

# ПРЕДНОСТИ И МАНЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА МАЊИХ НАСЕЉА

## ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN SMALL SETTLEMENTS

В. Ђукић<sup>1</sup>, О. Ђукић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Центар за хумане технологије Градишка, e-mail: vljkuki@gmail.com

<sup>2</sup> Електротехнички факултет Бања Лука, e-mail: djukas95@gmail.com

**Сажетак:** Истраживања о статусу и третману отпадних вода у малим насељима, у Републици Српској су обесхрабрујућа. Постојећа ситуација је резултат неадекватних активности локалних самоуправа које најчешће немају одговарајуће стручно особље и адекватне услове за управљање таквим инвестиционим активностима. У таквој ситуацији локале самоуправе не прихватају поновљене технологије и процесе за пречишћавање комуналних отпадних вода, које често не одговарају конкретним условима на терену. У раду су обрађене методе пречишћавања отпадних вода малих насеља неконвенционалним технологијама. Дат је опис седам представних неконвенционалних технологија: септичке јаме, Imhoff таложник, лагуне, вештачке мочваре, системи за пречишћавање који користе земљу, зелени филтери, филтери од тресета и технологије са биофилимом. Ненад технологија су детаљније описане. Дат је пример примене неконвенционалних технологија-проектovanje уређаја за пречишћавање отпадних вода малих насеља. За сваки од наведених уређаја дат је скори на рад и одржавање те предности и мане које они поседују. У раду се указује на неке важне елементе који су од значаја за почетак и руковођење инвестиционим активностима везаним за припрему, пројектовање, изградњу и одржавање постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода малих насеља.

**Кључне ријечи:** отпадне воде, третман, мања насеља

**Abstract:** Reports on the status and treatment of wastewater, in smaller settlements, in Republic of Srpska are discouraging. The current situation is the result of inadequate activities of local governments, which usually do not have adequate professional staff and other conditions for managing such investment activities. In such a situation, local governments do not accept the offered technologies and processes for municipal wastewater treatment, which often do not correspond to specific conditions in the field. In the paper are elaborated methods of wastewater treatment of smaller settlements with unconventional technologies. Seven representatives of unconventional technologies are described: septic tanks, Imhoff's sedimentation tank, lagoons, artificial swamp system of purification with soil, green filters, Imhoff's sedimentation tank, lagoons, artificial swamp system of purification with soil, green filters of moss and processes with biofilm. Some of the technologies are described in more detail. An example of the application of unconventional technologies is given - the design of wastewater treatment plants for a small settlement. For each of these devices, are given retrospective view for operating and maintaining as well as advantages and disadvantages which they possess. The paper points to some important elements that are important for the beginning and managing of investment activities related to the preparation, design, construction and maintenance of wastewater treatment plants of smaller settlements.

**Key words:** wastewater, treatment, smaller settlements.

### 1. УВОД

Отпадне воде јесу воде којима је промијењен састав утицајем људског дјеловања, односно уношењем, испуштањем или одлагањем у воде хранљивих и других твари, топлинске енергије те других узрочника онечишћења у количини којом се мијењају својства воде у односу на њихову еколошку функцију и наменску употребу. У процесу пречишћавања вода важно је осигурати да су испуњени одговарајући стандарди за обраду отпадних вода у складу са важећим законским прописима[1].

У погледу одвођења и прераде отпадних вода у Републици Српској, стање је више него алармантно. Стање постојећих канализационих система и постројења за пречишћавање отпадних вода у урбаним насељима, имајући у виду инфраструктуру која је у функцији и локале околности, указује да смо далеко од стања које се захтјева у Европској заједници. Исти је случај с индустријским

отпадним водама загађеним органским материјама, које су по својој природи сличне комуналним отпадним водама[2].

Постоје конвенционалне и неконвенционалне технологије-уређаји за пречишћавање отпадних вода. Примјена класичних (конвенционалних) уређаја код малих насеља захтјева била би већи број стручног особља, чије ангажовање захтјева и већа финансијска средства. Због тога се код малих насеља све више применују једноставнији уређаји чије руковање и одржавање је једноставно уз минимална финансијска средства, а сама изградња вода важно је осигурати да су испуњени одговарајући стандарди за обраду отпадних вода у складу са важећим законским прописима[1].

