. укупног органског оптерећење у току једног дана $L_{\max,d} = 6,681 \cdot 10^3 \text{ kg/d}$.

Примарним таложењем врши се уклањање 25 % органског оптерећења након чега остатак од 75 % представља оптерећење које улази у поступак биолошке аерације са активним муљем. Издвојено органско оптерећење у поступку примарног таложења износиће:

$$L_i = 1,67 \cdot 10^3 \text{ kg/d}$$

Органско оптерећење у аерационом базену биће: $L_o = L_{\max,d} - L_i = 5,01 \cdot 10^3 \text{ kg/d}$.

Запремина базена за аерацију $V_{ar,b} = 12,53 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Пошто је израчуната запремина базена за аерацију следи усвајање броја линија ($n=4$), након чега се може одредити и запремина једне линије: $V_{ar,b1} = 3,13 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Након тога усваја се дубина базена за аерацију ($H=7\text{m}$), док ширину једне линије налазимо када дубину линије помножимо са два ($B=14\text{m}$). Дужина базена је $L=31,94\text{m}$.

- **Компресорска станица**

Компресорска станица се налази поред биоаерационих базена и она обезбеђује потребну количину и притисак ваздуха за аерацију отпадне воде. Сагласно захтевима технолошког процеса, односно дела процеса који се одвија у базенима за аерацију воде предвиђена су четири нископритисна компресорска агрегата. Сва четири компресора су радна. Из колектора даље иде једна цев пречника 300 mm ка аерационим базенима.

Компресори са укључују и искључују ручно у зависности од потреба за ваздухом у биоаерационим базенима. Мрежа потисног цевовода је димензионисана тако да се обезбеђује равномерна расподела протока ваздуха на свим базенима.

- **Секундарни таложник**

Секундарни таложници су исто као и примарни, кружног облика. Примењују се заварени мостови са пуним зидовима. Усекундарним таложницима таложи се активни муљ из биоаерационих базена. У висини нивоа воде постављена је летва чија је функција да уклања пену и пливајуће материје. Све пливајуће материје потискују се према каналу на ивици базена и одатле одводе у примарни угушћивач (слика 42.).



Слика 42.Преливни систем секундарног таложника [21]

Димензијесекундарних таложника исте су као и димензије примарних. Запремина једног таложника је $V_t = 2,639 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, има их укупно 2. Површина и пречник таложника износиће: $A = 377 \text{ m}^2$, $D = 22 \text{ m}$.

- Базен за дезинфекцију

Дезинфекција представља скуп мера и поступака којима се уништавају патогени и други микроорганизми или се постиже инхибиција њиховог развоја- примерном физичко-хемијских средстава. Дезинфекцијом се број штетних микроорганизама редукује и своди на безопасне вредности по здравље човека. Различити микроорганизми су различито осетљиви на деловање поједних дезинфекционих средстава.

Најстарији и најраспрострањенији поступак дезинфекције воде је хлорисање. Има широк спектар гермицидног дејства, лако се користи, мери и контролише, резистентан је и релативно јефтин. Хлорисањем се уклања велики број супстанци које су присутне како у природним, тако и у отпадним водама.

Ако систем за третман вода користи хипохлорит онда се користи јефтинија опрема и широко доступне хемикалије- неће бити потребне посебне техничке вештине за рад и одржавање.

12.2.Линија муља

У току рада постројења у секундарним таложницима се формира муљ који се враћа у биоаерационе базене, а сав муљ из примарног таложника одлази у примарни угушћивач, односно на третман муља. Рециркулисани муљ има улогу да одржи довољну концентрацију активног муља у биоаерационим базенима, тако да квалитет процеса остане задовољавајући тј. служи за одржавање процеса са активним муљем.

Да би се омогућило формирање адекватног односа F/M (однос субстрата и микроорганизама), потребно је вишак муља, заједно са муљем из примарних таложника одвести на третман муља. Сав муљ из примарног таложника одлази на третман муља.

Количина рециркулисаног муља и вишка муља зависе од органског оптерећења, хидрауличког оптерећења, садржаја суве материје у биоаерационом базену, као и садржаја суве материје у рециркулисаном муљу.

