

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Основе процесних апарата и постројења

Број индекса: 745/2013

Александар Ч. Капуран

**Пречишћавање отпадних вода у млекарској
индустрији
Завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Милан Деспотовић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог звршног рада кандидат треба да

Приказ основних система за прераду отпадних вода, наведе својства отпадних вода у млекарској индустрији и изради 3Д модел постројења отпадних вода у млекарској индустрији.

Препоручена литература:

[1] Пречишћавање отпадних вода : Д.Љубисављевић, А.Ђукић, Б.Бабић, АГМ, 2004.

Крагујевац, датум

ментор:
Проф. др Милан Деспотовић

Резиме

Употребом воде у оквиру производних капацитета индустријских постројења намеће се потреба за одговорним приступом у третману вода које учествују у производном процесу. Вода која се користи у одређеним индустријским гранама мења своја физичка, хемијска и биолошка својства и постаје отпадна вода.

Рационално коришћење воде, тј. прикладан третман отпадних вода којим би се оне пречистиле и испустиле у пријемник без штетних последица по окружење, подразумева одговоран однос према животној средини.

У овом раду настојало се дати информација о настанку отпадних вода, врстама и облицима њиховог пречишћавања кроз производни циклус млекарске индустрије.

Можемо закључити да се карактеристике отпадних вода у млекарској индустрији не разликују много од отпадних вода других грана прехрамбене индустрије, а оно што њихов третман чини специфичним је последица сложености самог производног процеса у млекарама са више погонских јединица за различите производе.

Кључне речи: отпадна вода, пречишћавање, млекарска индустрија, одговоран приступ.

Summary

The use of water in the framework of the production capacity of industrial plants impose a need for a responsible approach to the treatment of water involved in the production process. Water used in certain industries changes its physical, chemical and biological properties and becomes wastewater.

Rational use of water, in. appropriate treatment of waste water that would purify one and dropped to the receiver without negative consequences for the environment implies a responsible attitude towards the environment.

This paper aims to give information about the origin of the waste water,her types and forms of their purification through the production cycle of the dairy industry.

We can conclude that the characteristics of the waste water in the dairy industry does not differ much from the wastewater of other branches of the food industry, and what their treatment makes specific is due to the complexity of the manufacturing process in dairies with several drive units for different products.

Keywords: waste water, treatment, dairy, responsible approach.

Садржај:

1. Увод	5
2. Отпадне воде	6
2.1. Врсте отпадних вода	6
2.2. Карактеристике (загађених) отпадних вода.....	10
2.2.1. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода.....	11
2.2.2. Показатељ концентрације органских компоненти у отпадним водама.....	13
2.3. Биолошке карактеристике отпадних вода	14
3. Системи за обраду отпадних вод.....	16
3.1. Третмани за обраду отпадне воде	18
3.1.1. Механичко пречишћавање	19
3.1.2. Физичко-хемијско пречишћавање отпадних вода.....	22
3.1.3. Биолошко пречишћавање	24
3.2. Процес са активним муљем.....	26
3.3. Анаеробни поступак пречишћавања отпадне воде	28
4. Отпадне воде у млекарској индустрији.....	29
4.1. Карактеристике отпадних вода у млекарској индустрији	29
4.2. Врсте отпадних вода у млекарској индустрији	32
4.3. Принцип пречишћавања воде у млекарској индустрији	33
4.4. Прерада продуката из процеса пречишћавања отпадних вода	35
5. 3Д Модел постројења за пречишћавање отпадних вода у млекари	38
6. Закључак	43
7. Литература	44

1. Увод

„Вода је опште наследно добро, чију вредност морају сви познавати. Задатак је сваког од нас да је економично и брижљиво користи“.
Европска повеља о води.

Модерна људска цивилизација ХХИ века суочена је са последицама вишевековне људске небриге за животну средину која постаје све више загађена. Таква судбина није заобишла ни водено благо наше планете, чије како површинске тако и подземне воде директно или индиректно угрожене свакодневним испуштањем отпадних вода различитог порекла и састава без претходног адекватног третмана за пречишћавање.

Како би обновили квалитет и количину воде, као и могућност њеног поновног коришћења, расте интересовање за унапређење процеса пречишћавања отпадних вода.

Поремећај екосистема, ограничена количина свеже воде и пораст количине отпадних вода указују да човечанству прети несташица воде па је стога подизање нивоа свести о значају воде и њеном пречишћавању од велике важности за живот људи.

Правилни третман отпадних вода подразумева њихово испуштање у реципијенте уз примену одговарајућих третмана, али тако да нема опасности по природне процесе, квалитет и количину воде, као и могућност њиховог поновног вишенаменог коришћења.

Карактеристике отпадних вода у млекарској индустрији се не разликују много од отпадних вода других грана прехрамбене индустрије, а оно што их чини специфичним је последица сложености самог производног процеса у млекарама са више погонских јединица за различите производе. Садржај тих отпадних вода чине између осталих сурутка, казин, лактоза, масти и средства за чишћење система који утичу на рН отпадних вода, недовољну количину кисеоника, појаву јаких и неугодних мириса, задржавање талога на зидовима канализацијског система и система за пречишћавање, итд. Стога је неопходно континуирано узимање узорака и мерење одређених параметара неби ли се спречило непожељно оптерећење отпадних вода млекарске индустрије.

О значају пречишћавања отпадних вода указује и то да су материје којима су оптерећене отпадне воде штетне и опасне не само по биљке и животиње већ и по човека па се таква вода не сме користити за пиће и наводњавање обрадивих површина.

Познат је случај у Јапану где је 1950. године неколико стотина људи оболело од „живине болести“ са трајним последицама. Ови људи су се разболели једући рибу у чијем телу се накупила жива која је испуштена у море из фабрика.

„Ко не брине о води, не брине за боље сутра“.
Стара ирска пословица

2. Отпадне воде

Један од најсложенијих еколошких проблема је свакако загађење вода. Наиме, свако загађење животне средине долази до подземних вода, река, језера, мора и океана. Загађења присутна у земљи сливају се у површинске и подземне токове, тако да реке и језера бивају константно угрожена отпадним водама из урбаних средина, хемијским отпадом из индустрије и транспорта, пестицидима са пољопривредних површина, и сл. Као последица непречишћавања отпадних вода и њиховог директног испуштања у водотокове уследило је смањење резерви питке воде и појава пораста садржаја нитрата у води чиме се директно утиче на здравље данашње и будуће светске популације која је на тај начин изложена ризику од канцерогених обољења пробавног тракта.

Природна или кондиционирана вода, након што се једном искористи за одређену намену постаје употребљена или отпадна вода. Том приликом се мења и њен састав у који допире мања или већа количина различитих примеса – загађивача, односно њене физичке, хемијске и биолошке одлике се у току употребе толико мењају при чему она постаје неподобна за ону употребу при којој је и настала.

2.1. Врсте отпадних вода

Можемо разликовати неколико врста отпадних вода, а то су:

- Домаће отпадне воде;
- Индустријске отпадне воде;
- Атмосферске воде;
- Инфилтрационе воде;
- Отпадне воде из пољопривреде;
- Депонијске отпадне воде.

Домаћа отпадна вода представља воду из водовода или неку природну воду сличног квалитета коју смо употребили за кување, прање или санитарне потребе у домаћинству. За домаће отпадне воде настале у једном насељу или граду, са малим или никаквим делом индустријских отпадних вода, а које садрже и значајан део отпадних вода из различитих институција обично се користи термин санитарне отпадне воде. Такође, када је у том насељу или граду присутна и развијена индустријска производња и уколико се такође и индустријске отпадне воде (претходно уз извесни степен прераде) испуштају у градску канализациону мрежу и мешају са домаћим, односно санитарним отпадним водама, онда се тако настала смеша назива комунална или градска отпадна вода.

Индустријске отпадне воде представљају оне отпадне воде које не воде непосредно и искључиво порекло из домаћинства. Ту подразумевамо оне отпадне воде које настају у фабрикама и индустријским постројењима након употребе воде у самом процесу

производње. Једна од главних карактеристика ових отпадних вода је веома велика разноврсност састава што је углавном последица њиховог порекла, тј. врсте загађења. Сматра се да су оне загађеније од санитарних отпадних вода, али то опет зависи од врсте индустрије и количине отпадних вода коју она производи. Хемијска индустрија свакако предњачи у потрошњи али и са загађењем које уноси у отпадне воде.

Уколико се индустријска вода директно испушта у природне водопријемнике, она мора пре тога проћи процес пречишћавања до нивоа који је прописан одређеним законом и правилницима. Уколико се индустријске отпадне воде испуштају у градску канализацију, онда се оне морају третирати у оквиру самог индустријског погона како неби нарушиле квалитет санитарних отпадних вода у канализацији са којима се мешају. Овај предtretман индустријских отпадних вода је обавезан у оквиру самог постројења јер постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода често немају капацитете за прераду великог броја јединица која се јављају у индустријској преради. Квалитет третиране отпадне воде одређује се прописима јединице локалне самоуправе где се и сам индустријски погон налази а у складу са системом за пречишћавање комуналних отпадних вода у граду.

Табела 1. Упоредне карактеристике отпадних вода из насеља и индустрије

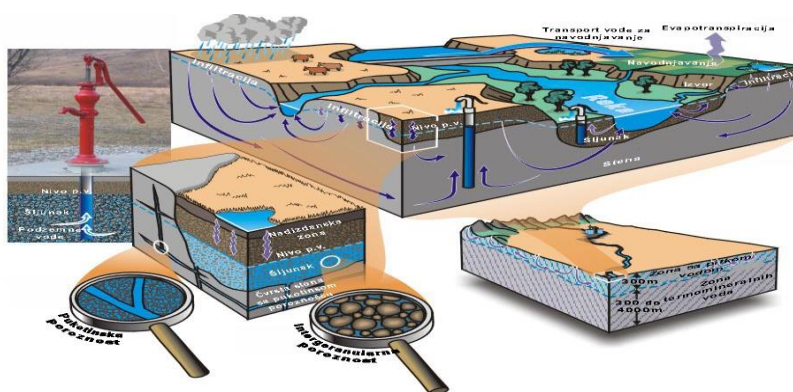
Карактеристика	Отпадне воде насеља	Отпадне воде индустрије
1. Настанак	делатношћу у домаћнству и фекалије	у индустријским погонима због уклањања отпада и растура сировина и производа
2. Количина	условљена животним стандардом, ограничено варира	условљена врстом индустрије, јако варира
3. Физичка својства	уједначена	јако варирају
4. Хемијски састав	уједначен, преовладају биоразградиљиве супстанце	веома различит, од биоразградиљивих, преко бионеразградиљивих до токсичних супстанци
5. Реакција	неутрална или слабо базна	јако се разликује
6. Токсичност	није карактеристична	изражена у различитом степену
7. Хигијенски значај	опште санитарни и епидемиолошки	обично санитаран, често токсиколошки, ређе епидемиолошки
8. Поступак пречишћавања	механички и биолошки са дезинфекцијом	веома различити (механички, хемијски, биолошки, комбинације)

Атмосферске (кишне) воде се углавном јављају повремено за време падавина или приликом топљења снега и најчешће нису значајније загађене, као што је то био случај код горе наведених индустријских отпадних вода.



Слика 1. Проблем одвођења атмосферских вода

Инфилтрационе (подземне) воде су углавном воде за које користимо најједноставнија технолошка решења. Њих карактерише првенствено стабилна температура и одсуство карактеристичног бактериолошког загађења, мутноће и прилично низак садржај материја органског порекла. У неким водама, нарочито оним из дубоких бунара, може се појавити и сумпорводоник и метан, али и такође и хлориди, сулфати, карбонати, итд.



Слика 2. Циркулација подземних вода

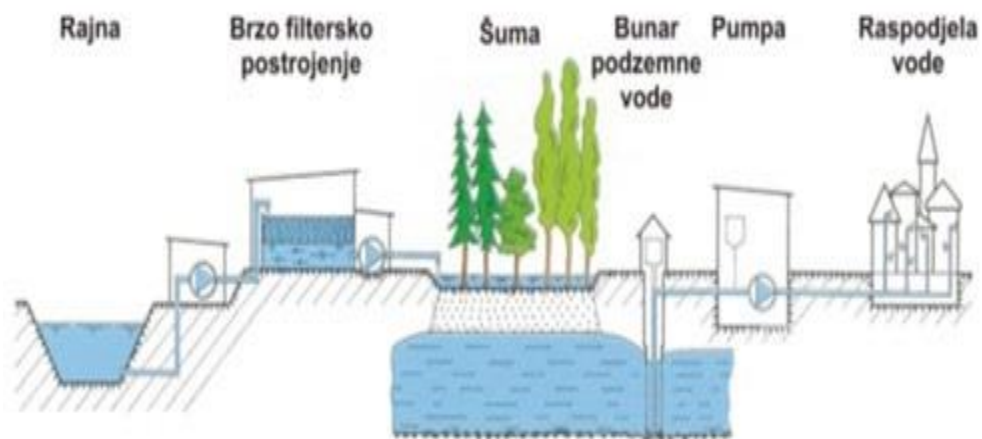
Отпадне воде из пољопривреде садрже загађујуће материје као што су пестициди и ђубрива који се на крају растварају у токовима река и подземним водама

Такође не треба занемарити и прилично загађење водених токова нутријентима пореклом са сточних фарми, али и из кланичне и млекарске индустрије.