У погледу одвођења и прераде отпадних вода у Републици Српској, стање је више него алармантно. Стање постојећих канализационих система и постројења за пречишћавање отпадних вода у урбаним насељима, имајући у виду инфраструктуру која је у функцији и локале околности, указује да смо далеко од стања које се захтјева у Европској заједници. Исти је случај с индустријским

Технологије пречишћавања које задовољавају наведене захтјеве се називају неконвенционалне технологије (NCT). Типични представници ових технологија су:

- септичке јаме,
- Imhoff таложник,
- лагуне и лагуниране,
- вештачке мочваре,
- поступци са чишћењем у тлу,
- филтери,
- поступци са биофилимом.

Због значаја изградње и рада постројења за пречишћавање отпадних вода, не само у уским локалним границама, већ и на ширем подручју, као и одговорности цијелокупног друштва за стање у овој области, а имајући у виду досадашња искуства, неопходно је прије изградње обезбједити квалитетну документацију и инвестициони програм како би се најбоље разлике између очекиване вредности инвестиција и планираних резултата пречишћавања отпадних вода на једној страни и реалних средстава потребних за изградњу и остварених ефеката рада постројења на другој страни[4].

### 2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА

Имајући у виду постојећи степен прикључености на канализациону мрежу, као и чињеницу да највећи број становника улази у прорачун биланса терета загађења као расути загађивачи, агамерације још увијек нису дефинисане као основне јединице за прорачуне терета загађења, оцјену ризика и извођача. Планирано је да се у оквиру првог циклуса плана управљања, актурирањем постојећих података, створи основица за прецизно дефинисање агамерација. Потребно је напоменути да утврђивање реалних агамерација треба да буде повезано и са капацитетом реципијента за пријем отпадних вода, односно ефлуента постројења за пречишћавање отпадних вода[6].

Прикљученост потрошача воде на канализационе системе у Републици Српској је око 45%. Општина које имају организовано прикључивање отпадних вода, обично испуштају нетретиране отпадне воде у најближи реципијент, најчешће је то оближњи водоток. У урбаним срединама прикљученост на канализационе системе је око 60%, док око 20% општина нема уређено прикључивање отпадних вода. У Републици Српској мање од 50% насеља има мјешовити тип канализације која је у већини случајева застарјела, слабо одржавана и недовољног капацитета. Већи број насеља користи колекторе отпадних вода за канализације атмосферских вода, који у већини случајева нису довољног капацитета, па због тога у периодима интензивних падавина долази до изливача, садржаја на путне комуникације и зелене површине, што може имати негативан утицај на здравље људи[3].

Укупна продукција отпадних вода у Републици Српској, износи око 45 милијарди литара годишње од 60% отпадних воде потичне из градова Бањалука, Бијељина, Приједор и Добој. Наведени градови су уједно и највећи концентрисани извори загађења површинских вода. Посебан проблем представљају недовршени системи канализације, који немају постројења за пречишћавање отпадних вода, већ се отпадне воде испуштају на већем броју излива, непосредно у водотоке, често у непосредној близини насеља, или у самом насељу. У Републици Српској мање од 5% становништва прикључено на канализационе системе има одговарајући третман отпадних вода, а у 18% општинских центара

постоји нека врста третмана који нису испуњени захтјеви важних прописа. Третману су у функцији три изградња постројења за третман комуналних отпадних вода и то у Требињу, Бијелици и Бијељини. Постојење у Требињу је укупног капацитета 30.000 еквивалентних становника (ЕС). Постојење за пречишћавање отпадних вода примјеном СБР (Sequencing Batch Reactor) технологије, уз додатни терцијарни третман, за насеље Бијела изграђено је 2011. године, а све у циљу заштите Бијелог језера које има вештачку намену у погледу коришћења истог као значајног водног ресурса. У Бијелици је третману изградња прва фаза постројења за пречишћавање отпадних вода СБР технологијом, капацитета 40.000 ЕС.