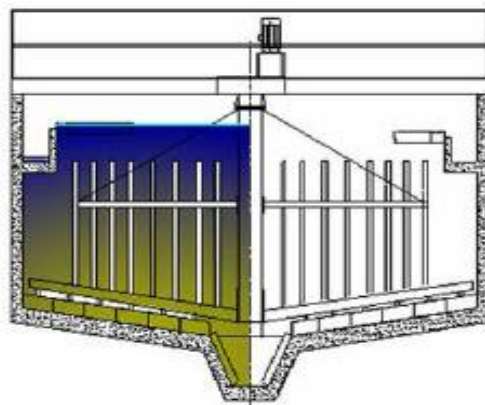
За рецикулацију муља из секундарних таложника у примарне таложнике или биоаерационе базене користе се пумпе погоњене електромотором преко редуктора и еластичне спојнице (слика43.).



Слика 43. Пужна пумпа за циркулацију муља[22]

- Примарни угушћивач муља

Угушћивање представља први процес у линији муља. У угушћивачу (слика 44.) стиже муљ који се састоји од примарног сировог муља и активног муља. Изабран је гравитациони угушћивач из следећих разлога: омогућава издвајање вишка воде и формирање минималне запремине муља, због изједначавања и складиштења муља, а у циљу омогућења вршења анаеробне дигестије.



Слика 44. Примарни гравитациони угушћивач[23]

Проблеми са муљем се јављају најчешће због сувише дугог времена задржавања у угушћивачу. Као превентивно средство против стварања септичких услова веома је корисно убацивање муља директно из биоаерационих базена. Нагомилано уље и кора муља могу се разбити прскањем хлорисаном водом.

Изузетно непријатан мирис муља, одношење честица муља на преливу, смањена концентрација муља на излазу из угушћивача су показатељи септичности муља. Септичност отпадне воде на улазу у постројење и сувише дуго време задржавања у угушћивачу су разлози због којих настаје септичност. Гас непријатног мириса настаје због анаеробне активности коју омогућују створени септички услови.

Стварање септичких услова у угушћивачу може се спречити следећим мерама:

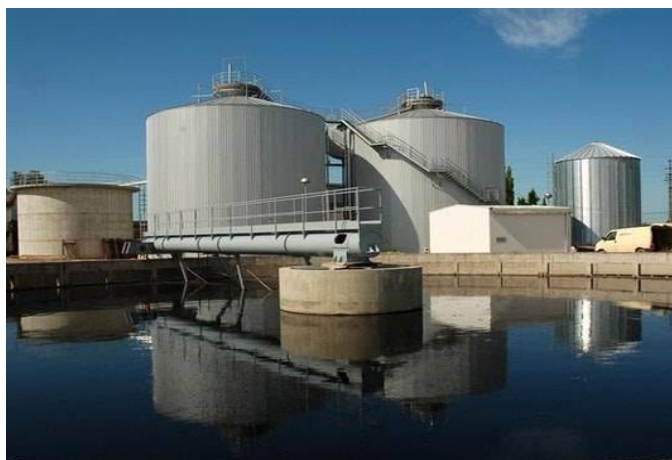
- дозирањем калијум-перманганата,
- дозирањем хлора,
- убацивањем активног муља директно из биоаерационих базена да би се повећала количина раствореног кисеоника.

Бубрење муља доводи до повећања висине слоја муља у угушћивачу и његове дисперзије. Додавањем хлорисане воде или полиелектролита смањује се бубрење муља.

Сувише дуго време задржавања у угушћивачу је узрок појаве непријатног мириса. Повећање времена задржавања у биоаерационим базенима у циљу добијања мање активног биолошког муља је једна од мера за сузбијање непријатног мириса.

- Силос за муљ

Одстрањивање вишка муља се врши потпуно аутоматски помоћу пумпе која допрема муљ у два објекта за компактирање муља- силос (слика 45.). Приликом компактирања муља, декантација остатка воде врши се са три нивоа цеђењем и пребацивањем на почетак процеса, одакле даље одлази на третман. Дехидратација стабилизованог и компактираног муља врши се помоћу тракасте пресе, а након тога се привремено складишти у овом затвореном контејнеру из којег се касније одвози на депонију чврстог материјала.