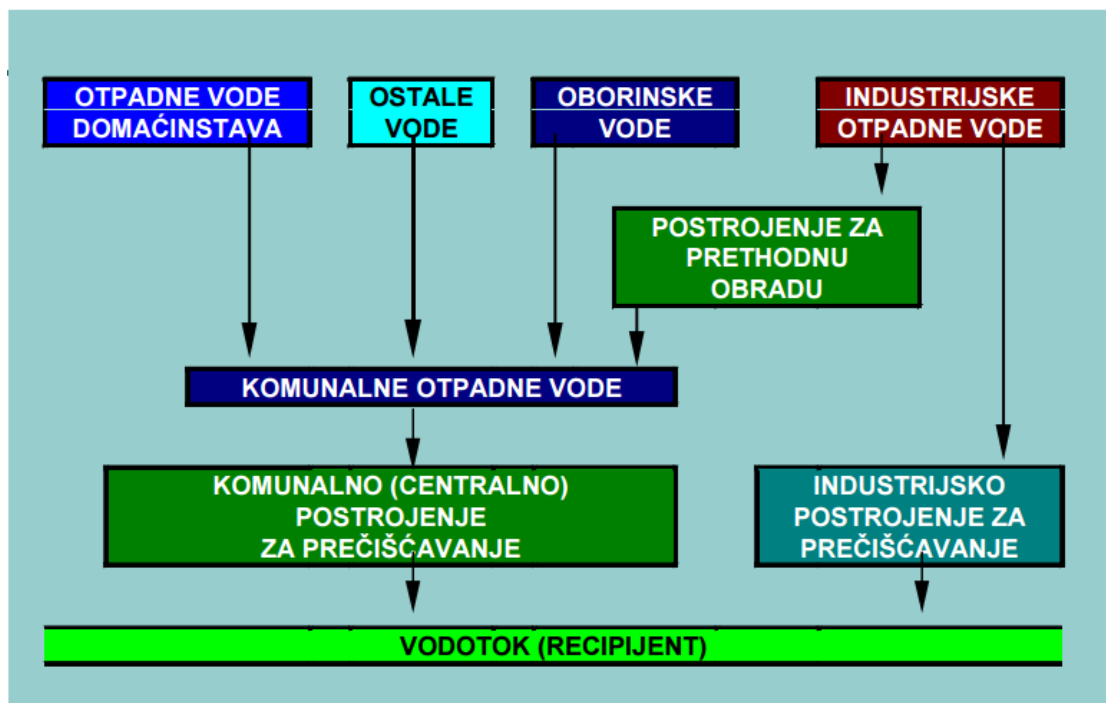


Слика 3. Употреба пестицида у пољопривредној производњи.

Депонијске процедурне воде су процедурне воде са депонија које не сакупљамо, нити пречишћавамо, али које свакако загађују као подземне тако и површинске воде.



Слика 4. Пречишћавање реке Рајне у шуми у Базелу



Слика 5. Заједничко пречишћавање отпадних вода

2.2. Карактеристике (загађених) отпадних вода

Негативни утицај отпадних вода на природне воде у које их испуштамо пре свега зависи од степена и врсте њихове загађености. Загађивачи воде могу бити различити и обично их сврставамо у три групе:

- Хемијски (киселине, алкалије, разне соли, пестициди, детерџенти, феноли и др.);
- Биолошки (бактерије, вируси, алге, фекалије, лигнини и др.);
- Физички (топлота, боја, мирис, радиоактивност, суспендоване чврсте материје, песак, муљ и сл.).

Загађење воде такође може бити:

- Минералног;
- Органског;
- Мешовитог порекла.

У минерална загађења спадају песак, глина, растворене минералне соли, киселине, базе итд. Загађење органског порекла подразумева загађење биљног, животињског или људског порекла.

Загађења у води могу се јавити у облику раствора, колоида и суспензија, а њихов

садржај у загађеној води најчешће се изражава у мг/л. Такође, загађена вода може садржати и различите гасове као што су кисеоник, угљен-диоксид, азот, сумпор-водоник и др. Карактеристике отпадних вода можемо поделити у четири основне групе:

- Физичке карактеристике, где подразумевамо укупне суве супстанце, суспендоване супстанце, растворене супстанце, инертне и испарљиве супстанце;
- Хемијске карактеристике, где спада укупан азот, фосфор, органске супстанце;
- Биолошке карактеристике, где подразумевамо бактеријске индикаторе, укупан број колиформних бактерија, фекалних колиформних бактерија и фекалних стрептокока;
- Специфични индикатори загађености у које спадају биохемијска и хемијска потрошња кисеоника, укупни садржај угљеника и број еквивалентних становника, ЕС.

2.2.1. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода

Температура отпадне воде је врло значајан параметар и као таква утиче на растворљивост гасова, брзину хемијских реакција, биоолошку активност, итд. Услед високе температуре, отпадна вода као термално загађење неповољно утиче на живи свет у водопријемницима (индустрија и термоелектране). Њена вредност се мери дисконтинуално, уз помоћ дигиталних мерача температуре или континуално, кроз централни систем за контролу и регулацију процеса.

Мутноћа је способност воде да пропушта светлост. Смањена прозирност воде узрокована је услед апсорпције и расипања светлости од стране суспендованих и колоидних честица (честице глине, муља, органске честице, микроорганизми итд.). Мерење мутноће отпадне воде врши се поређењем способности пропуштања светлости узорка отпадне воде и референтног раствора, при истим условима, а резултати се изражавају у НТУ јединицама (Непхеиометриц Турбиду Унитс).

Боја свеже отпадне воде је најчешће светла браон-сива која се услед путовања воде кроз канализациони систем и анаеробних услова мења у тамно-сиву и на крају у црну. Таква вода се сматра септичном.

Електрична проводљивост је способност воде да проводи електричну струју чији интензитет зависи од количине присутних јона, покретљивости, наелектрисања јона и температуре система и служи за посредно одређивање присуства растворених компоненти у води.

Садржај чврстих материја у отпадној води и његово одређивање је веома битно како би на основу тих вредности и облика у коме се оне налазе прилагодили одређени вид третмана.

Ph вредност је од великог значаја за хемијске и биолошке процесе у води, а третиран ефлуент који се испушта у водопријемник мора да има ph вредност од 6,5 до 8,5.

Мириси у отпадним водама последица су издвајања гасова који насталих разградњом присутних органских материја. Контролисање мириса а нарочито водоник-сулфида (H_2S) је важна при раду система за пречишћавање јер испуштање велике количине H_2S има за последицу убрзане корозије бетонских делова постројења, опреме и стварања непожељних мириса. Контрола мириса и спречавање његовог ширења је неопходна како би смањили непријатне ефекте на околину која се налази у близини постројења и то можемо постићи прекривањем делова постројења, уградњом квалитетне вентилације и третманом излазних гасова.

Азот и фосфор су кључни елементи за раст микроорганизама, биљака и животиња а познати су и као нутријенти или биостимуланси. Услед смањеног садржаја или недостатка азота потребно је да се у неким случајевима отпадној води додаје и вештачко ђубриво, како би се обезбедила довољна концентрација азота. Најчешћи облици азота у отпадној води су амонијак $[\text{NH}_2]$, амонијум-јон $[\text{NH}_4^+]$, азот-субоксид $[\text{N}_2\text{O}]$, нитрит-јон $[\text{NO}_2^-]$. Органске фракције састоје се од комплексних мешавина које подразумевају аминокиселине, аминокиселине и протеине (полимере аминокиселина). Компоненте које су укључене у органске фракције могу бити растворене или суспендоване. Азот, у овим компонентама, се лако конвертује у амонијум-јон уз помоћ микроорганизама. За уклањање органски везаног, као и неорганског азота примењује се различити биолошки процеси или вишестепено биолошко пречишћавање.

Фосфор је такође нутријент који је значајан за раст алги и других биолошких организама који доводе до еутрофикације, а кога је заступљен садржајем од 4 до 16 mg/l, а уобичајни облици фосфора које садрже водени раствори подразумевају неорганске фосфате, полифосфате и органски фосфат. Велике количине фосфорних једињења не могу се уклонити биолошким поступцима, што је последица тзв. закона минимума, који дефинише неопходан однос садржаја угљеника, азота и фосфора, да би се одвијао микробиолошки процес $[\text{C}:\text{N}:\text{P} = 100:5:1]$. За њихово уклањање користи се таложење хемикалијама поступком предталожења, симултаног или накнадног таложења. Након обављеног биолошког степена пречишћавања, макронутријенти се могу уклонити из воде процесом фотосинтезе у аеробним лагунама и језерима.

Пошто однос присутног азота и фосфора у води у принципу није изнивелисан према физиолошким захтевима фотосинтетских микро и макроорганизама, у воду се додаје недостајућа количина азота или фосфора у облику минералних ђубрива.

Сумпор је укључен у синтезу протеина и ослобађа се приликом њиховог разлагања. Биолошки се редукује у анаеробним условима до сулфид-јона, који граде водоник-сулфид. Познато је да је акумулација водоник-сулфида штетна, јер изазива корозију која може да оштети делове опреме на постројењу и у цеви за транспорт отпадне воде.

Уља и масти по хемијском саставу су естри гицерола и виших масних киселина. У отпадну воду доспевају из индустријских погона или из домаћинства, као остаци хране. У санитарне отпадне воде доспевају током припреме хране и коришћења путера, маргарина, биљних масти и уља.

Масти се, најчешће могу наћи у месу, семену, ораху као и у одређеном воћу. Синтетска уља, керозин, мазива и моторна уља се добијају из бензина и катрана и као лакше компоненте пливају на површини отпадне воде. Услед мале растворљивости ове компоненте обично одмах механички уклањамо из отпадне воде, одмах након места настанка, а њихова обрада се касније обавља анаеробним поступцима.

2.2.2. Показатељ концентрације органских компоненти у отпадним водама

Отпадне воде као сложена мешавина органских и неорганских компонената подразумевају веома компликовану елементарну анализу компонената и стехиометријску потрошњу O_2 , која се стога одређује лабораторијским путем. У случају органских компонената може се мерити укупан садржај органског угљеника који учествује у циклусима угљеника и кисеоника и узрокује трошење кисеоника.

За пружање основне информације о садржају органских материја у отпадној води, у реду величина великих концентрација, најчешће се користе следеће методе одређивања:

1. Хемијска потрошња кисеоника;
2. Биохемијска потрошња кисеоника;
3. Садржај укупног органског угљеника.

Хемијски потребна количина кисеоника (ХПК) и укупно потребна количина кисеоника (УПК) су показатељи концентрације органских компонената. ХПК је хемијски потребна количина кисеоника за оксидацију органских компонената и неорганских соли, и представља показатељ загађености отпадних вода и најчешће се изражава потрошњом O_2 у mg/l .

Биохемијска потрошња кисеоника (БПК) представља биолошку активност отпадних вода и главни је показатељ загађености отпадних вода. 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 сврставамо и целулозу, угљену прашину, лигнин, танин и већина од низа синтетичких органских једињења. Однос ХПК/БПК5 карактеристика је поједине отпадне воде, и у зависности од састава може бити различит и утврђује се лабораторијским поступцима.

Степен загађености воде органским једињењима дефинисан је количином кисеоника који је потребан за оксидацију коју врше аеробни микроорганизми и та количина кисеоника назива се биохемијска потрошња кисеоника (БПК). Потребна количина кисеоника пропорционална је присутној количини органских материја. Лабораторијски поступак одређивања БПК састоји се у дефинисању биохемијске потрошње O_2 за разградњу органских компонената у отпадним водама помоћу

хетеротрофних микроорганизама, (у тами и на 20°C) у одређеном временском периоду. За испитивања се најчешће користи прилагођена бактеријска основа и мешавина не сме садржати токсичне компоненте.