Постојећа постројења за пречишћавање отпадних вода у општинским центрима Лактани и Чепинац, нису у функцији, пројектовани капацитети ових постројења су 2.500 ЕС. Постојећи систем за механичко пречишћавање отпадних вода у Власеници ради са непознатим ефектима (изграђен само привремено таложник-септик), док у осталим насељима системи за пречишћавање нису изградњени или су изградњени само за мања насеља.

Генерално се може констатовати да у Републици Српској не постоји довољно поузданих података о емисији и/или имисији отпадних вода, јер нема адекватног катастра загађивача као ни системског праћења анализа отпадних вода или ефлуента постројења за пречишћавање.

### 3. ПРЕГЛЕД УРЕЂАЈА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА МАЊИХ НАСЕЉА

#### 3.1 Септичке јаме

Септичке јаме су уређаји укупани у земљи у којима се органска материја у отпадној води таложи и минерализира. Подјелене су у коморе, најчешће имају двије коморе у низу (слика 1). У првој комори се одваја кружна и гушћа материја и као талог пада на дно коморе у облику муља, док лакше честине плутају на површини формирајући кору. Пречишћена вода преко испуста у одвојеном лизу прелази у другу комору. Формирани муљ на дну комора пролази анаеробну разградњу, редуцирајући своју запремину. На овај начин септичка јама може да ради дужи период без потребе за вађењем муља из септичке јаме.

Слика 1. Септичка јама (Извор: М. Хошић, 2009)

#### 3.2 Систем пречишћавања отпадних вода путем земљишта

У екосистему тло-вода-биљке одвија се низ физичких, хемијских и биолошких процеса који омогућавају уклањање готово свих загађујућих материја, присутних у комуналној отпадној води, као што су: суспендоване и органске материје, нутријенти (N и P) и патогени микроорганизми. За пречишћавање отпадних вода путем коришћења земљишта разликујемо процесе површног и процесе подземног коришћења земљишта.

Процеси површног коришћења земљишта укључују:

- ниско отперенење процесе,
- брзу инфилтрацију,
- површну кријацију.

Код ниско отперенења процеса отпадна вода пролази кроз земљиште с вегетацијом. На тај начин се постиже пречишћавање воде и раст биљака.

У системима брзе инфилтрације, пречишћавање отпадних вода се врши процијонивањем. При површној кријацији отпадна вода се дистрибуира на терен под нагибом с вегетацијом. Вода отиче најлакше те се скупља у каналима.

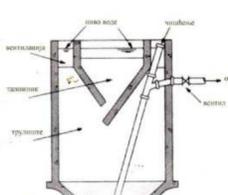
У процесу подземног коришћења земљишта спадају:

- филтерски јарци,
- филтерска корита,
- филтерски бунари,
- повремено пјенчани филтери.

При коришћењу ових система, потребно је претходно припремити отпадну воду, обично у септичкој јами или Imhoff таложнику. Отпадна вода се пречишћава помоћу физичких, хемијских и биолошких процеса који се одвијају приликом првог слоја земљишта. Филтерски капацитет земљишта је основни параметар за димензионирање оваквих објеката. Не могу се користити подручја са непропусним или јако пропусним земљиштем.

#### 3.3 Imhoff таложник

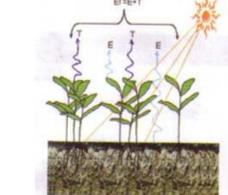
Imhoff таложник је уређај код кога је зона таложења смјештена у горњем (вршном) дијелу уређаја, одвојена од зоне дигестиве која је на дну (гравитациони таложник). Наведени систем се користи као претходна обрада, прије система који користи земљиште и на малим уређајима, као претходни поступак прије ротационог биолошког контактора или биолошких филтера (слика 2).



Слика 2. Imhoff таложник (Извор: В. Ђукић, 2009)

#### 3.4 Зелени филтери

Зелени филтер је технологија пречишћавања отпадних вода при чијој употреби се користи површина земљишта за утјог шумског раста (слика 3). Отпадна вода која се пречишћава физичким, хемијским и биолошким процесима, обично се упушта у виду плавањена.



Слика 3. Зелени филтер (Извор: Деконга, д.о.о., 2019)

#### 3.5 Филтери од тресета

Овај систем пречишћавања заснива се на филтрирању отпадне воде помоћу тресета услед комбинације физичких, хемијских и биолошких процеса. Тресет је тип хумуса који се формира у анаеробним условима типичним за средину под водом.