Слика 45. Силоси за складиштење муља из отпадних вода [26]

12.3. Узорковање отпадне воде и мерење протока пречишћене воде

Узорковање сирове отпадне воде се може вршити на три места:

- 1) из црпног базена главне црпне станице,
- 2) узводног шахта црпне станице,
- 3) песколова.

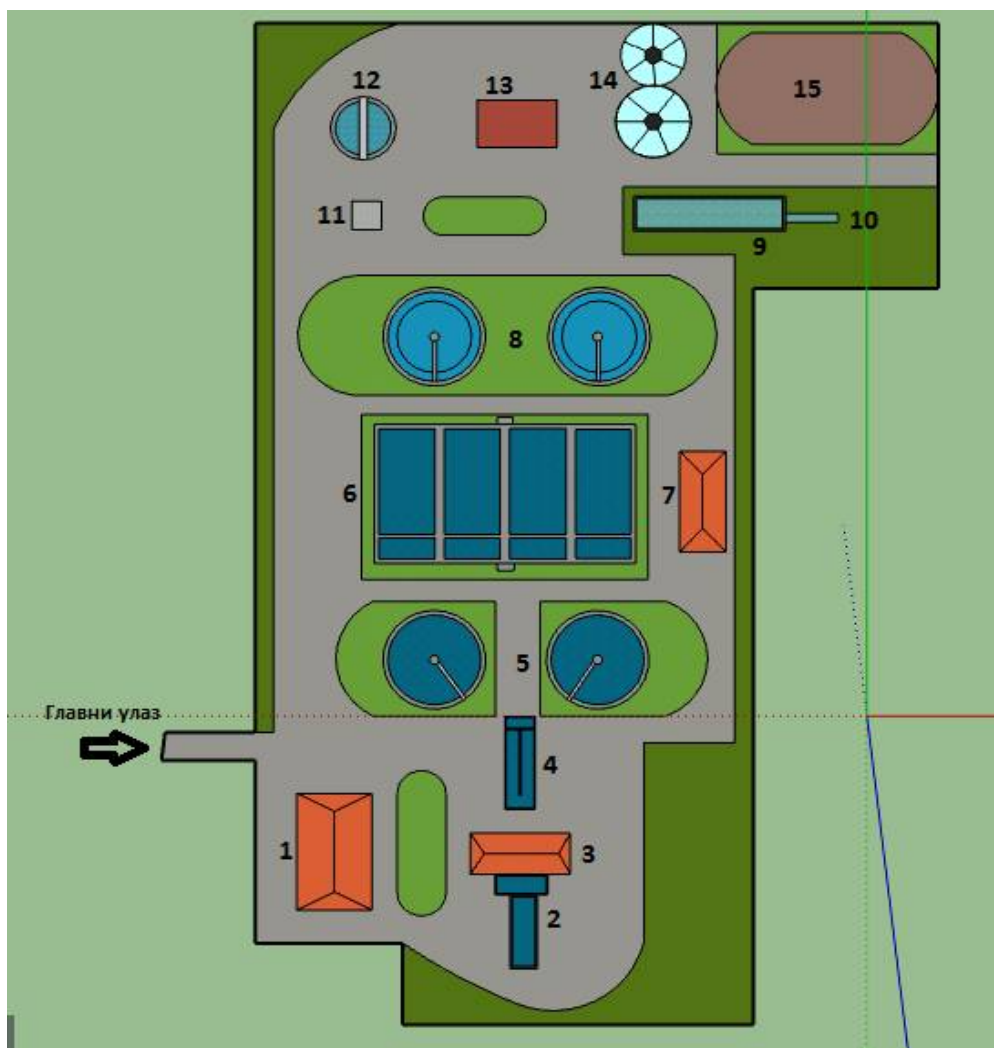
Узроци пречишћене воде могу се узимати из:

- 1) шахта посебно намењеног за узроковање пречишћење воде,
- 2) узводно од мерача протока пречишћене воде.

Мерење протока сирове отпадне воде је предвиђено путем електромагнетних мерача монтираних на потисне водове пумпе црпне станице. Док се мерење протока пречишћење воде врши путем Паршаловог сужења, будући да се ради о течењу са слободном површином.