Најчешће се одређује БПК₅- потрошња кисеоника у првих пет дана и износи око 70–80% од БПК. При одређивању БПК треба знати потрошњу кисеоника за трансформацију угљеника и азота. Обично у отпадним водама постоје организми који троше O₂ за трансформацију NH₃ у NO₃ (реакција нитрификације) и њихов утицај је минималан првих неколико дана ако број организама није велики и ако им је раст успорен. Прва фаза у којој долази до оксидације угљеника до CO₂ 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. Брзина потрошње кисеоника, односно биохемијска оксидација расте са порастом температуре воде.

2.3. Биолошке карактеристике отпадних вода

Карактеристичне групе микроорганизама које се могу наћи у отпадним водама су бактерије, плесни, протозое, микроскопске биљке и животиње и вируси и велики број тих микроорганизама, посебно бактерије и протозое су одговорне и неопходне за биолошку обраду отпадних вода али такође неке од њих су непожељне и штетне по здравље.

Патогени организми који се обично излучују кроз гастроинтестинални тракт људи у санитарне отпадне воде. Узрочници су: колере, тифуса, паратифусне грознице, дијареје и дизентерије, као и других најчешћих, водом преносивих болести. Број патогених микроорганизама присутних у отпадној води је обично мали и њих је тешко изоловати и идентификовати. Због тога се, као индикатори присуства микроорганизама (бактеријски индикатори), користе:

- Укупан број колиформних бактерија (ТЦ - тотал колиформ);
- Број фекалних колиформних бактерије (ФЦ - фекал колиформ);
- Број фекалних стрептокока (ФС -фекал стрептоцоа/с).

Регулаторне агенције приликом контроле вода уврстиле су ФЦ као стандард за квалитет ефлуента, а пореклом из фекалних материја. Такође, у примени су тестови којима се броје поменути бактеријски индикатори и утврђује њихов тзв. највероватнији број (МППН – most probable number).

Микроорганизми

Најважнији и најзаступљенији микроорганизми који се користе у пречишћавању отпадних вода су бактерије, углавном грам-негативне, родова Псеудомонас, Зооглеа, Ацхромобацтер, Флавобацтериум, Ноцардиа и Муцобацтериум, али и нитрификационе бактерије Нитросомонас и Нитробацтер. Поред њих, јављају се и филаментозне бактерије

рода Спхаеротилус, Тхиотрих, Лецидотрих, Геотрицум и сличне.

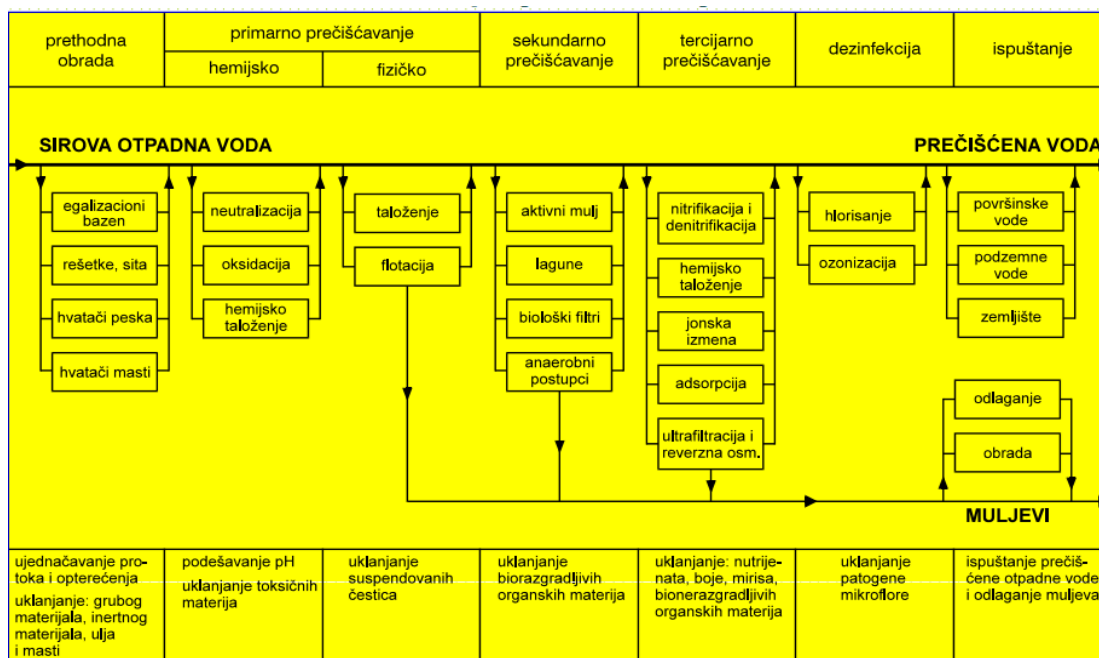
Поред бактерија улогу у третману (пречишћавању) отпадних вода, имају и микроорганизми попут протозоа, које се хране нефлокулисаним бактеријама и ротифере, које уклањају мале, неисталожене фиокуле насталог муља током процеса, па су веома значајне у поступцима тзв. полирања квалитета ефлуента након аеробне обраде. Када је реч о индустријским отпадним водама, значајну улогу имају и фунги, јер су отпорни на киселу средину.

Патогени организми

Патогени организми нађени у отпадној води могу бити пореклом од људи или животиња који су заражени неком болешћу или су носиоци неке заразне болести. Патогени организми нађени у отпадној води деле се у четири опште групе: бактерије, протозое, цревне глисте и вируси. Бактеријски патогени организми људског порекла узрок су зараза гастроентеролошког тракта, као и тифусне грознице, дезинтерије, диареје и колере.

3. Системи за обраду отпадних вода

Један или више основних процеса који се користе за остварење одређеног ефекта обраде, чине линију обраде. Више линија обраде чине систем обраде, односно систем за обнављање квалитета воде (свака линија обраде се састоји од различитих процеса обраде). Стање отпадних вода је такво да нема јединственог система обраде отпадних вода (ОВ) јер свака има посебне карактеристике, што се нарочито односи на индустријске отпадне воде.



Слика 6. Фазе процеса пречишћавања отпадних вода

Претходна обрада отпадне воде врши се у оквиру самог погона. Овом обрадом се настоји спречавање негативног утицаја индустријских отпадних вода, како на постројење за пречишћавање, тако и на канализациони систем. Иако се толеришу повећана загађења биоразградљивим супстанцама у односу на комуналне отпадне воде ипак се морају кориговати сви параметри штетног утицаја, а посебно токсичне материје. Један од њих је и термичко загађење, које се често занемарује.

Линија примарног пречишћавања служи за уклањање „грубог“ загађења уз примену одговарајућих операција, и то: тешког чврстог материјала, помоћу песколова; грубог чврстог загађења помоћу решетки и грубих сита; флотирајућег органског загађења у таложнику или помоћу уређаја за флотацију; таложивог органског загађења гравитационим таложењем и финим ситима. Понекад се ова линија обраде дели на два степена:

- Прелиминарни степен обраде коме је задатак да заштити пумпе и осталу опрему од хаварија. У њему се уклања груби пливајући и лебдећи материјал као и комадни чврсти материјал, врше се мерења протока (понегде и састава), егализација протока, а понегде и хлорисање;
- Примарни степен обрада у коме се у таложнику уклања суспендован таложив материјал, уз могућ додатак хемијских средстава за таложење (коагуланти, флокуланти, преципитанти), флотација, као и егализација протока (градња егализационих базена), уколико није обухваћена у прелиминарном делу.

Ефекти пречишћавања отпадне воде у овој линији су приближно следећи: до 100 % грубог и чврстог материјала; без додатка коагуланта 50-70 % суспендованог загађења; уз додатак коагуланта 80-90% суспендованог загађења; 25-35 % БОД; 10 % фосфора; биолошка активност занемаријива.

Линија секундарног пречишћавања служи за уклањање „финог“ загађења који се налази у облику колиодних или правих раствора заосталих након примарне линије обраде. У општем случају она може бити састављена од биолошких, хемијских, физичко-хемијских процеса или њихових комбинација. Међутим, под секундарном обрадом отпадне воде најчешће се подразумева биолошка обрада.

За постизање нормираног степена обраде ова линија, у свом продужетку мора садржати талозник за уклањање рездуалног органског, неорганског и насталог биолошког муља, тзв. секундарни таложник. Исталожени муљ у секундарном таложнику се, по одвођењу из таложника, мора обрадити у посебној линији за обраду муља.

Линија терцијарног пречишћавања је неопходна код отпадних вода загађеним великим количинама макронутријената, азота и фосфора, неким специфичним загађењем или садржајем токсичних материја због којих је било немогуће применити секундарну обраду. Ове загађујуће материје се у води могу налазити у неорганском или органском облику.

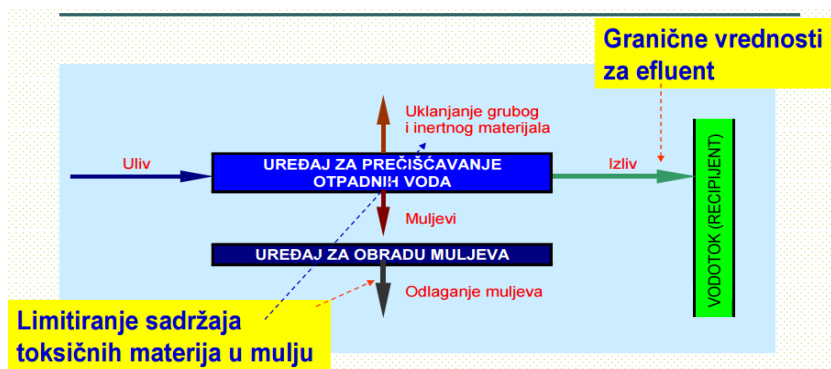
Линија кватернерног пречишћавања подразумева уклањање заосталог органског и неорганског загађења. У овој линији се користе поступци филтрације (најчешће пешчана филтрација али се користе и механичка микро сита), таложење уз додатак хемијских средстава (обично алуминијум сулфат), апсорпција на активном угљу итд.

У циљу заштите површинских вода у насељеним зонама, ради спречавање ширења заразних болести, пречишћена вода се дезинфикује. Класично средство за дезинфекцију је хлор, раније гасовити, а данас, због његових недостатака и пратеће опасности, све чешће се примењује у облику хипохлорита или хлордиоксида, који се производе на самом постројењу. За стерилизацију воде и муља могу се користити и технике УВ зрачења. Употреба УВ система се у новије време знатно повећала у односу на хлорне системе, јер не стварају штетне споредне продукте.

Линија обраде муља је значајна јер без обраде муља издвојеног у процесима пречишћавања отпадних вода проблем загађења не би био у потпуности решен јер се

његов значајан део налази у муљу који настаје током третмана отпадне воде делом органског састава и подложен је процесима труљења. Због тога се пре коначног одлагања он мора стабилизovati. Из тога следи да линија обраде муља укључује пре свега поступке стабилизације. Најрационалнији начин решавања проблема муља је његово директно коришћење. Ако муљ не садржи биолошки штетне (токсичне) супстанце он се може искористити за ђубрење и истовремено ремедијацију девастираних површина, депонија, шљаке итд. За коришћење у пољопивреди постављају се строги захтеви у погледу садржаја тешких метала, пестицида и детерџената, као и инфективних микроорганизама. Проблеми инфективности муља у принципу се решавају стерилизацијом док се проблеми присуства токсичних супстанци могу решити уз значајне економске издатке.

Генерално, при планирању изградње постројења за третман отпадних вода, мора се рачунати на готово 40% инвестиционих трошкова који ће се односити на обраду насталог и издвојеног муља. У пракси, најчешће примењивани поступци стабилизације муља су: биолошком разградњом органске компоненте муља у течном облику, биолошком разградњом органске компоненте у сувом стању (компостирање), одлагањем на земљиште у циљу његовог ђубрења, сушењем или спаљивањем. Степен и врста обраде муља зависи од његовог састава и захтеваних норматива.



Слика 7. Принцип функционисања постројења за пречишћавање отпадне воде

3.1. Третмани за обраду отпадне воде

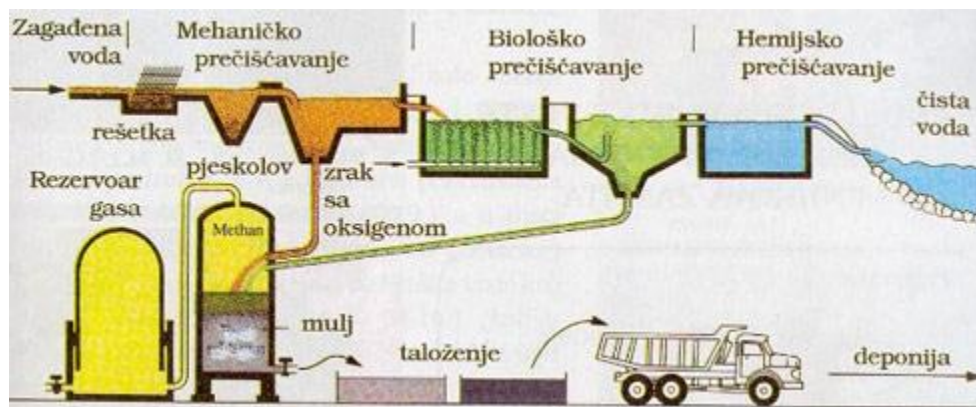
Основни циљ третирања сваке отпадне воде је њено што потпуније ослобађање од нежељених компоненти – загађивача, и у том циљу примењујемо један или више основних процеса обраде.