#### 3.6 Лагуне

Лагуне су плитки, простран, земљани базени у којима се разграђује органско загађење из отпадних вода (слика 4). Чишћење у лагунама је врло блиско поступку самопречишћавања воде у природним воденим системима. Уз биолошке процесе у лагунама се истовремено одвија и таложење и испаривање у води присутних материја. У зависности од органског отперенења, дубине воде у лагуни и климатских услова, разградња органске материје се одвија путем аеробних или анаеробних процеса уз фотосинтезу алги. Лагуне могу бити: аеробне (природна аерација), факултативне (аеробно-анаеробне) и анаеробне.



Слика 4. Попречни пресјек лагуне (Извор: В. Ђукић, 2009)

Лагуне могу бити са континуираним испустом, контролираним испустом или са задржавањем (без испуштања у површинске воде). Због ниских инвестиционих и погонских трошкова лагуне су погодне за мања насеља, али се доста користе и за индустријске отпадне воде које су биолошки разградљиве. Често се користе код индустрија које имају повремено испуштање отпадних вода код сезонског рада, као што је случај код шехерања које имају кампанјску активност у јесен (прерада шећерне репе). Лагуне се могу користити и у комбинацији са другим процесима пречишћавања отпадних вода.

Ефикасност лагуне је промијљива и зависи од временских прилика током године. У летњем времену се постиже смањење органског загађења у домаћим отпадним водама и до 80-95%. У табели 1. су дати основни параметри за лагуне.

Табела 1. Основни пројектни параметри за лагуне (Извор: В. Ђукић, 2009)

Параметар	Аеробна лагуна	Факултативна лагуна	Анаеробна лагуна
Органско отперенење kg BPK/ha/d	85-170	17-55	25-335
Дубина, m	0,15-0,5	1-2,4	1,8-6,0
Вријеме задржавања, d	5-20	30-180	5-20
pH	6,5-10,5	6,5-9,0	6,5-8,0
Температура, °C	0-40	0-40	0-40
Отпадна вода, °C	20	20	20
Уклањање BPK, %	80-95	75-95	80-85

#### 3.6.1 Аерисане лагуне

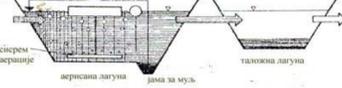
Аерисане лагуне се могу сматрати као један од јефтинијих техничких поступака пречишћавања отпадних вода поступком активног муља. Оне одговарају систему са слабом отперенењем масе муља, са продужено аерацијом, и са или без рециркулације активног муља. Најчешће се користе за сезонског рада, као што је случај код шехерања које имају кампанјску активност у јесен (прерада шећерне репе). Лагуне се могу користити и у комбинацији са другим процесима пречишћавања отпадних вода.

Аерисане лагуне су базени, најчешће ископани у земљи, дубине око 4 м. Аерација отпадне воде врши се примјеном механичких аератора или системом за удававање ваздуха (фини мјехурићи) који је објешен о плавајуће ланце. Поред уношења довољне количине кисеоника, аерациони систем има задатак да одржава активни муљ у суспензији. Решавачица муља врши се помоћу ману-пумпи које евакуишу муљ из левка на изводном крају, и шаљу га на узводни крај аерисане лагуне.

Послије проласка кроз аерисану лагуну, отпадна вода улази у таложну лагуну, која је нешто пливача (дубине око 2m), и не располаже системом за аерацију отпадне воде. Таложне лагуне се најчешће изводе као бијели испуст у земљи. Из таложне лагуне избистрена отпадна вода се испушта у реципијент. Муљ из таложне лагуне се води једном годишње, или ријетко тако што се лагуна испразни, муљ осуши и извади. Зато је потребно предвидјети најмање двије таложне лагуне.

Како би се спријечило губитак муља из лагуне инфилтрацијом у подземље, исте треба градити у водоодрживом материјалу или је потребно извршити облагање дна и бокова лагуне непропусним фолијом. Ефекат коришћења аерисаних лагуна је око 95% у погледу смањења BPK.