12.4.2D и3D приказ постројења

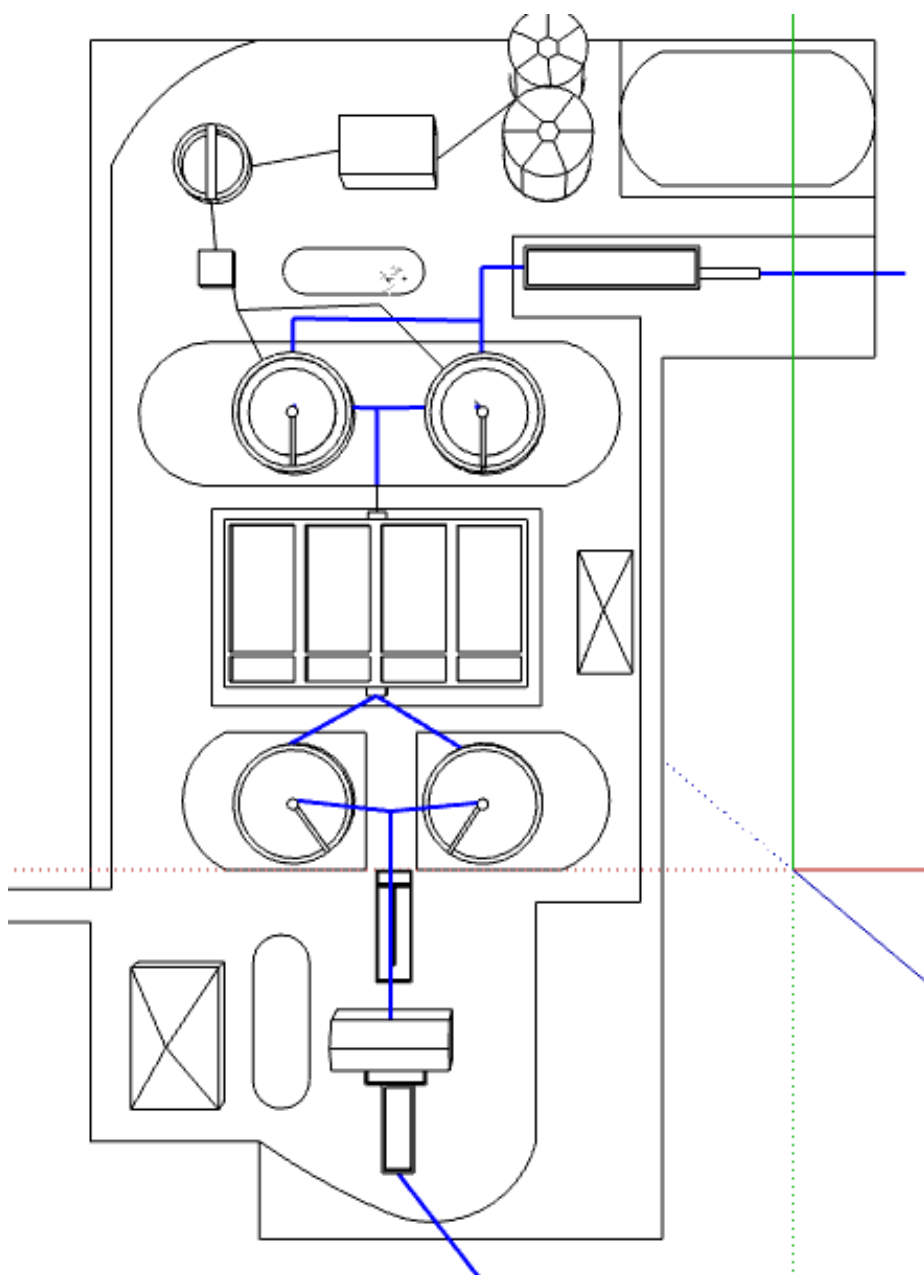
У овом поглављу дат је приказан идејног решења за постројење прераде отпадних вода са свим елементима које оно садржи на локацији од 6,104 хаземљишта. На првој од слика налази се 2Dприказ изгледа постројења као и околине(слика 46.) и обележени су сви делови постројења чије се ознаке читају из легенде, а затим је на следећој слици представљен 2Dприказ са токовима воде у оквиру постројења са 2 линије (слика 47, 48, 49.).На последњој слици налази се 3Dприказ изгледа овог постројења (слика 50, 51.).