Обрада (третман) отпадних вода представља поступке којима смањујемо присутно загађење до оних количина и концентрација, с којима пречишћене отпадне воде испуштене у природне водене системе не представљају опасност за живе организме и не изазивају нежељене промене у окружењу.

Третманом отпадне воде, низом операција и поступака из воде се уклањају суспендоване и растворене материје, тј. све материје које мењају природне особине воде

(пливајуће, лебдеће и отопљене материје, колоиди, итд). Постоје три основна поступка:

- Механичка претходна обрада;
- Физичко-хемијска обрада;
- Биолошка обрада.



Слика 8. Процес пречишћавања воде

3.1.1. Механичко пречишћавање

Механичким (или физичким) пречишћавањем уклањају се: грубе примесе, инертан материјал и један део биолошки разградљивих састојака из отпадне воде. Механичко пречишћавање се врши помоћу: решетки, сита, 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).

Потребно је навести да се механичко пречишћавање примењује за:

- Претходно пречишћавање отпадних вода на постројењу за пречишћавање;
- Делимично пречишћавање кишнице (пре испуштања у реципијент);
- Претходно пречишћавање неких индустријских отпадних вода пре испуштања у градску канализацију (понекад у комбинацији са хемијским, физичко-хемијским или биолшким поступцима).

У склопу ових постројења користе се често уређаји за аерацију отпадне воде, чиме постижемо боље издвајање инертних честица, флотација масти и уља, унос одређене количине кисеоника у воду, као и десорпција неких гасова из воде.

Решетке

Решетке се употребљавају за уклањање крупније, нерастворене и пливајуће материје из отпадних вода. Оне штите уређаје и цевоводе од оштећења и загушења и олакшавају 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 величине отвора од 3 до 100 mm.

У односу на величину отвора решетке се деле на:

- Грубе решетке, са ширином отвора од 50 до 100 mm;
- Средње фине решетке, са ширином отвора од 10 до 25 mm;
- Фине решетке, са ширином отвора од 3 до 10 mm.

У одосу на конструкциона решења решетке могу бити:

- Косе и вертикалне;
- Покретне и непокретне;
- Са ручним или механичким (аутоматским) чишћењем;
- Са дробљењем наноса и др.

Отпадна се вода на механички третман доводи гравитацијски или под притиском, зависно о потреби условима на терену.



Слика 9. Аутоматска фина решетка

Песколови

Песколови служе за одвајање шљунка, песка и минералних честица из воде и у

зависности од врсте ефикасно уклањају честице средњег пречника $> 200 \mu\text{m}$. Принцип рада је слободно таложење, седиментација у базенима дубине око 1m.



Слика 10. Песколов

Хватачи масти и уља

Служе за уклањање уља и масти, као уљни сепаратори. Базирају се на својству уља и масти који имају густину мању од воде. Сепаратори масти и уља употребљавају се свуда где отпадне воде садрже већу количину растворених животињских и биљних масти и уља. Уграђују се као предпречистачи испред пречистача отпадних вода или пре испуштања отпадних вода у јавну канализацију чувајући на тај начин канализацију од запушавања или потпуног зачепљења.

У сепаратор масти доводи се искључиво вода која је задрљана мастима животињског или биљног порекла и која није разређена осталим отпадним водама односно кишницом. Та вода не сме ни у ком случају бити задрљана минералним уљима. Отпадна вода (кухињска) доводи се до таложног резервоара сепаратора, где се знатно успори њена брзина, вода се умири и долази до таложења честица тежих него вода. У делу за сепарацију одвајају се честице масноћа које су лакше него вода. Те честице се скупљају на површини воде где стварају пливајући слој масноће која се повремено одстрањује. Пречишћена вода протиче испод потопљене преграде изливном цеви.

Примарно таложење

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 оптерећења око 25-40% и непромењена или незнатно повећана концентрација амонијачног азота чиме се олакшава даље пречишћавање и смањује

оптерећење уређаја.

Таложење представља раздвајање фаза тј. раздвајање чврсте и течне фазе. Разликујемо три зоне таложења. У првој зони таложе се зрнасте честице и ова зона се назива зона бистрења или зона неометаног таложења. У другој фази таложе се пахуљичасте суспендоване материје. Ова зона позната је као зона неометаног таложења. Пошто је у трећој фази концентрација суспендованих материја прилично велика, поред згушњавања долази и до компресије доњих зона услед тежине горњих.



Слика 11. Примарни таложник

Сама конструкција примарних таложника треба да обезбеди услове за успорено и равномерно кретање воде, као и довољно дуго задржавање отпадне воде како би се обезбедило гравитационо таложење суспендованих честица. Стога су најпогоднији таложници кружне основе, пошто се вода доводи у централну зону која обезбеђује равномерну расподелу тока флуида.

3.1.2. Физичко-хемијско пречишћавање отпадних вода

Физичко-хемијске методе у пречишћавању отпадних вода могу се користити као самосталне методе, или заједно са другим методама пречишћавања (механичким, хемијским и биолошким). Увођењем овог третмана у пречишћавање отпадних вода постиже се доста на квалитету третиране воде, што је са аспекта ригорозне законске регулативе веома корисно. Овај тип пречишћавања подразумева пречишћавање које се обавља помоћу одређених хемијских реакција или одређених физичко-хемијских

феномена. Углавном су то адитивни процеси при којима се уносе хемикалије у воду да би се уклонило загађење. То доводи до повећања растворених материја у води, што је неповољно уколико се тако пречишћене отпадне воде поново користе. Међутим, оно што ограничава увођење овог процеса је проблем генерисања флокулационог муља и високи трошкови који укључују куповину одређених хемијских средстава.

У физичко-хемијске методе пречишћавања најчешће су сврстане:

- Коагулације;
- Флокулације;
- Екстракције;
- Јонске;
- Замене;
- Флоатационе диализе;
- Упаривање;
- Кристализације;
- Магнетне обраде;
- Електрокоагулације;
- Електрофилтрације и друге методе.

Коагулација је процес приликом кога најпре долази до образовања крупнијих честица од већег броја првобитних честица малих димензија које се међусобно спајају на бази молекуларних сила.

У индустријским отпадним водама налазе се чврсте и течне честице колоидних димензија (каолин, глина, нафта и прерађевине, смола, цемент..), али и друге честице разних димензија које се у овим водама налазе као суспензија или емулзија. Оне честице чије су димензије изнад 10 μ m најчешће се врло лако уклањају механичким поступцима, док се честице испод 10 μ m углавном уклањају методама коагулације.

Сам процес се одвија у две фазе. У првој фази напон одбијања између честица се савлађује до њихове дестабилизације, а потом у другој фази остварујемо контакт између тих дестабилизационих честица уз додавање хемикалија и брзо мешање у одговарајућим коморама. Сакупљање честица (агрегација) изводи се спорим мешањем у флокулационим коморама. Најчешћи коагуланти су соли алуминијума и гвожђа, али и креч.

Флокулација је један облик коагулације. У овом процесу ситне колоидне честице (испод 10 μ m) услед наменски додатих супстанци флокуланата, формирају крупне пахуљасте честице, које се онда лако таложе и уклањају механичким методама.

Метода флотације се углавном употребљава приликом пречишћавања индустријских отпадних вода које садрже површински активне материје као што су нафта и нафтне прерађевине, масти, влакнасте материје и др. Сам поступак флотације подразумева образовање гасних мехурића, тј комплекса „честица-мехурић-ваздух“, њихово испливање на површину и повремено уклањање слоја пене са површине воде која се пречишћава. Честице присутне у отпадним водама могу се везати за ваздушне мехуриће

једино онда када су неквашљиве, односно мало квашљиве водом.

Екстракција је процес који се користи за пречишћавање отпадних вода које садрже веће количине органских супстанци (феноле, масне киселине и др.). Након процеса екстракције ове супстанце се у већини случајева могу поново користити.

Јонска измена се у већини случајева користи као поступак за припрему воде, за уклањање тврдоће воде, него као поступак за пречишћавање отпадних вода. Пошто су хемикалије које се користе у обради метала скупе, онда се оне управо због економских разлога издвајају из воде и поново враћају у процес. Али оно што се постиже јонском изменом могуће је како пречишћавање отпадне воде тако и регенерацију и рецикулацију појединих хемикалија. Јонска измена се са успехом користи у директном пречишћавању низа отпадних вода, као, на пример, уклањање нутријената или радиоактивних елемената, при чему се јонска маса не користи у даљем поступку већ замењује новом.

Оксидација је процес којим се преводе поједине органске и неорганске материје у индустријским отпадним водама (феноли, пестициди, цијаниди итд.) у једињења која много мање загађују околину. Супстанце које се користе за оксидацију утичу на боју, мирис и укус воде, при чему су многе од њих токсичне. Најчешће примењиван оксиданс је хлор, водоник-пероксид, калијум-перманганат и озон. За дезинфекцију воде најчешће се користе хлор и деривати хлора.

Поједине растворене материје се из отпадне воде могу уклонити продувавањем (стрипингом) гасом, обичним ваздухом или воденом паром. За уклањање испарљивих материја које загађују воду (органски загађивачи: метиленхлорид, бензин, туолен итд.) користи се продување ваздухом, а за уклањање теже испарљивих материја из отпадне воде користи се продување воденом паром. Најчешће се примењује за уклањање органских загађивача из појединих индустријских отпадних вода, поготово када те материје треба издвојити да би се вратиле у процес производње (метанол, фенол, пестициди и сл.).

Адсорпција је процес у коме се врши акумулације супстанце из флуида на површину чврсте фазе. Супстанца која се адсорбује је адсорбат, а фаза на којој се врши адсорпција назива се адсорбент. Карактеристике адсорбента су порозна структура и специфична површина. Као адсорбент можемо користити материјале који имају велику специфичну активну површину (активни угаљ, коксни прах, тресет, каолин, струготина, пепео, силикогел итд.). Пречишћавање адсорпцијом углавном се користи за отпадне воде са малим коефицијентима загађених компоненти.

3.1.3. Биолошко пречишћавање

Пречишћавање отпадних вода које обухвата уклањање растворених органских материја и неталоживих колоидних честица. У систему пречишћавања отпадних вода биолошка обрада подразумева секундарно пречишћавање, а после механичког, односно

примарног пречишћавања. Биолошки процес пречишћавања подразумева активност сложене микрофлоре, које у току свог животног циклуса усваја органски и део неорганичких материја које чине загађење отпадне воде, чиме одржавају властите животне активности и стварају нове ћелије. Након завршеног пречишћавања обавља се сепарација микрофлоре и пречишћене отпадне воде, у којој заостаје мала количина органске материје која је биолошки неразградива као продукт метаболизма које је микрофлора излучила у воду. Биолошким пречишћавањем могуће је из отпадне воде уклонити највећи део органског загађења, али ју је немогуће пречистити у потпуности.

Биолошко пречишћавање се примењује за:

- Уклањање органских материја;
- Уклањање азота (као биогеног елемента) помоћу поступака нитрификације и денитрификације;
- Разградњу примарног муља из процеса примарне обраде отпадних вода;
- Разградњу секундарног муља из процеса биолошке обраде отпадних вода помоћу поступка стабилизације муљева или дигестије.

Биолошки процеси пречишћавања вода такође се одвијају као аеробни (у одсуству раствореног кисеоника у води) и анаеробни (у присуству раствореног кисеоника у води), уз помоћ аеробних или анаеробних микроорганизама у зависности од путева биолошке оксидације органских материја. Треба истаћи да се аеробни процеси углавном користе за обраду вода са малом и средњом концентрацијом органских материја и далеко су заступљенији, док се анаеробни користе за воде са великим органским оптерећењем.

Аеробни поступци се могу одвијати на два начина:

- Са суспендованом микрофлором (са активним муљем);
- Са имобилисаном микрофлором на инертном носачу (биолошка филтрација).

Аеробни поступци са суспендованом микрофлором притом се деле на:

- Поступке са активним муљем у биоаерационим базенима;
- Поступке у аерисаним лагунама (биолошким лагунама);
- Поступке у аеробним (плитким) језерима (биолошким вештачким језерима).

