

**Зоран Марков  
Милијана Георгиевска**



**ПРЕЧИСТУВАЊЕ  
НА ОТПАДНИ ВОДИ**

# ИМПРЕСУМ

## Наслов:

Пречистување на отпадни води

## Издавачи:

Фондација Конрад Аденауер  
Центар за европски студии Вилфрид Мартенс

## Автори:

**Д-р Зоран Марков**, Вонреден професор на Машински факултет,  
Универзитет "св. Кирил и Методиј", Скопје  
**Миљана Георгиевска**, Инженер по биохемија, Менаџер за отпад

## Рецензенти:

**Д-р Методија Мирчевски**, Професор во пензија на Машински  
факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје  
**Д-р Џоко Кунгуловски**, Професор на Природно-математички  
факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје

## Координација:

Антонио Јовановски  
Даниела Поповска  
Јоханес Д. Раи

## Лектура:

Ивана Коцевска

## Дизајн и печат:

Винсент Графика ДОО Скопје

## Публикацијата може бесплатно да се преземе на:

<http://www.kas.de/mazedonien/en/>  
<http://www.martenscentre.eu/publications>  
[www.gogreen.mk](http://www.gogreen.mk)  
[www.mf.edu.mk](http://www.mf.edu.mk)  
[www.pmf.ukim.edu.mk](http://www.pmf.ukim.edu.mk)

### **Напомена:**

*Ова е заедничка публикација на Центарот за европски студии Вилфрид Мартенс и Фондацијата Конрад Аденауер. Проектот е финансиски поддржан од Европскиот парламент. Центарот за европски студии Вилфрид Мартенс, Фондацијата Конрад Аденауер и Европскиот парламент не сносат одговорност за фактите и мислењата изнесени во публикацијата, ниту за нивната понатамошна примена. Сите одговорности се на авторите. Процесот на подготовка на публикацијата беше спроведен во 2016 година.*

**Автори**

Зоран Марков  
Милијана Георгиевска

# **ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ**



Скопје, 2016





## **ПРЕДГОВОР**

Книгата е придонес кон настојувањата да се прикажат техничките и теориските предизвици и значењето на пречистувањето на отпадните води како дел во широка област на управување со водите. Ги опфаќа сите аспекти, од влијанието на водите кое настанува како резултат на техничко-технолошкиот прогрес, демографската експанзија и стремежот кон современ начин на живеење, до процесите регулирани од природните закони и класичните и модерни техники и технологии во процесот на пречистување.

Според содржината, книгата „Пречистување на отпадни води“ во целост ја опфаќа материјата предвидена со наставната програма по соодветниот предмет од прв циклус на студии на Машинскиот факултет во Скопје. По обем, во граници што од педагошки аспект нема да ја доведат во опасност неговата пристапност на студентите, трудот може корисно да им послужи и на поширок круг на млади истражувачи, ентузијастички и научни и стручни кадри, кои во практиката се занимаваат со предметната проблематика.

Оттаму што оваа проблематика е интердисциплинарна и комплексна, секоја забелешка и сугестија за подобрување ќе биде внимателно разгледана и интегрирана во идно ново издание.

### **Авторите**

Благодарност до Фондацијата Конрад Аденауер, невладината организација Гоу Грин и Центарот за европски студии Вилфрид Мартенс, кои овозможиле овој стручен труд да биде преточен во учебник и со тоа дадоа придонес во стремежот за подгнување на квалитетот како на едукацијата, така и на пристапот до теориско и практично знаење.

# СОДРЖИНА

<b>1. ВОВЕД</b>	<b>11</b>
1.1. Општо за отпадна вода	11
1.2. Извори	12
1.3. Промени во дотокот	13
1.4. Хемиски состав на водата	15
1.5. Физички карактеристики	19
1.6. Хемиски карактеристики	22
1.7. Биолошки карактеристики	28
1.8. Цврсти материи	31
<b>2. ТИПОВИ НА ЗАГАДЕНИ ОТПАДНИ ВОДИ</b>	<b>37</b>
2.1. Комунални отпадни води	37
2.2. Индустриски отпадни води	39
2.3. Отпадни води во земјоделското стопанство	39
<b>3. ПРОЦЕСИ ЗА ПРИРОДНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ</b>	<b>43</b>
3.1. Вовед	43
3.2. Езерца за пречистување	43
3.3. Системи за пречистување низ земја	47
<b>4. ПРЕЛИМИНАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ</b>	<b>55</b>
4.1. Решетки и сита за механичко пречистување	55
4.2. Отстранување на песокот и сличните материи	63
<b>5. ПРИМАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ</b>	<b>71</b>
5.1. Опис на процесите	71
5.1.1. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на таложливите цврсти материи	72
5.1.2. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на цврстите материи кои пливаат	76
5.2. Опрема	76
5.2.1. Седиментациски резервоари (таложници)	76

5.3. Очекувани резултати од работата на таложниците	81
5.4. Отстранување на тињата	82
5.5. Отстранување на материите кои пливаат во водата	85
5.6. Хидраулични параметри	85

## **6. СЕКУНДАРНО (БИОЛОШКО) И ТЕРЦИЈАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ 89**

6.1. Процеси со активна тиња	89
6.1.1. Биолошко отстранување на фосфорот	94
6.2. Конфигурација на реакторот (БАТ)	95
6.2.1. Системи со целосно мешање	96
6.2.2. Проточни системи	97
6.2.3. Сериски реактори	98
6.2.4. Наизменични пакетни системи (Sequencing Batch Reactors – SBR)	98
6.3. Биолошки филтри	100
6.3.1. Прокапници и биолошки кули	102
6.3.2. Ротирачки биолошки филтри	109
6.4. Комбинирани процеси	114
6.5. Биолошко отстранување на нутриентите	118
6.5.1. Општо	118
6.5.2. Биолошко отстранување на азотот	121
6.5.2.1. Нитрификација	123
6.5.2.2. Денитрификација	128
6.5.2.3. Технички решенија за отстранување на азотот	133
6.5.3. Подобрено биолошко отстранување на фосфорот	139
6.5.3.1. Биохемиски процес	140
6.5.3.2. Влијанија	142
6.5.3.3. Комбинирани процеси за отстранување на азотот и фосфорот	143
6.6. Терцијарно пречистување	147

<b>7. ФИЗИЧКО-ХЕМИСКИ ПОСТАПКИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ</b>	<b>149</b>
7.1. Вовед	149
7.2. Основи на процесите на коагулација и флокулација	149
7.3. Седиментација	151
7.4. Филтрација	152
7.5. Оптимизација на рН вредноста	155
7.6. Опис на техничките решенија и опремата	156
7.6.1. Преглед на коагулантите	156
7.6.2. Мешање на коагулантите	158
7.6.3. Уреди за флокулација	163
7.6.4. Уреди за седиментација	165
7.6.5. Уреди за оптимизација на рН вредноста	168
7.6.6. Уреди за филтрирање	169
<b>8. НАЦИОНАЛНА И ЕУ ЛЕГИСЛАТИВА</b>	<b>175</b>
8.1. Национална легислатива	175
8.2. ЕУ Директиви	185
8.2.1. Рамковна директива за води 2000/60/EC	185
8.2.2. Директива за третирање на урбани отпадни води 91/271/ЕЕС	186
8.2.3. Директива за подземни води (80/68/ЕЕС)	187
8.2.4. Стандард на урбана отпадна вода	187
8.2.5. Опасни материи и граничните вредности за испусти	187
<b>9. ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ СПОРЕД ТИПОТ НА ИНДУСТРИСКА ГРАНКА</b>	<b>191</b>
9.1. Општо	191
9.2. Одредување на карактеристиките на ефлуентот	192
9.3. Процеси на претходно пречистување	193
9.4. Преработка на тињата	193
9.5. Прехранбена индустрија	194
9.5.1. Индустрија на млечни производи	194
9.5.2. Конзервирање на овошје и зеленчук	195
9.5.3. Кланици и конзервирање на месо	195
9.5.4. Пиварници и индустрии на вриење	196

9.5.5. Шеќерани и фабрики за алкохоли	196
9.6. Фабрики за масло и сапуни	197
9.7. Хемиска индустрија и индустрија на фармацевтски производи	198
9.8. Фабрики за штавење на кожа	198
9.9. Производство на хартиена маса	199
9.10. Нафтена и петрохемиска индустрија	199
9.11. Петрохемија	199
9.12. Животински фарми	200
9.13. Црна металургија и индустрија на машини	200
9.14. Ефлуенти добиени од површинска обработка	201
<b>10. СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ</b>	<b>203</b>
10.1. Општо	203
10.2. Состав и количество на индустриските отпадни води	204
10.3. Определување на неопходниот степен на пречистување на индустриските отпадни води	208
10.4. Основни методи за пречистување на индустриските отпадни води	210
10.5. Израмнување на протокот и оптоварувањето	212
10.6. Отстранување на цврстите материи	219
10.7. Отстранување на масти и масла	222
10.7.1. Општо	222
10.7.2. Извори на масти и масла	224
10.7.3. Техники за преттретман	227
10.7.4. Можности за повторно користење на отстранетите масти и масла	235
10.8. Искористување на индустриските отпадни води и извлекување на корисните материи од истите	236
10.9. Управување со рН вредноста	238
10.9.1. Општо	238
10.9.2. Киселост и алкалност	241
10.9.3. Принципи на мерење на рН вредноста	243

10.9.4. Избор на средства за неутрализација	244
10.9.5. Проектирање на систем за pH контрола	250
10.10. Јонска размена	258
10.11. Атсорпција	263

## **11. ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ОД ИНДУСТРИСКИТЕ ОТПАДНИ ВОДИ**

**271**

11.1. Мониторинг на водите	275
11.2. Начини за намалување на количеството и загаденоста на индустриските отпадни води	276
11.3. Системи и шеми за канализација на индустриските оператори	277
11.4. Заедничко одведување и пречистување на отпадните води од индустриските оператори и населени места	282

## **12. "STATE OF THE ART" ПРИМЕРИ НА ПРЕЧИСТИТЕЛНИ СТАНИЦИ ЗА КОМУНАЛНИ ОТПАДНИ ВОДИ**

**287**

## **13. СОВРЕМЕНИ НАЈДОБРО ДОСТАПНИ ТЕХНИКИ (НДТ) ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНА ВОДА**

**291**

13.1. Техники за третман на отпадни води	291
13.1.1. Отстранување на сулфат и други загадувачи користејќи ултрасонични реактори	291
13.1.2. Фотокаталитичка оксидација со титаниум диоксид	295
13.1.3. Комбинирана електрохемиска оксидација	295
13.1.4. Суперкритична оксидација на водата	296
13.2. Технологии базирани на биоаугментација и технологии базирани на селектирани микроорганизми	297
13.2.1. Карактеристики и придобивки	298

## **14. БИБЛИОГРАФИЈА**

**303**

## Листа на користени кратенки

ПСОВ – Пречистителна станица за отпадни води

БПК – биолошка потреба од кислород

ХПК – хемиска потреба од кислород

ПОР – потенцијал за оксидација редукација

ЦМ – цврсти материи

SOR – surface overflow rate

БАТ – базен со активна тиња

ЈБПК – јаглеродно БПК оптоварување

SBR – Sequencing Batch Reactors

РБФ – ротирачки биолошки филтри

БОФ – биолошко отстранување на фосфор

БОХМ – биолошко отстранување на хранливи материи

РЦМ – растворени цврсти материи

MLE – *Модифицирано Ludzack-Ettinger решение*

LE – Ludzack – Ettinger решение

DAF – dissolved air filtration

БФ – биолошки филер

ХРТ - Хидрауличко ретенционо време

BAT- Best available techniques



# ВОВЕД





# 1. ВОВЕД

## 1.1. Општо за отпадна вода

Отпадна вода е вода од водоснабдителниот систем која истекува после нејзината употреба од страна на заедницата. Отпадната вода потекнува од домаќинствата, отпадот од луѓето и животните, индустриските претпријатија, од атмосферските врнежи, како и од инфилтрирање на подземните води. Таа е 99,94 % вода по маса. Останатите 0,06 % е материја, која е растворена или измешана во водата. Во најголема мерка тоа е истата количина на вода која се доведува до заедницата и која по користењето е загадена на различни начини.

Пречистувањето на отпадните води во пречистителни станици е еден од највисоките приоритети во севкупното управување со животната средина.

Ефикасната работа и управување на пречистителна станица за отпадни води бара темелно познавање на составот на водата што дотекнува (**инфлуентот**), пречистената вода (**ефлуентот**), како и внатрешните текови од страна на стручните лица (оператори) кои го водат процесот на пречистување. За да се стекне со тоа знаење, операторот ги определува карактеристиките на суровата отпадна вода и останатите дотоци преку собирање и анализа на репрезентативни примероци низ сите фази на една постројка.

Карактеризацијата на инфлуентот, ефлуентот и внатрешните процесни текови на операторот му ги обезбедува пречистителна станица за отпадни води (ПСОВ), како и информациите кои се потребни за правилно управување со процесите на пречистување. Во зависност од големината на ПСОВ и составот на инфлуентот, за

карактеризацијата на отпадната вода можеби се потребни неколку едноставни испитувања или повеќе комплексни испитувања во добро опремена лабораторија, која може да се наоѓа во состав на постројката или да се ангажира надворешна акредитирана лабораторија.

## 1.2. Извори

Отпадната вода може да се категоризира според тоа дали потекнува од домаќинства, комерцијални или индустриски извори. Таа се носи до постројката за пречистување со помош на колекторски систем изолиран од атмосферската канализација, но понекогаш се применува комбиниран систем (канализација), со кој се собираат двата типа на вода. Ваквиот комбиниран систем може да ги измени карактеристиките на отпадната вода и со тоа ќе бидат погодени процесите на пречистување во постројката.

**Водата од домаќинствата** главно се собира од резиденцијални, неиндустриски гранки и институционални извори. Со исклучок на мали ПСОВ, кои опслужуваат исклучиво резиденцијални заедници, повеќето постројки пречистуваат делумно и комерцијална и индустриска отпадна вода. Отпадната вода која главно потекнува од домаќинствата има тенденција да биде прилично униформна по составот. Се разбира дека составот се разликува помеѓу различни заедници во зависност од социјалните, економските, географските и климатските услови. Составот и количината на таквата отпадна вода може да варира периодично поради влијанието на значителната флукуација на луѓе, како, на пример, во големи институции, студентски населби или туристички места.

Повеќето канализации во населените места заедно ја одведуваат водата од домашните санитарни извори, како и

од индустриските и комерцијални извори. **Индустриските отпадни води** вообичаено содржат супстанции кои се добиени од суровините, полупроизводите, нуспродуктите, како и крајните производи на индустриското производство или производствените процеси. Овие води се менуваат со промените во планот на производството. Индустриските отпадни води се попромениливи во однос на тие од домаќинствата. Отпадните води од фабриките за храна, на пример, кои вообичаено содржат високи концентрации на растворени органски состојки, често предизвикуваат екстремни варијации во оптоварувањето на ПСОВ поради сезонскиот карактер поврзан со периодот на жнеење на житните растенија. Овие отпадни води можат да имаат ниско хранливо ниво (недостиг на азот), што може негативно да влијае на биолошките процеси во постројката за . **Од комерцијалните извори**, како што се продавници и слично, главно се одведува иста отпадна вода како од домаќинствата, но складиштатата или дистрибуциските центри можат да произведуваат отпадна вода што може да варира по својот состав и количина.

Инфилтрацијата и дотекот на надворешна вода може да влијаат врз хидрауличкото оптоварување. Таа вода навлегува во канализацијата низ споеви кои протекуваат, пукнатини или дупки во цевките. Подземната вода е чест извор на инфилтрација, посебно кога земјата е заситена со вода. Атмосферската вода навлегува во системот преку шахти кои не заптиваат доволно добро или се напукнати.

### **1.3. Промени во дотокот**

При проектирање и водење на една ПСОВ е неопходно да се знае дали инфлуентот се доведува преку одвоен или комбиниран колекторски систем, бидејќи атмосферските води во комбинираниот систем можат негативно да влијаат врз хидрауликата на постројката. Дури и одвоени

санитарни канализациски системи можат да добијат прилив од атмосферски води или инфилтрација од подземни води. Овие приливи предизвикуваат сезонски варијации на протокот, додека овие ефекти се под влијание на староста, одржувањето и типот на колекторскиот систем. Комбинираните системи предизвикуваат големи промени во протокот на отпадна вода поради врнежи или топење на снегот. Дополнително, на овие хидраулични влијанија врз постројката, промени можат да настанат од органската материја и растворените загадувачи кои се содржат во атмосферска вода од улиците и останатите непропустливи површини. Ефектите на хидрауличното и оптоварувањето од загадувачите се посебно изразени во првите часови на врнежи после сушен период.

Дотокот на отпадни води вообичаено варира со определена конзистентност во текот на денот, седмицата, годишното време и годината. Дневната промена на дотокот значително зависи од големината и изгледот на колекторскиот систем. Генерално, колку е помал системот, толку се поголеми варијациите. Меѓу останатите фактори кои влијаат на оваа нерамномерност, се вбројуваат и бројот и типот на пумпните станици, типот на индустријата која се опслужува, како и карактеристиките на населението. Дневното оптоварување на постојките е главно од 8 до 10 часот наутро, од 12 до 14 часот и помеѓу 16 и 19 часот. Минимални протоци се забележуваат во доцните вечерни и раните утрински часови. Врвните и минималните оптоварувања се израмнуваат со зголемување на должината на колекторскиот систем. Во зависност од големината на системот, типичните дневни врвни протоци се за 50 – 200 % поголеми од дневните просеци.

Иако карактеризацијата на отпадните води според изворот обезбедува некои општи информации за инфлуентот, овие информации се недоволни за водење на процесот или, пак, за задоволување на стандардите за одобрение за работа. За таа цел е неопходно испитување на инфлуентот,

ефлуентот и процесните текови во постројката за точно определување на нивните физички, биолошки и хемиски карактеристики. Биомониторингот на ефлуентот од постројката може да ја одреди неговата токсичност.

#### **1.4. Хемиски состав на водата**

Хемискиот состав на отпадната вода и интерните процесни текови даваат широк спектар на информации кои се однесуваат на карактеристиките на отпадната вода и состојбата на процесите на пречистување. Хемиското испитување обезбедува информации за концентрацијата на специфични супстанции за кои истото се спроведува. Кога оваа информација ќе се примени со масениот проток се добива вкупното оптоварување на таа супстанција, што овозможува подобар мониторинг и водење на процесите на пречистување.

Законската регулатива бара спроведување на повеќе хемиски анализи. Хемиските состојки можат да се поделат во повеќе категории, зависно од целта на класификацијата.

Слободниот **хлор** не се сретнува вообичаено во отпадните води поради екстремната реактивност. Сепак, може да биде присутен во помалку реактивни форми, како хлорамини. Хлорот вообичаено се користи за дезинфекција. Мерењето на остатокот на хлор и разбирањето на значењето на резултатите може да понуди ефективни начини за контрола на процесот на дезинфекција. Приодите за мерење на остатокот на хлорот опфаќаат повеќе рачни и автоматизирани техники. Притоа, иако автоматизираната инструментација бара почеста калибрација, обезбедува континуираност на процесот, а се елиминира и потребата за чести рачни нагодувања.

**Азотот** во отпадните води се сретнува во четири основни форми: **органиски азот**, **амониум** ( $\text{NH}_4$  во јонизирана и

слободна форма), **нитрит** ( $\text{NO}_2$ ) и **нитрат** ( $\text{NO}_3$ ). Формата во која се наоѓа азотот во отпадната вода го покажува нивото на органска стабилизација. Непречистената отпадна вода има повисоки нивоа на концентрација на органскиот азот и амониумот, а скоро и да не содржи нитрити и нитрати. При метаболирање на органскиот азот, тој се менува прво во амониум и потоа, доколку се поволни условите, во нитрит и нитрат. Покрај тоа, биолошката маса консумира азот за раст на клетките и на тој начин отстранува дел од азотот.

Промените во распределбата на азотот може да понудат одлични информации за процесните услови во постројките на пречистување. Зголемувањето на концентрациите на амониум во примарните таложници, често значи дека се јавуваат септички услови од преголемата акумулација на тиња. Зголемување, пак, на концентрациите на нитрити и нитрати во секундарните таложници значи дека се одвива процес на нитрификација. Обрато, намалувањето на нитратите е сигнал за денитрификација, што е поволен процес доколку се случува во процесот на биолошко пречистување со активна тиња (пред секундарните таложници). Доколку, пак, се случува во секундарните таложници, истото е неповолно поради ослободувањето на азотните гасови кои ги потиснуваат цврстите материји кон површината. Пливачки ЦМ во секундарните таложници можат да бидат и последица на пловечка тиња. Определувањето на концентрацијата на нитрати во водата овозможува релативно брз начин на проверка и разликување помеѓу денитрификација и пловечка тиња.

Вообичаените концентрации на азот во непречистената вода од домаќинствата се движат помеѓу 20 и 85 mg/l за вкупниот азот (збир на органскиот азот, амониумот, нитрати и нитрити); од 8 до 35 mg/l органски азот; од 12 до 50 mg/l амониум – азот. Концентрациите на нитрити и нитрати се многу пониски. Доколку во постројката се пречистуваат индустриски отпадни води со високо БПК

оптоварување и ниски нивоа на азот, постои опасност дека отпадната вода ќе содржи прениски концентрации на азот, при што за целосна стабилизација на БПК ќе биде потребно да се донесе азот од друг извор.

Анализата на азотот во отпадните води вклучува неколку постапки и техники. Нивоата на органскиот азот се определуваат со изведување на т.н. Кјелдалова (Kjeldahl) азотна анализа, со која се мерат заедно органскиот азот и амониумот, а потоа се одзема вредноста на амониумот која се мери посебно. Нитритите се мерат директно. Концентрациите на нитратот се определуваат преку мерење на вкупните нитрати и нитрити и одземање на претходно определените нитрити. Амониум-азотот, исто така, може директно да се мери со употреба на електрода.

Анализата на азотот низ целиот систем за пречистување ја покажува исправноста на процесот. Доколку амониумот не се метаболизира во нитрати и/или нитрити, системот не ја пречистува соодветно отпадната вода. Во тој случај, треба да се направат дополнителни испитувања за да се открие проблемот.

**Фосфорот**, како и азотот, има различни форми во отпадната вода и служи како основен елемент за биолошки раст и репродукција. Фосфорот може да биде присутен како ортофосфат, полифосфат и органски фосфат. Често се мери нивната вкупна концентрација, како вкупни фосфати. Ортофосфатот, како форма која е најмногу на располагање на биолошките организми, понекогаш е потребно да се контролира.

Нормалната отпадна вода од домаќинствата има вкупно ниво на фосфор во опсегот од 2 до 20 mg/l, од кои 1 – 5 mg/l органски фосфор и 1 – 15 mg/l неоргански фосфор.

Преголемите концентрации на фосфор во површинските води водат кон исклучително интензивно развивање на

алгите и еутрофикација на водата. Како резултат на овие негативни ефекти врз реципиентот, фосфорот строго се контролира на излезот од пречистителната станица.

**Сулфур** водородот, којшто често се вбројува меѓу факторите кои лошо влијаат врз здравјето, но и придонесува за корозија на цевките и другата опрема во постројките, мора континуирано да се контролира. Тој го дава мирисот на „расипано јајце“ кај септичките отпадни води и најдобро се контролира на влезот, пред да се испушти во колекторскиот систем на ПСОВ. Мерењата на неговата концентрација можат да укажат на сериозноста на потенцијалната корозија и на ефикасноста за програмите за негова контрола. Се разликува вкупен во однос на растворлив сулфид и бара тековни мерења на рН вредноста за поточна квантификација. Сулфур водородот може да се неутрализира со додавање на комерцијално достапни производи, како, на пример, пероксид, перманганат, а може да се користи и железен хлорид.

Мастите и маслата во ефлуентот на постројката може да се резултат на пливачки материи во доводната вода. Тие можат да бидат внесени во постројката како дискретни пливачки честички, како емулзивен материјал или како раствор. Мастите и маслата можат да се класифицираат како поларни или неполарни. Поларните вообичаено се биоразградливи и потекнуваат од животни, додека неполарните се потешко биоразградливи и вообичаено потекнуваат од нафтени продукти. Мерењето на нивната количина пред и после ПСОВ дава основа за утврдување на ефикасноста на нивното отстранување. Доколку високи количини масти и масла се внесат во секундарниот систем, компонентите со пониска густина се врзуваат со биомасата. Ова врзување може да предизвика слабо таложење на биолошките цврсти материи, при што конечниот резултат е нивно испуштање во реципиентот.



Скоро е невозможно да се добие репрезентативен примерок на мастите и маслата поради површинската концентрација и нивното лепење на површините на уредите за земање примероци и садовите за чување. За таа цел, после рачното земање на примерокот, садот се мие со раствор за да се соберат нафатените масти и масла.

Елиминирањето на мастите и маслата на самиот извор на нивно настанување преку уреди за нивно фаќање е најдобриот метод за нивно контролирање уште пред да се внесат во пречистителната постројка.

### **1.5. Физички карактеристики**

Во физички карактеристики на отпадните води се вбројуваат температурата, бојата, мирисот и заматеноста. Последните три можат да бидат веднаш проверени визуелно и преку мирисот, дури и пред да се изведе некакво детално испитување.

**Температурата** на отпадната вода ја покажува количината на топлинска енергија која е содржана во неа. Таа е обично нешто потопла од водата од чешма, бидејќи содржи (меѓу другото) и загреана вода од домаќинствата и од други извори. Доколку таа се носи подземно низ колекторски систем, температурата на инфлуентот вообичаено се приближува до температурата на земјата. Соодветно, во лето нејзината температура е повисока од таа во зима. Годишниот просек на температурата на отпадната вода се наоѓа во интервалот од 10 до 20 °C.

Генерално, стапката на биолошка активност зависи од температурата. Како што се зголемува температурата, микроорганизмите го зголемуваат трошењето на органските материи и кислородот од отпадната вода. Брзината на реакциите приближно се зголемува со пораст на температурата за секои 10 °C, сè додека високата

температура не почне да ги намалува (инхибира) биолошките активности.

Значителен пораст на температурата за кус временски период вообичаено наведува на присуство на индустриски доток, додека значителен пад на температурата често е поврзан со доток на атмосферски води. При водењето на ПСОВ во подрачја со големи флукуации на температурата лето – зима, мора да се внимава на ефектот што при тоа се предизвикува врз активноста на микроорганизмите, која расте со порастот на температурата.

**Бојата** на отпадните води зависи од количината на растворени, измешани и колоидни материи (материи кои се рамномерно дисперзно измешани со неа на микроскопско ниво) кои се присутни во неа. Нормалната сурова отпадна вода е сива. Доколку станува септична, ќе биде потемна, што претставува одличен индикатор дека е потребна поголема аерација. Други бои вообичаено укажуваат на присуство на индустриски дотоци. На пример, зелена, сина или портокалова може да потекнуваат од индустрии во кои се нанесуваат метални премази или галванизација. Црвена, сина или жолта се вообичаено поврзани со индустрија за бои, додека бела или само заматена – непросирна е најверојатно од млечна индустрија. Познавањето кои типови на индустрија ги испуштаат отпадните води во дадениот колекторски систем и бојата на тие води е од непроценливо значење при водењето на постројката за пречистување.

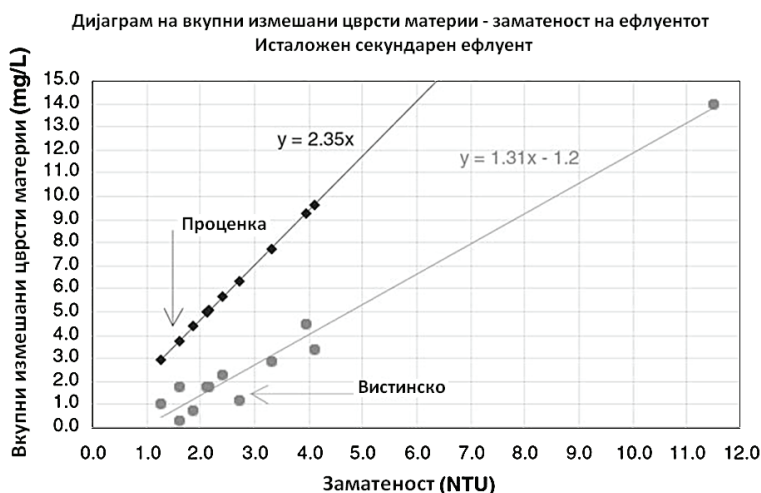
**Мирисот** е крајно субјективен параметар, кој, сепак, може да понуди вредни информации. Човечкиот нос, орган одговорен за чувствителниот систем за детектирање на мириси, често може да ги почувствува состојките во отпадната вода. Свежата отпадна вода вообичаено има застоен мирис. Останатите мириси на отпадната вода, како, на пример, нафта, растворувачи или други невообичаени мириси, укажуваат на индустриско излевање.

Со оглед на фактот дека некои од присутните компоненти би можеле да се токсични, мора да се пријде со претпазливост при мирисањето на отпадната вода, посебно кога станува збор за примероци затворени во садови (шишиња). Откривањето на невообичаените мириси во една постројка, посебно во затворени простории, бара строго придржување на сите процедури за заштита при работа.

Анаеробниот распад на отпадната вода создава сулфур водород ( $H_2S$ ), кој има препознатлив мирис на расипано јајце. Кога тој е присутен во водата, мора да се преземат мерки за зголемување на количината на кислород во водениот тек. Покрај тоа што присуството на  $H_2S$  укажува на процесни проблеми, загрижува и од други причини. Тој е отровен при релативно мали концентрации, корозивен за бетонот и потенцијално експлозивен. Исто така, потребно е да се напомене дека е посебно опасен, бидејќи го парализира чувството за мирис кога е присутен во поголеми количини. Во ваква ситуација, после почетното забележување на неговиот мирис, се добива чувство дека мирисот исчезнал. Доколку овој недостиг на мирис се протолкува како негово исчезнување, може да доведе до смртни последици. Метанот, кој е значително поексплозивен, може да го „придружува“ сулфур водородот. Условите во кои се создаваат овие два вида на гас имаат потреба од кислород, што често води кон создавање атмосфера со недостиг на кислород. Поради сите овие причини, при присуство на ваквите гасови е потребна исклучителна претпазливост и најстроγο можно придржување кон безбедносните процедури и упатства. Ова значи задолжителна и прецизна употреба на уреди за детектирање на гасот и употреба на уреди за вентилација.

**Заматеноста** (*turbidity*) се мери со соодветен уред и ја означува количината на измешани, или колоидални, материи во водениот поток, посебно при ниски концентрации на растворени цврсти материи. Заматеноста се мери во

нефелометриски единици за заматеност (*nephelometric turbidity units* – *NTU*) со уред наречен нефелометар. Заматеноста не зависи директно од концентрацијата на вкупни суспендирани честички, бидејќи обоеноста може да влијае врз мерењата. Сепак, едноставно може да се определи врската помеѓу заматеноста и измешаните цврсти материи за сите видови на анализирани средини. За таа цел се земаат примероци и се прават анализи врз нив за да се определи количината на измешаните цврсти материи и тоа при различни вредности на заматеност (според слика 1.1). Потоа се применува линеарна врска за определување на зависноста.



Слика 1.1. Пример за проценка на врската помеѓу измешаните цврсти материи (*total suspended solids* - *TSS*) и заматеноста [2]

## 1.6. Хемиски карактеристики

Хемиските карактеристики на отпадната вода опфаќаат алкалност, хемиска потреба од кислород (ХПК), спроводливост, потенцијал за оксидација – редукција и рН вредност.

**Алкалноста** е мерка на способноста на отпадната вода да неутрализира киселини. Алкалноста се искажува како милиграми за литар калциум карбонат ( $\text{mg/l CaCO}_3$ ).

Сепак, и други состојки, исто така, придонесуваат кон алкалноста. Карактеристиките на водата со која се напојуваат домаќинствата и индустријата директно влијае врз алкалноста. На пример, висока алкалност постои во случај на „тврда“ вода (вообичаено кога станува збор за подземни извори) или екстремно ниска кога станува збор за „мека“ вода со која се напојува водоснабдителниот систем.

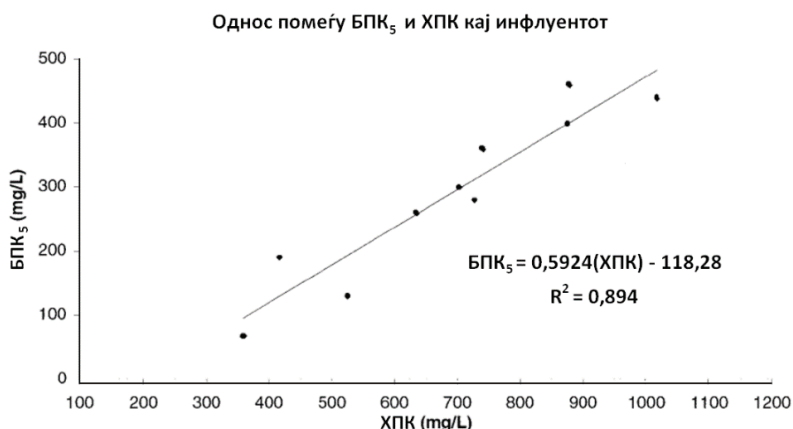
Отпадните води со повисока алкалност ѝ овозможуваат на ПСОВ подобро да го поднесе дотекот на кисели индустриски води. Некои процеси во текот на пречистувањето, како, на пример, нитрификацијата при секундарното пречистување, ја намалува алкалноста и рН вредноста. Оттука, намалување на алкалноста во секундарните процесни постројки означува присуство на нитрификација во секундарните процеси. Соодветно, денитрификацијата генерира алкалност и може да придонесе кон пораст на рН вредноста. Затоа, систем за пречистување во кој се одвиваат и двата процеса (нитрификација и денитрификација) може да врати дел од намалената алкалност, т.е. денитрификацијата ќе врати околу 40 % од намалената алкалност поради нитрификацијата.

**Хемиска потреба од кислород (ХПК) – *Chemical Oxygen Demand (COD)*** се дефинира како количина на оксидант кој реагира со примерок на вода под определени услови (при што количината на потрошениот оксидант се изразува преку неговиот кислороден еквивалент). Накусо, ХПК овозможува да се измери колку кислород ќе биде потрошен во примерокот (потреба од кислород) за време од 3 до 4 часа. Оттука, ХПК испитувањето овозможува начин за брза проценка на БПК<sub>5</sub> на еден примерок.

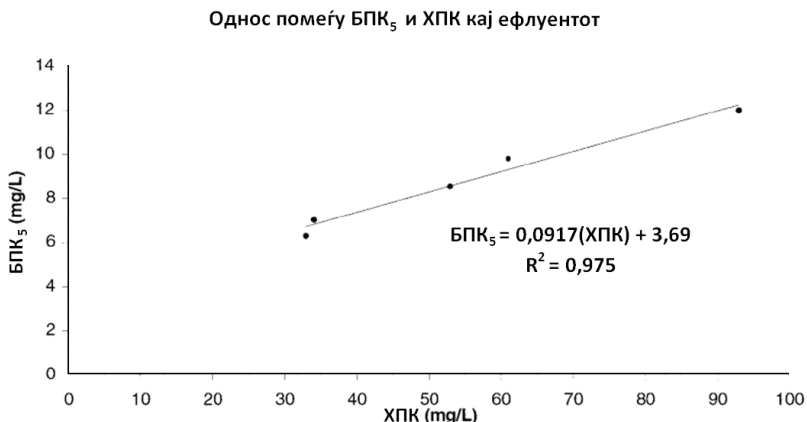
Врската помеѓу БПК и ХПК се разликува од постројка до постројка. Сепак, ХПК резултатите се секогаш повисоки од оние за БПК поради оксидацијата на сите органски

материи. ХПК тестот за контрола на процесите мора да се изведува паралелно со БПК тестот за да се утврди заемната врска. На овој начин се конструираат БПК – ХПК односи за секоја поединечна постројка. Овој однос се менува низ самата постројка од влез до излез и е вообичаено околу 0,5:1 за сурова отпадна вода, а може да се намали до 0,1:1 за добро стабилизирани секундарен ефлуент. Вообичаените вредности на ХПК за сурова отпадна вода се од 200 до 600 mg/l O<sub>2</sub>. Графиците на сликите 1.2. (инфлуент) и 1.3. (ефлуент) покажуваат резултати од реални мерења за определување на овој однос кај конкретна постројка, при што R<sup>2</sup> е „коэффициент на определување“, кој при линеарна зависност е мерка колку линијата со која се апроксимирани мерните точки добро ги претставува мерењата. Вредности над 0,85 се одраз на многу добра претставеност.

Постои и друг вид на испитување, познат како тест за определување на вкупното количество на јаглерод (*total organic carbon – TOC тест*), кој претставува алтернативен начин за проценка на БПК вредноста.



Слика 1.2. Резултати од мерења за определување на БПК – ХПК односот на инфлуентот за конкретна постројка [2]



Слика 1.3. Резултати од мерења за определување на БПК – ХПК односот на ефлуентот за конкретна постројка [2]

**Спроводливоста (кондуктивноста)** е мерка за способноста на водениот раствор да пренесува електрична струја. Спроводливоста на отпадната вода од домаќинствата генерално се движи помеѓу 50 и 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , иако некои индустриски отпадни води имаат спроводливост повисока и од 10000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Спроводливоста на отпадната вода го покажува количеството на растворени неоргански материи во неа. Нормалниот опсег на нејзината спроводливост е поврзан со концентрациите на растворените цврсти материи во водата од системот за водоснабдување. Значително зголемување во спроводливоста на отпадната вода укажува на невообичаено излевање, најверојатно од индустриски извор. Преку мерење на спроводливоста може да се пресметаат времињата на струење на водата помеѓу пумпни станици или помеѓу други точки во колекторскиот систем. Оваа постапка опфаќа инјектирање на раствор од спроводлив материјал, како, на пример, сол, на водениот тек и мерење на времето кое изминува додека спроводливоста се покачи на некоја низводна точка.

Добивањето на сигурни податоци преку употреба на опрема за мерење на спроводливоста бара грижа за електродите за да се спречи грешка или неадекватна циркулација на примерокот. Спроводливости поголеми од 10000 до 50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  или помали од 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  се многу тешки за мерење.

**Растворен кислород** е едноставно молекуларниот кислород кој е присутен во водата или отпадната вода. Максималното можно количество на кислород во овие води е зависно од температурата. Постудена вода може да содржи повеќе растворен кислород отколку потопла. Сепак, студената вода може да содржи помалку растворен кислород отколку потоплата, во зависност од останатите услови во водата.

Растворениот кислород во некоја точка од системот за пречистување претставува една од детерминантите за тоа кои типови организми можат таму да живеат и да се развиваат. Со намалувањето на концентрациите на растворениот кислород, аеробните организми ја забавуваат својата активност. Таквите пониски концентрации им одат во прилог на т.н. **пловечки тињи**, кои се посебно проблематични и кои лошо седиментираат, групирајќи се во поголеми целини. Превисоки концентрации на растворен кислород, пак, можат да резултираат со флокули тиња кои не се згрутчуваат и не седиментираат. Оттука, јасно е дека концентрацијата на растворениот кислород е суштински управувачки (контролен) фактор при пречистувањето на отпадните води и тој мора да се одржува во граници кои им одговараат на потребните организми.

Одредени супстанции ослободуваат или примаат електрони кога супстанциите се растворени во раствор. Интензитетот, или склоноста за ослободување електрони (оксидација) или примање на електрони (редукција), се нарекува **потенцијал за оксидација – редукција (ПОР – ОРР)**. Пример за ова е даден во табела 1.1. Често се користи



кусиот израз *redox potential (oxidation – reduction potential)* и се мери во милivolти.

ПОР го мери потенцијалот на системот за пречистување. Преку него може да се идентификуваат тековните услови на работа и овозможува моментна реакција на критичните контролни уреди. ПОР се мери со мерач со запис на резултатите и ПОР потопена сонда. Може да се користи за мониторинг на влезната отпадна вода, примарниот ефлуент, аеробните уреди за пречистување и друго.

Суровата отпадна вода има вообичаено ПОР од -200 mV. Силно оптоварен инфлуент би имал околу - 400 mV, додека слабо оптоварен инфлуент (како, на пример, вода што содржи надворешни приливи) би имал околу -50 mV.

Табела 1.1. Пример за ПОР

Потенцијал за оксидација - редукција			
Електрична активност кај биолошките системи			
<b>Анаеробна</b>			
Ферментација	-200 mV	до	-50 mV
<b>Аноксична</b>			
Денитрификација	-50 mV	до	+50 mV
<b>Аеробна</b>			
Јаглородна БПК	+50 mV	до	+225 mV
Нитрификација	+100 mV	до	+325 mV

Идеално, вредностите на ПОР за примарниот ефлуент на системот би требало да се еднакви со тие на непречистениот инфлуент. Негово намалување може да укаже на потребата од поголемо одведување на примарната тиња.

Изразот **pH** вообичаено се користи за прикладно претставување на концентрацијата на водородни јони во растворот, каде што pH се определува на следниот начин:

$$pH = - \log [H^+],$$

каде што  $[H^+]$  е концентрацијата на водородни јони во растворот.

На пример, неутралната вода има  $pH = 7$ , што значи дека концентрацијата на водородни јони е  $10^{-7} \text{ mol/l}$ . Скалата за  $pH$  има опсег од 1 до 14, при што 7 е неутрална вредност. Вредностите под 7 укажуваат на кисела состојба, а оние над 7 базична состојба.  $pH$  вредноста е исклучително важна при биолошкото пречистување на водата, бидејќи микроорганизмите остануваат доволно активни само во тесен опсег, генерално помеѓу  $pH$  6, 5 и 8. Надвор од овој опсег,  $pH$  може да ја попречи или целосно да ја запре биолошката активност. Нитрификацијата е посебно осетлива на  $pH$  вредноста, додека биолошката активност се намалува на нула при вредности под 6. Непрочистената отпадна вода има  $pH$  вредност околу 7. Подетално објаснување е дадено во поглавје 10.9. Пречистување.

### 1.7. Биолошки карактеристики

Бактериолошкото испитување го определува присуството на патогени организми (кои предизвикуваат болести) или индикаторски бактерии за ваквите организми во суровата отпадна вода, процесните текови и пречистениот ефлуент. Со оглед на тоа што е невозможно испитување на сите можни патогени, прифатени се процедури со кои се вршат испитувања на т.н. *индикаторски бактерии*. Нивното присуство сигнализира можно присуство и на патогени организми.

Испитувањата за определување на биолошката активност вбројуваат: БПК (биохемиска потреба од кислород), патогени и микроскопски испитувања.

**Биохемиската потреба од кислород (*Biochemical Oxygen Demand – BOD*)** ја покажува количината

на кислород која е потребна за биолошка оксидација на материите во отпадната вода. Поради тоа што брзината на биолошката активност зависи од температурата и од целосното стабилизирање на процесот кое може да трае и до 20 дена, БПК<sub>5</sub> методот е стандардизиран за услови од 20 °C и траење од 5 дена. Ова испитување дава релативна мерка за количината на хранлива материја која е на располагање на биолошкиот систем, степенот на стабилизација на отпадната вода и можното влијание на ефлуентот врз реципиентот (водената средина каде што се испушта пречистената вода).

Определувањето на БПК<sub>5</sub> е значаен параметар кој дава важна основа при определувањето на оптоварувањето на постројката, како и при самото нејзино проектирање. Начинот на кој се изведува БПК<sub>5</sub> тестот вообичаено го мери количеството на кислород потребно за оксидирање на органските материји во примерокот. Количината на кислород потребна за оксидирање само на јаглеродните органски материји (не азотот) се нарекува *јаглероден БПК*. Доколку се дозволи примерокот и понатаму да реагира, почнува да се случува втората фаза на биолошката оксидација, позната како *нитрификација*. Во тек на оваа фаза, друга група на бактерии го претвораат амониумот во нитрит и нитрат со трошење на кислород. Времето кое е потребно за премин од јаглеродни во азотни реакции варира и зависи од примерокот. Доколку азотни организми се присутни на почетокот, можно е значително користење на кислородот од нивната страна уште во текот на првите 5 дена.

ПСОВ кои имаат т.н. секундарно пречистување, вообичаено се проектираат за отстранување на јаглеродниот БПК, но не и азотниот БПК. Сепак, азотните реакции често се случуваат и во некои веќе стабилизирани ефлуенти за време на петдневниот период на испитување. БПК<sub>5</sub> од водите за домаќинство вообичаено се движи помеѓу 100

и 250 mg/l, но и повеќе. Со оглед на тоа што азотната оксидација може да води кон значително повисок резултат за БПК<sub>5</sub> отколку што е реално за оксидација на органските супстанции, Агенцијата за заштита на животната средина на САД (U.S. EPA) има одобрено модифицирано БПК испитување со примена на азотен инхибитор за потиснување на реакциите на нитрификација.

**Патогените** се организми кои предизвикуваат болести и се во голема мерка присутни во суровата отпадна вода, процесните текови и пречистениот ефлуент. Нивното присуство се утврдува преку испитување на присуството на индикаторските организми, вклучувајќи вкупни и фекални колиформни бактерии, *Escherichia coli*, ентерококи, а во ретки случаи и фекална стрептокока.

**Вирусите** кои се испуштаат со фекалиите, урината, крвта и другите телесни течности, можат да ја загадат водата. Посебно се бројни, и посебно важни за здравјето, вирусите кои го инфицираат гастролошкиот тракт кај луѓето, а се испуштени во отпадната вода од заразени индивидуи. Бидејќи вирусите се размножуваат само во рамките на живи клетки, нивниот број не може да се зголеми во отпадната вода. Пречистувањето на отпадната вода, нејзиното разблажување и природната деактивација, понатаму го намалуваат бројот на овие вируси.

Кај комуналните пречистителни станици, вирусите се среќаваат поретко отколку бактериите и се многу потешки за мерење. Не се изведува никаква рутинска проверка на водата или отпадната вода за присуство на вируси. Ако се заклучи дека е потребно испитување, тоа мора да се изведе од страна на компетентен и високо стручен тим на виролози за вода.

**Микроскопското испитување** на отпадната вода и процесните текови може да даде важни информации за биолошките карактеристики на системот и е моќна

алатка за контрола и управување на процесите, посебно за активната тиња. Испитувањето на тињата под микроскоп може да открие некои состојби кај тињата и да предупреди за тековни проблеми во процесот на пречистување. Микроскопското испитување може да открие појава на флокули (групирање на честички), прозирност на лебдечкиот слој на течност, постоење на некои микроорганизми или бактерии.

### **1.8. Цврсти материи**

Во ПСОВ се применуваат механички и микробиолошки методи за отстранување на цврстите материи (ЦМ) или за нивно доведување во состојба со која ефлуентот ги задоволува законските услови. При тоа се применуваат сита, решетки, таложници, пумпи и филтри за отстранување на поголемите цврсти материи и лебдечките честички. Главно се користат биолошки методи за преостанатите помали цврсти материи да се исталожат на дното на мирната вода или да се претворат во гас или вода. Овој процес на пречистување не е идеален. Поради тоа, мора да се споредуваат количините на цврсти материи во водата кои влегуваат во постројката со тие кои ја напуштаат за да се измери ефикасноста и ефективноста на системот и дали тој е во согласност со законските норми. Исто така, се мерат и промените на различните типови цврсти материи кај секоја од постапките во постројката, што овозможува лоцирање на потребата и преземање на потребни корекции во системот.

**Вкупни цврсти материи** се сите цврсти материи во отпадната вода. Можат да се групираат врз основа на тоа како се однесуваат во водата: материи кои се таложат (тонат), материи кои не се таложат (лебдат или пливаат низ водата), или материи кои се раствораат во неа.

Значи:

Вкупни ЦМ = Таложливи ЦМ + Неталожливи ЦМ +  
Растворени ЦМ

Нерастворените ЦМ се нарекуваат Измешани  
(Суспендирани) ЦМ, па така

Измешани ЦМ = Таложливи ЦМ + Неталожливи ЦМ

За да се определи концентрацијата на вкупните ЦМ, прво  
мора да се определи нивната маса по единица волумен на  
следниот начин:

1. Се мери масата на сад, кој претходно е исушен во  
печка.
2. Садот се полни со познат волумен на отпадна вода.
3. Се става садот во печка.
4. Се загрева сè додека не испари целата вода.
5. Повторно се мери масата на сувиот сад со остатоците  
од цврстите материји.

Со одземање на почетната маса на празниот сад се добива  
масата на вкупните ЦМ. Со делење на масата на ЦМ со  
волуменот на водата на почетокот на постапката, се добива  
вкупната концентрација изразена како маса по единица  
волумен (на пр., mg/l).

Мерењето на вкупните ЦМ кои влегуваат во ПСОВ е  
важно, бидејќи може да послужи како индикатор дека  
нешто невообичаено се случува во колекторскиот систем,  
како што се надворешни приливи од санитарни извори.  
На пример, доколку се воспостави база на податоци за  
вкупните ЦМ во инфлуентот и дојде до значителна промена  
на измерената вредност во однос на податоците од  
базата, јасно е дека станува збор за недозволен прилив  
или дефект на колекторскиот систем. Оваа разлика во  
однос на историските податоци од базата овозможува  
рана индикација на проблемот и навремено корективно

дејство за спречување на дестабилизација на системот за пречистување.

Вкупните ЦМ, исто така, можат да се поделат според тоа дали можат да поминат низ филтер со одредена големина на отворите. Растворените ЦМ поминуваат низ филтерот заедно со водата. ЦМ кои се задржани од филтерот се нарекуваат измешани ЦМ. Измешаните ЦМ обично се видливи во водата и придонесуваат за нејзиниот нечист и непријатен изглед.

ЦМ кои лебдат низ водата се вообичаено помали од оние кои потонуваат на дното или пливаат и се нарекуваат *колоидални ЦМ*. Тие остануваат распространети низ водата поради малата димензија и специфичната тежина која им е скоро еднаква со таа на отпадната вода, како и поради електричниот полнеж кој тежнее да ги оттурне едни од други и го спречува нивното таложење. Измешаните ЦМ се посебно важни при третманот на отпадната вода, бидејќи се еден од критериумите според кој се оценува задоволувањето на законските прописи.

Растворените ЦМ, пак, освен доколку не ја обојуваат водата или не се присутни во многу големи концентрации, не се видливи во водата. Шеќер или сол, кога се растворени во вода се примери за овој вид на ЦМ. Генерално, растворените ЦМ и нивното влијание врз третманот на отпадните води се проценува преку други испитувања.

За да се определи концентрацијата на растворени ЦМ, се определува нивната маса на единица волумен на следниот начин:

1. Се мери масата на соодветен филтер, претходно исушен во печка.
2. Се пропушта измерена количина отпадна вода низ филтерот.
3. Се става филтерот со насобраните цврсти материи во печка.

4. Се загрева сè додека не испари целата вода.
5. Повторно се мери масата на сувиот филтер со остатоците од цврстите материи.

Со одземање на почетната маса на сувиот филтер се добива масата на растворените ЦМ. Со делење на масата на растворените ЦМ со волуменот на отпадната вода користен на почетокот на постапката, се добива вкупната концентрација изразена како маса по единица волумен (на пр., mg/l).

Цврстите материи можат да се групираат и врз основа на тоа дали се палат на одредена температура. Тие ЦМ кои се палат се нарекуваат **запаливи ЦМ**, а оние кои остануваат се нарекуваат **фиксни ЦМ**, бидејќи не се менуваат и покрај топлината на која се изложени.

Генерално, запаливите ЦМ се поинтересни поради тоа што даваат добра проценка колку органски материи се присутни во отпадната вода. Посебно поради фактот што органските материи се претвораат и третираат од страна на микроорганизмите. Според тоа, доколку се измери концентрацијата на запаливите ЦМ пред и по пречистувањето, се добива мерка за неговата ефективност.

Еден од примарните начини за отстранување на ЦМ од отпадната вода е да се остават едноставно да се исталожат на дното на резервоари, кои се нарекуваат **таложници**, а пречистената вода се излева преку работ на резервоарот. Ефективноста на ова таложење зависи од тоа колку добро се води системот во насока на одржување на најповолниот состав на микроорганизми, кои ќе придонесат кон таложење на ЦМ, како и контрола на нивната концентрација низ целиот пречистителен систем.

Доколку тињата од ЦМ е претешка, брзо тоне, зад себе остава голем број на многу мали честички распространети низ водата, кои потоа се изнесуваат со пречистената вода.



Од друга страна, ако микроорганизмите придонесуваат кон полесна тиња, таложењето е пребавно или воопшто не се случува и повторно тињата се одведува со пречистената вода.

За оценување на таложливоста на активната тиња постои 30-минутен тест (*Settled Sludge Volume – SSV test*), кој е подетално објаснет во [2].



# ТИПОВИ НА ЗАГАДЕНИ ОТПАДНИ ВОДИ



## **2. ТИПОВИ НА ЗАГАДЕНИ ОТПАДНИ ВОДИ**

Секоја природна вода, чијшто квалитет се менува по природен или по вештачки пат, при што станува неупотреблива или опасна за човекот и пошироко се смета за загадена вода.

Водите загадени како резултат на активностите на човекот можеме да ги поделиме на: комунални, индустриски, од земјоделско потекло и останати.

### **2.1. Комунални отпадни води**

Количината на комуналните отпадни води зависи од користената вода во домаќинствата на една населба, од комуналната организираност на населбата во врска со одведувањето на дождовните води, поплавените води, преку канализациски системи и системи за пречистување, депонирање на градското комунално ѓубре во соодветни депонии и соодветно ракување. Комуналните отпадни води од домаќинствата, пред сè, се оптоварени со органски материи кои се целосно биоразградливи, обично од растително и животинско потекло, меѓутоа во последниве децении, поради промените во начинот на живеење на жителите, се менува и квалитетот на отпадните комунални води, особено со застапеноста, односно користењето на синтетички средства за миење, перење и други санитарни потреби.

Според некои проценки, количината на органските и неорганските материиво комуналните отпадни води изнесува околу  $1,300 \text{ g/m}^3$  вода, од кои 48 % се нерастворливи, а 52 % се растворливи. Од нерастворливите, 67 % се органски материи и 43 % се неоргански, додека од растворливите 50 % се органски и 50 % неоргански материи.

Во зимските месеци со користење на сол, песок и други материи по сообраќајниците, се потпомага загадувањето на градските комунални води, особено во пролетните месеци кога овие материи со миењето на улиците директно или преку канализациската мрежа за атмосферските дождови стигнува во реките или водните акумулации. Градските комунални води, особено фекалните и водите кои потекнуваат од депониите на органски отпад, се и биолошки загадени со патогени вируси, бактерии, паразити и други микроорганизми. Биолошките загадувачи првобитно се лоцирани во животинските и човечките екстремитети кои се наоѓаат во отпадните фекални води, а преку различни патишта на трансмисија, заразните болести се пренесуваат на заболени единки. Заболувањата предизвикани со причинители кои се пренесуваат со водата се означени како хидрични заболувања. Од вирусите кои најчесто се пренесуваат во водата се ентеровирусите, кои предизвикуваат детска парализа. Ова заболување се манифестира со парализа на долните екстремитети, а како најтешка форма на заболување е парализата на главниот нерв. Од патогените бактерии кои најчесто предизвикуваат хидрични заболувања се ентеробактериите, од кои најчести се: *Streptococcus faecalis*, која е предизвикувач на инфекции во уrogenиталниот тракт и токсикоинфекции кои тешко се лекуваат, како и *Escherichia coli*, предизвикувач на летните дијареи кои се најопасни за доенчињата и децата. Во комуналните градски отпадни води се сретнуваат и најразлични бактерии, паразитски глисти, тении и други загадувачи, кои, исто така, можат да предизвикаат различни заболувања. Површинските води, особено протечните, се силно оптоварени со комунални отпадни води.

## **2.2. Индустриски отпадни води**

Индустијата претставува еден од најголемите извори на загадувањето на водите, имајќи предвид дека повеќе од 50 % од отпадните води ги формираат индустриските стопански гранки кои многу често без претходно пречистување се испуштаат во површинските води преку директни или индиректни патишта. Во зависност од која индустриска гранка потекнуваат, отпадните води можат да се групираат на отпадни води по потекло од рударската, хемиската, петрохемиската, црната и обоената металургија, прехранбената, текстилната, индустијата за производство за хартија, гума, кожа итн. Индустриските отпадни води кои се користат во процесите на ладење можат да предизвикаат термални загадувања на водите.

Доколку се јават во големи количини, истите можат да извршат промена на температурниот режим на проточните води, кои во одделни делови можат да ја зголемат температурата и над 10 °C. Термалното загадување на водите може да има директно и индиректно штетно влијание врз живиот свет на водите. Зголемените температури на водата можат да ја нарушат активноста на ензимите во живите организми, што е многу поретко, а можат да ја намалат содржината на кислородот. Ова води кон намалување на популациите на одделни групи од нижите организми кои во трофичкиот синџир служат како извор на храна на други организми од повисок ред, што се одразува и на популациите од рибната фауна како претставници од 'рбетниците.

## **2.3. Отпадни води во земјоделското стопанство**

Аграрот како голема стопанска гранка претставува значаен извор во загадувањето на површинските, почвените и подземните води. Загадувањето, пред сè, потекнува од

јамите за силажирање, депониите за собирање на цврсти и течни шталски ѓубрива, големите фарми за одгледување на товен и млечен добиток, водни површини околу кои се изградени фарми за живинарство, складирање и употреба на разни вештачки ѓубрива и пестициди итн. Отпадните води кои произлегуваат од земјоделското стопанство предизвикуваат органско загадување на водите, но често можат да предизвикаат и загадување со тешки метали кои се составен дел на некои хемиски заштитни средства.