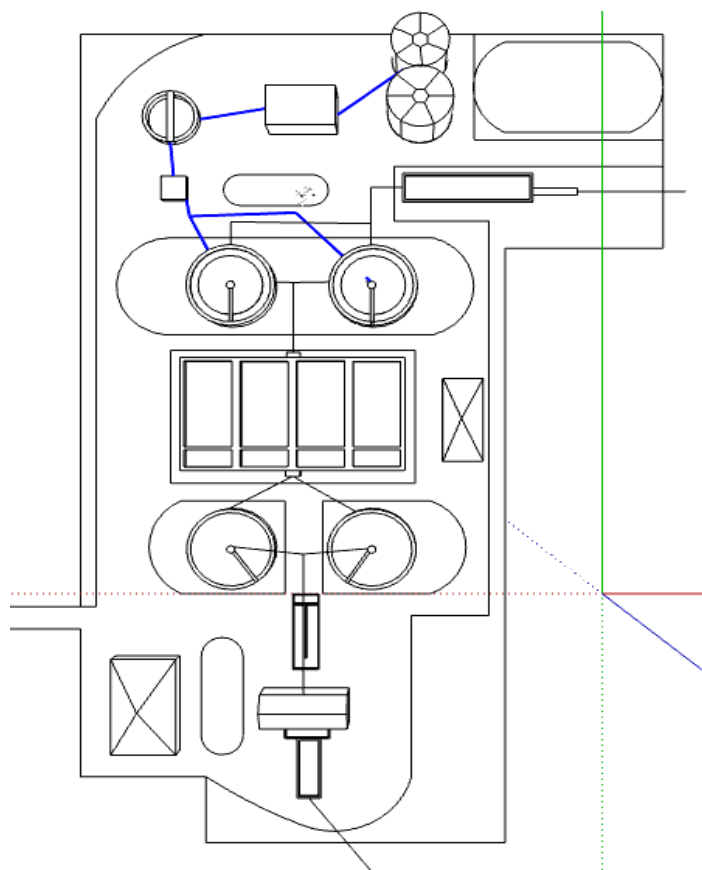
Слика 46.Равански приказ изгледа постројења

Легенда:

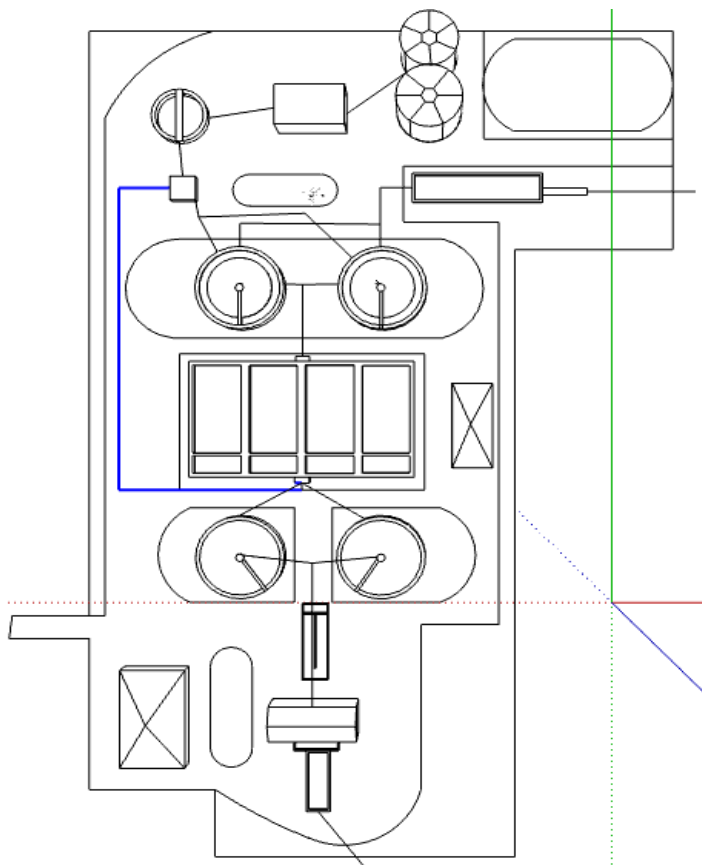
- 1- Погонска зграда, 2- Црпна станица са грубом решетком,
3- Аутоматска решетка, 4- Песколов и мастолов,
5- Примарни таложници. 6- Биоаерациони базени,
7- Компресорска станица, 8- Секундарни таложници,
9- Базен за дезинфекцију, 10- Шахт за мониторинг квалитета воде,
11- Препумпна станица, 12- Угушћивач муља,
13- Тракаста филтер преса, 14- Силоси, 15-Депонија.