Поступци са суспендованом микрофлором за обраду великих количина слабо и средње оптерећених отпадних вода (нпр. комуналних вода), односно поступци са активним муљем који се одвијају у биоаерационим базенима који су највише примени.

Најбитније код аеробног биолошког пречишћавања је обезбедити довољну количину кисеоника (постигемо остваривањем велике површине контакта вода-ваздух).

Лагуне и плитки базени имају велику површину, чиме је обезбеђено уношење кисеоника.

У базенима са активним муљем уношење кисеоника такође се постиже удувавањем

ваздуха или мешањем помоћу механичких аератора, што за последицу има повећавање површине контакта.

Код биофилтера је велика површина контакта обезбеђена филтарском испуном преко које се отпадна вода слива, а довод кисеоника се остварује промајом или удувавањем ваздуха. Према конструкцији биофилтри могу бити:

- Са испуном од грубог зрнастог материјала (камена, угља, шљаке, пластичних елемената) који се називају капајући или прокапни филтри;
- Са површинама у облику дискова који ротирају (биодискови, ротациони биолошки контактори - РБК).

Процес биофилтрације је старији поступак од процеса са активним муљем чијим увођењем у примену су били потиснути, међутим увођењем пластичних инертних испуна (носача) обнавља се и расте примена биофилтара.

Аеробни биолошки начин пречишћавања отпадних вода спроводи се у лагунама и плитким базенима, где се обезбеђује довољна количина кисеоника процесом фотосинтезе. Примењује се у подручјима са повољним климатским условима. У дубљим лагунама примењује се механичка аерација, уношењем ваздуха дифузорима на дно лагуне (примењује се у условима прекривености ледом). Велики и плитки земљани базени у којима се пречишћавање отпадне воде одвија уз минималну регулацију, практично као природно самопречишћавање, називају се аеробна језера. Неопходна количина кисеоника обезбеђује се метаболизмом алги, а бактерије које разграђују загађење производе материјал за раст алги.

Треба напоменути да код биолошке обраде отпадних вода настаје стабилизирани муљ који се из воде одстрањује у секундарном таложнику.

3.2. Процес са активним муљем

Процес са активним муљем је један од најраспрострањенијих биолошких поступака за пречишћавање отпадних вода. Пошто је први пут примењен у Хјустону (САД) 1916. године за пречишћавање санитарних отпадних вода почела је његова примена у Енглеској, а након тога и у другим европским земљама.

Први системи аеробне обраде вода били су такозвана биолошка вештачка језера, или биолошке лагунае. Слични системи се данас доста користе у областима са умереном климом, под условом да земљиште није сувише скупо.

Најпре су се користила постројења са клипним струјањем воде у аерационом базену, али пошто су ова постројења била осетљива на варијације у оптерећењима, а нарочито на токсичне материје, овај систем није био погодан за третман индустријских

отпадних вода.

Задњих тридесетак година процес пречишћавања са активним муљем је доживео многа побољшања у технолошким и механичким решењима.

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.

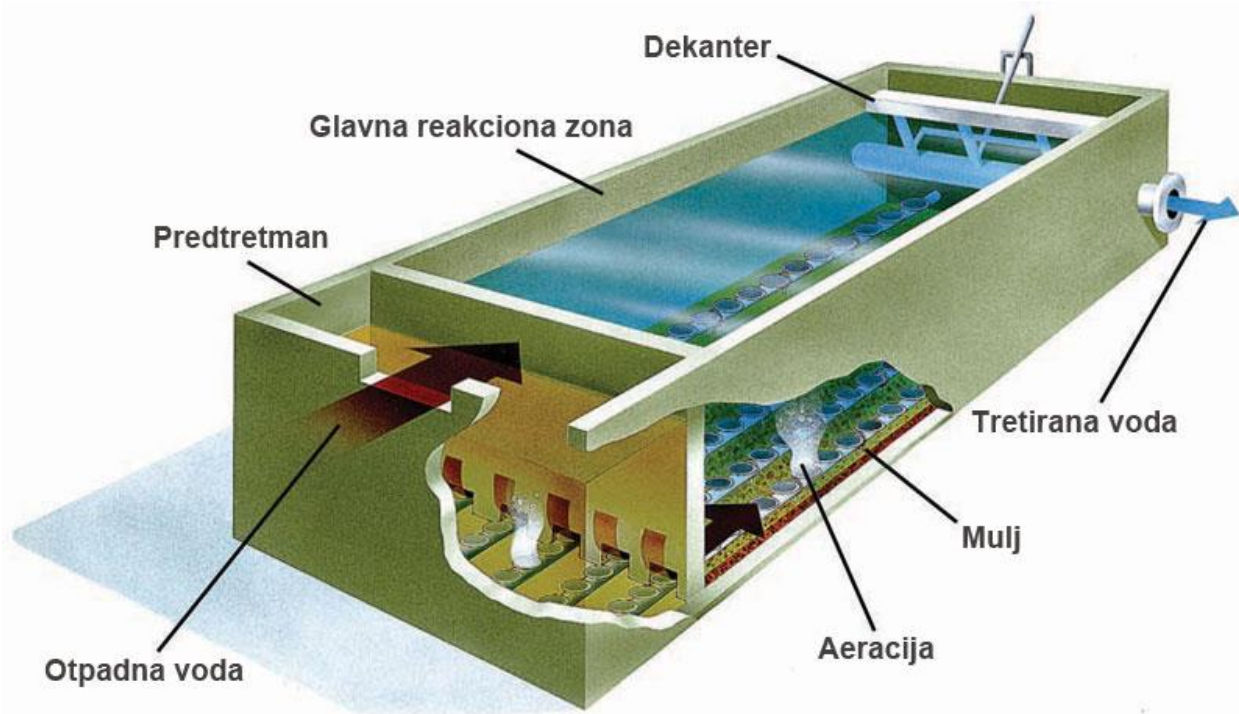
У систему са активним муљем микроорганизми су у лебдећем стању, тј. необразују слој на зидовима радних површина (као што је случај при примени филтара). Микроорганизми углавном бактерије, протозое и метозое налазе се на желатинозним пахуљима муља у базену за аерацију, где се уз помоћ кисеоника у процесу метаболизма микроорганизама обезбеђује разградња супстрата (органског 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. Аерација отпадне воде врши се у биоаерационим базенима, а након аерације следи биоталожење где се биомаса, тј. микробиолошки муљ одваја од ефлуента. Део муља враћа се 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) испушта се у пријемник (реципијент) или, по потреби, води на додатну обраду (дезинфекцију, филтрирање и сл.). Највећа количина кисеоника потребна је у почетном стадијуму, јер тада има највише органских једињења.

Нови систем пречишћавања отпадних вода назван биосорпција или контактна стабилизација (из 1951. године), састоји се у доброј припреми активног муља и довођењу отпадака са њим у трајању од око 30 минута уз интензивну аерацију у биосорпционом уређају. Формирани муљ одваја се у обичном резервоару односно таложнику, после чега се врши обнављање муља.

Данас се аерација, у складу са новом технологијом, врши техничким кисеоником уместо ваздухом. И најчешће се употребљава у процесу прераде отпадних вода у фармацеутској индустрији, производњи хартије, алкохола и млека.



Слика 12. Третман отпадне воде

3.3. Анаеробни поступак пречишћавања отпадне воде

Основна разлика између аеробног и анаеробног поступака пречишћавања отпадних вода је у томе што анаеробни поступак подноси већа органска оптерећења и већу концентрацију загађења. То су главни разлози због којих се анаеробни процес користи при пречишћавању индустријских отпадних вода. Процес анаеробног пречишћавања заснован је на метанском врењу органског загађења отпадних вода, где се органски материјал преводи у смешу гасова (метан и угљен-диоксид). Употреба микроорганизама у одсуству кисеоника назива се анаеробна дигестија. Процес анаеробне дигестије одвија се у дигесторима.

Биолошко пречишћавање отпадних вода у односу на друге индустријске биотехнолошке поступке карактерише следеће:

- Микроорганизми (микрофлора) потичу из природне средине и њихов раст и развој се не одвија у оптималним физиолошким условима;
- Концентрација супстрата је врло ниска;
- Процес има за циљ разградњу органских материја, а не стварање биомасе или продуката метаболизма.

Ефикасност самог процеса биолошког пречишћавања у зависности је од низа фактора, као што су: температура, РН средине, присуства биогених елемената, кисеоника, токсичних материја итд. Оптимална температура за аеробне процесе је 20-30°C, при којој је размножавање и развитак микроорганизама најинтезивнији.

За биолошко пречишћавање отпадних вода потребно је да рН средине буде у интервалу од 5-9, изван ове области успоравају се процеси. Оптимална област рН је од 6,5-7,5 (неутрална средина).

4. Отпадне воде у млекарској индустрији

Отпадна вода у млекарској индустрији представља један од свакако најзагађенијих индустријских токова у прехранбеној индустрији. На основу бројних истраживања утврђено је да једна просечна европска млекара дневно производи око 500 м³ отпадне воде чији највећи део потиче од чишћења производних и транспортних линија, опреме која се користи у производњи и процесу чишћења цистерни, складишних капацитета, итд. Оваква отпадна вода се најчешће испушта у речне водотокове, а главни носиоци загађења су угљени хидрати, протеини и масти који воде порекло из млека и млечних прерађевина.

Пошто су отпадне воде млекарске индустрије топле и са високим садржајем органских материја онда се најчешће примењује анаеробни третман који не захтева аерацију, производи мање количине отпадног муља у односу на аеробни третман и чини уштеду у потрошњи енергије.

4.1. Карактеристике отпадних вода у млекарској индустрији

Прехрамбена индустрија својим широким спектром делокруга утиче у великој мери на загађење околине, нарочито уколико се ради о загађивачима органског порекла.

Када говоримо о карактеристикама отпадних вода млекарске индустрије морамо указати на њихову специфичност у односу на остале отпадне воде других прехранбених индустрија које су последица сложености самог производног процеса у млекарама са више погонских јединица за различите производе.

Ту подразумевамо погонске јединице за пријем млека, пастеризацију, стерилизацију и паковање млека, производњу киселомлечних производа, сира, маслаца, млека у праху

или других млечних производа. У састав ових отпадних вода улази сурутка, са примесама казеина и других протеина, лактозе и масти, као и средства за чишћење система који утичу на велика варирања рН отпадних вода.

У отпадним водама млекара се могу наћи лактозе и масти, које се сматрају као непожељни елементи. Ако се у отпадној води не налазе довољне количине кисеоника, то доводи до анаеробног разлагања лактозе, а притом настала млечна киселина утиче на рН и омогућава таложење казеина. На тај начин се стварају јаки и неугодни мириси, а због своје хидрофобне природе отежано је и чишћење система. Наиме, остаци масти присутни у отпадним водама повећавају биолошку потрошњу кисеоника, задржавајући се на зидовима канализационог система и система за пречишћавање отпадних вода.

Пре самог третмана отпадних вода у млекарској индустрији, мора се узети у обзир сам процес производње млечних производа и потенцијално загађење настало од различитих млечних производа тј. неопходно је испитати састав отпадних вода.

Али, да би се пре свега разумео утицај ових отпадних вода на животну средину, потребно је најпре размотрити природу саме основне сировине, тј., састав млека. Поред воде, која учествује са око 87.5% у млеку, сирово млеко садржи 13% суспендованих чврстих честица, 3.9 % масти, 3.4% протеина, 4.8% лактозе и 0.8% минерала.

Важни параметри које треба узети у обзир приликом конструисања система за пречишћавање отпадних вода млекарске индустрије су:

- Време потребно за биолошку разградњу масти;
- Токсичан утицај масних киселина као последица деградације молекула масти;
- Одговарајући дизајн самог биореактора неби ли се избегла акумулација масти пошто се млечна маст тешко разграђује биолошким путем и захтева дуже време боравка у реактору од протеина и угљених хидрата.

Отпадне воде из млекарске индустрије карактеристичне су и по томе што се не стварају у континуитету у подједнакој мери, већ периодично у зависности од производног процеса, тако да је проток ових отпадних вода релативног карактера. Такође се морају узети у обзир и сезонске варијације, с обзиром да већа количина млека у млекаре стиже током лета него зими. Осим тога, узимајући у обзир разноликост производа млечне индустрије (млеко, путер, јогурт, сладолед, разне врсте посластица и сир), састав и карактеристике тих отпадних вода такође се у великој мери разликују у зависности од типа система и врсте производног процеса.