# **ПРОЦЕСИ ЗА ПРИРОДНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**





## **3. ПРОЦЕСИ ЗА ПРИРОДНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**

### **3.1. Вовед**

Стабилизациските езерца и процесите на пречистување низ почвата (земја) се природни системи кои обично се користат за пречистување на комуналните отпадни води од мали заедници со население помало од 20.000 жители. Стабилизациските езерца обично обезбедуваат секундарно пречистување, додека системите за пречистување низ почва овозможуваат и повисоки нивоа на пречистување. До 90-тите години на минатиот век само низ САД постоеле околу 5.500 езерца и 1.225 системи за пречистување низ почва.

### **3.2. Езерца за пречистување**

Езерцата обично се базени целосно изработени од земја. Преку копање и полнење за отстранување на првичниот слој на почва, езерцата се градат надземно, со оградување на теренот со земјени насипи. Обично, езерцата се оградени со компактни, природни материјали, како, на пример, глина. Имајќи ја предвид опасноста од загадување на подземните води, новопроектираните езерца се оградуваат со синтетички огради или композити од природни и синтетички огради. На мониторингот на подземните води денес му се придава посебно значење, иако тоа не било случај порано. Пречистувањето на отпадната вода во езерцата се реализира преку микроорганизмите кои постојат во нив. Езерцата се делат според биолошкиот процес кој се одвива во нив, и тоа: аеробни, анаеробни и аеробни – анаеробни. Понатаму, се делат според начинот на кој кислородот се доведува во системот. Неаерираните езерца се системи кај кои не е потребна механичка енергија

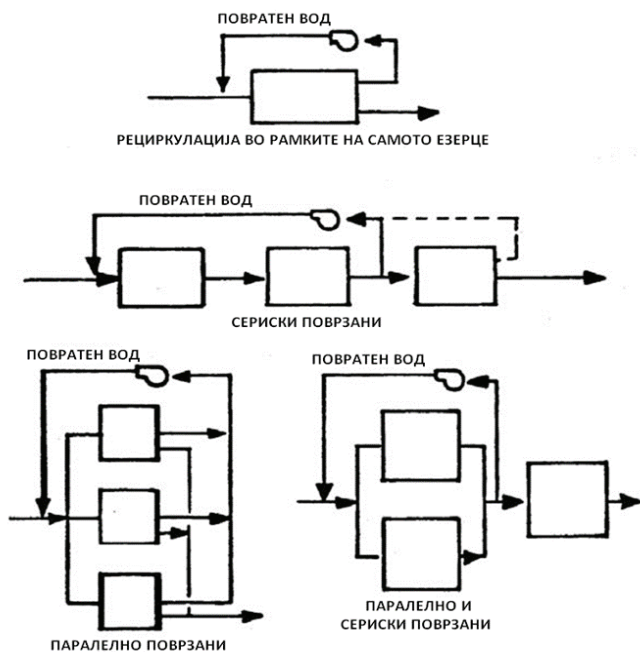
за дотур на кислород. За разлика од нив, кај аерираните езерца се потребни дополнителни уреди за оваа намена.

Распределбата на кислородот низ езерцата ја дефинира потребата од соодветниот тип на езерце. Кај аеробните езерца кислородот се распространува низ водата. Анаеробните езерца немаат кислород. Факултативните езерца имаат и аеробен и анаеробен слој. Постигнатиот степен на стабилизација на отпадните материи во водата се обезбедува главно преку определена биолошка заедница која се воспоставува во самото езерце и која влијае на потребата од кислород.

Езерцата можат да се проектираат како серија на базени. Седиментацијата на цврстите материи и анаеробното распаѓање на исталожениот органски материјал се случува во првата ќелија, која се нарекува примарна ќелија. Секундарното пречистување, каде што органските материи се оксидираат аеробно во стабилни производи, со што се намалуваат биохемиската потреба од кислород (БПК) и измешаните цврсти материи, се постигнува во примарните и секундарните ќелии. Често се вклучува и трет чекор за т.н. „полирање“ на пречистената отпадна вода. Ќелиите од третиот чекор, кои се нарекуваат терцијарни или полирачки езерца, се малку оптоварени и служат за дополнително пречистување на БПК и измешаните цврсти материи. На слика 3.1 се прикажани вообичаени конфигурации и рециркулациски системи на езерце.

**Неаерирани стабилизациски езерца.** Неаерираните езерца можат да бидат аеробни, анаеробни или факултативни. Органските загадувачи во отпадната вода се асимилираат од страна на аеробни и факултативни бактерии. Потребниот кислород за функционирањето на аеробните бактерии се обезбедува преку природниот трансфер на кислород на границата воздух – вода и со помош на фотосинтетични алги. За време на фотосинтезата,

алгите користат енергија од сончевата светлина и нуспродуктите од бактериите за да произведат шеќери и кислород.



Слика 3.1. Вообичаени конфигурации и рециркулациски системи кај езерцата (U.S. EPA)

Количината на трансфер на природниот кислород на површината на водата зависи од големината на турбуленцијата предизвикана од ветерот. Трансферот на кислород, исто така, зависи од растворливоста на кислородот, која е функција од температурата на водата. Растворливоста на кислородот е поголема при пониски температури, отколку на повисоки. Неаерираните стабилизационски езерца се плитки базени со длабочина на течноста од 0,9 до 1,5 м.

**Аеробни езерца.** Кај аеробните езерца, контаминантите (загадувачите), биолошки се разградуваат во присуство на растворен кислород. Физичките димензии, температурата,

количеството на сончева светлина и количеството на природна или вештачка турбуленција се факторите со кои се одржува саканата концентрација на растворен кислород. Тие се со длабочина од 0,9 до 2,4 м. Важно е да се напомене дека, во практиката, не е можно да се задржи целосно аеробна состојба во езерцето. Исталожените материји кои се наоѓаат подолу во слојот ќе содржат определени факултативни бактерии.

**Анаеробни езерца.** Кај анаеробните езерца, во отсуство на кислород, бактериското распаѓање на отпадната материја од водата продуцира редуцирани продукти, како, на пример, метан ( $\text{CH}_4$ ) и сулфур водород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Растворениот кислород, рН вредноста и температурата имаат влијание врз претворањето на органските киселини во метан и јаглерод диоксид од страна на метанските бактерии. Оттука, ефикасноста на процесот во анаеробните езерца е чувствителен на овие параметри.

Анаеробните езерца често се користат како фаза која претходи на аеробни или факултативни езерца. При ваква сериска изведба, меѓупродуктите од анаеробниот процес можат да оксидираат во аеробниот. Длабочината на водата кај анаеробните езерца е обично поголема од 3 м, но повеќе фактори влијаат на неа, како, на пример, трошоците, нивото на подземните води и проблемот на задржување на топлината.

**Факултативни езерца.** Најголемиот број на езерца се факултативни. Тие се проектирани и работат на начин со кој се овозможува создавање на зони во кои нема растворен кислород (потребен услов за разложување на отпадните материји во водата) и зони во кои го има (за аеробно распаѓање на анаеробните нуспродукти и останатите отпадни материји во водата). Со навлегувањето на водата во езерцето, потешките цврсти материји се исталожуваат на дното во близина на влезот, каде што анаеробните бактерии

ги стабилизираат органските материи. Стабилизирањето на отпадните материи од исталожените цврсти материи се одвива анаеробно во два чекора [2]:

- » Киселинските бактерии ги разградуваат комплексните органски материи преку хранење со растворените компоненти и со тоа ги претвораат во органски киселини и
- » Метанските бактерии се хранат со органските киселини, со што ги претвораат во јаглерод диоксид, амониум, сулфур водород и метански гас.

**Аерирани езерца.** За разлика од плитките неаерирани стабилизациони езерца, аерирани езерца не зависат од фотосинезата на алгите за да се обезбеди кислород за функционирање на бактериите. Растворениот кислород се доведува со опрема за аерација (механички или дифузно). Езерцата кои се проектирани за механичка аерација обично имаат длабочина од 3 до 4,5 m. Постојат повеќе типови на аерирани езерца, како, на пример, целосно измешани аерирани езерца, делумно измешани факултативни езерца и комбинација на овие два типа. Овие езерца се разликуваат по количината на растворен кислород по профилот на езерцето и по промените во неговата концентрација во текот на денот.

### **3.3. Системи за пречистување низ земја**

Пречистувањето низ земја (почва) е контролирано нанесување на водата на земјена површина за постигнување на проектираниот степен на пречистување преку физички, хемиски и биолошки процеси во рамките на целината растение – почва – вода. Основните карактеристики на почвата кои влијаат врз успешноста на овој вид пречистување на отпадните води ги опфаќаат составот и

структурата на почвата, пропустливоста, инфилтрацијата и расположливиот капацитет на вода.

Отпадните материи физички се отстрануваат преку филтрација низ почвата, а нивните концентрации се менуваат со разредување на влез во подземните води или во почвата која природно содржи атмосферски води. Филтрацијата е ограничена со зачепувањето на порите на почвата со цврсти материи. Зачепувањето на почвата може да се избегне со преттретман и време на мирување помеѓу нанесувањата.

Апсорпцијата и пресипитацијата се главни процеси при задржувањето на отпадните материи во почвата. Ефективноста на почвата во отстранувањето на отпадните материи зависи од типот на тие материи, контактот помеѓу измешаните материи и фазите на почвата. Со биолошките процеси се разградува органската материја. Стапката на разградување зависи од повеќе фактори, вклучувајќи го составот и формата на нанесената отпадна материја и температурата на средината почва – вода.

Способноста на почвата да пречистува отпадна вода е ограничена со оптоварувањето на азот, фосфор, количината на отпадна вода, присуството на потенцијално токсични материи и од стапката на апсорпција на натриум во почвата.

Обично, ограничувањето на пропустливоста на почвата и отстранувањето на азотот се фактори кои влијаат врз проектирањето на хидрауличното оптоварување кај овие системи. Според хидрауличното оптоварување се определуваат потребната површина на земја и просторот за складирање. Кај процесите за пречистување со земја се применуваат наизменично нанесување на вода и сушење за да се стимулираат процесите на нитрификација – денитрификација.

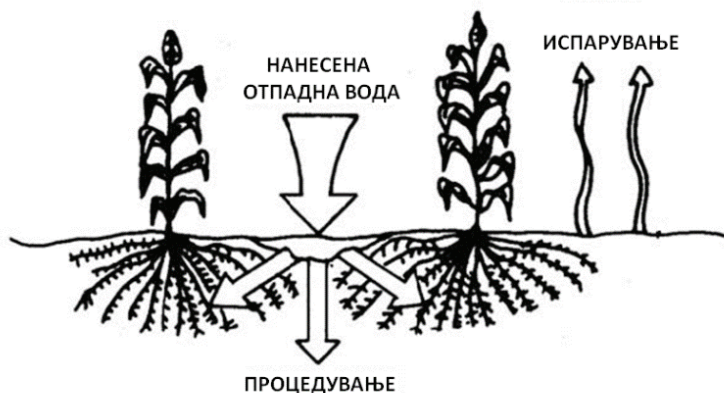
Пред да се определи хидрауличното оптоварување се врши избор на прелиминарните процеси на пречистување, бидејќи овој третман може да влијае врз квалитетот на водата која се нанесува на почвата. Во основа постојат три причини за прелиминарно пречистување на отпадната вода:

- » Заштита на јавното здравје.
- » Спречување на ненадејни пречки во системот.
- » Спречување на проблеми при работата во системот за дистрибуција.

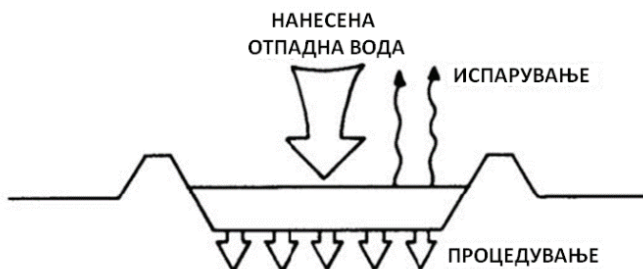
Постојат три главни процеси за пречистување низ земја, и тоа: бавна постапка, брза инфилтрација и површинско струење (слика 3.2).

**Бавна постапка.** Оваа постапка ги користи можностите на пречистителните станици, популацијата на микроорганизми и почвата за отстранување или разградување на отпадните материји при струењето на отпадната вода низ целината растенија – почва. Постојат повеќе начини за распрскување на водата, како, на пример, систем на прскалки или системи со централен доток на вода. Вегетацијата користи дел од водената струја, додека друг дел завршува во подземните води. Органското загадување се отстранува во горните 1 – 2 cm почва преку филтрација или адсорпција, додека бактериската оксидација конечно ги разградува органските материји.

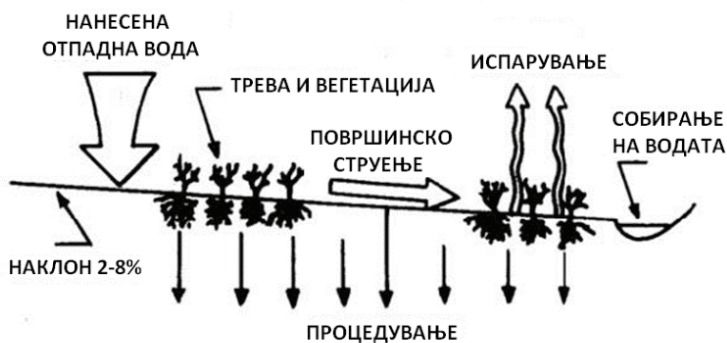
### БАВНА ПОСТАПКА



### БРЗА ИНФИЛТРАЦИЈА



### ПОВРШИНСКО СТРУЕЊЕ



Слика 3.2. Шематски приказ на трите главни форми на пречистување низ земја (U.S. EPA)



Измешаните цврсти материи примарно се отстрануваат преку филтрација, при што евентуалните инертни цврсти материи стануваат дел од целината на почвата. Азотот се отстранува главно преку негово прифаќање од страна на посадените житни растенија и нивно жнеење. Фосфорот од отпадната вода се отстранува главно преку апсорпција и хемиска пресипитација.

Брзината на нанесување на водата кај бавната постапка зависи од пропустливоста на почвата и од концентрацијата на азот во процедурната вода после коренскиот простор. Во суви подрачја, каде што отпадната вода е многу вреден извор за наводнување на житните растенија, токму потребата од наводнување ја определува брзината на нанесување.

*Процес со брза инфилтрација.* Отпадната вода кај овој процес се процедува низ почвата. Таа се нанесува на средно до високопропустливи почви преку базени за нејзино распространување, или со прскалки. Обично нема вегетација на површинскиот слој. Цврстите материи и органското загадување од отпадната вода се отстрануваат преку филтрација и тангенцијалните напони во почвата. Пречистениот ефлуент се собира преку керамички одвод и се испушта во површинските или завршува во подземните води. Доколку е потребно, се врши мониторинг на ова испуштање.

Брзата инфилтрација дава високонитрифициран ефлуент. Отстранувањето на азотот главно изнесува околу 50 %. Како и кај бавната постапка, фосфорот се отстранува преку атсорпција и хемиска пресипитација, што е функција на физичките и хемиските карактеристики на почвата.

Потребната земја кај системите за брза инфилтрација зависи од хидрауличното оптоварување (што зависи од брзината на оптоварување), хидрауличниот капацитет на почвата, геолошките карактеристики на слоевите почва

и од степенот на претходно пречистување на отпадната вода. Проектираните вредности на процедување се дел од измерената стапка на инфилтрација во полето и хидрауличната пропустливост на почвата. Понатаму, поради отстранувањето на хранливите материи и студените временски услови, можна е промена на брзината на хидрауличното оптоварување. Вообичаено, овие системи се користат при годишни хидраулични оптоварувања не поголеми од 120 m.

*Процес со површинско струење.* Овој процес се користи на локации со исклучително непропусна почва. Отпадната вода се нанесува на горните делови на падини покриени со трева, струи врз површината покриена со вегетација, а водата се собира од површината. При струењето на отпадната вода низ падината како тенок филм, се пречистува со физички, хемиски и биолошки механизми.

Органското загадување и цврстите материи се отстрануваат преку седиментација, филтрација и биолошка оксидација. Високото отстранување на азот (70 – 90 %) се постигнува преку комбинација на негово прифаќање од страна на растенијата, денитрификација и испарување на амониумот. Фосфорот се атсорбира или хемиски пресипитира во површинските слоеви почва.

Проектните параметри на овој процес се емпириски утврдени преку успешни проби со промена на различни параметри кај изведените системи. При тоа се добиваат вредности на пречистената вода за концентрација на БПК<sub>5</sub> и цврстите материи помала од 20 mg/l, вкупна концентрација на азот помала од 10 mg/l, нивоа на амониум пониски од 5 mg/l и вкупно фосфор помалку од 6 mg/l. Процесот со површинско струење на водата е погоден за релативно непропусни површински почви или почви со непропусен слој под површината на длабочина од 30 до 60 cm. Најповолен наклон на падината за одвивање на процесот изнесува од 2 до 8 %.



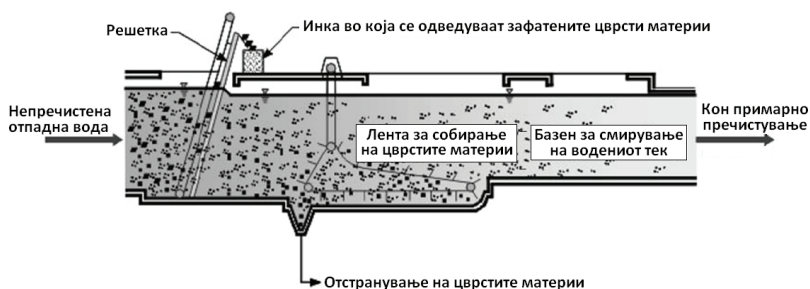


# **ПРЕЛИМИНАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**



## 4. ПРЕЛИМИНАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ

Прелиминарното пречистување (третман) на отпадните води опфаќа механичко пречистување низ сита и решетки, отстранување на песокот и сличните материји, контрола на мирисот (кога има потреба за тоа) и мерење на протокот (слика 4.1). Отстранувањето на разните отпадни материји од водата, преку ситата и решетките, го штити целиот процес на пречистување кој се одвива низводно. Доколку откаже некој дел од оваа опрема, тогаш може да откаже и некој од процесите на пречистување. Постојат различни системи за механичко пречистување, со кои отпадната вода, која влегува како инфлуент, се подготвува за правилна примена на понатамошните напредни постапки на пречистување.



Слика 4.1. Шематски приказ на прелиминарното пречистување на отпадните води [3]

### 4.1. Решетки и сита за механичко пречистување

Решетките ги отстрануваат поголемите цврсти парчиња и ѓубре (отпад), кои би можеле негативно да влијаат на работата на ПСОВ. Како прва постапка во постројката, ретките или груби решетки (trash/bar racks), прикажани на слика 4.2 [3], ја штитат опремата во постројката од оштетувања, како, на пример, затнување на цевки или оштетувања на пумпите и дифузорите за аерација кај

уредите за отстранување на песокот и сличните материи. Погустии или фини решетки (*bar screens*), прикажани на слика 4.3 [3], се користат сè почесто за дополнително отстранување на цврсти материи и отпад. Колку материи ќе бидат собрани на самата решетка зависи од растојанието помеѓу прачките и нивната големина, конфигурацијата и количината на отпадот. Доколку растојанието помеѓу прачките на решетката е премало, ќе се зафатат и отстранат и органските материи што требаат да се третираат во понатамошните постапки, додека преголемото растојание ќе предизвика нивно пропуштање низ решетката и ќе предизвика проблеми во низводните процеси.

Отпадот што се собира на решетките, се отстранува во соодветни интервали со примена на рачни или автоматски методи на управување. Честотата на чистење зависи од повеќе променливи, како што се типот на колекторскиот систем (одвоен или комбиниран), демографските фактори, состојбата во која се наоѓа самиот колекторски систем, дијаграмот на дневно и годишно оптоварување (на пример, присуство на лисја во есен).



Слика 4.2. Ретка решетка [3]



Слика 4.3. Густа решетка [3]

Отпадот од ретките решетки вообичаено се состои од дрва, гранки, камења и други покрупни материи. Отпадот, пак, кој се собира на погустите решетки се состои од крпи, мали пластични парчиња, лисја, хартија и други помали делови. Отпадот може да се транспортира со бесконечни ленти на друга локација во постројката или директно во контејнери.

На крајот, отпадот се одложува на депонија или се согорува. Во последно време, во постројките сè повеќе се користат преси за отпад или вакуумски контејнери за отстранување на водата од отпадот пред да се транспортира, со цел да му се намали волуменот и тежината.

Ретките решетки се проектираат како ред на паралелни прачки со кружен или квадратен напречен пресек со меѓусебно растојание од 50 до 150 mm, поставени во канал. Прачките можат да се постават под агол од 30 до 45° од вертикалата. Тие може да се чистат рачно или механички со робусни челични уреди за гребење (слика 4.4) [4]. Некои повеќеканални постројки користат едно гребло монтирано на мостен кран кое се движи помеѓу каналите. Ваквиот тип на решетки се поставуваат кај постројки во кои со водата се носи поголемо количество на покрупен отпад.



Слика 4.4. Челичен уред за гребење [4]

Густите решетки се слични со ретките, со тоа што имаат помало растојание помеѓу прачките на решетката (18 – 50 mm). Тие се проектираат како стационарни градби вградени во бетонски канали и се монтираат во скоро вертикална положба и со челични уреди за нивно чистење. Овој тип на решетки вообичаено се поставуваат под агол од 15 до 30° од вертикалата, за полесно функционирање на механизмот за чистење.

Најчестата вкупна широчина на каналот каде се поставуваат овие решетки варира од 0,6 до 4,2 m. Ефикасноста на отстранувањето на отпад и протокот низ решетката зависат од светлиот отвор (растојанието) помеѓу прачките на решетката. Колку е помало тоа растојание, се зафаќа повеќе отпад и се зголемува локалниот пад на притисокот во решетката. Димензионирањето на растојанието меѓу прачките на решетката вообичаено зависи од процесите кои се одвиваат низводно од неа и најголемата димензија на честички што може ефикасно и економично да се отстрани таму. Решетките со помало растојание изискуваат пошироки канали за да може зададениот проток да помине низ решетката.

Повеќето постројки имаат два канала со решетки, посебно доколку имаат механичко чистење на решетките. Во ваков случај, доколку едниот уред е во дефект, другиот уред и канал се користат сè додека не се отстрани проблемот. На каналите се вградени таблести затвораачи со кои се овозможува пренасочување на водата, а, од друга страна, чистење, одржување и поправка на решетките и припадната опрема.

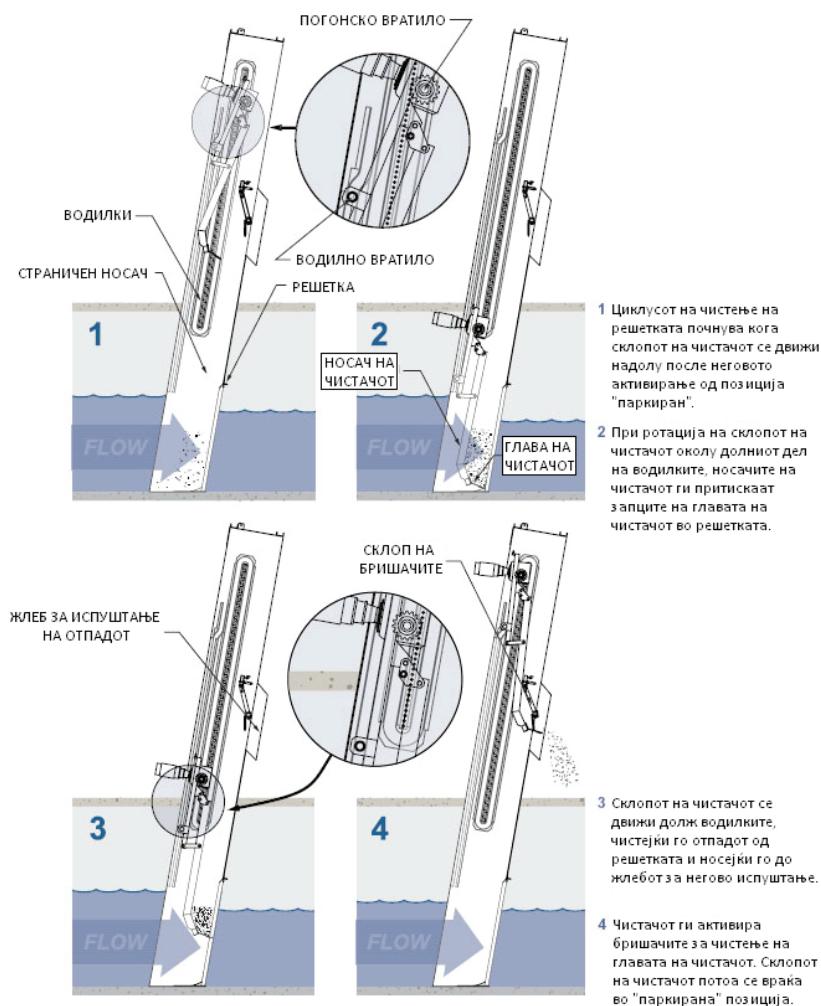
Доводот на непречистената вода треба рамномерно да се распореди на сите канали со решетки за да се обезбеди нивно рамномерно оптоварување. Нерамномерноста во оптоварувањето ќе предизвика потреба од почесто чистење на некои решетки од други.



На слика 4.5 е прикажана типична решетка со уред за механичко чистење од напред и со уред за гребење на возводната страна. Ваквиот тип има назабен уред за чистење (гребло) кој е закачен на решетката и се движи надолу до дното на каналот. Кога ќе го достигне дното, со помош на кабли, челични јажиња или запченици се привлекува кон решетката. Тогаш, запците на греблото се поставуваат меѓу прачките на решетката и во текот на неговото движење нагоре, го повлекуваат нафатениот отпад надвор од отпадната вода. Можна е и варијација на оваа изведба со механизам за чистење од задната страна, во тој случај запците навлегуваат меѓу прачките и го извлекуваат отпадот.

Друг тип на решетки со механичко чистење се т.н. континуирани самочистечки решетки. Тие се состојат од бесконечна лента на пластични или челични елементи (од не'рѓосувачки челик) кои се провлекуваат низ отпадната вода и вршат чистење долж целата нивна должина. Ваквите уреди можат да имаат отвори со димензии и до 1 mm. Цврстите материји се нафаќаат на нив, а со вртењето на бесконечната лента, запците навлегуваат при нагорното движење и го собираат отпадот.

Во време на поголеми атмосферски врнежи, можна е потреба од зголемување на фреквенцијата на чистење на решетките, или доколку постои можност, поставување на дополнителни решетки само во тој период.

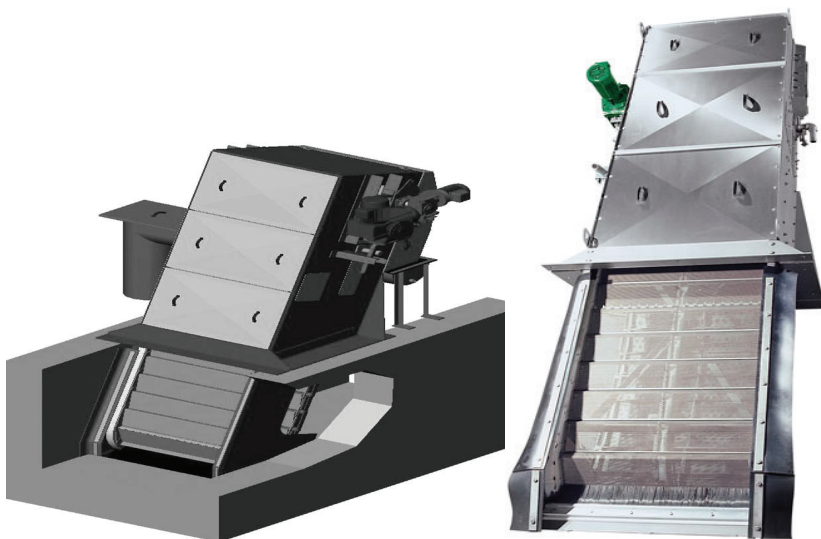


Слика 4.5. Густа решетка со предно чистење (Vulcan Industries, Inc.)

**Управувањето** со уредите за механичко чистење е вообичаено со електрични мотори и тоа рачно или автоматски. Автоматското управување може да биде преку прекинувач со тајмер, со сензор за нивото или програмабилен логички контролер (PLC). Најчесто се користи прекинувачот со тајмер (кога е познат бројот на

потребни чистења во тек на еден ден), иако сè почесто се вградуваат и PLC контролери. Уредите со тајмер не се погодни во случај на моментно зголемување на отпадот, поради што, паралелно со нив, се вградуваат и сензори кои го активираат уредот за чистење при поголем пад на притисокот во решетката (при поголема количина на отпад).

**Ситата** сè почесто се монтираат на понови постројки како статични и во форма на барабан. Тие вообичаено се изработени од жица, перфорирани плочи или густо наредени прачки со отвори од 2 до 6 mm. Овие уреди обично се монтираат низводно од поретките решетки. Отпадната вода се носи на врвот на ситото и цврстите материи се нафаќаат на неговата предна страна (слика 4.6). Водата минува низ ситото и истекува кон следните процеси. Цврстите материи се носат со бесконечна лента на конечно одлагање.



Слика 4.6. Сито за механичко пречистување (JWC Environmental)

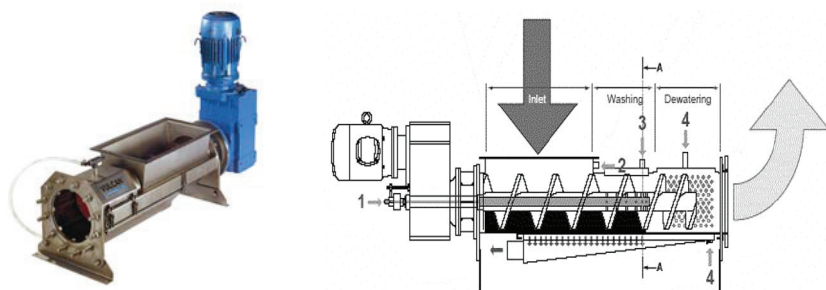
**Ротирачко барабанско сито** (слика 4.7) се состои од хоризонтален барабан во кој водата се носи од надвор или внатре. Во секој случај, цврстите материи се нафаќаат на ситото, а отпадната вода истекува низ малите отвори. Барабанот бавно се врти и се чисти од цврстите материи со помош на систем со прскање на вода.



Слика 4.7. Ротационо барабанесто сито (JWC Environmental)

Отпадот од ситата обично содржи повисоки концентрации на органски материи, што бара почесто конечно одлагање за да се избегне непријатната миризба.

**Пресите за отпад** го подготвуваат отпадот за одлагање на депонија преку отстранување на прекумерната количина на вода, но и преку намалување на неговиот волумен за поефикасно одлагање. Овие преси (слика 4.8) се состојат од клипен, инчест и клинест дел и работат со притисоци од 4500 до 6500 kPa.



Слика 4.8. Преса за отпад (Vulcan Industries, Inc.)

## 4.2. Отстранување на песокот и сличните материи

Овие материи во отпадната вода начелно се наоѓаат во форма на фини, дискретни, биолошко неразградливи честички, кои имаат брзина на таложење поголема од таа на органските цврсти материи. Во нив спаѓаат песок, јаглен, камења, зрна од кафе, филтри од цигари и други релативно нераспаднати органски и неоргански супстанции.

Нивното отстранување е клучен елемент на прелиминарниот третман на отпадната вода, ја штити опремата, го намалува затнувањето на цевките и ги штити подвижните делови на машинската опрема и пумпите од абразија и дополнително оштетување. Овој процес, исто така, спречува собирање на материјал во низводните процеси, како, на пример, во аерационите резервоари или други процеси во кои се третираат цврстите материјали, при што се губи дел од нивниот корисен работен волумен.

Уредите во кои се издвојуваат песокот и останатите наведени материи од отпадната вода се нарекуваат **таложници за песок (песколовци)**. Потоа, исталожениот материјал се средува и сепарира од водата со помош на завојни конвејери, пумпи и циклони, за да конечно се измие и од него да се отстранат несаканите органски материи.

Отстранувањето на песокот започнува со негово таложење во четириаголни или кружни комори или со помош на центрифугална сила. Постојат три типа на комори за таложење кои најчесто се сретнуваат, и тоа: со рачно чистење, со автоматизирано машинско чистење и со воздушен виор.

**Коморите со рачно чистење** се користат кај најмалите постројки со протоци помали од  $3,800 \text{ m}^3/\text{ден}$ . Овој тип се состои од најмалку два надолжни гравитациски канали со уреди за управување на излезите за регулирање на брзината на отпадната вода на приближно  $0,3 \text{ m/s}$ .

Точното одржување на оваа брзина понекогаш е тешко кај овие типови на комори. Доколку брзината е поголема од таа, неорганиските материји нема да бидат отстранети. Обратно, пак, доколку брзината е помала од 0,3 m/s, тогаш органиските материји се таложат во самиот резервоар. Некои комори имаат инчесто дно за складирање на отпадот. Постојат и отвори на дното за празнење на резервоарите и рачно отстранување на отпадот.

**Коморите со автоматизирано машинско чистење** се од гравитациски тип и претставуваат резервоари со четириаголна или кружна форма. Повеќето четириаголни резервоари имаат уреди за управување на брзината на водата и машински уреди за чистење со челични јажиња. Отпадот се отстранува кон одводна инка и се носи со завојни пумпи или пневматски транспорт. Кружните комори поседуваат кружен механизам за собирање на отпадот кој се носи во централниот инчест дел и се одведува на истиот начин како и во претходниот случај.

**Аерираните комори** обезбедуваат период на задржување на водата за зафаќање на песокот преку, со воздух поттикнато, ротационо движење на водата со брзина од околу 0,3 m/s. Компримираниот воздух, кој обично се доведува од процесите во постројката, влегува во комората преку дифузори во контролирана количина која ќе предизвика посакувана брзина на вителот за таложување на песокот. Обично е потребна брзина од 4,6 до 12,4 l/s на метар должина од резервоарот за правилна работа на аерираната комора.

Во случај на затворена комора, неопходно е да се инсталира соодветна вентилација за да не се дозволи корозивната атмосфера да влијае на сите изложени елементи, како, на пример, електричната инсталација или управувањето.

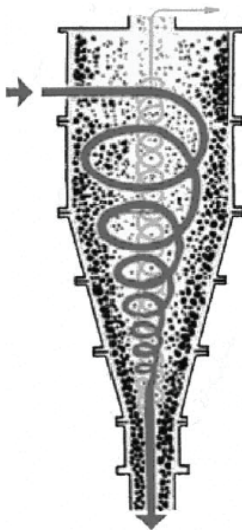
**Вителните комори** се вбројуваат во гравитациските типови на комори и тие предизвикуваат вител во отпадната

вода во комората. Неорганските материи се отстрануваат во инчестиот дел на резервоарот, додека органските остануваат во растворот, при што се однесуваат со ефлуентот од резервоарот. Некои од проектните решенија за вителните комори се потпираат на природната хидраулика за достигнување на саканата брзина на вртење, додека други, покрај ова, користат и ротирачки миксер со лопатки за добивање на потребната сепарација. Песокот што се таложи во овие резервоари може да се изнесе со воздушни или пумпи за песок (тиња) во канал за одводнување на песокот, циклони, сепаратори на песок или друга опрема за отстранување на вишокот вода.

**Циклоните** (слика 4.9) ја користат центрифугалната сила во конусни уреди за сепарирање на песокот и органските материи од отпадната вода. Со помош на пумпа, со контролирана брзина, се внесува смесата од песок и слични материи заедно со органските супстанции во циклонот. Смесата дотекнува тангенцијално блиску до горниот раб на циклонот. Брзината на дотокот создава вител кој создава смеса со повеќе песок кај долниот, помал отвор, додека поголемиот волумен на смесата, кој содржи главно запаливи материи се задржува горе. Струјата со песокот истекува кон просторот за миење на песокот, додека струјата од која е отстранет песокот го напушта циклонот низ отворот блиску до врвот на уредот и се враќа кон процесот на пречистување. Во некои случаи, механички миксер го создава центрифугалниот ефект.

Отстранувањето на песокот во циклонот вклучува пумпа како интегрален дел од процесот, бидејќи нема подвижни делови и зависи од континуираниот доток на течност. Волуменот на внесената смеса и резултантниот притисок на циклонот се критичните барања специфицирани од страна на самиот производител. Температурата, концентрациите на цврсти материи и други карактеристики на смесата може да бараат промени во големината на горната и

долната бленда после монтажата и почетните искуства од работата. Во некои случаи, овие отвори се прават и нагодливи.

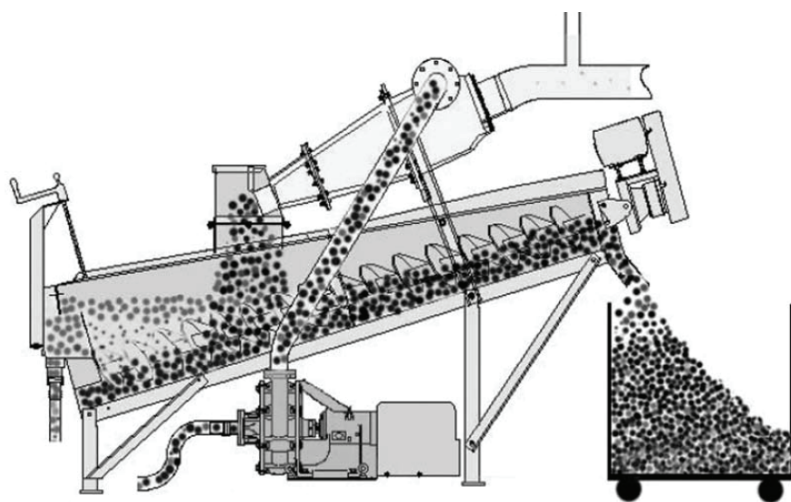


Слика 4.9. Циклон (Weir Specialty Pumps)

**Сепараторите за песок и останатите материи** (слика 4.10) ефикасно ги отстрануваат сите органски материи. Завојните и сепараторите со решетки се покажале како сигурни и обично како резултат даваат производ кој е сиромашен со органски материи. За да се обезбеди ниско ниво на запаливи материи, понекогаш е потребна дополнителна количина на течност при самиот процес. Миењето на песокот се врши на долниот крај на сепараторот во резервоар во кој може да се нагодува количината на вода над исталожениот песок. За оптимално миеење, некои циклони имаат нагодлив долен отвор за промена на количината на течност која се испушта со песокот.

Цврсти материи кои биле отстранети од водата, од сепараторот се носат до контејнери каде се одлагаат.





Слика 4.10 Сепаратор за песок и слични материи (Weir Specialty Pumps)

Во прелиминарниот третман на отпадните води треба да се употребат уште неколку постапки, како, на пример, **изедначувањето** (амортизирањето) **на прекумерни дотоци** на отпадна вода или **регулирање на мирисот** од неа.

Редуцирањето на флукуациите на протокот (дневни и атмосферски) во колекторскиот систем ја подобрува работата и перформансите на пречистителната станица. Привременото собирање на водата во постојната канализациска мрежа или примената на посебни постројки за изедначување на протокот (базени), позитивно влијае врз работата на опремата. Исто така, неопходно е да се балансира и оптимизира работата на решетките и коморите во случај на повеќе паралелни единици.

Мирисот често потекнува од зафатите на постројката поради долгото време на транзитирање на отпадната вода низ колекторскиот систем. При тоа, може да се создаде сулфур водород и други анаеробни нуспродукти од распаѓањето кои можат да предизвикаат опасна состојба

и симптоми во затворен простор. Секогаш кога е можно, треба да се елиминира дотокот на отпадна вода со септични карактеристики уште во колекторскиот систем. Во спротивно, ќе биде неопходно регулирање на мирисот преку хлоринација, железни соли, калиум перманганат, водород пероксид или аерација.





# **ПРИМАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**



## **5. ПРИМАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**

Примарното пречистување (третман) ги сепарира цврстите материји кои можат да се наталожат или да испливаат на површината на отпадната вода во седиментациски базени (таложници) каде што брзината на отпадната вода се намалува до дел на сантиметар во секунда. Други предности на примарниот таложник се изедначување (амортизирање) на вишокот вода од надворешни извори, како и отстранување на биолошкото оптоварување на водата (БПК) кое се содржи во исталожените цврсти материји.

За да се подобри таложењето (седиментацијата), пред таложниците се врши претходна аерација или се додаваат хемиски соединенија. Во некои постројки е инсталирана опрема за дозирање на хемикалии кои се додаваат во водата за зголемување на создавањето на флокули (групирани честички од цврсти материји), со што се подобрува таложењето. Сепак, кај повеќето постројки не се додаваат хемикалии кај примарните таложници.

### **5.1. Опис на процесите**

Растворените честички можат да се поделат на зрнести (грануларни) и растресити (флокулни). Зрнестите (песок и тиња) материји се таложат со константна брзина, без промена во големината, формата или тежината. Во идеален случај, сите зрнести материји би требало да се отстранат претходно во коморите за отстранување на песок. Флокулните честички (органиски материји, флокули формирани од коагулант или биолошки раст) се растресуваат во тек на таложењето, при што ја менуваат својата големина, форма и релативна густина. Кластерите (гроздовидна форма на збир од повеќе вакви честички) обично побрзо се таложат отколку поединечните честички.

Таложливите цврсти материи, вклучително и делови на зрнестите или растреситите материи, се таложат при мирни услови за определено разумно време. Неталожливите цврсти и колоидалните материи не се исталожуваат во рамките на вообичаените времиња на таложее. За нивно таложее се применуваат хемикалии кои создаваат потежок талог.

Отстранувањето на материите кои пливаат, вклучувајќи и масла и скрама, им помага на низводните процеси во постројката, го намалува испуштањето на полутанти и го подобрува изгледот на пречистената отпадна вода. При мирни услови, дел од овие материи се таложат со тињата, додека остатокот останува да плива на површината и од таму се собира со посебни уреди (*skimming*).

### **5.1.1. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на таложливите цврсти материи**

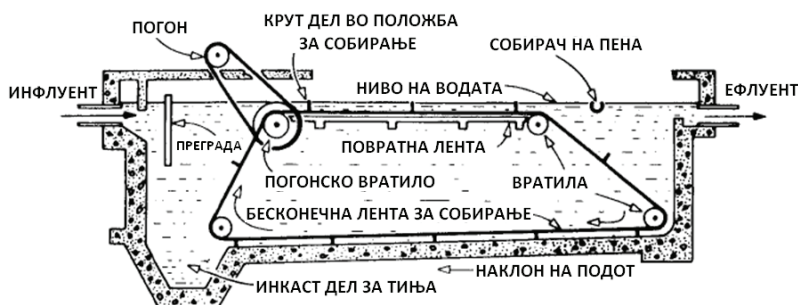
Ефикасноста на таложникот главно зависи од параметрите на хидрауличното оптоварување, како, на пример, количината на површински прелив на пречистена вода, времето на задржување на водата во резервоарите, нивната конфигурација, карактеристиките на отпадната вода и честичките во неа, температурата и количината на индустриски отпадни води во вкупниот износ.

Перформансите на таложникот зависат од неговата површина (должина и ширина или пречник), неговиот волумен и местоположбата на влезните и излезните градби (слика 5.1). При секој доток на отпадна вода, површината на таложникот ја диктира количината на вода која се излева преку неговиот раб (површински прелив), додека волуменот на таложникот го определува времето на хидраулично задржување. Брзината на отстранување на зрнестите материи, кои се таложат со изедначена брзина,

зависи скоро исклучиво од површината на таложникот, а пак, брзината на отстранување на флокулните материји, кои се таложат со променливи брзини, зависи од волуменот на таложникот и неговата површина. Брзината на површински прелив (*Surface overflow rate* – *SOR*) се пресметува како:

$$SOR \left( \frac{m^3}{m^2 \cdot d} \right) = \frac{Q \left( \frac{m^3}{d} \right)}{A (m^2)} \quad (5.1)$$

При што:  $Q$  е доток на отпадна вода, а  $A$  е површината на таложникот.



Слика 5.1. Пресек на четириаголен резервоар за примарно таложење [5]

Времето на хидраулично задржување (*Hydraulic retention time* – *HRT*) го претставува времето кое е потребно за единица волумен од отпадната вода да помине целосно низ резервоарот при зададен проток:

$$HRT (h) = \frac{V \left( \frac{m^3 \times 24 h}{d} \right)}{Q (m^3/d)} \quad (5.2)$$

При што:  $Q$  е доток на отпадна вода, а  $V$  е волумен од отпадната вода.

Времето на задржување треба да е доволно за да овозможи скоро целосно отстранување на таложливите цврсти

материи. Подолг престој на водата во таложникот нема да го подобри таложењето и, всушност, може да биде пречка доколку се дозволи водата да стане септична (да трули).

Бидејќи димензиите на таложникот се константни, површинскиот прелив на пречистена вода и времето на задржување се менуваат во зависност од количината на отпадна вода што дотекува во него, што резултира со променлива ефикасност на отстранувањето на таложливите материи. Следствено, може да се промени и бројот на потребни единици (постројки) потребни за таложење, доколку дотокот значително се менува.

Таложењето зависи од свежината на отпадната вода, карактеристиките на честичките, температурата и количината и типот на индустриски отпадни води.

Цврстите материи во застоена (септична) вода потешко се таложат во однос на материите во „свежата“ **отпадна вода**, поради тоа што биолошкото распаѓање во застоената отпадна вода ја намалува големината на честичките, а желатинската маса што се создава со биолошката реакција тежнее да ги исплива честичките. Колекторскиот систем директно влијае врз свежината на отпадната вода. Времето за кое отпадната вода минува низ канализацијата зависи од физичките карактеристики на системот, како, на пример, нагибот и должината, бројот на пумпните станици и начинот на кој работи колекторскиот систем. Кај многу пречистителни станици непречистената отпадна вода се чува во канализацијата, наместо во резервоари и на тој начин се зголемува времето на нејзиното задржување во системот и се намалува нејзината свежина. Поголеми количини на индустриски отпадни води, кои трошат повеќе кислород, исто така, влијаат негативно на свежината на водата.

**Карактеристики на честичките.** Честичките кои имаат поголема специфична тежина се таложат побрзо од полесните, оние кои имаат поголем однос на површина



врз тежина се таложат побавно, додека честичките со неправилна форма се таложат побавно поради поголемиот отпор на триење. Големината, формата и густината на честичките зависи од канализациската мрежа и типовите на возводните процеси на пречистување во постројката.

**Температурата** на отпадната вода влијае врз брзината на таложење. Топлото време ја зголемува брзината на биолошката активност, со што се намалува свежината на отпадната вода во колекторскиот систем и се создаваат гасови во таложниците, кои го забавуваат таложењето. Од друга страна, пониската вискозност на топлата вода во споредба со студената им овозможува на честичките да се исталожат побрзо. При температура на водата од 27 °C, брзината на таложење е поголема за скоро 50 % од таа кога водата има 10 °C.

Ефикасноста на примарниот таложник се намалува за време на зимските месеци поради високата вискозност, но и зголемената густина на студената вода. Брзината на таложење се намалува со зголемувањето на густината на водата. Температурните и соодветните разлики во густината помеѓу водата во таложникот и новата вода која дотекува во него, можат да создадат водени струи како последица на разликата во густините. Овие струи можат да му пречат на процесот на таложење на честичките.

Количината и типот на **индустриските отпадни води** можат да влијаат врз таложењето, преку краткотрајно хидраулично и органско оптоварување, кое претставува големо нарушување (шок) за процесите на пречистување во постројката. Индустриските оптоварувања со органски материи во измешана или растворена форма можат да предизвикаат септични услови и проблеми при таложењето. Поголемите количини на отпадна вода, пак, ќе го зголемат површинскиот прелив и ќе ги намалат времињата на задржување, со што повторно настануваат проблеми со седиментацијата.

### **5.1.2. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на цврстите материи кои пливаат**

Ефикасноста на отстранувањето на мастите, маслата и скрамата од површината на отпадната вода зависи од конфигурацијата на резервоарот, карактеристиките на отпадната вода и типот и состојбата во која се наоѓа механизмот за нивно отстранување.

Преградите на излезот од примарниот таложник мора да бидат континуирани и доволно длабоки да спречат мастите и скрамата да истекуваат под нив. Ефикасноста на отстранувањето на мастите не зависи многу од системот и опремата која се применува.

Температурата и рН вредноста се двете карактеристики на отпадната вода кои влијаат врз ефикасноста на отстранувањето на мастите и скрамата. При летни температури на отпадната вода или при рН вредности помали од 7 (кисели), мастите, маслата и скрамата имаат тенденција да останат во растворена состојба, а некои од нив и да се врзат со исталожената тиња наместо да пливаат на површината.

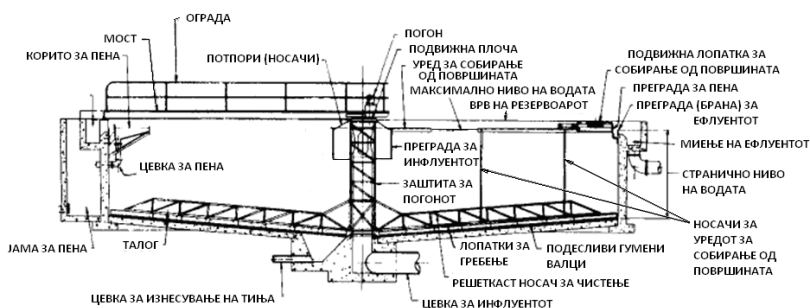
Во зависност од типот на резервоарот, механизмите за отстранување на пливачките материи се состојат од зафаќач на скрама, корито за скрама, тркало со лопатки, телескопски вентил или други слични механизми.

## **5.2. Опрема**

### **5.2.1. Седиментациски резервоари (таложници)**

Таложниците по својата форма можат да бидат правоаголни, кружни или квадратни. Кај правоаголните, отпадната вода тече од едниот крај на резервоарот кон другиот, а ножеви за стругање ја носат тињата која се таложува кон влезниот раб. Кај типовите со кружен и квадратен напречен пресек,

отпадната вода обично дотекува во централниот дел и потоа радијално се шири кон надворешните рабови (слика 5.2), додека исталожените цврсти материи со гребене или на друг начин се носат во центарот. Кај некои типови на кружни таложници (наречени базени за бистрење со периферен доток), отпадната вода дотекува од надворешниот раб и тече навнатре. Постојат и Imhoff резервоари кои имаат двојна функција на таложење и анаеробно разградување, но ова се решенија со застарена технологија и не се сретнуваат многу често.



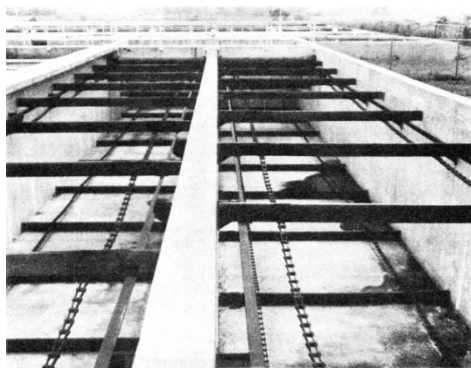
Слика 5.2. Пресек на таложник со кружен напречен пресек [5]

Исталожените материи треба да се соберат на некое место во таложникот од каде што можат да бидат изнесени од него. За оваа цел, кај примарните таложници се применува автоматизирано изнесување, со исклучок на некои мали постројки каде што тоа се врши рачно. При тоа се користи следната опрема:

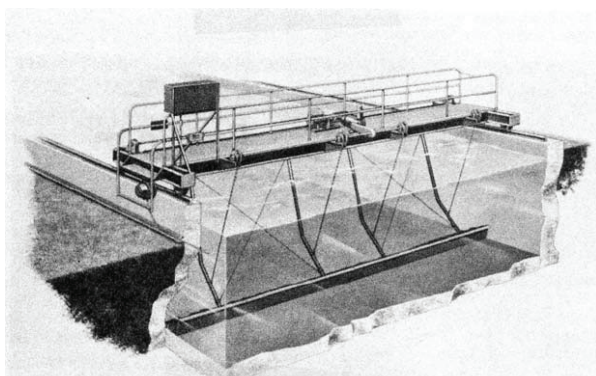
- » носачи со синџири (правоаголни базени),
- » подвижен мост со решетки (правоаголни базени),
- » ротациони уреди за гребене (кружни и квадратни базени).

Тињата, обично, се одведува од таложниците со помош на пумпи, иако некогаш е можно да се реализира преку гравитационо струење. Најчесто се користат волуменски пумпи, и тоа клипни, завојни или мембрански. Сепак, во некои постројки се применува и центрифугален тип на пумпи или запчести волуменски пумпи.

**Правоаголните таложници** можат да се применат како единечни или повеќе единици поставени паралелно и имаат должина која е неколкукратно поголема од нивната широчина. Едно од решенијата за собирање на исталожената тиња во инчестиот дел на едниот крај на резервоарот (обично на влезниот), се состои од дрвени или неметални плочи, кои се поставуваат на паралелни челични носачи или неметални бесконечни ленти (слика 5.3). Друго решение предвидува уред за гребење на дното поставен на мостен кран монтиран на сидовите на таложникот (слика 5.4).



Слика 5.3. Правоаголен примарен таложник со дрвени или неметални плочи поставени на паралелни бесконечни ленти [5]



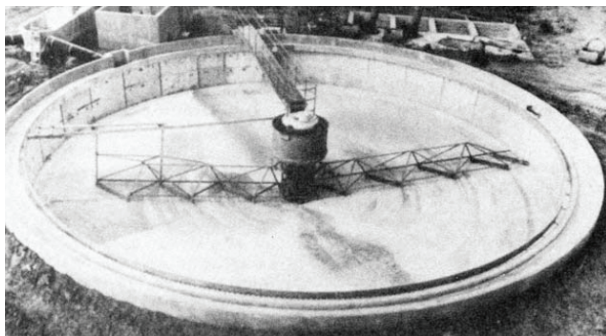
Слика 5.4. Правоаголен примарен таложник со уред за гребење на дното, поставен на мостен кран [5]

Бесконечните ленти и плочите се водат преку потопени водилки и лежишта и се погонуваат со мотор и регулатор на брзината. Плочите, во принцип, се монтирани така за да ги потиснуваат материите кои пливаат на површината кон излезниот крај на таложникот, а на враќање да ги потиснуваат исталожените цврсти материји кон влезниот крај (каде што влегува инфлуентот). Деловите од неметален материјал сè почесто се користат при проектирање на нови постројки, но и при реконструкција на постоечките. Ваквата опрема има помала тежина, полесна е за одржување, а при тоа троши помала моќност при работата. Покрај тоа, таа е помалку подложна на корозија. Недостаток на неметалната опрема е можноста за нивно распаѓање на сончева светлина и подложноста на влијанија од температура и оптоварување. Во некои постројки, рамномерни распрскувачки млазеви со вода насочени кон водената површина ги носат мастите и скрамата кон уредот за нивно отстранување.

Мостниот кран, со уред за површинско отстранување на масти и скрама (гребло), ги собира овие материји од отпадната вода, а греблото кое е подолу поставено, ги носи овие материји во јама од каде што се одведуваат од постројката. Кога кранот се движи во насока на водената струја, потопеното гребло е подигнато, додека површинското е во вода. Кога кранот се движи во насока спротивна на насоката на струјата, уредите дејствуваат обратно, т.е. површинското гребло е подигнато, додека потопеното ја потиснува тињата во инчестиот дел на таложникот, од каде потоа се изнесуваат надвор од постројката.

Кај **кружните таложници** најчесто отпадната вода се доведува низ централен довод, при што се намалува влезната брзина и протокот рамномерно се распоредува низ резервоарот (слика 5.5). Отпадната вода радијално струи од доводот кон преливот на надворешниот раб на резервоарот. Исталожените цврсти материји се собираат во инчест дел во близина на средината на резервоарот со помош на механичка рака која се погонува преку вратило

поставено во средината на резервоарот (слика 5.6) или со помош на уред кој ги собира материите од сидовите на резервоарот. Површинска лопатка ги одведува материите кои пливаат во собирникот на скрама (слика 5.7).