Слика 47.Ток отпадне воде током пречишћавања



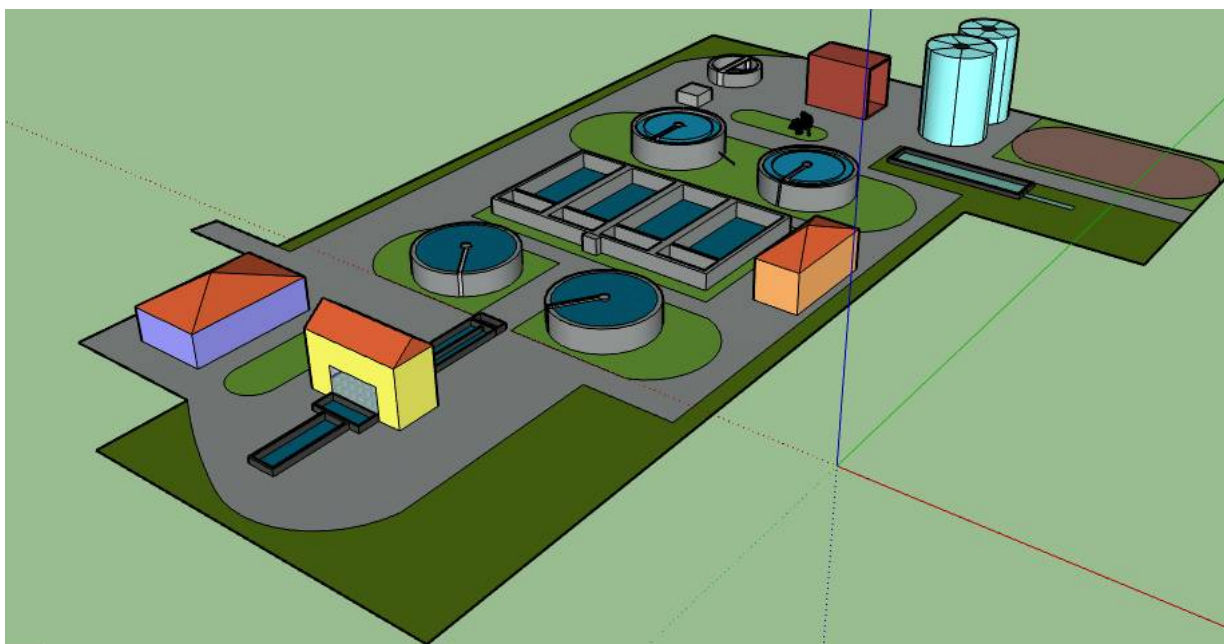
Слика 48. *Линија муља у постројењу*



Слика 49. *Ток рецикулације активног муља*



Слика 50.3D приказ постројења



Слика 51.3D приказ постројења

13. Упоредна анализа пројектованог и реалног постројења за третман отпадних вода

Студија случаја представља анализу одређене, конкретне реалне ситуације или замишљеног сценарија. Описује догађаје, даје одговоре и решења на изазове и проблеме са којима се организације, институције и компаније суочавају у свом раду. Овде ће се спровести анализа једног постројења за пречишћавање отпадне воде и његове ситуације у свету и на основу добијених резултата предложиће се препоруке за превазилажење конкретног проблема на постројењу које треба пројектовати.

Као пример узето је постројење у граду Честерфилд. Честерфилд (енгл. Chesterfield) је град у Уједињеном Краљевству у Енглеској (слика 52.). Према процени из 2007. у граду је живело 70.710 становника, а данас живи 100.000 становника.