На слици 5. дата је принципна схема система са аерисаном лагуном где се аерација обавља удавањем ваздуха кроз потопљене перформане пливаче објешене о плавајуће ланце.



Слика 5. Аерисана лагуна са таложном лагуном (Извор: В. Ђукић, 2009)

#### 3.6.2 Анаеробне лагуне

Ова врста лагуна (без присуства слободног кисеоника) се обично користи за пречишћавање отпадних вода из индустрије те отпадних вода које настају од животињског отпада на фармама. Могу да се користе и као претходни поступак у систему везане лагуна. Типичне анаеробне лагуне пројектоване су тако да воде задржавају и пречишћавају 20-150 дана. Њихова дубина је 3-5m и раде слично септичкој јами.

#### 3.6.3 Факултативне лагуне

Факултативне лагуне имају три јасно дефинисане зоне: први зона-доња анаеробна, средња-факултативна и горња-аеробна зона (слика 6).



Слика 6. Факултативна лагуна (Извор: М. Хошић, 2009)

У аеробној зони се врши фотосинтеза микроалги и површина реакција. Анаеробну зону карактерише одсуство кисеоника а дјеломично присуство муља. У факултативној зони владају екстремно промијљиви услови у којима доминирају факултативне бактерије по којима је ова зона и добила назив.

#### 3.6.4 Микробиологија лагуна

У зависности од карактеристика отпадне воде у лагунама развијају се различити типови микроорганизма. Може се рећи да су главне три групе микроорганизма; бактерије, фитопланктон и зоопланктон.

#### 3.7 Вјештачке мочваре

Вјештачке мочваре су природни пречишћивачи отпадних вода, намњени за подручје примјене 1000-5000 ЕС. Састоје се од шљунковите подлоге и дренажних цијеви, воде, биљака испод и изнад њихова вода и микроорганизма. Вегетацију чини корјење, стабљике, лишће и микроорганизми. Звједина микроорганизма позната је као „лејриџитон“ која је мјешавина алги, цианобактерија и хетеротрофних микроба. Перифитон и природни хемијски процеси су одговорни за уклањање 90% загађења, док биљке уклањају 7-10% загађења.

Отпадна вода се пречишћава пролази кроз мочвару. У поређењу са конвенционалним методама, настоји се да буду једноставније, јефтиније и да не дјелују штетно по околину. Могу бити коришћене за обраду вода са различитим загађењима као што су: отпадне воде из малих заједница, индивидуалних домова те обрнске отпадне воде, отпад од животња, дјеломично обрађене индустријске отпадне воде, воде са аутопутева и др.

Постоје два система вјештачких мочвара са одговарајућим подсистемима:

- вјештачке мочваре са слободним водним ливом:
  - површински ток са плутајућим биљкама,
  - површински ток са потопљеним биљкама.

- вјештачке мочваре са системом подземног дотока:
  - подповршински систем хоризонталног дотока,
  - подповршински систем вертикалног дотока.

#### 3.7.1 Површински ток са плутајућим биљкама

Ова систем се састоји од базена дубине 10-60 cm са непропусним дном од иловаче. Биљке расту покривајући површину воде и на тај начин се спречава раст алги. Водоток се налази у анаеробним условима, одвојено од површног дијела. Недостатак ових мочвара је потреба сталног уклањања биљака, што доводи до већих трошкова радне снаге и проблема одлагања биљака.

#### 3.7.2 Површински ток са потопљеним биљкама

Оваје се користе базени дубине 10-100cm, зависно од карактеристика отпадних вода и вегетације. Површина базена је у контакту са ваздухом при чему долази до утицаја бактерија под дјеловањем сунца у горњим зонама. Због дјеловања сунчеве свјетлости и потопљених биљака на дну базена, ефекат пречишћавања је већи него код система са плутајућим биљкама. Мање су потребе за уклањањем и одлагањем биомаса.

#### 3.7.3 Подповршински систем хоризонталног дотока

Подповршински систем дотока је најчешће коришћена метода за пречишћавање отпадних вода путем биљака. Дубина базена је 20-50cm, зависно од типа биљака. Овај систем пречишћавања је ефикаснији од система са слободним водним ливом с обзиром да захтјева мању површину. Ефекат пречишћавања је исти у току цијеле године. Базени су испуњени крупним прјеском или шљунком као филтерским материјалом. Отпадна вода се равномерно распоредје по цијелом базену путем цијеви.