Слика 5.5. Кружен таложник со механизам за гребење на тињата [5]



Слика 5.6. Механичка рака со која се носат исталожените цврсти материји кон центарот на таложникот [16]



Слика 5.7. Уред за отстранување на мастите од површината и прелив на ефлуентот кај кружен таложник

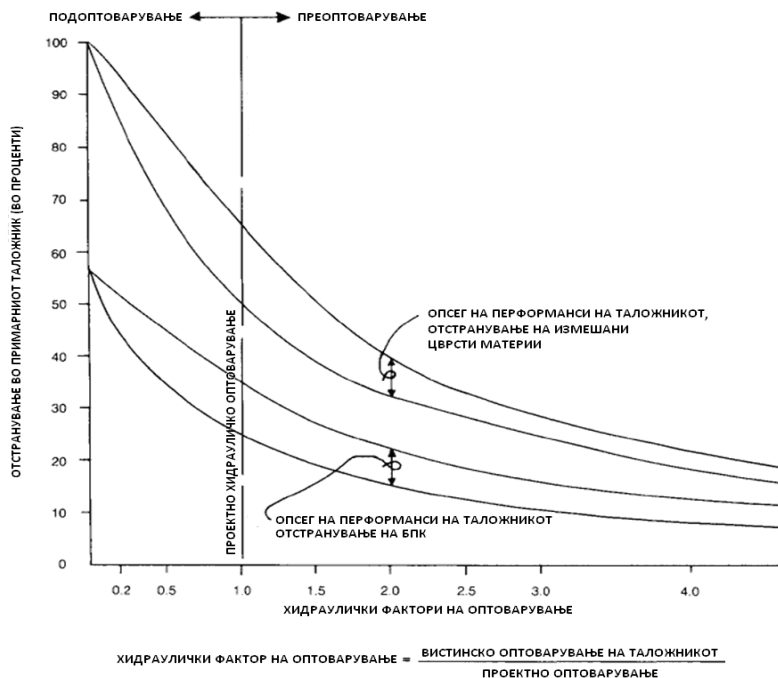
**Квадратните** таложници ги отстрануваат материите кои се таложат и пливаат на сличен начин како и кружните таложници, со таа разлика што се додадени делови за собирање на скрамата и тињата од аглите. Понекогаш, овие дополнителни делови од опремата можат да предизвикаат механички и проблеми при работата. Заради ова, некои проектни решенија на овие таложници предвидуваат заоблени агли со одредени радиуси наместо прави агли.

Припадната опрема опфаќа чистење на водовите за масти и тиња, пумпи, системи со млазеви за промивање и уреди за чистење на водовите. Промивањето на водовите, пумпите и јамите се врши со вода или воздух под висок притисок. Водовите за тиња, исто така, можат да се чистат со параа или жешка вода. Опремата за чистење на водовите опфаќа хидраулични уреди изработени од метал или пластика и соодветни позиции за поставување на уредот за чистење.

### **5.3. Очекувани резултати од работата на таложниците**

Ефикасноста на отстранувањето на БПК оптоварувањето и измешаните цврсти материи на примарните таложници зависи од повеќе претходно опишани променливи, при што обично доминира површинскиот доток на атмосферски води. На слика 5.8. е прикажана ефикасноста на отстранувањето на БПК и измешаните цврсти материи во зависност од факторот на хидраулично оптоварување –  $SOR$ , т.е. односот помеѓу реалната и проектната вредност на  $SOR$ . Сликата покажува дека при фактор на оптоварување од 1,0 отстранувањето на измешаните цврсти материи се движи помеѓу 50 и 65 %, додека БПК се отстранува од 25 до 35 %. Со употреба на хемиски средства може да се зголеми степенот на отстранување на цврстите материи до 75 до 85 %, со пропорционално намалување на БПК оптоварувањето.





Слика 5.8. Проценка на отстранувањето на БПК5 оптоварувањето во примарните таложници при различни хидраулични оптоварувања (без хемикалии) [5]

Ефикасноста на таложниците во однос на отстранувањето на масти и скрама е тешко да се измери и се сведува на визуелна контрола за нивното присуство/отсуство во водата која го напушта примарниот таложник.

## 5.4. Отстранување на тињата

Постојат два фактора кои влијаат врз постапката за отстранување на тињата, а тоа се нејзината густина (т.е. концентрацијата на цврсти материи) и количина. Количината зависи од густината и оптовареноста со цврсти материи, како и од ефикасноста на примарниот таложник.

Потребната **густина на тињата** која се изнесува од примарниот таложник зависи од типот на постројките кои



се наоѓаат низводно и кои треба да се справат со цврстите материји. Доколку тињата се пумпа во згустувачи, дозволена е и помала концентрација (0,5 – 1 %). Но, доколку таа се пумпа во разградувачи или на процес за обезводнување, потребна е поголема (погуста) концентрација.

Поретка примарна тиња може непотребно да ги оптоварува низводните процеси. Со разумна контрола на отстранувањето на цврстите материји, може да се добие густина на тињата од 4 до 6 %. Целта на таа контрола на процесот е да се определи нивото кое обезбедува густа тиња без негативно да се влијае на ефикасноста на таложникот, преоптоварување на опремата во колекторскиот систем или дозволување на распаѓање на дното на резервоарот за бистрење.

Количината на тиња која треба да се изнесе од примарниот таложник се определува преку мерење на измешаните цврсти материји во инфлуентот и ефлуентот, процентот на суви цврсти материји во испумпаната тиња, како и на протокот на отпадна вода. Методот за нејзино пресметување е даден во продолжение:

$$\text{Отстранети суви цврсти материји } \left( \frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) = \text{отстранети материји } \left( \frac{\text{mg}}{\text{lit}} \right) \cdot q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right) \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

или

$$\text{Отстранета влажна тиња } \left( \frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) = \text{Отстранети суви цврсти материји} \cdot \frac{100}{\text{Суви цврсти материји}\%} \quad (5.4)$$

Од овие равенки може да се добие приближното траење на работа на пумпите при познат нивен капацитет. Вообичаениот недостиг на дневни аналитички информации го спречува секојдневното ажурирање на вредностите во овие равенки, но и проценетите вредности даваат важна информација за количината на тиња. Употребата на хемикалии, секако, ќе придонесе кон поголеми количини на тиња кои ќе треба да се отстранат.

**Собирањето на тињата** може да биде **континуирано** или **периодично** и зависи од типот на постројката, опремата и карактеристиките на отпадната вода. Доколку постројката е проектирана така што пумпа ретка тиња во згустувачите, собирањето мора да е континуирано. Доколку таложниците се квадратни или кружни, обично е неопходно да се собира континуирано, бидејќи е подолго времето за носење на тињата во инчестите собирници отколку кај правоаголните таложници. Континуираната работа ја намалува опасноста од преоптоварување на механизмите со насобраните цврсти материји. Поради сите овие предности, континуираниот процес на одведување се користи кај најголемиот дел постројки.

Периодична работа може да биде неопходна во случај кога во примарните таложници се згустува тињата од секундарните процеси или доколку примарната тиња се пумпа директно кон уредите за нејзино разградување или обезводнување.

**Пумпањето на тињата** од примарните таложници обично се изведува со клипни, завојни или мембрански волуменски пумпи. Кај некои постројки се применуваат и центрифугални пумпи, а пумпањето во двата случаја може да биде континуирано или периодично. Доколку работат повеќе пумпи, секоја пумпа може да ја црпи тињата од еден собирник паралелно. Во случај, пак, на една пумпа, таа треба да црпи тиња само од еден собирник во еден момент, бидејќи постои разлика во загубите кои треба да ги совлада помеѓу различните собирни водови која води кон нееднакво извлекување на тињата од поединечните таложници. Најдобро е почесто пумпање со кусо времетраење, додека поретко долготрајно пумпање треба да се избегнува бидејќи прекумерното количество тиња може да ги наруши процесите во анаеробниот разградувач. Идеално, пумпањето се сведува на скоро континуирана работа со цел рамномерно оптоварување на низводните процеси.

## **5.5. Отстранување на материите кои пливаат во водата**

Мастите, маслата, пластиката и останатите пливачки материји мора континуирано да се отстрануваат од отпадната вода. Отстранетите материји од примарните таложници се пумпаат во различни објекти во самата пречистителна станица. Кај некои постројки, тие се носат во уреди за концентрирање или згустување. Концентрираните материји понатаму се носат на согорување или со камиони се однесуваат од постројката. Други решенија за овие материји е нивно обезводнување со помош на ременести преси или пумпање во уреди за анаеробно разградување (решение кое сè поретко се применува поради насобирањето на тиња во нив). Фреквенцијата на отстранување зависи од количината на пливачките материји во отпадната вода, варијациите на протокот во тек на денот и температурата на водата. Кај кружните таложници, поради нивното техничко решение, се врши континуирано отстранување, додека кај поголемиот број правоаголни таложници тоа се прави периодично (автоматски со тајмер или преку PLC). Некогаш е потребно почесто отстранување заради контрола на мирисот кој се ослободува од нив. Процесот на отстранување на пливачките материји мора да зафати доволно вода за да се овозможи транспортот на тињата низ водовите и цевките.

## **5.6. Хидраулични параметри**

Количините на површински прелив и хидрауличното време на задржување со што се овозможува правилно таложење варираат во следните граници: просечните вредности на SOR без активната тиња би требало да се движат од 32 до 49  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ , додека максималната SOR вредност не смее да надминува 122  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ . Ако активната тиња се таложи во примарниот таложник, тие вредности се намалуваат на 24

–  $32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ , односно максималните вредности од 49 до  $61 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ . Времето на задржување е од 1 до 2 часа.

Двата хидраулични параметра со кои се управува примарниот инфлуент се протокот и бројот на таложници кои се користат. Со оглед на фактот дека најголемиот број постројки мораат да го примат целиот проток кој доаѓа, управувањето со него е ограничено. Сепак, промените на протокот може да се намалат со промена на протокот кој се пумпа во пумпните станици во колекторскиот систем или на влезот во постројката. На овој начин се користи капацитетот на канализацискиот систем за складирање на водата. Некои постројки имаат еквилизациски базени со кои се регулираат часовните промени на протокот.





# **СЕКУНДАРНО (БИОЛОШКО) И ТЕРЦИЈАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**



## **6. СЕКУНДАРНО (БИОЛОШКО) И ТЕРЦИЈАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ**

Биолошкото пречистување на отпадните води, главно, се сведува на два типа на постапки, и тоа процеси со активна тиња и биолошки филтри.

### **6.1. Процеси со активна тиња**

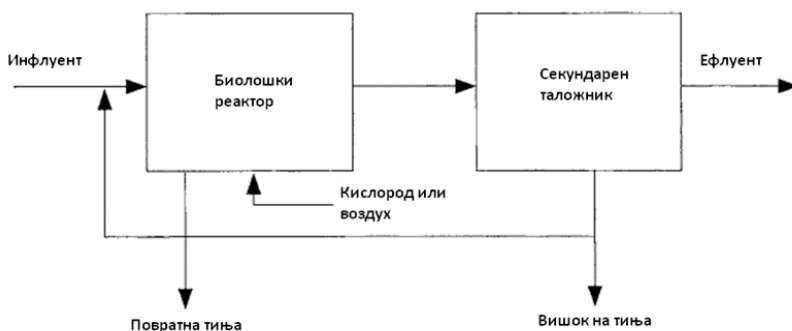
Процесите со активна тиња се сè уште најшироко применуваните од сите биолошки процеси за намалување на концентрациите на органските загадувачи во отпадната вода. Со текот на годините се создадени квалитетни стандарди за нивно проектирање базирани врз емпириски податоци. Еволуирало и самото сфаќање на процесот, од едноставно намалување на БПК оптоварувањето, до денешните решенија за отстранување на хранливите материи, како што се азотот и фосфорот. И покрај целиот овој напредок, многу постројки се соочуваат со проблеми во нивната работа.

Процесот со активна тиња се базира врз растот на измешаните материи во отпадната вода, главно е аеробен, при што се одржува висока популација на микроорганизми (биомаса) преку обезбедување на т.н. „повратна тиња“ од секундарниот таложник. Биомасата ги претвора биолошки разградливите органски материи и некои неоргански состојки во нови клетки на биомаса и продукти на метаболизмот. Биомасата се издвојува од пречистената вода во таложникот, при што дел се враќа во процесот како повратна тиња, а другиот дел (т.н. „вишок на тиња“) се одведува кон уредите за процесирање на отстранетата тиња. Пред процесот на биолошко пречистување, претходат механичките третмани: прелиминарно и примарно пречистување, кое може да отсуствува кај некои помали постројки за пречистување.

При тоа, се користат следните термини за опишување на состојбата на средината:

- » Аеробна: присуство на кислород
- » Аноксична: отсуство на кислород, но присуство на нитрити/нитрати
- » Анаеробна: отсуство и на кислород и на нитрити/нитрати

На слика 6.1. е прикажана општа шема на конвенционален процес со активна тиња. Кај ваквата постапка, непречистената отпадна вода и повратната тиња (биомаса) се комбинираат, се мешаат и се аерираат во биолошки реактор (базен со активна тиња). Овој базен содржи микроорганизми, измешани биолошки разградливи и неразградливи, колоидални и растворливи органски и неоргански материи.



Слика 6.1. Општа шема на конвенционален процес со активна тиња

Микроорганизмите главно содржат органска материја (70 – 80 %). Овој систем се нарекува *систем на отворени култури* во кој организмите динамично се менуваат во зависност од условите на околината.

Компонентите на отпадната вода биолошки се разградуваат или остануваат нетретирани (биолошки неразградливи материи) во биолошкиот реактор. После доволно време за



соодветните биолошки реакции, мешавината се носи во секундарен таложник (уред за бистрење) во кој се врши гравитациска сепарација на тињата од пречистената вода. Потоа дел од таа тиња се враќа во биолошкиот реактор за да во него се одржува концентрацијата на биомаса за успешно одвивање на процесот, додека дел (вишокот на тиња), кој се јавува како резултат на континуираното синтетизирање (создавање) на микроорганизми, се носи на локациите за одлагање и третман на тињата. Управувањето со процесот на пречистување во базенот со активна тиња (БАТ) се врши преку намалување, зголемување или задржување на нивото на концентрацијата на биомасата во него.

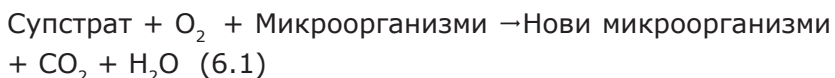
Еден основен систем на пречистување во БАТ се состои од повеќе поврзани компоненти:

- » Еден или повеќе БАТ кои се проектирани за отстранување на јаглеродната органска материја од отпадната вода. Доколку е потребно, во нив може да се одвива и оксидација на амониумот, отстранување на азотот и фосфорот во зависност од барањата кои треба да ги постигне ефлуентот. Пред БАТ може да се наоѓа аериран, аноксичен или анаеробен реактор проектиран за контрола на полнењето, денитрификацијата или селектирање на микроорганизми кои го третираат фосфорот, со што се воведува зголемено негово отстранување од отпадната вода.
- » Извор на кислород и опрема за распространување на воздухот при атмосферски или надпритисок или со зголемена содржина на кислород во БАТ во количини кои се доволни за да се обезбеди потребното ниво на растворен кислород.
- » Методи и начини за соодветно мешање на компонентите во БАТ.

- » Таложник за одвојување и евентуално згустување на тињата која се отстранува од отпадната вода.
- » Начин за собирање и враќање во БАТ на потребната повратна тиња.
- » Начини за одведување на вишокот на тиња од системот.

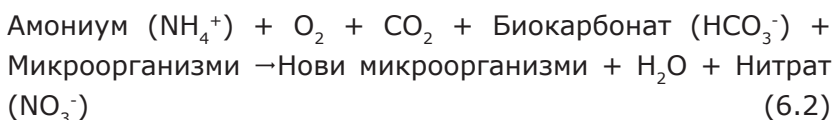
БАТ се проектираат врз база на времето на хидраулично задржување во реакторот, количината на биомасата која се задржува во системот, органското оптоварување и односот помеѓу органското оптоварување и биомасата (микроорганизмите).

Значи, принципот на разградување поедноставено може да се прикаже на следниот начин [5]:



При што супстрат се растворените, биолошки разградливи органски материи содржани во отпадната вода како хранливи материи за бактериите,  $\text{O}_2$  е кислородот кој е суштински фактор за аеробното дејство на бактериите и новите микроорганизми се т.н. вишок на тиња, кој треба да се отстрани од системот.

Доколку во текот на овој процес се одвива и разградување на амониумот, тој процес се одвива во два чекора на следниот начин:



Конечно, аноксичната реакција која може да се одвива во таложникот или во друга посебно определена аноксична зона на биолошкиот реактор, кога е веќе присутен нитратот, може да се опише на следниот начин:

Нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ) + Органски материи + Јаглеродна киселина ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) + Микроорганизми → Нови микроорганизми + Азот ( $\text{N}_2$ ) +  $\text{H}_2\text{O}$  + Биокарбонат ( $\text{HCO}_3^-$ ) (6.3)

Процесот со активна тиња може да се проектира и води така да го отстранува јаглеродното БПК оптоварување (ЈБПК), да врши оксидација на амониумот во нитрат, да ги отстранува азотните состојки или да го отстранува фосфорот. При тоа, системот мора да има соодветна големина на биолошкиот реактор (БАТ), капацитет за оксидација и уреди за сепарација, кои ќе овозможат постигнување на саканите вредности во пречистената отпадна вода.

ЈБПК оптоварување ги опфаќа сите органски материи на база на јаглерод кои се наоѓаат во отпадната вода и се биолошки разградливи. Треба да се напомене дека БПК<sub>5</sub> вредноста претставува само дел од биоразградливите јаглеродни органски компоненти во отпадната вода (обично 60 – 65 %). БПК се состои од растворени и од цврсти фракции (компоненти). Растворените фракции, најчесто, брзо се конзумираат од страна на микроорганизмите. Цврстите фракции можат да се врзат за биомасата и се разложуваат со брзина која зависи од нивниот состав. Големината на БАТ зависи и од вредноста на БПК и од брзината на нејзиното намалување. Високи концентрации на биомаса се пожелни и можат да резултираат со намалени големини на БАТ. Сепак, постои горна граница на концентрацијата на биомасата, која може да се постигне во една постојка, која се определува врз база на капацитетот на системот за пренесување на кислород и големината на таложниците. Системите понекогаш се проектираат со процеси со збогатен кислород и предимензионирани таложници за да се намали големината на БАТ, но, сепак, големината на сите компоненти во системот се определува со техничко-економска анализа.

Доведувањето на кислородот е многу важен елемент во системот и неговата количина треба да одговара на потребата. Потребата од кислород се определува со БПК и мерењата на азотот (ако се предвидува нитрификација), но повторно мора да се напомене дека БПК<sub>5</sub> вредноста не е соодветен показател за вкупната потреба на сите јаглеродни соединенија. Постои променлива потреба од кислород во време и простор во БАТ. Затоа е потребен доволен капацитет за доведување на кислород за надминување на овие промени, доколку се бара пречистена вода со висок квалитет.

При вообичаена комунална отпадна вода, добро проектиран и управуван систем со активна тиња би требало да постигне ЈБПК квалитет на ефлуентот од 5 до 15 mg/l. Суспендираните цврсти материи би требало да се наталожат во количини помали од 15 mg/l. За постигнување постојана БПК вредност и суспендирани цврсти материи во концентрации под 5 mg/l, потребно е понатамошно пречистување во т.н. терцијарни системи за пречистување.

### **6.1.1. Биолошко отстранување на фосфорот**

Кај конвенционалните постапки со активна тиња за комуналните отпадни води, биомасата се храни со фосфорот и на тој начин го обезбедува својот раст и метаболизам, при што околу 2 % од сувата маса на биолошката тиња е фосфор. Фосфорот не може да се претвори во гас кој испарува, па затоа мора да се изнесува со вишокот на тиња. Оттука, со одведувањето на оваа тиња, се одведуваат и 10 – 30 % од фосфорот кај конвенционалните пречистителни станици. Процесот со активна тиња, сепак, може да се управува така за да ги селектира микроорганизмите кои складираат прекумерни количини на фосфор во границите од 3 до 6 %. Со отстранување на оваа тиња богата со

фосфор, може да се добие ефлуент со концентрација на фосфор помала од 1 mgP/l.

Процесот на селекција опфаќа анаеробен чекор кој резултира со ослободување на складираниот фосфор, проследен со аеробна фаза во која организмите консумираат големи количини на фосфор. Во анаеробната фаза, растворената ЈБК се консумира од страна на организмите и се складира како органски полимер и иден извор на енергија. Потребната енергија за овој чекор на складирање се обезбедува од вишокот на фосфор кој се складира како полифосфор во аеробната фаза. При ослободување на енергијата во анаеробната фаза, фосфатите се ослободуваат во растворот. Кога ќе се влезе во аеробната зона, енергијата се добива од оксидација на складираните органски јаглеродни продукти и се иницира складирање на полифосфатите од страна на организмите. Постојат многу организми кои се способни за складирање на поголеми количини на фосфор во нивните клетки. Овие организми се наоѓаат во отпадната вода и можат едноставно да се селектираат со правилно проектирање и управување со системот. При такви услови, после процесот на биолошкото отстранување на фосфорот, ефлуентот би требало да има концентрации помали од 2, а најчесто помали и од 1 mgP/l.

## **6.2. Конфигурација на реакторот (БАТ)**

Конфигурацијата на реакторот главно се однесува на хидрауличните карактеристики на процесот. Системите со континуиран проток, често се категоризираат како проточни или целосно измешани системи, иако повеќето работат во неидеални услови на струење некаде помеѓу овие две крајни варијанти. Пакетните (batch) системи, пак, се однесуваат како проточните во однос на перформансите на биолошкиот процес.

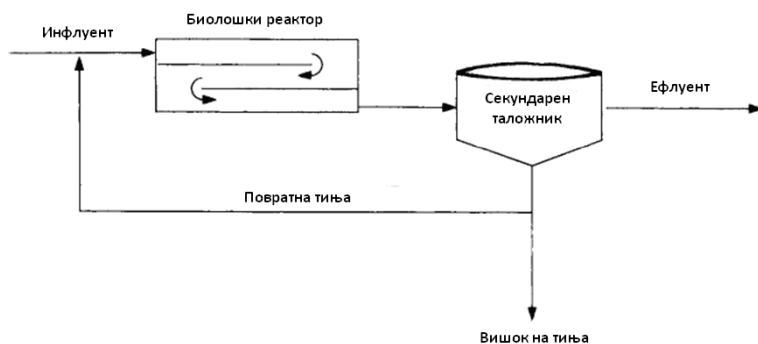
### 6.2.1. Системи со целосно мешање

Идеално, струење со целосно мешање, претпоставува дека составот на течноста е ист низ целиот волумен на реакторот. Непречистената вода моментно и целосно се меша со содржината на реакторот, така што концентрацијата на дадена компонента е иста и во излезната вода. Како резултат на тоа, потрошувачката на кислород, растворениот кислород, растворливата БПК, количината на цврсти материји, видовите на азотни соединенија, концентрациите на фосфор, рН вредноста, температурата и останатите карактеристики се идентични низ целиот реактор. Бидејќи концентрациите на БПК во ефлуентот се цел на работата на реакторот, системот има можност за широки промени во концентрацијата на ефлуентот. Струење со целосно мешање е многу тешко да се постигне, иако примената на квадратни или кружни реактори со интензивно мешање доведува до услови блиски до посакуваните. Кон постигнување на целта се доаѓа и со повеќекратни локации на доток по периферијата. Аерација се обезбедува рамномерно низ целиот реактор преку опрема за механичка аерација или преку дифузна аерација.

Реакторите со целосно мешање имаат неколку недостатоци. Често се појавува проблемот на надуена тиња, кој се решава со т.н. селектори, кои обезбедуваат краткотрајна подготовка на повратната тиња и непречистената отпадна вода пред да влезе во биолошкиот реактор. Теоретски, процесот трпи и поради тоа што распаѓањето е побавно отколку кај проточните системи, што бара подолги времиња на задржување во реакторот за да се постигне ист квалитет на пречистената вода. Овие системи се користат почесто при поголеми времиња на задржување (20 – 30 дена) или за пречистување на индустриски или мешани комунални и индустриски отпадни води, каде што се очекуваат големи промени во оптоварувањето.

### 6.2.2. Проточни системи

Кај ваков систем честичките после влезот во системот струјат рамномерно долж реакторот без да се растураат во флуидот (слика 6.2). Честичките ќе останат во реакторот за време кое е еднакво на теоретското време на задржување (Волумен –  $V$  / Волуменски проток –  $Q$ ,  $V/Q$ ). Како резултат на ова, концентрацијата на БПК и приемот на кислород ќе се намалуваат долж реакторот. Цврстите материји ќе се зголемуваат по должината на реакторот со создавањето на биомасата. Овој тип на струење се применува кај долги, тесни реактори со односи должина/широчина поголеми од 10. Проточните системи можат да се симулираат и со сериски поврзани базени или со правоаголни реактори со прекршување. Исто како и кај системите со целосно мешање, така и во овој случај, не е добро да се изведе целосно проточен систем.



Слика 6.2. Проточен систем со прекршен базен со активна тиња (реактор)

По дефиниција, оваа конфигурација резултира со високи органски оптоварувања и апсорбирање на кислород на влезот во реакторот. Затоа е потребно на влезот да се вградени уреди за довод на поголеми количини на кислород. Дистрибуцијата на кислородот долж реакторот може да се приспособи за да се следи неговата потреба. Теоретски, проточниот реактор обезбедува повисок степен на отстранување по единица волумен отпадна вода. Покрај тоа, помалку е чувствителен на пловечка тиња, доколку има доволно кислород на влезот.

### **6.2.3. Сериски реактори**

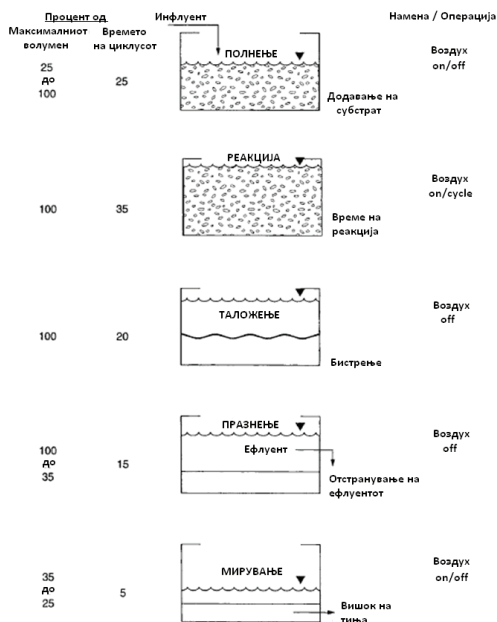
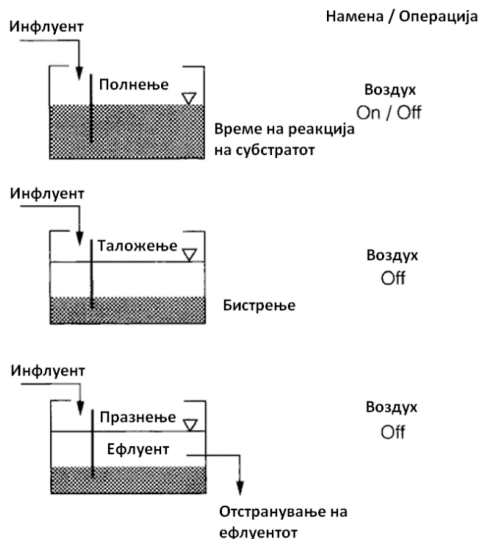
Конфигурација на сериски поврзани реактори се дефинира како два или повеќе реактори со целосно мешање кои работат во серија (последователно). Тоа може да се спореди со реактори со прегради или со прекршување во синусоидна форма. Ова техничко решение, со три или повеќе сериски реактори претставува обид за симулирање на проточни услови, кои имаат подобри кинематски карактеристики во однос на реакторите со целосно мешање, но и поволно влијае во однос на создавањето на пловечка тиња.

### **6.2.4. Наизменични пакетни системи (Sequencing Batch Reactors – SBR)**

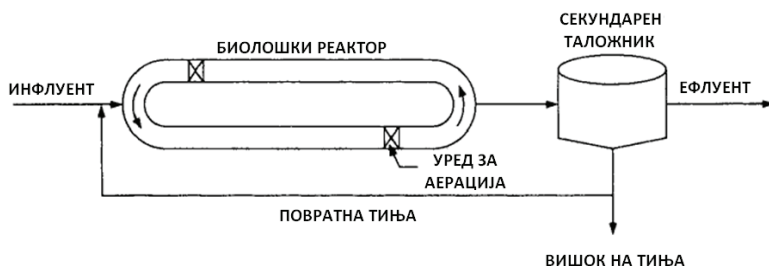
SB реакторот е систем со активна тиња кај кој и двата чекора на аерација и бистрење се одвиваат во самиот реактор. Таложето се одвива кога воздухот и мешалките се исклучени при затворен излезен вентил за пречистена вода. Се применуваат дискретни циклуси во однапред пропишани временски интервали, при што активната тиња останува во реакторот за време на сите циклуси. Кај конвенционалните системи, постојат пет чекори кои треба да се изведат: полнење, реакција, таложение, празнење и мирување (слика 6.3.a). Како резултат на природата на процесот, мора да се обезбеди израмнување на дотокот и повеќекратни реактори за остранување на континуирана работа. Мешањето и аерацијата се обезбедуваат со опрема која е слична на постројките со континуиран проток. Посебно проектирани преливи со вентили се неопходни за ефикасно истекување на пречистената вода. Системот со периодични циклуси и продолжена аерација овозможува инфлуентот континуирано да се носи во реакторот во сите циклуси (слика 6.3.b), но ефлуентот се одведува периодично.



SBR вообичаено се проектира за помали протоци, 4000 m<sup>3</sup>/d или помалку и често како продолжен систем на аерација. Но, постојат и поголеми постројки кои се изградени и се движат помеѓу 150.000 и 700.000 m<sup>3</sup>/d.



Слика 6.3. а) Работа на еден циклус во типичен batch-реактор и б) систем со периодични циклуси и продолжена аерација [5]



Слика 6.4. Оксидациски канал

Течноста струи низ каналот со брзина од 0,24 до 0,37 m/s, при што прави еден круг за време пократко од 15 минути. Повеќето оксидациски канали се проектирани за процеси со големи времиња на задржување (скоро 24 часа), па затоа е кусо времето на циклусот и хидрауличниот систем може да се смета за целосно измешан. Овие канали можат да имаат изведба со единечен канал или повеќе заемно поврзани концентрични канали. Овие канали наоѓаат голема примена кај мали и средни по големина заедници.

### 6.3. Биолошки филтри

Биолошкиот филтер-прокапник, биолошките кули и ротирачките биолошки филтри спаѓаат во групата на процеси на пречистување со неподвижен филм (филтер). Прокапникот се јавува како најстаро решение меѓу споменатите, но и како едно од најстарите решенија воопшто, кое сè уште има широка примена. Денес се применуваат нови типови на филтри, па филтрите базирани на карпест медиум се нарекуваат прокапници, додека оние на пластичен медиум се нарекуваат биолошки кули. Прокапниците се вградуваат во процесите на пречистување користејќи нови методи или процеси, додека многу од старите карпести филтри се реконструираат за продолжена употреба.

Иако перформансите при примена на ротирачките филтри се покажале како добри, опремата која се користи притоа била лесно подложна на дефекти.

Комбинираните процеси (на пр., прокапник – биолошка кула или ротирачки филтер и базен со активна тиња) можат да се сретнат само во САД на повеќе стотина локации и уште толку низ останатиот дел од светот. Комбинираните процеси со филтер и активна тиња се обид да се искористат поволностите од двата вида постапки, како и да се минимизираат недостатоците од нив. Во многу случаи, комбинираните постапки се начин за намалување на трошоците на градба со избегнување на потребата од дополнителни резервоари, а придонеле и за елиминирање на прекумерните оптоварувања кај процесите со активна тиња во индустриски пречистителни постројки. Спојувањето на биолошките процеси решава многу проблеми, но истовремено продуцира и нови критериуми за контрола и нови грижи.

Биолошките процеси со неподвижен филм ги отстрануваат растворените органски материи и фино поделените органски цврсти материи од отпадната вода. Отстранувањето се реализира главно преку претворање на растворените и колоидални материи во биолошки филм кој се развива на самиот филтер. Непречистената комунална и индустриска отпадна вода вообичаено содржи таложливи цврсти материи, материи кои пливаат и останат отпад. Неуспехот да се отстранат овие цврсти материи пред отпадната вода да влезе во реакторите со неподвижен филм, може негативно да влијае врз нивната способност за пренос на кислород, да доведе до зачепување на филтерот или да создаде други дополнителни проблеми. Поради сето ова, пред отпадната вода да стигне до комбинираните или процесите со неподвижен филм, таа е подложена на механички процеси, како сита и решетки за отстранување на цврстите материи.

### 6.3.1. Прокапници и биолошки кули

Биолошките филтри – прокапници претставуваат обид за копирање на природниот процес на пречистување, кој се случува кога загадена вода е испуштена во речен тек кој струи преку каменесто или карпесто речно корито. Кај процесот на природно пречистување, бактериите во коритото го отстрануваат раствореното органско загадување и ја пречистуваат водата. Од доцните 80-ти години на 19 век прокапниците се сметале за главен метод за пречистување на водата. Принципот на карпесто речно корито бил применет при проектирањето на филтрите, при што коритото имало длабочина од 0,9 до 2,4 m. После намалената примена во 60-тите и 70-тите години на минатиот век, прокапниците поинтензивно се користат во следните две децении (70-ти и 80-ти години), главно поради примената на нови типови на медиуми, кои почесто се применуваат од карпестиот медиум поради поголемата површина за биолошки раст и подобрената ефикасност на пречистувањето. Појавувањето на овие медиуми доведува до елиминирање на повеќето проблеми со карпестиот медиум, како, на пример, зачепувањето, неконтролираното создавање на т.н. мочуришна зона на филтерот, непријатниот мирис и присуството на инсекти на филтерот. Како последица на ова, скоро сите прокапници изградени во доцните 80-ти години на минатиот век користат нови медиуми и се нарекуваат биолошки кули.

Постојат четири основни категории на дизајн на филтрите врз основа на органското оптоварување врз прокапникот/биолошката кула. Кај првите три категории, ниско, средно и високооптоварени филтри, филтерот го отстранува скоро целото БПК оптоварување (табела 6.1). Кај четвртата категорија (груб филтер), тој е вообичаено во комбинација со друг чекор за биолошко пречистување (вообичаено активна тиња, ротирачки или друг филтер), каде што се одвива поголемиот дел од отстранувањето на БПК оптоварувањето.

Табела 6.1. Категории на филтри – прокапници

Работни карактеристики	Категории на филтри - прокапници			
	Ниско оптоварени	Средно оптоварени	Високо оптоварени	Груби филтри
Органско оптоварување, kg БПК/д	<25	25 - 40	40 - 100	100 - 300
Тип на филтер <sup>a</sup>	Карпест или високо-ефикасен	Карпест или високо-ефикасен	Карпест или високо-ефикасен	Високо - ефикасен
Нитрификација <sup>b</sup>	Да	Делумна	Не се очекува	Не
Потребен е комбиниран процес <sup>c</sup>				
—За секундарно пречистување	Не	Не се очекува	Се очекува	Да
—За терцијално пречистување	Да	Да	Да	Да
Типови кои обично се применуваат <sup>d</sup>	ФП / КЦМ АБФ	ФП / КЦМ АБФ	ФП / КЦМ ФП / РБФ Двофазни филтри	ФП / АТ БФ / АТ Двофазни филтри

<sup>a</sup> Високо-ефикасни = пластични или дрвени

<sup>b</sup> При 26°C и без втора фаза или комбиниран процес

<sup>c</sup> Означува примена на комбиниран или двофазен процес

<sup>d</sup> ФП / КЦМ = филтер прокапник - контакт со царстите материи; ФП / АТ = филтер прокапник - активна тиња;

АБФ = активен биолошки филтер; ФП / РБФ = филтер прокапник - ротирачки биолошки филтер;

БФ / АТ = биолошки филтер - активна тиња; ГФ / АТ = груб филтер - активна тиња.

Категориите на филтрите/биолошките кули обично се определуваат според БПК<sub>5</sub> оптоварувањето кое се носи на филтерот поделено со волуменот на работниот медиум на филтерот, на следниот начин:

$$\text{БПК}_5 \text{ во примарниот ефлуент} \left( \frac{\text{mg}}{\text{lit}} \right) \cdot Q \left( \frac{\text{lit}}{\text{d}} \right) \\ = \text{Доведено БПК}_5 - \text{kg} \frac{\text{БПК}_5}{\text{d}} \text{ во примарниот ефлуент}$$

или

$$V (m^3) = A (m^2) \cdot H (m) \quad (6.4)$$

каде што: Q – проток; V - волумен на работниот медиум; A – површина во основа; H – длабочина на медиумот

**Опис на опремата.** Терминот прокапник вообичаено се користи за филтри кои имаат карпест работен медиум и се релативно плитки (1,2 – 3,0 m). Процесите кои користат

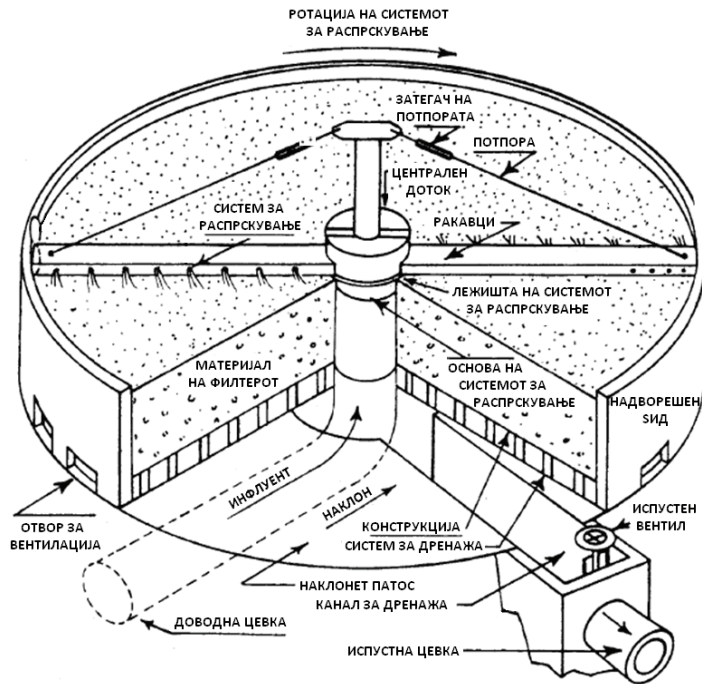
пластика или друг вештачки материјал како работен медиум се нарекуваат биолошки кули или биокули и имаат длабочина поголема од 3 m. Сличниот термин, биофилтер, понекогаш се користи за филтерски кули кај кои биолошките цврсти материји од систем со биолошка тиња се рециклираат низ работен медиум.

Следните шест основни компоненти се заеднички за сите системи со прокапници и биокули:

- » Систем за разведување (дистрибуција)
- » Работен медиум на филтерот
- » Систем за одведување на пречистената вода (дренажа)
- » Градба која ја задржува водата
- » Пумпна станица или вентил за дозирање
- » Секундарни таложници

Основните компоненти се прикажани на слика 6.5.

Два основни типа за разведување на отпадната вода се системите со фиксен млазник и ротирачки систем. Првите биле често користени во првата половина на 20 век, но нивната примена кај современите прокапници е ограничена. **Системите со фиксен млазник** се состојат од цевководен систем, кој ја доведува отпадната вода и рециклираната отпадна вода од пумпната станица до млазниците за распрскување. Постојат поголем број на технички усовршувања на овој процес, како, на пример, пружини, топки или други механизми, кои служат за рамномерно распрскување на отпадната вода при променлив доток. Дури и со овие усовршувања, обезбедувањето на рамномерно распрскување е потешко изводливо отколку кај ротирачките системи. Друг проблем кој се среќава кај системите со млазник е потешкиот пристап за негово чистење и безбедносните аспекти на тоа прашање.

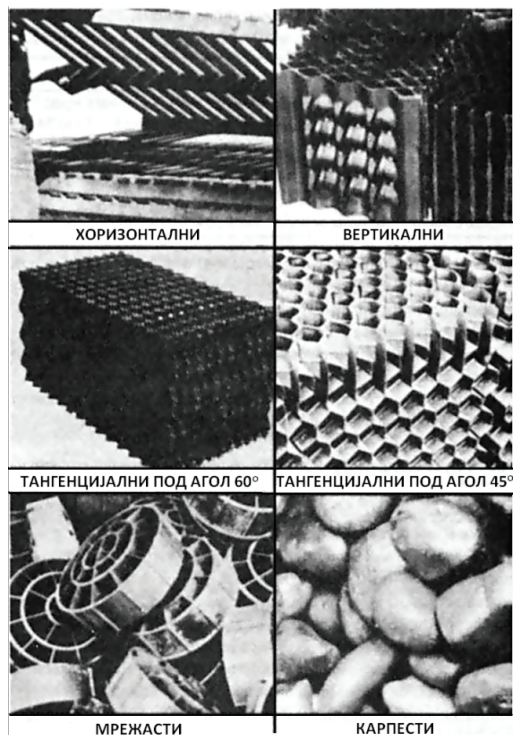


Слика 6.5. Делови на филтер-прокапник

**Ротирачките системи** за распрскување на отпадната вода се состојат од централен извор (обично изработен од метал) поставен на основа. Вообичаено има два или повеќе краци кои ја доведуваат отпадната водата до отворите (блендите) со различен напречен пресек и ја распрскуваат врз површината на работниот медиум. Потисокот на водениот млаз ги движи краците напред. Во последно време, некои ротирачки системи се опремени со електричен мотор кој го погонува системот и служи за прецизна контрола на брзината на распрскување на отпадната вода. Овој погон може да се користи континуирано или само во случај на застој во работата. Со намалување на брзината на распрскување може да се спречи затнување, намалени перформанси и непријатни мириси, посебно кај високооптоварени филтри. Со монтирање на мотори може да се подобрат перформансите и кај постоечките прокапници и биокули.

Друг понов метод кој се користи за попрецизно управување со распрскувањето на отпадната вода кај прокапниците се пневматски управувани затвораачи кои ги отвораат и затвораат отворите на двете страни на краците. При промена на дотокот, преку автоматско нагудување на отвореноста на блендите, се постигнува константна брзина на распрскување.

Постојат повеќе видови на материјали кои се користат како **работен медиум кај филтрите** и кои го поддржуваат биолошкиот раст. Најчестите видови се прикажани на слика 6.6 [2]. Медиумите обично се класифицираат како високоефикасни (со голема површина и слободен простор на единица волумен од филтерот) или стандардни (карпести).



Слика 6.6. Работни медиуми кај филтри-прокапници [2]

Филтрите со пластичен работен медиум се изработуваат за тангенцијално струење од 60 и 45° или со мрежеста



форма (*random media*). За отстранување на јаглеродното БПК оптоварување, површината на филтрите обично изнесува од 89 до 105  $m^2/m^3$  работен медиум и процент на слободен простор од 92 до 97 % од вкупниот волумен. Постојат и филтерски медиуми за нитрификација (после отстранувањето на БПК) со површина поголема од 131  $m^2/m^3$ . Врз основа на бројни студии за споредба на работните медиуми кај прокапниците, заклучено е дека медиумите за тангенцијално струење обезбедуваат најдобра распределба на протокот, посебно при ниско органско оптоварување.

Карпестиот медиум може да се состои од материјал од природните корита на реките или од скршен камен (карпа). Најголемиот број од нив имаат околу 150  $m^2/m^3$  површина и помалку од 40 % слободен простор.

Значајна разлика помеѓу карпестите и пластичните медиуми е специфичната тежина, која кај првите изнесува околу 1282  $kg/m^3$ , во споредба со 32 – 48  $kg/m^3$  кај пластичните. Дополнителни мерки кои се преземаат кај пластичните филтри се UV-адитивите на изложениот површински слој на пластика, подебели пластични сидови за пониските делови, каде што се зголемува оптоварувањето, како и во некои случаи, заштита на површинскиот слој од ефектите на хидрауличната сила на распределителот.

Во минатото малку се посветувало значење при проектирањето на секундарните таложници. Иако е јасно дека нивната функција е многу поважна кај системите со активна тиња, сепак, и кај прокапниците или биокулите претставуваат важен сегмент во пречистувањето.

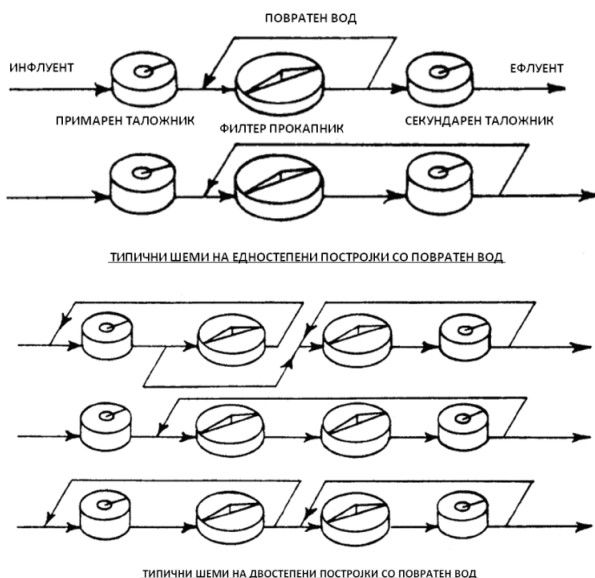
Успешноста на биолошките филтри вообичаено не се мери само преку отстранувањето на БПК оптоварувањето, туку и преку способноста на секундарниот таложник да ги одвои измешаните цврсти материи од пречистената вода. Најдобри резултати во практиката се добиваат со големи преливи и со плитки страни (2,4 – 3 m). Соодветните

таложници кај системите со активна тиња се подлабоки (3,0 – 3,7 m) и имаат многу помали брзини на прелив.

Еден од начините за управување со процесот на пречистување кај биолошките филтри е рецикулацијата на дел од пречистената вода назад во филтерот/биокултата. Со ова се постигнуваат повеќе ефекти:

- » Се намалува силата со која отпадната вода го оптоварува филтерот
- » Се разблажува токсичниот отпад, доколку е присутен
- » Се задржува популацијата на микроорганизми на филтерот
- » Се обезбедува изедначена дистрибуција на протокот и
- » Се спречува сушење на филтерот.

На слика 6.7. се прикажани најчестите начини (шеми) на рецикулација. Доколку се појави непријатен мирис од примарниот таложник или цевководите, со рецикулација на ефлуентот од филтерот до овие локации може да се поправи состојбата. При тоа мора да се внимава на преоптоварувањето на таложниците.

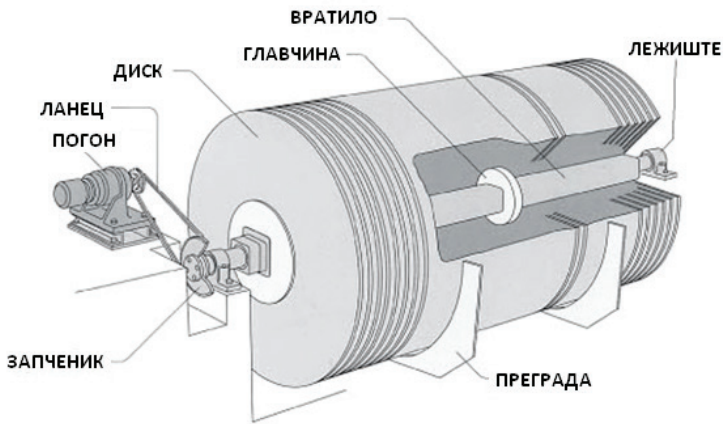


Слика 6.7. Шеми на рецикулација (повратен вод) кај филтри-прокапници

Начинот на кој се управуваат секундарните таложници може значително да влијае врз работата и перформансите на прокапниците. Иако работата на таложникот кај системи со неподвижен филм не е од суштинско значење, како кај системите со активна тиња, сепак, мора да се внимава на крајното таложење. Тињата мора брзо да се изнесува од крајниот таложник пред да настане гасификација или пред нитрификацијата да предизвика испливување на цврстите материи. Длабочината на тињата во секундарниот таложник треба да се ограничи на 0,3 – 0,6 m. Одведувањето се врши со континуирано или периодично пумпање.

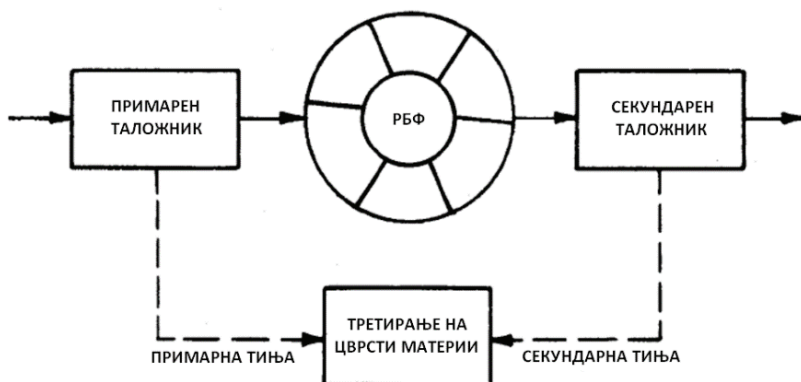
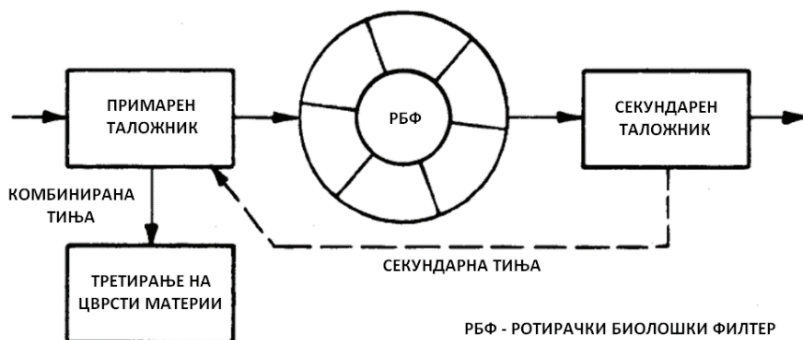
### **6.3.2. Ротирачки биолошки филтри**

Работниот медиум кај ротирачките биолошки филтри (РБФ) се состои од пластични дискови поставени на долги, хоризонтални ротирачки вратила (слика 6.8). Биолошка скрама, слична како кај прокапниците и биокулите, постои на работниот медиум. Но, за разлика од неподвижните филтри, во овој случај работниот медиум ротира во мирната отпадна вода и потоа излегува надвор од неа, каде што организмите добиваат воздух од околината кој им помага да ги консумираат органските материи во отпадната вода. Овој тип на биолошки филтри наголемо се користат низ светот, а само во САД има околу 600 постројки за комунални и индустриски отпадни води. Најголемиот дел од нив се проектирани за отстранување на БПК<sub>5</sub> оптоварувањето, но мал дел и за отстранување на азотот и азотните соединенија. На самите почетоци на примената на овие постројки во доцните 70-ти и раните 80-ти години на минатиот век, често се случувале механички проблеми и органско преоптоварување. Но, потоа се развиени стандарди кои ги намалуваат или елиминираат најголемиот дел од проблемите, иако сè уште се јавуваат механички проблеми.



Слика 6.8. Ротирачки биолошки филтри

Текот на водената струја при пречистувањето кај РБФ е сличен со поголемиот број од останатите биолошки системи, бидејќи доброто прелиминарно и примарно пречистување се од суштинско значење во отстранувањето на цврстите материи кои би ја нарушиле работата на РБФ (слика 6.9).



Слика 6.9. Шематски приказ на процесот на пречистување кај ротирачки биолошки филтри

Мора да постои секундарен таложник кој ги отстранува цврстите материји од пречистената вода. Цврстите материји кои се таложат во него потоа можат да се рециклираат во примарниот таложник за дополнително таложење или да се испумпаат директно во системите за нивно третирање (слика 6.9). Изразот *вратило* обично се користи за да се опишат заедно металната конструкција и дискот со филтерскиот медиум. Диските се изработени од кружни пластични плочи со голема густина (околу 3,6 т во пречник, иако се сретнуваат и во поголеми димензии). Плочите се поврзани и склопени на хоризонтални вратила

и обично имаат должина од 7,6 m. На секое вратило има површина од околу 9300 m<sup>2</sup> на која може да се развиваат микроорганизмите. Работни медиуми со помали густини се применуваат обично за отстранување на јаглеродното БПК<sub>5</sub> оптоварување, додека погустите се применуваат за нитрификација на амониумот.

Вратилата на РБФ се погонуваат механички или пневматски со воздух под притисок, при што околу 40 % од филтерот е потопен во отпадната вода. Самото пречистување на отпадната вода се изведува со обично поместување и под дејство на Земјината тежа. Бактериите и останатите микроорганизми кои се природно присутни во отпадната вода се нафаќаат и растат на површината на ротирачкиот филтер. Биолошкиот филм се одвојува во водата кога биомасата ќе порасне до степен кога филтерот не може да ја задржи. Одвоениот биофилм и останатите вкупни суспендирани честички се одведуваат со водата и се отстрануваат во секундарниот таложник.

Биолошката скрама на првите филтри е дебела од 0,15 до 0,33 cm. Здравата биомаса на првите филтри има светло кафеава боја, додека биомасата на последните филтри има црвеникава или златна боја. Биомасата може да биде скоро невидлива кај постројките со мало оптоварување. Доколку биомасата има бела или сива боја, тоа е индикација за постоење на надуена тиња, т.е. нездрава средина.

Системите со РБФ обично се состојат од следните видови опрема:

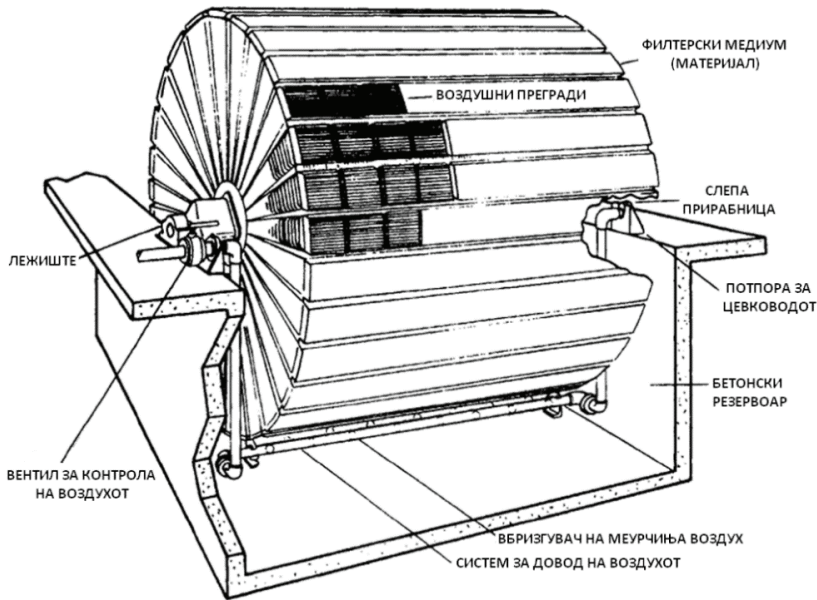
- » Резервоар
- » Прегради
- » Филтер
- » Капак
- » Погон
- » Влезни и излезни цевководи

На слика 6.10 се прикажани компонентите на опремата која вообичаено се користи кај РБФ. Називите на некои делови од опремата може малку да се разликуваат според тоа кој ги произведува. Брзината на ротација на вратилата се движи помеѓу 1,0 и 1,6  $\text{min}^{-1}$ . Иако би била потребна помала енергија за помали брзини на вртење, при тоа би се намалила способноста за пренесување на кислородот. Утврдено е дека поставеноста на вратилото во однос на дотокот на отпадна вода во некои случаи придонесува за подобрување на пречистувањето (на пр., нормално поставено вратило во однос на дотокот), а пак, во други случаи дека нема никакво влијание.

Работата на секундарните таложници кај РБФ е слична како кај прокапниците. Треба да се избегнува нивната улога како локација каде што главно ќе се одвива згуснувањето за да се минимизира денитрификацијата или пренесувањето на цврстите материји со ефлуентот.

Одвојувањето на биомасата од дисковите на филтерот може да се јави како последица на токсични материји, температурни промени или нормална појава на хидраулични тангенцијални сили. Затоа е потребно дневно да се надгледува дебелината на тињата нафатена на филтерот и да се контролира количината на испумпаните цврсти материји (во  $\text{kg}$  на ден), со што би се открило создавање на предебели наслаги и останати проблеми.

Ротирачките биолошки филтри, исто така, се користат за нитрификација на секундарниот ефлуент. Посебен РБФ за нитрификација вообичаено се користи како додаток на постоечките секундарни биолошки системи кои се неопходни за задоволување на законските вредности на концентрациите на амониум-азот во пречистената вода.



Слика 6.10. Ротирачки биолошки филтер на пневматски погон

#### 6.4. Комбинирани процеси

Пречистувањето на отпадната вода обично се замислува како систем од последователни постапки: прелиминарно, примарно, секундарно и терцијарно пречистување. Сепак, при секундарното пречистување некогаш сериски се комбинираат постапки со неподвижен филм (како филтри-прокапници и РБФ) или заедно со други видови на биолошко пречистување (како, на пример, постапки со активна тиња). Овие комбинирани процеси се сретнуваат под различни називи, како, на пример, *степ системи*, *двостепени*, *сериски*, *двојни*, *системи во пар* или само *комбинирани процеси*.