Употребом агресивних средстава за чишћење и дезинфекцију на бази јаких киселина или алкалија прилично се утиче на рН вредност ових отпадних вода и даје или веома високе или веома ниске рН вредности. Азот у овим токовима присутан је у виду органског азота (протеини, уреа, нуклеинске киселине) или у виду јона. У односу на азот, фосфор се налази углавном у неорганском облику, као ортофосфат или полифосфат а присутан је и у оквиру органских молекула.

Млекарске отпадне воде састоје се од лако разградивих угљених хидрата, углавном лактозе, као и мање биоразградивих протеина и липида. Главни протеин у саставу млека и млечних производа је казеин и чини 80% садржаја укупних протеина. Млеко као производ састављен од млечне масти, протеина, угљених хидрата, соли и витамина, је идеална храна како за људе тако и за микроорганизме. Због тих разлога, млеко мора бити заштићено од контаминације, па млекарска индустрија улаже много труда ка том циљу.

Табела 2. Састав отпадних вода млекара према интервалу узорковања.

час узроковања у h	дебљина талога у cm	лактоза %	маст	протеини */o
11.00	1.0	0.25	0.15	0,26
15.00	3.0	0.25	0.10	0.13
17.00	0.5	0,07	0.05	0.085
19.30	0.4	0.04	0.01	0.075

Млекарска индустрија подразумева велики број производних линија с обзиром на количину производа као што су свеже млеко, сир, млеко у праху, маслац, јогурт, кисело млеко, итд. Ови производи подразумевају производне процесе као што су хлађење, пастеризација, хомогенизација, итд. На пример, постројења за сир и млеко у праху стварају веће количине отпадних вода од пастеризације млека, а подаци о количини утрошене воде у млекарској индустрији указују на количину воде потребну за обраду одређене количине млека. Погони за прераду млека генерално прерађују око 500 м³ млека дневно и стварају готово исту количину отпадних вода.

Колика ће бити количина отпадних вода, њена концентарција и састав зависи пре свега од:

- Врсте производа;
- Производног програма;
- Начина рада;
- Дизајна постројења;
- Састава;
- Управљања водама који се примјењује, а потом и о количини воде која се пречишћава.

Када говоримо о квалитету отпадних вода млекарске индустрије, онда морамо узети у обзир неколико кључних параметара, а то су:

- Хемијска потрошња кисеоника (ХПК), нормално око 1,5 пута већа од вредности БПК;
- Укупне суспендоване материје, са вредношћу од 100 -1000 мг/л;
- Укупне растворене материје: фосфор (10-100 мг/л) и азот (око 6% вредности за БПК).

Табела 3. Загађеност отпадне воде млекара.

Параметри	мг/л
БПК ₅	300 - 4.800
ХПК ₅	600 - 8.500
Укупни азот	20 - 200
Фосфор	5 - 75
Масти	50 - 2.600
рН вредност	3,6 - 10,4

4.2. Врсте отпадних вода у млекарској индустрији

Отпадне воде у млекарској индустрији могу се класификовати у неколико категорија:

- Расхладна вода;
- Индустријска отпадна вода;
- Санитарна отпадна вода.

Процесна вода подразумева воду која се користи у процесу хлађења и грејања. Ове отпадне воде не садрже полутанте и могу се након минималне обраде поновно користити или само испустити у систем површинских вода.

Индустријска отпадна вода, настаје у већини случајева од чишћења опреме која је у додиру са млеком или млечним производима, просипањем млека и млечних производа, пресовањем сира и издвајања сурутке, просипања саламуре, након кварова уређаја, итд.

Санитарна отпадна вода се обично цевима директно одводи у постројење за прераду отпадних вода, са или без претходног мешања са индустријском отпадном водом.

Пошто не садрже висок проценат полутаната у води у односу на воду која се користи за чишћење, процесне воде можемо испустити након минималне обраде док остале морамо провести кроз одређени третман пречишћавања.

Табела 4. Резултати анализе воде у два типа млекаре (у процентима).

Опис	1000% конзум. млекаре	Комбиноване млекаре
Суви остатак	0.15	0.13
Беланчевине	0.044	0.028
Масти	-	трагови
рН вредност	7.10	7.05

Примарно оптерећење отпадне воде из млекаре представљају:

- Чврсти материјали разног порекла;
- Млечни шећер;
- Масти;
- Протеини;
- Остаци средстава за прање.

Вода у зависности од садржаја шећера и протеина, који имају високу вредност БПК₅ и ХПК₅ више или мање оптерећује водотокове, при чему биолошку потрошњу кисеоника за период од 5 дана (БПК₅) и хемијску потрошњу (ХПК₅) изражавамо милиграмима на 1 литар воде.

Анализирајући потрошњу и састав отпадних вода утврђено је да најзагађенију воду дају погони за производњу сирева, затим одељења термичке обраде млека за разне намене, одељења за маслац и исушивање млека.

Колика ће бити количина воде за пречишћавање зависи од много фактора од којих је пре свега програм производње млекаре, а потом и од техничке усклађености појединих линија, економисања са водом (коришћење старт славина постављених на флексибилним цревима), типа плочастих и округлих измењивача топлоте и степена рекулперације, уређаја за хлађење воде у кружном систему, примене ручног или програмираног прања производних линија млекаре, степена коришћења санитарног блока, односно раздвојености погонске и фекалне канализације, итд.

Уколико узмемо у обзир да се у добро опремљеним погонима троши 3-5 литара бунарске воде по једној литри прерађеног млека, онда можемо замислити колики је значај улагања у систем за пречишћавање отпадних вода у млекарској индустрији. Количина испуштене воде по млекури комбинованог типа од 50.000 л/дан износи 100-150 м³, а млекаре од 150-200.000 л/дан 400-600 м³ воде која се пре пуштања у водотокове мора обавезно пречишћавати пошто знамо да је у реку или канал дозвољено испустити воду концентрације 20 mg/l. Што се тиче градске канализације 300 mg/l, а ХПК₅ 450 mg/l, док рН вредност може да се креће од 6-9, притом уља и масти не сме бити више од 40 mg/l.

Потпуно смо свесни да различита комунална предузећа имају сопствене прописе о томе, али ту нема великих одступања.

4.3. Принцип пречишћавања воде у млекарској индустрији

Узимајући у обзир карактеристике млекарских погона, оптимално би било да се код пројектовања и изградње примењује принцип немешања појединих отпадних вода, што значи, да зависно од услова инвестиција, капацитета, сирарне, масларне и тд. сурутка, па и павлака буду одвојено третирано. Наравно подразумева се да је битно одвајати фекалну од погонске воде и тд.

Мањи степен загађености воде из једног према другом погону омогућује директно испуштање воде у реципијент, што утиче на смањење инвестиционих и експлоатационих трошкови пречишћавања.

У процесу пречишћавања воде разликујемо неколико фаза:

1. Фаза припреме;
2. Фаза одвајања;
3. Фаза неутрализације;
4. Фаза биолошког пречишћавања.

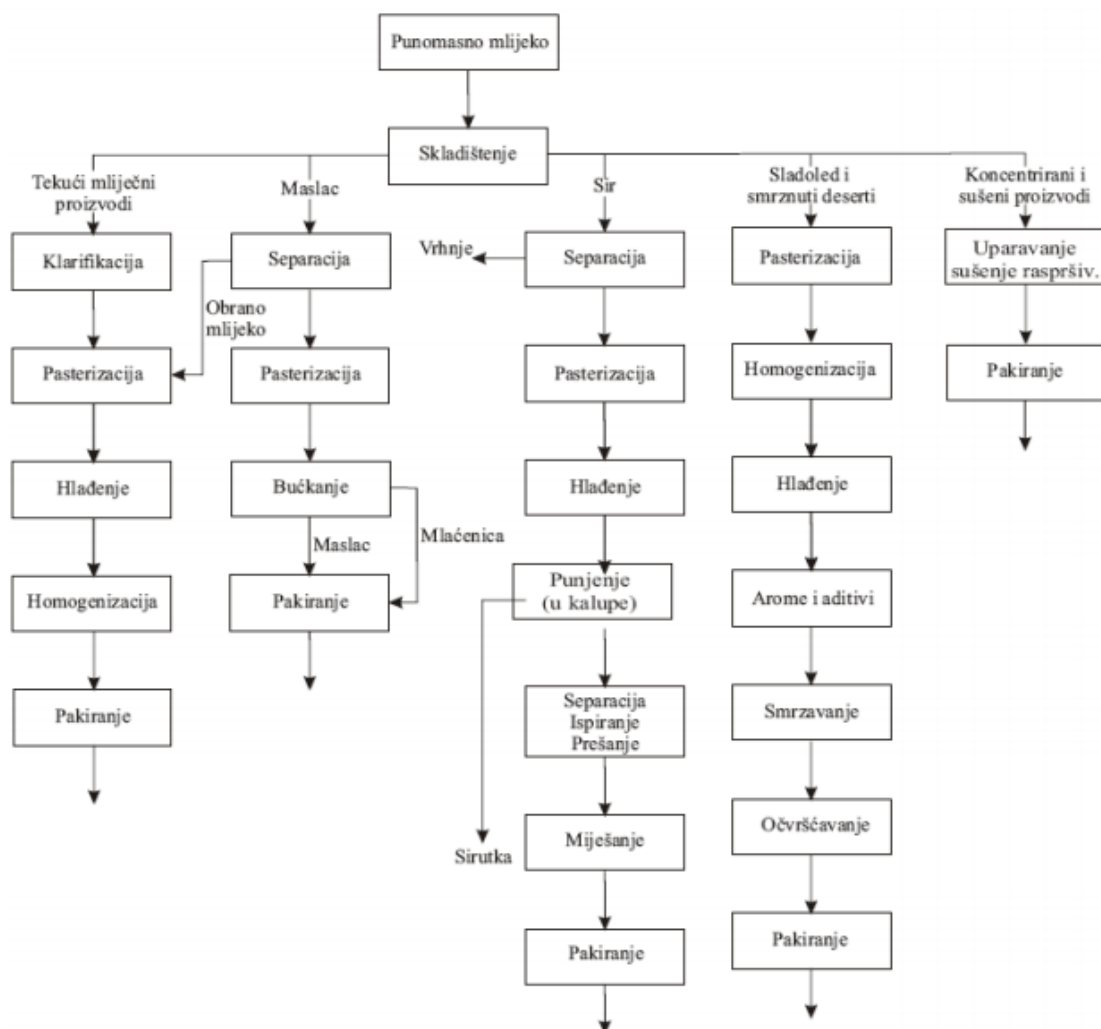
Прва фаза или фаза припреме односи се на поступак егализације воде главне и евентуално продужне смене, зато што се у току самог рада млекаре вода неравномерно троши и загађује. Применом овог поступка вода се у току 8 сати задржава у базену - танку ради одржавања константе.

У другој фази или фази одвајања (сепарације) врши се одвајање масноће површинском сепарацијом (скидање масноће у виду павлаке механички, помоћу скимера), или флотацијом помоћу компримованог ваздуха који у додиру са масноћама ствара пену (шлаг), а додатак емулгатора омогућује одвајање до 99% масноћа из воде.

Трећа фаза или фаза неутрализације воде подразумева неутралисање разних рН вредности која се хемијски дотерује на 7-7,7. Ово се обавља у посебном танку у трајању до 20 мин, у контролисаним условима (дозир-посуде, магнетни вентили и тд.) уз дозирање 20%-тног раствора H_2SO и $NaOH$.

Четврта фаза или фаза биолошког пречишћавања подразумева оптималне услове, тј. да рН вредност износи 7-7,7, да је вода ослобођена од чврстих материјала и да су преостале хранљиве материје фино диспергиране. Потом метаболизмом хетеротрофних микроорганизама потроши се органска материја из воде, а ослобађа CO_2 и метан. У даљем процесу потроши се и органска материја самих микроорганизама (њихове ћелије) до стабилног остатка. Сам отпадни материјал настао у процесу прераде отпадних вода требало би да има висок удео издвојених компонената и мали удео преостале влаге у виду муља са масеним уделом воде 96–98%.

Завршна фаза механичког одвајања муља било уз помоћ црпки или путем специјалних возила и транспортера, састоји се у повременом одвожењу муља који је користан као ђубриво у ратарству, односно пољопривреди. Компостирање је најједноставнији начин обраде биолошки разградивог муља и представља биохемијски процес прераде компонената муља у стабилан производ, компост, сличан хумусу. Компост као такав може да се користи и у пољопривреди за побољшање састава земљишта, а једна од могућности је примена муља и пречишћене воде на пољопривредним пољима, под условом да не садрже тешке метале и друге штетне материје у недозвољеним количинама.



Слика 13. Шема процеса производње у млекарској индустрији

4.4. Прерада продуката из процеса пречишћавања отпадних вода

Као коначни производ пречишћавања отпадних вода јавља се отпадни материјал који би требало да има висок удео издвојених компонената и мали удео преостале влаге. Код већине постројења за пречишћавање продукти из процеса пречишћавања су у виду муља са масеним уделом воде 96–98%.