Слика 52. Приказ положаја града на мапи

Град поседује постројење за пречишћавање отпадних вода, као и већина градова у Енглеској. Постојење функционише веома ефикасно. Политика заштите животне средине је на веома високом нивоу, па се о оваквим постројењима веома води рачуна. Постојење (слика 53.), прерађује 37.530 m^3 отпадне воде дневно. Прерађена вода испушта се у оближњу реку Ротер.



Слика 53. Изглед постројења за пречишћавање отпадне воде и распоред елемената [24]

Ово постројење специфично је јер за свој третман користи већи број таложника. На улазу у постројење налази се колектор који допрема воду из града у црпну станицу. Механичка обрада у виду уклањања чврстих материја из воде, уклањања масти и уља, као и смиривања брзине воде сеподразумева. Постројење ради са 2 кружна примарна таложника.

Након завршеног механичког третмана, тј. након уклоњених крупних нечистоћа, отпадна вода се гравитационо улива у пуфер-егализациони базен са црпном станицом који је опремљен са 4 потопне пумпе, са системом за аерацију како би се избегла појава септичких процеса услед дугог стајања воде, као и миксером замешање воде, како би се спречило таложење муља када аерација није активна.

Отпадне воде из црпног базена-пуфера ослобођене механичких нечистоћа и након уједначавања квалитета наизменичним радом пумпи, пребацују се у биолошке реакторе.

Након биолошког третмана следи таложење воде у секундарним таложницима(укупно 4) и прикупљање муља који се са времена на време издваја из таложника, просушује и складишти у силосе.

14.SWOT анализа

У оквиру овог поглавља приказан је SWOT анализа, тј.слабости и претње али и предности и шансе које могу да се јаве при пројектовању једног оваквог постројења.



15. Финансијска анализа

Висока инвестициона улагања представљају највећи проблем за изградњу постројења за третман отпадних вода. Потребно је водити рачуна приликом пројектовања, да се не предимензионише постројење, не претера са технолошким захтевима који су скупи, да се постројење може накнадно дограђивати и још много. Може се грубо одредити колико је потребно инвестирати у једно овакво постројење.

За куповину земљишта на коме би било лоцирано постројење потребно је издвојити одређену суму, која зависи од места, близине града, близине реципијента, а може се усвојити генерална вредност од око 30 евра по ару. У овом случају, потребно је уложити 18.312 евра.

Укупна финансијска средства која су неопходна за опрему постројења, изградњу грађевинасу: 13.324.252 евра(табела 17.).

Табела 17. Табеларни приказ вредности изградње постројења

ОПРЕМА			ГРАЂЕВИНА			УКУПНО
Капацитет (ЕС)	Ј.цена (Еуро/ЕС)	Цена (еуро)	Капацитет (ЕС)	Ј.цена (еуро/ЕС)	Цена (еуро)	Цена (еуро)
95173,23	80	7.613.858	95173,23	60	5.710.394	13.324.252

16.Закључак

Заједничко за велики број насеља у Србији, што је случај и у бројним европским градовима и насељима је да воду за пиће добијају из површинских водних ресурса. Последњих година, ситуација у Европи се битно променила смањењем емисије отпадних вода из комуналних канализационих система у водотокове и језера који чине урбану амбијенталну целину, мерама изградње и проширења канализационих система, као и заштите вода изградњом постојења за пречишћавање отпадних вода.

Са друге стране, у Србији у великом броју градова квалитет површинских токова који протичу кроз или поред насеља и даље је угрожен, због недовољне изграђености канализационих система и недостатка или неодговарајућег степена пречишћавања отпадних вода. Воде се још увек, без икаквог третмана, испуштају у околну земљиште или јаруге. Прикупљање отпадних вода се најчешће врши неадекватно изграђеним септичким јамама са неконтролисаним изливањем, а често се у ту сврху користе и напуштени копани бунари.

Идеја рада је првенствено подизање свести о оваквим проблемима, као и представљање могућности које би могле да се узму у обзир за израду оваквог постројења када се знају одређене конкретне информације. Потребно је више школованог и стручног особља за рад на оваквим постројењима као и велике финансије, воља и жеља за улагањем у овако велики пројекат који је од великог здравственог значаја за будуће генерације.

За достизање задатих циљева које пред нас поставља Европска Унија својим директивама- Директива за пречишћавање комуналних отпадних вода (UWWTD, 91/271/ЕЕС) и са њом усклађеног националног законодавства неопходно је још пуно времена и финансијских средстава и врло је тешко извести. Реализација циљева условљена је економским, техничким, организационим и људским факторима.