Во средината на 70-тите години на минатиот век доаѓа до развој на високоефикасни работни медиуми за филтрите. Тие во почетокот се користеле само кај високооптоварени

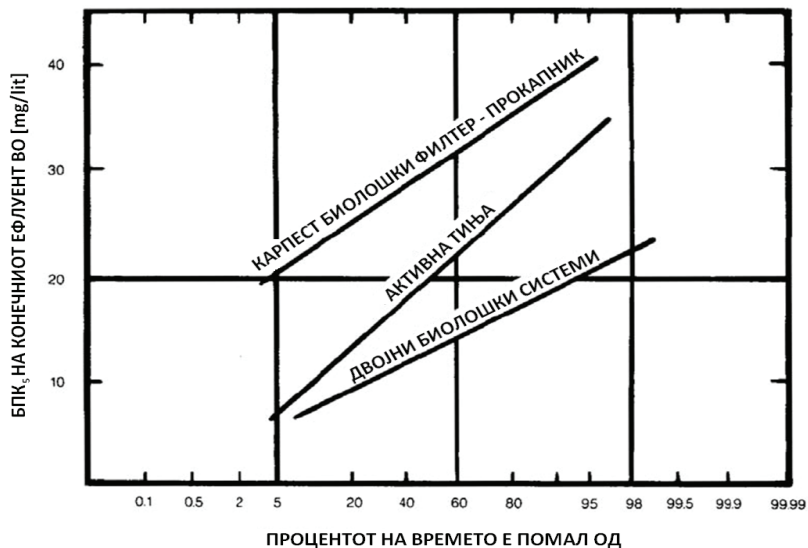


индустриски постројки. Новите медиуми овозможувале органско оптоварување кај прокапниците од 10 до 15 пати поголемо отколку стандардните до тогаш карпести филтри, без појава на зачепување или непријатни мириси. Наскоро станало јасно дека биолошкото пречистување често можело да се реализира со комбинирање на високооптоварени прокапници после кои би следел процес со активна тиња. Предностите и недостатоците на постоечките филтри-прокапници и процесите со активна тиња се прикажани во табела 6.2.

Табела 6.2. Компарација на карактеристиките на филтрите-прокапници и процесите со активна тиња

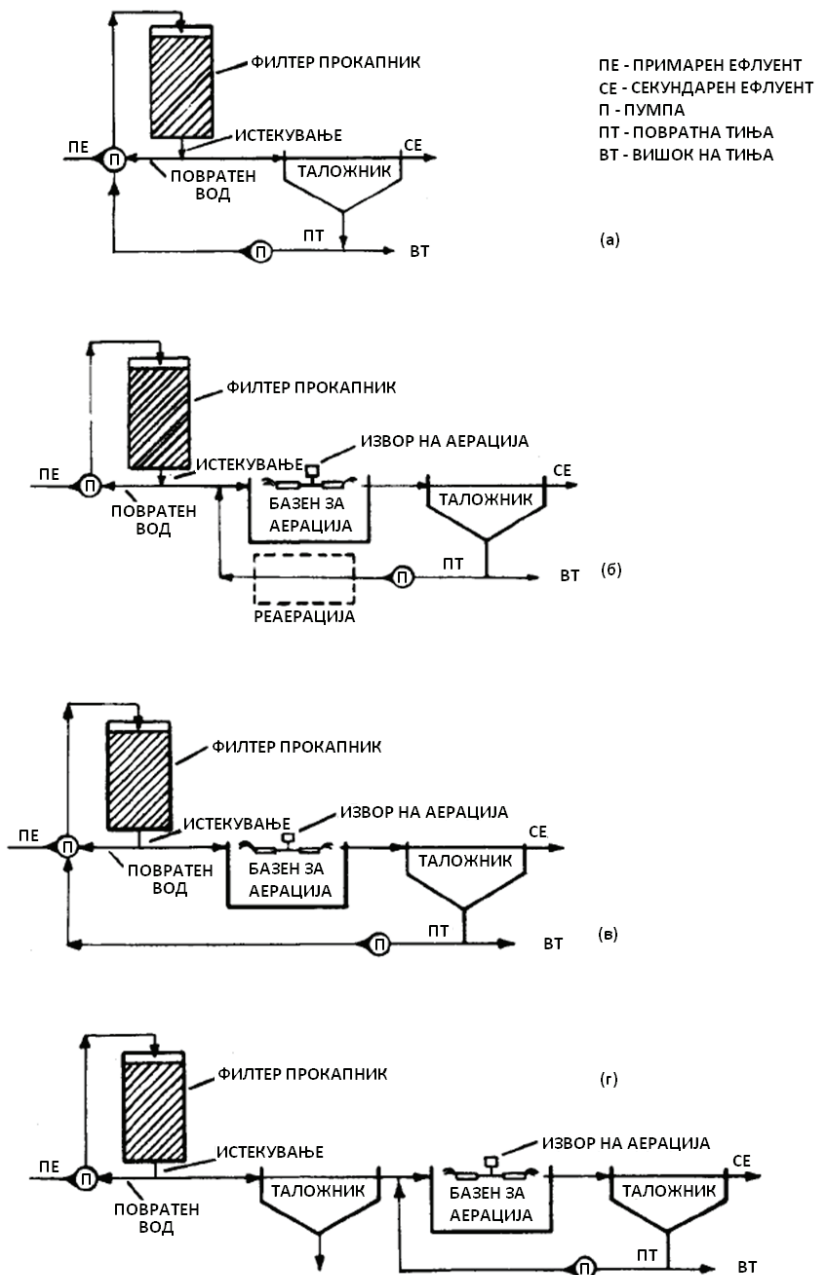
Предности	Недостатоци
<u>Системи со филтри прокапници</u>	
Едноставност. Густа секундарна тиња. Ниски трошоци при работа. Отпорни на непредвидени зголемени оптоварувања. Ниски трошоци за одржување. Ниска потрошувачка на енергија.	Повисоки инвестициски трошоци. Поголема потребна површина за градба. Проблем со непријатната миризба. Чувствителност на температура. Слаба прилагодливост на промени во - работните режими.
<u>Системи со активна тиња</u>	
Зголемена флексибилност во работата. Најниски инвестициски трошоци. Помала потребна површина за градба. Намалена непријатна миризба. Контрола на нитрификацијата.	Сложеност на системот. Поголем волумен на тиња. Висока потрошувачка на енергија. Повисоки трошоци при работата. Помала отпорност на непредвидени - зголемени оптоварувања.

Со нивно комбинирање често се добивала едноставноста, отпорноста на хидраулични удари и евтиното одржување на прокапниците, како и подобрените карактеристики на ефлуентот или зголемената нитрификација во базенот со активна тиња. На слика 6.11 е прикажана сигурноста на комбинираните процеси, во споредба со процесите со активна тиња и филтер-прокапник.



Слика 6.11. Споредба на квалитетот на ефлуентот кој се добива со карпест филтер-прокапник, активна тиња и двоен систем на пречистување [2]

Можен е голем број на комбинации на процесите во зависност од тоа колку процеси со активна тиња и прокапници би се примениле, оптоварувањето на поединечните постројки и во зависност од тоа во која точка на основното струење се внесува повратната тиња и останатите рециркулациони текови. Шематскиот приказ на најчестите комбинирани процеси е прикажан на слика 6.12.



Слика 6.12. Шематски приказ на комбинираните постапки, а) ABF, б) TF/SC и RF/AS, в) VF/AS и г) TF/AS [2]

## 6.5. Биолошко отстранување на нутриентите

### 6.5.1. Општо

Станиците за пречистување обично ги отстрануваат хранливите материи (како, на пр., азотот или фосфорот) од отпадната вода заради заштита на животната средина, јавното здравје или економски причини. Со истражувања е докажано дека 0,005 mg/l (5 µg/l) растворен ортофосфат го ограничува растот на алгите (WEF, 2001). Други студии покажале дека повеќе од 0,05 mg/l неоргански форми на азотот (амониум-азот и нитрат-азот) можат да го забрзаат растот на алгите.

Молекуларниот или слободен (нејонизиран) амониум може да биде отровен за некои видови риби. Повеќе од 0,2 mg/l нејонизиран амониум може да предизвика акутно труење, па често се контролира преку pH вредноста на водата, температурата и концентрацијата на амониумски јони.

Грижата на јавното здравство се однесува на водата за пиење која содржи азот. Вообичаено регулативата пропишува максимално количество на нитрат-азот од 10 µg/l.

Отстранувањето на хранливите материи може и да ги намали тековните трошоци на работа на пречистителната станица. Кога процесите на аеробно биолошко пречистување мора да извршат нитрификација на отпадната вода, со денитрификацијата на ефлуентот (претворањето на нитратот во атмосферски азот) може да се поврати намалениот кислород и алкалноста, со што се штеди енергија која би била потребна за аерација. Денитрификацијата, исто така, може да ја намали или да ја елиминира потребата за додавање хемикалии за одржување на оптималната pH вредност за биолошките процеси на пречистување. Доколку е потребно отстранување на фосфорот, биолошкото отстранување на

фосфорот (БОФ) може да ги намали потребите за додавање хемикалии и соодветното дополнително создавање тиња. Конечно, биолошкото отстранување на хранливи материи (БОХМ) може да создаде тиња со подобри карактеристики на таложење, во однос на тињата која се добива со конвенционалните процеси.

Постојат повеќе методи на БОХМ (слика 6.13). Еден од поефективните методи е контрола на изворите (на пр., намалување на фосфорот кој се користи при производството на сапун и посебно на прашоци за перење). Некои агенции го елиминирале присуството на фосфор во отпадната вода за повеќе од 50 % преку добра контрола на изворите [7].

Природни системи (на пр., мочуришта, вода која површински тече или езерца) можат да се користат за контрола на хранливите материи, но таа контрола може да се реализира и со хемиски или биолошки процеси.

Карактеристиките на отпадната вода влијаат врз способноста и брзината на отстранувањето на хранливите материи. На пример, ако инфлуентот е инертен (не е биоразградлив), цврстите материи се менуваат, па е потребно да се зголеми времето на задржување за да се одржи нитрификацијата.

Биолошкото отстранување на хранливите материи и фосфорот зависи од располагањето со доволни количини на биоразградлив органски супстрат (ХПК или БПК). Утврдено е дека е потребно 8,6 mg ХПК за отстранување на 1 mg нитрат-азот од отпадната вода, но затоа е потребно само 0,7 – 1,9 mg од биоразградлив супстрат (метанол). Со експерименти е утврдено дека 50 mg ХПК оптоварување се троши за отстранување на 1 mg фосфор од комуналните отпадни води.

Заради потребата од доволна количина биоразградлив органски супстрат, кај бројни постројки за пречистување во постудени климатски подрачја (каде што БПК состојките бавно

се распаѓаат), во отпадната вода се додава ферментирана тиња или се доведува рециклирана вода за ферментирање на нуспродуктите (ова се нарекува *ферментација на примарната тиња*). Оваа постапка се изведува во самата постројка и со неа се елиминира потребата од метанол или други комерцијални запаливи супстанции, но е веројатно непотребна при повисоки надворешни температури, кога природната ферментација во колекторскиот систем произведува доволно киселини кои се потребни за процесите на отстранување на хранливите материји.

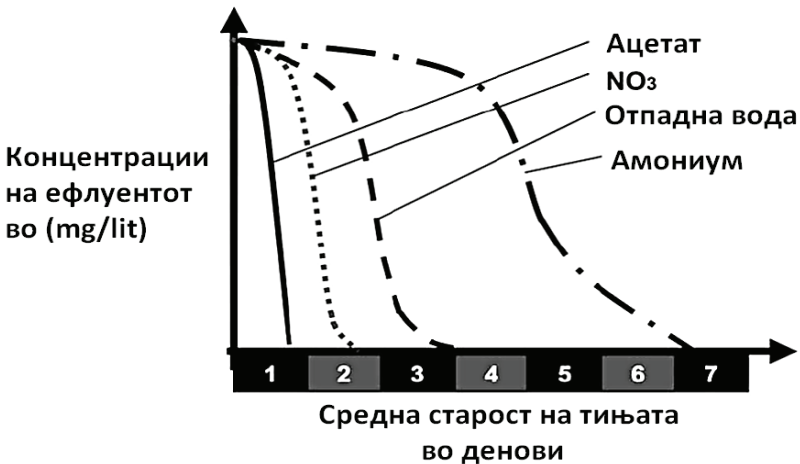
СИСТЕМ	КАТЕГОРИЈА	НАЧИН
Контрола на изворите на загадување	Ограничувања кај производите Минимизирање на отпадните води Индустриски пред-третман	
Природни системи	Системи врз база на земја (почва)	Инфилтрациски базени Површинско струење Наводнување со распрскување
	Системи врз база на вода	Природни мочуришта Изградени мочуришта Аквакултури Факултативни езерца
Системи со активна тиња	Последователна аерација	Активна тиња со продолжена изложеност на воздух Секвенционални batch реактори Повратна активна тиња Оксидациски ров со фазна работа
	Нитрификација и/или денитрификација	Конвенционална активна тиња Bardenpho LE Изменет LE Аноксично полнење во фази
	Отстранување на фосфорот и/или отстранување на фосфор/азот	5-фазен bardenpho Анаеробно/оксично A/O Анаеробно/аноксично/оксично A2/O UCT JNB
Комбинирани системи	Пост-денитрификација	Активна тиња/послеаноксична активна тиња Активна тиња/пост-денитрификациски филтер
	Интегрирани процеси	Мембрански филтер/активна тиња Интегриран неподвижен филм/активна тиња
	Комбиниран процес со неподвижен филм и активна тиња	Филтер прокапник/активна тиња Филтер прокапник/контакт со цврстите-материји
Системи со неподвижен филм (слој)	Системи со неподвижен филм	Филтерски слој Флуидизиран слој Филтер прокапник во кој се одвива нитрификација Сериски поврзани филтри-прокапници
Хемиски / Физички системи	Испарување на испарливите органски материји од отпадната вода Јонска размена Хлоринирање	

Слика 6.13. Можности за отстранување на хранливите материји

### 6.5.2. Биолошко отстранување на азотот

Што ќе се случи со азотот во текот на секундарното пречистување зависи од јаглеродните компоненти (измерените БПК и ХПК вредности), типот на тињата (цврстите материји во водата) и применетите методи на оксидација (слика 6.14). При тоа, средната старост на тињата се дефинира на следниот начин:

$$\text{Средна старост во } d = \frac{\text{постоечка бактериска маса во БАТ во } g/l}{\text{одведена бактериска маса (ВТ) во } g/l \cdot d} \quad (6.5)$$



Слика 6.14. Влијание на староста на тињата врз пречистувањето [2]

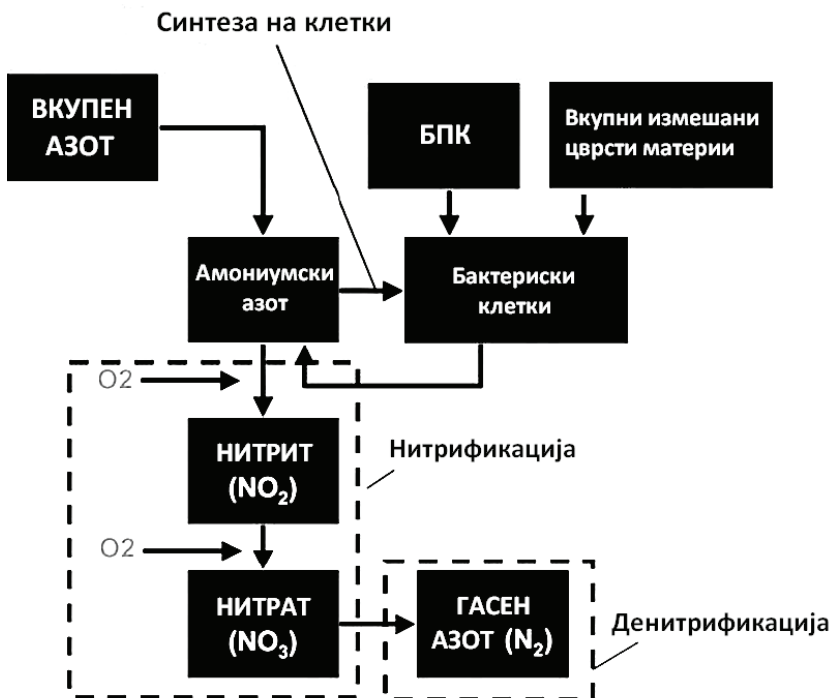
Кога азотот влегува во пречистителната станица се состои од органски азот и од амониум-азот. Отпадната вода од домаќинствата обично содржи околу 40 mg/l вкупен азот (25 mg/l амониум и 15 mg/l органски азот). Биолошкото пречистување на амониумскиот азот се постигнува со негово вградување во биолошките клетки или негова оксидација во нитрат (слика 6.15). Доколку се вгради во биолошки клетки, тогаш амониумот и органскиот азот се одведуваат со вишокот активна тиња. Доколку се оксидира во нитрат, тогаш оксидираниот амониум (нитрат) може да

се претвори во гасовит азот преку денитрификација и да се испушти во атмосферата.

Карактеристиките на отпадната вода можат да влијаат врз однесувањето на т.н. хранливи материи.

Обично ефлуентот после примарното пречистување содржи 160 mg/l БПК. Во текот на секундарното пречистување се добива околу 80 mg/l биолошки цврсти материи. Биолошката тиња што се добива содржи околу 10 % азот и 2 % фосфор. На пример, доколку 20% од органскиот азот (15 mg/lit) хидролизира во амониум, тогаш вкупниот амониум-азот кој ќе биде на располагање за синтеза на клетки ќе изнесува:

$$15 \left( \frac{mg}{L} \right) \cdot 0,2 + 25 \left( \frac{mg}{L} \right) = 3,0 \left( \frac{mg}{L} \right) + 25 \left( \frac{mg}{L} \right) = 28 \left( \frac{mg}{L} \right) \quad (6.6)$$



Слика 6.15. Отстранување на азотот во пречистителните станици [2]



Разликата помеѓу конвенционална постапка со активна тиња и постапка за отстранување на хранливите материи е во тоа што во првиот случај азотот се отстранува само преку изнесување на вишокот на тиња. Во вториот случај, постројката го отстранува азотот преку тињата, но и преку комбинирана биолошка реакција за оксидирање на преостанатиот амониум (нитрификација) и редуција на оксидираниот азот (денитрификација). Доколку постројката има само лимит за концентрацијата на амониумот, при тоа е можна само нитрификација на отпадната вода. Доколку постројката има лимити и за амониумот и за оксидираниот нитрат, во тој случај ќе биде потребно да се реализираат обата процеса: нитрификација и денитрификација на отпадната вода.

#### 6.5.2.1. Нитрификација

Нитрификацијата е биолошко претворање на амониумскиот азот во нитратен азот. Таа се изведува со помош на *автотрофни микроорганизми* – организми кои користат неоргански материи како извор на храна, а фотосинтеза или хемосинтеза како извор на енергија. Тие го оксидираат амониумот и го редуцираат јаглерод диоксидот за да произведат нова биомаса, при што за 6-9 дена време на задржување создаваат 0,2 mg растворени цврсти материи од 1 mg отстранет амониум.

Оксидацијата на амониумот во нитрат примарно се врши од аутотрофни бактерии во двостепен процес (равенка 6.2). ***Nitrosomonas*** бактериите добиваат енергија од оксидацијата на амониумот во нитрит, додека ***Nitrobacter*** видот добива енергија од оксидацијата на нитрит во нитрат. Овие реакции не создаваат голема енергија, па затоа се мали популациите на бактериите кои предизвикуваат нитрификација. Ова е причината зошто мора процесот со активна тиња да се проектира и да се води со поголеми

времиња на задржување на тињата, односно да се спречи одведување на бактериите кои обезбедуваат непречено одвивање процесот на нитрификација надвор од системот. Процесот на нитрификација може да се проектира како комбиниран систем, каде што би се изведувало и отстранување на ЈБПК оптоварувањето и оксидацијата на амониумот, или како двостепен систем со два засебни чекора за двете одделни постапки.

Потребата од кислород за целосна нитрификација е висока. Кај вообичаена комунална пречистителна станица, нитрификацијата ќе ги зголеми потребните постројки за оксидација за 30 – 40% од тие што би биле потребни за отстранување на ЈБПК оптоварувањето. Нитрификацијата ќе троши околу 4,6 mg кислород/mg амониум-азот што се оксидира. Концентрациите на растворениот кислород во БАТ влијаат врз стапката на нитрификација. Тие стапки се намалуваат со намалувањето на растворениот кислород. Концентрациите на растворениот кислород би требало да се движат во границите од 2 до 3 mg/l при добри перформанси на процесот на нитрификација, иако е прифатлива вредноста од 0,5 mg/l при максимално оптоварување на отпадната вода.

Оптималниот раст на бактериите потребни во процесот на нитрификација се јавува при рН вредности помеѓу 6,5 и 8,0, иако има случаи на ефикасна нитрификација и надвор од овој интервал. Во текот на нитрификацијата се создава минерална киселост ( $\text{NO}_3^-$ ). Доколку не е присутна доволна алкалност (базност), рН вредноста во системот ќе се намали и нитрификацијата ќе се забави. Затоа треба да се предвидат 50 – 100 mg  $\text{CaCO}_3$ /l за стабилна работа. Дополнителна алкалност може да се обезбеди преку хемиско додавање на сода, прав или магнезиум хидроксид.

Иако нитрификацијата може да се одвива при различни температури, намалувањето на температурата ќе ја забави

брзината на реакцијата. Како резултат на тоа, во постудени климатски услови треба да се зголеми времето за кое се задржуваат микроорганизмите во БАТ за да се задоволат ниските стапки на нитрификација. Во потопли климатски услови, нитрификацијата се одвива и при времиња на престој на тињата од 3 дена или покуси, додека во постудени услови, тој период е подолг и од 20 дена.

Системите за нитрификација кај отпадната вода во комуналните пречистителни станици можат да постигнат процент на отстранување на амониумот поголем од 90 %, при што се добиваат концентрации на амониум помали од 1 g N/l [2].

Првиот чекор при нитрификацијата е оксидирање на амониумот во нитрит со помош на бактериите *Nitrosomonas*. Потоа, *Nitrobacter* бактериите го оксидираат нитритот во нитрат. Процесот на нитрификација може да се опише со следните равенки:



Нитрификацијата обично е целосна реакција, т.е. резултатот е доминантно нитрат (малку или целосно отсуство на нитрит). Сепак, кај пречистителните станици кои вршат сезонска нитрификација може да настане акумулација на нитритот додека не се создаде доволна популација од бавно растечките *Nitrobacter*. Акумулацијата на нитрити може да води кон прекумерна потрошувачка на хлор поради нецелосно оксидираниот нитрит.

Ефикасната нитрификација зависи од доволните количини на кислород и алкалност (за обезбедување на потребната

pH вредност на отпадната вода. *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* трошат околу 4,5 mg кислород и 7 mg алкалност (во форма на калциум карбонат) за секој 1 mg нитрат кој се формира. Тоа значи дека се добиваат 0,06 – 0,2 mg растворени цврсти материи за секој mg формиран нитрат.

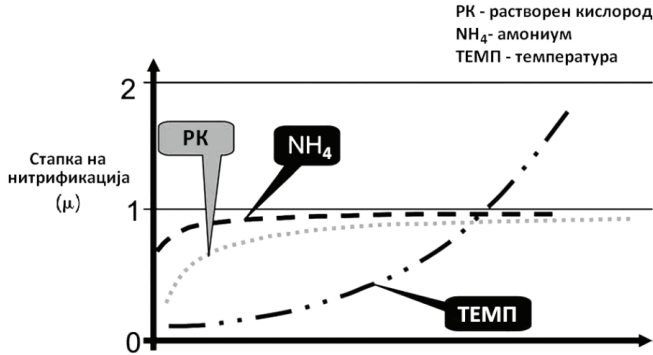
Автотрофните бактерии обично растат два или три пати побавно од хетеротрофните бактерии, кои се доминантни организми кај системите за биолошкото пречистување. Врската помеѓу стапката на раст на бактериите и средната старост на тињата е многу важна во определувањето дали и како температурата, растворениот кислород и други фактори влијаат врз биолошкото пречистување. Стапката на раст на биомасата ( $\mu$ ) се пресметува на следниот начин:

$$\mu = \frac{\text{Дневен пораст на бактериска маса}}{\text{Постоечка бактериска маса}} \quad (6.9)$$

Најголемата стапка на раст ( $\mu_{\max}$ ) кај бактериите за нитрификација при 20 °C е обично помеѓу 0,14 и 0,23 kg/d. Со други зборови,  $\mu$  е инверзна вредност од староста на тињата, т.е. минималната старост на тињата е инверзна вредност од максималната стапка на раст:

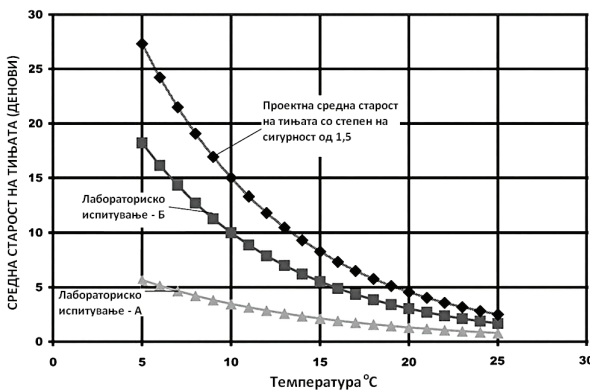
$$\text{Средна старост}_{\min} = \frac{1}{\mu_{\max}} \quad (6.10)$$

Нитрификацијата зависи од концентрациите на амониум, растворениот кислород и температурата на отпадната вода (слика 6.16). Стандардните услови кои се користат за дефинирање на стапката на отстранување се 20 °C, 2 mg/l растворен кислород и 10 mg/l амониум. Доколку паднат концентрациите на растворен кислород или амониум, тогаш нитрификацијата ќе забави. Ако средината не е токсична, намалувањето на температурата под стандардната најверојатно ќе предизвика најголемо влијание врз намалувањето на стапката на нитрификација.



Слика 6.16. Клучни фактори кои влијаат на нитрификацијата [2]

Повеќето пречистителни станици се проектирани врз база на максималните стапки на раст за даден опсег на работни температури. При проектирањето на вакви постројки, се препорачува да се земе средна старост на тињата 1,5 – 2 пати поголема од теоретски потребната за нитрификација (слика 6.17). На пример, пресметаната вредност за староста на тињата (користејќи  $\mu_{max}$ ) може да биде 10 дена при 10 °C, но, сепак, проектантот би требало да предвиди аерационен базен кој би бил доволно голем за 15-дневна старост (фактор на сигурност од 1,5) или за 20-дневна старост на тињата (фактор на сигурност 2). Во краен случај, може да се утврди дека процесот на нитрификација може сигурно да се одвива и при помала старост на тињата. „Најдобрата“ старост е специфика на секоја пречистителна станица поради големиот број на фактори кои мора да се земат предвид.



Слика 6.17. Проектирана средна старост на тињата (денови) за нитрификација [2]

pH вредноста, исто така, влијае врз нитрификацијата. Оптималната вредност се движи околу 7,5. Со нејзиното намалување, се намалуваат и стапката на раст и активноста на бактериите кои ја предизвикуваат нитрификацијата, при што целиот процес може да биде загрозен при вредности под 6,5. Сепак, некои студии покажале дека бактериите имаат способност и да се приспособат и на пониски вредности.

Некои метални, органски и неоргански состојки можат негативно да влијаат врз растот на автотрофните бактерии. Затоа е потребно да се направат испитувања доколку се појави сомнеж за ваква појава.

#### **6.5.2.2. Денитрификација**

Денитрификацијата е биолошки процес во еден чекор со кој се редуцира нитратот во азотен гас (равенка 6.3). Азотните гасови ( $N_2$  и останати азотни оксиди), кои се добиваат во текот на овој процес, се испуштаат од растворот, со што се намалува азотот во системот. Повеќе микроорганизми, кои се веќе присутни во комуналните отпадни води, можат да влијаат врз оваа реакција. Овие организми се хетеротрофни, т.е. потребна им е органска материја за раст. Тие се способни да го користат кислородот или нитратот, но термодинамички повеќе им одговара кислородот. Ова вообичаено се обезбедува во процесите со активна тиња преку проектирање на аноксична зона во системот на биолошкиот реактор. Органски јаглерод, како, на пример, метанол, може да се додаде како дополнителен извор на јаглерод или преку довод на вода со ЈБПК оптоварување. Треба да се напомене дека денитрификацијата може да се одвива и ненамерно во аноксична зона во таложникот каде се таложува тињата (што понекогаш предизвикува надуена тиња) или во каналите за повратна тиња. Денитрификацијата кај комуналните отпадни води бара

амониумот прво да се оксидира во нитрат. Постојат бројни системи за нитрификација-денитрификација со примена на активна тиња. При тоа, можат да бидат единечни системи кои вклучуваат отстранување на ЈБК, оксидација на амониумот и редукција на нитратот во неколку чекори со користење на еден процес на бистрење. Но, можат да се одвиваат и во повеќе фази (посебни постапки) со поединечна тиња од секој од процесите. И двата вида постапки постигнуваат висок степен на отстранување на азотот од 85 до 95 % кај комуналните отпадни води.

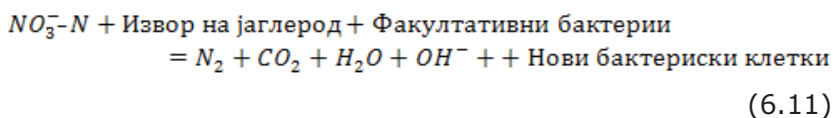
Постапката на денитрификација е осетлива на температура, при што се забавува при пониски температури. Затоа, можно е потреба од промена на времето на престој на тињата при постудени климатски услови, за да се обезбеди непречена активност. Овој процес создава алкалност и тоа 3,6 mg CaCO<sub>3</sub> алкалност/mg редуциран нитрат-азот.

Во текот на процесот на денитрификација, бактериите го редуцираат нитратот во азотен гас (слика 6.18). Азотот во гасна форма не е лесно растворлив во вода, па затоа се испушта во атмосферата. Атмосферата природно содржи повеќе од 70 % азот, така што овие емисии не ја загадуваат животната средина.

Денитрификацијата се врши со помош на *хетеротрофни микроорганизми* – организми кои користат органски материи како извор на храна и метаболична синтеза како извор на енергија. Хетеротрофните организми трошат помалку енергија на синтеза отколку автотрофните организми, па растат побрзо и создаваат поголема клеточна маса. Вообичаената старост на тињата во нивниот случај е од 2 до 4 дена за да создадат 0,5 mg растворени цврсти материи при отстранување на 1 mg БПК оптоварување.

Постојат повеќе хетеротрофни бактерии кои можат да учествуваат во процесот на денитрификација на отпадната вода. Овие бактерии се „факултативни“ бактерии, што значи

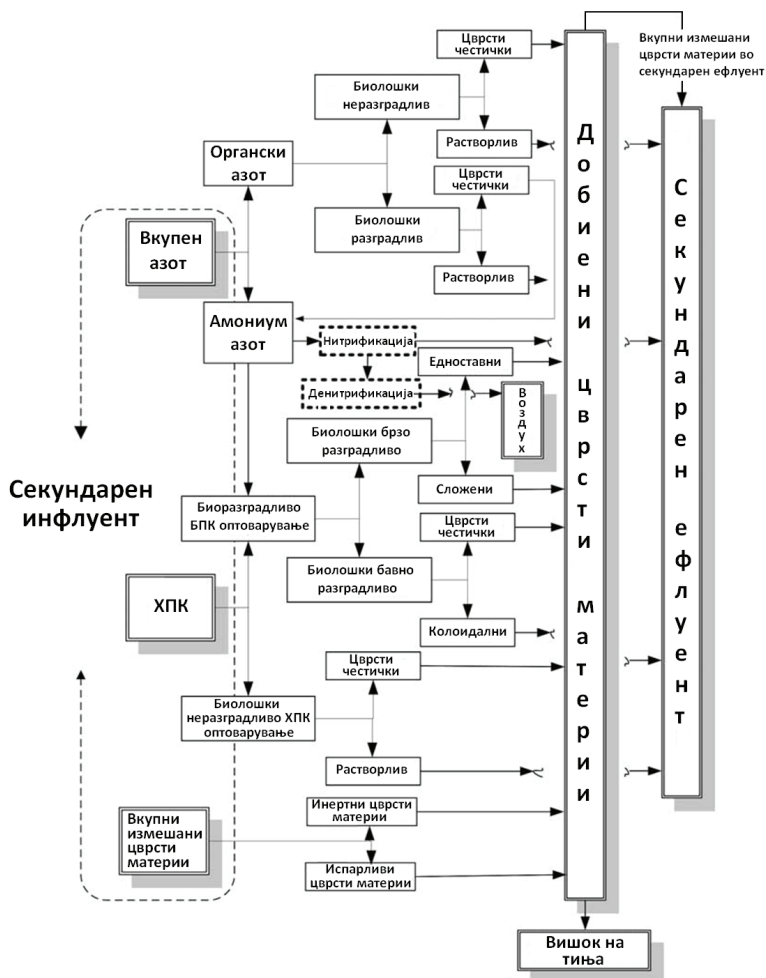
дека можат да функционираат во аеробна или аноксична средина. Тие најпрво го користат молекуларниот кислород, но доколку во средината постои помалку од 0,3 до 0,5 mg/l растворен кислород, тогаш го одземаат кислородот од нитратните молекули за да синтетизираат јаглеродни состојки (на пр., БПК):



Биохемиските реакции поврзани со денитрификацијата се клучни фактори во работата на пречистителна станица за отпадни води. На пример, со редуцирањето на нитратот се елиминира дел од БПК потрошувачката, па во аноксичните реактори е можно отстранување на јаглеродното БПК оптоварување. Ако ЈБПК оптоварувањето е единствената вредност која се контролира при пречистувањето, тогаш при пресметките за средната старост на тињата може да се земе биомасата од процесот на денитрификација.

Теоретски, 2,86 mg кислород се добива при редукција на секој милиграм нитрат во азотен гас. Ова е повеќе од 60 % од потребниот кислород за нитрификација, па на овој начин се обезбедува значително намалување на потребната опрема за аерација во другите делови на постројката.





Слика 6.18. Интеракции помеѓу хранливите материји [2]

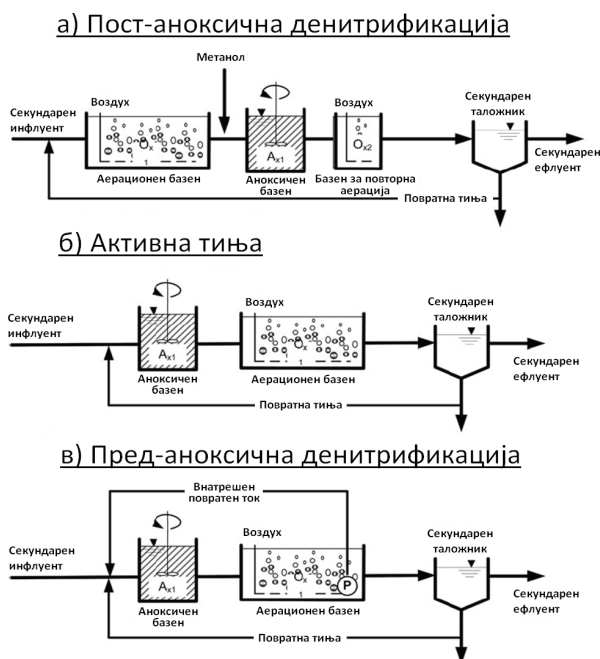
Како последица на денитрификацијата се добиваат и нови бактериски клетки. Зголемувањето на клеточната маса зависи од изворот на јаглерод. На пример, доколку изворот на јаглерод е метанолот, тогаш тоа зголемување е околу 0,5 mg растворени цврсти материји (РЦМ) за секој отстранет милиграм нитрат. Во случај, пак, изворот да е БПК, таа количина е околу 1,5 mg РЦМ.

Дополнителни 3,57 mg алкалност (во вид на калциум карбонат) се добиваат за секој отстранет милиграм нитрат.

На тој начин, при денитрификацијата се враќа околу 50 % од алкалноста која се губи во текот на процесот на нитрификација.

Бактериите кои ја овозможуваат денитрификацијата се помалку чувствителни на средината отколку соодветните бактерии при нитрификацијата, па условите не влијаат на нивниот раст.

Нитрификацијата и денитрификацијата можат да се одвиваат во една постројка во пречистителната станица (*Симултана нитрификација/денитрификација - СНД*) или денитрификацијата може да се одвива посебно пред или после аноксичните реактори. Во 70-тите години на минатиот век, отстранувањето на хранливите материи и денитрификацијата се одвивале во реактори после аноксичните (слика 6.19a) [2]. Метанолот се користел како главен јаглероден извор за денитрификација. После денитрификацијата следи релативно мал постаерационен реактор за оксидација на преостанатите органски материи.



Слика 6.19. Технички решенија за реализација на денитрификацијата [2]

Во 80-тите години на минатиот век, голем број на пречистителни станици биле надградени со уреди за контрола на филаментозните организми (слика 6.19б). Во оние постројки во кои се одвивала нитрификација на отпадната вода, во аноксичните зони се вршела денитрификација на повратната тиња и контрола на филаментите. Ова е искористено поради високата цена и опасноста при користењето на менатолот. Се додава внатрешен повратен ток (MLR) и се применува преданоксичен резервоар за денитрификација (слика 6.19в). Во овој резервоар се користат непречистената отпадна вода или примарниот ефлуент како извор на јаглород за денитрификација.

Општо гледано, стапката на денитрификација опаѓа при струењето на отпадната вода низ различните аноксични зони, бидејќи на располагање е поголема биоразградлива БПК во низводните аноксични зони отколку во возводните.

Температурата и рН вредноста, исто така, влијаат врз стапката на денитрификација, но најважен фактор е молекуларниот кислород. Во една пречистителна станица треба да се минимизира концентрацијата на молекуларен кислород во отпадната вода. Постои практична граница на процесот на денитрификација. Отстранувањето на нитратот е функција од произведениот нитрат во аеробната зона и во секундарниот ефлуент.

### **6.5.2.3. Технички решенија за отстранување на азотот**

*Процес на Ludzack-Ettinger (LE).* Во 60-тите и 70-тите на минатиот век години инженерите направиле повеќе модификации на конвенционалните постапки со активна тиња за да се подобри отстранувањето на азотот. На пример, научниците Ludzack и Ettinger развиле модел во кој повратната тиња и секундарниот инфлуент се комбинираат

во аноксична зона, која се наоѓа пред аеробната зона (слика 6.20а). Нитратот кој се создава во аеробната зона се враќа во аноксичната зона за денитрификација преку повратната тиња.

Поради тоа што единствениот извор на нитрат за аноксичната зона е повратната тиња, денитрификацијата е ограничена од протокот на повратна тиња. На овој начин, оваа постапка на денитрификација е применлива само во случаи кога нема строги прописи за количините на нитрат или може да се одржуваат високи протоци на повратна тиња.

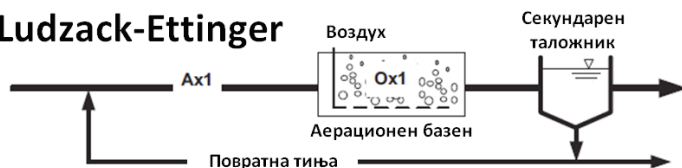
*Модифицирано Ludzack-Ettinger (MLE) решение.* Разликата помеѓу LE и MLE процесите е во тоа што во вториот случај се врши повратен тек од оксичната во аноксичната зона (слика 6.20б). Овој повратен тек може да изнесува од 100 до 300 % од протокот на секундарниот инфлуент, во зависност од саканиот степен на денитрификација. Концентрациите на нитрат во ефлуентот обично изнесуваат помеѓу 4 и 7 mg/l.

Пумпите за реализација на повратниот тек на мешавината од отпадна вода и микроорганизми можат да бидат релативно мали поради кусите растојанија и големиот пречник на цевките доведува до отпори од околу 0,9 m. Во некои случаи е можно тие повеќе да наликуваат на вентилатори отколку на конвенционалните центрифугални пумпи кои се применуваат кај постројките за пречистување на отпадната вода.

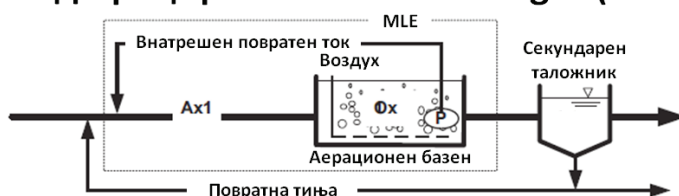
Решението на сл. 6.20б е основа за отстранување на хранливите материи, па на MLE процесот се повикуваат многудруги решенија и процеси. Иако на сл. 6.19 е прикажан аноксичен (или анаеробен) базен како еден реактор, тој најверојатно се состои од две или повеќе ќелии, зони или оддели кои се сериски поврзани. Ако нитрифицираниот ефлуент се враќа за денитрификација, базенот со активна тиња се преместува во втората или третата ќелија на

аноксичниот базен за да се намали растворениот кислород во првиот оддел, па оттаму подобро да се контролираат филаментозните бактерии и да се обезбедат оптимални услови за *Acinetobacter* организмите.

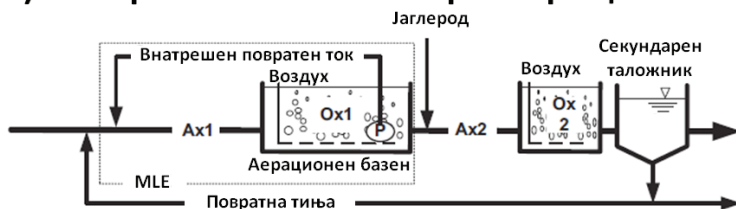
### а) Ludzack-Ettinger



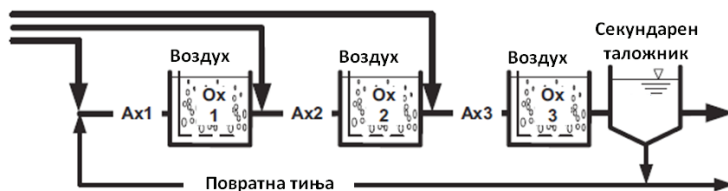
### б) Модифицирано Ludzack-Ettinger (MLE)



### в) Четири-етапен Bardenpho процес



### г) Аноксичен процес со повеќе фази



Слика 6.20. Технички решенија за денитрификација [2]















Четириетапен Bardenpho процес. Овој процес е, всушност, MLE процес со последователни аноксични и аеробни зони (сл. 6.20в). Развиен е од страна на James Bar-

nard и на почетокот се применувал за денитрификација и за биолошко отстранување на фосфорот, при што името го добил како компилација од првите три букви од името на неговиот креатор и зборовите *denitrification* (денитрификација) и *phosphorus* (фосфор). Првичниот извор на јаглород е оцетната киселина или метанолот, но со подоцнежна модификација, наречена усовершен MLE процес, се користи отпадната вода и е конфигуриран за денитрификација (наместо за отстранување на фосфорот) како примарна цел. Обата процеса можат да постигнат концентрации на нитратот во ефлуентот помали од 3 mg/l.

*Аноксичен процес со повеќе фази.* Аноксичните зони можат да се воспостават во конвенционален процес во повеќе фази за да се зголемат концентрациите во базенот со активна тиња во раните фази, што води кон четирифазен процес на биолошко отстранување на хранливите материји со 30 – 40 % поголема старост на тињата од конвенционалните решенија (слика 6.20г). Ако аноксичните и аеробните реактори имаа иста големина, системот со четири фази треба да се подели во односи 15:35:30:20 %. Секоја фаза треба да има сопствена контрола на инфлуентот. Протокот во последната фаза е критичен, бидејќи нема да се редуцираат нитратите кои таму ќе се произведат. Оттука, овој процес најдобро се применува кога ограничувањето за концентрацијата на нитрати во ефлуентот е поголемо од 6 до 8 mg/l.

*Секвенционални batch реактори (SBR).* Конвенционалните SBR кои се проектирани за отстранување на јаглородното БПК оптоварување се состојат од четири фази: полнење, реакција, таложење и празнење (слика 6.21). За да се одвива денитрификација на отпадната вода, фазата „полнење“ се нагудува на „мешано полнење“, при што инфлуентот се меша (но не се аерира). Кај постројки со ограничување на концентрациите на нитратот во ефлуентот помало од 5 mg/l, може да се додаде втора аноксична фаза после чекорот „реакција“, а може да се додаде и

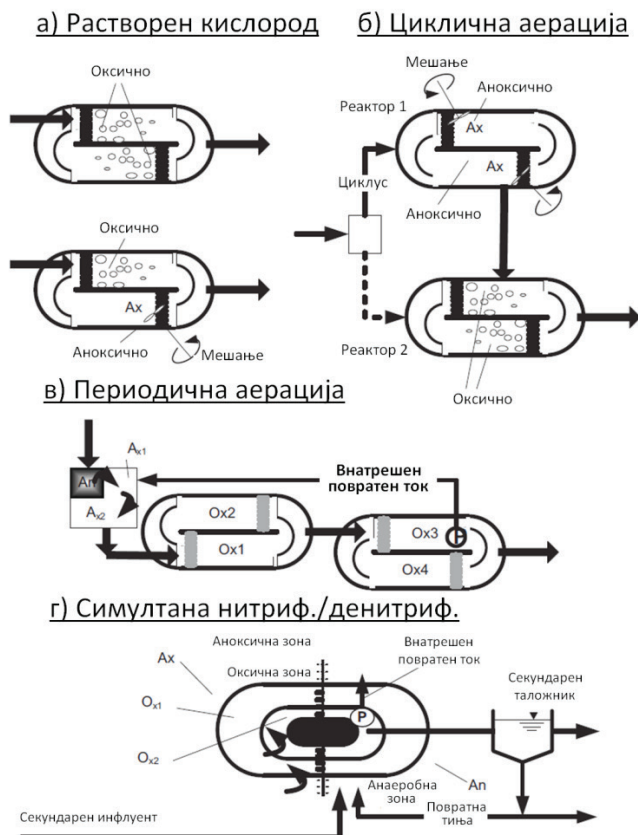
извор на јаглерод (на пр., метанол) за подобрување на денитрификацијата пред фазите на таложеење и празнеење.

ЦЕЛИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕТО			
Циклус	Јаглеродна БПК	Денитрификација	Биолошко елиминирање на фосфор
Полнеење (20%)	 Во мирување	 Во мирување    Мешање Ax <sub>1</sub>	 Во мирување    Мешање
Реакција (40%)	 Окисична	 Окисична  Мешање Ax <sub>1</sub>	 Анаеробна    Оксична  Мешање Ax <sub>1</sub>
Таложеење (20%)			
Празнеење (20%)			

Слика 6.21. Секвенционален batch реактор (SBR)

*Оксидациски ровови.* Оксидациските ровови обично се димензионираат врз основа на подолги времиња на старост на тињата (20 – 25 дена), па е потребен дополнителен волумен за денитрификација (сл. 6.22). Ова обично се постигнува со исклучување на еден или повеќе аерациони мотори за да се создаде аноксична зона (слика 6.22 а и б). Со оглед на тоа што специфичната стапка на денитрификација е ниска, зоната мора да е доволно голема за да се обезбеди потребното аноксично време.

Друг приод е периодичната аерацијата преку исклучување на аераторите барем два пати дневно (сл. 6.22в). Потопените мешалки ја одржуваат рециркулацијата во ровот за време на аноксичните фази. Варијација на цикличната аерација, наречена *Nitrox* процес, го користи потенцијалот за оксидација – редукција за управување на процесот.



Слика 6.22. Процеси во оксидациски ров

Трет приод е фазна работа на ровот (слика 6.22г). Кај овој процес, два оксидациски рова работат во серија, а секундарниот инфлуент наизменично се пумпа во нив. Кога инфлуентот ќе влезе во ровот, се исклучува неговата опрема за аерација и реакторот станува аноксичен. Рециркулацијата се обезбедува повторно со потопените



мешалки. После определено време (обично 1 – 2 часа), инфлуентот се води во вториот ров. Во тој момент, се вклучуваат аераторите во првиот ров со што се доведува кислород, додека се исклучуваат аераторите во вториот ров. Циклусот продолжува со овозможување на периоди на аерација и аноксично полнење. Кај варијацијата на фазната работа на оксидациониот ров, наречена Bio-denitro процес, се применуваат четири фази за подобрување на оксидацијата и денитрификацијата (Stensel и Coleman, 2000).

Меѓу процесите за отстранување на азотот кои се скоро појавени или не се широко применети спаѓаат: мембранските биореактори, езерцата, процеси со неподвижен филм, комбинирани процеси со биофилтри и активна тиња и процеси со флуидизиран слој.

### **6.5.3. Подобрено биолошко отстранување на фосфорот**

Конвенционалните системи со активна тиња го отстрануваат фосфорот од отпадната вода по природен пат кога микроорганизмите од неа се хранат со растворениот фосфор и создаваат нова биомаса. Секој милиграм сува супстанција (од растворените цврсти материи) кој се добива во овие системи содржи околу 2 % фосфор. Ако се добива 0,5 mg сува супстанција за секој 1 mg отстрането БПК оптоварување, во тој случај околу 1 mg фосфор се претвора во клеточна маса на секои 100 mg отстрането БПК оптоварување. На овој начин, вообичаеното отстранување на вишокот на тиња ја намалува концентрацијата на фосфор за 1 – 2 mg/l.

Микроорганизмите *Acinetobacter* содржат и до 35 % фосфор, па отпадна вода со висок процент на овие бактерии може да содржи околу 6 % фосфор. Системите кои се проектирани да ги одбираат овие организми се нарекуваат Системи за подобро биолошко отстранување на фосфорот (EBPRS

на англиски). Тие можат да ги намалат концентрациите на фосфор за 3 – 6 mg/l.

За одвојување (пресипитација) на фосфорот можат да се применат и хемиски средства, но EBPR ја минимизира потребата од нив и со тоа се избегнуваат нивните несакани ефекти: намалување на алкалноста и дополнителни количини на тиња. Со примената на системите за подобро биолошко отстранување на фосфорот се подобрува и таложењето на тињата.

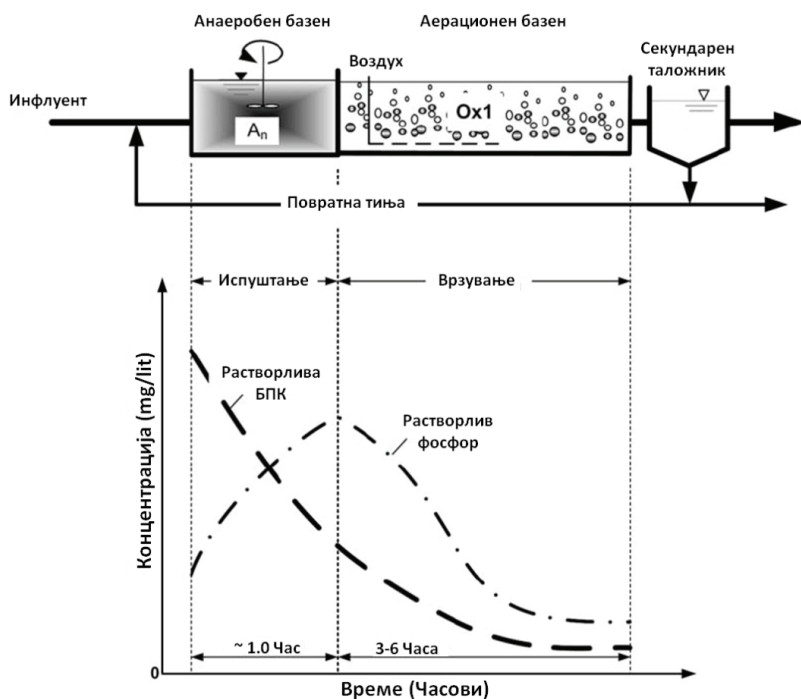
Во недостатоци на EBPR се вбројуваат повисоки инвестициски трошоци (оддели, мешалки за создавање на потребните зони), чувствителност на нитрати и посложени услови на работа.

### **6.5.3.1. Биохемиски процес**

Подобреното биолошко отстранување на фосфорот функционира поради способноста на организмите *Acinetobacter*, кои се хетеротрофни, да го апсорбираат раствореното оптоварување при анаеробни услови и да го складираат додека не дојдат во аеробна средина, каде што го метаболизираат. При тоа мора да се напомене дека најголемиот број хетеротрофни бактерии не можат да го прават тоа при анаеробни услови. На тој начин, во соодветна средина и при соодветен тип и количина на БПК оптоварување (пониски јаглеродни соединенија), организмите *Acinetobacter* ќе доминираат.

Подобреното биолошко отстранување на фосфорот е процес во две фази, при што аеробната фаза следува после анаеробната (слика 6.23). Во анаеробниот базен, организмите *Acinetobacter* го ослободуваат фосфорот и со тоа се здобиваат со енергија за прифаќање на биоразградливите органски материи. Оваа способност им овозможува на организмите *Acinetobacter* да бидат

доминантни, при што се добиваат и до 40 mg/l концентрации на ортофосфор. Ослободувањето на фосфорот обично се случува после време на задржување во реакторот од половина до еден час.



Слика 6.23. Временски тек при биолошкото отстранување на фосфорот [2]

Кога водата навлегува во аеробната зона, организмите *Acinetobacter* го прифаќаат фосфорот во количини поголеми од тие што претходно ги испуштиле во анаеробната зона и се добива пораст на биомасата. Ефлуентот кој се добива при EBPR содржи помалку од 1,0 mg/l растворен фосфор. Раствореното БПК оптоварување, исто така, се намалува од 70 до 80 mg/l на 1,0 mg/l (слика 6.23). Работата на овој процес кај некои постројки за отпадна вода покажала подобрување на таложењето на тињата.

Организмите *Acinetobacter* растат бавно, но побрзо од бактериите за нитрификација. За да се спречи нивно

измивање (отстранување), староста на тињата треба да биде помеѓу 2 и 3 дена. Дури и поголеми старости (од 40 до 60 дена) позитивно ќе влијаат на организмите *Acinetobacter*, но концентрацијата на нитрат во повратната тиња би можела да влијае врз анаеробноста на првата зона. Во идеален случај, кај постројка за напредно биолошко отстранување на фосфорот би требало да се избегнува нитрификација, но доколку се неопходни и двата процеса, тогаш мора да се преземат чекори за отстранување на влијанието на кислородот.

Со исталожената или одведена тиња од EBPR процесот мора внимателно да се ракува за да се избегне т.н. секундарно испуштање на фосфорот од тињата кога таа се наоѓа во анаеробни услови. Овој фосфор може ненамерно да се врати во процесните реактори.

### **6.5.3.2. Влијанија**

Успешното отстранување на фосфорот зависи од погодноста на средината (низок потенцијал за оксидација – редукција) и соодветниот тип на органска материја. Повеќето отпадни води содржат доволно расположлива биоразградлива БПК маса за да се овозможи EBPR процесот. Организмите *Acinetobacter* преферираат пониски јаглеродни состојки – лесно разградливи органски состојки, како што се ацетатот и други продукти на анаеробната ферментација. Доколку постројката се наоѓа во топли климатски услови или водата се задржува подолго во колекторскиот систем, при што се создаваат услови на распаѓање во него, во тој случај отпадната вода ќе содржи доволно вакви состојки.

Во постудени климатски услови или при разредување на отпадната вода со атмосферски доток, можно е да се јави потреба за дополнително доведување на овие состојки во водата. Во некои постројки тоа се прави со задржување

на примарната тиња во гравитациски згуснувач, кој се нарекува *примарен ферментатор на тиња*. Во други се одржува слој тиња во примарниот таложник. И при двата приода, мора да се одржува слојот тиња со старост од 1 до 3 дена за да се генерираат доволно состојки кои го овозможуваат процесот на напредно биолошко отстранување на фосфорот.

За да се оптимизира работата на EBPR процесот, мора да се отстрани нитратот или да се намали количината (за околу 20 – 30 %) на повратната тиња за да се намали внесувањето на растворениот кислород. Односот БПК:Вкупен фосфор е, исто така, важен. Се смета дека е потребен однос од 25:1 или повеќе за да се постигне добро отстранување на фосфорот (точный однос зависи од процесот кој се применува).

Измешаните цврсти материи во EBPR постројка можат да имаат концентрации на фосфор од повеќе од 6 % во споредба со 2 % кај конвенционалниот систем за биолошко пречистување. Исто така, секундарен ефлуент со 30 mg/l вкупни цврсти материи ќе содржи 1,8 mg/l фосфор во честички кај постројка за напредно биолошко отстранување на фосфорот, за разлика од само 0,6 mg/l кај конвенционална постројка. Затоа, можеби ќе биде потребна филтрација на ефлуентот за да се задоволат ниските граници за концентрација на фосфорот.

### **6.5.3.3. Комбинирани процеси за отстранување на азотот и фосфорот**

Оптималните работни параметри на процесите за биолошко отстранување на фосфорот се разликуваат за секоја постројка за пречистување, но во табела 6.3 се прикажани типичните вредности на параметрите при проектни услови. Во продолжение се наведени најчестите

процеси за отстранување на фосфорот. Најголем дел од нив го отстрануваат и азотот, исто така.

Табела 6.3. Типични параметри кај процесите за отстранување на фосфорот

Процес	Средна старост на тињата (денови)	Сува супстанца	ХИДРАУЛИЧНО ВРЕМЕ НА ЗАДРЖУВАЊЕ (ЧАСОВИ)			Повратна тиња (% од Q)	Внатрешен повратен ток (% од Q)
			Анаеробна зона	Аноксична зона	Аеробна зона		
A/O	2-5	3000-4000	0.5-1.5	—	1-3	25-100	
A <sup>2</sup> /O	5-25	3000-4000	0.5-1.5	0.5-1	4-8	25-100	100-400
UCT	10-25	3000-4000	1-2	2-4	4-12	80-100	200-400 (Ax) 100-300 (Ox)
VIP	5-10	2000-4000	1-2	1-2	4-6	80-100	100-200 (Ax) 100-300 (Ox)
Bardenpho (пет-фазен)	10-20	3000-4000	0.5-1.5	1-3 (прва фаза) 2-4 (втора фаза)	4-12 (прва фаза) 0.5-1 (втора фаза)	50-100	200-400
SBR	20-40	3000-4000	1.5-3	1-3	2-4		

*Анаеробен/Оксичен (Аеробен) процес.* Овој процес е развиен во 70-тите години на минатиот век, а е патентиран десетина години подоцна. A/O процесот има слична хидраулична шема со LE процесот (слика 6.24a), со таа разлика што се користи анаеробна наместо аноксична зона. Главната разлика помеѓу LE процесот и A/O процесот е фактот што при A/O процесот не настанува нитрификација. Обично, времето на задржување во анаеробната зона е помеѓу 30 и 60 минути потребни за организмите *Acinetobacter*, додека средната старост на тињата е помеѓу 2 и 4 дена за да се спречи нитрификацијата. A/O процесот обично не се применува кај пречистителни станици кај кои е потребно отстранување на азот и фосфор, затоа што постојат процеси кои поефикасно ги реализираат двата процеса истовремено.