#### 3.7.4 Подповршински систем вертикалног дотока

Користи се као алтернатива за подповршински систем хоризонталног дотока. За разлику од површног система хоризонталног дотока, отпадна вода упушта се с врха базена при чему се равномерно распоредје по вјештој површини базена. Користи се крупни прјесак као филтерски материјал. Након убацивања отпадне воде вертикално у базен, вода наставља ток хоризонтално кроз базен и прикупља се на његовом дну.

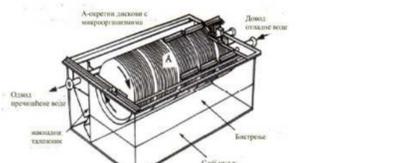
#### 4. ПРОЦЕСИ СА БИОФИЛИМ[1]

Овај тип процеса користи се код биолошких филтера и ротационих биолошких контактора (РБК). Уклањање колоидних и растворених материја из отпадне воде врши се адсорпцијом на биолошким филму који се образује на врхотј подлоги. Да би се повећала ефикасност процеса адсорпције потребно је повећати површину биолошког филма. Ово се постиже испуном од зрнастог материјала или специјално профилисаних пластике код биофилтера, односно великим бројем танких пластичних дискова код ротационих биолошких контактора. На овим материјалима долази до образовања скраме која се састоји од микроорганзија и органске материје. Потребне количине кисеоника обезбеђује се струјањем ваздуха кроз испуну биофилтера, односно ротацијом дискова дјеломично уронених у воду код РБК.

Предности ових процеса су једноставно одржавање и отпорност на шок отперенења. Међутим, њихова неефикасност као и у питању сезонске варијације, ограничава њихову употребу јер тако могу достићи савремене захтјеве за квалитет ефлуента.

#### 4.1 Ротациони биолошки контактор (РБК)

Уређаје овог типа производе различити произвођачи опреме, и нуде се на тржишту под различитим именима (слика 7).



Слика 7. Ротациони биолошки контактор (Извор: В. Ђукић, 2009)

Састоје се од кружних дискова, на заједничкој осовини, на малом међусобном размаку. Дискови су израђени од пластичног материјала; као плоче са различитим набраном површином или као спирале од пластичних цијеви са таласастим изломима. Разликују се дјеломично потопљени у воду и лагано се окрену у води. Живни филм се развија на површини дискова и постепено образује скраму на површној окрени дискова. Ротацијом дјеломично потопљених дискова биомаса се наизмјенично окрени отпадној води и ваздуху, и одржава се у аеробном стању. РБК се израђују као монтажна постројења за пречишћавање отпадних вода до 1000 еквивалентних становника (ЕС).

#### 4.2 Биофилтери проколиници

Примјеном пластичне испуне за биофилтере могуће је градити биофилтере проколинице висине до 12 м. Један овакав биофилтер висине до 9m приказан је на слици 8. Захваљујући великој висини и дужем времену пролаза воде кроз испуну биофилтера, могуће је обрађивати високоотперенење токове прехрамбене индустрије као што су пиваре, млекаре, погони за прераду воћа и поврћа, клаонице и индустрије меса, винарије, текстилни комбинати и др.



Слика 8. Биофилтер-проколиник са пластичном испуном (Извор: В. Ђукић, 2009)

Доњи дио високог биофилтера испуњен је до око 2/3 висине пластичном цвјастом испуном са сабастом структуром. Захваљујући карактеристикама оне испуне осигуран је несметан прилив ваздуха у горње слојеве проколиника и одвијање аеробне разградње органског загађења из отпадне воде. У горњи слој филтера поставља се пластична испуна – префабриковани пакети са великом специфичном површином, којима се осигурава једнака расподела отпадне воде по површини проколиника.

Осим високог ефекта обраде отпадне воде, предности ових високих биофилтера су ниски погонски трошкови, јер је потребно само одржавање система за пумпање и расподелу воде на врху биофилтера.

#### 5. КОНКРЕТАН ПРИМЈЕР УРЕЂАЈА ЗА УА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА НАСЕ