Избор поступака обраде и одлагања муљева највише зависи од њихових карактеристика. Муљеви су, у општем случају, веома различити, нарочито муљеви пречишћавања индустријских отпадних вода. Од количине муља и концентрације суспендованих честица највише и зависи начин обраде муља.

Постоји више начина обраде муљева од којих су најзаступљенији:

- Угушћавање (гравитационо, флотационо) (повећање концентрације суспендованих честица и смањење запремине муља);
- Стабилизација (анаеробна, аеробна), разградња муља (смањење концентрације суве материје);
- Кондиционирање (додатак хемикалија, термичка обрада), промена у конзистенцији муља усмерена ка побољшању обезводњавања и повећања концентрације муља;
- Обезводњавање (вакум филтрација, центрифугирање, спори пешчани филтери), смањење запремине муља и формирање влажне муљне „погаче“;
- Сушење или оксидација (спаљивање, сушење, оксидација влажним ваздухом), сушење или оксидација муљне погаче;
- Одлагање (депоније, разбацивање по обрадивом земљишту, лагуне, море) или коришћење стабилизованог муља.

У односу на технологију коју примењујемо, поступци прераде муља могу бити:

- Биолошки, у којима физичко-хемијску разградњу компоненте из муља врше живи организми (депоније, компостирање). Ови поступци се изводе ради производње компоста, побољшања остатка муља за одлагање (механичко-биолошки поступци), биолошке стабилизације остатка муља (поступак стабилизације). Најједноставнији начин обраде биолошки разградивог муља је компостирање. То је биохемијски процес прераде компонената муља у стабилан производ компост који је сличан хумусу. Компост може да се користи у пољопривреди (побољшање састава земљишта), за ревитализацију земљишта огољеног пожаром, за побољшање квалитета земљишта непосредно уз друмске саобраћајнице.
- Технички (хемијски) поступци, код којих се физичко-хемијска разградња муља врши коришћењем хемијске енергије садржаја у муљу (сагоревање, пиролиза, хидролиза, гасификација);
- Механички поступци, који имају за циљ само механичку трансформацију појединих компоненти или муља у целини. Механичко-биолошка обрада муља је искуство преузето из западних земаља и заснива се на процесу механичке обраде муља, при чему се врши издвајање корисних компоненти из муља, као што су метал, папир, пластика, неметал, штетне материје које није дозвољено одлагати на депоније. Основне предности механичко-биолошке обраде муља су:
 - Материјали који нису подесни за одлагање издвајају се и одлажу у посебне депоније;
 - Количина депонијског материјала у телу депоније се смањује;
 - Мања је продукција депонијског гаса;
 - Побољшава се збијање и густина муља.

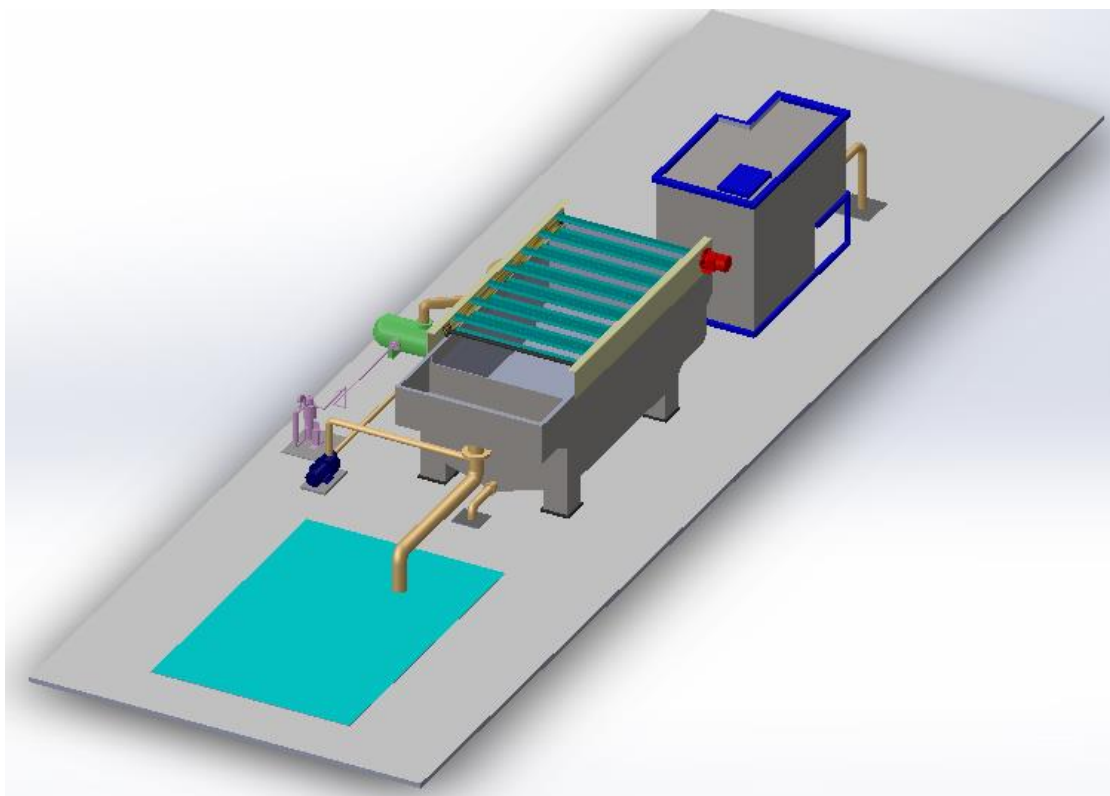
За разлику од биохемијских анаеробних и аеробних дуготрајних процеса разградње муља, гориве компоненте муља могу се обработити и термички. При термичкој преради муља одвијају се хемијске реакције при којима се ослобађа енергија (егзотермна реакција) или је потребно доводити енергију (ендотермне реакције) а изводи се

поступцима сагоревања, пиролизе и гасификације.

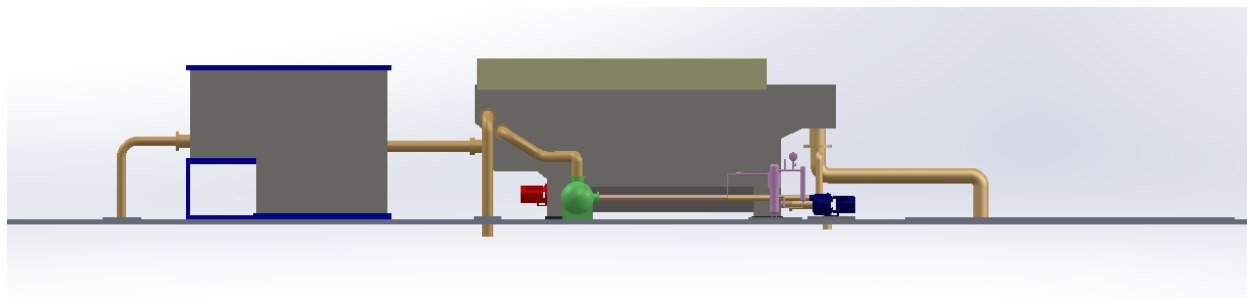


Слика 14. Неадекватно збрињавање отпадних вода

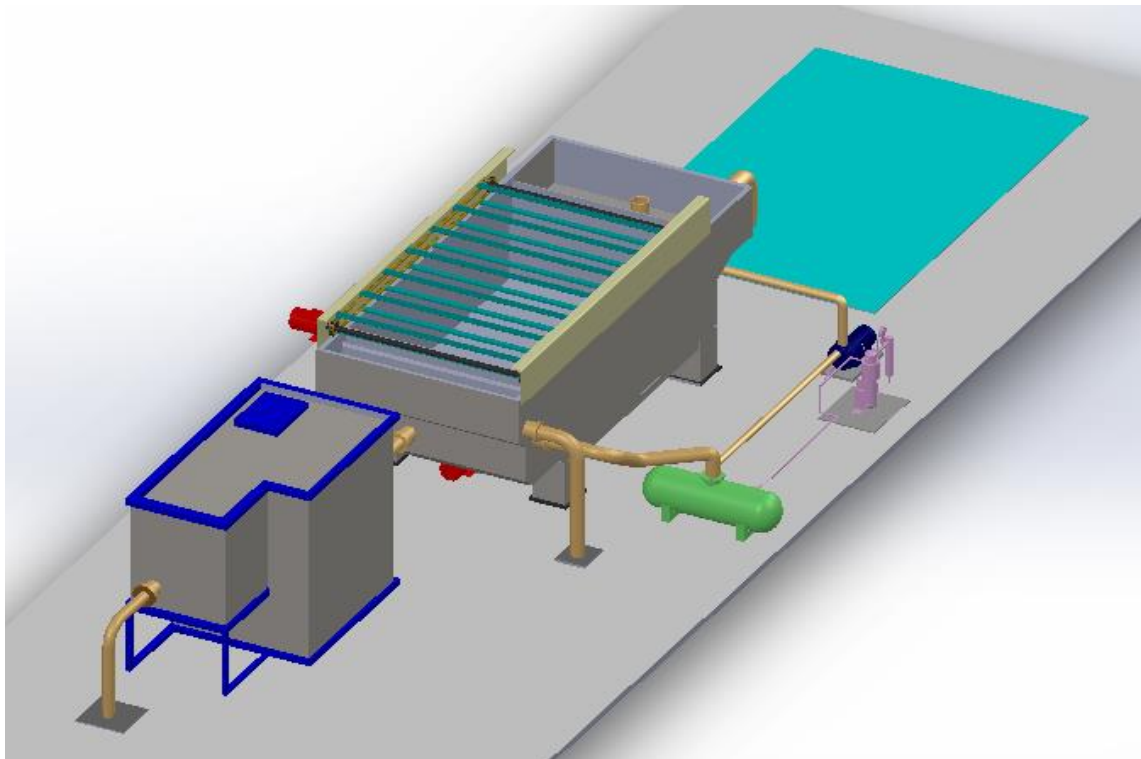
5. 3Д Модел постројења за пречишћавање отпадних вода у млекари



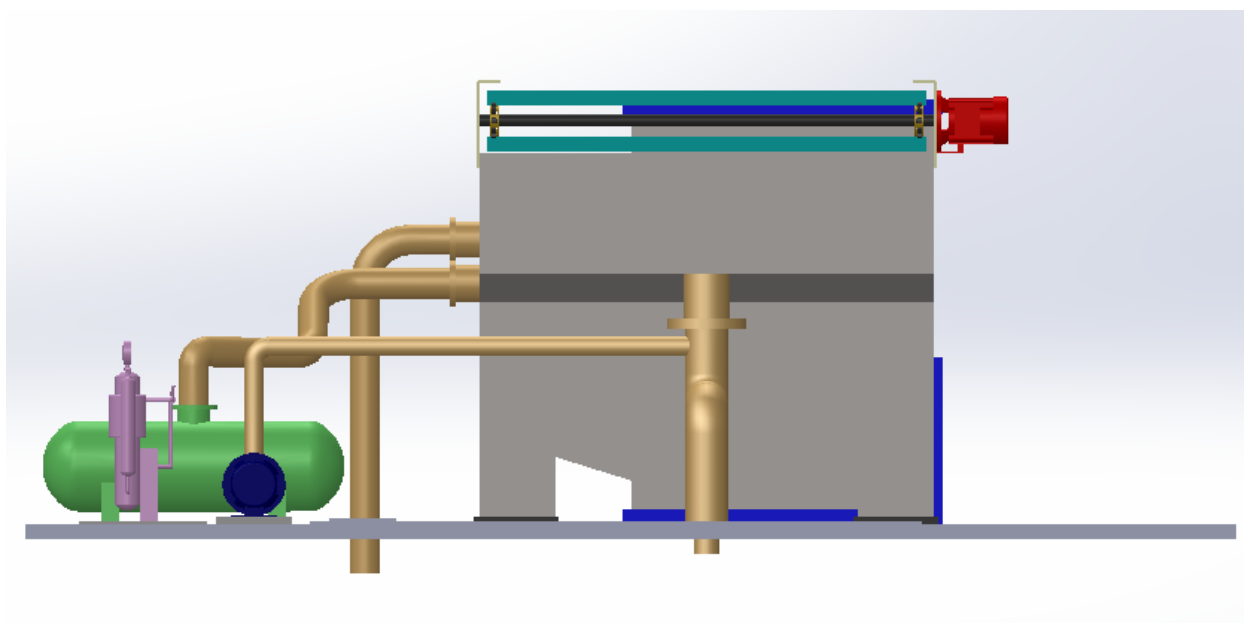
Слика15. Изометријски поглед постојења за пречишћавање отпадних вода у млекари