*Анаеробен/Аноксичен/Оксичен процес.* Овој процес (A<sup>2</sup>/O) е модификација на A/O процесот кај кој во аноксичната зона доаѓа до денитрификација. Всушност, тоа претставува MLE процес на кој му претходи анаеробна зона (слика 6.24a).

Обично, анаеробната зона кај него е со еднаква големина како таа кај A/O процесот, додека аноксичната

зона има хидраулично време на задржување од 1 час. Рециркулацијата на отпадната вода е во износ од 100 до 400 % од секундарниот инфлуент.

A<sup>2</sup>/O процесот овозможува организмите *Acinetobacter* да бидат активни во анаеробната зона, дури и кога се одвива нитрификацијата, преку намалувањето на содржината на нитрат во повратната тиња. При тоа може да се постигне добра денитрификација со правилно димензионирање на аноксичната зона.

*Петфазен Bardenpho процес.* Кога анаеробна зона му претходни на четирифазен *Bardenpho* процес (слика 6.24б), се добива петфазен процес кој може да се применува за подобрување на растот на организмите *Acinetobacter*. Хидрауличната шема на петфазниот (модифициран) *Bardenpho* процес потсетува на A<sup>2</sup>/O процесот, после кој постои втора аноксична зона и аеробна зона на реаерација (слика 6.24а). Овој процес обично се проектира за да работи со вкупно хидраулично време на задржување од околу 22 часа, иако може да варира за секоја зона: анаеробна (2 часа), аноксична (3 часа), аеробна (12 часа), втора аноксична (2 часа) и реаерација (1 час).

*Модифициран процес на Универзитетот во Кејптаун (Capetown) – UCT.* Овој процес е во суштина MLE процес, пред кој постојат анаеробна и аноксична зона (слика 6.24в). При тоа се врши рециркулација на отпадната вода ( $MLR_{Ax}$ ) од првата аноксична зона во анаеробната зона за да се задржат пониски концентрации на нитратите отколку што може да се постигнат кај поголемиот број процеси за напредно биолошко отстранување на фосфорот. UCT процесот е посебно поволен за пречистување на отпадна вода која не ги поседува потребните односи на хранливи материи, поради можноста што им ја дава на организмите *Acinetobacter* да се „натпреваруваат“ со останатите микроорганизми во разредената отпадна вода.

Понекогаш, УСТ процесот се модифицира со дополнителни базени за подобра работа при повисоко хидраулично оптоварување. Во овој случај, хидрауличното време на задржување може да биде од 1 до 2 часа, бидејќи ќе постои помала количина отпадна вода со микроорганизми во анаеробната зона, во споредба со соодветен А/О процес. Количината на  $MLR_{Ax}$  е обично два пати поголема од протокот на секундарниот инфлуент.

Варијација на модифицираниот УСТ процес е т.н. Virginia Initiative Plant (VIP) процес, кој има слична хидраулична шема, но аноксичната и аеробната зона кај него се проектирани така што ќе се овозможи работа при помала средна старост на тињата. Кај овој процес, повратната тиња се меша со отпадната вода пред аноксичната зона да се намали рецикулацијата на растворениот кислород.

**а) Анаеробен/Аноксичен/Оксичен процес**



**б) Пет-фазен Vardenpho процес**



**в) Модифициран процес на Универзитетот во Кејптаун (Capetown)**



**г) Јоханесбург процес**



Слика 6.24. Процеси со активна тиња за отстранување на фосфорот [2]



*Јоханесбург процес.* Овој процес е во основа поедноставена верзија на модифицираниот УСТ процес. Јоханесбург процесот ја минимизира количината на нитратите кои се доведуваат во анаеробната зона преку вклучување на аноксична зона во струјниот тек на повратната тиња (сл. 6.24г).

Постојат и процеси кои се скоро појавени или не се широко применети. Такви се на пример: секвенционалните Batch реактори, оксидациски ровови, PhoStrip процесот, како и комбинирани процеси на активна тиња и биолошки филтри.

## **6.6. Терцијарно пречистување**

На терцијарно пречистување обично се подложуваат индустриските отпадни води и други води за кои се бара исполнување на гранични вредности на емисија за одредени параметри. Од методите кои се користат најпознати се: адсорпција, електролиза, јонска измена, филтрација, ултрафилтрација, дезинфекција, озонирање и др.



# **ФИЗИЧКО-ХЕМИСКИ ПОСТАПКИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ**



## **7. ФИЗИЧКО-ХЕМИСКИ ПОСТАПКИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ**

### **7.1. Вовед**

Постојат три основни видови на процеси на пречистување: физичко, хемиско и биолошко. Биолошките процеси ги опфаќаат филтрите – прокапници, ротирачките биолошки филтри, системите со активна тиња и анаеробното распаѓање. Хемиските процеси ги опфаќаат пресипитацијата на тешки метали, пресипитација на фосфорот, додавање на киселини или бази за контрола на рН вредноста и дезинфекција со хлор или хипохлорид. Во физичките процеси спаѓаат системите со сита и решетки, примарното и секундарно таложеење – седиментација, филтрација и центрифугирање.

Физичко-хемиските постапки ќе бидат разгледани во насока на зголемено отстранување на цврстите материи во примарното пречистување, понатамошно намалување на цврстите материи во напредните процеси на пречистување и намалување на фосфорот, растворениот и небиоразградлив ХПК, како и други параметри.

### **7.2. Основи на процесите на коагулација и флокулација**

Во процесот на пречистување на отпадната вода, при коагулацијата се додаваат дополнителни неоргански хемикалии (табела 7.1), органски полимери или нивна комбинација со што се создаваат цврсти материи и отстранување на фосфорот. Сите измешани колоидални честички имаат ист површински полнеж (обично негативен) и нивното меѓусебно одбивање е доволно за да го спречи нивното таложеење. Коагулантите ги дестабилизираат овие

полнежи, намалувајќи го одбивањето помеѓу честичките и подобрувајќи го нивното таложење. Коагулантите, исто така, хемиски реагираат со растворениот фосфор, при што формираат нерастворлив пресипитат, кој се отстранува преку седиментација или филтрација.

Хемикалија	Формула	Молекуларна маса	Еквивалентна тежина	Агрегатна состојба
Стипса	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666.5		Течна
	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594.4	114	
Алуминиум хлорид	$AlCl_3$	133.3	44	Течна
Калциум хидроксид (вар)	$Ca(OH)_2$	56.1 (како CaO)	40	Грутчест прашок и пена
Железо хлорид	$FeCl_3$	162.2	91	Течна и грутчеста
Натриум алуминат	$Na_2Al_2O_4$	163.9	100	Парченца

Флокулацијата е сличен процес, со таа разлика што хемикалиите ги „врзуваат“ честичките заедно во флокули (групирана целина), кои пливаат или тонат, со што стануваат полесни за отстранување од системот. При постапката на флокулација, хемиски третираната вода нежно се меша за да се формираат поголеми флокули од цврсти материи или пресипитати на фосфорот, кои потоа се отстрануваат преку седиментација или филтрација. Доколку се додаде соодветен тип и количина на коагулант или флокулант на отпадната вода, може да се отстранат 90 % од фосфорот и цврстите материи кои се обично присутни во секундарниот ефлуент.

Доколку се применуваат органски полимери, мора исклучително да се внимава и да се соработува со производителот на полимерите, бидејќи нивната примена често е директно поврзана со условите во постројката.

Коагулацијата обично се додава на терцијарниот процес. Сепак, кај некои станици за пречистување на отпадни води се додаваат коагуланти во базенот со активна тиња, каде што се мешаат во процесот на аерација и се отстрануваат добиените флокули во секундарниот таложник. Кај други

се додава коагулантот на непречистената вода при нејзиното влегување во постројката, додека добиените цврсти материји се отстрануваат во примарниот таложник. Кога коагулантите се додаваат во примарните таложници, мора да се внимава при тоа да не се отстрани целокупниот фосфор, кој претставува основна хранлива материја за биолошки раст во секундарното пречистување. Истовремено, хемиската коагулација ќе го зголеми волуменот на тиња која мора да се отстрани.

### 7.3. Седиментација

Во зависност од потребниот степен на пречистување, коагулираниот и флокулиран ефлуент може да навлезе во таложникот, каде што под дејство на гравитацијата цврстите материји се исталожуваат на дното.

Хемиската коагулација го зголемува волуменот на тињата која треба да се отстрани. Во релативни односи, железните соли или стипсата (хидрантен калиум алуминиум сулфат) произведуваат помалку тиња отколку  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (калциум хидроксидот). Како општо правило, количината на тиња која се добива при додавање на стипса може да се пресмета (во  $\text{mg/l}$ ) како 0,26 пати од дозата на стипса. Оваа количина се додава на цврстите материји кои се отстрануваат со помош на стипсата.

На пример, една пречистителна станица прима  $38,854 \text{ m}^3/\text{d}$  отпадна вода во која се содржани  $220 \text{ mg/l}$  цврсти материји. Да се претпостави дека отстранувањето на цврстите материји во примарниот таложник е околу 60 % без додавање на стипса, а 80 % со додавање на  $25 \text{ mg/l}$  од оваа хемикалија. Значи, без стипса, во примарниот таложник се создава следната количина тиња:

$$= 0,6 * 38,854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/l} * 0,973 \text{ mg/l} = 4,990 \text{ kg/d}$$

Со додавање на стипса, во таложникот се создава повеќе тиња:

$$= (0,8 * 38,854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/l} * 0,973 \text{ mg/l}) + (0,26 * 38,854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/l} * 0,973 \text{ mg/l}) = 6,904 \text{ kg/d}$$

Ова покажува дека се добиваат околу 250 kg/d тиња повеќе, како последица на додавањето на стипсата, а вкупната тиња е зголемена за околу 39 %.

На сличен начин може да се пресмета количината на тиња која се добива како последица на примената на железен хлорид, како 0,66 пати од додадената доза. При истиот пример на пречистителна станица и при истите претпоставки, доза од 40 mg/l железен хлорид ќе предизвика создавање на околу 1000 kg/d дополнителна тиња, или вкупно зголемување околу 54 %.

Оваа дополнителна тиња може да доведе до преоптоварување на разградувањето и обезводнувањето (сушењето), доколку овие дополнителни количини не се земени предвид при проектирањето и димензионирањето на постројките од процесот на отстранување на цврстите материји. Додадените хемикалии, исто така, можат да влијаат и врз обезводнувањето на цврстите материји, бидејќи хемиската тиња е потешка за обезводнување. Во случај на стипса, додадениот сулфат може да влијае и на создавањето на непријатни мириси поради распаѓањето на сулфатните јони и формирањето на сулфур водород.

#### **7.4. Филтрација**

Кај филтрацијата, ефлуентот минува низ филтерски медиум или комбинација на два или три медиуми, при што се отстрануваат измешаните или колоидалните материји. Филтрацијата е обично постапка во терцијарното пречистување која е лоцирана низводно од секундарните

процеси. Нејзина главна цел е отстранување на цврстите материји од ефлуентот после секундарните процеси, коагулацијата-флокулацијата или терцијарниот процес на седиментација. На пример, ефлуентот добиен после филтерската коагулација, флокулацијата и седиментацијата може да ги намали концентрациите на измешаните цврсти материји од 3 до 5 mg/l на практично нула, а концентрациите на фосфорот од 0,5 до 1 mg/l на само 0,1 mg/l или помалку. Во еден систем на ефикасна филтрација мора да биде предвидено и чистење (повратно промивање) со помалку од 5 % од количината на вода во инфлуентот.

Понекогаш се применува само филтрација, без претходни коагулација и флокулација за понатамошно намалување на концентрациите на цврстите материји во ефлуентите на процесите со активна тиња. Ова е помалку ефективна постапка кај ефлуентите од филтрите-прокапници и ротирачките биолошки филтри, бидејќи цврстите материји што се добиваат од нив природно се помалку флокулентни. Исто така, додека филтрацијата сама за себе може да ги постигне стандардите за рециклирана вода, регулативата главно се води на безбедната страна во врска со здравствените стандарди и обично се бара задолжителен третман кој би опфаќал

- » Коагулација, флокулација и седиментација, пред филтрацијата или
- » Директна филтрација, во која се елиминира чекорот седиментација, а стипсата се додава во средина при интензивно мешање, а нејонски полимер се додава на филтрите.

Повеќе типови на медиуми можат да се користат кај филтрите. Покрај традиционалните (обично песок или антрацит), денес се на располагање медиуми како, на пример, природни или синтетички влакна или материјали.

Сепак, повеќето станици за пречистување на отпадна вода користат грануларен медиум при филтрацијата.

Во зависност од методот на чистење (промивање), системите со грануларен медиум можат понатаму да се класифицираат како полуконтинуирани (конвенционални) или континуирани филтри. Полуконтинуираните филтри мораат да се демантираат повремено за чистење, додека континуираните можат да филтрираат и да се чистат симултано.

Кај полуконтинуираните системи за филтрација, отпадната вода струи низ грануларен слој длабок 0,3 – 0,9 м, составен од честички со големина од 0,35 до 1,5 mm. При прострујувањето на водата низ филтерот, поголемите честички се задржуваат блиску до површината на филтерот, каде што филтерскиот медиум е поредок, додека помалите честички продираат надолу и се задржуваат подлабоко во филтерот од страна на погустоот дел од филтерот. Повремено, филтерот се затнува со материјалот кој се отстранува од отпадната вода и мора да се чисти со спротивно струење (промивање). Нагорното промивање е доволно да ги измеша честичките од филтерскиот медиум и да ги измие исфилтрираните цврсти материји од слојот. Површинското или чистењето со воздух под притисок истовремено со промивањето обезбедува соодветно чистење и спречува формирање на топки од тиња. Отпадната вода која се користи за повратно промивање (обично е помалку од 5 % од вкупниот проток на инфлуентот при добро одржувани филтри) се рециркулира низ станицата за пречистување на отпадни води. За да се избегнат хидраулични удари низ постројката, повратното промивање често се насочува кон резервоари и потоа се враќа во постројката со контрола на протокот. При оваа постапка е потребно конвенционалните филтри да се стават вон погон, со што значително се намалува активното време на функционирање. За спречување на овој недостаток,

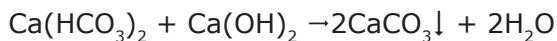


развиени се грануларни филтри со континуирано промивање. Овие филтри симултано се чистат и филтрираат и ефикасно го филтрираат секундарниот ефлуент.

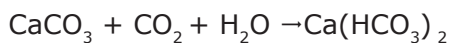
Грануларната филтрација може да се изведе гравитациски во отворени бетонски или челични канали, или, пак, под надпритисок во челични садови под притисок. Работата и управувањето при тоа можат да се автоматизираат.

## 7.5. Оптимизација на рН вредноста

Доколку на еден ефлуент се додаде  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  како коагулант, рН вредноста на ефлуентот ќе порасне помеѓу 10 и 11, а карбонатот (тврдината) на водата ќе пресипитира како калциум карбонат ( $\text{CaCO}_3$ ), според следната реакција:



Калциум карбонатот може интензивно да придонесе кон згрутчување и создавање на кора на низводниот дел од филтерот, така што „омекнатата“ вода мора да се стабилизира пред филтрацијата преку додавање на јаглерод диоксид или јаглеродни киселини. Најчесто се користи јаглеродниот диоксид, па од тука доаѓа и изразот „рекарбонација“ за оваа постапка, која се изведува според следната реакција:



Една од причините поради која се препорачува јаглерод диоксидот е неговото складирање и ракување, кои се поедноставни во споредба со јаките киселини, а другата е тенденцијата на овие киселини да ја зголемуваат концентрацијата на вкупните растворени цврсти материји во конечниот ефлуент.

## 7.6. Опис на техничките решенија и опремата

### 7.6.1. Преглед на коагулантите

Во зависност од целите на пречистувањето, коагулантите можат да служат за дестабилизирање на честички со ист полнеж и да овозможат нивно полесно таложење, или хемиски да реагираат со состојките, при што ќе придонесат кон нивна пресипитација. Овие две функции меѓусебно не се исклучуваат. На пример, додаден коагулант за подобрување на таложењето може да придонесе за пресипитација на фосфорот или дури да ги намали концентрациите на тешки метали и да ја подобри ефикасноста на дезинфекцијата. Прегледот на најчестите коагуланти и некои од нивните карактеристики се прикажани во табела 7.1.

Потребната количина коагулант зависи од времето и карактеристиките на отпадната вода. На пример, потребните концентрации на алуминиумските и железните соли за успешно отстранување на фосфорот, обично се пропорционални со концентрациите на фосфорот и во помал степен од алкалноста на водата. Потребното количество на калциум хидроксид многу зависи од алкалноста на отпадната вода. Магнезиум хидроксидот претставува гелатински пресипитат кој често се формира при додавање на калциум хидроксид кај тврда вода и помага ефикасно да се отстранат колоидалните материји, но може да има негативно влијание врз обезводнувањето.

Иако сите коагуланти придонесуваат кон зголемувањето на создавањето тиња, алуминиумските и железните соли значително ја зголемуваат количината на растворени цврсти материји (сулфати, хлориди и слично, кои се мерат со параметарот TDS – вкупни растворени цврсти материји) во конечниот ефлуент, кои во моментов не можат да се издвојат и повторно употребат. Исто така, стипсата и железо хлоридот ја намалуваат pH вредноста на ефлуентот

и ја трошат алкалноста. Кај води со ниска природна алкалност треба да се разгледаат други можни решенија, како, на пример, натриум алуминат или алуминиум хлорид. Стипсата, исто така, придонесува за отстранување на тешките метали, при што нивната концентрација во пресипитираната тиња може да влијае на можностите за нејзина понатамошна преработка.

Металните соли (на пр., стипсата и железо хлоридот) се често употребувани коагуланти при пречистувањето на отпадната вода. Сепак, изборот на коагулант треба да се направи врз база на очекуваните резултати, чинењето и проблемите при ракувањето со хемикалиите. Инвестициските трошоци кај постројките кај кои се додаваат коагуланти се слични, но тековните трошоци на работа и одржување зависат од карактеристиките на отпадната вода и потребните нивоа на загадување кај ефлуентот. Доколку нема посебни проблеми околу справувањето и одлагањето на цврстите материји, стипсата најчесто ќе биде избор за коагулант во споредба со железен хлорид поради пониската цена, помалата корозивност, поголемата безбедност при ракување и работа.

Во опремата за додавање на коагуланти спаѓаат и постројките за складирање (на пр., пластични резервоари), опремата за дозирање (на пр., дозирни пумпи) и локации за нивно задржување (димензионирани за задржување во случај на дефект при полни резервоари за складирање). Во секое време во пречистителната станица треба да се чуваат соодветни количини од хемикалиите и за нив е потребно да се води посебна грижа. На пример, 49 % раствор на стипса започнува да кристализира на приближно 0 °C и замрзнува на 7,7 °C. Соодветно, 35 – 40 % раствор на железо хлорид има точка на мрзнење од -50 °C, но може да почне да кристализира околу 0 °C.

Соодветно, се јавува потреба за загревање на опремата за складирање и дозирање. Во секој момент би требало да се чува коагулант за најголемата од следните три вредности: 1) просечна едномесечна употреба, 2) 3 – 4 дневна максимална потрошувачка или 3) 150 % од вообичаената количина при достава (околу 28 – 30 m<sup>3</sup>, ако се земе дека најголемиот број камиони имаат волумен од 17 до 19 m<sup>3</sup>).

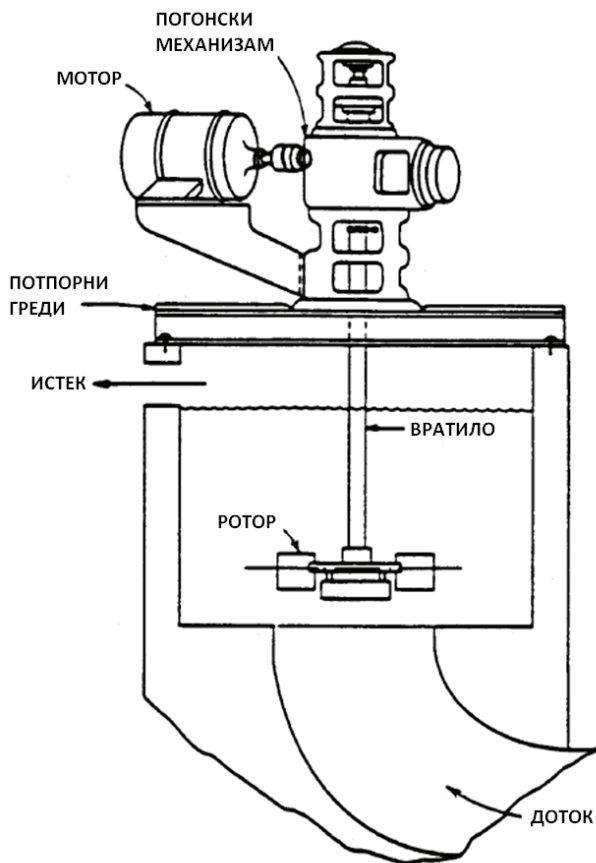
Кај повеќето дозирни уреди за коагуланти се применуваат волуменски пумпи (мембрански или завојни), иако се користат и други варијанти (запчести пумпи, на пример). Кај поголемите постројки се јавува потреба и од центрифугални пумпи или поголеми завојни пумпи. Доколку се користат суви хемикалии, се применуваат суви дозатори (запчести, ротациони или гравитациски), резервоари за растворање, резервоари за мешање или резервоари за складирање на растворот.

Системот за контрола и управување со примената на коагулантите е релативно едноставен, при што може да биде рачен, контролиран преку протокот, рН вредноста или нагодлив во однос на претходните податоци и очекуваното оптоварување во иднина.

Покрај металните соли, за коагулација или флокулација може да се додаваат и полимери или полиелектролити.

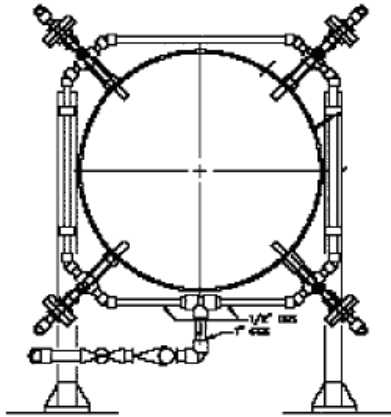
### **7.6.2. Мешање на коагулантите**

Коагулантите можат да се додаваат во водената струја на повеќе начини, во зависност од локацијата на додавање и применетиот уред за мешање (слики од 7.1 до 7.4).

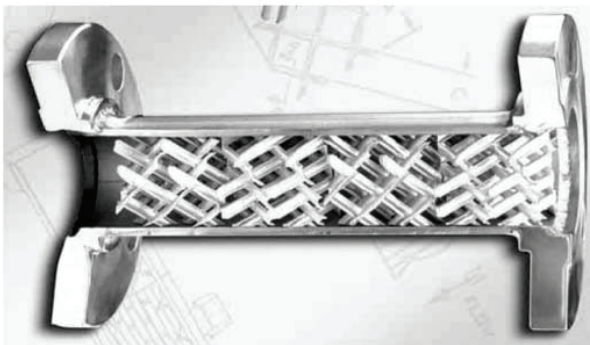
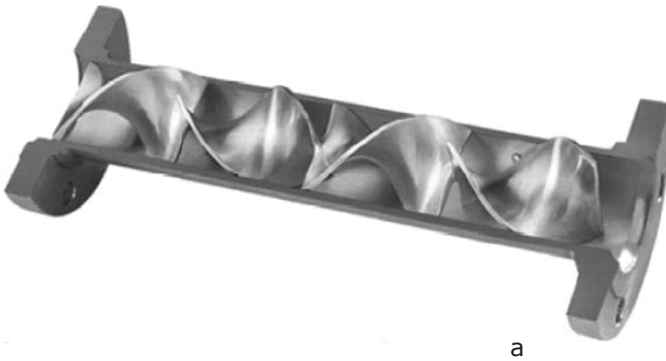


Слика 7.1. Уред за брзо мешање поставен во самиот резервоар

На пример, коагулантите можат да се додаваат во базени преку механички миксери (мешалки); инјектирани во цевководите преку приклучоци долж трасата, статични миксери или модуларни вентили; или во отворени канали директно или преку приклучоци на отворениот канал. Кај отворените канали турбулентно струење се создава обично низводно од Вентури метарот, кој се користи за мерење на протокот. Доколку во еден отворен канал нема доволно турбуленција, таа може да се симулира преку додавање на лопатки за мешање во самиот канал и вдувач на воздух.

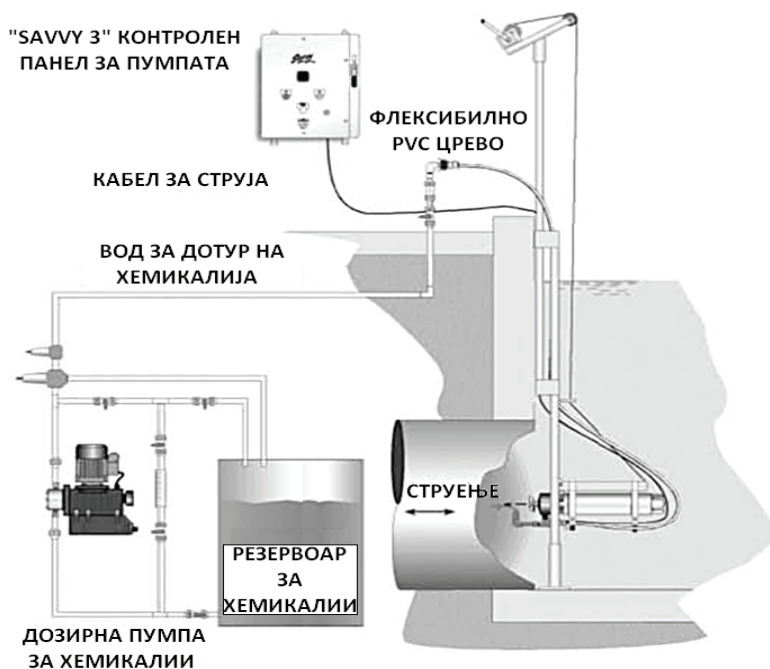


Слика 7.2. Уред со приклучоци долж цевководот

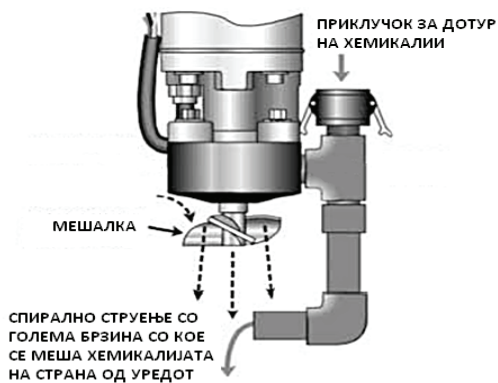


Слика 7.3. а) Пресек на статичен миксер со хеликоидални елементи и б) пресек на статичен миксер со лопатки [2]

Потребната енергија за мешање, контрола на мешањето и времето на задржување се критични фактори кои гарантираат дека коагулантот е ефикасно употребен и дека правилно функционира. Енергијата за мешање изнесува од 4 до 17 kW/m<sup>3</sup>·s проток. Со управувањето се регулира енергијата на мешање, така што коагулантот би се користел што е можно поефикасно. Резервоари опремени со мешалки со променлива брзина се многу користени поради едноставната контрола на енергијата на мешање. Од друга страна, користењето на отворени канали за додавање на коагуланти може да не биде доволно ефикасно поради неможноста за контрола на турбулентното мешање. Ова може да се компензира со предозирање на коагулантот, што повлекува непотребно зголемување на чинењето. Доколку, сепак, поради хидрауличниот профил на постројката не е можно друго решение, се употребуваат уреди за мешање со млаз (слика 7.4), со кои се создава потребната турбуленција во зависност од хидрауличните карактеристики.



(a)



(б)

Слика 7.4. а) Шема на уред за брзо мешање во канал и б) детаљ на овој уред [2]



Поради брзината на хемиските реакции на коагулантите, времињата на задржување се помалку критични во однос на енергијата и контролата на мешањето. Сепак, времињата мора да се земат како фактор во процесот. На пример, резервоарите со брзо мешање обично имаат времиња на задржување од 15 до 60 секунди, за кое време се овозможува дисперзија на коагулантот.

Лошите услови на мешање се обично резултат на нискиот износ на енергија за мешање, хидраулични куси споеви или други фактори. Постојат повеќе приоди за проучување на овие фактори, почнувајќи од традиционалните методи (со користење на боја или честички во водата), па сè до новите аналитички техники, како, на пример, нумеричката динамика на флуиди (CFD), дигиталната метода на мерење со честички (DPIV), ласер техниките (LDA и LIF). Од сите наведени, денес најголема примена има CFD техниката.

### **7.6.3. Уреди за флокулација**

Со флокулацијата се зголемуваат судирите на коагулираните цврсти материи и се овозможува хемиско премостување помеѓу честичките, при што тие формираат поголеми флокули кои се исталожуваат или филтрираат. Без разлика дали се изведува во посебни базени пред седиментацијата или во рамките на седиментациониот резервоар, флокулацијата обезбедува континуирано врзување помеѓу коагулираните честички, со што се формираат поголеми и погустии честички. Интензитетот на мешањето е низок, со градиенти на брзината помали од  $60 \text{ s}^{-1}$ . Флокулите не смее во ниеден момент да се подложат на поинтензивно мешање од она кое се применува за почетната флокулација за да не дојде до распаѓање на флокулите.

За време на флокулацијата, коагулираниот ефлуент полека се меша со помош на воздух или со механички уреди со

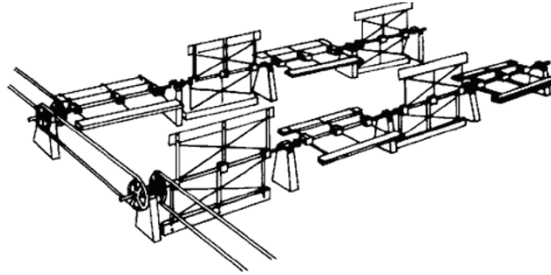
лопатки и весла, со што се предизвикува агломерација на цврстите честички, зголемување на нивната маса и нивно исталожување на дното на резервоарот. Базените за флокулација често се преградени или се користат два или три сериски поврзани базени, при што вкупното време на задржување обично се движи помеѓу 10 и 45 минути. Со струењето на ефлуентот низ процесот, се намалува интензитетот на мешањето.

Флокулацијата може да се опише како едноставна реакција:  
Дисперзирани цврсти материи + претходно формирани флокули ↔ Флокули

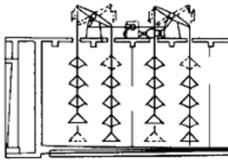
Како и кај повеќето хемиски реакции, и оваа се одвива во двете насоки. Во овој случај, реакцијата надесно во горниот израз се нарекува агрегација, а обратната реакција е распаѓање на флокулите. Рамнотежата се постигнува при изедначување на интензитетот на двете реакции.

Повеќе сериски поврзани базени даваат подобри перформанси отколку еден поголем базен со еднаков вкупен волумен, бидејќи така се обезбедува подобро мешање и можат да се применат различни енергии на мешање. За флокулација се користат следните типови на механички уреди за мешање (слика 7.5):

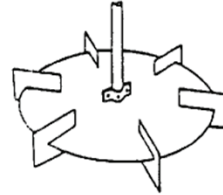
- » Уреди со весла;
- » Уреди со подвижна греда, кај кои веслата се движат вертикално (нагоре – надолу)
- » Бавноодни турбини со рамни лопатки и
- » Бавноодни аксијални пропелери или турбини.



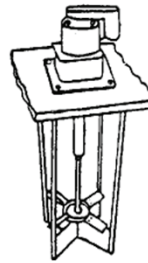
ТИПИЧЕН УРЕД ЗА ФЛОКУЛАЦИЈА СО ВЕСЛА



УРЕД ЗА ФЛОКУЛАЦИЈА СО ПОДВИЖЕН МОСТ



ТИП СО ТУРБИНСКА ПЛОЧА



ТИП СО АКСИЈАЛЕН ПРОПЕЛЕР

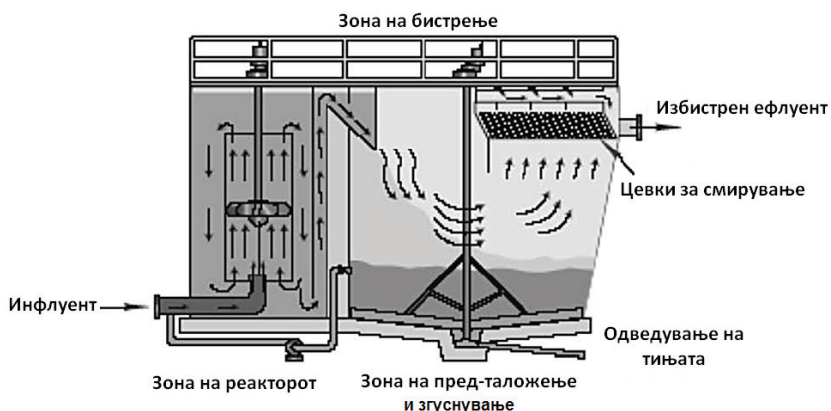
Слика 7.5. Типични уреди за мешање при флокулација

#### 7.6.4. Уреди за седиментација

Со седиментацијата се одделуваат цврстите материи од течностите под дејство на гравитацијата. Таложниците (базени за бистрење или седиментациски резервоари) обично имаат механички погонувани уреди за чистење кои континуирано ја носат исталожената тиња во инка, од каде се испумпува или отстранува со хидростатски притисок. Резервоарите можат да бидат правоаголни или кружни со хоризонтално струење на водата. Постигнатиот степен

на пречистување главно зависи од претходните процеси (т.е. типот и количината на употребените хемикалии, времињата на мешање и степенот на грижа во однос на мониторингот и управувањето).

Во зоната на реакторот каде што се одвива контактот со цврстите материји, инфлуентот прво се меша со реактантите и претходно формираните цврсти материји во зоната на предталожење/згуснување, а потоа струи низ дифузор каде што посебно проектирана турбина ја иницира флокулацијата (слика 7.6). Кога оваа мешавина повторно ќе се исталожи, се зголемува нејзината густина. Износот на внатрешната рециркулација е и до десет пати поголем од протокот на инфлуентот, со што се обезбедува оптимален интензитет на флокулите. Флокулираниот ефлуент струи во зоната на предталожење/згуснување преку прелив (потопена преграда). Цврстите материји потоа тонат на дното на садот, каде што бавноодно гребло помага во нивното згуснување и зголемувањето на нивната густина. Со ова се задржува хомогеноста на цврстите материји, а истовремено се испушта поголема количина вода. Згустената тиња повремено се издувува од дното на згуснувачот и обично се пумпа кон механизам за крајно обезводнување (сушење). Избистрената вода струи нагоре низ цевките во зоната на бистрење. Овие цевки дозволуваат пораст од најмногу  $0,068 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  за скоро сите процеси на коагулација со метални соли и уште повисоки за процеси со додавање на калциум хидроксид. Избистрената вода униформно се собира над цевките.



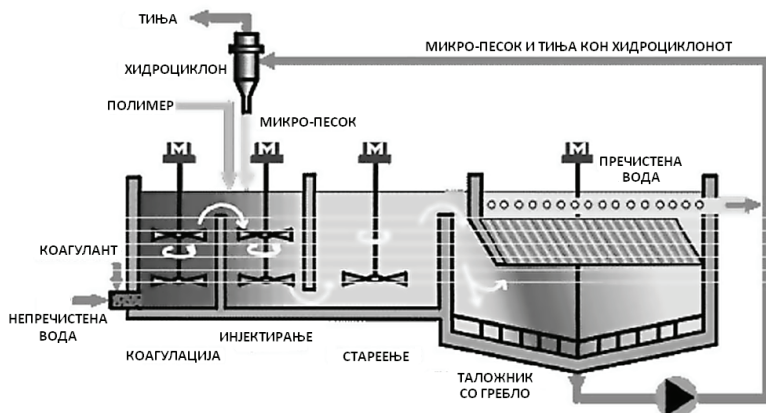
Слика 7.6. Високоэффексен контактен таложник за цврсти материи [2]

Кај системот со песок како медиум, прикажан на слика 7.7., се применува техника на фиксирање на флокулите (цврстите материи) на микросок со помош на коагулант и полимер. Со него неколкукратно се намалува времето на мешање во однос на класичната флокулација. Ламеластите таложници, од друга страна, обезбедуваат голема површина на таложење во резервоар со мал волумен.

Инфлуентот влегува во зоната на мешање, во која се дестабилизираат колоидалните состојки. Тука, најмалку една минута, отпадната вода интензивно се меша со коагулантот. Потоа, отпадната вода влегува во инјекторскиот резервоар, каде што се додаваат микросокот и полимерите, а потоа интензивно се меша околу една минута. Во следниот чекор, водата влегува во зоната на зреење, каде што бавно се меша околу 4 минути. Ова им овозможува на флокулите со песокот да растат, при што побрзо се таложат во седиментацискиот резервоар. Полимерот служи како лепило да ги прицврсти флокулите со микросокот.

Водата потоа струи во таложникот, каде што флокулите оптоварени со песок веднаш се таложат. Водата струи нагоре низ цевките до површината, и од таму се собира и се

отстранува од процесот. Тињата оптоварена со микропесок се пумпа од дното на таложникот во хидроциклон, каде што песокот се одвојува од тињата со помош на центрифугална сила. Тињата континуирано се одведува на преработка, додека микропесокот повторно се инјектира во системот (континуирано се рециркулира).



Слика 7.7. Високоефикасен систем за таложeње со песок како медиум [2]

### 7.6.5. Уреди за оптимизација на рН вредноста

Во текот на процесот на коагулација со  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , често се покачува рН вредноста на водата до вредности помеѓу 10 и 11. При вакви вредности, водата е нестабилна, а се одвива и пресипитација на калциум карбонатот. Со интензивната пресипитација се создава цврста маса која ги затнува низводните филтри. За да се избегне ова, водата се стабилизира преку намалување на рН вредноста на помалку од 8,8. Кај големите пречистителни станици за отпадни води, намалувањето на рН вредноста се врши со инјектирање на гасен јаглерод диоксид во водата (рекарбонација). Овој гас може да се добие од димните гасови или печки за гас во самата постројка, а може да

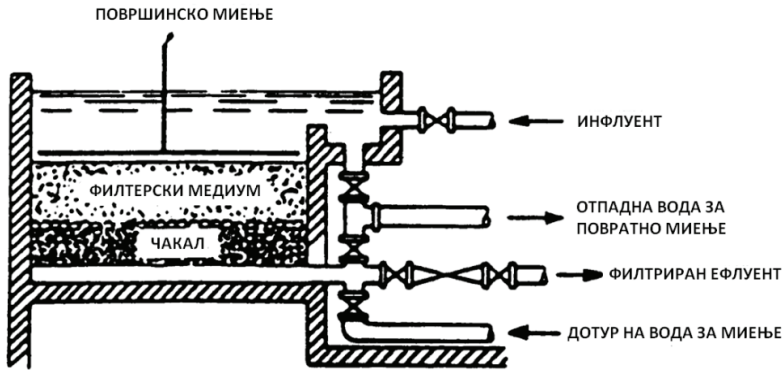
се купи како течен јаглерод диоксид или да се добие при согорување на горива.

Рекарбонацијата може да се реализира во една или две фази. Кај еднофазните процеси, доволно јаглерод диоксид се инјектира за да се намали рН вредноста до потребната вредност во еден чекор. При тоа се раствора калциумот во  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , при што ефлуентот од постројката ќе содржи калциум. Кај двофазниот процес, во првиот чекор се додава доволно јаглерод диоксид за да се намали рН вредноста на 9,5 – 10. Потоа, му се овозможува на добиениот пресипитиран калциум карбонат да се исталожи, при што се одвојува калциумот од водата. На крај, се инјектира уште јаглерод диоксид, сè додека рН вредноста не се намали до потребната вредност.

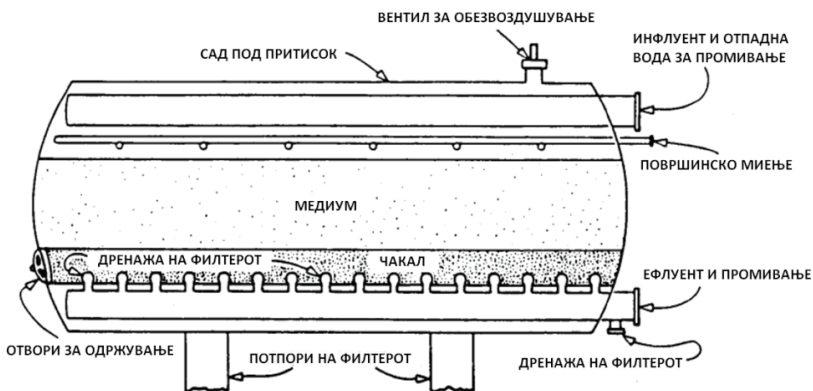
#### **7.6.6. Уреди за филтрирање**

Филтрирањето на водата е сложен процес. Содржината на цврсти материи во отпадната вода се менува и може да биде повисока при неправилна работа на некој од претходните процеси. Дополнителен проблем може да претставува и променливиот доток на отпадна вода. На пример, високоефикасните песочни филтри се широко користени кај подготовката на вода за пиење, но не и при пречистување на отпадна вода поради лошите перформанси при филтрирање на вода со високи концентрации на Вкупни суспендирани честички.

Гравитациските и филтрите под притисок (слики 7.8 и 7.9) често се користат за подготовка на вода за пиење, но едноставно можат да се приспособат и за филтрација на отпадна вода. Отпадната вода е потешка за филтрирање од бунарската или површинската вода поради тоа што цврстите материи се лепат од биолошката активност и имаат многу повисоки концентрации. Кај типичните плитски



Слика 7.8. Пресек на гравитациски филтер

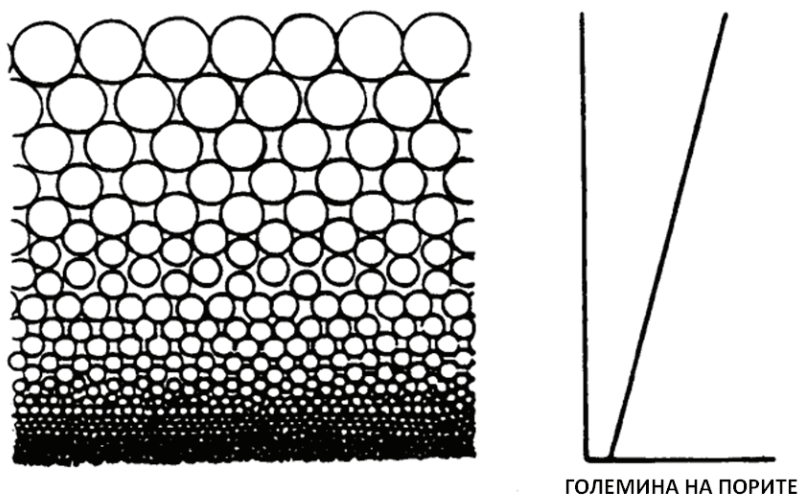


Слика 7.9. Пресек на филтер под притисок

Филтрите со два или повеќе работни медиуми овозможуваат користење на поголема длабочина на филтерот за задржување на цврстите материи, со што се зголемува применливоста на процесот на филтрирање. Тие се проектираат така што од погруби се оди кон пофини филтри. Проточниот простор постепено им се намалува при струењето на водата од влезот кон излезот (слика 7.10). Бројот на филтерски зрна се зголемува, иако големината на зрната не е униформна поради трите



специфични тежини на филтрите (јаглен 1,4; песок 2,65 и гранулат 4,5). Ваквата структура овозможува отстранетите цврсти материи да се задржуваат низ целата длабочина на слојот наместо само на површината, со што значително се продолжува употребата на филтрите помеѓу две чистења (повратни промивања).

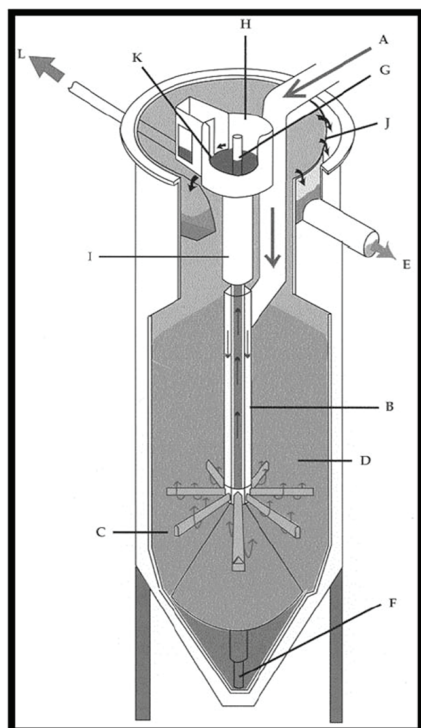


Слика 7.10. Шематски приказ на идеален филтер со постепено преминување од големи кон мали пори од горе надолу

Во последно време сè поголема примена наоѓаат нови конфигурации на филтри, како, на пример, филтри со континуирано повратно промивање (слика 7.11), филтри од ткаенини и синтетички филтри.

Кај филтрите со континуирано повратно промивање (слика 7.11), водата дотекнува преку доводот (A), низ водовите за пренос (B), до разводот на доводна вода (C), кој се наоѓа во долниот дел на уредот. Потоа, водата струи нагоре низ песочниот слој. Истовремено, слојот песок и задржаните цврсти материи се носат надолу низ воздушната цевка (F) во центарот на филтерот. Мала количина на компримиран воздух се воведува на дното во воздушната цевка. Воздухот струи нагоре, го повлекува песокот во воздушната цевка и го чисти песокот од задржаните честички.

Кога ќе стигне до врвот на цевката (G), отпадната тиња се прелева во централната комора за исфрлање (H). Песокот се враќа во песочниот слој преку делот за миење/сепарирање (I). Како што песокот паѓа низ него, кој се состои од неколку концентрични делови, мала количина на филтрирана вода струи нагоре, миејќи ја нечистотијата, при што му дозволува на потешкиот и покрупен песок да падне надолу на слојот. Со поставувањето на преливот за отпад (K) пониско од преливот за филтратот (J), се обезбедува континуиран проток на промивна вода. Отпадот континуирано се отстранува преку гранката (L) во горниот дел на филтерот, додека филтрираната вода се отстранува низ гранката (E). На овој начин, песочниот слој се чисти истовремено со добивањето на филтрирана вода и отпад. Процесот е континуиран, па уредот не треба да се отстранува од процесната линија за да се чисти.



- A - Довод
- B - Водови за пренос
- C - Развод на доводна вода
- D - Слој на песок
- E - Гранка за филтрирана вода
- F - Цевка за воздух
- G - Испуштање на воздухот
- H - Централна комора за исфрлање
- I - Дел за миење/испарување
- J - Прелив на филтрите
- K - Прелив за отпад
- L - Гранка за одведување на отпадот

Слика 7.11. Шематски приказ на филтер со нагорно струење (upflow филтер) и континуирано чистење [2]





# **НАЦИОНАЛНА И ЕУ ЛЕГИСЛАТИВА**



## **8. НАЦИОНАЛНА И ЕУ ЛЕГИСЛАТИВА**

Во понатамошниот дел ќе бидат разгледани националната легислатива, како и европските директиви кои се однесуваат на водите.

### **8.1. Национална легислатива**

Во оваа глава накратко ќе биде разгледано националното законодавство. Тука ќе бидат набројани законите и правилниците кои го дефинираат мониторингот на водите, нивното испуштање, како и мониторингот на испуштањето на истите. Позначаен документ во однос на водите, од домашната регулатива кој ќе биде детално опишан, е Уредбата за класификација на води.

#### **Закон за води**

- Закон за водите (измени и дополнувања)

„Службен весник“ бр. 52/16; бр. 163/13; 23/13; бр. 44/12; бр.51/11; бр.83/10; бр. 161/09; бр. 6/09; бр. 87/08

#### **Мониторинг на водите**

- Правилник за содржината и начинот на подготвување на информациите на картографските прикази за активностите за мониторинг на водите

„Службен весник“ бр. 148/09

#### **Урбани отпадни води**

- Правилник за критериумите за утврдување на зоните чувствителни на испуштањето на урбани отпадни води

„Службен весник“ бр. 130/11

- Правилник за условите, начинот и граничните вредности на емисија за испуштањето на отпадните води по нивното пречистување, начинот на нивно пресметување, имајќи ги предвид посебните барања за заштита на заштитените зони(\*)

„Службен весник“ бр. 81/11

- Правилник за поблиските услови, начинот и максимално дозволените вредности и концентрации на параметрите на прочистени отпадни води за нивно повторно користење

„Службен весник“ бр. 73/11

- Правилник за поблиските услови за собирање, одведување и пречистување, начинот и условите за проектирање, изградба и експлоатација на системите и станици за пречистување на урбаните отпадни води, како и техничките стандарди, параметрите, стандарди на емисијата и нормите за квалитет на преттретман, отстранување и пречистување на отпадни води, имајќи го предвид оптоварувањето и методот за пречистување на урбаните отпадни води кои се испуштаат во подрачјата чувствителни на испуштање на урбани отпадни води

„Службен весник“ бр. 73/11

- Правилник за начинот и постапката за користење на тињата, максималните вредности на концентрациите на тешки метали во почвата во која се користи тињата, вредности на концентрациите на тешки метали во тињата, во согласност со нејзината намена и максималните годишни количини на тешки метали што може да се внесат во почвата

„Службен весник“ бр. 73/11

## **Испуштање на отпадни води**

- Правилник за опасните и штетните материи и супстанции и нивните емисиони стандарди што можат да се испуштат во канализација или во систем за одводнување, во површински или подземни водни тела, како и во крајбрежни земјишта и водни живеалишта

„Службен весник“ бр. 108/11

- Правилник за условите, начинот и граничните вредности на емисија за испуштањето на отпадните води по нивното пречистување, начинот на нивно пресметување, имајќи ги предвид посебните барања за заштита на заштитените зони(\*)

„Службен весник“ бр. 81/11

## **Мониторингот на испуштање на отпадни води**

- Правилник за методологијата, референтните мерни методи, начинот параметрите на мониторинг на отпадните води, вклучувајќи ја и тињата од пречистувањето на урбаните отпадни води (\*)

„Службен весник“ бр. 108/11

## **Уредба за класификација на површински води**

Со Уредбата за класификација на површинските води се уредува класификацијата на површинските води. Целите на класификацијата на површинските води се:

- избегнување на влошувањето на состојбата на водата и влијанијата кои предизвикуваат влошување на состојбата на водните екосистеми и хемиската состојба на површинските води, односно површинското водно тело;

- постигнување на добра состојба на водните тела и водните екосистеми, како и на екосистеми кои зависат од водата и
- постигнување на добра хемиска состојба и добар еколошки потенцијал на водата во силно изменетите водни тела и вештачките водни тела.

Состојбата на површинските води кои припаѓаат на категоријата реки или езера во согласност со член 71 од Законот за водите, се утврдува според нивната еколошка и хемиската состојба.

Класификацијата на еколошката состојба на површинските води кои припаѓаат на категоријата реки или езера се определува во однос на биолошките, хидроморфолошките, хемиските и физичко-хемиски елементи и специфични загадувачки материји.

Еколошката состојба на реките се класифицира земајќи ги предвид четирите главни групи на елементи за квалитет и тоа:

1. Биолошки елементи:

- » состав и изобилство на водната флора;
- » состав и изобилство на бентосната безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и старосна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи кои се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Хидролошки режим:

- » количеството и динамиката на протокот на водата;
- » спој со подземните водни тела и
- » континуитет на реката.

б. Морфолошки услови:

- » варијација на длабочината и на широчината на реката;
- » структура на супстратот на речното корито и
- » структура на крајбрежната зона.



3. Хемиски и физичко-хемиски елементи што се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Општи елементи

- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранителни материји.

б. Посебни елементи

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материји:

- » специфични загадувачки материји кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Еколошката состојба на езерата се класифицира земајќи ги предвид четирите групи на елементи за квалитет и тоа:

1. Биолошки елементи:

- » состав, изобилство и биомаса на фитопланктонот;
- » состав и изобилство на другата водна флора;
- » состав и изобилство на бентосната безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и возрастна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи што се јавуваат како поддршка на биолошките елементи и тоа:

- » количество на хидролошкиот режим и динамика на протокот на водата, време на престојување;
- » спој со подземни водни тела и
- » морфолошки услови како варијација во длабочината на езерото, структура и супстрат на езерското дно, структура на езерскиот брег.

3. Хемиски и физичко-хемиски елементи кои ги поддржуваат биолошките елементи и тоа:

а. Општи елементи

- » прозирност;
- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојба со хранителни материи.

б. Посебни елементи

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материи:

- » специфични загадувачки материи кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Класификацијата на еколошката состојба на реките и езерата врз основа на општите физичко-хемиски елементи се врши во согласност со Стандардите за квалитет на животната средина.

Оценувањето на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата во однос на општите физичко-хемиски елементи, се врши преку земање на примероци од вода на репрезентативни мерни места на начин пропишан во уредба.

Математичките равенки за пресметување на перцентилите се, исто така, дадени во уредба.

Класификацијата на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата според специфичните загадувачки материи во оваа Уредба се врши врз основа на Стандардите за квалитет за животната средина за специфичните загадувачки материи дадени во уредба.

Оценувањето на еколошката состојба на површинското водно тело на реките и езерата во однос на специфичните загадувачки материји од оваа Уредба се врши преку земање на примероци од вода на репрезентативни мерни места на следниот начин:

1. Оцената се врши за површинското водно тело на реките и езерата со употреба на податоците од мониторингот собрани за една календарска година;
2. Вредноста од 95-ти перцентил од податоците од мониторингот се користи за да се спореди со стандардите за квалитет на животната средина дадени во уредба, при што резултатите од оцената по загадувачка материја се класифицираат како:
  - » одлични,
  - » добри или
  - » не ги исполнува стандардите за квалитет на животната средина.
3. Лошата состојба се определува преку најслабиот резултат за еден или повеќе поединечни параметри („според најнискиот параметар“). Математичките равенки за пресметување на перцентилите се дадени во уредбата.

Површинските води на реките и езерата во однос на еколошката состојба се класифицираат врз основа на резултатите за оцена на елементите за квалитет и тоа:

- » висока еколошка состојба;
- » добра еколошка состојба;
- » умерена еколошка состојба;
- » недоволна еколошка состојба или
- » лоша еколошка состојба.

Површинските води на реките и езерата се класифицираат во висока, добра и умерена еколошка состојба во согласност со нормативните дефиниции за еколошка состојба дадени во табела која е составен дел на уредбата.

Површинските води на реките и езерата кои не постигнуваат состојба на висока, добра и умерена еколошка состојба од став 2 на овој член, се класифицираат како води со недоволна или лоша еколошка состојба.

Состојбата на силно изменетите водни тела и вештачките водни тела во согласност со член 71 од **Законот за водите**, се утврдува според нивниот еколошки потенцијал и хемиската состојба.

Еколошкиот потенцијал на вештачките и силно изменетите површинските водни тела се класифицира земајќи ги предвид четирите главни групи на елементи на квалитет и тоа:

1. Биолошки елементи:

- » состав, изобилство и биомаса на фитопланктонот;
- » состав и изобилство на друга водна флора;
- » состав и изобилство на бентосна безрбетна фауна и
- » состав, изобилство и старосна структура на рибната фауна.

2. Хидроморфолошки елементи како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Хидролошки режим:

- » количеството и динамиката на протокот на водата;
- » време на задржување и
- » спој со подземното водно тело.

б. Морфолошки услови:

- » варијација во длабочината на езерото;
- » количество и структура на супстратот на езерското дно и
- » структура на езерскиот брег.

3. Хемиски и физичко-хемиски елементи како поддршка на биолошките елементи и тоа:

а. Општи:

- » термички услови;

- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранителни материи.

б. Посебни загадувачи:

- » загадување со сите приоритетни супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело и
- » загадување со други супстанции за кои е идентификувано дека се испуштаат во водното тело.

4. Специфични загадувачки материи:

- » специфични загадувачки материи кои се испуштаат во значителни количини во водното тело.

Вештачките и силно изменетите површинските водни тела врз основа на резултатите за оцена на елементите за квалитет се класифицираат во следните еколошки потенцијали:

- » висок еколошки потенцијал;
- » добар еколошки потенцијал;
- » умерен еколошки потенцијал;
- » недоволен еколошки потенцијал или
- » лош еколошки потенцијал.

Вештачките и силно изменетите површински водни тела се класифицираат во висок, добар и умерен еколошки потенцијал во согласност со нормативните дефиниции за еколошка состојба дадени во уредбата. Вештачките и силно изменетите површински водни тела кои не постигнуваат состојба на висок, добар и умерен еколошки потенцијал се класифицираат како води со недоволен или лош еколошки потенцијал.

Класификацијата на хемиската состојба на површинските водни тела се определува преку присуство, односно отсуство на концентрација на приоритетните супстанции и други загадувачки материи во водата во согласност

со Стандардите за квалитет на животната средина за приоритетните супстанции и други загадувачки материји.

- » просирност;
- » термички услови;
- » кислородни услови;
- » салинитет;
- » состојба со закиселување и
- » состојби со хранителни материји.

Класификацијата на хемиската состојба на површинските водни тела се определува преку присуство, односно отсуство на концентрација на приоритетните супстанции и други загадувачки материји во водата во согласност со Стандардите за квалитет на животната средина за приоритетните супстанции и други загадувачки материји.

Врз основа на присуството, односно отсуството на приоритетните супстанции и други загадувачки материји, површинските водни тела во однос на хемиската состојба се класифицираат на следниот начин и тоа:

- » добра хемиска состојба е состојба кога нема надминување на стандардите за квалитет на животната средина за ниту една од приоритетните супстанции и други загадувачки материји и
- » не постигнува добра хемиска состојба е состојба кога концентрациите во водата на една или повеќе приоритетни супстанции и други загадувачки материји го надминуваат било годишниот просек – стандарди за квалитет за животната средина (СГ– СКЖС) и/или максималната дозволена концентрација – стандарди за квалитет на животната средина (МДК – СКЖС).

## **8.2. ЕУ Директиви**

Водата е еден од најтранспарентно регулираните области во еколошката регулатива на ЕУ. Законите за контрола на ефлуенти кои се во сила во ЕУ се:

- » Рамковна директива за води (2000/60/ЕС);
- » Директива за третирање на урбани отпадни води (91/271/ЕЕС);
- » Директива за подземни води (80/68/ ЕЕС);
- » Директива за третман на тиња (86/278/ ЕЕС);
- » Директива за опасни материи (76/464/ ЕЕС);
- » Директива за нитрати (91/676/ ЕЕС).

Рамковната директива бр. 60 од 2000 г. ја поставува рамката под која сите горенаведени директиви влегуваат како пододдел на оваа Директива, со која се формира и политиката за управување на водите. Овие закони се спроведуваат и менуваат со амандмани во текот на годините.

### **8.2.1. Рамковна директива за води 2000/60/ЕС**

Оваа Директива го проширува обемот на заштита на водите од секаков вид: површински и подземни води и има за цел да се обезбеди добар статус на сите видови во одреден рок. Оваа стратегија, со цел да обезбеди добар статус, е комбинирана со максимални вредности и стандарди за квалитет. Употребата на двата инструмента овозможува, од една страна, да се заштити човековото здравје, а, од друга страна, со поставување на максимални лимити да се зачува природниот екосистем. Земјите-членки на ЕУ, преку локалните власти координирани и на национално ниво, треба да ги преземат сите мерки за постигнување на добар стандард за квалитет на водата, да ги реставрираат загадените области и прогресивно да го намалат загадувањето со сите мерки пропишани со законот.

### **8.2.2. Директива за третирање на урбани отпадни води 91/271/ЕЕС**

Оваа Директива има два аспекта: собирање, третман и испуст на урбана отпадна вода од агломерати и третирање и испуст на биолошко деградирана отпадна вода од некои индустриски сектори. Дефиницијата за урбана отпадна вода назначена во Директивата: отпадна вода од домаќинствата или мешана отпадна вода од домаќинствата и индустријата и/или атмосферската вода. Оваа Директива има за цел да ја заштити животната средина од негативни ефекти што можат да произлезат од отпадните води. Земјите-членки мора да обезбедат колектирање и третирање на отпадната вода пред испуст, во согласност со стандардите и дадените рокови. Во однос на третирањето на водите, секундарниот (т.е. биолошки) третман е општото правило, со дополнителен третман (третман од трет степен). За одредени области само примарен третман е доволен. Следниот елемент од оваа Директива е тоа што индустриската отпадна вода што се влева во колекторскиот систем е предмет на претходна регулација и легислатива наметната од компетентните власти. Понатаму, истата наведува дека секоја земја-членка треба да ги постави своите барања во зависност од постоечката индустрија во врска со нивните ефлуенти. Со ова се овозможува земјите-членки да постават стандарди кои ќе бидат релевантни на локалните услови во земјата. Понатаму, се специфицира дека преттретманот е задолжителен поради овозможување на непречена работа на пречистителните станици и користење на талогот од истите во земјоделието.

Директивата во членот 14 го регулира отстранувањето на талогот од пречистителната станица со генерални правила, регистрација или одобрување. Во продолжение, забранува отстранување на талогот со негово испуштање во површинските води. За управување со талогот треба да се земе предвид Директивата бр. 86/278/ЕЕС.



### **8.2.3. Директива за подземни води (80/68/ЕЕС)**

Целта на оваа Директива е да се спречи загадување на подземните води со одредени опасни материи. Земјите-членки мора да ги следат ефектите од ефлуентите врз подземните води.

Директивата забранува испуст на материи кои се наоѓаат на листата на штетни материи и овозможува да се добие одобрение од релевантните власти за испуст на некои материи.

### **8.2.4. Стандард на урбана отпадна вода**

ЕУ Директивата за урбана отпадна вода и нејзин третман има за цел да обезбеди непречено работење на пречистителната станица и непречен третман на талогот. Ова наведува дека мора да се изведе одреден степен на преттретман на индустриската отпадна вода за да се обезбеди оперативниот капацитет на пречистителната станица. Стандардот ги дефинира вредностите што треба да ги содржи третираната отпадна вода пред да излезе од пречистителната станица за да се испушти во водите. Параметарот кој се разгледува, максимално дозволените концентрации, како и методата по која се врши мерењето се според Европски стандард за урбани отпадни води (адаптиран од 91/271 ЕЕС).

### **8.2.5. Опасни материи и граничните вредности за испусти**

Директивата 91/271/ЕЕС остава можност на земјите-членки да постават стандарди во врска со индустриското загадување, сè додека овие се во согласност со општата Директива за опасни материи. Директивата специфицира дека секоја земја-членка мора да ги постави стандардите

во зависност од видот на индустријата во прашање. Од една страна, може да се постават гранични вредности кај точката за испуст на ефлуентот во водата реципиент. Ова се однесува на индустриските претпријатија со сопствен третман на отпадната вода. Од друга страна, апликацијата на гранични вредности може да биде регулирана кај точката на испуст на ефлуентот во канализацискиот систем. Ова е случај кога отпадната вода се влева во пречистителната станица.





# **ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ СПОРЕД ТИПОТ НА ИНДУСТРИСКА ГРАНКА**



## 9. ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИ ВОДИ СПОРЕД ТИПОТ НА ИНДУСТРИСКА ГРАНКА

### 9.1. Општо

Отпадните води од индустријата по својата природа се комплексни и разновидни и се во состојба да предизвикаат големи штети. Оттаму, потребно е секој тип на индустрија да се проучи посебно со сите специфики и потоа да се премине на соодветен процес во нивно пречистување.

Карактеристични материи кои се наоѓаат во најважните индустриски ефлуенти се:

1. Нерастворливи материи кои можат физички да се издвојат:
  - » цврсти материи во суспензија (песок, оксиди, талог),
  - » лесни материи и материи кои пливаат (масти, нерастворливи и неемулзирани јагленоводороди);
2. Растворливи материи кои можат физички да се издвојат:
  - » материи кои можат да се апсорбираат (колоранти, детергенти, радиоактивни елементи и др.),
  - » соли кои можат да се издвојат со инверзна осмоза или со измена на јони;
3. Материи кои можат да се одвојат само со неутрализација:
  - » органски и неоргански киселини или бази чиишто соли можат да се растворат до извесни гранични концентрации и не се токсични;
4. Материи кои можат да се издвојат само со оксидоредукција:
  - » оксиданти или редуктори чии оксидирани или редуцирани форми се доволно растворливи, а не се токсични,
  - » сулфиди, цијаниди, хромати и др.

5. Материи кои можат да се издвојат со таложење:
  - » метали кои можат, а не мора да бидат токсични и можат да се исталожат во облик на хидроксида,
  - » сулфиди, флуориди, некои неоргански и органски киселини;
6. Материи кои можат да се издвојат со флокулација и декантација или флотација:
  - » главно, колоидни материи,
  - » материи во емулзија (смоли, растворливи масла, емулзирани јагленоводороди);
7. Материи кои можат да се издвојат со дегазација или со екстракција со течен гас:
  - » гасови кои се врзани или растворени,
  - » фенолни соединенија и др.;
8. Материи кои можат да се издвојат со некоја од постапките на биолошко пречистување.

Односот помеѓу БПК<sub>5</sub> и ХПК во индустриските отпадни води битно се разликува од соодветниот сооднос во отпадните води од домаќинствата. Тој се менува во текот на разни стадиуми на пречистување, така што на крај ХПК може да се зголеми пет пати повеќе од БПК<sub>5</sub>. Присуството на многу токсични активни материи може да го прикрие постоењето на биоразградливи материи и да ја загрози точноста на мерењето на БПК<sub>5</sub>.

## **9.2. Одредување на карактеристиките на ефлуентот**

За да се изгради рационално една станица за пречистување на отпадни води, треба да се располага со следниве податоци:

- » дневна потрошувачка;
- » максимален и минимален часовен проток;
- » дали производството е континуирано или дисконтинуирано;

- » големината и периодичноста на загадувањето;
- » локалните можности за пречистување и рециклирање;
- » секундарните загадувања, дури и да се многу мали или случајни, истите се во состојба да ја загрозат работата на некои уреди за пречистување (лепило, смоли, влакна, масла, песок и др.).

Во фаза на изградба на новите фабрики, овие податоци се добиваат врз основа на анализа на производството и врз основа на споредување со постоечките фабрики.

Ако се работи за реконструкција на постоечките фабрики, мора да се споредат количините на загадувачите кои со континуирана и при системска анализа се пронајдени во ефлуентот со потрошувачката на хемикалии во фабриките.

### **9.3. Процеси на претходно пречистување**

Често е потребно да се предвидат и постапки за претходно пречистување, со цел да се издвои секундарното загадување и да се елиминираат најзначајните физички загадувања поради растоварување на главниот процес на пречистување. Во процесот на претходно пречистување спаѓаат, пред сè: процедување, отстранување на песок, отстранување на масло, декантација и др.

### **9.4. Преработка на тињата**

Во поглед на изборот на постапките и условите за работа, треба посебно да се укаже на следното:

- » филтрабилноста и декантибилноста при центрифугирањето на тињата не зависат само од хемискиот состав на тињата, туку и од начинот на кој се формира;
- » често е од интерес да се загрева тињата.

Извесни проблеми можат да настанат во врска со евакуацијата на преработената тиња:

- » стабилната тиња која не е токсична може потполно да се испушти и растури на отворен простор;
- » таа тиња која има мала токсичност или растворливост треба да се чува така што се оневозможува секоја опасност од испирање и разнесување или треба да се евакуира во контејнери;
- » тињата подложна на ферментирање (нестабилна органска тиња, тиња со масло) треба да помине низ комплетен процес на преработка која може да содржи и спалување.

## **9.5. Прехранбена индустрија**

Заеднички особини на сите видови отпадни води од прехранбената индустрија се: загадувачите се органски и биоразградливи, имаат брзо киселење и брза ферментација. Сите тие води се преработуваат биолошки.

### **9.5.1. Индустрија на млечни производи**

Составот на отпадот од оваа индустрија зависи од нивното потекло. Од погонот за пастеризација и потсирување на чистото млеко се добива само водата од миењето, која одговара на разводнето млеко. Постојат периоди кога оваа вода е премногу кисела или базна поради употреба на азотна киселина или сода за миење на пастеризаторот и други апарати. Погоните за производство на сирење и казеин даваат серум кој содржи доста лактоза но малку протеини, додека погоните за маслац дават сурутка која е богата со лактоза и протеини но сиромашна со масни материи. БПК<sub>5</sub> на отпадните води од млекото се движи 20.000 – 40.000 mg/l. Овие нуспродукти во пракса обично се користат како сточна храна, а водата од перењето поминува низ процесот на индустриско пречистување. Најповолно решение е биолошкото пречистување, а техниките се со активна



тиња со продолжена аерација и притоа таложето треба да се одвива бавно. Продолжената аерација овозможува да се ограничи масата на произведената тиња. Ако концентрацијата на млекото или серумот е поголема од 1 до 2 %, отпадните води почнуваат брзо да киселат и аеробно да ферментират, што може да предизвика потполна блокада на секаква биолошка активност. Можно решение е и залевање или ѓубрење на земјиштето со овие отпадни води, при што протокот треба да се ограничи на 20 – 40 m<sup>3</sup> вода на ден по хектар, зависно од порозноста на земјиштето.

### **9.5.2. Конзервирање на овошје и зеленчук**

Овие индустрии работат сезонски и тие испуштаат релативно мала количина на загадена вода од перењето. Во процесот на пречистување на овие отпадни води се користи процедувањето, со што би се издвоиле отпадоците од зеленчукот, овошјето, лисја и луспи. Вака издвоените материји се употребуват како компост или се спалуваат. Водејќи сметка за сезонскиот карактер на овие загадувачи, може да се каже дека аерирано лагунирање е метод кој најмногу одговара на овој вид индустрија.

### **9.5.3. Кланици и конзервирање на месо**

Количината на отпадните води варира и зависи од начинот како се евакуираат фекалните материји, од големината на кланицата, како и од видот на животни кои се преработуваат. Пред испуштањето на отпадните води од кланиците во канализациската мрежа, неопходно е претходно пречистување кое содржи отстранување на масти и песок, потоа процедување низ решетки и ако е можно процедување низ фини сита, со што степенот на загадување ќе се намали за 10 – 15 %. Денес е потполно

отфрлена идејата за хемиско пречистување на овие отпадни води со примена на флокулација и декантација, бидејќи со тие постапки органското загадување се редуцира до 50 %, при што се создаваат големи количини на тиња. Таа тиња е многу колоидна и склона на ферментација и има проблеми при сушењето и евакуацијата. Според тоа, тука се користи биолошкото пречистување со продолжена аерација.

#### **9.5.4. Пиварници и индустрии на вриење**

Отпадните води од пиварниците потекнуваат од миење на халите за вриење на пивото, садовите за ладење, цистерните за ферментација и чување, потоа од миење на шишиња и буриња. Овие води содржат суспендирани материји, нитросоединенија, остатоци од пиво и квасец, честици од слад и друго. Концентрацијата на загадувачите во водите со кои се мијат резервоарите за ферментација и филтрите е околу 3.000 mg/l БПК<sub>5</sub>, а во водите со кои се мијат цистерните за чување на пиво е околу 16.000 mg/l. Пречистувањето на овие отпадни води со користење на активна тиња со мало оптоварување на масата е многу ефикасно, бидејќи со тоа се оневозможува развојот на влакнести бактерии кои се во состојба да ги блокираат бактериските филтри и да го забават процесот на исталожување. Таков уред е во состојба да ја намали БПК<sub>5</sub> за над 95 %. Добиената свежа тиња може потоа да се преработи со филтрирање под намален притисок, со класично кондиционирање со помош на соли на железо, гасена вар или со центрифугирање со додавање на органски флокуланти.

#### **9.5.5. Шеќерани и фабрики за алкохоли**

Изворите на загадување што ги дава една шеќерана се разновидни, а подолу се набројани најважните:

- » отпадни води кои се добиват при миењето на репката;
- » вода од процесот;
- » ефлуенти од регенерацијата од уредите за деминерализација на шеќерниот сок.

Водата која служи за миење на репката обично се рециклира, поради тоа во процесот се уфрлуват декантери – таложници кои вршат редукација на суспендирани материји во водата, бидејќи при интензивна работа нивната концентрација може брзо да достигне до неколку грама на литар. Со декантација може да се добие тиња со концентрација од над 300 g/l. Се препорачува водата пред влез во таложникот да помине преку решетка. За подобрување на процесот на декантација понекогаш се врши инјектирање на гасена вар. Сите отпадни води од една шеќерана денес најчесто се изложуваат на анаеробно вриење во големи базени.

Кај отпадните води од фабриките за алкохол најприфатливо е решението за примена на директно и контролирано анаеробно гниење. На овој начин преработената вода е декантирана, а добиената анаеробна тиња се рециклира во дигестор. Со оваа постапка БПК<sub>5</sub> може да се редуцира за 90 %, па понатаму е потребно дополнително аеробно пречистување со цел загадувањето на отпадните води да се доведе до прифатливи граници.

## **9.6. Фабрики за масло и сапуни**

Зависно од видот на погонот, разликите во поглед на рН вредностите кај отпадните води во оваа индустрија можат да бидат големи. Така, во погонот за миење на масната киселина водата е многу кисела (рН е помеѓу 1 и 2), додека при неутрализацијата на масните киселини се добиваат многу алкални отпадни води (рН скоро

13). Поради тоа е најдобро сите тие отпадни води да се измешаат. Со претходната физичко-хемиска обработка, при која се отстрануваат мастите и се врши флокулација, се овозможува редукација на органските загадувачи за 50 – 70 %. Потоа може да се примени дополнително биолошко пречистување со активна тиња.

## **9.7. Хемиска индустрија и индустрија на фармацевтски производи**

Постојат многу биолошки процеси кои можат овде да се применат, бидејќи се покажало дека бактериите кои вршат пречистување на отпадните води се многу приспособливи. Поради тоа, отпадните води добиени при производство на антибиотици можат со успех да се преработат со помош на активна тиња.

## **9.8. Фабрики за штавење на кожа**

Овие индустрии трошат многу големи количини на вода што достигнуваат до 5 m<sup>3</sup> на 100kg сува кожа која се преработува. Отпадните води кои се добиваат се многу загадени и содржат протеини во колоидна состојба, масти, танини, отпадоци од кожа и влакна, колоранти и токсични елементи. Такви се сулфидите, а посебно хромот кој се добива при хемиско штавење на кожата. Отпадната вода пред обработката се процедува преку решетки. Ако се помешат сите овие води, се добиваат отпадни води во кои хромот е тровалентен и го има најмногу во тињата. Анаеробното гниење на оваа тиња не доаѓа предвид, бидејќи хромот токсично дејствува врз ферментацијата. По неутрализацијата на овие отпадни води и декантацијата, може да се примени некоја од постапките на биолошко пречистување.

## 9.9. Производство на хартиена маса

При пречистување на отпадните води од фабриките за хартија треба да се примени претходно пречистување во кое се вклучени неутрализацијата и отстранувањето на сулфидите од ефлуентот. Што се однесува до разблажените отпадни води, кои потекнуваат од миењето и белењето, се применуваат биолошки постапки, а може да се применат и аерирани лагуни.

## 9.10. Нафтена и петрохемиска индустрија

Пречистувањето на отпадните води од овие индустрии содржи една или повеќе фази:

- » фаза на физичко отстранување на маслата со примена на гравитациона сепарација во долгнавести базени;
- » фаза на избистрување со постапка на флокулација;
- » декантација или со постапка флокулација – флотација во зависност од степенот на пречистување што се бара. Основна цел на овој процес е потполно отстранување на слободните јаглеводороди и делумна елиминација на емулзирани масла, како и редукација на ХПК на водата.

## 9.11. Петрохемија

Овде се мисли на сите производи чишто отпадни води содржат многу сложени органски соединенија од погонот за синтеза. Некои материи можат да се елиминираат со екстракција, користење на селективни растворувачи или со стрипинг, а некои отпадни води се многу концентрирани и можат директно да се изложат на спалување или пиролиза. ХПК во концентрираните течности може да се редуцира со помош на активен јаглен. Биолошкото пречистување е и овде најпогодна постапка за пречистување на големи количини на води кои содржат сложени загадувања, под услов тие да не се премногу концентрирани.

### **9.12. Животински фарми**

Какви ќе бидат отпадните води кои се испуштаат од фармите зависи од тоа како се чистат, дали на сув начин или со вода. Во случај на миење со вода може да се добие од 150 до 200 g БПК5 по една свиња, а во случај на суво чистење од 80 до 100 g. Нечистотиите можат да се издвојат од водата со механичка постапка. Остатокот потоа се меша со негасена вар или доломит за да се добие минерално ѓубриво кое може да се пакува. Со течната фракција од животинскиот измет може да се залеваат бавчите, но подобро е да се изложи на биолошко пречистување со продолжена аерација и да се добиваат добри резултати и покрај големата содржина на амонијак во тие ефлуенти. Слична постапка може да се примени и на живинарските фарми.

### **9.13. Црна металургија и индустрија на машини**

Фабриците за црна металургија користат затворени кола и нивните отпадни води се во повеќето случаи течности испуштени од овие кола со цел деконцентрација. Тие течности се веќе неутрализирани и декантирани, но можат да содржат цијаниди, особено ако се врши миење на гасовите од високите печки. Цијанидите можат да се отстранат на класичен начин со алкализација и хлорирање, а може и со користење на едно соединение супероксид на сулфурната киселина. Отпадните води од индустријата за машини поминуваат низ флокулатор – декантатор или низ филтерски слој кој се состои од апсорпциски материјал. На крајот се добива неорганска и заматена тиња која може да се елиминира во уредите за спалување кои се во состојба да ги уништат и другите отпадоци, како што се крпи, сапуни и масти кои секогаш ги има во овој вид на индустрија.

## 9.14. Ефлуенти добиени од површинска обработка

Цел на површинската обработка на елементи од метали и од некои синтетички материи е или заштита на тие елементи од корозија или промена на нивниот надворешен изглед. Во загадувањата кои се специфични за овој вид на производство спаѓаат:

- » органски материи кои во најголем дел се добиваат при отстранување на маснотии;
- » суспендирани материи и особено растворени и јонизирани неоргански соединенија.

Оние води со кои е вршено испирање најчесто можат да се преработат со помош на јоноизменувачи, со тоа што чистата вода се рециклира, а загадувачите се концентрираат во мала количина на течност со која се врши регенерација на изменувачите. Пред конечниот избор на уредите за пречистување треба да се запознаеме со многу параметри, на пример, со начинот на производство, со технологијата во индустриската постројка, со количината на отпадни води, со видот на загадувачи, условите на средината во реципиентот. Кога се собрани податоците за деловите пред станицата за пречистување на отпадните води и низводно, структурата на станицата ќе се добие со трошоците во кои влегуваат цената на водата, цената на реагенсите, работната сила и енергијата.



# **СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ**





## 10. СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ

### 10.1. Општо

Пречистувањето на комуналните и индустриските отпадни води значително **се разликува**. За разлика од комуналните, индустриските отпадни води содржат различни загадувачи, варираат по состав, концентрации и содржина и може да содржат токсични материји. Исто така, тие се разликуваат според начинот на кој се проектираат, градат и функционираат.

Индустриските објекти можат да ја испуштаат нивната пречистена вода директно во реципиентот (доколку поседуваат соодветна дозвола) или индиректно да ја испуштаат во јавни пречистителни станици. Директното испуштање обично е поврзано со пообемно пречистување. Постапките и технологиите кои ќе бидат опишани во продолжение можат да се применат и при директно испуштање на пречистената вода во реципиентот, но и при индиректно (што е почест случај во праксата).

Под преттретман се подразбира намалување, отстранување или изменување на загадувачите во индустриските отпадни води пред нивното испуштање во јавна пречистителна станица. Овој процес може да е неопходен за индустриските постојки за да се:

- » задоволат законските услови за испуштање на отпадни води
- » задоволат стандардите за квалитет на водата
- » задоволат општинските прописи за колекторските и канализациски системи
- » подобри имиџот во јавноста, т.е. да се влијае врз општото мислење за индустриските објекти како главни загадувачи на водите.

За таа цел, индустриските претпријатија мораат да инвестираат во преттретман на отпадните води.

## **10.2. Состав и количество на индустриските отпадни води**

Според начинот на создавање и нивниот состав се разликуваат:

1. Индустриски води за производствени цели во самиот технолошки процес,
2. Хигиенско-санитарни води од санитарните јазли на административните и производствените згради, столовите, базените и тушевите.
3. Атмосферски води (дожд и топење на снег).

Индустриските води можат да бидат: загадени и незагадени (условно).

Загадените индустриски води имаат разновиден состав и својства:

Количински показатели:

- » количина на карактеристични компоненти од соодветното производство (нафта, фекалии, површински активни материи, отровни материи, радиоактивни материи и др.),
- » количина на органски материи изразена во БПК и ХПК,
- » активна реакција на водата,
- » степен на минерализација,
- » интензивност на обоеност,
- » температура на водата.

Според степенот на агресивност, се разликуваат:

- » силно агресивни,
- » слабо агресивни,
- » неагресивни отпадни води.

Влијание врз составот и количеството на отпадните води имаат:

- » видот и квалитетот на системот за водоснабдување. Поголемо искористување на водата во рециркулациони системи значи помалку отпадни води;
- » видот на претпријатието, големината на претпријатието, технологијата на производство, видот на инсталациите, системот на водоснабдувањето, капацитетот на изворите и др.

Определување на количината на отпадни води според разработените норми:

*За производствени води:*

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{mM}{1000} [m^3/d] \quad (10.1)$$

$$Q_{\text{макс/час}} = \frac{mM_1K_1}{T \cdot 3600} [l/s] \quad (10.2)$$

Каде што:

$m$  – норма за отпадна вода по единица производ или суровина во  $m^3$ ,

$M$  – количина на суровина за едно деноноќие,

$M_1$  – количина на суровина за смената со најголемо производство,

$T$  – број на часови на смената со најголемо производство,

$K_1$  – коефициент на часовна нерамномерност.

За санитарни води според нормите за одводни води по 1 работник:

- » За работници во погони со топлотно оддавање повеќе од  $84 \cdot 10^3$  (вжештени погони):
  - 45 l/работник за 1 смена
  - 60 l за 45 мин. по смената
- » За сите останати погони („студени погони“):
  - 25 l/работник за 1 смена
  - 40 l за 45 мин. по смената

Количеството на санитарна вода се определува со следните формули:

а) Од погоните:

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000} [m^3/d] \quad (10.3)$$

$$Q_{\text{макс./час}} = \frac{25N_3 K'_4 + 45N_4 K''_4}{T \cdot 1000} [m^3/h] \quad (10.4)$$

$$Q_{\text{макс./час}} = \frac{25N_3 K'_4 + 45N_4 K''_4}{T \cdot 3600} [l/s] \quad (10.5)$$

б) Од тушевите:

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{40N_5 + 60N_6}{1000} [m^3/d] \quad (10.6)$$

$$Q_{\text{макс./час}} = \frac{40N_7 + 60N_8}{45 \cdot 60} [l/s] \quad (10.7)$$

Каде што:

- » број на работници во едно деноноќие (2 – топли, 1 – ладни погодни),
- » исто за смената со најголем број работници,
- » коефициент на часовна нерамномерност за топлите и ладните погони.

Во недостиг на конкретни показатели се зема:

- » број на работници кои користат туш во едно деноноќие,
- » исто за 1 смена.

### **Незагадени води**

За некои гранки претставуваат најголем процент (до 90 %) од општото водно стопанство. Тука спаѓаат:

- » Води за ладење на машините и производите,
- » Води од компресорски постројки и разменувачи на топлина.

Ваквите води практично не се загадени, но се затоплени. Нивниот состав и количина се различни и зависат од усвоената производствена технологија.

### **Дождовни води**

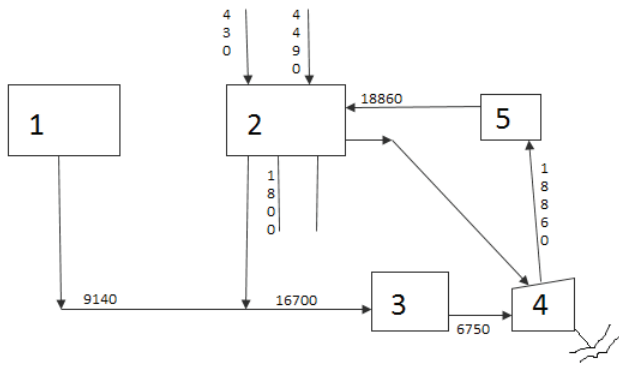
Нивното количество и состав зависи од: климатските, географските, топографските услови и поволниот избор на местоположбата на индустрискиот комплекс.

За димензионирање на канализациските мрежи и пречистителните станици треба да се знае:

- » Целото деноноќно водно количество,
- » Режимот на неговата распределба по часови.

Одводот на отпадните води може да е рамномерен или нерамномерен во една смена или деноноќие (зависно од видот и технологијата). Некои индустриски гранки вршат периодични испуштања на многу загадени и токсични води (еднаш во смена, во деноноќие или во седмица).

Освен промената на количината, треба да се знае и промената на составот и квалитетот на отпадните води во едно деноноќие, час или седмица, како и физичко-хемиските показатели и специфичните загадувачки компоненти (токсични, површинско активни, радиоактивни и сл.). Се прави шема за билансот (слика 10.1) за потребите на вода и за одведување на отпадните води.



Слика 10.1 Шема за билансот за потребите на вода и за одведување на отпадните води. 1 – населено место, 2 – хемиски комбинат, 3 – постројка за биолошко пречистување, 4 – постројка за допречистување, 5 – постројка за ладење

### 10.3. Определување на неопходниот степен на пречистување на индустриските отпадни води

За правилно определување на неопходниот степен на пречистување на отпадните води пред нивното испуштање во водоприемниците, треба да се располага со подробни податоци за количеството и составот на отпадните води, видот на приемникот, количеството и степенот на загаденост на неговата вода, хидролошките податоци и др. Концентрациите на загадените материи во местото на користење на водата на приемникот треба да бидат помали од допуштените.

Неопходниот степен на пречистување на отпадните води обично се определува според следните основни показатели:

- » концентрација на суспендираните материи,
- » содржината на растворениот кислород на приемникот,
- » БПК на помешаните води – на приемникот и отпадните води, рН – вредноста на водата на приемникот, температурата на водата на приемникот, токсични материи, миризба, вкус, боја и др.

Допуштената концентрација на загаденост за одделни показатели при влевањето на отпадните води во реки се определува од следниов биланс:

$$q \cdot c_{\text{отп. в.}} + a \cdot Q \cdot c_n \leq (a \cdot Q + q) \cdot c_{\text{доп}} \quad (10.8)$$

Или

$$c_{\text{отп. в.}} \leq \frac{a \cdot Q}{q} (c_{\text{доп}} - c_n) + c_{\text{доп}} \text{ [g/m}^3\text{]} \quad (10.9)$$

каде:

$c_{\text{отп. в.}}$  – концентрација на загаденост за даден показател во пречистените отпадни води,

$c_n$  – концентрација на загаденост за истиот показател во водата на приемникот (реката) пред испуштањето на отпадните води (пред местото на испуштање), g/m<sup>3</sup>.

$c_{\text{доп}}$  – допуштена концентрација на загаденост за истиот показател во водата на реката по испуштањето на отпадните води, во зависност од категоријата на реката g/m<sup>3</sup>.

$a$  – коефициентот на мешање, се определува по формулата на Родсилер.

$Q$  – средно месечно водно количество на реката при 95 % обезбеденост во местото на испуштање на отпадните води m<sup>3</sup>/s,

$q$  – средно часово количество на отпадните води, m<sup>3</sup>/s

При испуштањето на отпадните води во непроточни приемници (езера, вештачки езера, мориња), допуштената концентрација на загаденост се определува по формулата:

$$c_{\text{отп. в.}} \leq n_T (c_{\text{доп}} - c_n) + c_n \text{ [g/m}^3\text{]} \quad (10.10)$$

каде – коэффициент на тотално мешање

Неопходниот степен на пречистување се определува по формулата

$$\eta = \frac{c_0 - c_{\text{отп. в.}}}{c_0} \cdot 100\% \quad (10.11)$$

каде  $c_0$  е концентрација на загаденост за даден показател во отпадните води пред пречистувањето,  $g/m^3$ .

#### **10.4. Основни методи за пречистување на индустриските отпадни води**

Постојат две основни методи:

- » регенеративни,
- » деструктивни.

*Регенеративните методи се применуваат со цел да се извлечат корисните материји. Кон овие методи спаѓаат и некои физичко-хемиски методи: јонска размена, екстракција.*

*Деструктивни методи:* Разбивање на загадувачките материји и нивна преобразба во безвредни (нештетни) за водата соединенија по пат на *оксидација и редукција*. Продуктите кои при тоа се формираат се одделуваат во вид на *гасови* или *талози* или стануваат во растворена состојба. Тука спаѓаат: *биолошко пречистување во аеробни и анаеробни услови* и *методи на хемиско пречистување.*

За пречистување на отпадните води во зависност од нивната загаденост се применуваат:

- » механички,
- » хемиски,
- » физичко-хемиски,
- » биолошки методи.

**Механичко пречистување:** Одделување на нерастворени примеси: процедување, таложеење, филтрирање и одделување на растворените примеси со хидроциклони и центрифуги.



Хемиско пречистување: Се применува кога одделувањето на загадувачките материи е можно само преку процес на хемиска реакција помеѓу загадувачите и реагенсите додадени во отпадните води. Тука спаѓаат:

- » неутрализација,
- » оксидација,
- » електрохемиска оксидација.

Физичко-хемиско пречистување:

- » коагулација (флокулација),
- » сорпција,
- » екстракција,
- » евапорација,
- » флотација,
- » јонска размена,
- » кристализација,
- » дијализа,
- » дезактивација,
- » дезодорација,
- » обезсолување.

Исто така:

- » електролиза,
- » обратна осмоза.

Комбинација со други методи:

- » коагулација – сорпција,
- » коагулација – флотација – сорпција,
- » коагулација – јонска размена.

Биолошко пречистување:

- » аеробно (базен со активна тиња, биолошки филтер, разни постапки),
- » анаеробно (разни техники) итн.

## 10.5. Израмнување на протокот и оптоварувањето

Израмнувањето (*equalization*) е процес со кој работните параметри (на пр., протокот, цврстите материи и останатите загадувачи, како и температурата) се усреднуваат во определен временски интервал (обично 24 часа) и со тоа се намалуваат нивните ефекти на низводните процеси. Иако времето на овие врвови зависи од ситуацијата, најчесто тие се случуваат во 30 или 60-минутни интервали. Ова може да биде побрзо или побавно, во зависност од специфичните промени на протокот/оптоварувањето/ температурата, способноста за земање примероци и од расположивата точност на мерењата.

Кога се анализира можноста за примена на процесот на израмнување при преттретманот на индустриските отпадни води, проектантот мора да ги земе предвид намалувањето на трошоците и зголемувањето на стабилноста при работата како главни придобивки. Во случаи на чести врвни протоци, со израмнувањето се намалува големината на скоро сите низводни системи кај кои протокот е главен проектен параметар. Ова ги опфаќа процесните пумпи, цевководи и вентили, реакторите за биолошко и хемиско пречистување, песочните филтри и системите за дотур на хемикалии. Во случаи, пак, на врвни оптоварувања со загадувачи, процесот на израмнување ќе ги нормализира овие врвови и при тоа, повторно, ќе го има истото влијание врз намалувањето на големината и трошоците на низводните процеси и постројки.

Главните работни предности на израмнувањето се сигурна работа и конзистентност на квалитетот на ефлуентот. Хидрауличните врвни оптоварувања водат кон:

- » Пренесување на цврстите материи во таложниците;
- » Непредвидено пробивање на цврстите материи кај песочните филтри;
- » Слабо отстранување на БПК и азот кај биолошките процеси;

- » Слабо отстранување на органските материи кај гранулираниот активен јаглен поради недоволно време на контакт;
- » Слаба процесна контрола кај хемиските реакции поради намалени времиња на мешање и реакција при дотур на хемикалии.

Ова се само некои примери за ефектите што врвните хидраулични оптоварувања ги имаат врз индустриските процеси. Израмнувањето влијае позитивно, не само на тековните трошоци на работењето туку и врз капиталните трошоци за сите низводни процеси преку намалување на врвните оптоварувања врз основа на кои се врши нивното димензионирање.

Израмнувањето ги намалува и максималните оптоварувања со полутанти (растворени цврсти материи, масти, масла, амониум, органски состојки, тешки метали, киселини, бази и температурни оптоварувања), кои можат да ги предизвикаат следните потешкотии во преттретманот кај индустриските отпадни води:

- » Висока концентрација на цврсти материи, масти и масла во ефлуентот после таложникот, поради високото оптоварување со цврсти материи во инфлуентот;
- » Неуспешно пречистување во биолошките системи поради ниското ниво на растворен кислород, токсичните услови, органското преоптоварување, неприфатливи рН вредности и температури;
- » Ефлуент кој не ги задоволува поставените норми поради проблеми во претходните процеси.

Израмнувањето често е неопходно кај индустриските постројки кои имаат променлив проток и оптоварување со загадувачи, како последица на самиот процес на производство или пречистување. Овие промени предизвикуваат сериозни потешкотии во работата на

низводните процеси на пречистување, па мора да се амортизираат. Во вообичаени потешкотии предизвикани од појава на максимуми на протокот или оптоварувањето со загадувачи (на пр., поголеми од 25 % од дневниот просек) се вбројуваат:

- » Хидраулично преоптоварување на низводните пумпни постројки и процеси;
- » Изнесување на цврсти материји од уредите за седиментација или флотација;
- » Потешкотии во одржувањето на континуиран дотур на хемикалии во соодветните процеси;
- » Недостиг на растворен кислород во биолошките процеси;
- » Висок диференцијален притисок кај уредите за филтрирање, што предизвикува потреба од прерано чистење или користење на повеќе уреди;
- » Покусо време на контакт кај процесите со активен јаглен, со што се намалува ефикасноста на пречистувањето.

Во индустриите кај кои е често потребно израмнување, спаѓаат млечната индустрија, преработка на храна, постројки за полнење на сокови, хемиските и петрохемиските постројки, фармацевтските фабрики и индустриските перални.

Потребата од израмнување на протокот главно се определува во односна потенцијалните ефекти на отпадната вода врз индустриските постројки за преттретман или пречистителната станица за отпадни води. Овие ефекти се определуваат врз база на две основни компоненти:

- » Променливоста на работните параметри кои треба да се израмнат (на пр., проток, рН вредност, БПК, ХПК, амониум или токсичност) и
- » Волуменот кој се испушта.

За да може правилно да се дефинира потребата од израмнување, неопходни се доволни претходни информации

за овие два фактора, релативните трошоци за изградба и примена на ефективно израмнување на протокот, како и претпоставените заштеди од намалувањето на големината на низводните процеси.

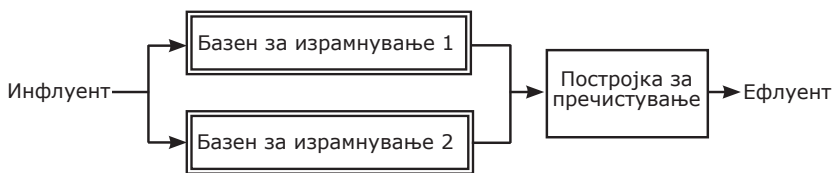
Постојат три основни типа на процеси на израмнување:

- » Наизменично пренасочување на протокот
- » Повремено или паралелно израмнување и
- » Целосно измешано израмнување.

Овие процеси можат да се разликуваат од случаи кај кои нема никакво мешање, па сè до такви кај кои има целосно мешање, во зависност од параметарот кој се израмнува или контролира. На пример, при хидрауличното израмнување на проток во кој нема цврсти материи, обично не е потребно мешање. Од друга страна, кај протоци со значителни нивоа на цврсти материи, температурни или промени на рН вредноста, мешањето би донело значителни предности.

Кај **наизменично пренасочување на протокот** се применуваат два или повеќе базени (слика 10.2) [8]. Овој приод се користи за собирање на целиот проток на ефлуентот во еден базен за определен временски интервал (обично 24 часа), додека вториот базен се празни. Базените наизменично се полнат и празнат. Волуменот и карактеристиките на полутантите кај базенот кој не е во работа се променливи во текот на процесот на полнење. Со мешањето во овој базен се обезбедуваат константни нивоа на полутантите во моментот кога тој се празни.

Овој тип на израмнување често се користи кај Sequencing Batch реакторите кога постојат два реакторски базена. Иако овој систем обезбедува високо ниво на израмнување, потребната површина и капиталните трошоци обично ја ограничуваат нивната примена во индустријата, освен кај двобазенските SBR системи.



Слика 10.2. Систем за израмнување со наизменично пренасочување на протокот

Системот со повремено пренасочување на протокот се проектира така што овозможува пренасочување на протокот за кус временски интервал во базен за изедначување, при секоја значителна промена во параметрите на отпадната вода (слика 10.3) [8].

Пренасочениот проток се пречистува или со контролирана брзина се враќа назад во главниот струен тек. Брзината со која пренасочениот проток се враќа назад во главниот тек зависи од волуменот и променливоста, како и од нивото на извршеното пречистување. Вообичаено, содржината на базенот се испитува пред да се испушти, за да се утврди брзината со која базенот може да се испразни во главниот процесен тек без штетни последици.

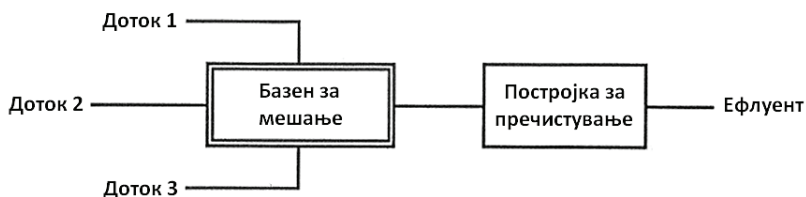
Овој тип на израмнување може да се примени во случај кога поради определена активност во фабриката повремено се очекуваат токсични или тешки за пречистување состојки во отпадната вода. Во индустриите кои користат ваков тип на израмнување спаѓаат тие кои имаат планирани периоди на одржување, рафинерии, завршни обработки на метал со цијанид или шествалентен хром, како и прехранбени и млечни индустрии во време на чистење на производствените линии.



Слика 10.3. Систем за израмнување со повремено пренасочување на протокот

И покрај сè, високите капитални трошоци и потребната површина ги прават системите за израмнување со повремено пренасочување на протокот неприфатливи за голем број индустриски компании.

**Системот со целосно измешано израмнување** се проектира на начин што овозможува целосно мешање на еден или повеќе комбинирани струјни текови на почетокот на постројката за пречистување на отпадните води (слика 10.4). Базенот за израмнување континуирано го прима протокот на отпадна вода. Овој тип на израмнување најчесто се применува во индустријата и со него можат да се намалат промените во секој од поединечните текови при мешање на повеќе од нив. При тоа се подразбира дека одделните струјни текови се компатибилни помеѓу себе и можат да се комбинираат без при тоа да се создадат дополнителни проблеми. Ова мора да се утврди пред да се започне со имплементација на овој систем. На пример, отпадната вода од процесите на завршна обработка на метал која содржи цијанид не смее да се меша со кисели отпадни води, бидејќи ќе се создаде отровниот цијаниден гас. Наместо тоа, отпадните води кои содржат цијанид треба да се одвојат и посебно да се пречистат.



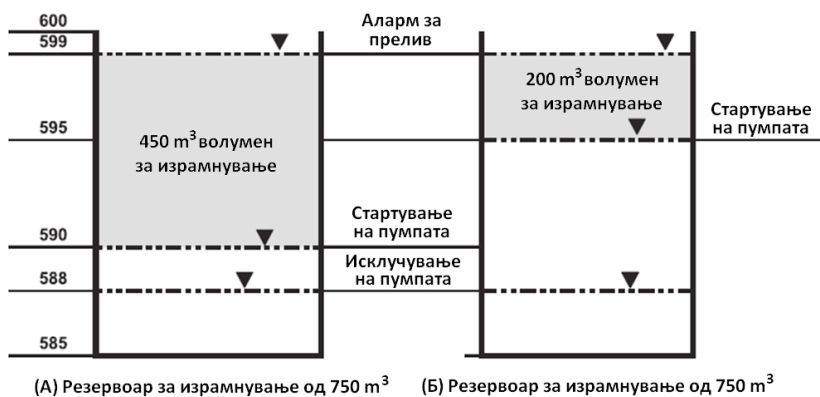
Слика 10.4. Комбиниран систем со целосно мешање

Еден од важните фактори при проектирањето на системите за израмнување е обезбедувањето на доволен капацитет за одвивање на процесот. Ова е прикажано на примерот на два различни начини на управување на пумпите во истиот базен за израмнување од  $750 \text{ m}^3$  (слика 10.5).

Во случајот А, кога пумпата е подесена да се вклучи при кота 590, целиот волумен над ова ниво претставува *активен простор* – волумен кој е на располагање кога протокот на инфлуентот е поголем од протокот на ефлуентот. Во овој случај, нивото се подига за разликата во двете големини. Целиот волумен под оваа кота ( $300 \text{ m}^3$ ) е *мртов простор* – волумен кој не ги прифаќа поголемите дотоци кои би можеле да се испумпаат од резервоарот со постојните пумпи.

Во случајот Б, пумпата е подесена да стартува на повисока кота (595) во истиот резервоар, па активниот простор кој може да се користи за израмнување на дотокот на инфлуентот е намален на  $200 \text{ m}^3$ . Целиот простор под оваа кота, кој изнесува  $550 \text{ m}^3$ , во овој случај е мртов простор, кој не може да се искористи за израмнување на променливите дотоци на инфлуентот.

На овој начин, пониските коти на стартување на пумпите обезбедуваат максимално искористување на капацитетот на резервоарот за израмнување на протокот, при што мора да се земат предвид и енергетските и кавитациските параметри на пумпите.



Слика 10.5. Ефекти на нагонувањето на пумпата врз капацитетот на базен за целосно мешање [8]



## 10.6. Отстранување на цврстите материи

Иако јавните комунални станици за пречистување на отпадни води (СПОВ) се проектираат за да ги отстранат и концентрираат измешаните цврсти материи, обично тие треба да се отстранат од индустриските отпадни води пред да се испуштат во комуналните СПОВ или реципиентот. Цврстите материи се често присутни во индустриските отпадни води во толку големи количини што го нарушуваат непреченото работење на низводните постројки за пречистување, па и на ПСОВ во целина. Ова е посебно случај со мастите и маслата од прехранбената индустрија, рафинерии или индустриски перални.

Високи концентрации на Вкупни суспендирани честички (повисоки од 500 mg/l) можат да ги преоптоварат решетките, примарните таложници и процесите за одведување на цврстите материи кај комуналната ПСОВ. Високи нивоа на масти и масла (над 150 mg/) можат да се акумулираат во примарниот таложник и резервоарите за разградба на биолошките цврсти материи, да ја нарушат работата на пумпите или колекторските механизми, значително да ги намалат брзините на пренос на кислородот во аерационите базени и потенцијално да доведат до нарушување на законските норми за испуштање на отпадни води. Мастите и маслата од рафинериите, индустриските перални или производители на нафтени деривати може да предизвикаат појава на отровни материи во биолошките процеси на комуналната ПСОВ.

Високи концентрации на таложливи цврсти материи, како и масти и масла, може да предизвикаат затнување на канализациските водови и водните комори на пумпните станици. Покрај фактот што нивното отстранување во таа фаза е тешко и скапо, овие материи можат да предизвикаат непријатна миризба, доколку се биолошки разградливи.

Измешаните цврсти материи во индустриските отпадни води можат да бидат органски или неоргански. Овие цврсти материи обично се делат врз база на нивната големина и начинот на нивно отстранување:

- » Крупни цврсти материи (кои имаат најмалку 25 mm во пречник и кои значително ќе ја нарушат работата на низводните процеси на пречистување);
- » Цврсти материи, како крупен песок, чакал, метални честички, пластични делчиња, продукти на непотполно согорување и други материи со поголема густина, кои побрзо се таложат од органските цврсти материи;
- » Таложливи цврсти материи (честички со големина помеѓу 1  $\mu\text{m}$  и 25 mm), кои се таложат од отпадната вода во тек на стандарден Imhoff конусен тест, и
- » Колоидални материи (честички со големина помеѓу 0,001 и 1  $\mu\text{m}$ ), кои имаат површински напони кои мора да се неутрализираат за да се дозволи агломерација, флокулација и таложување на честичките.

Крупниот песок може да навлезе во индустриската канализација преку атмосферските води или при миеење кај фабриките за хартија, дрвната, прехранбената и хемиската индустрија.

Таложливите и колоидалните материи, исто така, можат да бидат органски или неоргански, во зависност од процесот од кој настануваат. Колоидалните материи обично се отстрануваат со хемиска коагулација и флокулација со метални соли или синтетички полиелектролити.

Цврстите материи од водата и отпадните води се нарекуваат **остаток** (*residue*) [8]. Вкупниот остаток го претставува материјата која останува после испарување и сушење во печка на определена температура на примерок од водата. При тоа се опфатени и остатокот кој може да се филтрира

(делот кој го задржува филтерот) и делот кој поминува низ него. Измешаните цврсти материји можат да се филтрираат, додека растворените и колоидалните цврсти материји не можат да се филтрираат.

Количината на вкупните Вкупни суспендирани честички се определува со филтрирање на примерок од водата низ дефиниран филтерски медиум, негово сушење во печка и потоа определување на тежината на остатокот. Температурата на сушење обично се движи помеѓу 103 и 105 °C.

Вкупните Вкупни суспендирани честички ги опфаќаат сите фракции (суви и запаливи) кои се определуваат со филтрирање на примерок низ филтерски диск до задржување на остаток од 200 mg на филтерот. Остатокот се суши, мери и потоа се пали на температура од 550 °C. Масата на остатокот после палење ја претставува сувата фракција. Разликата помеѓу масите на сувата фракција и вкупните Вкупни суспендирани честички ја дава запаливата фракција.

Поради големата вискозност на цврстите материји во тињата, содржината на вкупните Вкупни суспендирани честички и запаливите Вкупни суспендирани честички се определува прво со определување на вкупните цврсти материји или вкупните запаливи цврсти материји за даден примерок. Вкупните цврсти материји и вкупните запаливи цврсти материји ги вклучуваат и измешаните и растворените цврсти материји.

Методите за отстранување на измешаните цврсти материји се избираат врз база на почетната концентрација на цврсти материји во отпадната вода, зададената концентрација на крајот на процесот, како и врз база на големината, таложливоста, склоноста кон згуснување и природата (дискретни или флокуларни) на честичките.

Испитувања на определен струен тек на отпадна вода се често неопходни за определување на карактеристиките на цврстите материи и компатибилноста на определен процес на пречистување. Најчести техники за отстранување на измешаните цврсти материи од отпадната вода при концентрации на вкупни Вкупни суспендирани честички помали од 1 % (10.000 mg/l) се решетките и ситата, гравитационската сепарација и филтрацијата. Овие техники се веќе претходно детално прикажани и опишани.

## **10.7. Отстранување на масти и масла**

### **10.7.1. Општо**

Мастите и маслата можат да бидат од растително, животинско или минерално потекло. Мастите се мешавина на различни триглицериди и се наоѓаат и во растенијата и животните. Хемичарите ги делат мастите и маслата според нивната просечна молекуларна тежина и степенот на заситеност. Мастите имаат ниска точка на топење, која е пониска кога доминираат компоненти на масни киселини.

Маслата се триглицериди кои се наоѓаат во течна состојба на собна температура. Обичните масла за јадење содржат семиња на памук, палми, маслинки, пченка и соја. Минералните масла ги опфаќаат нафтените јагленоводороди. Чести масти се свинската маст и лојот. Сапунот се добива кога животинска маст или растително масло се загрева до вриење во присуство на натриум хидроксид (за добивање на глицерин) и натриумови соли или масни киселини. Сапуните се опфатени при вообичаена анализа на мастите и маслата во отпадната вода.

Кај повеќето постапки на преттретман е неопходна контрола на мастите и маслата кои потекнуваат од индустријата, бидејќи можат да предизвикаат значителни проблеми во работата на комуналните ПСОВ, како на пример:

- » Затнати канализациски водови;
- » Прекумерни цврсти материји кои испливуваат на површината на водните комори во пумпните станици;
- » Високи концентрации на пена во примарните таложници, која се пренесува во низводните процеси;
- » Полоши перформанси на процесите за биолошко пречистување;
- » Нафаќање на слој врз филтрите со грануларен активен јаглен;
- » Потешкотии при згуснувањето и обезводнувањето на биолошките цврсти материји;
- » Можни несогласености со еколошките дозволи за работа;

Мастите и маслата примарно се регулираат на локално ниво. При тоа, скоро сите дозволи за испуштање на отпадни води во канализацискиот систем или во ПСОВ содржат бројчени или описни ограничувања за содржината на масти и масла во нив.

Мастите и маслата можат да се содржат во отпадните води како слободни масла што пливаат, во емулзија или ограничени со цврсти материји (табела 10.1) [8]. Со помош на гравитацијата од водата се одвојуваат слободните масла што пливаат, бидејќи нивната специфична тежина е помала од 1. Нафтените масла обично се отстрануваат од отпадната вода со нивно собирање од површината во седиментациските базени. Овие масла потекнуваат од рафинериите, петрохемиските постројки, железарите и индустриските перални.

Табела 10.1. Видови на масло во отпадните води

Вид	Дефиниција
Слободни масла	Масло кое е присутно во водата, но е малку или воопшто не е во врска со водата. Се одвојува гравитациски.
Физички емулзии	Масло кое е измешано со водата во стабилна форма со големина на капките од 5-20 микрометри. Се формира како последица на мешање заради пумпање низ цевководите и вентилите.
Хемиски емулзии	Масло измешано во водата со големина на капките помала од 5 микрометри. Се формира од детергенти, алкални флуиди или протеини.
Растворени масла	Масло кое се раствора во водата. Се открива со инфрацрвена анализа или други методи.
Цврсти материји со масло на нив	Масло кое се нафаќа на површината на отпадната вода или цврстите материји.

Маслата во **емулзија** се стабилни мешавини на масло и вода кои обично самостојно не се одвојуваат под дејство на гравитацијата без надворешно влијание (на пр., топлина или деемулзивни хемикалии). Емулзиите масло – вода можат да бидат физички или хемиски. Физичките емулзии се мешавини на вода и тешки масла или масни материји (обично нерастворливи во вода), кои се механички создадени (на пр., со центрифугално пумпање со голема брзина). Тие се понестабилни (полесно се одвојуваат) од хемиските емулзии и можат да се одвојат со топлина или коагулант (алуминиум сулфат – стипса).

Хемиските емулзии обично се наоѓаат во флуиди кои биле во контакт со метал при обработката на машински делови во автомобилската индустрија и алатниците. Овие флуиди се мешавина на две течности кои не се мешаат (главно нафтени и минерални масла и вода) и е потребно средство за да ги држи во стабилна емулзија. За одвојување на маслата и водата, ова средство мора да се отстрани, најчесто со киселински соли (на пр., стипса).

### 10.7.2. Извори на масти и масла

Содржината на масти и масла во комуналните отпадни води обично изнесува од 30 до 50 mg/l и претставуваат околу 20 %

од органската материја која се мери преку БПК. Индустриските отпадни води имаат повисоки концентрации (табела 10.2).

Табела 10.2. Индустрии кои испуштаат најголеми концентрации на масти и масла во ПСОВ

ВИД НА ИНДУСТРИЈА	ТИП НА МАСТИ И МАСЛА
Рафинирање на растително масло	Растителни
Производство на сапун	Растителни и животински
Преработка на млеко	Животински
Млечни производи и сирење	Животински
Касапници и преработка на месо	Животински
Производство на кодиторски производи	Растителни
Подготовка на храна	Растителни и животински
Објекти за исхрана	Растителни и животински
Перални	Растителни, животински и нафтени
Обработка на метални делови	Нафтени
Производи од лим	Нафтени
Преработка на волна	Животински
Нафтени рафинерии	Нафтени
Производство на органски хемикалии	Растителни, животински и нафтени

Потенцијални извори на масти и масла во **прехранбената индустрија** се машините за обработка на месо, млечните производи, зеленчукот, производство на масло за јадење и уредите за добивање на семиња. Отпадната вода од прехранбената индустрија главно се јавува како последица на готвење, чистење и измени во производството, при што се добиваат високи концентрации на масти и масла, како и значителни промени во протокот и концентрацијата на полутантите. Најчести начини за преттретман во оваа индустрија се гравитациското одвојување, нагодувањето на рН вредноста и коагулацијата.

Во **металната индустрија** постојат четири вида на флуиди (средства за подмачкување и ладење и масла за сечење):

- » Чисти масла (нерастворливи масла со многу малку или без воопшто вода во нив);
- » Растворливи масла (емулзии масло – вода);
- » Синтетички машински масла (водена мешавина на органски состојки); и

- » Полусинтетички машински масла (хибрид на синтетички машински масла и растворливи масла).

Маслена отпадна вода може да потекнува од повеќе извори (на пр., алатници или работилници). Металните делови кои се изработуваат во металната индустрија (како, на пример, автомобилски делови) често се прекриени со машински флуиди кои служат за ладење и подмачкување на ножот на алатот на машината, но и за отстранување на металот кој се сече од обработеното парче. Овие флуиди се таложат или филтрираат за да се отстранат металните струшки и потоа, обично, повторно се користат. Отпадната вода од металната индустрија се содржи од употребени машински флуиди, потрошена вода за миење и нејзино истекување. Обично се врши деемулзирање на самото место на настанување, пред да се испушти во комуналната ПСОВ.

Емулзиите на машинските флуиди обично се третираат со киселини, киселински соли или полимери за раскинување на емулзијата, при што би се одвоиле маслото и водата. Процес на биолошко пречистување, исто така, би извршил деемулзирање на овие отпадни води. Методот на пречистување зависи од машинскиот флуид и обично се препорачува од страна на производителот на флуидот.

Мастите кои се нанесуваат на металните површини за заштита од корозија за време на нивното чување и транспорт, исто така, можат да завршат во отпадните води од металната индустрија. Мастите обично се отстрануваат со органски растворувачи или водени базни раствори за чистење. Раствори за одмастување (на пр., незапаливи хлорни јагленоводороди или керозин) можат да формираат емулзии или филм кој плива и може да биде отровен за микроорганизмите во комуналната ПСОВ. Тие, исто така, можат да бидат запаливи или слободни отровни гасови, кои никако не смеат да се испуштат во комуналниот колекторски систем.



Отпадните води од **нафтените рафинерии** содржат слободни и емулгирани масла од истекувањата, преливањата и чистењето на резервоарите, потоа емулзии од процесите на хемиски третман, маслен кондензат, води од сепаратори на дестилат, како и маслена тиња. Комбинираните отпадни води од рафинериите можат да содржат сурова нафта, разни нафтени фракции или вкупни суспендирани честички прекриени со масло, сапуни или восочни емулзии. Нафтените масти и масла опфаќаат и лесни јагленоводороди (на пр., бензин или авионско гориво), тешки јагленоводородни горива и катрани (на пр., сурова нафта, дизел-гориво, подмачкувачи и асфалт).

Во останатите видови индустрија кои, исто така, испуштаат значителни количини масти и масла, спаѓаат индустриските перални, постројките за миење на моторни возила, производството и пречистувањето на железо и челик, фармацевтските компании, како и производствените капацитети за алуминиумски производи.

### **10.7.3. Техники за преттретман**

При проектирањето на постројката за преттретман, неопходно е системот за отстранување на масти и масла да се постави што поблиску до изворот за да се минимизираат локациите каде што тие материји би можеле да се акумулираат, како и да се намали големината на низводните уреди за пречистување.

Слободните (неемулзирани) масти и масла се лесно отстранливи од водата, бидејќи испливуваат на површината и се групираат, по што можат механички да се соберат или отстранат од површината. Емулгираните масти и масла, пак, остануваат во растворена состојба и нивното отстранување претставува поголем проблем. За да се спречи слободните масти и масла да станат емулгирани, при проектирањето на

системите за преттретман, секогаш кога тоа е можно, треба да се избегне пумпање на отпадна вода која содржи масла (посебно со центрифугални пумпи). Кога пумпањето е неопходно, треба да се употребат волуменски, мембрански пумпи за да се намали шансата за создавање физички емулзии. Исто така, треба да се избегне разблажување на водените токови кои содржат масти и масла, со такви кои не содржат.

Пред да се одбере процесот кој ќе се примени врз емулгираните масти и масла, треба да се изврши нивна карактеризација и да се изработи студија за можните начини на нивно отстранување.

Постојат две фази во третманот на мастите и маслата. Во првата фаза се одвојуваат слободните масти и масла од отпадната вода. Се отстрануваат мастите и неемулгираните масла. Ова се реализира преку гравитациско одвојување или систем на паралелни плочи.

Во втората фаза се разбиваат емулзиите и се отстрануваат емулгираните масти и масла. Емулзиите можат да се разбијат со загревање, дестилација, хемиски третман и центрифугирање, како и со филтрирање. Ультрафилтрацијата, исто така, многу успешно се применува за разбивање на масла и масни киселини. Најчесто применуван систем во втора фаза е гравитациска сепарација, додадени хемикалии (на пр., стипса, железен сулфат и железен хлорид), флокулација и флотација со растворен воздух (*dissolved air flotation-DAF*).

**Гравитациските сепаратори** (одвојувачи) можат да бидат мали уреди за ресторани, па сè до големи индустриски системи. Еден еднофазен систем за пречистување може да се состои од задржувач на масло, кој се применува при мали и повремени протоци на масти и масла (на пр., кај ресторани, хотели и бензински пумпи). Овој задржувач е проектиран на тој начин да ги собира и задржува мастите

и маслата кои обично се наоѓаат во кујните. Тој се монтира во системот за одвод помеѓу локалната одводна мрежа во објектот и приклучокот во канализацискиот систем. При нивното поставување треба да се води сметка за пристапот до нив заради чистење и одржување.

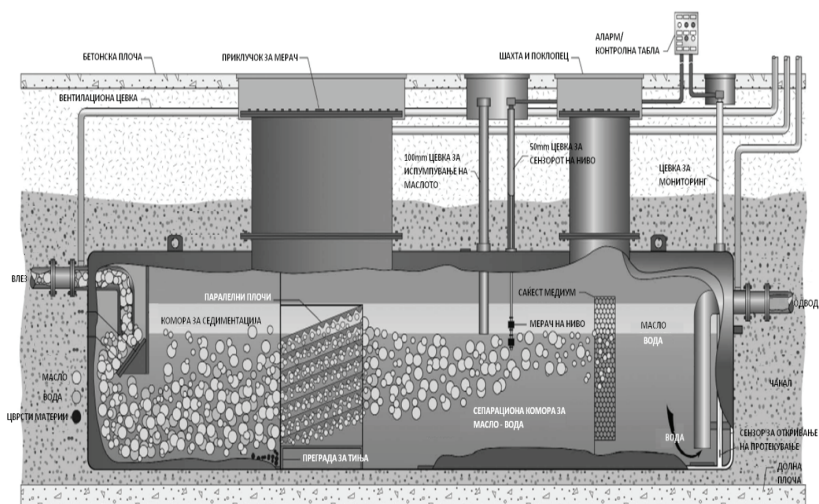
Друг еднофазен систем е гравитациски сепаратор со механичко отстранување на отпадните масти и масла од површината и нивно складирање. Се користи за пречистување на отпадните води од услужните дејности, пречистувањето на храна и нафтените рафинерии.

Гравитацискиот сепаратор треба да е проектиран така што ќе зафаќа доволно површина, мирни услови и доволно време за да се овозможи масите и маслата да испливаат на површината на водата. Големи промени во протокот ја нарушуваат ефикасноста на отстранувањето на маслата, при што е неопходно израмнување за да се надмине овој проблем. Ако се очекуваат големи промени во протокот, задржувачот на масло мора да се предимензионира за да се земе предвид најголемиот можен проток.

При проектирањето на гравитацискиот сепаратор мора да се земат предвид хидрауличниот капацитет, постојаноста на протокот и едноставноста и пристапноста за негово чистење. Растојанието помеѓу влезот и излезот од задржувачот треба да е доволно големо за да се спречи истекување на масите во ефлуентот.

Постојат комерцијални уреди кои го отстрануваат маслото од отпадните води на тој начин што водата струи низ медиум со голема површина. Овој медиум е пластична маса која има форма на саќе или паралелни плочи. Овој вид на сепаратор (слика 10.6) дава најдобри резултати кај нафтените јагленоводороди кои се во флуидна форма, со концентрации на Вкупни суспендирани честички помали од 300 mg/l.

При струењето на маслената вода низ медиумот, маслото се подига, се нафаќа на долната страна на плочата и конечно испливува во слојот на масло на површината. Водениот тек продолжува низ дополнителна комора за одвојување пред да го напушти сепараторот. Комбинацијата на агломерацијата, која се добива од нарушување на струјниците и контактот на маслото со пластичната маса, предизвикува пораст на големината на маслените капки. Така добиените поголеми маслени капки можат да се отстранат со помош на гравитација.



Слика 10.6. Шема на типичен коалесцентен сепаратор [8]

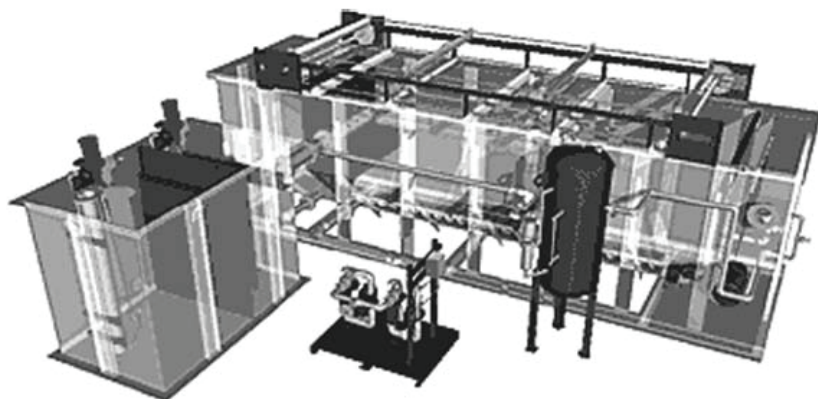
Мора да се обезбеди дека медиумот во уредот нема да го направи неупотребливо задржаното масло. Доколку тоа масло е наменето за употреба кај луѓето или за хранење на животни, медиумот мора да се изработи од материја која е одобрена од регулаторите за безбедност на храна.

Производителите на овој сепаратор обично го димензионираат според расположивите податоци за протокот, типот на маслото и специфичностите на нивниот дизајн. Во принцип овој сепаратор се проектира на проток од околу  $0,76 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .

Емулзиите хемиски се третираат за да се дестабилизира маслото или да се уништат емулзивните средства. Процесот во основа се состои од брзо мешање на коагулант со отпадната вода и потоа физичко одвојување на мастите и маслата кои се одвојуваат преку флокулација, флотација и слично.

Отпадната вода може да се деемулгира со додавање на коагулантски соли (на пр., стипса, полиаминиум хлорид, железо хлорид и железо сулфат), киселини, органски полиелектролити, топлина или соли и топлина заедно.

Флотацијата со растворен кислород (DAF) е процес на физичко одвојување, кој најчесто се применува за отстранување на хемиски концентрираните масти и масла. Овој процес се состои од вдување на воздух под притисок во струјата на отпадната вода и потоа испуштање на водената струја со воздухот во неа во резервоар во кој владее атмосферски притисок (слика 10.7) [8]. Маслата и малите цврсти честички се нафаќаат на воздушните меурчиња и испливуваат на површината, каде што се собираат и отстрануваат.



Слика 10.7. Шема на стандарден уред за флотација со растворен кислород [8]

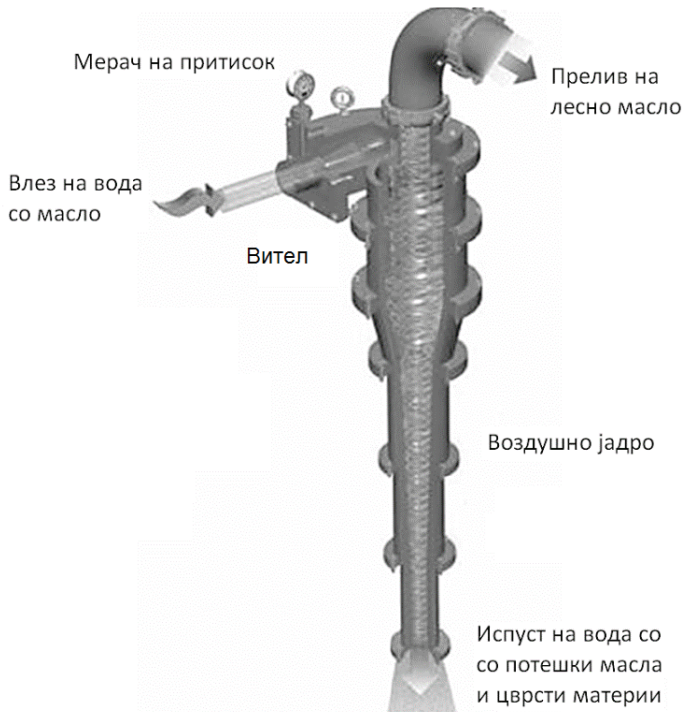
Кога хемиски создадените флокули не се одвојуваат доволно добро, тоа може многу ефикасно да се направи

со **центрифуга**. Центрифугите трошат повеќе енергија и бараат пообемно одржување отколку другите типови на сепаратори, но се исклучително применливи кога станува збор за ограничен простор или значителни протоци кои треба се процесираат. Пред да се започне со целосна примена на овој систем, мора да се направи пробна контрола за неговата ефикасност.

Центрифугите обично повеќе се користат за процесирање на индустриската тиња (вклучувајќи и отстранување на масти и масла) отколку за пречистување на индустриските отпадни води.

**Хидроциклоните** се техничко решение на технологијата на центрифуга, која станува сè популарна во индустриските постројки. Тие можат да се користат за одвојување на маслата од потешките цврсти материи, маслото од потешката вода, па дури и масло од потешко масло. Хидроциклоните ја користат центрифугалната сила за да го извршат одвојувањето, па затоа им е потребен помал простор отколку конвенционалните техники на одвојување масло – вода или масло – цврсти материи.

Кај овој систем (слика 10.8) [8], флуидот се пумпа тангенцијално во хидроциклонот, кој го ротира, генерирајќи голема центрифугална сила која ги одвојува цврстите материи и течноста (или две нерастворени течности). Создадените сили се променливи по должината на хидроциклонот. Потешката фаза (на пр., вода, потешко масло или цврсти материи) се потиснуваат нанадвор кон ѕидот на цевката на хидроциклонот и надолу кон истекот. Полесната фаза струи кон центарот, каде што се формира јадро и излегува низ преливот (нагоре). Вообичаеното време на задржување е 2 – 3 секунди. Освен пумпањето низ хидроциклонот, процесот нема подвижни делови. Склопови од повеќе хидроциклони се применуваат во случаи на поголеми протоци кои треба да се пречистат.

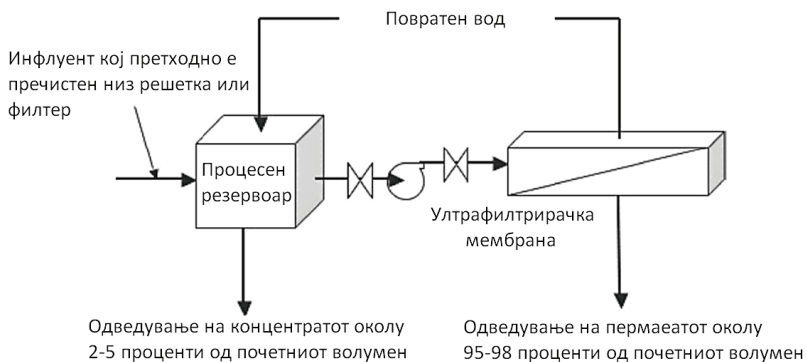


Слика 10.8. Шематски приказ на хидроциклон (FLSmith Krebs) [8]

Хидроциклоните обично се применуваат кај рафинериите, нафтените платформи во морињата и океаните, постројките за пренос на сурова нафта, станици за миење на возила, млекари и кај индустријата за пречистување на храна.

Кај системите за **ултрафилтрација** се користи фина мембрана за одвојување на мастите и маслата од водата. Може да се третираат емулзии дури до 0,005  $\mu\text{m}$ . Ултрафилтрацијата сè почесто се применува со намалувањето на цената на мембраните и посебно е применлива кај постројки кај кои водата или маслото повторно се користи или отпадната вода се испушта директно во реципиент, наместо во комунална ПСОВ. Кај типичен систем за ултрафилтрација (слика 10.9), инфлуентот кој претходно е механички пречистен, се пумпа

во процесниот резервоар. Пумпата го потиснува растворот низ мембрана, која ги одвојува состојките. Пермеатот (чистата вода) се испушта обично при атмосферски притисок. Кај конфигурација со „попречно струење (*cross-flow*)“, водата која не минува низ мембраната се враќа назад во процесниот резервоар и се меша со инфлуентот. Како што отстранетото масло од водата се нафаќа на мембраната, расте диференцијалниот притисок на самата мембрана и се намалува количината на пропуштениот пермеат. Кога ќе се влошат карактеристиките на мембраната до однапред дефинирано ниво, процесот се исклучува и се промива или хемиски се чисти.



Слика 10.9. Шематски приказ на ултрафилтрациски процес

Гравитациската сепарација обично ѝ претходи на мембранската филтрација за да се намали затнувањето и да се овозможи доволна пропусност на пермеат. Зад гравитациската сепарација може да се постават филтри за да се намали големината на честичките на 5  $\mu\text{m}$ .

Ултрафилтрацијата ја разбива емулзијата масло-вода, но само може да ги концентрира мастите и маслата, а не да ги отстрани. Понекогаш се применува гравитациски коалесцентен филтер за да се отстрани концентрираното масло од коцентратот или од повратниот тек. Доколку овој филтер се покаже како непрактичен, маслото и водата



можат дополнително да се одвојат преку додавање на флокуланти (на пр., стипса и органски полимери). Исто така, емулзијата масло-вода може да се разбие со топлина при температури од 38 до 82 °C, во зависност од природата на емулзијата.

Главна предност на ултрафилтрацијата е можноста за повторно користење на отстранетите масти и масла. На пример, често се користи за повторно користење на маслата во машинските работилници. Ефикасноста на процесот од аспект на трошоците во многу зависи од вредноста на материјалот што може повторно да се користи.

Во недостатоци на ултрафилтрацијата се вбројуваат: високи капитални трошоци, чистење на мембраната и трошоци за нејзина повремена замена, како и неопходноста од преттретман.

При проектирањето на еден ваков систем мора да се земат предвид повеќе фактори, како, на пример, карактеристиките на отпадната вода (на пр., содржина на масло, соли и Вкупни суспендирани честички), присуство на хемикалии кои не се компатибилни со мембраната, како и други процесни услови (pH вредност, температура и сл.), кои можат да влијаат врз процесот. Во секој случај се препорачува пилот-проба на успешноста на постапката пред да се започне со секојдневна примена.

#### **10.7.4. Можности за повторно користење на отстранетите масти и масла**

Постојат многу можности за повторно користење на мастите и маслата. На пример, маслата кои се добиваат од водата испуштена при рафинирање на масло за јадење, правење на сапун и производство на месо можат да се искористат во храната за животни и во дизел-моторите. Маслото кое се добива од рестораните после неговата употреба може

да се собере, рециклира и да се користи во индустријата или при производството на храна за животни.

Нафтените јагленоводороди со ниска содржина на вода можат да се користат како суровина во рафинериите, како гориво за сопствена потрошувачка или директно да се продаваат на пазарот со нафтени деривати. Отпадното масло од одредени индустриски гранки може да се собира и продаде на рафинериите.

Со порастот на цената на нафтата, се зголемува и интересот на повторното користење на отпадните масла и масти.

Постојат и други примени на отстранетите масти и масла од отпадните води, во зависност од нивната pH вредност и типот и процентот на масло, масти, восок и други присутни надворешни материи. На пример, можат да се користат во производство на подмачкувачи при дупчење, флотација на руда и производство на асфалт.

### **10.8. Искористување на индустриските отпадни води и извлекување на корисните материи од истите**

При проектирањето на комплексот на канализациски и пречистителни постројки кај индустриските претпријатија треба да се проучат и решат следните основни парашања:

- » Можност да се намали количеството и концентрацијата на отпадни води,
- » Максимално искористување на отпадните води за производствени и други потреби, без да се одведат во реципиентот,
- » Можности и начини на извлекување на корисните материи од отпадните води.

Некои видови индустриски отпадни води, кои содржат органски материи, успешно можат да се искористат во

земјоделството за потребите од наводнување. Тие се користат самостојно или помешани со комуналните отпадни води после претходно пречистување. Најпогодни за наводнување се водите од фабриките за компирен скроб, месопреработувачки комбинати, фабриките за минерални ѓубрива и др.

Поради високата содржина на азот, фосфор и калај во тие води, нивното искористување за наводнување ја зголемува плодородноста на почвата и земјоделските приноси се зголемуваат за два до три пати.

Отпадните води од рударската индустрија содржат голем процент на минерални материи и не се подобни за наводнување, бидејќи нивната хранливост е незначителна, токсичните материи влијаат негативно на почвената микрофлора. Освен тоа, при висока концентрација на материите се нарушува структурата на почвата.

Отпадните води од кожарските комбинати се опасни во санитарен поглед и нивното користење за наводнување не е дозволено.

Води со висока концентрација на органски загадувања (месопреработувачки комбинати и сл.) пред користењето за наводнување треба да се разредат до одреден степен, а во некои случаи претходно да се подложат на биолошко и механичко пречистување.

Водите од фабриките за скроб и за преработка на овошје и зеленчук брзо гнијат, затоа се разредуваат со вар. Искористувањето на отпадните води за наводнување задолжително се усогласува со санитарните органи.

Ефикасен метод за намалување на загаденоста на отпадните води е извлекувањето на вредните материи, кои остануваат во нив при процесот на производството. Вредните материи се извлекуваат не само заради пречистување на водата, туку и за нивно искористување.

Отпадните води од разни индустрии содржат метали, масти, хемиски продукти, влакна и др., кои можат да се искористат во стопанството. Таквото извлекување и повторното искористување е одговорна задача со висок економски ефект.

Од отпадните води на фабриките за примарна преработка на волна се извлекуваат масти, кои се искористуваат за производство на линолин – ценет продукт за медицинската, електронската, парфимериската и други индустрии.

За извлекување на вредни примеси од отпадните води се применуваат различни методи: механички, физичко-хемиски и хемиски. Тие се усвојуваат кога ќе се утврди технологијата на производството, економските фактори, санитарните барања и локалните услови.

## **10.9. Управување со рН вредноста**

### **10.9.1. Општо**

Нагодувањето на рН вредноста на отпадните води е еден од најчестите процеси во индустриските системи на нивен преттретман. Поради различните киселини и бази кои се користат во индустриското производство и процесната индустрија, кај повеќето постројки е неопходно да се обезбеди дека рН вредноста на отпадната вода е поволна пред да се испушти во површинските води или јавните комунални ПСОВ.

Оптималната рН вредност зависи од постројката и процесот. За директни испуштања, ефлуентот би требало да има вредност помеѓу 6 и 9 за да се заштити реципиентот. За индиректни испуштања, рН вредноста на ефлуентот мора да биде помеѓу 5,5 и 10 за да се заштити комуналниот колекторски систем од корозија, а процесите во ПСОВ од оштетувања или проблеми при работата. Сепак, доколку

системите за претходен третман вклучуваат биолошко пречистување, рН вредноста на отпадната вода мора да се наоѓа во релативно тесни граници (помеѓу 6,5 и 8,5) пред нејзиното влегување во биолошкиот реактор. Доколку биолошкиот систем е проектиран и за нитрификација, оптималната рН вредност обично е 7,5 – 8,5, иако некои процеси непречено работат и при пошироки граници. Исто така, оптималните рН вредности можат да се менуваат со разликата во температурата, конфигурацијата на процесот (повремен или континуиран) и неговата технологија (аеробно или анаеробно пречистување).

Доколку се испушти кисела отпадна вода во колекторскиот системи, може да се предизвика несакана хемиска реакција. На пример, кога цијанидните јони од отпадната вода ќе дојдат во контакт со кисели отпадни води, добиената комбинација ќе предизвика водороден цијаниден гас, кој е исклучително токсичен. Сулфидите во отпадната вода можат да се комбинираат со киселите индустриски отпадни води за да се добие сулфур водород. Водород цијанидот и сулфур водородот се опасни во ниски концентрации. Дополнително, гасовитиот водород сулфид може биолошки да оксидира, при што се формира сулфурна киселина, која може да ги кородира бетонските цевки.

Терминот **рН**, кој се користи за да се опише киселата или базната состојба на растворот, се дефинира како негативен логаритам на концентрацијата на активни водородни јони ( $[H^+]$ ) изразено во моли за литар:

$$pH = - \log[H^+]$$

или

$$pH = \log 1/ [H^+] \quad (10.12)$$

рН скалата се движи од 0 до 14, при што неутралната точка ( $pH=7$ ) е рН вредноста на чиста вода на приближно

25 °C. Базните (алкални) раствори имаат рН вредност над 7, додека киселите раствори имаат рН вредност под 7. Поради тоа што рН е логаритамска функција, раствор со рН вредност 5 има 10 пати повеќе активни водородни јони отколку тој со рН вредност 6. Соодветно, раствор со рН вредност 2 има 1000 пати повеќе активни водородни јони отколку тој со рН вредност 5. Раствор со рН вредност 1 содржи  $1 \times 10^{-1}$  mol/l слободни водородни јони, додека раствор со рН вредност 13 содржи  $1 \times 10^{-13}$  mol/l слободни водородни јони.

Концентрацијата на водородни јони се менува обратно пропорционално на концентрацијата на слободни хидроксидни јони  $[\text{OH}^-]$  изразена во моли за литар, според следната рамнотежна равенка:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (10.13)$$

Во литар чиста вода на 25 °C се одвојуваат приближно  $1 \times 10^{-7}$  mol вода, со што се создаваат идентични концентрации на слободни јони на водород и хидроксид. Негативниот логаритам на концентрацијата на хидроксидни јони се нарекува **рОН**. Врската помеѓу рН и рОН може да се изведе од равенката (10.13) со вадење на негативни логаритми на двете страни, по што се добива:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (10.14)$$

Киселините и базите се распаѓаат во вода, при што се добиваат, соодветно, јони на водород и хидроксид. Киселините се делат на слаби или јаки во зависност од бројот на водородни јони кои се ослободуваат кога киселината се додава на водата. Соодветно, базите се делат на слаби и јаки во зависност од хидроксидните јони кои се ослободуваат кога базата се додава на вода. На пример, азотна киселина ( $\text{HNO}_3$ ) е јака киселина бидејќи скоро сите нејзини молекули се распаѓаат во вода, при што се добиваат водородни и азотни јони. Оцетната киселина

( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), од друга страна, е слаба киселина бидејќи нејзините молекули скоро и да не се распаѓаат, при што се добиваат мал број на водородни јони во водениот раствор.

Доколку киселина се додаде на вода, се зголемува концентрацијата на водородни јони во растворот. Доколку се додадат  $1 \times 10^{-3}$  mol на јака киселина (на пр., хлороводородна киселина –  $\text{HCl}$ ), на 1 l чиста вода со рН вредност 7, ќе се распадне скоро целата киселина, при што се добиваат околу  $1 \times 10^{-3}$  mol на водородни јони и рН вредност од околу 3.

Доколку на вода се додаде база, се ослободуваат хидроксидни јони кои реагираат со водородните јони, при што се формира вода, се намалува концентрацијата на хидроксидни јони и се покачува рН вредноста на растворот. На пример ако  $1 \times 10^{-2}$  mol јака база (на пр., натриум хидроксид –  $\text{NaOH}$ ) се додадат на 1 l чиста вода со рН=7, концентрацијата на хидроксидни јони ќе изнесува околу  $1 \times 10^{-2}$  mol/l (рОН = 2), додека рН вредноста ќе биде околу 12 (со примена на равенката 10.14).

### **10.9.2. Киселост и алкалност**

Ова се два корисни концепта за определување на потребата од неутрализација. Потребно е многу повеќе од мерење на рН вредноста за адекватно определување колку база е потребна за неутрализација на киселина или колку киселина е потребна за неутрализација на база [8]. Кај јаките киселини (на пр., азотна), скоро сите киселински водородни јони се квантифицирани преку мерење на рН вредноста, бидејќи водородните јони се скоро сосема одвоени. Но, кај раствор на оцетна киселина постојат расположиви киселински јони како водородни јони и како ацетатни јони ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ). Со комбинирање на слободните водородни јони со хидроксидните јони на додадената

база се добиваат молекули на вода, но, од друга страна, повеќе оцетна киселина ќе се разложува за да ја задржи концентрацијата на водородни јони која постоела при состојба на рамнотежа во растворот. Оттука, само рН мерење нема да покаже колку база треба да се додаде за неутрализација на раствор на оцетна киселина.

Раствор на јака киселина може да има помала рН вредност отколку раствор на слаба киселина, иако се употребени исти количества киселина за подготовка на растворот. Сепак, вкупната киселост на двата раствора ќе биде идентична, а ќе бидат потребни и еднакви количества база за нивна неутрализација. Обратно, разблажен раствор на јака киселина и концентриран раствор на слаба киселина може да имаат иста рН вредност, но ќе бидат потребни различни дози на база за нивна неутрализација, иако е ист волуменот на двата раствора.

**Киселоста** е мерка за капацитетот на растворот да неутрализира јаки бази (на пр., NaOH) до определена рН вредност. Се изразува како еквивалентна вредност (во милиграми на литар) на калциум карбонат (CaCO<sub>3</sub>). Киселоста е бруто мерка. Може да се толкува во однос на определени растворени супстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Јаките минерални киселини (на пр., сулфурната киселина – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), слабите киселини (како јаглородната H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или оцетната киселина) и металните соли (на пр., железниот или алуминиумскиот сулфат) придонесуваат кон измерената киселост на отпадната вода.

**Алкалноста** е мерка на капацитетот на растворот за неутрализација на јаки киселини (како H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) до определена рН вредност. Како и киселоста, алкалноста се изразува како еквивалентна количина (во милиграми на литар) калциум карбонат. Тоа е бруто мерка и може да се толкува во однос на определени супстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Алкалноста на голем



број отпадни води е примарно функција од рамнотежата на присутните карбонати ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), бикарбонати ( $\text{HCO}_3^{-}$ ) и хидроксида. Алкалноста се зема како индикација на комбинирани концентрации на овие состојки (при тоа се земаат предвид ако се присутни и борати, фосфати, силикати и други анјони).

### 10.9.3. Принципи на мерење на рН вредноста

Уредот за мерење на рН вредноста има три компоненти: рН сензор или сонда, кој содржи мерна електрода, референтна електрода и температурен сензор; засилувач и анализатор или трансмитер (предавател). Компонентите на сензорот обично се комбинираат во една сонда. Мерната електрода обично се изработува од стакло (иако во поново време стаклото се заменува со потрајни *solid-state* сензори). Стаклените мерни електроди на крајот имаат стаклена топка осетлива на рН вредност, а во средината имаат жица од сребрен хлорид, која е опкружена со електролитен раствор на калиум хлорид ( $\text{KCl}$ ). Околу мерната електрода се наоѓа комората која ја претставува референтната електрода. Референтната електрода содржи жица од сребро хлорид во електролитен раствор на калиум хлорид заситен со сребро хлорид. Порозната течна врска во референтната електрода му овозможува на електролитниот раствор да воспостави физички и електричен контакт со мерната течност и да создаде напон (волтажа) кој електродите може да го измерат [8].

Мерната електрода, која е осетлива на концентрацијата на водородни јони, создава напон кој е директно поврзан со оваа концентрација. Референтната електрода дава стабилен напон за споредба. Кога ќе се потопи во отпадната вода, напонот на референтната електрода останува константен, додека напонот на мерната електрода се менува пропорционално на концентрацијата на водородни јони.

#### 10.9.4. Избор на средства за неутрализација

Прво прашање на кое треба да се одговори е какво средство е потребно за контрола на pH вредноста? База, киселина или двете? Често се потребни и двете, посебно кога карактеристиките на отпадната вода се крајно променливи, а опсегот на крајна pH вредност е релативно тесен.

Економската анализа на средствата за неутрализација треба да вклучува повеќе алтернативи. На пример, pH вредноста на кисела отпадна вода може да се зголеми со јака или слаба база. При употреба на јака база, ќе биде потребна помала доза, но реакцијата ќе биде потешко да се контролира при тесен pH опсег. Покрај тоа, јаката база може да чини повеќе за еден килограм отколку слабата. Вкупниот трошок за хемиски средства е функција од чинењето по единица маса и потребната количина (доза). Трошоците за работна рака и одржување, исто така, мора да се земат предвид при определување на вкупните трошоци на работа за секоја хемикалија.

При определување на трошоците за хемикалиите, една од соодветните споредби е трошокот за да се добие единица алкалност или киселост за секоја хемикалија. За оваа цел може да се употреби следната равенка:

$$C_{\text{баз/кис}} = (C \cdot EW) / (P \cdot EW_{\text{CaCO}_3}) \quad (10.15)$$

при што:

$C_{\text{баз/кис}}$  – трошок по единица маса на алкалност или киселост (во  $\text{CaCO}_3$ )

$C$  – трошок по единица маса на хемикалија

$EW$  – еквивалентна маса на хемикалија

$P$  – чистота на хемикалија

$EW_{\text{CaCO}_3}$  – еквивалентна маса на калциум карбонат = 50.

**Инвестициските трошоци** вклучуваат изработка и монтажа на резервоари и изградба на објекти за хемикалиите, опрема за пумпање и мерење, градежни материјали, безбедносни аспекти и потребни мерни инструменти за контрола и управување со процесите.

**Времето на реакција** влијае врз бројот, големината и условите на мешање на контролните рН уреди, како и врз управувањето со системот.

Концентрацијата на растворени цврсти материи кои се создаваат во тек на неутрализацијата зависи од типот и количината на употребената хемикалија. Исто така, е непожелно присуството на растворени соли во ефлуентот.

Вкупната количина на цврсти материи кои се создаваат за време на неутрализацијата обично зависи од составот на отпадната вода, реагентите и крајната рН вредност на отпадната вода. Исталожените цврсти материи мора да се пропуштат измешани со водата во низводните процеси на пречистување или да се отстранат, преработат и одведат.

Со некои хемиски средства мора да се ракува со повеќе претпазливост отколку со други. При тоа мора да се намали или целосно спречи секаков допир со кожата, случаен контакт со очите или вдишување на нивните пари, а сите овие фактори треба да се земат предвид при изборот на средството. Пред почетокот на процесот, мора да се определат максималната и минималната можна рН вредност, посебно ако процесот на неутрализација му претходи или е дел од процесот на биолошко пречистување или ако се испушта во ПСОВ.

Во зависност од типот и колку често се користат хемикалиите за контрола на рН вредноста, истите можат да се испорачаат во сува или течна форма. Во сува форма се доставуваат прашкасти и грануларни хемикалии, кои мора да се навлажнат, измешаат и да се складираат во течна

форма. Сувите хемикалии можат да се транспортираат во вреќи по неколку стотина килограми, кои обично рачно се празнат во уредите за дозирање.

Типот и количината на избраните хемикалии ги дефинираат постројките и уредите кои се потребни за нивен прием, истовар, складирање и испорака до рН контролниот систем. Други важни фактори се: безбедноста, заштита од замрзнување, контрола на нечистотиите, градежни материјали и други. На пример, јаглерод диоксидот обично се испорачува со камиони во течна форма и се складира на ниски температури во сад под притисок. За негово испарување во гасна форма се користи испарувач, а потоа овој гас може да се додава на отпадната вода преку дифузен систем за гас.

При оценката и изборот на хемикалиите влијаат расположивоста, променливоста на цената и потребните карактеристики. На пример, доколку некоја хемикалија се произведува во околината, ќе повлече помали трошоци за транспорт. Исто така, постројки за пречистување кои се наоѓаат на мало растојание можат да ги комбинираат своите отпадни води, со што неутрализацијата се изведува без значително додавање на хемиски средства.

Следните **бази** обично се користат за неутрализација на **кисели отпадни води**:

**Варта** обично се користи за неутрализација на кисели отпадни води поради расположивоста и релативно ниската цена на чинење. Се користат различни типови, како, на пример, калциум оксид, доломит хидрат, калциум карбонат (варовник), калциум хидроксид и други.

Секоја од овие форми има различно време на реакција, кое влијае врз големината на резервоарите за неутрализација, па оттука и капиталните трошоци. Некои имаат и значителен процент на инертни материи, кои придонесуваат во количината и типот на добиените цврсти материи.

Состојките на варта се раствораат и бавно реагираат. Потребни им се релативно долго време на контакт и интензивно мешање за ефикасно функционирање. Нивните основни недостатоци се создавањето на цврсти материи (создавање на нерастворливи калциумски соли) и прашкаста вар, која создава и здравствени проблеми. Цврстите материи мора да се отстранат со таложник, да се обезводнат и одведат.

Варовникот е обично едно од најевтините решенија за базен реагенс. Кога се користи како слој низ кој струи отпадната вода, се создава јаглерод диоксид. Кога се користи за неутрализација на сулфурна киселина, се нафаќа слој од калциум сулфат и мора да се острани механички. Времето на реакција на варовникот може да биде 1 час или подолго, во зависност од квалитетот и големината на парчињата, а слојот мора повремено да се обновува за да се задржи ефективност на процесот.

**Натриум хидроксидот** (NaOH), кој уште се нарекува каустична или камена сода, може да се набави во цврста и течна форма, но доколку не содржи вода се смета дека е непригоден за примена при пречистување на отпадни води, поради безбедносните аспекти на неговото ракување и растворање. Затоа скоро секогаш се користи течен NaOH.

Каустичната сода е скапа хемикалија, но нуди бројни предности од аспект на инвестициски, како и трошоци на работа и одржување, споредено со варта и други бази. Таа е силно неутрализациско средство и брзо реагира, со што има потреба од помал резервоар. Исто така, е „чисто“ хемиско средство од аспект на складирање и ракување и предизвикува создавање многу помалку цврсти материи во однос на состојките врз база на вар. Понатаму, натриумските соли што се формираат од каустичната сода обично се исклучително растворливи, така што не е потребна седиментација на цврстите материи после нагодувањето на pH вредноста.

Каустичната сода обично се произведува заедно со хлор, па поради променливата потрошувачка на хлорот, можни се осцилации и на цената на каустичната сода. Меѓу другите нејзини недостатоци спаѓа и заштитата при работа со неа: штетна е за белите дробови и незаштитената кожа, а е и исклучително лизгава ако се истури. Покрај ова, прекумерна количина на каустична сода може брзо да ја зголеми рН вредноста на отпадната вода на повеќе од 12, што претставува проблем од аспект на корозивност.

Солта на слабата јаглеродна киселина ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), **натриум хидроген карбонат** ( $\text{NaHCO}_3$ ), позната и како **сода бикарбона**, е многу ефикасно средство за неутрализација. Скоро е рН неутрална, па е многу корисна за додавање и на киселост и на алкалност, при што главно ги амортизира двете влијанија. Посебно е ефикасно средство за рН контрола кај анаеробните биолошки системи за пречистување.

**Натриумот карбонатот** ( $\text{NaCO}_3$ , сода) претставува помал проблем во однос на безбедноста во споредба со каустичната сода, а покрај тоа е поевтин од натриум хидроген карбонатот. Сепак, обично, претставува помалку ефикасно неутрализациско средство во однос на двете наведени. Содата е средно брзо неутрализациско средство, но создава јаглерод диоксид, кој може да предизвика проблеми со создавањето на пена. Поради ниската растворливост во вода, содата најекономично се дозира во пенеста форма, слично со хидратантната вар.

**Магнезиум хидроксидот**  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  е слаба база, која е релативно безбедна за ракување и за разлика од варта или каустичната сода е ендотермна (врзува топлина) при растворање во вода. Хемиската реакција е многу едноставна, но не реагира брзо како варта или каустичната сода. Има ниска растворливост при собна температура и се намалува со покачување на температурата. Исто така,

станува нерастворлива при рН вредности околу 9, така што преголема количина нема изразито да ја зголеми рН вредноста на отпадната вода. Магнезиум хидроксидот добива на значење како ефективна алтернатива во однос на трошоците за неутралзација на кисели средини, посебно кога е потребно отстранување на растворени метали. Обично произведува тиња од метални хидроксида со мал волумен, но, сепак, обезводнувањето на овој материјал може да биде многу потешко отколку сличниот добиен со вар.

Следните киселини обично се користат за неутрализација на **алкални (базни)** отпадни води:

**Сулфурната киселина** ( $H_2SO_4$ ) е најчесто применувана хемикалија за неутрализација на базните отпадни води. Не е скапа за набавка, а при тоа најчесто се потребни стандардни материјали за нејзино складирање и дозирање, но, сепак, мора да се внимава на нејзината корозивност. Доколку отпадната вода содржи високи концентрации на натриум или калциум, при реакцијата се добиваат, соодветно, растворени натриумски соли или нерастворливи калциумски соли. При анаеробни услови, сулфатниот јон ( $SO_4^{2-}$ ) може да се редуцира во сулфид и потоа да формира водород сулфид ( $H_2S$ ), кој претставува корозивен, опасен гас, кој може да се акумулира во колекторскиот систем. При аеробни услови, сулфидот може биолошки да се оксидира назад во сулфат и потоа да создаде слаби раствори на сулфурната киселина, кои можат да ги кородираат бетонските цевки.

Компримираниот гасен **јаглерод диоксид** ( $CO_2$ ) станува често средство за неутрализација на алкалните отпадни води. Кога ќе се раствори во вода формира јаглеродна киселина, слаба киселина која реагира со алкалните отпадни води за намалување на рН вредноста. Неутрализацијата со  $CO_2$  е најнеефективна во однос на трошокот кога се користи за „фино нагудување“ на рН вредноста на отпадната вода

во дво или трофазен неутрализациски процес или кога се потребни само мали промени на рН вредноста.

Примената на т.н. **издувни гасови** за неутрализација на отпадните води може да претставува економичен метод за додавање на  $\text{CO}_2$ , во зависност од тоа колку е на располагање. Издувните гасови обично содржат околу 14 %  $\text{CO}_2$ , а принципите врз кои се одвива неутрализацијата се исти како за компримираниот  $\text{CO}_2$  гас.

Други киселини (на пр., **хидрохлорна, азотна и фосфорна киселина**) можат да неутрализираат алкални отпадни води во определени ситуации, но обично се поскапи и потешки за ракување од  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Исто така, дозволите за работа обично содржат ограничувања на концентрациите на вкупниот азот или вкупниот фосфор, кои можат да бидат загрозени со употребата на овие киселини.

#### **10.9.5. Проектирање на систем за рН контрола**

Системот за контрола на рН вредноста треба континуирано да ја нагудува рН вредноста на отпадната вода во прифатливи граници во однос на дозволата за работа или ограничувањето на контролата врз процесите. За да се изведе ова, системот мора:

- » Да додава точна количина на киселина или база на отпадната вода,
- » Соодветно да ја меша отпадната вода и хемикалиите за контрола на рН вредноста,
- » Да овозможи доволно време за постигнување на рамнотежа на неутрализациската реакција или состојба блиска на рамнотежната.

Скоро сите отпадни води се променливи во текот на времето, така што системот за рН контрола мора да овозможува мерење на рН вредноста на отпадната вода и да ја дозира количината на додадените хемикалии за да се постигне



потребната рН вредност. Проектирањето на овие системи е сложена задача поради логаритамската зависност на рН од концентрацијата на водородни јони. На пример, доколку се додаде некоја количина  $x$  на некоја база кон раствор на јака киселина, рН вредноста на растворот ќе се зголеми од 2 на 3. Потоа, за да се зголеми на 4, потребно е само 10 % од почетната доза ( $x$ ), а само 1 % од  $x$  е потребен за зголемување на рН на 5 итн. Оттука, нагудувањето на рН вредноста на отпадната вода од 2 на 7 може да биде сложен проблем од аспект на неговата контрола. Потребни се големи количини на база пред да се постигне мерлива промена на рН, но со нејзиното зголемување се зголемува и брзината на промената на рН вредноста додека растворот не постигне еквивалентна точка, која зависи од составот на отпадната вода. Потоа, брзината на промената на рН се намалува. За прецизна контрола на рН, потребен е прецизен систем со кусо време на реакција.

При проектирањето на овие системи мора да се земе предвид променливоста на протокот на отпадната вода, рН вредноста и пуферниот капацитет (способноста на водата за непроменливост на рН вредноста, т.е. отпорност на промени). рН вредноста кај индустриските отпадни води може значително да се менува во текот на времето (во тек на една минута, ден или месец), како, на пример, кај водите добиени од преработка на храна со користење на базни или кисели средства за чистење, кај кои може да се промени од 2 на 12 во тек на неколку минути.

Доколку рН вредноста значително се менува, процесот на израмнување може да се примени за да се намали потребата и големината на системот за рН контрола. Израмнувањето често се користи при пречистувањето на отпадни води за да се амортизираат промените во карактеристиките на отпадната вода (на пр., протокот, измешаните цврсти материи или биохемиската потреба од кислород – БПК), при што таквите процеси на израмнување

имаат релативно едноставни технички решенија поради релативната постојаност на овие карактеристики во нормални услови. Сепак, рН не е постојана супстанција, туку е резултат на повеќе сложени хемиски рамнотежи, кои можат брзо и значително да се променат. Промена на рН вредноста за само две стандардни единици (на пр., од 2 на 4) претставува 100-кратна промена во концентрацијата на водородни јони во отпадната вода.

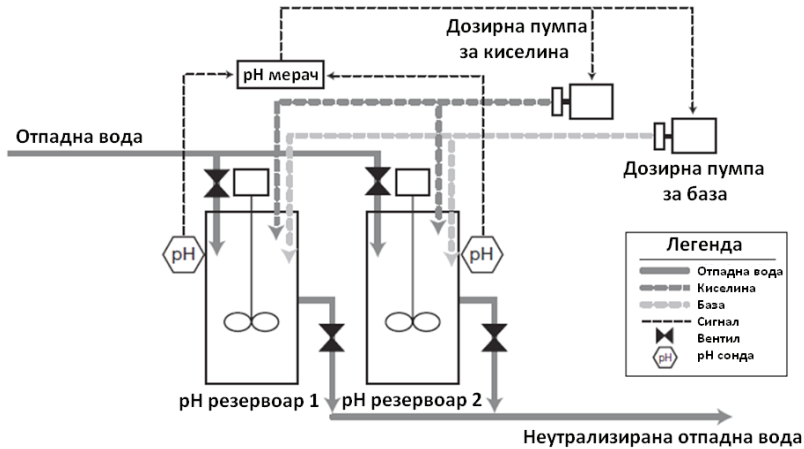
Повеќето индустриски комплекси испуштаат и кисели и базни отпадни води. Во некои случаи се испуштаат само кисели отпадни води, но е можно соседни индустрии да испуштаат базни отпадни води. Кога киселите и базните отпадни води се испуштаат истовремено или на блиски локации, со нивното комбинирање се добива ефикасен неутрализациски метод. За секоја од водите е потребно да се обезбеди сопствен резервоарски простор, за потоа да се овозможи нивно мешање во соодветни односи и да се избегне создавање на кисели или базни делови. Исто така, треба да се посвети внимание и на интензитетот на водените струи, т.е. послабата струја нема да може целосно да ја неутрализира посилната.

Пред да се прибегне кон спојување на кисели и базни отпадни води, мора да се направи проценка на нивната општа компатибилност преку анализа на податоците за безбедност на материјалите, контакти со доставувачите на хемикалии и анализа на секој поединечен доток. Посебно мора да се внимава на мешањето на опасни со неопасни отпадни води, поради тоа што создадените цврсти материји мора да се ракуваат и отстранат како опасен отпад, во согласност со законските одредби. Понатаму, доколку кај еден струен поток е потребно поголемо пречистување (на пр., биолошко пречистување), непожелно е комбинирањето на отпадните води поради ефектите врз низводните процеси (големината и други карактеристики).

Постојат два основни типа на системи за рН контрола: континуирани и неконтинуирани (*batch*). Главните разлики меѓу нив се однесуваат на применетите системи за управување и контрола, како и хидрауличното управување на дотекот и истекот од садот за рН контрола.

**Неконтинуираните системи** обично се применуваат кај постројки со повремено или ниско ниво на испуштање на отпадни води. Максималните протоци главно се движат помеѓу 190 и 380 m<sup>3</sup>/d, иако постојат системи со поголеми износи од наведените. Овие системи се обично помали од континуираните и се посигурни во работата, бидејќи за секој дел (*batch*) на отпадната вода може да се нагоди определена рН вредност пред да се испушти.

*Batch* системите обично имаат повеќе садови за нагодување на рН вредноста или, пак, голем базен за израмнување/ задржување на отпадните води возводно од единечниот *batch* резервоар (слика 10.10). Поради природата на процесот, отпадната вода обично се пумпа во резервоарите за нагодување на рН вредноста. Со вентилите на влезната страна на резервоарите се регулира кој од нив се полни со инфлуент. Вентилите на излез од резервоарите имаат улога гравитациски да ја испуштаат неутрализираната отпадна вода во низводните процеси или комуналниот колекторски систем. Вообичаено, при проектирањето на *batch* системите се вградуваат и сензори за нивото на водата во резервоарите, опрема за мониторинг на рН вредноста, опрема за додавање на хемикалии и опрема за мешање во резервоарите. Отпадната вода се пумпа во еден од резервоарите додека не достигне определено ниво. Во зависност од рН вредноста на влезната вода, неутрализациското средство може да се додаде за време на полнењето или откако резервоарот ќе се наполни. Тоа средство се додава сè додека не се добие саканата рН вредност. Откако саканата рН вредност ќе се одржува определено време, неутрализираната отпадна вода се испушта.

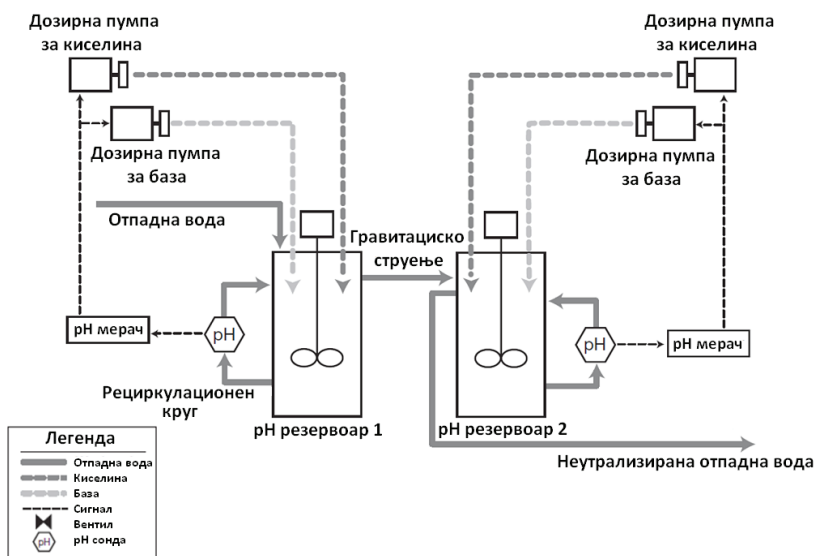


Слика 10.10. Шематски приказ на batch систем за нагодување на pH вредноста [8]

Една од главните предности на pH *batch* системот е неговата едноставност, па оттука, треба да бидат едноставни и вградената опрема и системите за управување. Хемиските средства кои се додаваат (на пр., сулфурна киселина или каустична сода) кај овие системи се наоѓаат во течна состојба. Поради релативно ниското ниво на отпадна вода, брзината на нивно додавање е обично мала, па и трошоците за набавка не влијаат врз изборот на хемикалија. Хемикалиите обично се складираат во посебни резервоари за течни хемиски средства и се додаваат во *batch* резервоарите со помош на електронски или со мотор погонувани дозирни пумпи.

**Континуираните системи** за нагодување на pH вредноста обично се користат кога протокот на вода која треба да се неутрализира изнесува над 380 m<sup>3</sup>/d, иако се изведени и многу помали системи. Кај овој вид на системи се применува посовфистицирана опрема за мониторинг и управување со pH вредноста, при што континуирано се постигнува саканата вредност во ефлуентот.

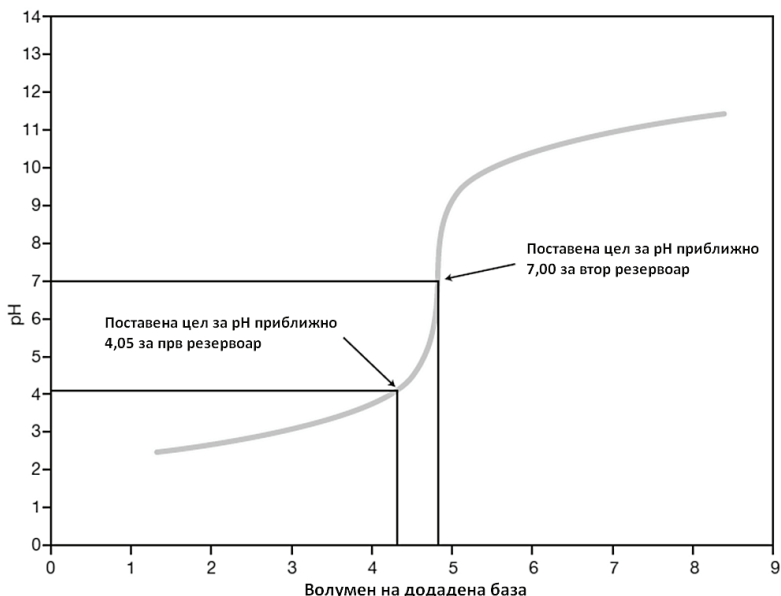
Кај континуираните системи може да се сретне само еден резервоар за нагодување на рН, или, пак, два или три сериски поврзани резервоари (слика 10.11). Бројот на резервоарите зависи од потребниот степен на нагодување на рН вредноста, пуферниот капацитет на отпадната вода и саканата рН вредност. За отпадни води со просечен пуферен капацитет, кај кои е потребно минимално нагодување на рН, доволен е и само еден резервоар. За отпадна вода која има големи промени или која бара голема промена на рН (на пр., од 2 на 7), обично се применуваат повеќе резервоари. Во ваков случај, рН вредноста главно се нагодува во првиот резервоар, а потоа се врши „fino нагодување“ во вториот и следните резервоари за да се постигне саканата вредност. Секој од резервоарите има независен систем за мониторинг на рН и додавањето на хемикалии.



Слика 10.11. Шематски приказ на двофазен континуиран систем за нагодување на рН вредноста [8]

Саканата рН вредност во секој од резервоарите може да се апроксимира преку анализата на кривата на титрација (слика 10.12). Во првиот резервоар, вредноста на рН се нагодува

до точка до која е скоро истрошен пуферниот капацитет на отпадната вода, по што понатамошното додавање хемикалии ќе предизвика брза промена на рН вредноста. Во вториот резервоар се додаваат помали количини хемикалии, сè до постигнување на саканата рН вредноста.



Слика 10.12. Двофазно нагудување на рН вредноста со користење на криви на титрација [8]

Хидрауличното време на задржување кај системите за нагудување на рН вредноста се пресметува кога волуменот на резервоарот/ите ќе се подели со протокот на инфлуентот. Потребното време на задржување е функција од брзината на неутрализационската реакција и типот и интензитетот на мешањето. Затоа, резервоарите за нагудување мора да бидат доволно големи за ефективна контрола на рН вредноста при највисоки очекувани протоци и при екстремни (највисоки или најниски) рН нивоа. При тоа, пред да се пристапи кон проектирање на системот, неопходно е внимателно да се определи променливоста на отпадната вода.

Минималните хидраулични времиња на задржување обично се нагодуваат за 5 – 10 минути помалку од потребните за случаи при најнеповолни услови на оптоварување. За просечна состојба на отпадната вода, вообичаени се времиња на задржување од 15 до 30 минути, додека при крајно променливи протоци на отпадна вода тој период се зголемува на 1 – 2 часа, па и подолго.

Хидрауличното време на задржување зависи и од хемиските средства кои се користат. На течните хемикалии е потребно да се им се овозможат најмалку 5 минути за да можат да ја неутрализираат отпадната вода. На средствата, пак, во цврста (или пенеста) состојба им се потребни најмалку 10 минути, а во некои случаи и до 30 минути.

За оптимална ефикасност на мешањето при користење на цилиндрични резервоари, нивната длабочина е потребно да е еднаква со пречникот. Во случај на квадратен пресек на резервоарот, препорачливо е неговата форма да е коцка (еднакви длабочина, ширина и должина). Кај континуираните системи, доводот и одводот од резервоарот се поставуваат на спротивни страни за да се избегнат кусо споени струења, т.е. директно истекување на нетретирана отпадна вода во одводот.

Трошоците на работа за еден ваков систем ги опфаќаат трошоците за хемиски средства, енергија (за мешање и пумпање), чистење и калибрирање на опремата, одржување, работна рака, а кај некои постројки и третман на тињата. Во најчест случај, трошоците за хемикалии се најголемата ставка во тековните трошоци за работа на системот, така што посебно внимание треба да се посвети на правилниот избор, прецизниот рН мониторинг и дозирањето на хемикалијата.

## 10.10. Јонска размена

Голем недостаток на процесот на неутрализација кај конвенционалните индустрии за завршна обработка на метал е значителната променливост на отпадната вода, што се должи на природата на работата. Дури и при израмнување на различни струи на отпадна вода, определувањето на оптимална pH вредност е тешко, а вредноста променлива. Дополнително, големите количини на опасни материи (метали) кои се наоѓаат во отпадната вода го прават помалку пожелен конвенционалниот процес на неутрализација во однос на други технологии при кои се добиваат помалку цврсти материи.

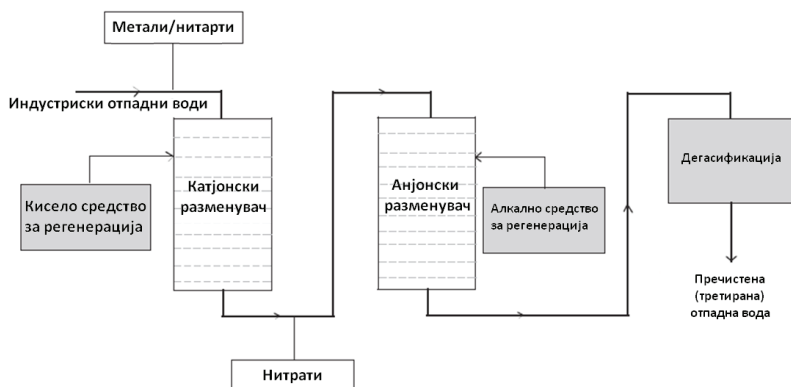
Земајќи ги предвид овие фактори, како и континуираниот пораст на цената на водата за пиење, многу метални индустрии применуваат други технологии (на пр., јонска размена, активен јаглен, мембранска филтрација, електродијализа и испарување), кои имаат подобри карактеристики на отстранување на металите и создаваат помалку цврсти материи. Со овие технологии, исто така, се добива вода која може повторно да се користи, со што се намалуваат потребите за вода на постројката. Најголемиот дел од овие технологии се користи за добивање на вредни материи од водата, како и за запазување на строги еколошки критериуми.

Кај процесот на **јонска размена** се користи смола која изменува дел од своите јони (на пр., натриум или водород) со други јони кои имаат сличен електростатски полнеж (на пр., растворените метали во отпадната вода). Со јонската размена можат да се отстранат катјони (на пр., метали) и анјони (на пр., нитрати и сулфати) од отпадна вода.

На слика 10.13 е прикажана поедноставена шема на процесот на јонска размена за отстранување на тешки метали и нитрати. Во овој пример, позитивно наелектризираните метални јони се разменуваат со водородни или натриумови



јони во катјонскиот столб/ови за размена, по што се отстрануваат, оставајќи анјонски нитратни јони во отпадната вода. Негативно наелектризираните нитратни јони потоа се разменуваат за хидроксидни ( $\text{OH}^-$ ) јони во анјонскиот столб за размена.



Слика 10.13. Шематски приказ на типичен систем за јонска размена

Кога ќе се разменат сите или барем повеќето од јоните на смолата, треба да се прекине процесот и истата да се регенерира. Катјонските смоли обично се регенерираат со потопување во кисели раствори, при што се отстрануваат металите и се заменуваат со водородни јони. Анјонските смоли се регенерираат со потопување во бази (на пр., натриум хидроксид), кои ги отстрануваат металите и ги заменуваат со хидроксидни јони.

Во последно време сè почесто смолите за јонска размена се произведуваат така што се погодни за определен вид на загадувачи, со што се подобрува ефикасноста на нивното отстранување и се намалува потребата за регенерација на смолите.

Растворените цврсти материи, мастите, маслата, органските материи и високите нивоа на вкупни растворени цврсти материи можат да ги влошат перформансите на процесот

на јонска размена и да ја зголемат потребата од почесто чистење и регенерација/замена на јонските смоли. За таа цел се предвидува претходно пречистување возводно од системот за јонска размена. Обично се применуваат процеси на седиментација и/или филтрирање за отстранување на измешаните цврсти материји, мастите и маслата пред отпадната вода да стигне во јонскиот разменувач. Исто така, се користи грануларен активен јаглен за отстранување на високите концентрации на органски материји. Доколку кај отпадната вода се сретнуваат високи нивоа на растворени цврсти материји, се јавува потреба од повеќе уреди за јонска размена за да се гарантира потребното ниво на отстранување на определени загадувачи.

Системите за јонска размена треба да се испитаат со пилот-проби пред да се применат во пракса, за да се определат ефектите на различните јоните и останати влијанија. Производителите на јонските смоли обично ги изведуваат или помагаат во организирањето на овие испитувања. При тоа, тие предлагаат определена смола, нивоа на рН вредност, средства за регенерација и посебни услови на претходно пречистување, кои заедно придонесуваат за оптимизација на перформансите на системот.

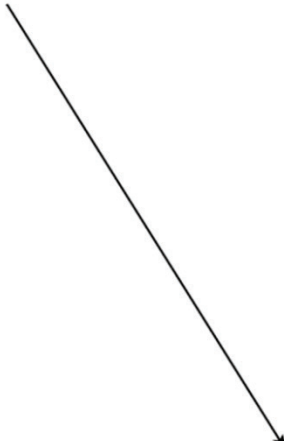
При проектирање на столбовите за јонска размена, се усвојува хидраулично оптоварување од 235 до 350 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·d. Височината на слојот смола обично се движи помеѓу 0,9 и 1,8 m. Смолите се избираат врз база на присутните јони. При проектирањето е неопходна координација со производителот на смолата за да се определи оптималниот избор, проектните перформанси и очекуваниот период на регенерација.

Јонската размена често се применува за екстракција на скапоцени метали (на пр., злато, сребро и платина) од отпадната вода. Фотолабораториите можат, со пропуштање на отпадната вода од развивање на филмовите низ јонски

разменувач, да го извлечат среброто од растворот за регенерација. Со јонскиот разменувач, исто така, ефикасно се отстранува јонската жива.

Обично се користат три типа на јонски смоли за отстранување на метали: јака кисела катјонска смола, слаба базна анјонска смола и јака базна анјонска смола (за отстранување на цијанид и флуор). За да биде ефикасен процесот на пречистување, мора да се познава „редоследот“ по кој се отстрануваат металите (табела 10.3), посебно доколку отпадната вода содржи повеќе различни метали. Катјоните и анјоните на врвот на табелата се отстрануваат пред оние кои се наоѓаат под нив на списокот.

Приоритет	Катјон	Анјон
	Бариум	Фосфат
	Олово	Селенат
	Калциум	Карбонат
	Никел	Арсенат
	Кадмиум	Селенит
	Бакар	Арсенит
	Цинк	Сулфат
	Магнезиум	Нитрат
	Калиум	Бисулфид
	Амониум нитрат	Хлорид
	Водород	Цијанид
		Бикарбонат
		Хидроксид



Табела 10.3. Редослед (приоритет) на отстранување на катјоните и анјоните кај јонски разменувач [8]

Неорганскиот **арсен** се сретнува во арсенитна и арсенатна форма. Пред да се определи начинот на негово пречистување, потребно е да се определи формата и количината во која е присутен. Арсенитот не може директно да се отстранува во јонскиот разменувач. Сепак, може да се оксидира во арсенат, кој потоа може да се отстрани со помош на јонскиот разменувач со користење на јаки

базни смоли. Регенерацијата се врши со натриумови соли. Кај поновите типови на јонски разменувачи се елиминира потребата од регенерација, но е потребна повремена замена на смолата, како и соодветно одложување на старата.

Најчестите форми на **селенот** во отпадните води се селенит и селенат. Селенатот ( $\text{Se}^{+6}$ ) е доста полесен за отстранување со помош на јонскиот разменувач отколку селенитот ( $\text{Se}^{+4}$ ). Слично како кај арсенот, пред да се определи начинот на негово пречистување, потребно е да се определи формата и количината во која е присутен. Слично се применува и оксидацијата за претворање на селенитот во селенат. Потоа се користи јака базна смола за негово отстранување.

Јонските разменувачи многу ефикасно го отстрануваат **амониумот**. Изборот на смола зависи од другите катјони и анјони во отпадната вода, кои би можеле да го попречат процесот. Оптималното подрачје е помеѓу pH 6 и 7, но отстранувањето на амониумот е ефективно и кога pH е од 4 до 8. Надвор од ова подрачје, сепак, се намалува капацитетот за размена на амониумот и настанува протекување на амониум во одводот. Кога pH вредноста е над 9, амониумскиот јон испарува, станувајќи амониумски гас, кој не може да се отстрани со јонски разменувач.

Амониумот, исто така, се отстранува со јака кисела катјонска смола. Оваа смола го разменува натриумот за амониумските јони, а се регенерира со јака киселина.

Скоро сите **нитрати** се растворливи и не можат да се отстранат преку неутрализација, но тоа може да се стори со јонска размена. Обично се користи јака базна анјонска смола. Сепак, таа реагира повеќе со сулфатите, отколку со нитратите (таб. 10.3). Ова претставува проблем доколку се високи концентрациите на сулфати, при што е потребна примена на смоли чии јони повеќе се врзуваат со нитратите.

И двата вида смоли се регенерираат со соли на натриум или калциум.

Системите за јонска размена ефикасно отстрануваат **радиоактивни материи** (на пр., ураниум, радиум, актиниум, ториум или протактиниум) од отпадните води. Сепак, отстранувањето и транспортирањето на потрошениот радиоактивен медиум од постројката бара посебни безбедносни услови и често е одговорност на производителот на смолата.

Столбовите кои ги претставуваат јонските разменувачи се регенерираат така што прво се цедат од отпадна вода. Потоа смолата се продувува со компримиран воздух, се мие со питка вода и на крајот се цеди. Кога ќе заврши миењето, катјонските смоли се потопуваат во киселински раствор (8 – 10 % волуменска концентрација) за да се регенерираат. Анјонските смоли, пак, се потопуваат во каустичен раствор (4 % концентрација). Потоа се цедат хемикалите, се додава питка вода и плакнењето продолжува додека не се добие правилната рН вредност (рН 3 – 4 во ефлуентот од катјонската смола, а рН 10 – 11 во ефлуентот од анјонската смола) и јонскиот разменувач е повторно подготвен за работа.

Сите води и хемикалии кои се користат во процесот на регенерација мора да се пречистат од тешките метали.

### **10.11. Атсорпција**

Атсорпцијата претставува адхезија (прилепување) на супстанции на површината на цврсто тело.

**Активниот јаглен** веќе долго време се користи за отстранување на органски супстанции од отпадната вода, но не е докажана неговата применливост во однос на металите. Иако некои метали можат да се отстрануваат

со системите со активен јаглен, ефикасноста на процесот е мала и непредвидлива. Активниот јаглен не ги отстранува ефикасно ниту слободните и комбинирани хлорни остатоци, па за оваа цел треба да се применат дехлоринаторни средства (на пр., сулфур диоксид и други редуccionи средства).

Широката употреба на активниот јаглен се должи на неговата ниска цена, адсорпцијата на широк дијапазон на органски и неоргански супстанции и може да се изработи од повеќе различни материјали (како дрво, струготини, кокосови ореви, јаглен-лигнит и нафтен остаток). За да се добие активен јаглен, избраниот материјал се карбонизира и потоа активира со жежок воздух или пареа. Почетниот материјал и интензитетот на постапката му даваат на секој активен јаглен различен капацитет и селективност. Исклучително порозната структура овозможува многу голема адсорпциска површина во опсегот од 600 до 1100 m<sup>2</sup>/g активен јаглен.

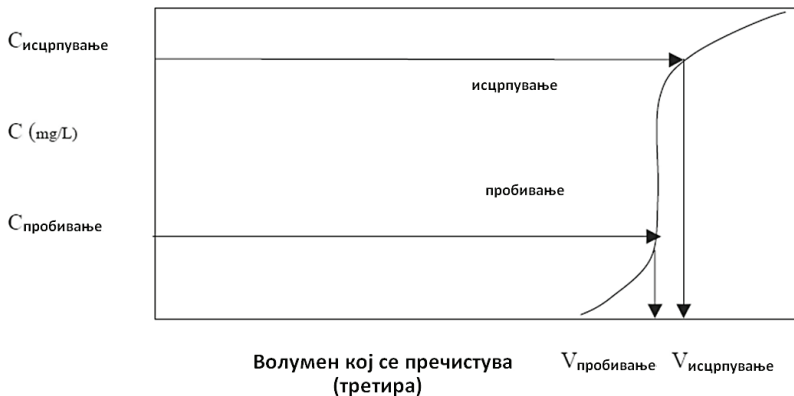
Капацитетот за адсорпција на активниот јаглен се движи во границите од 0,007 kg/kg јаглерод за метанол до дури 0,18 kg/kg за пропилен дихлорид. Начелно, капацитетот за адсорпција се зголемува со зголемувањето на молекуларната тежина на отпадната вода. Во системите за пречистување на отпадна вода, повеќе соединенија кои се наоѓаат во отпадната вода истовремено тежнеат да се адсорбираат на површината на активниот јаглен. Поради појава на разлики во изворот на јаглеродот, промени во температурата и други специфичности на системот, потребно е да се изведат пилот-проби пред да се проектира и изведе процесот со активен јаглен. Некои отпадни води содржат Вкупни суспендирани честички, масти, масла или друг материји кои треба да се отстранат пред пречистувањето со активен јаглен.

Се смета дека активниот јаглен ги отстранува материите од растворот во три чекори:

- » Пренесување преку течна граница,
- » Атсорпција на надворешната површина и
- » Миграција во подлабоките пори.

Во праксата различно се опфатени овие три чекори. Начелно, брзината на атсорпцијата е ограничена од аспект на дифузијата преку течната граница, иако во поретки случаи ограничувачки фактор може да биде дифузијата низ порите. Кај најчестото процесно решение, низводен неподвижен слој, кинетичкото моделирање се усложнува поради тоа што атсорпцијата никогаш не постигнува стационарна состојба.

На слика 10.14 е прикажана вообичаена крива на атсорпција кај процес со неподвижен слој. Инфлуентот кој влегува во процесот е висококонцентриран со атсорпт (материја од отпадната вода која се атсорбира). Кога првата количина на отпадна вода ќе дојде во контакт со првиот слој на смола, брзо се постигнува рамнотежна состојба и смолата се заситува со атсорпт. Со низводното струење на отпадната вода, преостанатиот атсорпт доаѓа во контакт со нова смола и се формира нова состојба на рамнотежа и така сèе додека се истроши целокупниот атсорпт во водата. Кога следниот волумен отпадна вода ќе дојде во контакт со првиот атсорбент (материјата на која се атсорбира), слојот на смола е веќе заситен, па атсорптит се носи надолу до следниот слој, сè додека не дојде до слој кој може да го атсорбира. Математички изразено, се формира концентрациски бран со карактеристична форма која зависи од хидрауличните услови, температурата, почетната концентрација на атсорпт, димензиите на атсорбентот и квалитетот на смолата.



Слика 10.14. Шематски приказ на функционирањето на систем со активен јаглен

Во еден момент, концентрацијата го надминува саканото ниво, што значи дека има пробивање. Ефективно време на работа на еден адсорбент се смета времето до моментот на пробивање. Вкупната ефикасност на смолата грубо се дефинира како површината на кривата лево од точката на пробивање поделена со вкупната површина.

Поради комплексноста на процесот на адсорпција и неможноста соодветно да се предвиди неговата кинетика, се препорачува изведување на пробно испитување, при што би се опфатиле следните прашања:

- » Колкава количина загадувач може да прими адсорбентот?
- » Колку време ќе трае тој процес?
- » Како ќе се изведе процесот на десорпција (отстранување на адсорптитот од адсорбентот)?
- » Во колкав процент е успешен процесот на десорпција?

Обично за оваа цел се применува намален модел со целосно димензиски слични параметри како и прототипот



кој треба да се вгради. Контактната брзина изнесува од два до три волумени на слојот на час, додека површинската брзина е обично помеѓу 0,0013 и 0,0034 m<sup>3</sup>/s. Потоа се конструира кривата на атсорпција од добиените резултати од мерењата на намалениот модел (слика 10.14).

После пробивањето, столбот атсорбент мора да се регенерира со отстранување на акумулираниот атсорпт од активниот јаглен. Регенерираниот јаглен може потоа повторно да се користи. Во зависност од атсорптитот и јагленот, столбот може да се регенерира со пареа, вакуум или термичка регенерација.

Голем број на уреди во праксата имаат два или три столба. Кај системите со два столба, едниот е во функција, додека другиот се регенерира. Кај системите со три столба, пак, два столба работат сериски, додека третиот се регенерира. На првиот столб во серијата му се дозволува да дојде до точка на пробивање, бидејќи вториот ќе го прими атсорптитот кој поминал низ него. Кога ќе заврши регенерацијата на третиот столб, со помош на вентили се поврзува така што ќе стане втор во сериската врска, вториот се поврзува како прв, додека првиот се исклучува и се регенерира. Овој дизајн значително ги намалува трошоците за регенерација по единица волумен на јаглен.

**Активна глина** се добива од алуминиумска руда со постапка при што станува порозна и високоатсорптивна. Со неа се отстрануваат арсен, берилиум, флуорид, селениум и талиум од отпадните води. Најголема ефикасност има во границите на рН од 5,5 до 6. Најчестата примена на активната глина е при отстранувањето на флуоридот и арсенот во индустриските постројки.

Активната глина се произведува со контролирано постепено сушење на алуминиум хидроксид со што се добива кристална структура со многу мала количина влага во себе. Конечната структура на глиницата е функција

од конечната температура и почетниот производ. Кристалот се произведува така што ќе ги има следните карактеристики: голема специфична површина, голем волумен на пори, дефинирана распределба на големината на порите, определен капацитет на адсорпција, како и голема отпорност на притисок, при што се создава мала количина прашина.

Некои **природни глини** имаат капацитет за катјонска размена. Органските глини се формираат со размена на неорганички катјони (главно  $\text{Ca}^{++}$ ) со органички катјони (главно амини) кои имаат долги органички низи. Органската состојка на површината на глината ја прави хидрофобна, па подобро ги адсорбира органичките состојки.

**Синтетичките смоли** се добиваат од полистирен, фенолски и акрилни естери (органички соли) и полиамидна целулоза. Овие материјали имаат широка примена како смоли за јонски разменувачи поради нивната способност да привлекуваат определени адсорпции и лесната регенерација.





# **ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ОД ИНДУСТРИСКИТЕ ОТПАДНИ ВОДИ**



## **11. ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ОД ИНДУСТРИСКИТЕ ОТПАДНИ ВОДИ**

Зголемениот индустриски развој генерира индустриски отпадни води кои не само што претставуваат голем, туку се и растечки дел од целокупното количество на произведени отпадни води. Индустриските отпадни води се генерирани од големи, средни и индустрии на микрониво. Управувањето, примарниот третман и испуштањето на индустриската отпадна вода во канализациската мрежа е критично прашање, имајќи го предвид потенцијалното директно влијание врз здравјето на човекот и последиците врз животната средина. Високи концентрации на тешки метали, како олово, кадмиум, цинк, жива, никел (кои се депонираат во речните седименти) се наоѓаат во индустриските испусти. Понатаму може да има присуство на токсични органски материи како полициклични ароматични јагленоводороди, полихлорирани бифеноли и други заканувачки микрооргански загадувачи, како: ендокрини нарушувачи, пестициди, адитиви за храна, фармацевтски производи. Последните споменати може да предизвикаат труење, мутации, репродуктивни нарушувања, имунолошка супресија кај акватичните животински форми и кај луѓето. И покрај ова, скоро целата индустрија и земјоделските стопански субјекти испуштаат отпадни води без специфичен преттретман во канализацискиот систем и директно во блиските реципиенти, што во двата случаја се смета за прекршок кој се казнува според закон. Различните загадувачи влијаат на квалитетот на водата на различен начин. Затоа, на почетокот треба да постои строга одвоеност помеѓу индустриските и урбаните отпадни води. Ако индустриските отпадни води се пуштаат без претходен третман во водните текови кои се третираат во пречистителните станици за отпадни води, отпадните материи може да го пренатрупаат системот за третман што зависи од биолошките процеси. Затоа, според Законот за

води, индустриите мора претходно да ги третираат своите отпадни води за да се задоволат прифатливите стандарди, пред истите да бидат испуштени во општинските одводни системи или во животната средина. Во изградбата на пречистителни станици секогаш треба да има предност поширокиот национален интерес: заштита на човековото здравје и одржување на еколошка рамнотежа во акватичните системи со осврт кон разумни трошоци за одржување и работа.

Основна цел е да се подобри квалитетот на водата. Ова имплицира дека во иднина во повеќето општини ќе се изградат пречистителни станици и ќе се пуштат во работа. Идејата за овие пречистителни станици е да ја третираат урбаната отпадна вода и поголем дел од индустриската отпадна вода. Индустриските претпријатија што нема да бидат приклучени кон општинскиот пречистителен систем мора да ја пречистуваат отпадната вода со сопствена опрема за преттретман или да си изградат свои пречистителни станици. Главната препрека во врска со третманот на индустриската отпадна вода во пречистителната станица е тоа што треба да се обезбеди дека индустриската вода ќе биде соодветно третирана пред истата да биде влезена во пречистителната станица, а не да се испушта директно во канализацијата или директно во водотеците.

Од техничка гледна точка, пречистителните станици се примарно конструирани да третираат урбана отпадна вода од домаќинствата и малку загадувачките индустрии. Тоа значи дека технологијата применета во пречистителната станица се базира на физичко третирање и биолошко отстранување. На пример, отпадната вода од домаќинствата се разликува од таа на индустријата. Првата се карактеризира со високи содржини на органски материји, додека втората се карактеризира со голем број на загадувачи (тешки метали, киселини, алкалии, токсични материји и др.).

Биолошкиот дел од технологијата е многу деликатен и може многу лесно да се оштети со присуството на горенаведените загадувачи содржани во индустриската отпадна вода. За да се обезбеди соодветно третирање на индустриските води како такви, во пречистителните станици треба потребната технологија да се надгради со значителен пораст на трошоците за инсталирање во пречистителната станица. Дури и тогаш ефективноста на работата на пречистителната станица ќе биде доведена во прашање, поради постоењето на голем број загадувачи во индустриската вода.

Втората причина за која е битен преттретманот на индустриската отпадна вода пред да стигне во пречистителната станица е тоа што се предвидува дека талогот од оваа станица ќе биде користен во земјоделието. Ова имплицира на тоа дека талогот мора да исполни одредени минимум критериуми за квалитет, со цел да не биде штетен за распростирање врз земјоделските површини. Присуството на тешки метали или други токсични супстанции ќе оневозможи да се користи талогот за земјоделието и ќе треба да биде отфрлен во некоја соодветна депонија, со што потенцијалните проблеми од тешките метали и останатите загадувачи нема да се отстранат.

Подобрување на индустриските отпадни води може да се постигне преку предложените мерки од ЕУ:

- » третирање на отпадната вода од индустриското производство, според Директивата за одведување и третман на отпадни води (91/271/ЕЕЦ);
- » мерки за почисто производство, кои преку процес на подобрување на работата со водата и внимание за нејзината потрошувачка има за цел да се намали непотребниот вишок на користење на водата. Ова е поврзано со Директивата за интегрирана превенција и контрола на загадувањето IPPC(96/61/ЕС).

Двата метода треба да ја земат предвид најдобро достапната технологија, што значи најефикасните и напредни методи за развој на индустриските активности, дизајнирани за превенција и намалување на емисиите и ефектот врз животната средина.

Се очекува дека Директивата за интегрирана превенција и контрола на загадувањето е посоодветна и применлива во иднина за новоотворените индустриски објекти. Во таков случај, треба да се обезбедат сите нови индустриски објекти да ги земат предвид и да ги применат мерките за намалување на отпадните води, нивно пречистување и враќање на дел во производствениот процес, ефикасно трошење на електричната енергија и да го намалат ризикот од загадување за време на нивната работа и по престанокот.

Третирањето на отпадните води на крајот од индустрискиот процес зависи од процесот во работа и може да инволвира скапа опрема за преттретман за која треба големи инвестирања и има оперативни трошоци. За новите индустриски објекти е релативно едноставно да имплементираат преттретман, со тоа што трошоците за тоа ќе ги вкалкулираат во почетниот финансиски биланс. Но, веќе оперативните индустрии имаат потреба од дополнителни инвестиции кои ќе бидат насочени кон третман на отпадните води.

Индустриските претпријатија со тешка економска ситуација може да се очекува дека тие нема да бидат во можност да платат за тоа. Поради тоа, на краток рок е неопходно да се имплементираат ефективни и финансиски прифатливи мерки за да се подобри квалитетот на индустриската отпадна вода. Во овој поглед се предлага да не се инсистира преттретман на индустриската вода по најдобрата технологија, туку преттретман да се врши на начин кој обезбедува добра практика и управување на ресурсите.



### **11.1. Мониторинг на водите**

Следењето на индустриските испуштања е дополнителен проблем. Мерењата можат да покажат „задоволителни“ резултати, но не и вистинското загадување на водата кога се изведени во време различно од испуштањето на ефлуентот, кое се случува претежно за време на ноќните часови (кога земањето примероци е прилично комплицирано).

Претходно споменатите прашања се последица на:

- » Недостиг на волја за инвестирање во скапи технологии и недостиг на свест помеѓу стопанските субјекти за потребата од преттретман на отпадните води пред нивното испуштање;
- » Ограничено или отсуство на мониторинг на испуштањето на отпадни води од страна на одговорните лица од единиците на локалната самоуправа (назначениот инспектор за животна средина), Државниот инспекторат за животна средина и др.;
- » Релативно ниските прекршочни казни за направените прекршоци од областа на загадувањето на животната средина;
- » Систематскиот мониторинг на квалитативните карактеристики на површинските води има за цел да даде целосна слика за квалитетот на водите со податоците, како:
  - ниво и тренд на загадување, кој иницира ниво на заштита на водите;
  - информации за природата и развојот на загадувачите кои имаат особено влијание врз квалитетот на водите.

Потребни се современи лаборатории за испитување на индустриските отпадни води.

## **11.2. Начини за намалување на количеството и загаденоста на индустриските отпадни води**

Основните начини за намалување на количеството и загаденоста на отпадните води се следните:

1. Разработка и усвојување на нови безводни (суви) производствени технологии,
2. Усовршување на суштинските технолошки процеси,
3. Усвојување на поново и поусовршено инсталирање,
4. Усвојување на апарати за воздушно ладење и замена на ладење со вода,
5. Повторно (рециркулационо) искористување на пречистителните индустриски отпадни води во системот за ладење и во други технолошки цели.

Специјалистите од целиот свет сега го насочуваат вниманието кон решавање на задачите на еколошките технологии. Тие основни задачи се поврзани со разработка и усвојување на такви технологии и методи, кои дозволуваат потполно да се отстрани или значително да се намали трошењето на водата. Новите технологии се создаваат врз основа на потполно, комплексно, искористување на излезните суровини и материјали.

Насоките по кои оди развојот и усовршувањето на технологиите и инсталирањето, во зависност од видот на отпадните води, се следните:

1. Водата за ладење – се заменува со воздух за ладење.
2. Промивни води – се зголемуваат квалитетите на излезните суровини и продукти, исклучувајќи ја неопходноста од промивање, или водата за промивање максимално се намалува. Се усвојуваат нови безводни раствори. Се усвојуваат нови шеми и инсталации и се приклучува регенеративно одделение или деструктивно распаѓање на компонентите, загадувачки суровини и продуктите.

3. Водата, содржана во суровините и излезните продукти – се намалува со претходно обезводнување на суровините и продуктите.
4. Реакциските отпадни води – се бараат технолошки основани решенија преку добивање на продукти по други реакции, кои се одвиваат без одделување на вода. Таквите решенија не секогаш се технолошки можни и еколошки издржани.
5. Меласни раствори – технолошките процеси се спроведуваат во безводни средства, се применуваат „суви“ начини на добивање на продуктите (на пр., хартија), повеќекратно се користат меласните раствори итн.
6. Водни екстракти и абсорбциони течности – се користат многукратно, водата се заменува со безводни раствори, се врши регенерација на екстрагентот и абсорбентот итн.
7. Други видови на отпадни води – се користат повеќекратно со меѓупречистување, водата за миеење на инсталациите се заменува со безводни раствори и др.

Во многу индустриски претпријатија, а посебно во хемиските комбинации, до 85 % од конзумираната вода се користи за ладење на продуктите и апаратурите. Во последните години, со оглед на економијата на водата и заштита од загадување, се преминува кон широко усвојување на апарати за воздушно ладење, кое е поподобно.

### **11.3. Системи и шеми за канализација на индустриските оператори**

Постојат:

- » Внатрешна и
- » Надворешна канализација

Внатрешната канализација ги опфаќа канализациските мрежи и објекти кои се наоѓаат на територија на индустрискиот објект :

- » Канализациски мрежи,
- » Пумпни станици,
- » Локални пречистителни станици за отпадни води од погоните.

Надворешната канализација ги опфаќа канализациските мрежи и објекти и се користи заеднички од повеќе индустриски оператори.

- » Канализациските мрежи,
- » Постројки,
- » Пречистителни станици.

При изборот на системот и шемата на канализацијата на индустриските оператори треба да се земе предвид:

- 1) Количината, составот и својствата на отпадните води од одделните погони и општо од индустрискиот објект, како и нивниот режим на одведување (часов график).
- 2) Можноста за намалување на количината на загадените води од индустрискиот објект со рационализација на производствената технологија.
- 3) Можностите за повторно искористување на отпадните води во системот за рециркулационо водоснабување или за технолошки цели во друг вид на производство, кој дозволува користење на води со пониски квалитети.
- 4) Ефикасноста во извлекување и искористување на ценети материји, содржани во отпадните води.
- 5) Можностите за разделување на потоците на производствените води од аспект на повторно користење на незагадените води и пречистување на загадените.
- 6) Можностите за евентуално зголемување на производствените капацитети, и со тоа и на количеството на загадени води.

- 7) Моќностите за ефикасно пречистување на водите од повеќе индустриски претпријатија и населени места во реонот.
- 8) Моќностите за користење на пречистени отпадни води во технолошки процеси на други производства и за наводнување.
- 9) Ефикасноста за пречистување на водите од поединечните погони и производства во локални пречистителни постројки.
- 10) Ефективноста во примена на еден или друг метод на пречистување.
- 11) Способноста на водоприемникот (реципиентот) за самопречистување, условите за одводот на индустриските отпадни води и неопходниот степен на таквото пречистување.

Канализацијата на индустриските води обично се изведува како целосно разделен систем. Кога составот на отпадните води тоа го дозволува и кога постои сложена канализациска мрежа во населеното место, може, по исклучок, да се примени мешовита канализација.

Зависно од количеството и степенот на загаденост, водите се одведуваат обично во неколку *самостојни текови*:

Слабо загадени води, кои содржат еден или повеќе загадувачи; кисели води; алкални води; води кои содржат токсични материи; јако минерализирани води; води кои содржат масла и масти, влакна, површинско активни материи итн.

Санитарните води се одведуваат и пречистуваат одделно. Кога индустриските води се блиску по состав со санитарните, тогаш нивното одведување е можно во заеднички извод и заедничко пречистување.

Дождовните води од незагадените територии на индустриските претпријатија се одведуваат самостојно

и без пречистување до водоприемникот. Дождовните води од загадените површини се одведуваат заедно со загадените индустриски води и се пречистуваат во општи пречистителни постројки пред пуштање во водоприемникот.

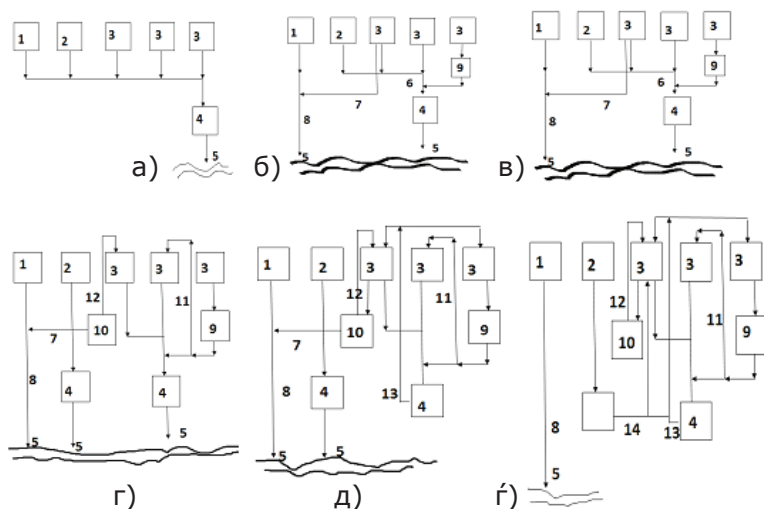
Заедничко пречистување на санитарните и индустриските води не е секогаш можно. Водите од погоните за галванизација, на пр., содржат хром и цијанид; од производството на киселини имаат  $\text{pH} = 2 - 3$ , а водите од фабриката за волна содржат масти, влакна и др. При такви случаи се наложува изградба на локални (погонски) пречистителни постројки: неутрализатори, постројки за обезвреднување на хромот и цијанидите, задржувачи на масла, нафта, влакна и др. После локалното пречистување, одделните протоци може да се помешаат и заеднички да се пречистат.

Разделувањето на отпадните води на одделни протоци може да биде практично од различни причини: санитарни барања, опасност од пожар, опасност од експлозија, опасност од зачепување и лом на каналите и цевководите и др. Ако се обединат води кои содржат сулфурна киселина со води кои содржат вар, се добива калциев сулфат, кој се одвојува како талог и предизвикува зачепување на каналите. При мешање на потоци со температура над  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  може да се добие експлозивна смеша.

Исто така, не се мешаат текови кои содржат големо количество примеси на минерали, нафта, масла и др. со санитарни отпадни води. Таквото мешање пречи на извлекувањето на корисните материи од отпадните води и ја усложнува технологијата на пречистувањето. Затоа во повеќето индустриски претпријатија – металуршки, хемиски, нафтенопработувачки, за целулоза и хартија, прехранбена индустрија и др., канализацијата се проектира како поединечна, т.е. со одделни мрежи за производствените, санитарните и дождовните води.

Незагадените води по ладењето може да се вклучат во рециркулациониот систем за водоснабување. Загадените индустриски води може, исто така, (делумно или целосно) да се вклучат во рециркулациониот систем.

На слика 10.15 се прикажани различни канализациски системи.



Слика 10.15. Шеми на канализациски системи на индустриски претпријатија

а – заеднички канализациски систем, б – разделен канализациски систем за дождовните и санитарно-производствени води, в – разделен канализациски систем со дождовна и санитарно-производствена мрежа и локални пречистителни постројки, г – разделен канализациски систем со дождовна, санитарна и производствена мрежа, локални пречистителни постројки и делумно рециркулационо искористување на водата, д – разделен канализациски систем со дождовна и санитарно-производствена мрежа и локални пречистителни постројки и целосно рециркулационо искористување на водата, е – разделен канализациски систем без одведување на производствените и санитарните води.

1 – дождовна вода, 2 – санитарни води, 3 – производствени води, 4 – пречистителни постројки, 5 – испуштање во водоприемникот, 6 – мрежа за санитарни и производствени отпадни води, 7 – незагадени производствени отпадни води, 8 – мрежа за дождовни води, 9 – локални пречистителни постројки, 10 – постројка за ладење на незагадените производствени отпадни води, 11 – мрежа за рециркулационо водоснабдување и локално пречистување на производствените отпадни води, 12 – мрежа за рециркулационо водоснабдување и ладење на незагадените производствени отпадни води, 13 – мрежа за рециркулационо водоснабдување и пречистување на производствените отпадни води, 14 – мрежа за рециркулационо водоснабдување и локално пречистување на санитарните отпадни води.

#### **11.4. Заедничко одведување и пречистување на отпадните води од индустриските оператори и населени места**

Кога индустриските оператори се лоцирани во населени места или близу до нив, најнапред треба да се проучи можноста за вклучување на отпадните води во комуналната канализација и заедничко пречистување на индустриските и комуналните отпадни води. Комплексното решавање на канализацијата на дадена територија во многу случаи е подобно и има предност во техничко-економски и санитарен преглед.

Во случаите кога индустриските оператори се во непосредна близина до населените места, како и едно и друго, треба да се извршат техничко-економски испитувања и споредби на варијанти за централизиран и децентрализиран канализациски систем и за изградба на поединечни или групни пречистителни станици.



Заедничкото одведување и пречистување на индустриските и комуналните отпадни води е можно само при определени услови. Тоа се решава за секој посебен случај.

За да се вклучат индустриските води во комуналната канализација, тие треба да одговараат на следните барања:

- 1) Да не содржат груби и нерастворливи примеси, кои можат да се таложат или да испливаат и да ја зачепат и оневозможат комуналната канализација.
- 2) Да немаат корозивно дејство врз цевководниот материјал и сите постројки од системот.
- 3) Да не содржат запаливи материјали (бензин, нафта и др.), отровни и гасни примеси, кои можат да образуваат експлозивни смеси во канализациската мрежа и постројките.
- 4) Температурата на индустриската вода да не надминува 40 °C.
- 5) Водите да не содржат бактериска контаминација и други микроорганизми предизвикувачи на болести.
- 6) Да не содржат радиоактивни и други токсични материји над дозволените концентрации.
- 7) Концентрациите на корисни материји се определуваат во лабораторија по соодветни методи.

Производствените отпадни води кои не одговараат на наведените услови се подложуваат на претходно пречистување: усреднување на количината и карактеристиките, неутрализација, механичко или физичко-хемиско чистење, разредување, обезвреднување и др.

За да се осигура нормална работа на комуналните пречистителни станици за заедничко пречистување на индустриските и комуналните води, треба да се запазат следните услови:

- » Да имаат температура од 6 до 30 °C.
- » Активната реакција рН да е од 6,5 до 8,5; општата концентрација на соли да е под 10 mg/l.

- » Биолошката потреба од кислород (БПК) да не надминува 500 mg/l при пречистување во биофилтри и 100 mg/l при пречистување во биоазени со разреден довод на водата во истите.
- » Водите да не содржат нерастворени масла, смоли, мазут и тешко раствороливи површинско активни материји.
- » Хемиската потреба од кислород (ХПК) да не надминува 1,5 од БПК.
- » Да се сочува минималниот сооднос на БПК:азот:фосфор = 100:5:1. Ако тој сооднос не е запазен, се добиваат биогени елементи, амонијачна вода и др.

При заедничкото биолошко пречистување на отпадните води, механичкото пречистување може да биде заедничко или одвоено. Одвоено се врши кога има експлозивно опасни индустриски отпадни води, при хемиско и физичко-хемиско пречистување на индустриските отпадни води и кога се наложува одвоено третирање на комуналните и индустриските отпадни води.



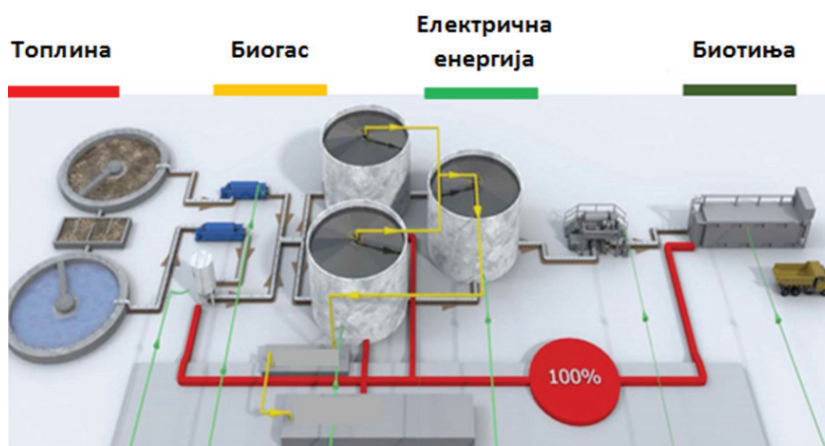


**“STATE OF THE ART”  
ПРИМЕРИ НА  
ПРЕЧИСТИТЕЛНИ  
СТАНИЦИ ЗА  
КОМУНАЛНИ  
ОТПАДНИ ВОДИ**



## 12. "STATE OF THE ART" ПРИМЕРИ НА ПРЕЧИСТИТЕЛНИ СТАНИЦИ ЗА КОМУНАЛНИ ОТПАДНИ ВОДИ

Современите пречистителни станици се високо ефикасни и ефективни во поглед на заштита на животната средина и искористувањето на ресурси. Подолу се опишани две модерни пречистителни станици.

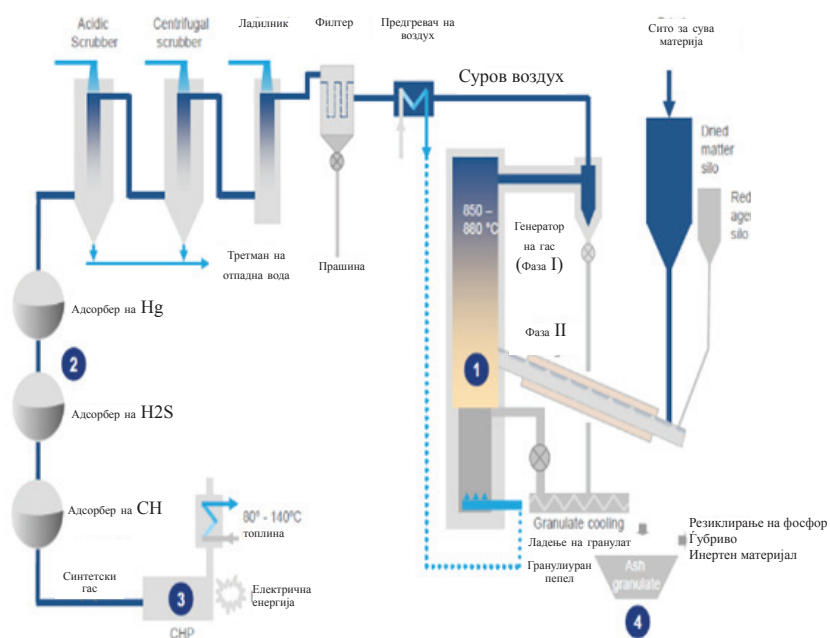


Сл. 12.1: Пречистителна станица за комунални отпадни води Кеноша, Висконсин, САД

Локација	Кеноша, Висконсин, САД
Капацитет	130.000 m <sup>3</sup> /ден
Бр на население	110.000
Реципиент	Езеро Мичиген
Вредност на проектот	10.000.000 USD
Пуштена во функција	2015
Третман на талог	Згуснување Дигестија Дезинтеграција со хидролиза Сепарација на вода Сушење
Иновација	Хидролиза

Предности на системот	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Висока продукција на гас во дигестори</li> <li>» Намалена вискозност на талог</li> <li>» Пониски трошоци за отстранување</li> <li>» Пониска потрошувачка на полимер</li> <li>» Редуцирано/елиминирано пенење во дигестор</li> <li>» Биотиња, класа А</li> </ul>
-----------------------	--

Локација	Кобленц, Рајнланд, Германија
Капацитет	61.000 m <sup>3</sup> /ден
Бр на население	130.000
Реципиент	Река Рајна
Вредност на проектот	16.000.000 Eur
Пуштена во функција	2017
Третман на талог	Згуснување Дигестија (оптимизирана со ензими) Сепарација на вода Сушење Гасификација
Иновација	Дво фазна пиролиза со софистициран систем за продукција на синтетски гас од сув гранулиран талог.
Предности на системот	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Дополнителна енергија од горење на синтетски гас. Целосно покриени потреби за топлина и ел. струја</li> <li>» 90% пониски трошоци за отстранување</li> <li>» Редукција на емисии</li> <li>» Елиминирање на тешки метали</li> <li>» Деконтаминиран нетоксичен пепел, погоден како ѓубриво или рециклирање на фосфор од комунален талог</li> </ul>



Сл. 12.2: Пречистителна станица за комунални отпадни води Кобленц, Рајнланд, Германија



**СОВРЕМЕНИ  
НАЈДОБРО ДОСТАПНИ  
ТЕХНИКИ (НДТ)  
ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ  
НА ОТПАДНА ВОДА**





## **13. СОВРЕМЕНИ НАЈДОБРО ДОСТАПНИ ТЕХНИКИ (НДТ) ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНА ВОДА**

### **13.1. Техники за третман на отпадни води**

Современите техники во третманот на отпадни води обезбедуваат висок квалитет на пречистена отпадна вода, а во исто време се ефикасни и ефективни во рационализација на потрошувачката на ресурси.

#### **13.1.1. Отстранување на сулфат и други загадувачи користејќи ултрасонични реактори**

##### **Опис**

Отпадните води богати со сулфат се третираат користејќи ги следниве чекори:

1. Реакција на сулфатот во ефлуентот со алуминиум хидроксид хлорид при кисели услови (идеално со  $\text{pH} < 1,3$ ). Количината на алуминиум хидроксид хлорид што е потребна е пропорционална со концентрацијата на сулфат во ефлуентот.
2. Неутрализацијата со талог од вар (*lime slurry*) или течна вар (оптималната  $\text{pH}$  се покажало дека е 11,5).
3. Третманот во ултрасоничен реактор при контролирана стапка каде сулфатот може да се таложи. Амплитудата и моќноста на ултрасоничните вибрации се контролираат со цел да се оптимизира ефикасноста на отстранувањето на сулфатот. Со ултрасоничниот реактор, хемијата и кинетиката на реакцијата се изменуваат со цел да се формира алуминиум сулфат калциум оксид. Овој материјал е добар за таложење, скоро е колоиден во природата

и е утврдено дека флокулацијата започнува со додавање на Ерофлос L1-R (преципитант од тежок метал кој е карбамин). Не само што ова осигурува отстранување на какви било тешки метали кои се присутни, исто така, го елиминира вишокот на алуминиум. Флокулација на материјалот се прави со помош на анјонски полиакриламид. Супернатантот кој резултира е бистар и безбоен. Преципитантот кој е произведен во процесот е анализиран користејќи флуоресцентен рендген и дифракција и се идентификува како тип на зеолит.

4. Пречистување каде е отстранета тињата и третирана во филтер преса и потоа може да се отстрани или реупотреби/ рециклира.

Техниката може да се примени како техника при краен излез (**end-of-pipe**) или да се вклучи како дел од постројката за третман на отпадна вода. Еден пример за ова е во рамките на постојката за третман, пр., отстранување на хром.

### **Придобивки во однос на животната средина**

Техниката се користи за отстранување на следните загадувачи во отпадните води:

- » Сулфат (редукција до 99,7 %)
- » ХПК (редукција до 55 %)
- » Фосфат (редукција до 99,9 %)
- » Тешки метали (редукција до 99,7 %)

Произведената тиња од филтерот има пониска содржина на влага и често е неопасна и може да се отстрани на соодветна депонија. Понекогаш може повторно да се употреби преку следниве примени:

- » алтернативен суров материјал во цементната индустрија
- » како материјал за третман на отпадни бои, на пр., Отпад од боја за фарбање на обулки

- » за стабилизација на отпад/ зацврстување
- » за третман на загадени почви.

### **Несакани ефекти (*Cross – media effects*)**

Страничен ефект на оваа технологија е фактот дека производениот талог екстремно бавно се таложи. Ова бара таложник/прочистувач кој е проектиран за оваа намена (често брзината на таложење е мала, како 0,18 m/h). Треба да се внимава со додавање на Ерофлос L1-R и флокулант за да се осигура дека флокулите се таложат со цел брзо да се изостават фините честички на алуминиум сулфат калциум оксид.

Потрошувачката на сурови материјали е направена врз основа на протокот од 5 m<sup>3</sup>/h, 10 часа на ден, 5 дена во неделата со внес на ниво на сулфат помеѓу 2 500 mg/l и 8 000mg/l, вообичаено околу 5 000mg/l:

- » Алуминиум хидроксихлорид: 1 300 kg/неделно
- » Течен вар (liquid lime) 18 wt- %: 4 000 kg/неделно
- » Ерофлос L1-R: 5 kg/неделно
- » Ајонски флокулант: 3 – 5 kg/неделно.

Потрошувачката на електрична енергија на ултрасоничкиот реактор е 120 – 140 вати.

Производството на талогот (*filter cake*) е 5 000 – 6 000 kg/неделно.

### **Оперативни податоци**

Постројката е автоматски управувана. Потребните рН вредности се постигнуваат со помош на дигитални дозирни пумпи и рН контролори. Сигналот од 4 до 20mA од рН контролотор е влез во дозирната пумпа, така што дозирањето е пропорционално. Ултрасоничниот реактор

стартува и прекинува зависно од протокот низ системот и има сопствена единица за контрола за поставување на амплитуда и моќност. Нешто што треба да се земе предвид од оперативна перспектива и перспектива на одржување е чистење на рН електродите. Сè додека ефикасноста на процесот на отстранување е под влијание на рН, потребно е регуларно чистење на електродите. Во пракса, ова може да се направи со самочистечки електроди.

## **Примена**

Техниката може да се примени на нови и постоечки постројки. Ако техниката се надгради, ова често ќе вклучи дозирни пумпи и ултрасоничен реактор. Земајќи предвид дека таложникот и прочистувачот се со соодветна големина, техниката може да биде применета кај големи или мали постројки. Во случај на големи постројки, може да има барање одредени ултрасонични реактори да се справат со протокот (вообичаено се бара само за протоци од  $> 40\text{m}^3/\text{h}$ ).

## **Економија**

Трошокот за техниката зависи од волуменот на отпадна вода што треба да се третира и полутантите кои треба да се отстранат.

Сè додека капиталниот трошок е доста висок, ова треба да се спореди со трошокот на изнесување на отпадот надвор од локација, зависно од составот на отпадот. Вообичаено времето на враќање на инвестиција за реакторот е типично помалку од 3 месеци.

Дополнително од времето на враќање на инвестиција има и придобивки за животната средина која потекнува од тоа дека отпадот се третира кај изворот.

### **13.1.2. Фотокаталитичка оксидација со титаниум диоксид**

#### **Опис**

Техниката е нискотемпературен систем базиран на фотокатализа која може да деградира голем број на органски соединенија, како и да ги уништи и микроорганизмите во водните ефлуенти. Оваа техника со некои мали измени може да се користи и за третман на гасни ефлуенти.

Техниката е едноставна за ракување и е составена од неколку подвижни делови, кои се цврсти и сигурни. Системот е способен да се приспособува на различни капацитативни барања, од неколку литри до неколку кубни метри дневно и може да работи или со континуиран проток или врз база на серии, во зависност од материјалот кој се третира.

Може да ја користи основната конфигурација или суспендирана фотокатализа која може да се искористи повторно, или имобилизирана фотокатализа обложена со инертен супстрат. Вториот пристап во принцип има помала ефикасност на уништување од првиот, но ја намалува потребата од станица за преработка и затоа е и поедноставен за изградба и употреба.

### **13.1.3. Комбинирана електрохемиска оксидација**

#### **Опис**

Електрохемискиот процес може да се класифицира во две главни групи:

- » Директна електролиза (исто така, наречена „анодна оксидација“, „директна оксидација“ или „електрохемиско согорување“) со анодна оксидација во која полутантите реагираат на анодната површина со адсорбирани хидрокси радикали;

- » Индиректна електролиза каде што полутантот реагира со електрогенериран реагенс произведен во анодата ( $O_3$ ,  $ClO^-$ ,  $Cl_2$ ,  $ClO_2$ ) или катодата ( $H_2O_2$ ).

Оваа електрохемиска оксидација ги комбинира процесите на електрохемиска, фотохемиска и каталитичка оксидација за постигнување на оптимални резултати во деградацијата на отровни и небиоразградливи органски материи.

Може да се користат следниве комбинации:

- » анодна оксидација и катодно создавање на водород пероксид ( $H_2O_2$ );
- » катодно создавање на водород пероксид и УВ-зрачење;
- » каталитичка електрохемиска оксидација (*in situ* создавање на водород пероксид и специфични катализатори);
- » електрохемиско создавање на оксидирачки агенеси ( $H_2O_2$ ,  $O_3$ ), УВ-зрачење и разни катализатори.

Утврдувањето на најсоодветен материјал за електродата се врши со правење специфични тестови приспособени на карактерот на отпадната вода што треба да се третира.

#### 13.1.4. Суперкритична оксидација на водата

##### Опис

Суперкритична оксидација на водата е посебна примена на оксидација под висок притисок (***high-pressure variant of wet air oxidation***). Реакцијата се одвива во суперкритичниот регион на водата, односно на температури преку  $374\text{ }^\circ\text{C}$  и притисок преку  $22,1\text{ MPa}$ .

Отпадната вода се донесува до суперкритичен притисок со пумпи со висок притисок пред влез во економизерот. На почетокот, или ако концентрација на органската компонента

во отпадната вода е помалку од 4 %, флуидот треба понатаму да се загрева за да ја достигне суперкритичната температура. Кога се додава кислород во флуидот, температурата во реакторот достигнува и до 600 °C.

Карактеристики на суперкритична оксидација на водата се:

- » комплетна растворливост на органските соединенија во суперкритичната вода;
- » комплетна преципитација на неорганските соли;
- » време на реакција за комплетно уништување од 30 до 60 секунди, во зависност од температурата;
- » реакција на околу 25 MPa и 400 – 600 °C;
- » комплетна конверзија на органските соединенија:
  - органскиот јаглерод се претвора во јаглерод диоксид;
  - органскиот и неорганскиот азот се претвораат во азотен гас;
  - органскиот и неорганскиот халоген елемент се претвораат во соодветна киселина;
  - органскиот и неорганскиот сулфур се претвораат во сулфурна киселина;
- » уништување на испарливи материји;
- » оксидација на тешките метали до нивната највисока оксидациска состојба;
- » сепарација на инертните компоненти до фина пепел.

### **13.2. Технологии базирани на биоаугментација и технологии базирани на селектирани микроорганизми**

Развиени се технологии за напреден третман и процесирање на отпадни води (Технологии базирани на биоаугментација (ТББ) и технологии базирани на селектирани микроорганизми (ТБСМ)). Предноста на овие технологии е во нивната голема ефективна работа во однос на класичните

биолошки системи, и воедно може да биде аплицирана и во веќе постоечки инфраструктури наместо да бидат градени нови. Од ова произлегуваат огромни инвестирачки заштеди во кои индустриите не мора да инвестираат огромни суми за изработка на нови габарити, т.е. можат да ги користат постоечките и воедно да го добијат посакуваниот резултат од третманот на отпадната вода.

### **13.2.1. Карактеристики и придобивки**

Значајното намалување на волумените на базените каде се спроведуваат процесите на изедначување, биолошкиот третман и секундарното таложење.

Се гарантира дека прочистената вода ќе биде во согласност со Анекс 1 од Директивата 91/271/ на ЕУ.

Може да се користи при градење на нови постројки за третман на отпадни води, како и да се примени на веќе постоечки прочистителни станици со технологија на биоактивна тиња, со цел да се зголеми степенот на пречистување на водата.

Се овозможува разградувањето на вообичаено тешко биоразградливите материји во отпадната вода да се постигне за приближно исто време како и разградувањето на лесно разградливите, што не бара зголемување на волуменот на дополнителните биореактори. Со тоа се намалуваат трошоците за одржување на системот, што претставува економска предност над класичните технологии.

Обучените лица можат едноставно и со разбирање да го водат системот за биолошки третман на отпадните води, што придонесува за намалување на потребната работна сила.

Оваа технологија се разликува од останатите биолошки постапки и по тоа што има биотехнолошки карактер.



Бидејќи и биолошкиот процес при третманот на отпадните води се спроведува со помош на микроорганизми, потребно е микробната биомаса за одреден тип на отпадни води претходно да се подготви. Таа подготовка се врши со издвојување на микроорганизми од различни живеалишта кои можат да го спроведат потребниот биолошки процес. По издвојувањето, се одбираат само оние микроорганизми кои покажуваат најдобри биолошки карактеристики: активност, адаптивност и стабилност. Одбраните микроорганизми во форма на мешовита култура поминуваат серија биотестови со цел да се дефинираат оптималните процесни параметри, а со тоа и процесната линија за третман на отпадната вода.

Се обезбедува Хидрауличкото ретенционо време (ХРТ) на задржување на отпадната вода во биобазените да биде неколку часови, што во крајна линија повлекува огромна разлика и во габаритите на базените. Поточно, базените се далеку помали, а тоа значи и помала почетна инвестиција.

Со оваа технологија се постигнува висок квалитет на прочистената вода и со многу ниски концентрации на азот и фосфор, биогени елементи кои се причина за еутрофикација на водените екосистеми – реципиенти на прочистените отпадни води.

Оваа технологија, исто така, е многу рационална во однос на потрошувачката на енергија, бидејќи базенот за нитрификација, кој има потреба од аерација, е релативно мал. Имајќи ги предвид и најавените европски цени на електричната енергија, на овој проблем треба да му се обрне посебно внимание.

Прирастот на микробна биомаса (вишок активна тиња) е многу помал во однос на класичните технологии, а тоа значи нема потреба од дополнителни таложници за стабилизирање на тињата.

И на крајот, една од големите предности на оваа технологија е тоа што е резултат на долгогодишните фундаментални истражувања вршени во лаборатории за микробна екологија во нашата држава и странство. Во неа се вградени и најновите практични искуства добиени со примена на слични технологии во развиените земји во светот.





# БИБЛИОГРАФИЈА



## 14. БИБЛИОГРАФИЈА

1. Lee C.C. (2007), Handbook of environmental engineering calculations, McGraw-Hill
2. Water Environment Federation (2008), Operation of Municipal Waste Water Treatment Plants, McGraw-Hill
3. [www.infobarscreens.com](http://www.infobarscreens.com)
4. [www.water.siemens.com](http://www.water.siemens.com)
5. Златановски Т.(2006), Отпадни флуиди и пречистителни станици, предавања, Машински факултет, Скопје
6. California State University, Sacramento, (1988) Operation of Wastewater Treatment Plants, Volume 1, 6th Edition, "Trickling Filters"; Chapter 6,
7. WEF (1996).: Developing Source Control Programs for Commercial and Industrial Wastewater, WEF Press,
8. Industrial Wastewater Management (2008), Treatment and Disposal Task Force of the Water Environment Federation: Industrial Wastewater Management, Treatment and Disposal, McGraw-Hill
9. Мирчевски М.(1995), Отпадни флуиди и пречистителни станици, Машински факултет, Скопје
10. Уредба за класификација на површинските води, Службен весник 99/2016
11. [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW\\_Final\\_Draft\\_07\\_2014.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW_Final_Draft_07_2014.pdf)
12. <http://bioengineering.mk/>
13. Јованоски И.(2011), Енергетска ефикасност на пречистителните станици за отпадни води, магистерски труд, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Машински факултет, Скопје
14. <https://mena-water.com/>
15. Мулев.М. (1997), Заштита на животната средина, Ворлдбук Скопје, 132-178
16. 63, VITO 2010 ] [ 256, El-Bourawi et al. 2006
17. 165, Fernandez-Ulloa 2009



Konrad  
Adenauer  
Stiftung



Wilfried  
Martens Centre  
for European Studies



9 786084 648253