17. Литература

- [1] Вања Шуштершич, *Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2014.
- [2] Barbara Slomka Slupik, *Environmental engineering*, Presentaions from Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering- Department of Building Structures, Gliwice, Poland 2019.
- [3] Божо Далмација, *Стратегија водоснабдевања и заштите вода у АП Војводина*, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад 2009.
- [4] Интернетсајт: <https://tehnologijasredstavazapranje.wordpress.com/2013/11/26/otpadne-vode/>, приступљено 05.09.2019.
- [5] World Water Development Report, Wastewater: The Untapped Resource 2017 UN, <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>, приступљено 06.09.2019.
- [6] Татјана Благојевић, *Отпадне воде као еколошки проблем*, Факултет техничких наука, Чачак, 2012.
- [7] Интернет сајт: <https://joka942009.wordpress.com/2014/05/22/27/>, приступљено 06.09.2019.
- [8] Интернет сајт: <https://depositphotos.com/281372680/stock-photo-the-industrial-wastewater-is-discharged.html>, приступљено 07.09.2019.
- [9] Интернет сајт: <https://nevenamijatovic95.wordpress.com/2014/05/06/izvori-zagadivanja-zemljista/>, 09.09.2019.
- [10] Ана Калајдић, Ружица Ракић, Алмедина Доловац, *Мониторинг и заштита водних ресурса у систему квалитета*, I International Conference "ECOLOGICAL SAFETY IN POST-MODERN ENVIRINMENT", Бања Лука, јун 2009.
- [11] Интернет сајт: http://www.superlab.com/cms/mestoZaUploadFajlove/Top_vode_2011_.pdf, приступљено 12.09.2019.
- [12] Интернет сајт: <https://www.eko-lab.rs/>, приступљено 12.09.2019.
- [13] Интернет сајт: <http://www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/pdfww2009/OkrugliSto-Otpadne%20vode.pdf>, приступљено 13.09.2019.
- [14] А. Станојлов, Д. Угринов, *ИСТОРИЈСКИ ПРЕГЛЕД У ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА*, https://www.sitzam.org.rs/zm/2011/No1/ZM_52_1_61.pdf, приступљено 13.09.2019.
- [15] Интернет сајт: <https://www.pmf.unizg.hr/images/50017753/uredjaji%201.pdf>, приступљено 17.09.2019.
- [16] Интернет сајт: https://www.mfkv.kg.ac.rs/index.php/dokumenti/doc_download/221-predavanja-1, приступљено 20.09.2019.

[17] Небојша Вељковић, Зорана Петовић, Александар Шотић, Виолета Цибулић, *ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕ ЕВРОПСКЕ ДИРЕКТИВЕ О ПРЕЧИШЋАВАЊУ КОМУНАЛНИХ ОТПАДНИХ ВОДА У СРБИЈИ*, Агенција за заштиту животне средине, 2018.

[18]Интернет сајт:http://www.jkpvik-kg.com/?page_id=988, приступљено 20.09.2019.

[19] Интернет сајт: <http://www.vodovodsu.rs/14-preciscavanje-otpadnih-voda>, приступљено 23.09.2019.

[20]Интернет сајт:<http://phi.rs/proizvodi-2/predtretman/>, приступљено 23.09.2019.

[21]Интернет сајт:<http://www.riparia.org.rs/aqua/images/taloznik.jpg>, приступљено 24.09.2019.

[22]Енергопројект: „Централно постројење за пречишћавање отпадних вода Крагујевца”, књига XII, свеска 2, главни извођачки пројекат, Београд, 1989

[23]Интернет сајт: <http://www.evib.rs/assets/proizvodi/uguscivac1.jpg>, приступљено 01.10.2019.

[24]Интернет сајт:http://www.chesterfieldpost.co.uk/news/local/localnews_00000481.html, приступљено 01.10.2019.

[25] Интернет сајт:<https://www.hydrolux.info/english/06%20problemi/mutnoca-vode.html>, приступљено 02.10.2019.

[26]Интернет сајт:<http://www.pro-ing.info/en/subotica.php>, приступљено 05.10.2019.