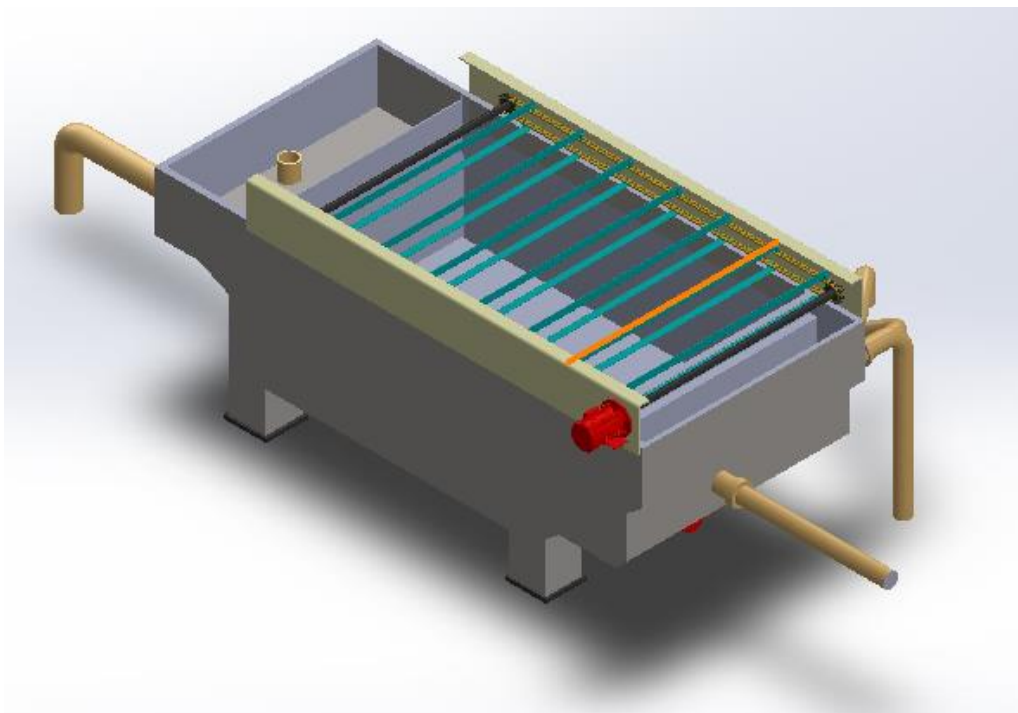
Слика 16. Бочни поглед 3Д модела



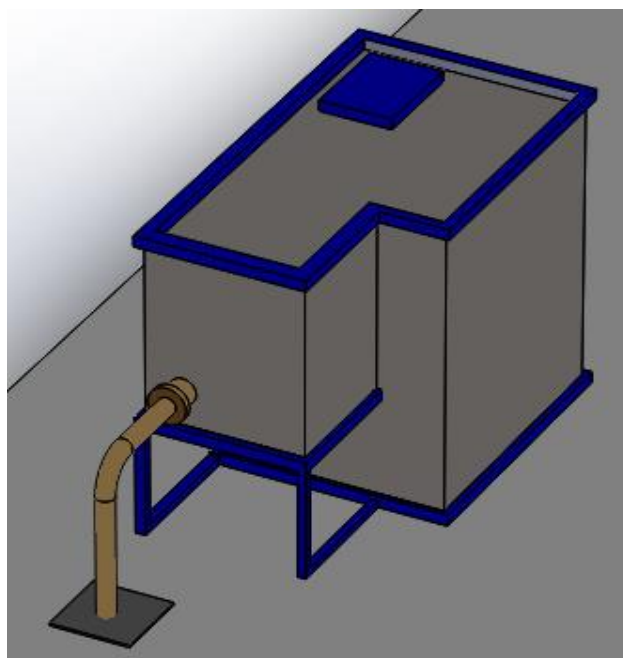
Слика 17. 3Д приказ модела



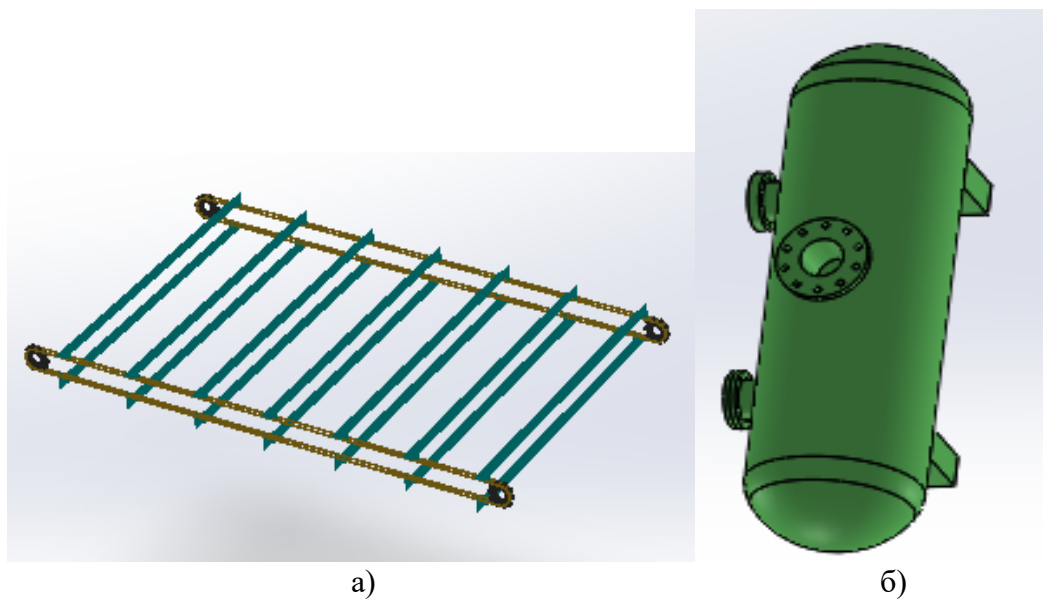
Слика 18. Чеони поглед постојења за пречишћавање отпадних вода у млекари



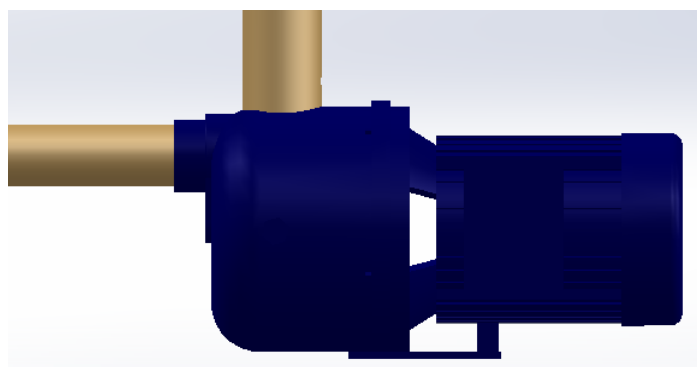
Слика 19. Базен за пречишћавање отпадних вода



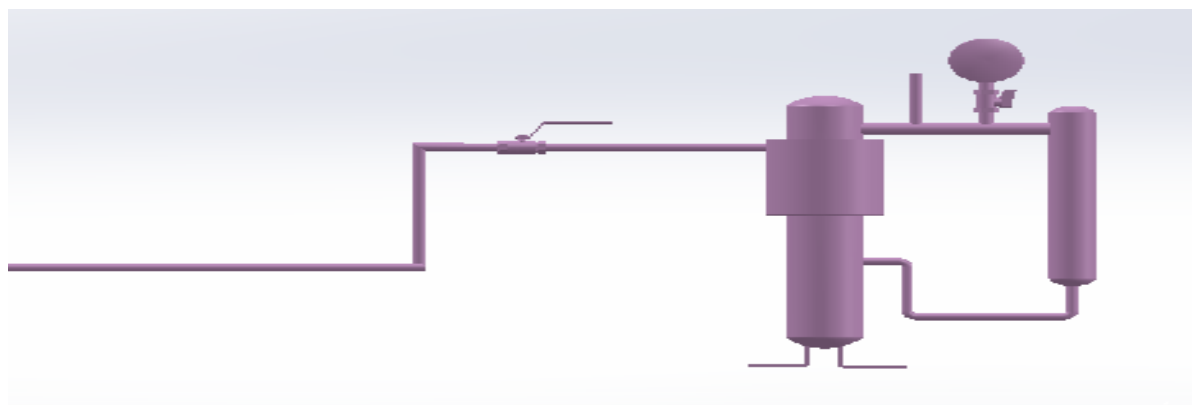
Слика 20. Хемијски резервоар (нормализује се рН вредност воде)



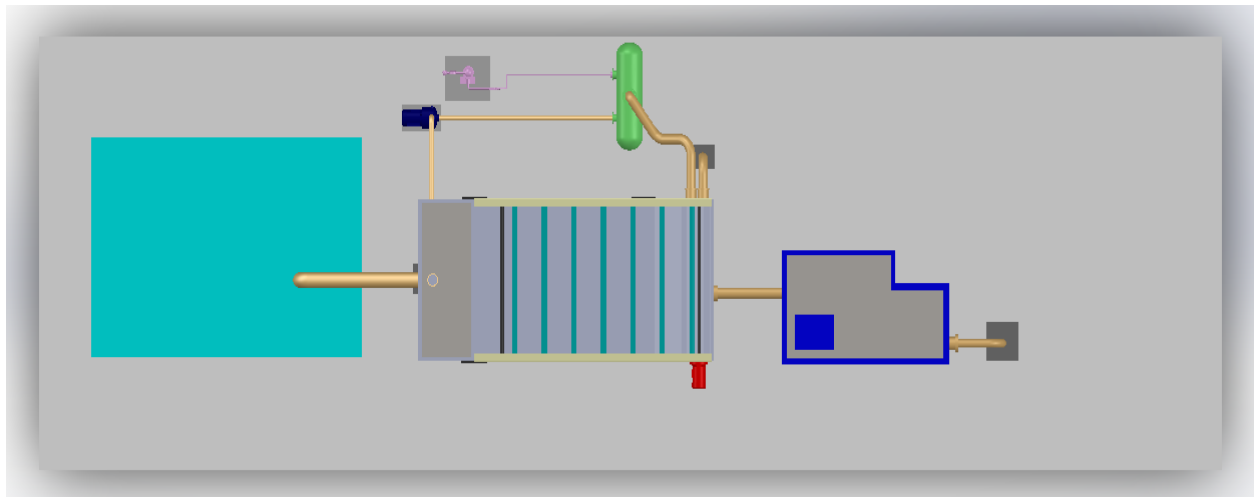
Слика 21. а) површински скидач масноће б) боца под притиском мешање воде и гаса



Слика 22. Пумпа за воду



Слика 23. Компресор за ваздух



Слика 24. Поглед одозго 3Д модела постројења за пречишћавање отпадних вода у млекари

6. Закључак

Начин опхођења савременог друштва према воденом благу намеће став о неопходности подизања еколошке свести саме популације, али и постављање све оштријих захтева за заштиту животне средине, а нарочито подземних залиха пијаће воде чији смањени капацитети указују на неминовну несташницу пијаће воде у будућности.

Решавање проблема отпадних вода треба решавати на локацијама њиховог настајања уз примену најсавременијих облика пречишћавања као гарант одоворног приступа у пословању с циљем смањења количине и степена загађењености отпадних вода.

Отпадне воде у млекарској индустрији су једне од најзагађенијих у прехранбеној индустрији, па се као такве морају третирати одговарајућим поступцима како би се уклониле штетне материје и спречио штетан утицај на животну средину пошто се испусте у реципијент.

Отпадне воде представљају велики проблем у прехранбеној индустрији, али недовољна финансијска средства за решавање овог проблема, склањају их у други план, иако Европска унија својим прописима указује на неопходност адекватног стварања према природном богатству и неопходну освешћеност људи у решавању овог глобалног проблема.

7. Литература

- [1] Миле Т. Клашња, Вода у прехрамбеној индустрији
- [2] Отпадне воде прехрамбене и ферментационе индустрије, дипл.инж. Никола Благојевић, Савез хемичара и технолога Србије, Београд 1978
- [3] Одрживе технологије у прехрамбеној индустрији, Радослав Грујић, Мидхат Јашић, Технолошки Факултет, Сарајево, 2014
- [4] Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, Службени гласник РС 18/2014
- [5] СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА У ВЕЛИКИМ И МАЛИМ НАСЕЉИМА Данијела НИКОЛИЋ дипл.маш. инж, Јасмина Скерлић дипл. маш. инж, Вања ШУШТЕРШИЧ ванр. проф. Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу