

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Управљање отпадом

Број индекса: 309/2011

Јанићијевић Р. Небојша

Анализа когенерационих потенцијала применом базе података комуналних
депонија и постројења за третман отпадних вода

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Небојша Јовичић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Идеја дипломског рада је да се истраже могућности коришћења биогаса као обновљивог извора енергије, са посебним освртом на процес когенерације. За потребе овог рада, спровешће се ажурирање базе података о комуналним депонијама и постројењима за третман отпадних вода на територији Републике Србије. Имплементирани модели за прорачун приноса биогаса у овим постројењима, послужиће да се дође до података о енергетским потенцијалима на локалном, регионалном и републичком нивоу. Такође, спровешће се анализа могућих инвестиционих улагања у когенерациона постројења с обзиром на расположиви енергетски ресурс. На примеру града Крагујевца, показаће се каква је енергетско – економска одрживост процеса замене постојећег енергента биогасом са комуналне депоније у Јовановцу.

Препоручена литература:

- [1] GoranVujić, Upravljanje čvrstim otpadom, Novi Sad, 2009.
- [2] Ilić M., Osnovi upravljanje čvrstim otpadom, Institut za ispitivanje materijala, Beograd, 1998.
- [3] Momčilović Dijana, Nakomčić-Smaragdakis Branka. Process of biogas production in waste water treatment plant. Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka 24(4). Novi Sad, 2012.
- [4] Kogeneracija u Srbiji – zasto se okleva?, Miodrag Mesarović i Milan Čalovic, ELEKTRO – PRIVREDA , br. 2009.
- [5] Procesna i energetska efikasnost, Dragan S. Marković, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
- [6] Nacionalni izveštaj o kogeneraciji, Potencijal kogeneracije u Srbiji, Ministarstvo Nauke, 2007.

Крагујевац, новембар 2013.

Ментор:
Проф. Др Небојша Јовичић

Резиме рада: Завршни рад је посвећен управљању чврстим отпадом, његовом настајању, сакупљању и одлагању као и отпадним водама и њиховом третману. Истражене су могућности коришћења биогаза и депонијског гаса са освртом на процес когенерације као и анализи когенерационих потенцијала на локалном, регионалном и републичком нивоу. Рад садржи преглед стања управљања отпадом у свету и код нас, при чему је посебна пажња посвећена расположивим подацима који се односе на град Крагујевац. Објашњен је процес формирања депонијског гаса и биогаза као и технологије за њихово процесирање и сакупљање. Одрађени су математички модели генерисања депонијског гаса и процена емисије метана из отпадних вода као и база података о комуналним депонијама на нивоу републике. Приказани су и софтверски алати који се користе за моделовање продукције депонијског гаса а међу њима и “Ukrain” модел који смо ми користили и чија ће једначина бити имплементирана у базу података. Подаци из ове базе су касније коришћени у моделу прорачуна за град Крагујевац. У овом раду је приказано идејно решење замене постојећег енергента депонијским гасом коришћењем постројења за когенерацију. Одрађена је процена енергетско – економских перформанси и процена одрживости и економске исплативости пројекта. Економском анализом дошло се до података да је целокупан пројекат суштински исплатив и да се поред позитивних економских ефеката постиже напредак у очувању животне средине.

Кључне речи: депонијски гас, биогаз, комунални отпад, отпадне воде, когенерација, база података

Abrasc: Final study is dedicated to solid waste management, its creation, collection and disposal as well as waste water and its treatment. Opportunities of biogas and landfill gas usage is researched with emphasis on the process of cogeneration as well as analysis of cogeneration potential at local, regional and national level. The study provides an overview of the state of waste management in the world and in our country, with special attention to the available data pertaining to the city of Kragujevac. Process of landfill gas and biogas forming is explained as well as technologies for their processing and collection. Mathematical model of landfill gas is done and estimation of methane emission from waste water as well as a database of municipal landfill at the level of the republic. Software tools that is used to model the production of the landfill gas is shown and among them a “Ukrain model” that we used and whose equations will be implemented in the database. Data from this database were later used in the estimate model for city of Kragujevac. This study presents the preliminary design of the replacement of the existing energy using landfill gas cogeneration plant. Evaluation of energy – economic performance and sustainability and economic viability of the project is done. Economic analysis produced the data that the entire project is essentially a cost-effective and beside positive economic effects progress is made in protecting the environment.

Keywords: landfill gas, biogas, municipal waste, waste water, cogeneration, database

САДРЖАЈ:

1. УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ И ОТПАДНИМ ВОДАМА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА	6
1.1. Управљање чврстим отпадом у урбаним срединама	6
1.1.1. Дефиниција чврстог отпада и класификација отпада	6
1.1.2. Извори настајања и особине отпада	7
1.1.3. Функционални елементи система за управљање отпадом	9
1.1.3.1. Настајање отпада	10
1.1.3.2. Руковање отпадом и сепарација, чување и процесирање на извору	10
1.1.3.3. Сакупљање отпада	13
1.1.3.4. Сепарација, процесирање и трансформација чврстог отпада	14
1.1.3.5. Преношење и превоз отпада	14
1.1.3.6. Одлагање (депоновање) отпада	15
1.1.4. Интегрисано управљање отпадом	15
1.1.4.1. Редукција отпада на извору	16
1.1.4.2. Поновна употреба отпада	16
1.1.4.3. Рециклирање материјала	17
1.1.4.4. Трансформација отпада (компостирање, спаљивање)	20
1.1.4.5. Депоновање отпада	23
1.2. Отпадне воде	24
1.2.1. Третман отпадних вода	26
1.2.1.1. Постројење за третман муља	28
2. ДЕПОНИЈСКИ ГАС И БИОГАС КАО ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ	31
2.1. Депонијски гас – извор енергије	31
2.1.1. Процес формирања и продукције депонијског гаса	32
2.1.1.1. Фактори који утичу на формирање депонијског гаса	33
2.1.2. Технологија сакупљања и процесирања депонијског гаса	36
2.1.3. Математички модели генерисања депонијског гаса	40
2.1.4. Софтверски алати за моделовање продукције депонијског гаса	41
2.1.4.1. „Украин“ модел	41
2.2. Производња и карактеристике биогаса	42
2.2.1. Методологија процене емисије метана из отпадних вода	44
3. КОГЕНЕРАЦИЈА	46
3.1. Предности когенерације	46
3.2. Препреке за когенерацију	47
3.3. Когенерацијска постројења	48
3.4. Подручја примене когенерационих постројења	51
3.5. Економичност когенерационих постројења	51
4. БАЗА ПОДАТАКА О КОМУНАЛНИМ ДЕПОНИЈАМА И ПОСТРОЈЕЊИМА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ	54
4.1. Израда базе података за логистичку подршку	54
5. ПРИМЕНА МОДЕЛА НА ГРАД КРАГУЈЕВАЦ. ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКО – ЕКОНОМСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ЗАМЕНЕ ПОСТОЈЕЋЕГ ЕНЕРГЕНТА ДЕПОНИЈСКИМ ГАСОМ	62
5.1. Мрежа и оптерећење	62
5.2. Енергетски модел	65
5.3. Анализа трошкова	67
5.4. Финансијска анализа	68

6. ЗАКЉУЧАК	71
7. ЛИТЕРАТУРА.....	72

1. УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ И ОТПАДНИМ ВОДАМА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА

1.1. Управљање чврстим отпадом у урбаним срединама

Настанак свих врста отпада је резултат раста и развоја људске популације, развој великих урбаних средина и насеља и њихових пратећих делатности. Резултат тога су велике количине свих врста отпада које загађују животну средину. Нема живог бића на свету које у таквој брзини и количини производи отпад како то може људско биће. Предвиђања о могућим количинама отпада у будућности су алармантна. Чак пет пута више у наредних десет година што је убрзање које нећемо моћи пратити са данашњом технологијом и начином размишљања код управљања отпадом.

Неадекватно управљање отпадом представља један од највећих проблема са аспекта заштите животне средине. Отпад је директно везан за људски развој и са технолошког и са друштевог аспекта. Управљање отпадом је контрола над прикупљањем, обрадом и одлагањем различитог отпада.

Отпад и поступање с отпадом јавност је код нас тек спознала као проблем. Међутим, она га не осећа и не доживљава као свој, него туђи и за чије решавање је надлежан неко други - држава, локална самоуправа, индустрија итд...У највећем броју случајева, спремност на суделовање на решавању овог проблема, јавност показује само када је сама угрожена или ако је сама заинтересована за његово решавање.

Треба запамтити да свако од нас свакодневно производи отпад из чега произилази да сваки појединац одговорност у процесу стварања и збрињавања отпада.

Простор за одлагање отпада зависи од структуре урбане средине, конкретније од заступљености типова зграда (вишеспратне зграде у стамбеним блоковима, индивидуалне зграде) и веома је важан са санитарно-здравственог и естетског становишта.

1.1.1. Дефиниција отпада и класификација отпада

Отпад јесте свака материја или предмет садржан у листи категорија отпада (Q листа) који власник одбацује, намерава или мора да одбаци, у складу са законом. Једноставније речено, отпад је одбачен производ или материјал који се више не користи, непотребан је или није употребљив у изворном облику. Може настати током екстракције сировина, прераде сировина у полупроизводе и готове производе, потрошње готових производа и других људских активности.

Према Закону о управљању отпадом постоје следеће врсте отпада:

- комунални отпад (кућни отпад);
- комерцијални отпад и
- индустријски отпад.

Комунални отпад јесте отпад из домаћинства (кућни отпад), као и други отпад који је због своје природе или састава сличан отпаду из домаћинства, односно отпад који се сакупља са одређене територијалне целине, најчешће општине, у складу са прописима и плановима општине, укључујући крупни отпад, опасан кућни отпад и одвојено сакупљен баштенски отпад и отпад сакупљен чишћењем улица.

Комерцијални отпад је отпад који настаје у институцијама које се у целини или делимично баве трговином, услугама, канцеларијским пословима, спортом, рекреацијом или забавом, осим отпада из домаћинства и индустријског отпада.

Индустријски отпад је отпад из било које индустрије или са локације на којој се налази индустрија, осим отпада из рудника и каменолома.

У зависности од опасних карактеристика које утичу на здравље људи и животну средину, отпад може бити:

- инертни;
- неопасан и
- опасан.

Класификација отпада јесте поступак сврставања отпада на једну или више листа отпада, које су утврђене посебним прописом, а према његовом пореклу, саставу и даљој намени. У Републици Србији (РС) отпад се, према Каталогу отпада, разврстава у двадесет група, у зависности од места настанка и порекла и према предвиђеном начину поступања. Каталог отпада се користи за класификацију свих врста отпада, укључујући и опасан отпад и потпуно је усаглашен са каталогом отпада Европске Уније (ЕУ), који је урађен да створи јасан систем за класификацију отпада унутар ЕУ. У Каталогу отпада индексни број 20 означава комунални отпад (кућни отпад и слични комерцијални и индустријски отпад), укључујући одвојено сакупљене фракције.[1]

Класификација комуналног чврстог отпада (КЧО) се може вршити на више начина; може се поделити на: 1) органску и неорганску фракцију; 2) влажну и суву фракцију; 3) сагорљиву и несагорљиву фракцију и 4) материјале који се могу рециклирати и оне који се не рециклирају. Рециклажа јесте поновна прерада отпадних материјала у производном процесу за првобитну или другу намену, осим у енергетске сврхе.

Једна од класификација која се најчешће примењује је подела према врстама материјала на: органски отпад (чије су компоненте: отпад од хране, папир, картон, пластика, текстил, гума, кожа, дворишни отпад и кожа) и неоргански отпад (чије су компоненте: стакло, конзерве, алуминијум, други метали, прљавштина, пепео и др.). Наведена подела по врстама је одабрана зато што се оне лако идентификују, погодне су за карактеризацију отпада за различите намене и углавном се наводе у литератури.

Карактеризација отпада јесте поступак испитивања којим се утврђују физичко-хемијске, хемијске и биолошке особине и састав отпада, односно одређује да ли отпад садржи или не садржи једну или више опасних карактеристика.

1.1.2. Извори настајања и особине отпада

За правилно поступање са отпадом, поред познавања извора настајања отпада, неопходни су и подаци о количини издвојеног отпада, брзини настајања, саставу и карактеристикама отпада, у циљу планирања и спровођења стратегије управљања отпадом.

Извори настајања чврстог отпада - Постоје бројне поделе извора настајања отпада, које су у друштву повезане са земљом и регијом. Један од критеријума који се најчешће користи је подела чврстог отпада према пореклу, односно према месту настанка. Чврсти отпад може потицати из различитих извора, па се према пореклу, односно извору настајања, најчешће дели на:

- стамбени (резиденцијални);
- комерцијални;
- отпад из разних установа и институција;
- грађевински;
- комунални;
- отпад из постројења за обраду вода и постројења за спаљивање;
- индустријски и
- пољопривредни.

Количина - При одређивању количине чврстог отпада обично се користе мерења масе и запремине. Међутим, 1 m^3 расутог отпада не одговара 1 m^3 компактираног отпада у возилу за сакупљање, као ни 1 m^3 отпада који је компактиран на депонији. Уколико се мери запремина, мора се познавати степен компактирања или специфична тежина под условима чувања. Најчешће, због сигурности и могућности директног мерења, пожељно је да количина отпада буде изражена у јединицама масе. Стамбени чврсти отпад чини око 60 % укупне количине комуналног отпада. За индустријски и пољопривредни отпад количина насталог отпада би требало да се заснива на некој јединици производа. Количина отпада је веома важан параметар у одређивању усаглашености са државним и покрајинским програмима, у избору специфичне опреме, путање сакупљања, начина поступања са корисним материјалима из отпада, као и код пројектовања и рада депоније. Количина насталог отпада у великој мери зависи од степена економске развијености земље, па се у високо развијеним земљама генерише 3 до 5 пута више отпада него у неразвијеним.

Састав – Познавање састава чврстог отпада је делимично стандардизовано, а односи се на појединачне компоненте које чине отпадни ток и њихову релативну расподелу; обично се изражава као масени удео, односно масени проценат компоненте у укупној количини отпада. Састав отпада зависи од више фактора: климе, годишњег доба, навика, образовања, степена економског развоја, врсте индустријских постројења, да ли је урбана или рурална средина, локације. Одређивање састава отпада се разликује по методама и због хетерогеног састава представља веома тежак задатак. Стамбени (резиденцијални) отпад, изузимајући специјални и опасни отпад, састоји се од органског (сагоривог) и неорганског (несагоривог) чврстог отпада из стамбених извора. Органска компонента се углавном састоји од материјала у виду отпада од хране (био-отпад), папира свих врста, картона, пластике свих врста, текстила, гуме, коже, дрвета и дворишног отпада. Неорганска компонента се састоји од стакла, посуђа, конзерви од алуминијума, гвожђа, других метала, прашине, прљавштине и пепела.

Уколико се разматра удео компонената у КЧО, процентуалне вредности учешћа компонената отпада зависе од многих фактора, а најважнији су: степен економског развоја, локација, сезонски утицај и економски услови. Удео стамбеног отпада у КЧО у разним земљама у зависности од степена развијености приказан је у Табели 1. Према овој подели, ниско развијене земље су оне које имају приход мањи од 750 америчких долара по становнику годишње; средње развијене земље имају од 750 до 5.000 америчких долара по становнику годишње, док високо развијене земље имају више од 5.000 америчких долара по становнику годишње. Уочљиво је да је удео отпада од хране висок у слабо развијеним земљама, јер се воће и поврће користи углавном сирово, нема кухињских уситњивача хране, док је удео других компонената незнатан.

Расподела фракција КЧО у зависности од географске локације, као последица разлика у начину живота и животном стандарду, показује да постоје веома велике разлике између развијених земаља Европе, Северне Америке и Пацифичке Азије, с једне, и слабо развијених земаља Јужне америке, Азије са друге стране. Међутим,

доминантан је утицај економског развоја, тако да постоји велика сличност података добијених нпр. за земље Јужне Америке и Београд, иако је знатна разлика у географској локацији.

Утицај сезонске варијације у количинама отпада може се утврдити уколико се актуелна дистрибуција компонената одреди применом посебне студије. Тачан приказ је могуће добити тек када се анализира велики број узорака и имају подаци о сезонској варијацији брзине настајања отпада. Уопште, коефицијент варијације за поједине састојке отпада је веома велики. Типични коефицијент варијације за папир је 20 – 40 %, док код осталих компонената може бити 40 – 100 %.

У земљама у развоју се студије о настајању отпада из разних извора ретко предузимају услед недостатка финансија и техничке неопремљености. Наиме, потребна су знатна средства и ангажовање од стране локалних органа власти да би се пратило настајање отпада током, на пример, једне године. У нашој земљи се слична истраживања ретко предузимају, тако да су доступни подаци добијени углавном на основу процене.

Физичке, хемијске и биолошке особине комуналног чврстог отпада - Наведене особине, као и њихове промене, могу знатно да утичу на облик и састав КЧО. Физичке, хемијске и биолошке особине КЧО се морају познавати да би се развио и пројектовао интегрисани систем управљања чврстим отпадом.

Табела 1. Удео компонената у стамбеном отпаду за ниско, средње и високо развијене земље

Компонента	Масени удео (%)		
	У слабо развијеним земљама	У средње развијеним земљама	У високо развијеним земљама
Органски отпад			
Био-отпад	40-85	20-65	6-30
Папир	1-10	8-30	20-45
Катон	1-10	8-30	5-15
Пластика	1-5	2-6	2-8
Текстил	1-5	2-10	2-6
Гума	1-5	1-4	0-2
Кожа	1-5	1-4	0-2
Дворишни отпад	1-5	1-10	10-20
Дрво	1-5	1-10	1-4
Неоргански отпад			
Стакло	1-10	1-10	4-12
Лимене канте	1-5	1-5	2-8
Алуминијум	1-5	1-5	0-1
Други метали	1-5	1-5	1-4
Прљавштина, пепео и др.	1-40	1-30	0-10

1.1.3. Функционални елементи система за управљање отпадом

Управљање отпадом јесте спровођење прописаних мера за поступање са отпадом у оквиру сакупљања, транспорта, складиштења, третмана и одлагања отпада,

укључујући и надзор над тим активностима и бригу о постројењима за управљање отпадом после затварања.

Активности које су везане за управљање чврстим отпадом, од тачке настајања до тачке крајњег одлагања, могу се груписати у шест функционалних елемената:

- настајање отпада;
- руковање отпадом и сепарација, чување и процесирање на извору;
- сакупљање;
- сепарација, процесирање и трансформација чврстог отпада;
- преношење (трансфер) и превоз (транспорт) и
- одлагање (депоновање).

Разматрањем сваког функционалног елемента посебно могуће је идентификовати аспекте и односе укључене у сваки елемент и где је могуће развити квантификоване односе за инжењерско поређење, анализу и процене.

1.1.3.1. Настајање отпада

Настајање отпада укључује активности у којима одређени материјали губе своју употребну вредност, тј. бивају идентификовани као безвредни за даље коришћење, те се или одбацују или сакупљају заједно за одлагање. Настајање отпада данас је активност која се не може лако контролисати. По узору на земље ЕУ, онедавно су и у нашој земљи, законом регулисани циљеви управљања отпадом и морају се испунити под претњом економских санкција. Стога је потребно извршити идентификацију отпада, уз редукцију количине отпада на извору у циљу смањења количине насталог отпада.

1.1.3.2. Руковање отпадом и сепарација, чување и процесирање на извору

Руковање отпадом укључује све активности везане за поступање са чврстим отпадом пре него што је стављен у контејнер у коме се чува до сакупљања или одношења у центар за рециклажу. Специфичне активности укључене у руковање отпадним материјалом на извору настајања зависе од типа материјала који се одваја за поновну употребу или рециклирање и степена до којег се ти материјали одвајају из укупне струје отпадног материјала. Складиштење (чување) је од примарне важности, због утицаја на здравље људи и из естетских разлога.

Сепарација компоненти отпада на извору настајања је важан елемент програма управљања чврстим отпадом, пошто је одвајање отпада у многим земљама, а од маја 2009. године и у Републици Србији, регулисано законом. Раздвајање компоненти КЧО, укључујући секундарне сировине, отпадни папир, картон, алуминијумске конзерве, стакло и пластичну амбалажу, на извору настајања је најбољи и најефектнији начин да се изврши повраћај и искоришћење материјала.

Руковање отпадом и сепарација у домаћинствима – Због знатних разлика у операцијама управљања КЧО из стамбених делова врши се класификација стамбених објеката према броју станова у њима на:

- ниске стамбене куће (испод четири спрата; подељене су у подкатеорије: одвојене породичне куће, породичне куће у низу и вишефамилијарне);
- ниске и средње високе зграде (од 4 до 7 спратова) и
- високе зграде (преко 7 спратова).

Ниске стамбене куће – Становници су одговорни, тј. домаћинства су дужна да одлажу свој отпад (од чврстих и рециклабилних материјала), који настаје и чува се у и око куће, у нестандардизоване или стандардизоване контејнере различитог типа, или на друге начине, које обезбеђује јединица локалне самоуправе. Опасан отпад из домаћинства (отпадне батерије, уља, боје и лакови, пестициди и др.), домаћинства су дужна да предају на место одређено за селективно сакупљање опасног отпада или овлашћеном правном лицу за сакупљање опасног отпада. Јединица локалне самоуправе обезбеђује и опрема центре за сакупљање комуналног отпада који није могуће одложити у контејнере за комунални отпад (кабасти и други отпад). Домаћинства врше селекцију комуналног чврстог отпада ради рециклаже. Одвојени рециклабилни материјали се стављају у специјалне контејнере или кесе. Осим у контејнере, отпад може да се ставља у пластичне или папирне кесе, картонске или дрвене кутије. Међутим, папирни или картонски привремени контејнер, који се иначе баца заједно са отпадом, може да се исцера и ако садржи влагу, доћи ће до цурења. Проблем представљају и пластичне кесе које се пре даље сепарације секундарних сировина морају отворити; такође, уколико се отпад компостира, при отварању кеса могу заостати комадићи кеса који би утицали на квалитет готовог компоста. Тако, иако је употреба пластичних кеса погодна за станаре, са аспекта рециклирања и искоришћења материјала, она је непожељна.

Ниске и средње високе зграде – Метод руковања у већини ниских и средње високих зграда је сличан наведеном за ниске стамбене куће, али може варирати у зависности од локације за чување отпада и метода сакупљања. Обично се отпад чува у посебној просторији у самој згради (смећара), или ван зграде, на за то предвиђеној локацији. Уколико постоји смећара станари односе отпад и рециклабилне материјале до места где их чувају, па у одређено време до ивичњака и стављају их у одговарајуће контејнере. Уколико су велики контејнери за више зграда смештени на посебној, за то предвиђеној локацији (која се бира тако да камиони могу да приђу са улице), станари односе отпад и рециклабилне материјале и стављају их у одговарајуће контејнере, који се често празне механички помоћу механизма који има возило за сакупљање.

Високе зграде – Најчешће се отпад сакупља исто као код ниских и средње високих зграда са механизованим сакупљањем тј. отпад односе сами станари до одговарајућих контејнера или се, обично у кесама, уграђеним вертикалним каналима отпад транспортује до великих контејнера на крају канала. Контејнери, који некада имају уграђене компакторе који сабијају отпад, празне се механичким путем у возила за сакупљање, Рециклабилни материјали се сакупљају у посебним, за то предвиђеним контејнерима, ван зграде. У неким градовима примењује се подземни транспорт отпада – стамбени блокови су повезани са системом цеви којима се отпад транспортује до одговарајућег сабирног или процесног центра. На сличан начин могуће је вршити и сакупљање секундарних сировина.

Чување чврстог отпада на извору – Код чувања чврстог отпада на извору неопходно је да се узму у обзир:

- ефекти чувања на компоненте отпада, јер долази до микробиолошке разградње, адсорпције флуида и контаминације компонената отпада;
- типови контејнера који се користе, што зависи од карактеристика и врсте отпада који се сакупља, система за сакупљање (мануелно или механичко), фреквенције одношења и доступног простора за постављање контејнера;
- локација контејнера, која се бира тако да сакупљачи и камиони могу да приђу са улице.

Неопходно је да се рециклабилни материјали одвојени из отпада на извору прикупе заједно пре рециклаже и то сакупљањем поред ивичњака, помоћу специјалних возила за сакупљање или их становници доносе до центара за сакупљање или откуп; јавно здравље и естетски услови су захтеви са којима се свуда у свету срећу локалне власти, јер је сакупљање КЧО један од највећих проблема. У већини земаља ЕУ удео стамбеног отпада у КЧО је око 60 %, са великим варијацијама између појединих земаља-чланица (Ирска 37 %, Финска 40 %, Данска, Шпанија, Холандија и Велика Британија нешто мање од 85 %). Како ова фракција настаје у деловима са ограниченим простором, делови површине на којима се налазе контејнери у које се одлаже чврсти отпад могу утицати на здравље људи. Посебан проблем и потенцијални извор заразе представља разлагање отпада до тренутка одношења. Најефективнији начин за спречавање развоја глодара и мува је одговарајуће редовно пражњење контејнера и санитарно одржавање, како контејнера, тако и простора око контејнера. То укључује употребу контејнера са лаким поклопцима, периодично прање контејнера, као и дела за чување контејнера и периодично уклањање биоразградивог материјала (обично краће од 8 дана), што је посебно важно у условима високих температура (нарочито лети). Естетска разматрања односе се на ширење непријатних мириса и лоше услове одржавања хигијене контејнера и околног простора. Мириси из контејнера могу се контролисати употребом контејнера са херметичким поклопцем и одношењем отпада са одговарајућом учесталošћу, а да би се задовољили естетски услови они се морају редовно прати.



а)



б)



ц)



д)

Слика 1. Различите врсте контејнера за сакупљање мешаног отпада и секундарних сировина: а) кеса за одлагање отпада; б) пластичне канте; ц) велики пластични контејнер и д) метални контејнер.

За мануелни систем сакупљања отпада контејнери морају бити довољно лаки да сакупљач може да рукује њима када су пуни. Оптимална маса пуног контејнера је у границама од 18 до 30 кг. Галванизовани метални или пластични контејнери су најпогоднији за употребу. Недостатак при употреби металних контејнера је што су при манипулацији бучни и временом се могу оштетити. Иако мање бучни током пражњења, неки контејнери од пластичних материјала лако пуцају ако су изложени дејству УВ зрака или ниских температура, али контејнери израђени од квалитетнијих пластичних материјала готово да немају никакве лоше особине.

Када се користе механички системи за сакупљање, контејнер за сакупљање отпада празни се у возило за сакупљање отпада са бочне стране и представља интегрисани део система за сакупљање. Контејнери су специјалног дизајна тако да се могу закачити за механизам качења контејнера на возилу. Контејнери који се користе са механичким системом за пражњење за ниске стамбене куће су запремине од $0,060 \text{ m}^3$ до $0,340 \text{ m}^3$; за ниске и средње високе зграде два најчешћа типа су: 1) индивидуални пластични или галванизовани метални покретни контејнери запремине обично од $1,1 \text{ m}^3$ до $2,0 \text{ m}^3$ и 2) велики стационарни контејнери запремине од $3,5 \text{ m}^3$ до $5,0 \text{ m}^3$. Неки типови контејнера који се користе за одлагање отпада приказани су на Слици 1.

Процесирање отпада на извору - врши се у сврху: смањења запремине отпада; искоришћења корисних материјала из отпада и утицаја на физички облик отпада. Најчешће операције процесирања које се користе на извору настајања КЧО укључују сепарацију компонената, сабијање (ПЕТ боце, лименке, тетрапак) и компостирање у домаћинству.

1.1.3.3. Сакупљање отпада

Сакупљање укључује сакупљање отпада и/или материјала који се могу рециклирати и њихов транспорт до локације где се возило за сакупљање празни. Ова локација може бити постројење за процесирање, трансфер станица или депонија. Пражњење возила такође спада у део операције сакупљања. Сакупљање и транспорт чврстог отпада су најскупље операције у систему управљања чврстим отпадом (око 70 % од укупних трошкова) и директно су повезани са естетским изгледом насеља, јавним здрављем и личним контактом са грађанима. Основна метода сакупљања секундарних сировина одвојених на извору укључује сакупљање са локација где се налазе посебни контејнери за ове материјале. Сакупљање отпада се најчешће врши на следеће начине:

- сакупљање отпада од куће до куће, са ивичњака врши се на различите начине који се међусобно разликују по томе ко доноси и односи контејнере са ивичњака. Сакупљање отпада се може вршити тако да су становници обавезни да доведу контејнере за пражњење или да донесу кесе са отпадом до ивичњака оног дана када се врши сакупљање и да врате празне контејнере до места где их чувају до следећег пражњења. Некада је доношење и одношење контејнера обавеза радника сервиса за сакупљање.
- пражњење контејнера заједничких за више стамбених јединица, са локација где су постављени се обавља у зависности од типа и величине контејнера; могу се празнити у возило за сакупљање опремљено са механизмом или се могу напуњени превозити до неке локације где се празне (постројење за процесирање или депонија).
- пнеуматски транспорт материјала (уситњени материјали као што су папир, новине, пластика или други лаки материјали) у ваздушној струји; при надпритиску или подпритиску отпад се транспортује до сабирног терминала.

1.1.3.4. Сепарација, процесирање и трансформација чврстог отпада

Сепарација и процесирање компонената чврстог отпада који је одвојен на извору, као и сепарација мешаног отпада, изводи се на локацијама које су удаљене од извора настајања; обично се одвајају у посебном постројењу, трансфер станици, постројењу за спаљивање или на месту одлагања. Процесирањем се смањује количина отпада која се депонује и могу се добити корисни производи. Сепарација, односно разврставање, може бити примарна и секундарна:

Примарно разврставање подразумева да се отпад разврстава по групама на самом извору настанка (код куће, у школи, канцеларији, фабрици, ресторану или неком другом јавном месту);

Секундарно разврставање подразумева да се из отпада, који је мешавина свих различитих одбачених предмета и материјала, издвоје материјали који ће се даље користити. Међутим, секундарне сировине издвојене на овај начин су лошијег квалитета и мања је количина у односу на примарно разврставање.

Сепарација отпада се обично врши ручно или механички. Рад постројења за процесирање отпада издвојеног на извору зависи од:

- броја и типова компонената које се одвајају;
- циља установљеног програмом рециклирања и
- спецификација продуката који се одвајају.

Процесирање обично укључује сепарацију крупнијих ствари, сепарацију помоћу сита, ручну сепарацију компонената отпада, редукцију величине помоћу дробилица, сепарацију гвоздених предмета помоћу магнета, сепарацију по густини (ваздушна класификација), редукцију запремине компактирањем (балирањем) или спаљивањем. Процесом смањења запремине отпада -балирањем, врши се припрема издвојених сировина из отпада за тржиште и повећава се густина отпада, чиме се смањују трошкови транспорта. Материјали који се обично балирају су: папир, картон, пластика, алуминијумске и калајне конзерве и велике металне компоненте.

Трансформација чврстог отпада се врши да се смањи запремина и маса отпада који се одлаже и да се искористе производи конверзије или енергија. Органска фракција комуналног чврстог отпада може бити трансформисана низом хемијских или биолошких процеса. Најчешће се од хемијских процеса примењује спаљивање; на овај начин се редукује запремина сагоривог дела отпада за 70 % до 90 %, а маса за око 70 %. Поред тога добија се топлотна или електрична енергија. Од биолошких процеса најчешће се користи компостирање. Избор методе зависи од циљева који се желе постићи.

1.1.3.5. Преношење и превоз отпада

Преношење и превоз отпада укључују два ступња:

- претовар отпада из мањих возила за сакупљање у веће возило за превоз и
- превоз отпада на већа растојања, до места процесирања или крајњег одлагања.

Превоз се најчешће врши моторним возилима, мада и железница и бродови нису искључени. У великим градовима санитарна депонија или неко друго постројење за прераду отпада обично су удаљени од извора настајања отпада и неекономично је користити мала возила. Веома је важан избор одговарајуће локације за изградњу

постројења за спаљивање отпада, сабирног центра за отпад, локацију депоније, управо због превоза отпада и економских трошкова у случају великих раздаљина. Термин “удаљеност” укључује цену и време и много су мањи трошкови ако се постројење за спаљивање или депонија налази на мањем растојању од извора настајања отпада и у близини центра за сепарацију отпада. На основу досадашњих искустава, удаљеност не би смела да буде већа од 30 км да би сакупљање отпада било економски исплативо.

1.1.3.6. Одлагање (депоновање) отпада

Последњи функционални елемент у систему управљања комуналним чврстим отпадом је одлагање или депоновање. Депонија за одлагање отпада представља крајње одредиште свог насталог отпада, било да је комуналног порекла, који се транспортује директно на депонију, остатак из постројења за повраћај материјала, остатак после спаљивања отпада, компост лошијег квалитета или други материјали из различитих постројења за процесирање отпада. Савремена санитарна депонија није сметлиште, већ је инжењерско постројење које се користи за одлагање отпада на или у земљу, без опасности по здравље или безбедност становништва, развој мува и инсеката или контаминацију подземних вода.

Планирање, пројектовање и рад депоније укључује примену великог броја научних, инжењерских и економских принципа. Употреба земљишта и избор локације данас постају примарни фактори који одређују избор, пројектовање и рад постројења за процесирање и депоније. Депонија се мора регулисати одговарајућом урбанистичком документацијом и планира се за време дуже од 20 година.

1.1.4. Интегрисано управљање отпадом

Интегрисани систем управљања отпадом представља низ делатности и активности који подразумева:

- превенцију настајања отпада;
- минимизацију настајања отпада;
- решавање проблема отпада на месту настајања; принцип одвојеног сакупљања и сортирања отпада;
- рециклажу или друге методе коришћења материјала;
- принцип рационалног коришћења постојећих уређаја и изградњу нових система за прераду;
- еколошки одрживо коначно одлагање отпада;
- принцип потпуног мониторинга загађења у циљу очувања природних ресурса и саветовање и
- образовање у вези са делатностима и активностима у управљању отпадом.

Овај систем се заснива на избору и примени ефикасних технологија, којима се остварују специфични циљеви управљања отпадом, уз одговарајућу законску регулативу. За успешну имплементацију и функционисање интегрисаног система управљања отпадом извршено је хијерархијско уређење активности у оквиру њега. У ЕУ, као и у РС, препоручена хијерархија управљања отпадом заснива се на следећим активностима (поређане по степену важности):

- спречавање настајања отпада и редукација његове штетности;
- поновна употреба;

- рециклирање;
- искоришћење за добијање енергије;
- сигурно одлагање (спаљивање или одлагање на депонију).

Често се хијерархија приоритета сагледава кроз такозвану призму “3R”:

- смањити количину отпада који настаје (Reduce);
- поново употребити створени отпад (Reuse) и
- рециклирати настали отпад (Recycle).

1.1.4.1. Редукција отпада на извору

Најважнији корак у хијерархији је редукција на извору и он укључује смањење количине и/или токсичност отпада који настаје. Редукција на извору се врши променом дизајна производа, променама у процесу израде, кроз паковање производа са минималним садржајем токсичних материја, са минималном запремином материјала или джим употребним веком. Превенција настајања отпада је приоритет у хијерархији управљања отпадом, зато што је то најбољи начин да се смањи количина отпада, а тиме и трошкови руковања отпадом, затим, очувају природни ресурси, као и животна средина. Редукција количине отпада се може имплементирати и у домаћинствима, комерцијалним или индустријским постројењима, кроз поновну употребу производа и материјала.

Раст економских активности углавном доводи до повећања количине насталог отпада. Будући да у је у читавој Европи приоритет економски раст, често је веома тешко пронаћи прихватљиве инструменте који могу успешно ограничити генерисање отпада. Владе би требало да буду носиоци политике редукције отпада. За разлику од других опција у хијерархији отпада, редукција отпада није опција која се може одабрати у недостатку других. О редукцији се мора размишљати сваки пут када се доноси одлука о коришћењу ресурса. Редукција мора бити осмишљена од пројектовања, преко израде, до транспорта, амбалаже и продаје производа. Потрошачи би такође требало да активно учествују у редукцији отпада, куповином производа који дају минимални отпад.

1.1.4.2. Поновна употреба отпада

Неки производи су специфично дизајнирани да буду коришћени више пута. Увођењем прописа о амбалажи у ЕУ, као и у РС, постоји подстицај произвођачима да размотре примену амбалаже за вишеструку употребу. У другим случајевима, производи се могу прерадити за исте или сличне намене. Поновна употреба пластичних кеса или стаклених тегли, чести су примери. Постоје добри разлози за поновно коришћење производа:

- уштеде у енергији и сировинама;
- смањење трошкова одлагања;
- смањење трошкова и за трговце и за потрошаче.

Веома је важан и број поновних употреба предмета, односно животни век производа.

1.1.4.3. Рециклирање материјала

Наредни у низу корака у хијерархији, да би се обезбедиле сировине за произвођаче или крајњи продукти, јесте рециклирање материјала из КЧО које укључује:

- сепарацију и сакупљање секундарних сировина;
- предпроцесирање (сортирање и компактирање);
- транспорт и
- крајње процесирање.

Основне предности рециклирања су очување природних ресурса, смањење количина отпада и продужени век санитарне депоније. Када се отпад једном разврста, он се сакупља, складишти, пакује, транспортује до фабрика за прераду, дорађује или прерађује, у различитим техничко-технолошким процесима, чиме се добија нова основна сировина, која се користи за добијање истог или другог финалног производа. Основа успешног програма је да постоји потреба за издвојеним рециклабилним материјалима (секундарним сировинама) и да је обезбеђено тржиште, односно да је вредност повраћеног материјала довољна да се покрију трошкови сакупљања и транспорта. Материјали погодни за рециклажу или одговарајући третман су: пластика, стакло, папир, алуминијум, метал, гума, дрво, дворишни отпад, биоразградиви отпад, грађевински отпад, отпадно уље, акумулатори и кућне батерије.

Већина земаља, посебно старе чланице ЕУ, имају веома развијен програм управљања отпадом, уз рециклирање више врста рециклабилних материјала, као што су: папир, стакло, метали, пластика. Количина рециклираног отпада чини око 60 % од укупне количине комуналног чврстог отпада у Холандији, Немачкој и Аустрији. Земље у развоју, Чешка и Пољска, као и државе јужног дела Европе, Португал, Грчка, заузимају последња места по количинама рециклираног отпада, са свега око 5 %, али увођењем и применом европских директива, у будућности се очекује пораст количине рециклираног отпада.

Увођење рециклаже у насељима и градовима почиње одлуком локалних власти да се рециклабилни делови комуналног отпада не одлажу више на санитарна одлагалишта, него да се издвајају и користе као секундарне сировине. Уколико се сами грађани одлуче за сепарацију корисних фракција отпада на месту његовог настајања, потребна су нова возила за прикупљање и превоз отпада, са посебним одељењима за стару хартију, конзерве, стакену амбалажу, пластику и друге рециклабилне компоненте отпада. Даље сортирање и компактирање ових материјала обавља се у централној станици за рециклажу, одакле их преузимају купци, који их користе као секундарне сировине.

Рециклирање разних типова материјала успешно се врши деценијама, посебно оних код којих је веома висока потрошња енергије уколико се израђују од природних сировина. Добри примери су рециклирање метала и стакла, који се процесирају на високим температурама, а добијају се производи који се по квалитету не разликују од производа израђених од природних сировина. Уштеда енергије код рециклирања метала је 60-95 %, у зависности од врсте метала, а код рециклирања стакла је око 20 %. Укупна уштеда енергије зависи од система сакупљања и раздвајања (сортирања) који се примењује. У последње време повећани су напори да се повећа квалитет рециклираних материјала као секундарних сировина. Производи који се састоје од више материјала израђују се на начин да се они лако могу одвојити пре рециклирања, тако да се сваки материјал може процесирати одвојено. Трошкови раздвајања се могу

смањити одговарајућим дизајном производа, означавањем саставних материјала и вођењем рачуна о прописима и нормама који важе у индустријским процесима у којима се користе рециклирани материјали.[2]

У циљу промоције рециклаже осмишљени су и примењују се и одговарајући симболи. Универзални симбол за рециклажу који се данас најчешће користи (Слика 2.) осмислио је Гари Андерсон (тада студент Универзитета у Лос Анђелесу), за који је награђен 1970. године на Интернационалној конференцији за дизајн у Аспену, Колорадо. Симбол представља Мобиусову петљу (August Ferdinand Mobius, математичар, 19. век) која садржи три повезане стрелице у облику троугла са заобљеним угловима. Свака стрелица је повратно пресавијена и све три се надовезују једна на другу, што условно представља циклус рециклаже. Овај симбол није заштићен и користи се на разне начине и у разним варијацијама, али генерално се може рећи да се њиме означавају материјали који се могу рециклирати и материјали који садрже рециклиране материјале.



Слика 2. Симбол којим се означавају материјали који се могу рециклирати

На основу оригиналног симбола изведен је генерички симбол за означавање рециклаже, при чему се симболу додају специфичне ознаке и акроними материјала од којег су израђени, на пример: Fe – од гвожђа, Alu – од алуминијума.

Алуминијумске конзерве се рециклирају још од дана када је почела комерцијална производња, а данас се удео рециклираног алуминијума креће око 1/3 укупне светске потрошње. У Европи степен рециклирања алуминијума варира од 41 % (за конзерве) до 85 % (у грађевинарству). Индустрија алуминијума развила је сакупљање, процесне центре, мрежу транспорта. Рециклирање је исплативо за произвођаче из више разлога. Наиме, 1) рециклирањем се обезбеђује стабилан, домаћи извор алуминијума (потребно је 1,8 кг руде боксита за сваких 0,5 кг метала); 2) потрошња енергије за израду конзерве од рециклираног алуминијума је мање од 5 % од утрошка енергије за производњу конзерве из руде (уштеда енергије већа је од 95 %); 3) рециклиране конзерве су униформног и познатог састава, а нечистоће се лако уклањају; 4) рециклирањем је омогућено да цена конзерви буде конкурентна на тржишту цени стаклених боца и разних биметалних конзерви. Скоро све конзерве за пиво и око 93 % конзерви за безалкохолна пића се данас производе од алуминијума. Оваква разматрања су утицала и на став становништва, делимично преко плаћања кауције и институционализације рециклирања, тако да се према отпадном алуминијуму оно све више односи као према драгоценом материјалу, а не као отпаду.

Папир и картон имају значајан удео од 25 до 40 % у укупној маси КЧО. У свету је 1950. године произведено око 50 милиона тона папира, 1998. године око 300 милиона тона, а очекује се да ће се 2010. године произвести 400 милиона тона. Да би се омогућило овакво повећање потрошње уз очување природних ресурса, интензиван је и процес рециклирања последњих десетак година, тако да је он данас на високом

техничко -технолошком нивоу. Највећа количина производа од рециклираног папира и картона се користи за израду разних паковања (амбалажу) и у њима је садржај рециклираног материјала и преко 90 %. Око 2/3 рециклираног папира се користи за израду ових производа. Код новинског папира и разних производа који се користе у домаћинству (салвете и тоалет папир) удео рециклираног материјала се креће око 65 %. Са друге стране, канцеларијски папир, папир за писање, који цини око 37 % од укупне производње индустрије папира, израђује се у највећој мери од природних сировина.

Стакло чини око 8 масених % КЧО. Око 80 % овог отпада су безбојне, зелене или жуте боце; остатак чине остали стаклени производи. Предност рециклирања стакла укључује поновну употребу материјала, уштеду енергије: смањење простора на депонији за одлагање и у неким случајевима чистији компост или боље гориво, уколико се отпад процесира за добијање енергије.

Пластика се користи око 70 година, али употреба пластике у паковањима је порасла знатно током последњих 30 година. Пораст употребе пластике је последица замене метала или стакла овим материјалом. Пластика има неколико предности; лака је (нижи трошкови транспорта), трајна је, може се производити у различитим облицима, као мека или чврста, добар је изолатор. Такође, пластика је погодна за паковање влажне хране, као и за употребу у микрорерни. Класификација, идентификациони кодови и употреба разних врста пластике приказана је у Табели 2. Кодови којима се означавају материјали израђени од пластике користе се од 1988. године, а систем означавања развијен је од стране Удружења индустрије пластике (SPI, Society of the Plastic Industry). Означавање се врши танким стрелицама које су једноставне за израду током процеса производње предмета од пластике. Типови пластике који се данас најчешће рециклирају су полиетилентерефталат (PET) и полиетилен велике густине (HDPE). У РС не производи се ПЕТ, али годишње се увезе око 55.000 тона ПЕТ амбалаже.

Табела 2. Класификација пластике, идентификациони кодови и удео за израду паковања

Материјал	Ознака (SPI, Society of the Plastic Industry)	Оригинална употреба	Удео у % од укупне количине употребљене за паковање
Полиетилентерефталат		Боце за воду, газирана пића, сокове, паковања за храну	7
Полиетилен велике густине		Боце за млеко, јогурт, сокове, за детерџенте	31
Поливинилхлорид		Боце за детерџенте, шампоне и друге хемијске препарате, каблови, грађевински материјали	5
Полиетилен мале густине		Танки филмови, паковања, флексибилне боце, кесе за хлеб, смрзнуту храну	33
Полипропилен		Боце за јогурт, сирупе, кечап, медицинске боце, затварачи за боце	10

Полистирен		Чвршћа амбалажа, пластичне шоље, чаше, тањери, кутије за лекове	10
Све друге мешавине и вишеслојни материјали		Мешана пластика	4

Важни услови који утичу на одлуку о искоришћавању или збрињавању отпада су:

- повећани захтеви за еколошки безбедним збрињавањем отпада, што има за последицу веће трошкове уклањања;
- примена принципа зарачунавања стварних трошкова збрињавања отпада загађивачу;
- развој нових производних технологија и поступака искоришћавања отпада;
- разрада метода прогнозирања, ради процене развоја тржишта сировина (развој потрошње, понуде, ризик снабдевања, развој цена).

Разлози за потребу повећаног искоришћавања отпада су вишеструки:

- сазнање о ограниченим природним ресурсима и потреби рационалног коришћења онога чиме се располаже;
- строжи прописи о заштити животне средине отежавају уклањање отпада, па је неопходно да се рециклажом смањи обим отпада који иде на депонију;
- тешкоће при обезбеђивању локација за нове депоније указују на рециклажу као једну од могућности за смањење потреба за новим депонијама.

1.1.4.4. Трансформација отпада (компостирање, спаљивање)

Овај степен укључује физичке, хемијске или биолошке промене отпада, а користи се код комуналног чврстог отпада, да би се:

- побољшала ефикасност радњи и система управљања чврстим отпадом;
- искористили материјали који се могу поново употребити или рециклирати и
- искористили производи биолошке или хемијске конверзије, као што су компост, топлотна и електрична енергија.

Трансформација отпадног материјала обично укључује смањење запремине, чиме се редукује потребан простор за депоновање.

Компостирање јесте третман биоразградивог отпада, под дејством микроорганизама, у циљу стварања компоста, у присуству кисеоника и под контролисаним условима. Компост је стабилан производ и користан материјал, сличан хумусу, који нема непријатан мирис и који се може користити као средство за кондиционирање земљишта или као ђубриво. Материјали који се компостирају су: остаци воћа и поврћа, чаја, кафе, покошене траве, љуске од јаја, стабљике цвећа, лишће, гранчице, остаци дрвета (пиљевина), остаци папира и картона. Нису погодни за компостирање: месо, риба, кости, остаци млечних производа, разне масноће, болесне биљке, корење.

Компостирање, као контролисани процес биолошке деградације органске материје према ЕРА (Environmental Protection Agency), на више начина може допринети очувању животне средине, као што су: смањење запремине органског отпада, ефективна деструкција патогених бактерија присутних у органском отпаду (ларве инсеката и патогени организми угину ако се отпад који се компостира периодично меша, тако да сваки његов део, бар за извесно време, борави у зони више температуре), повећање плодности земљишта (компост се у пољопривреди користи као органско ђубриво и кондиционер), ремедијација контаминираних земљишта, превенција деградације земљишта.

Теоријски гледано, предности су следеће: крајњи производ има извесну тржишну вредност, тј. продајом компоста остварује се економска добит, што треба да резултира у враћању извесног дела уложених средстава; простор који је потребан за локацију постројења је релативно мали и цене транспорта нису тако велике. Са друге стране, постројења за компостирање могу захтевати и велика капитална улагања, тржиште за добијени производ није увек осигурано, а и складиштење крајњег производа може бити проблем за себе. У системима прикупљања, транспорта и одлагања отпада, биљни остаци се мешају са осталим врстама отпада и овај биоразградиви отпад у контејнерима, а посебно на депонијама, подлеже спонтаној микробиолошкој разградњи, што ствара велике еколошке и техничке проблеме. Анаеробном разградњом овог материјала на депонији емитује се метан који има 21 пута већи потенцијал код ефекта стаклене баште, у односу на угљен (ИВ) оксид.

Све до 1960. године у свету није било већих постројења за компостирање, али их је данас, релативно, велики број. Компостирање је најзаступљеније у Аустрији (36 %), Холандији (23 %), у Немачкој и Француској компостира се око 15% укупног комуналног чврстог отпада, а у већини других земаља још увек су то знатно мање количине од 10%.

Директива ЕУ о депоновању, којом се прописује смањење количине биоразградивог отпада који се одлаже на депоније, стимулише компостирање и друге методе третмана биоразградивог отпада, као веома погодан начин за смањење количине био-отпада који се депонује. Према наведеној директиви, укупна емисија гасова стаклене баште може се смањити смањивањем количине одложеног биоразградивог отпада и она обавезује на значајно смањење одлагања биоразградивог отпада до 2016. године. Неке земље света имају дефинисане своје стандарде о процесу компостирања и о квалитету компоста, док наша земља још увек нема ове стандарде.

Анаеробна дигестија - путем анаеробног разлагања или анаеробне ферментације може се остварити разлагање органског дела чврстог отпада у гасовиту фракцију чији је основни састојак метан. Чврст отпад из неких градова и муљ из постројења за прераду отпадних вода, прерађују се у посебним реакторима, у којима релативно брзо долази до анаеробног микробиолошког разлагања, током којег се, поред осталих гасова, издваја метан. Метан се сакупља и користи као извор енергије, а у свим контролисаним техникама ферментације отпада коначни производ који се емитује у атмосферу је CO_2 . После ферментације органског отпада издвојеног на извору, остатак ферментације се нормално третира аеробно до компоста. На тај начин је коначни резултат ферментације отпада у већини случајева сличан аеробном компостирању. Процесом разлагања се конвертује органска фракцију у биогаз, компост и воду. Производња биогаза је $130\text{--}150 \text{ m}^3$ по тони отпада, у зависности од састава органске материје. Биогаз је еколошко гориво са топлотном моћи од $6\text{--}7 \text{ kWh/m}^3$. Може бити употребљен за производњу електричне енергије преко сета генератора или као гориво за возила.

Спаљивање (инсинерација) отпада се дефинише као контролисано сагоревање отпада на високим температурама, у постројењу пројектованом за ефикасно и потпуно сагоревање овакве врсте горива. Спаљивањем отпада се смањује запремина и маса отпада, разградују се неке хемикалије или се мењају њихове хемијске карактеристике, врши се деструкција патогена и добија енергија. Прве пећи за спаљивање отпада, које су истовремено користиле добијену енергију, појавиле су се у другој половини 19. века. Спаљивањем отпада, расположива хемијска енергија, дефинисана топлотном моћи, преводи се у физичку енергију димних гасова, дефинисану температуром гасова. Постојења за спаљивање чврстог комуналног отпада, са искоришћењем топлоте, су по својим карактеристикама слична термоелектранама и топланама.

У многим земљама света врши се спаљивање отпада у циљу смањења његове запремине, а најчешће, ради добијања енергије. У ЕУ је у функцији 533 постројења различитог капацитета за спаљивање отпада који није опасан, од којих је 280 у Француској, а у Финској само једно. У Швајцарској је чак 80 % отпада 2001. године било третирано спаљивањем, у Данској око 50 %, Италији 12 %, док Грчка и Ирска, као и многе друге земље света, укључујући и нашу, нису 2001. године имале ниједно постројење за спаљивање отпада. Данска и Шведска су земље у којима се спаљује велика количина отпада (око 50 %), док Естонија, Пољска и Грчка отпад не трансформишу процесом спаљивања. У просеку се спаљивањем третира мање од 5 % укупне количине отпада који годишње настаје у свету.

Инсинерација је значајан и користан начин редукције отпада до 90 %. Међутим, капитални и оперативни трошкови за модеран инсинератор, који ради у складу са емисионим ограничењима, су високи, генерално много виши од трошкова за одлагање отпада на санитарне депоније. Неадекватно спаљивање отпада проузрокује емисију диоксида и летећег пепела из инсинератора. Уколико се жели одрживи систем управљања отпадом, тада инсинерација са искоришћењем енергије треба да буде потпуни и интегрални део локалних и регионалних решења, која треба развити у следећих неколико година. Инсинерација отпада са искоришћењем енергије мора бити разматрана у контексту интегралног приступа управљању отпадом који значи редукцију, поновну употребу и рециклажу. Када је инсинерација са искоришћењем енергије најпрактичнија опција за животну средину, неопходно је размотрити могућност комбинованог добијања топлоте и енергије у циљу повећања ефикасности процеса. Инсинерација отпада је једна од технички најразвијенијих опција управљања отпадом која је расположива данас.

Нове технологије третмана отпада са искоришћењем енергије, уколико су поуздане и конкурентне у поређењу са осталим опцијама, такође могу заузети своје место у систему. Неке од ових опција су следеће:

- пироллиза – код овог третмана органски отпад се загрева у одсуству ваздуха, у циљу добијања смеше гасовитих и течних горива, нуспроизвод је чврсти инертни остатак.
- гасификација – овај третман отпада односи се на загревање отпада који садржи угљеник у присуству ваздуха или паре ради добијања горивих гасова. Технологија је заснована на познатом процесу производње гаса из угља и захтева индустријска постројења.
- плазма процес – овим процесом температура отпада достиже 3.000-10.000 °Ц. Енергија се ослобађа електричним пражњењем у инертној атмосфери. Органске материје из отпада конвертују се у гас богат водоником, а неорганске материје у инертни аморфни остатак. Гас је погодан за добијање електричне енергије. Овакав систем је скуп и још увек је врло мало у примени. Плазма процес је

развијен као алтернативни третман у односу на третман спаљивања отпада, када се запремина отпада смањује за око 90 %. Међутим, при спаљивању постоји и додатни отпад, који настаје услед пречишћавања димних гасова који су контаминирани и захтевају третман. Ово укључује додатак креча, као и активног угља за адсорпцију диоксида, а све је праћено и сакупљањем летећег пепела. Око 30 % капиталних трошкова код конвенционалног постројења за спаљивање односи се на систем за пречишћавање димних гасова. Остаци од третмана гаса се сматрају опасним отпадом.

1.1.4.5. Депоновање отпада

Последњи елемент у хијерархијском низу је депоновање, зато што је најмање пожељна метода у руковању отпадом. Отпад се коначно одлаже на за то одређеном простору, који се назива депонија.

Према законској регулативи ЕУ, као и у РС, депоније се деле на:

- депоније за инертан отпад;
- депоније за неопасан отпад и
- депоније за опасан отпад.

Депоније за одлагање инертног отпада – одлаже се инертан отпад, односно отпад који није подложен у већој мери физичким, хемијским или биолошким трансформацијама. Садржај загађујућих материја у инертном отпаду је занемарљив, као и екотоксичност течних вода у контакту са њим, тако да се депоновањем не угрожавају површинске и подземне воде. Поступак карактеризације отпада за овај тип депоније, заснива се на питању које се прво намеће, а то је да ли се отпад може класификовати као опасан отпад. Уколико отпад није класификован као опасан у складу са Директивом о опасном отпаду, следеће питање је да ли је отпад инертан. Уколико се уклапа у критеријуме за одлагање отпада на депонијама за инертни отпад, отпад се може одложити на депонију за инертни отпад. Алтернативно, инертни отпад може бити одложен на депоније за комунални чврсти отпад.

Депоније за одлагање отпада који нема својства опасних материја (неопасан отпад) и његове подкатеорије – уколико отпад нема карактеристике опасног отпада, онда припада категорији отпада који се третира као неопасан; такав отпад се одлаже на депоније за неопасан отпад. Подкатеорије депонија за одлагање неопасног отпада могу бити одређене у складу са државном стратегијом управљања чврстим отпадом, све док оне испуњавају услове Директиве о депоновању. Три основне подкатеорије депонија за одлагање неопасног отпада су:

- депоније за неоргански отпад са ниским органским садржајем (биодеграбилним садржајем);
- депоније за органски отпад;
- депоније за мешани неопасни отпад са значајним садржајем и органског (биоразградивог) и неорганског материјала.

Депоније за одлагање опасног отпада – на њима се одлаже опасан отпад који по свом пореклу, саставу или концентрацији опасних материја може проузроковати опасност по животну средину и здравље људи и има најмање једну од опасних карактеристика утврђених посебним прописима, укључујући и амбалажу у коју је опасан отпад био или јесте упакован. Прво се врши испитивање да ли опасан отпад

испуњава услов за смештај у хелијама за неопасан отпад, уколико опасни отпад не испуњава наведени услов. Следеће питање је да ли испуњава услове за прихватање на депонијама за опасан отпад. Уколико испуњава ове услове, отпад може бити одложен на депонију за одлагање опасног отпада. Уколико дати отпад не испуњава наведене услове мора се подвргнути даљем третману, након чега се врши поновно тестирање на испуњење услова и даљи третман, све док ти услови не буду испуњени.

Санитарне депоније представљају уређено место за одлагање отпада, као што су природна или вештачка улегнућа, јаркови, или посипање по равном земљишту, где се одређеним технолошким поступцима отпад компактира до најмање практичне запремине и покрива слојем земље или другог инертног материјала, на систематичан начин, уз примену санитарних мера. Пре него што се почне са оваквим радом, мора се одабрати, прегледати и припремити терен који ће се користити. Потом се морају изградити путеви, извршити одговарајућа дренажа и одабрати одговарајућа опрема.

Један од најважнијих задатака функције одлагања, јесте планирање начина коришћења рекултивисаног земљишта. Многи спортски терени, паркови и отворена складишта изграђени су на местима где се некад налазила депонија. Планирање треба вршити врло пажљиво, како не би дошло до градње изнад места где се одвија разлагање органских материја. Планирање мора да се изведе пре попуњавања, тако да места где ће се подизати зграде буду попуњена само земљом.

Санитарне депоније су актуелне у свакој комбинацији, кад је у употреби и неки облик третмана чврстог отпада, јер увек постоји један део отпада који се мора одложити депоновањем. Неконтролисана сметлишта се морају напустити уз нужну санацију или санирати, па искористити за даље одлагање путем депоновања, што је чест случај у пракси. Све то захтева познавање низа различитих појмова, поступака и активности, који треба да омогуће правилно планирање, пројектовање, извођење, експлоатисање и финансирање депонија и контролу њиховог утицаја на животну средину. Санитарна депонија је расположиво земљиште за одлагање чврстог отпада на којем се инжењерске методе одлагања користе на начин на који су опасности по животну средину смањене. Одлагање чврстог отпада се врши у танким слојевима, компактирањем до најмање практичне запремине, и применом и компактирањем покривног материјала на крају сваког оперативног дана.

Данашње стање у свету је такво да највећа количина отпада завршава на депонијама, дакле на начин који је за животну средину најнеповољнији. Разлог за то је недостатак инфраструктуре и организације. У ЕУ, количине насталог КЧО по становнику годишње крећу се од 250 кг у Пољској, па до 696 кг у Данској. Најнеповољнији начин збрињавања отпада јесте депоновање и најмање количине отпада које се одвозе на депоније су у Холандији, Данској и Шведској, док у Грчкој и Пољској количина депонованог отпада чини 94 % укупног КЧО. У Италији настаје 538 кг/год по становнику комуналног чврстог отпада и од те количине 32 % одлази на рециклажу, 11 % се спаљује, а 57 % од укупне количине отпада завршава на депонији.

1.2. Отпадне воде

Не постоји општеприхваћена дефиниција отпадних вода. Једна од могућих дефиниција је следећа: вода која је на било који начин загађена током употребе представља отпадну воду. Отпадне воде могу бити отпадне воде домаћинства, продукт људског или животињског загађења, загађења индустрије или атмосферских прилика. Уобичајено се отпадним водама сматрају отпадне вода из насеља. Према дефиницији Федерације за контролу отпадних вода (Water Pollution Control Federation,

1980), отпадне воде из насеља садрже 99,94 % тежинских воде. Осталих 0,06 % представља материјал који је растворен или суспендован у води.

Отпадне воде по свом пореклу делимо у четири категорије:

- санитарне (фекалне)
- индустријске
- атмосферске
- инфилтрационе

Санитарне (фекалне) отпадне воде

Фекалне отпадне воде настају на санитарним чворовима стамбених, јавних, индустријских и других објеката где живе и раде људи, који у физиолошком процесу продукују загађења у течном и чврстом облику. Слично је и са домаћим животињама које се узгајају на фармама и другим појединачним местима.

У ове воде убрајамо и отпадне воде од чишћења просторија, спремања хране, прања посуђа и рубља, одржавања личне хигијене и сл. Количина санитарних отпадних вода зависи од специфичне потрошње воде.

Индустријске отпадне воде

Индустријске отпадне воде настају у фабрикама и индустријским погонима након употребе воде у процесу производње, као и приликом прања апарата, уређаја и др. Данас постоји велики број по карактеру различитих индустријски отпадних вода, које се деле на низ подтипова у зависности од технологије производње. Ове воде могу бити и условно чисте, када се упуштају директно у реципијент или атмосферску канализацију.

Код хемијске и металопрерађивачке индустрије преовладавају загађења минералног порекла. Код текстилне, прехранбене, кожарске, индустрије папира и сл. загађења су претежно органског порекла.

Код заједничког пречишћавања санитарних и индустријских вода постиже се мешавина која се добро биолошки пречишћава, уколико нису присутне токсичне материје, као нпр. тешки метали, цијаниди, разни отрови, када је за индустријске отпадне воде, пре мијешања, потребно урадити предtretман, како би се оне неутралисале и биле погодне за даље пречишћавање.

Количина и квалитет отпадних вода индустрије зависни су од технолошког процеса производње и мењају се током дана, што је мање изражено код санитарних вода.

Атмосферске отпадне воде

Ове воде се формирају као површински отицај од падавина и отопљеног снега са урбаног подручја. У ове воде се убрајају и отпадне воде од прања уличних површина, тротоара и др.

Количина и квалитет ових вода зависи од интензитета и учесталости падавина, од начина одржавања јавне хигијене, од броја и интензитета моторног саобраћаја, врсте површинске обраде терена и саобраћајних површина, загађења атмосфере, од климатских услова и сл.

По укупној бактериолошкој загађености, атмосферске отпадне воде су сличне санитарним. Међутим, атмосферске воде са индустријских површина носе значајне

количине бакра, олова и арсена, са асфалтних површина нафтне продукте (15 - 25 mg/l), што изузетно угрожава санитарни режим реципијента (настаје тровање риба, отежано коришћење воде и сл.). Нажалост, пракса је да се ове воде не пречишћавају, јер се сматрају условно чистим, што понекад није тако.

Инфилтрационе воде

Инфилтрационе воде су подземне воде које дотичу у канализациону мрежу преко цевних спојева, дренажних система и сл. По свом квалитету су најчистије, међутим, у већим количинама, кад разблаже санитарне воде, могу да поремете биолошко пречишћавање на постројењима.

Карактеристике отпадних вода

Да би се изабрао адекватан начина сакупљања, обраде и диспозиције отпадних вода потребно је познавати њихове физичке, хемијске и биолошке карактеристике. Ове карактеристике зависе од начина на који се вода користи у насељу. На њих такође утиче индустрија, саобраћај, временске прилике и подземне инфилтрације.

Физичке карактеристике отпадних вода

Када је свежа, отпадна вода има обично сиву боју и устајали, али не и врло непријатан мирис. Боја се постепено мења, од сиве до црне, а истовремено се развија и непријатан мирис услед микробиолошког загађења. Најважније физичке карактеристике отпадне воде су температура и садржај суве супстанце.

Температура и садржај суве супстанце су значајне за избор адекватног третмана вода. Температура утиче на многе хемијске реакције које се одвијају у води и на биолошку активност микроорганизама присутних у води. Од врсте и количине супстанци присутних у отпадној води зависи који ће се начин обраде отпадних вода применити и које операције обраде ће се укључити у поступак обраде. У том смислу, значајне су: количина укупних суспендованих супстанци (TSS – total suspended solids), летљивих суспендованих супстанци (VSS – volatile suspended solids), и таложивих супстанци у отпадној води.

1.2.1. Третман отпадних вода

Постројење за пречишћавање отпадних вода састоји се из дела за механичко пречишћавање, дела за биолошко пречишћавање и дела за обраду вишка муља.

Основни елементи постојења су: црпна станица са механичком решетком, аерисани песколов-хватач масти, претходни таложник са повратним муљем, аерациони базен са потпуним мешањем и накнадни таложник.

Градска отпадна вода се до црпне станице са механичком решетком (Слика 3.) доводи преко два колектора отпадних вода. Канализациони колектори се спајају непосредно пре улаза у пумпну станицу. Отпадна вода на почетку уређаја дотиче у уливни базен и при томе се пужним пумпама диже на потребну висину.[3]



Слика 3. Црпна станица са механичком масти



Слика 4. Аерисани песколов-хватач решетком

Иза црпне станице са механичком решетком налази се разделни шахт, одакле се вода челичним цевоводима одводи у два аерисана песколова-хватача масти (Слика 4.).

У овим објектима, смањивањем брзине струјања и удувавањем ваздуха, стварају се услови за таложење песка на дну песколова, и за испливавање масти и уља на површини где се врши њихово сакупљање и одвајање у посебне контејнере.

Након издвајања песка, уља и масти, вода преко прелива доспева у изливни део песколова да би затим челичним цевоводом била одведена у претходни таложник (Слика 5.).



Слика 5. Претходни таложник



Слика 6. Аерациони базен

Након овог поступка, у исти цевовод се доводи део муља из рецикулације. Претходни таложник је радијалног типа. У њему се, стварањем улазног и радијалног струјања, врши фаза раздвајање. Муљ који пада на дно се преко пумпне станице одводи у претходни згушњивач. Вода се креће улазним и радијалним током након чега се прелива у ободни канал и одводи се челичним цевоводом у разделну грађевину 1 (РГ1). Задатак свих разделних грађевина је дељење дотока на унапред одређене равне делове. Таквим дељењем је омогућено идентично хидрауличко оптерећење свих објеката. У разделној грађевини вода се дели на два једнака дела и отвореним каналима одводи до аерационог базена (Слика 6.). Задатак система за аерацију је:

- да микроорганизмима у активном муљу обезбеди потребну концентрацију кисеоника и
- да изазове мешање и тако обезбеди задовољавајућу хомогеност и непосредни контакт између живе материје, субстрата и уведеног кисеоника.

Ниво воде у аерационим базенима регулише се подесивим преливима. На овај начин се регулише висина уроњености лопатица аератора, односно количина кисеоника неопходна за аерацију. Преко ових прелива, вода се челичним цевоводима одводи до разделне грађевине РГ2 (Слика 7.).



Слика 7. Разделна грађевина



Слика 8. Накнадни таложник

Вода из цевовода вертикалним струјањем доспева до дифузора на чијем крају се налази оштроивични прелив. Дифузор се поставља код сваке разделне грађевине. Помоћу њега се добија дужа преливна ивица, а самим тим преливна висина се смањује. Улазни отвор дифузора је тако димензионисан да се обезбеди брзина која спречава исталожавање. Из разделне грађевине вода се дели на два једнака дела и одлази у накнадне таложнике (Слика 8.).

Накнадни таложници су кружног облика и принцип рада је идентичан принципу рада претходних таложника. Пречишћена отпадна вода се одводи азбест-цементним цевима до шахта на одводу, где је постављањем ултразвучног мерача омогућено мерење протока.

1.2.1.1. Постројење за третман муља

Основни елементи линије муља у постојењу за пречишћавање отпадних вода су: црпна станица рецикулације муља, црпна станица вишка муља I и II, претходни згушњивач, дигестор за анеробну обраду муља, накнадни згушњивач, тракаста преса за муљ.

Линија муља почиње од накнадног таложника. Са дна таложника муљ се одводи до црпне станице за рецикулацију муља (Слика 9.).



Слика 9. Црпна станица за рецикулацију муља

У аерациони базен потребно је обезбедити доток од $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ активног муља исталоженог у накнадном таложнику. За савладавање висинске разлике служи црпна станица.

У првој етапи су уграђена два пужна агрегата, а у другој етапи је планирана уградња још једног агрегата који би задовољио потребе и треће етапе.

Испред улаза у разделну грађевину пројектована је каскада и на тај начин омогућено формирање критичне дубине помоћу које се врши мерење протока каналом. Принцип рада саме разделне грађевине је идентичан принципу рада претходних разделних грађевина. Муљ за рецикулацију се дели на два дела и затим отвореним каналима се одводи до аерационих базена.

У претходном згушњивачу се уз стално мешање и одвођење надмуљне воде повећава концентрација суве масе у муљу. Из претходног згушњивача муљ се транспортује кроз челичне цевоводе у дигесторе (Слика 10). Потребни притисак обезбеђују муљне пумпе, а проток муља се мери.



Слика 10. Дигестори



Слика 11. Накнадни згушњивач

У дигесторима се врши анаеробно труљење вишка муља и свежег муља згуснутог до одређене мере у поступку претходног згушњавања. Дигестори су запремине $2 \times 3000 \text{ m}^3$. Анаеробно труљење муља је процес који се одиграва у три фазе:

- хидролиза,
- ацетогенеза,
- метаногенеза.

У фази хидролизе, због довољне количине воде и под дејством ензима, долази до разградње великих молекула на молекуле величине довољне да их бактерије могу примати кроз своје опне (мембране). У овој фази почиње развој бактерија. Прво се развијају киселинске бактерије. У киселинској фази, под дејством киселинских бактерија, распадају се молекули протеина, масноћа и угљених хидрата на органске киселине, угљендиоксид, водоник, амонијак, алкоhole и др. Даља разградња органских материја, под дејством фермената и метанских бактерија, резултира стварањем метана и угљендиоксида, а у незнатном обиму и других гасова. Већи део метана се добије ферментацијом киселина и алкоhole, а мањим делом из водоника и угљендиоксида. За стабилан развој и довршавање метанске ферментације потребно је обезбедити довољну и уједначену температуру у дигестору, интензивно мешање, уједначен довод свежег муља и одвод стабилизovanог муља. Обрађени стабилизовани муљ из дигестора се одводи до накнадног згушњивача (Слика 11.), где се поново повећава концентрација суве масе у муљу.

Функција овог објекта је згушњавање муља дотеклог из дигестора и прилагођавање дисконтинуалног рада уређаја за пресовање муља са континуалним процесом у дигестору. Из накнадног згушњивача муљ се муљним пумпама потискује до пресе, где се врши његова дехидратација.

Као продукт у процесу анаеробне обраде муља појављује се биогаз. Биогаз створен приликом труљења састављен је од CH_4 (око 70 % вол.) и CO_2 (око 30 % вол.). Може бити других састојака, као што су O_2 , CO , H_2S , N_2 , али у знатно мањој мери. Створени биогаз се после мањег пречишћавања одводи до резервоара за биогаз запремине 500 m^3 . На појединим позицијама гасовода уграђени су мерни и сигурносни уређаји. Уколико се прекомерно повећава количина гаса у резервоару, аутоматски се пали бакља са циљем спаљивања вишка гаса. Продукција биогаса износи $1300 \text{ Nm}^3/\text{дан}$.

2. ДЕПОНИЈСКИ ГАС И БИОГАС КАО ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

2.1. Депонијски гас – извор енергије

У индустријским земљама настаје 300-400 кг смећа годишње по особи. Ово смеће се скупља и одлаже на безбедним и санитарним депонијама, које подразумевају заштиту подземних вода као и заштиту ваздуха од прљавог и опасног депонијског гаса.

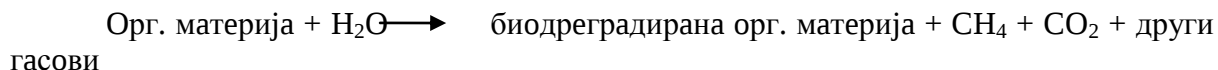
Поменути депонијски гас настаје разградњом органских супстанци под утицајем микроорганизама у анаеробним условима. У средишту депоније настаје надпритисак, па депонијски гас прелази у околину. Просечан састав депонијског гаса је 35-60% метана, 37-50% угљен-диоксида и у мањим количинама се могу наћи угљен-моноксид, азот, водоник-сулфид, флуор, хлор, ароматични угљоводоници и други гасови у траговима.

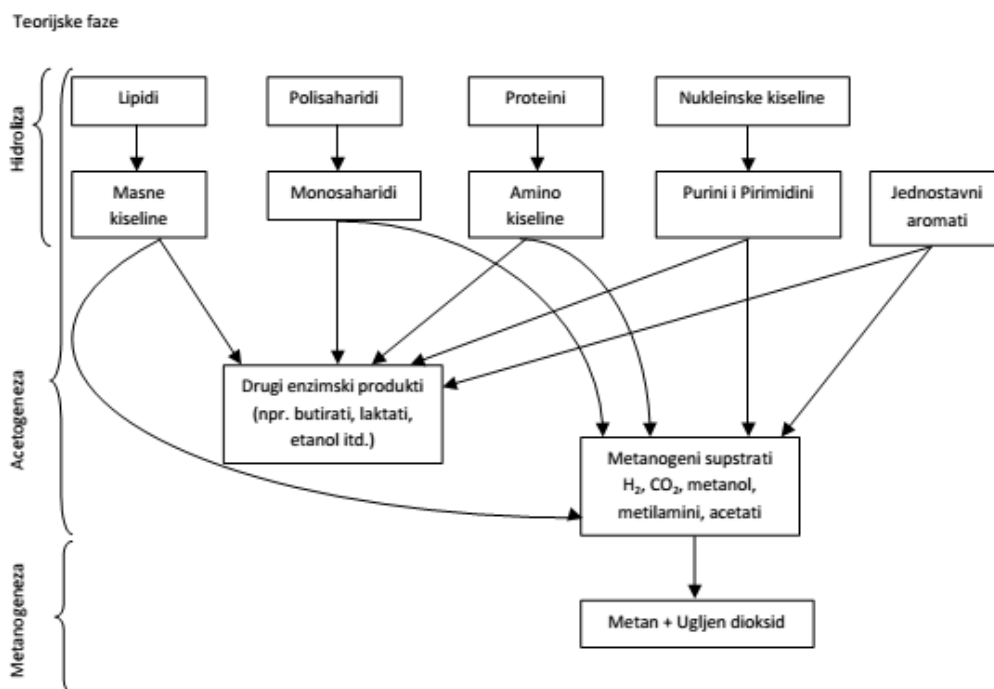
На основу наведеног састава депонијског гаса, може се уочити да је он врло опасан по човекову околину, како за здравље живих организама, тако и по инфраструктурне објекте у близини депонија, јер је метан у одређеним условима врло експлозиван. Метан је више од 20 пута штетнији по климу и озонски омотач него угљендиоксид, што практично значи да 1 тона метана оштећује озонски омотач (ефекат стаклене баште) као 21 тона угљен диоксида.

Метан и угљен диоксид спадају у групу гасова ефекта стаклене баште, с тим да је потенцијал глобалног загревања CH_4 21 пута већи у односу на CO_2 .

Из тог разлога, допринос емисији гасова стаклене баште са депонија комуналног отпада првенствено се односи на допринос метана. До формирања метана на депонијама комуналног отпада гаса долази услед разлагања органске материје у анаеробним условима. Поред одсуства кисеоника на продукцију метана значајан утицај имају и многи други фактори.

Реакција анаеробне деградације органске материје може се приказати следећом симплификованом шемом:





Слика 12. Кретање тока угљеника у анаеробним условима

Са депоније у експлоатацији емитује се више CH_4 него са затворене депоније, јер већина реакција деградације одвија у првих неколико година након депоновања, након чега постепено деградациона активност опада. Након затварања, депоније могу емитовати гасове стаклене баште и неколико стотина година.

2.1.1. Процес формирања и продукције депонијског гаса

Процеси услед којих настаје депонијски гас су бактеријско разграђивање, волатилизација и хемијске реакције.

Највећи део депонијског гаса формира се биолошком разградњом, помоћу микроорганизма присутних у самом отпаду и у земљишту од стране бактерија које су природно присутне у самом отпаду, као и бактерија присутних у земљишту које се користи за прекривање депоније. Комунални отпад у значајној мери садржи органске материје, у које се убраја храна, баштенски отпад, текстил и дрвни и папирни производи. Бактерије присутне у депонији разграђују органски отпад кроз четири фазе, при чему се састав гаса мења током сваке од фаза.

Депонијски гас може бити генерисан и када одређене врсте отпада, односно једињења настала као продукти разградње отпада, посебно органска једињења, промене стање из течног или чврстог у гасовито. Овај процес је познат као волатилизација. Неметанска органска једињења у депонијском гасу могу бити резултат волатилизације одређених једињења присутних у депонији.

Како депоније обично прихватају отпад у временском периоду од 20 до 30 година, отпад на једној депонији истовремено се може наћи у више фаза разградње:

Фаза I - аеробна фаза

Током прве фазе разградње, помоћу аеробних бактерија које при исхрани користе кисеоник, одвијају се реакције хидролизе комплексних једињења која чине

полисахариди, протеини и масти. Том приликом настају моносахариди, аминокиселине, комплексне карбоксилне киселине и глицерол. Фаза I се одвија док се расположиви кисеоник не истроши и може трајати данима или месецима. У процесима прве фазе разградње, као нуспроизвод продукује се CO_2 .

Фаза II - анаеробна фаза, неметанска

Ова фаза разградње почиње када се искористи кисеоник. рН вредност у телу депоније опада, односно средина постаје кисела. У овој фази, као процес, прво се јавља хидролиза (екстрацелуларни, ензимски процес) при чему се органске материје трансформишу на компоненте које су растворљиве у води. Ако кисеоник доспе у тело депоније, микробиолошки процеси ће се вратити у прву фазу, фазу аеробне разградње.

Фаза III - анаеробна, метанска, нестабилна

У току фазе III, познате још и као кисела фаза, долази до интензивирања бактеријске активности започете током друге фазе, при чему се продукују значајне количине органских киселина и мање количине водоника. Први од три процеса ове фазе је хидролиза. Други процес је ацидогенеза. Током фазе III, као последица активности неметаногених микроорганизама, настају значајне количине CO_2 и мање количине H_2 .

Фаза IV - анаеробна, метанска, стабилна

У оквиру фазе IV микроорганизми конвертују сирћетну киселину и водоник, настале у фази III, у CH_4 и CO_2 . Током фазе IV одвијају се и метанска и киселинска ензимска реакција, при чему је ниво киселинске ферментације знатно нижи. Услед конверзије киселина и водоника у CH_4 и CO_2 долази до раста рН вредности и до стварања неутралнијих услова у депонији у опсегу од 6.8 до 8, који доводе до мање растворљивости неорганских компоненти што између осталог резултира и смањењем концентрације тешких метала. Продукција депонијског гаса постаје константна у фази IV и интензивна је обично 20 година, након чега мањим интензитетом може трајати и више од 50 година.

Фаза V – фаза сазревања

Фаза V или фаза сазревања наступа након што се доступна органска материја конвертује у CH_4 и CO_2 у фази IV. Део органске материје која раније није била доступна, односно није учествовала у реакцијама деградације, услед кретања течности кроз тело депоније такође ће бити разграђена када се обезбеде адекватни услови. Стопа генерисања депонијског гаса драстично опада у фази V из разлога што је у претходним фазама већина нутрицијената одстрањена из отпада процедним водама, а преостали материјал је споро деградабилан.

2.1.1.1. Фактори који утичу на формирање депонијског гаса

На процес формирања депонијског гаса утичу бројни фактори: састав отпада, присуство кисеоника, садржај влаге, температура и присуство нутрицијената.

Депонијски гас настаје разлагањем органске фракције депонованог отпада. Количина органског отпада директно утиче на количину депонијског гаса који се

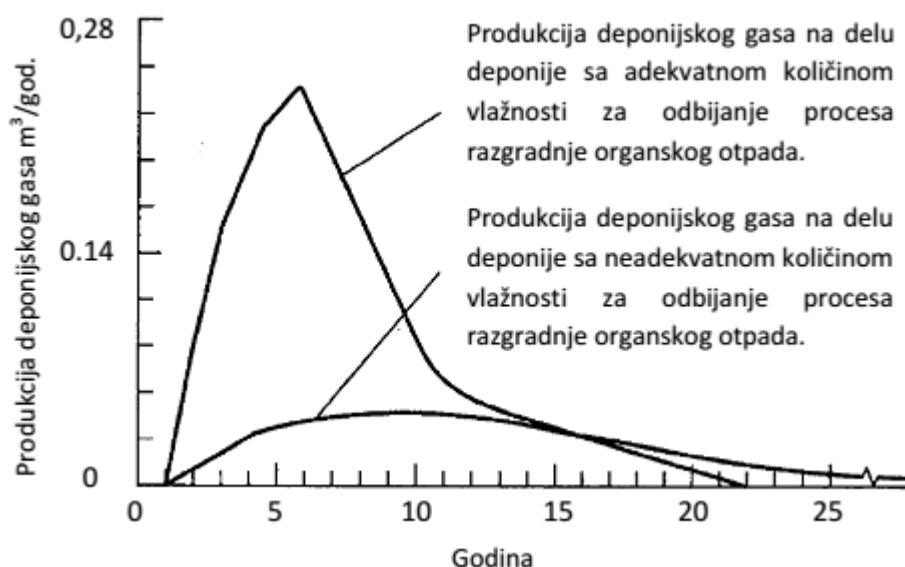
може продуковати. Одређене врсте органског отпада садрже велике количине хранљивих састојака за микроорганизме, као што су натријум, калијум, калцијум и магнезијум, што проузрокује већу активност микроорганизама а самим тим и већу количину генерисаног гаса. Такође, у саставу отпада налазе се и једињења која негативно утичу на активност микроорганизама, узрокујући смањење генерисања гаса. У случају бактерија које производе метан штетно дејство представља присуство соли у високим концентрацијама.

Кисеоник у депонији

Продукција метана почиње када се сав кисеоник утроши. Што је више кисеоника у депонији, то аеробне бактерије дуже разлажу отпад. Ако је отпад само делимично прекривен слојем земље или се фреквентно меша, биће присутно више кисеоника, тако да ће аеробне бактерије живети дуже и дужи период ће производити угљен-диоксид и воду. Ако је отпад компактан, производња метана ће почети раније, односно чим анаеробне бактерије замене аеробне бактерије. Анаеробне бактерије почињу производњу, само када аеробне бактерије потроше кисеоник, тако да би било какво присуство кисеоника у депонији довело до успорења или престанка продукције метана. Промене атмосферског притиска могу такође да утичу да се кисеоник из околине нађе у телу депоније.

Влажност

При ниском садржају влаге у телу депоније доступност нутрицијената неопходних за микробиолошку активност је лимитирана, што доводи до смањене активности, а самим тим и продукције гаса. Истраживања показују да је садржај влаге у саставу отпада често низак, односно износи у просеку око 25 %. Истраживања такође показују да се удео метана у саставу депонијског гаса и количина продукованог метана увећавају са повећањем влажности у телу депоније, што се може постићи убризгавањем сакупљене атмосферске воде или рецикулацијом процедурне воде, међутим превелик садржај влаге такође инхибиторно делује на микробиолошку активност. Праћење садржаја влаге у телу депоније данас се примењује као једна од основних мера управљања процесом генерисања депонијског гаса у биореакторским депонијама.



Слика13. Утицај влажности на продукцију депонијског гаса

Температура

Температура представља још један важан фактор за продукцију депонијског гаса. Постоји више различитих температурних опсега за оптималне услове различитих врста метаногених микроорганизама. Тако нпр. у истраживањима, као оптималне температуре за метаногену активност наводи се опсег од $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $41\text{ }^{\circ}\text{C}$, док се у истраживањима, спроведеним користећи искључиво термофилне бактерије наводи оптимална температура од $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Са друге стране, ниске температуре инхибирају бактеријску активност, тако да при температури од 20°C и даље постоји продукција метана али на много nižем нивоу, уз веома спор раст метаногених микроорганизама. Ниво метаногенезе при температури $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ двоструко је нижи од нивоа при температури од $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сходно наведеном, атмосферске промене, пре свега у домену температуре ваздуха, могу имати значајан утицај на одвијање процеса продукције метана посебно на плитким депонијама. Уколико депонија не поседује адекватне прекривне слојеве и уколико је отпад депонован у танким слојевима може доћи до неповољних услова за метаногену активност. У адекватно затвореној, покривеној, депонији стабилна температура се одржава током времена, што погодује продукцији гаса.

Старост отпада

Отпад који је касније депонован ће генерисати више гаса од оног који је на депонији дуже време. Депоније обично генеришу значајне количине гаса између једне и три године. Максимуми генерисања гаса су у периоду од пет до седам година, након што је отпад одложен на депонију. Након 20 година од тренутка депоновања, постепено се смањује интензитет генерисања депонијског гаса, док се мање количине гаса могу генерисати и после 100 година. Различити делови депоније истовремено могу бити у различитим фазама декомпозиције отпада, што зависи од старости отпада.

pH вредност процедне воде

Оптимални услови за метаногене бактерије су pH неутрални или благо базни услови, односно у опсегу од 7.0 до 7.2. Поред оптималног опсега продукција метана без већих ометања реализује се и у опсегу од 6.5 до 8.0. Продукција метана опада уколико је pH вредност испод 6,3 или изнад 7,8.

Компактност и величина делова отпада

Уситњавање отпада повећава продукцију депонијског гаса док повећање компактности отпада смањује ниво продукције. Продукција гаса учетворостручујује смањивањем величине делова отпада десет пута. Делови отпада мањих димензија, услед веће доступне површине брже ће се разлагати. Међутим, ако се такав отпад дуже време нађе у аеробним условима, доћи ће и до већег степена стабилизације отпада у односу на отпад већих димензија.

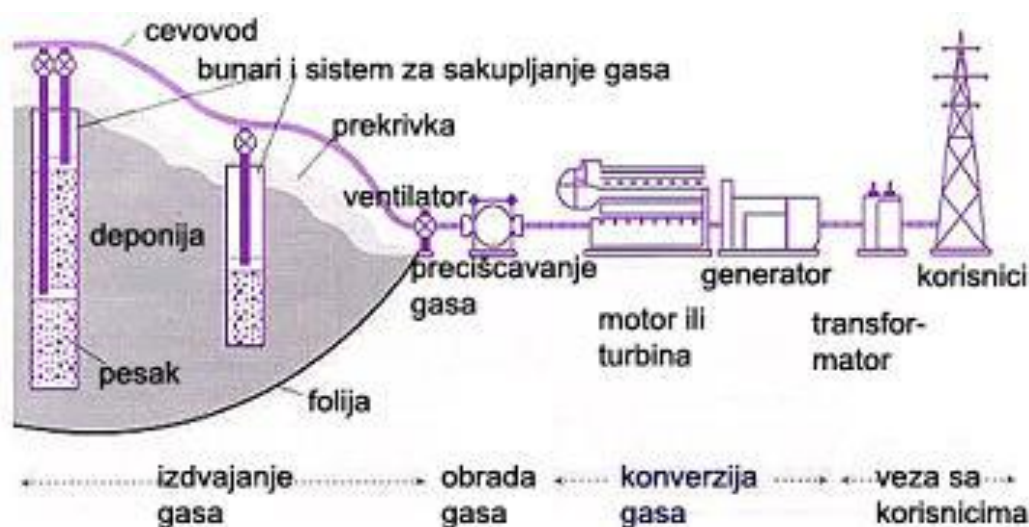
Нутрицијенти

На продукцију депонијског гаса утиче и доступност азота, фосфора и калијума. За одржање микрообиолошке популације потребан је однос угљеника и азота од 16:1 до 19:1. Концентрација нутрицијената може бити смањена услед спирања процедурним водама, па се у таквим ситуацијама препоручује рецикулација процедурне воде.

2.1.2. Технологија сакупљања и процесирања депонијског гаса

Свако постројење за издвајање енергије из гаса се састоји од три основна система (модула):

- систем за сакупљање (екстракцију) гаса (непосредно на депонији)
- систем за процесирање (третман) гаса
- систем за конверзију гаса (генерисање енергије)



Слика 14. Делови система за сакупљање, третман и претварање гаса у енергију

Екстракција (сакупљање) депонијског гаса

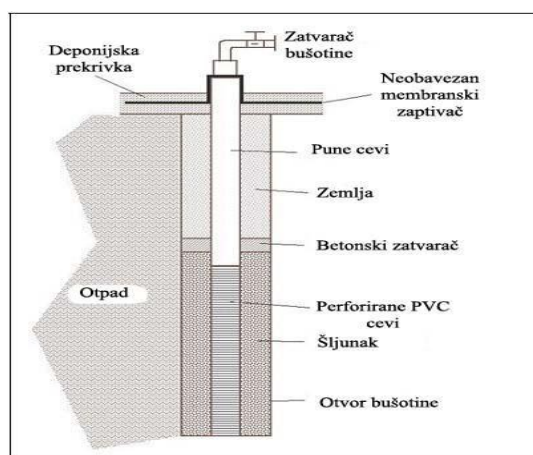
Екстракциони систем је сплит систем, што значи да се метан може користити као енергент или се може спалити. Разлог за ово је могућност смањивања производње гаса током времена ($90\text{--}350\text{ m}^3/\text{мин}$) и превазилажење потреба индустрије. Управо због тога, вишак гаса се спаљује.

Примера ради једна депонија комуналног отпада која производи око $1.250\text{ m}^3/\text{h}$ депонијског гаса, може око $200\text{ m}^3/\text{h}$ гаса користити за погон гасног мотора који производи $0,3\text{ MW}$ електричне енергије. Произведена електрична енергија дистрибуира се у јавну електродистрибутивну мрежу. Целокупна количина гаса може се користити за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије.

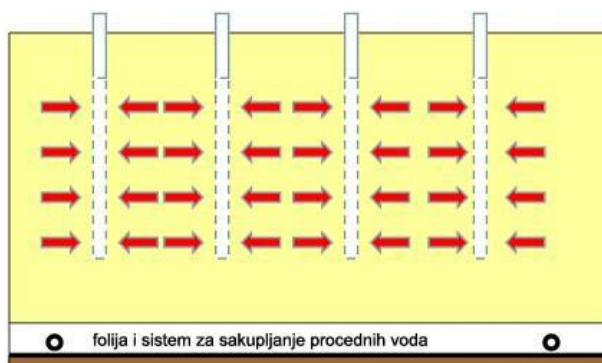
Системе за сакупљање депонијског гаса можемо поделити на два основна типа: Вертикалне бушотине или бунаре и хоризонталне канале или ровове.

Систем вертикалних бунара

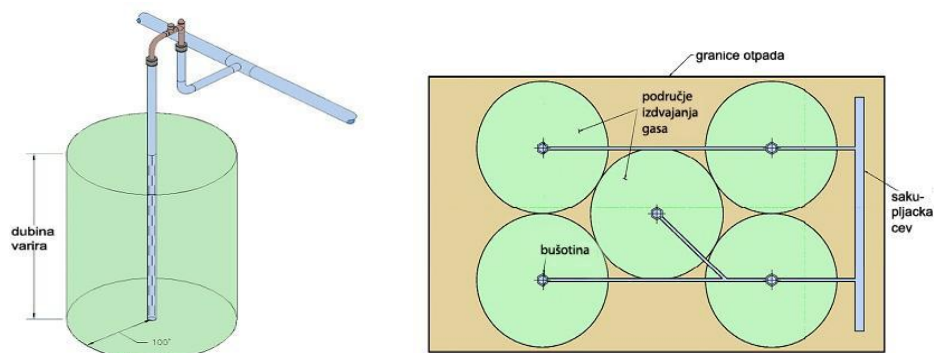
То је најчешће коришћен систем. Састоји се од избушених бунара пречника ($0,6\text{--}0,9\text{ m}$). Понекад се користе и бунари мањих пречника ($0,3\text{--}0,45\text{ m}$). Цевоводи су пречника ($0,05\text{--}0,2\text{ m}$) (обично од поливинил хлорида (PVC), или полиетилена (HDPE)). Смештени у у бушотине које су попуњене каменом пречника од 3 cm или више. Цеви су перфориране у нижим областима, где се скупља депонијски гас, док се цеви пуног профила користе близу површине, да би спречиле улазак ваздуха.



Слика 15. Вертикални бунар



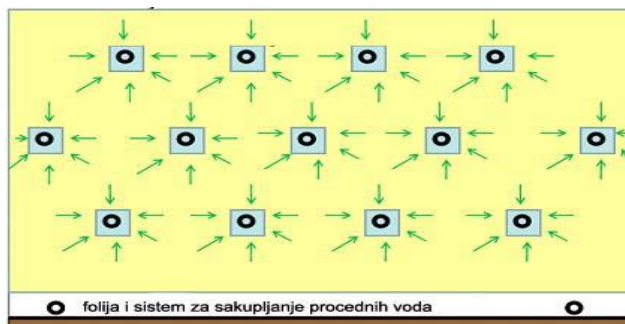
Слика 16. Сакупљање гаса системом вертикалних бунара



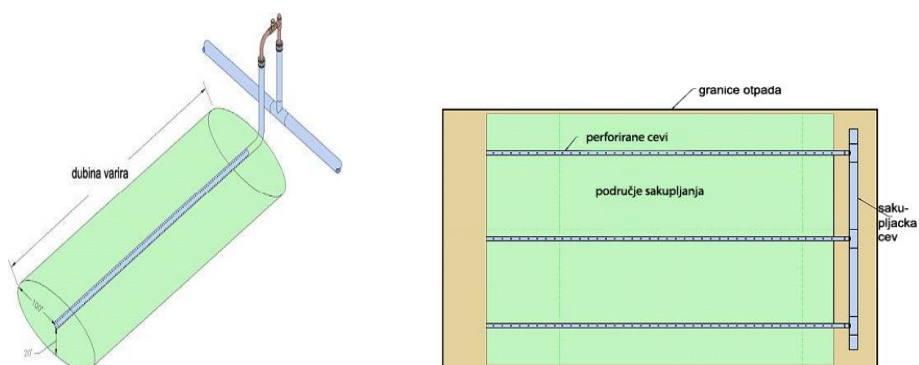
Слика 17. Бушотина и просторни распоред бушотина

Систем хоризонталних канала може се инсталирати уместо или у комбинацији са бунарима за сакупљање депонијског гаса

Хоризонтални систем за сакупљање гаса



Слика 18. Сакупљање гаса системом хоризонталних канала



Слика 19. Канал (ров) и просторни распоред канала

Хоризонтални канали су јефтинији од вертикалних бунара и посебно су погодни за инсталацију у површине у којима је активно пуњење отпада. На овај начин је лакше обављати екстракцију одмах након почетка његове продукције, а гас се може извлачити пре затварања и покривања депоније.

Екстракција гаса из депоније обавља се уз помоћ компресора, који помоћу притиска преко цевовода спроводе гас до постројења за третирање и коришћење



Слика 20. Центрифугални вентилатор



Слика 21. Сакупљач кондензата

Екстракција депонијског гаса и његово искоришћење у виду енергије, доприносе заштити животне средине, редукацији емитовања гасова који изазивају ефекат стаклене баште (метана и угљен-диоксида). Ризик од експлозије је мање више елиминисан.

Систем за процесирање депонијског гаса

Модул садржи процесну опрему за компресовање, филтрирање и анализирање гаса издвојеног из депоније, а направљен је као стандардни контејнер. Подељен је на два дела: контролну и компресорску просторију. У контролној просторији, се врши контрола и надгледање инсталације, укључујући анализе, контроле квалитета и количине гаса из сваког појединачног бунара. Компресорска просторија садржи процесну опрему као контролне вентиле, филтере гаса и заустављач пламена, компресор гаса, хладњак гаса, детекторе гаса, панел са анализама гаса, мерач протока гаса, контролни компресор ваздуха.



Слика 22. Изглед система за процесирање гаса

Систем за конверзију гаса

Неки пасивни системи вентилације једноставно испуштају сакупљени депонијски гас у атмосферу, без икаквог претходног третмана. Ово је погодно само када се ради о малим количинама сакупљеног гаса и када у близини нема људи, који раде и живе. Депонијски гас се чешће контролише и третира, из сигурносних и здравствених разлога. Уобичајене методе третирања депонијског гаса се могу поделити на технологије са сагоревањем, технологије без сагоревања депонијског гаса као и технологије контроле непријатног мириса.

Технологије контроле непријатног мириса спречавају излазак гасова, који изазивају непријатне мирисе ван депоније. То се постиже применом депонијске прекривке и дневним прекривањем отпада земљом.

Скупље прекривке се уграђују при затварању депоније, да би се спречило продирање влаге у отпад и поспешио развој бактерија и распадање. Вегетација на депонији такође редукује непријатне мирисе.

2.1.3. Математички модели генерисања депонијског гаса

Модел за прорачун генерисања депонијског гаса могу се поделити на неколико основних група, односно на моделе: нултог реда, првог реда, другог реда, мултифазне моделе и моделе који се заснивају на комбинацији наведених. У наредном делу дат је опис најчешће коришћених модела генерисања депонијског гаса.

Модел нултог реда

У моделу нултог реда, формирање депонијског гаса је константно током времена, односно старост отпада нема утицај на продукцију депонијског гаса. Модел нултог реда може се приказати следећом формулом.

$$Q = \frac{ML_0}{(t_0 - t_f)} \quad t_0 < t < t_f$$

Где је:

Q = ниво генерисања метана изражен у запремини по јединици времена

M = маса депонованог отпада

L_0 = потенцијал генерисања метана изражен у запремини по маси отпада

t = време

t_0 = време од тренутка депоновања до почетка продукције

t_f = време до завршетка генерисања

Модел првог реда

У модел првог реда, за разлику од модела нултог реда, инкорпориран је утицај старости отпада на продукције депонијског гаса. За сваку количину депонованог отпада, ниво генерисања експоненцијално опада током времена. Модел првог реда може се приказати следећом формулом

$$Q = ML_0 k e^{-k(t-t_0)}$$

Где су:

Q = ниво генерисања метана изражен у запремини по јединици времена

M = маса депонованог отпада

L_0 = потенцијал генерисања метана изражен у запремини по јединици масе отпада

k = стопа продукције метана (год^{-1})

t_0 = време од тренутка депоновања до почетка продукције

2.1.4. Софтверски алати за моделовање продукције депонијског гаса

Модели који се могу користити су LandGam, IPCC, “Ukrain” модел који је погодан за подручје Србије а то је и модел који смо ми користили и чија ће једначина бити имплементирана у базу података.

2.1.4.1. „Украин“ модел

Основна намена „Ukrain“ модела развијеног од стране америчке агенције за заштиту животне средине – ЕРА, односно програма “GMI - Global Methane Initiative”, је процена исплативости, изводљивости и потенцијалне користи од енергетског искоришћења депонијског гаса. Иако је модел прављен за поменуте потребе у Украјини он се може применити и на друге земље сличних климатских карактеристика али и праксе управљања отпадом, која се пре свега огледа у карактеристикама депонија. Овај модел, као и претходни, користи једначину реакције првог реда која је у овом програму модификована додатним параметрима и може да се прикаже помоћу следеће формуле:

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 2kL_0 \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{i,j}} \cdot MCF \cdot F$$

Q_{LFG} - максимална количина депонијског гаса годишње [$\text{m}^3/\text{год}$]

n – година у којој се реализује прорачун

k – стопа продукције метана [год^{-1}]

L_0 - потенцијал генерисања метана [$\text{m}^3/\text{т}$]

M_i - маса депонованог отпада током године и [т]

t_{ij} - старост j -тог дела масе отпада M_i прихваћеног током i -те године (децимални запис)

MCF - метански корекциони фактор

F - пожарни корекциони фактор

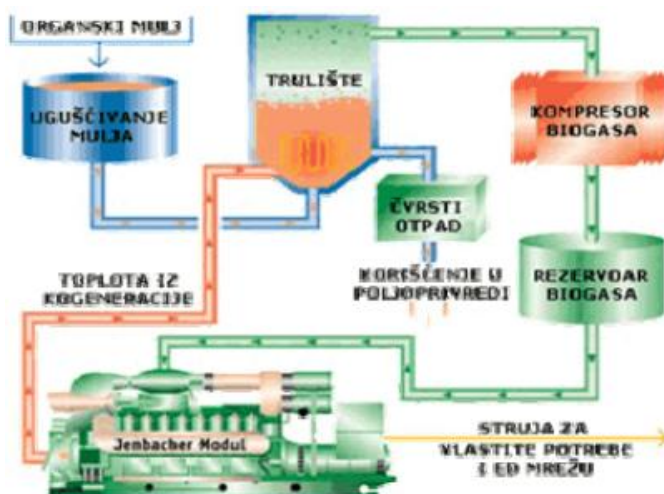
Овом једначином се добијају количине депонијског гаса за дату годину на основу депоноване количине отпада. Експоненцијална функција разградње показује да се максимална продукција гаса генерише након периода од око 6 месеци у зависности од специфичних карактеристика депоније, јер је то период потребан за почетак метанских реакција. Након 6 месеци функција опада експоненцијално с обзиром на то да се смањује и количина отпада. Овај модел као резултате даје количине генерисаног гаса [m^3/h], енергетску вредност гаса [MJ/h], максимални капацитет постројења које користи гас за погон [MW], као и смањење емисије гасова изражених у CO_2 еквивалентима које се постиже сакупљањем и искоришћењем метана.

Модел аутоматски прорачунава вредности параметара k и L_0 на основу података о саставу отпада, климатским и операционим карактеристикама. У оквиру програма понуђене су четири дефинисане вредности које карактеришу различите количине падавина на годишњем нивоу. Прорачун продукције депонијског гаса посебно се реализује за различите врсте отпада, које карактерише различите брзине и степени деградације. У том смислу програм разликује следеће врсте отпада:

- Врло брзо разградив отпад - отпад од хране
- Средње брзо разградив отпад - баштенски отпад
- Средње споро разградив отпад - папит и картон, текстил
- Споро разградив отпад - дрво, гума, кожа

2.2. Производња и карактеристике биогаза

На уређајима за пречишћавање отпадних вода са анаеробном стабилизацијом муља настаје биогаз. Ефикасност продукције биогаза обезбеђује се одржавањем температуре (око 35°C), рН вредности, мешањем и одстрањивањем кисеоника и токсичних материја. У анаеробним реакторима (дигестор) настаје биогаз као мешавина горивих и негоривих гасова просечног састава (у запреминским %): метан 55-75%, угљен-диоксид 25-45% и осталих гасова, као што су водоник, кисеоник, угљен-моноксид, азот, водоник-сулфид, амонијак и водена пара.



Слика 23. - Коришћење биогаза

Производња биогаса се може проценити на бази следећих података:

- На уређајима за пречишћавање комуналних отпадних вода просечна производња биогаса је 25 lit/ еквивалентни становник дан;
- Код индустријских отпадних вода (шећеране, прерада меласе, прерада кромпира, производња воћних сокова, млекаре, пиваре, папир и целулоза) просечна производња метана је 0,20 - 0,40 m³/кг ХПК с уделом метана у биогасу од 60 - 80%;
- На сточним фармама очекивана производња биогаса варира у зависности од животињске врсте и начина узгоја и креће се у границама од 20 - 40 m³ биогаса/m³ осоке.

Табела 3. Количине гаса добијене из отпадне воде

Начин пречишћавања воде		Количина гаса l/s дан
Механичко		18 - 22
Биолошко пречишћавање	Активни муљ	28 - 32
	Биофилтар	24 - 28
Потпуно биолошко пречишћавање		25 - 30

У процесу анаеробне разградње органске материје настаје гас који је мешавина приближно 55-75% метана и 25-45% угљен-диоксида са примесама кисеоника, угљенмоноксида, водоник сулфида, азота, водене паре и амонијака. Специфична производња гаса из органских материја зависна је од састава ових материја и код муља из комуналних отпадних вода износи око 0,9 до 1,1 Nm³ биогаса по једном кг издвојене органске суве субстанце. Компримовање трулог гаса изазива потпуно хомогенизовање садржаја суда за труљење и оптималну расподелу хранљивих материја и реакционе површине субстрата, изазива издвајање гаса из трулећег муља тако да мали гасни мехурићи који настају у појединачним пахуљама муља бивају издвојени и усмерени ка горе.

За осигурање суда за труљење од надпритиска (преко 0,05 бара) или подпритиска (0,015 бара) у гасни поклопац је уграђена уређај који има један течни затварач са циљем да при надпритиску гас излази из суда за труљење у атмосферу док поново не настану нормални односи притиска, а при подпритиску, ваздух из атмосфере може да улази у суд за труљење док се поново не успоставе нормални односи притисака.

На гасном поклопцу су уграђена два уређаја за одвођење гаса где један служи за одвођење биогаса, а други за сакупљање насталог трулог гаса. Произведени биогас се одводи преко уређаја за одвођење гаса из судова за труљење I и II одвојеним водовима. Гас струји у шљунчани филтер који служи за пред дехидратацију и предфилтрирање (грубо филтрирање) доведеног биогаса. Прљаве материје и кондензована вода издвајају се на горњој површини шљунка и сакупљају при дну филтра одакле се одводе преко сифона. Шљунчани филтер служи као осигурање против враћања пламена између суда за труљење и резервоара за гас односно бакље за спаљивање гаса.

Од шљунчаног филтера води гасовод до резервоара за гас/гасометра који служи за сакупљање и изједначавање притиска односно одржавање притиска у гасном систему, капацитета од 500 m³.

Гас струји из вода преко одвајача воде у резервоар за гас, у случају да је резервоар за гас напуњен до максималног нивоа, укључује се аутоматски одвођење извесне количине гаса у бакљу. Гас струји кроз вод назад и преко огранка овог вода ка бакљи за гас где се гас пали и сагорева. Бакља је конструисана тако да не настаје отворени пламен, већ само врући гасови излазе из бакље.

Трули гас за употребу у постројењу за грејање, струји из резервоара за гас преко одавајача воде до филтера за гас. Шљунчани филтер служи за даље грубо пречишћавање и кондензовање воде, а и заштиту резервоара од враћања пламена.

Произведени трули гас се највећим делом употребљава за добијање топлотне енергије, која је потребна за грејање судова за труљење (загревање свежег муља на процесну температуру и компензација губитака радијацијом) као и за грејање погонских зграда у грејном периоду. У ту сврху користи се котловско постројење, као и размењивач топлоте, сабирне и разделне станице са припадајућим пумпама, цевоводима и арматурама. Котловско постројење се састоји из два топловодна блок котла за производњу грејне воде у радном режиму 90/70°C. Котлови имају комбиноване горионике на трули гас/лож уље.

Приликом процеса анаеробног врења добије се више енергије него што се утроши. Добијена енергија је хемијска енергија биогаса, доње топлотне моћи 19.700 до 26.870 kJ/Nm³, зависно од састава. Биогас се сагоревањем у котловима користи за производњу топлотне енергије, а у моторима за производњу механичке енергије и као нуспроизвод топлотне енергије. Биогас произведен из постојења за третман отпадних вода примењује се:

- за производњу електричне енергије за сопствене потребе,
- за грејање у одређеним фазама технолошког процеса,
- за грејање радних просторија;
- за производњу дестиловане воде;
- као погонско гориво у котловима за производњу топлотне енергије за сопствене потребе или за потребе неког другог потрошача у индустријској зони.

Пре реализације потребно је спровести мере за смањење потрошње биогаса:

- уградити рекуператор топлоте (размењивач) у коме би се сирови муљ загревао топлим стабилизованим муљем,
- термички изоловати постојећи размењивач и све цевоводе топле воде топлот муља,
- израдити и спроводити упутство за рационално коришћење енергије, посебно топлотне енергије.

У току 2008. године употребом постројења за третман отпадних вода (УПОВ) пречишћено је око 3.356.111 m³ употребљених вода, произведено је 412.905 m³ гаса и извршена стабилизација и прерада 74.830 m³ муља. Током наредних година на линији муља произведено је 68.005 m³ стабилизованог муља на дигестији, а на градску депонију је одвежено 4.000 m³ муља.

2.2.1. Методологија процене емисије метана из отпадних вода

Отпадне воде могу бити извор метана (CH₄) када се третирају анаеробно. Количина произведеног метана примарно зависи од количине органске материје у отпадној води, температуре и типа третманског система.

Главни фактор за одређивање потенцијала генерисања метана је количина органске материје у отпадних води. Општи параметри који се користе за мерење органске компоненте отпадне воде су Биолошка потрошња кисеоника (БПК) и Хемијска потрошња кисеоника (ХПК). У истим условима отпадне воде са већом ХПК или БПК концентрацијом ће генерално производити више метана него отпадне воде са мањом ХПК (или БПК) концентрацијом.

За процену емисије метана користиће се метод који препоручује Међународни округли сто о климатским променама (ИПЦЦ 2006 Модел). Емисија метана из отпадних вода за једну годину може се проценити коришћењем једначине:

$$CH_4Emissions = \sum_{i,j} U_i \times T_{i,j} \times EF_j - TOW - S - R$$

где је:

$CH_4Emissions, \frac{kg CH_4}{god}$ – емисија метана у току једне године

$TOW, \frac{kg BPK}{god}$ – укупна количина органске материје у току једне године

$S, \frac{kg BPK}{god}$ – органска компонента уклоњена као муљ

U_i – проценат популације у појединим областима

$T_{i,j}$ – степен утилизације третманског/испусног вода или система

i – област: рурална, веома урбана и урбана

j – сваки третмански/испусни вод или систем

$EF_j, \frac{kg CH_4}{kg BPK}$ – фактор емисије

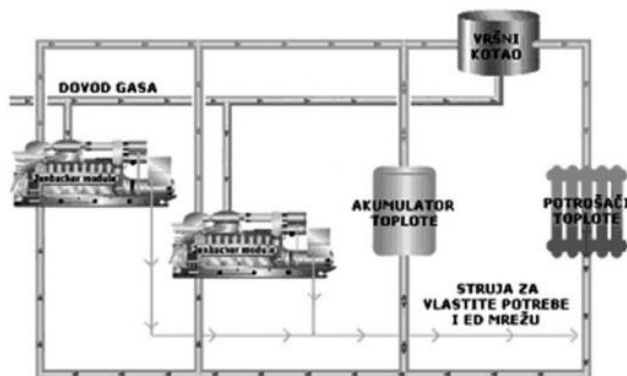
$R, \frac{kg CH_4}{god}$ – количина искоришћеног метана током једне године

Фактор емисије (ЕФ) третманског/испусног вода или система је функција максималног потенцијала производње метана (B_o) и метанског корекционог фактора (МЦФ) за систем третмана отпадне воде или испуста. B_o је максимална колчина метана који се може произвести за дату количину органске материје (изражене као БПК или ХПК) у отпадној води. МЦФ показује величину потенцијала производње метана (B_o) у сваком типу третманског/испусног вода и система. То је индикатор степена анаеробности система.

3. КОГЕНЕРАЦИЈА

Когенерација се може дефинисати као процес коришћења примарне енергије горива за производњу двају корисних енергетских облика: топлотне енергије и корисног рада. Добијени корисни рад користи се најчешће за производњу електричне енергије, док се произведена топлотна енергија користи у технолошким процесима, процесима грејања или процесима хлађења.

Когенерација је такође производња електричне енергије из отпадне топлоте било ког топлотног процеса. Процес се одвија са максималном употребом хемијске енергије горива, тј. смањењем губитака, али је предуслов велики број радних сати током године.



Слика 24. Когенерација

3.1. Предности когенерације

Задовољење све већих енергетских потреба у будућности, уз моралан однос према животној средини као и располагање природним ресурсима с циљем привредног развоја и цивилизацијског напретка, изискује градњу нових енергетских постројења уз све строже захтеве управљања енергијом, рационализацију инвестиционих улагања и заштиту окружења. Тако је пред енергетичаре постављен задатак проналажења начина производње енергије уз највишу могућу енергетску ефикасност, користећи најбоље расположиве технологије и еколошки прихватљива горива на крајње рационалан начин. Когенерациони процеси су управо таква технологија која задовољава све наведене услове/захтеве.

Примена когенерационих система се првенствено разматра због њихове високе енергетске ефикасности и са тиме повезаним еколошким и економским предностима. Укупни степен ефикасности ових постројења (топлотна ефикасност) у неким случајевима износи и преко 90 посто, па се може констатовати да, у односу на традиционалне системе, когенерација представља најефикаснији облик претварања енергије, како с енергетске тачке гледишта тако и са аспекта заштите окружења. Когенерацијском производњом смањује се утицај на окружење по свим аспектима, а посебно се смањује емисија CO_2 , SO_2 и NO_x . [4]

Најзначајније предности когенерацијске производње у односу на одвојену производњу електричне енергије у класичној електрани и топлотне у котларници/топлани огледа се кроз:

- знатне уштеде примарне енергије из чега произлазе и мањи трошкови,
- квалитетније снабдевање електричном енергијом и већа поузданост, што је изузетно важно за потрошаче осетљиве на прекиде снабдевања,

- смањење штетног утицаја на окружење, јер из високе енергетске ефикасности и мање потрошње примарно енергента произлазе мања емисија штетних материја, мања количина отпадне топлоте и мања емисија буке,
- релативна улагања у односу на позитивне карактеристике и исплативост за неколико година,
- краatak рок изградње због пакетне изведбе агрегата и претходно фабрички склопљених елемената,
- једноставнији пут добијања разних дозвола, нарочито у случају индустријских погона или неког јавног објекта.

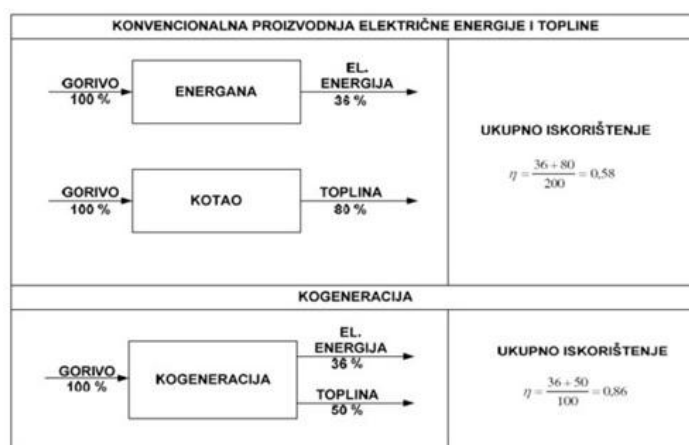
Предности когенерацијских система над класичним системима с одвојеним снабдевањем електричном и топлотном енергијом, видљиве су ако се међусобно упореде губици који настају при производњи енергије у оба посматрана система. Такво поређење когенерацијске и одвојене производње енергије са становишта степена искоришћења дата је на слици 25. Притом треба истаћи да је овакав степен искоришћења когенерацијског постројења својствен режиму рада при ком се утроши сва топлотна енергија произведена у систему.[5]

Основна предност когенерације је повећана ефикасност енергента у односу на конвенционалне електране које служе само за производњу електричне енергије и индустријске системе који служе само за производњу паре или вруће воде за техничке процесе.

Когенерације имају значајну улогу као дистрибуирани извор енергије због позитивних учинака:

- мањи губици у мрежи,
- смањење загушења у преносу,
- повећање квалитета напона и
- повећање поузданости снабдевања електричном енергијом.

Уз све наведено, смањен је и штетан утицај на окружење.



Слика 25. Поређење когенерацијске и конвенционалне производње енергије

3.2. Препреке за когенерацију

Премда постоји велики потенцијал за когенерацијску производњу, а енергетски закони су препознали као национални интерес, кључне препреке за когенерацију су и даље присутне. Најважнијим препрекама могу се сматрати:

- изостанак јасно дефинисаног и једноставног поступка прикључења на мрежу, те грађевинско-техничке процедуре изградње когенерацијског постројења,
- неповољан однос цена електричне енергије и горива који фаворизује коришћење електричне енергије,
- неразумевање и непрепознавање могућности доприноса когенерације смањењу емисија, у погледу глобалног биланса, као и у законским актима, затим потенцијално пенализирање когенерацијске производње због повећања локалних емисија,
- недовољна заинтересованост и разумевање финансијских институција за финансирање пројеката енергетске ефикасности уопштено, као и саме когенерације,
- непостојање фискалних или других подстицајних мера,
- изостанак специјалистичког образовања и оспособљавања стручњака за услуге консалтинга у енергетској ефикасности, затим слабо разумевање примене когенерације у погледу задовољавања корисних топлотних потреба,
- информисање и едукација потенцијалних корисника,
- спора динамика доношења и имплементација закона, а посебно непостојање специфичног законског акта за когенерацију у којему би се целокупна проблематика могла системски дефинисати

3.3. Когенерацијска постројења

Когенерацијска постројења се деле на:

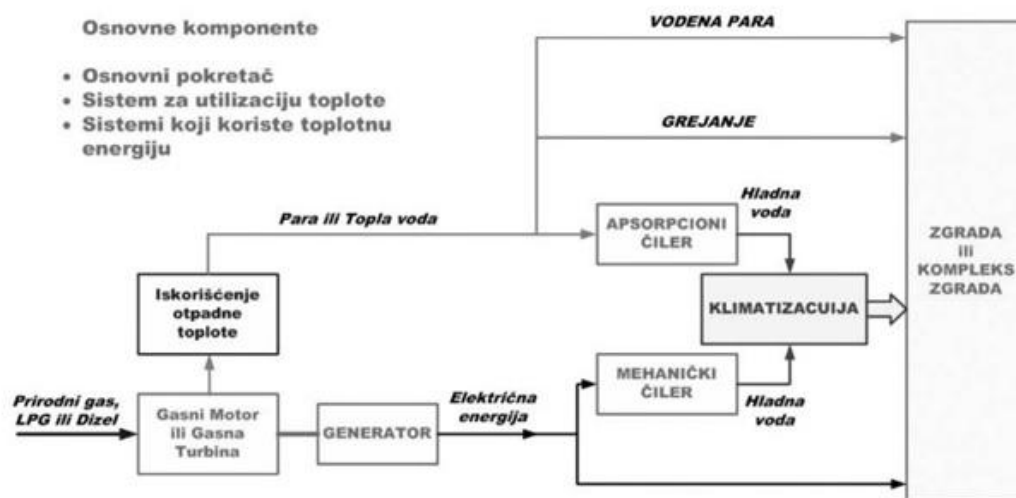
- когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге до укључиво 1 MW, прикључена на дистрибутивну мрежу. а) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге до укључиво 50 kW, тзв. микро-когенерације, б) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 50 kW до укључиво 1 MW, тзв. мале когенерације
- когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 1 MW, прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу. а) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 1 MW до укључиво 25 MW, тзв. средње когенерације, б) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 25 MW, тзв. велике когенерације
- индивидуална когенерацијска постројења која нису прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу.

Свако когенерационо постројење састоји се од четири групе основних елемената:

Примарни мотор, који може почивати на различитим технологијама, као што су:

- комбинована гасно-парна турбинска постројења,
- противпритисна парна турбина,
- кондензациона парна турбина са одузимањем паре,
- гасна турбина са рекуперацијом топлоте,
- мотор са унутрашњим сагоревањем (Otto или Diesel),
- гасне микротурбине,
- стирлингове машине,
- горивне ћелије,
- парни мотори,
- органски Ранкинови циклуси,

- било који други тип, или комбинација raznih технологија;
- električni generator (sinhroni, retko asinhroni);
- sistem za rekuperaciju toplote (kotlovi - uтилизатори);
- sistem upravljanja.



Слика 26. Концептуална шема когенерацијског постројења

Парна турбина припада групи топлотних мотора, попут мотора са унутрашњим сагоревањем, који претварају топлотну енергију у механички рад.

Парне турбине се користе у комбинованим процесима у различитим комбинацијама, али по правилу уз гасну турбину и додатке за додатно ложење и производњу паре високог притиска, а резултат је већа електроенергетска карактеристика и већа делотворност целог постројења. Степен искоришћења горива за производњу електричне енергије досеже 52 %.

Висок степен искоришћења постројења, велика снага, велики однос снаге према маси мотора, сигурност у погону, висок степен аутоматизације неки су од разлога због којих парна турбина и данас заузима водеће место у производњи електричне енергије.

У конвенционалним парним електранама пара високог притиска експандира у парној турбини и као пара ниског притиска одлази у кондензатор. Када се парне турбине користе као когенерацијска технологија, пара се може користити директно за потребе процеса у индустрији или се може преко измењивача топлоте даље користити за грејање у домаћинствима.

Код когенерације гасне турбине се користе за подручје снаге од 1,6 до 10 (MWe). Имају лошију електроенергетску карактеристику у односу на моторе, али зато имају бољу топлотну карактеристику.

Могуће су многе варијанте когенерацијских постројења с гасним турбинама које се прилагођавају разним енергетским конзумима, као што су:

- когенерацијско постројење с гасном турбином и апсорпцијским расхладним уређајем,
- когенерацијско постројење с гасном турбином и додатним ложењем,
- когенерацијско постројење с гасном и парном турбином (комбиновани процес).

Основне карактеристике гасних турбинских когенерација су следеће:

- користе се при већим снагама; 1,6 до 10 (MW)е,
- имају нижу електроенергетску карактеристику,
- имају већу топлотну карактеристику у односу на моторе,

- специфична потрошња горива по јединици енергије већа је него код мотора,
- троши више горива с регулацијом оптерећења по јединици енергије него мотор,
- снага уређаја се мења с променом околне температуре,
- раде се у пакетној (контејнерској) изради.

Мотори с унутрашњим сагоревањем су топлотни мотори код којих се топлота претвара у механички рад. То се постиже одвијањем неког топлотног процеса унутар неког механичког система.

Мотори с унутрашњим сагоревањем се у когенерацијским постројењима могу користити као:

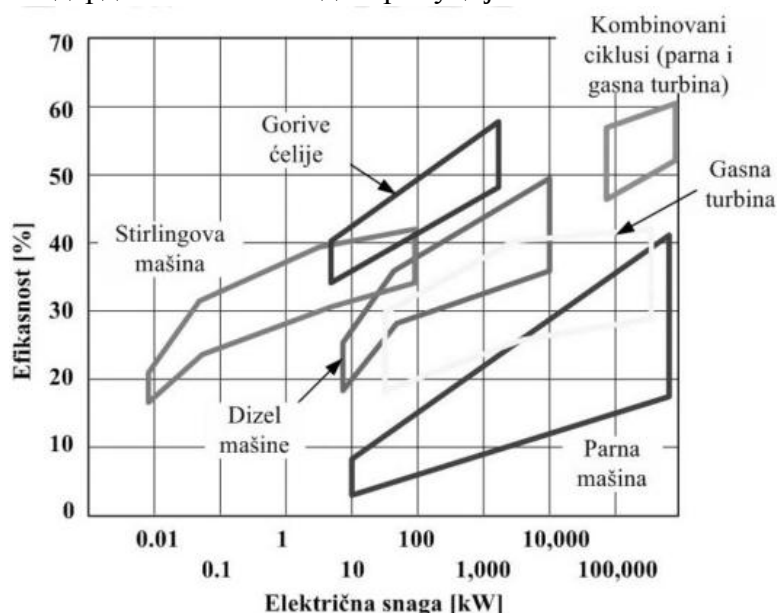
- гасни мотори (Otto),
- дизелски мотори,
- гасно-дизелски мотори.

Према броју обртаја мотори могу бити:

- спороходни 80-300 о/мин,
- средњоходни 450-1000 о/мин,
- брзоходни 1200-3000 о/мин.

Код стандардних когенерација највише се користе брзоходни мотори.

Код дуалног моторног погона (гас-дизелско гориво) основно гориво је гас, а дизелско гориво се додаје у износу од 3 до 15 %, што омогућава лакше паљење јер природни гас захтева вишу температуру паљења него дизелско гориво. Гасни мотори су најприхватљивији когенерацијски уређаји са аспекта гасних дистрибутивних мрежа, јер не захтевају посебне притиске гаса у мрежи и могу се снабдевати са стандардним токовима дистрибуције гаса.



Слика 27. Поређење ефикасности и снаге појединих когенерацијских технологија

3.4. Подручја примене когенерационих постројења

Према Директиви ЕУ (бр. 2004/8/ЕС), постоје следеће четири основне категорије примене когенерације:

- мала когенерациона постројења, која се уз производњу електричне енергије обично користе за грејање воде и загревање простора у зградама. Она се базирају на стабилним моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС) са електричним паљењем;
- велика когенерациона постројења, обично придружена производњи паре у великим зградама, која се базирају на СУС моторима са компресионим паљењем, парним или гасним турбинама;
- велики когенерациони системи за даљинско грејање („District heating”) у околини термоелектрана или великих постројења за спаљивање отпада, са рекуператорима, који снабдевају топлотом локалну мрежу за грејање;
- когенерациона постројења, која се снабдевају примарном енергијом из обновљивих извора, малих или великих капацитета.

Величина когенерационих система може варирати у широком спектру снаге од свега неколико kW до неколико стотина kW, што их чини прилагодљивима широком спектру захтева потрошача. Најприкладнији објекти за примену когенерације су они код којих се топлотна енергија троши континуирано, дужи временски период током дана, недеље, односно године. Прикладни су и у случајевима када постоје разна отпадна горива (дрвни остаци, биогаз, ...), која се могу користити као примарни енергент.

Најчешћу примену имају у индустрији где се користе за производњу паре различитих параметара која се затим користи као топлота у технолошком процесу и у оним индустријама у којима током технолошког процеса настаје отпад који се може користити као примарно гориво. Когенерациона постројења могу се користити и за подмирење енергетских потреба у пољопривредном сектору. Подразумева се потрошња електричне и топлотне енергије у разним технолошким процесима прераде и производње прехранбених производа као што је нпр. загревање стакленика.

У сектору опште потрошње, прикладни објекти за примену когенерационих постројења су они у којима се истовремено користе различити облици енергије (електрична, топлотна, расхладна) и за које је континуирано снабдевање енергијом од пресудног значаја.

Потрошња енергије за грејање и кондиционирање ваздуха чини најзначајнији део топлотне енергетске потрошње. Зависно од намене објекта и климатских услова, хлађење може учествовати с већим уделом у укупној енергетској потрошњи за грејање и климатизацију. С порастом животног стандарда за очекивати је континуиран пораст тог сегмента потрошње. Потрошњу енергије, осим за грејање, чини углавном потрошња електричне енергије која се у зградама користи за освету, погон различитих уређаја и инструмената, електромоторне погоне, хлађење, кондиционирање ваздуха и вентилацију. Потрошњу електричне енергије можемо рашчланити на потребе које су условљене сезонским променама (хлађење и кондиционирање ваздуха) и потребе које су континуиране током године и независне од сезонских промена (освета, вентилација, моторни погон, рачунарска опрема, лифтови, кухиња, санитарни уређаји...).

3.5. Економичност когенерационих постројења

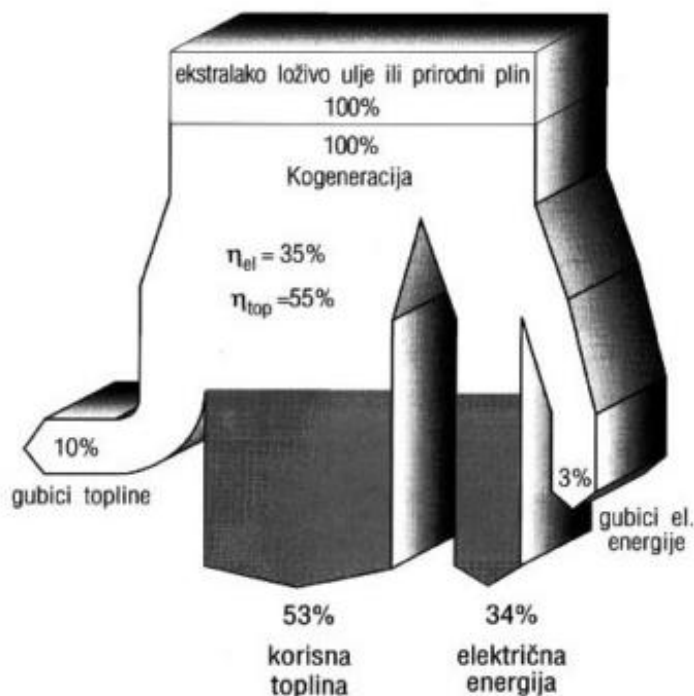
Когенерациони процеси се најчешће разматрају због своје високе енергетске

ефикасности и због смањеног штетног утицаја на окружење у односу на конвенционалне системе. Због релативно смањене потрошње горива, смањује се цена производње енергије, што указује на оправдано коришћење таквих процеса у управљању енергијом. Уколико се из произведене топлотне енергије реализује и производња расхладне енергије, економичност когенерационог постројења постаје још већа.

Когенерациони процес је најефикаснији када покрива основно топлотно и електрично оптерећење и остварује што већи број сати рада годишње.

Улагања у системе когенерације укључују цену когенерационог постројења, електричну опрему потребну за прикључак на мрежу, прилагођење постојећег система и потрошача топлотне енергије, систем за хлађење и вентилацију погонског агрегата, систем за коришћење испусних гасова и остале трошкове инсталације и монтаже који подразумевају инжењеринг и финансијске услуге. На исплативост когенерационог постројења највише ће утицати трошак примарног енергента, односно горива, и цена електричне енергије. Трошкови горива директно зависе од врсте коришћеног горива и карактеристикама погонског агрегата, стога представљају најзначајније погонске трошкове који могу достићи и до 80 % укупних трошкова.[6]

Инсталирање когенерационих постројења има смисла и економично је само у случају када постоји потрошња свеукупне произведене топлоте из спрегнутог процеса. Стога примену когенерационих постројења треба везивати уз концепте примене одведене топлоте, односно процеса где се одведена топлота користи или за производњу паре или вруће воде (грејање затворених базена, спортских центара, болница, школа, стамбених насеља, зграда, итд.) или за производњу охлађене воде за процесе хлађења помоћу апсорпционих хладњака или за производњу паре и топлоте неопходне за технолошке процесе у процесу сушења (сушење грађевинског материјала, биља, ...).



Слика 28. Когенерацијски процес енергије

Анализа економичности когенерационог постројења почиње поређењем економичности производње топлотне и електричне енергије у когенерационом постројењу с директном производњом топлотне енергије у сопственој котларници и набавком електричне енергије из централизованог електроенергетског система. Анализу потенцијала за примену когенерационих система треба усмерити на економичност погона и у сваком појединачном случају доказати да такво постројење ради економично, тј. кориснику ствара мање трошкове него уобичајено одвојено снабдевање електричном енергијом и топлотом. Такође, при димензионисању когенерационог постројења тежи се да се с минимумом инсталиране снаге постигне максимум користи.

4. БАЗА ПОДАТАКА О КОМУНАЛНИМ ДЕПОНИЈАМА И ПОСТРОЈЕЊИМА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

База података је скуп међусобно повезаних података, који су истовремено доступни разним корисницима и апликацијским програмима а смештени су у спољну меморију рачунара. Убацивање, промена, брисање и читање података обавља се помоћу заједничког софтвера.

Систем за управљање базом података је сервер базе података. Он обликује физички приказ базе података у складу са логичком структуром и обавља све операције са подацима у име клијента. Исто тако води рачуна о сигурности података и аутоматизује административне послове са базом.

Базе података представљају виши ниво рада са подацима у односу на класичне програмске језике.

Одлагање чврстог отпада представља велики еколошки проблем. Чврсти отпад загађује комплетну животну средину тј. све њене значајне компоненте: ваздух, земљиште, подземне и надземне воде.

Проблем одлагања чврстог отпада и његово правилно неутралисање није адекватно решено на нашим подручјима те је потребно подузети адекватне мере за потпуно неутралисање непланског одлагања чврстог отпада.

Из наведених разлога видимо да је потребно начинити одговарајућу базу података која би била полазна основа контролисања одлагања чврстог отпада и омогућавања његовог санитарног депоновања у циљу заштите животне средине.

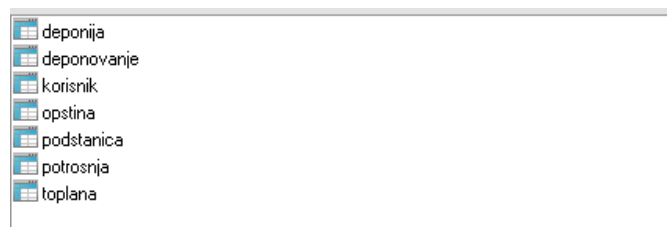
За потребе овог рада спроведено је ажурирање базе података о комуналним депонијама на нивоу Републике Србије. Ова база је формирана зарад увида у стање генерисаног отпада на нивоу целе Србије подељено по општинама и интензитета раста депонованог отпада на годишњем нивоу. Такође добијамо и количину гаса који се генерише на годишњем нивоу на свакој од депонија.

База садржи податке са све регионе у Србији који су затим подељени на општине. Дати су подаци за сваку општину као што су број становника, површина, координате, средња годишња температура, просечна вредност падавина, брзина ветра као и подаци о количини отпада од године оснивања депоније па до данас.

Сви ови подаци потребни су нам да би се извршио прорачун замене постојећег енергента депонијским гасом.

4.1. Израда базе података за логистичку подршку

Подлоге за формирање базе података се у овој фази састоје од низа повезаних табела (Слика 29.).



Слика 29. Изглед базе података и табеле

Модул за додавање нове општине

Ова база састоји се из пет региона у Србији:

- Београд
- Војводина
- Шумадија и западна Србија
- Јужна и источна Србија
- Косово и Метохија

Сваки од ових региона подељен је на општине које се у базу убацују помоћу овог модула. Модул састоји се из две странице. Прва страница има форму у који се уносе подаци које уписује корисник. Друга страница уписује те податке у базу података информационог система.

Прва страница има два могућа изгледа:

- а) Изглед се односи на страницу кад њој приступа лице које се пре тога није логовало на систем (Слика 30.)

Слика 30. Изглед странице а

- б) Други изглед странице је изглед који је прилагођен кориснику који се пријавио (Слика 31.)

Слика 31. Изглед странице б

Скрипта у позадини прихвата податке које је унео корисник и уписује те податке у базу. Сви подаци се из безбедносних разлога прослеђују POST методом.

Страница „Србија“ (Слика 32.) је главна страница информационог система. Страница садржи flesh додатак који служи за навигацију и прелазак на страницу „Регион“.



Слика 32. Страница Србија

Кликом на општину за коју желите податке прелази се на страницу „Регион“. Свака општина има линк где се на крају линка налази ID општине који прихвата скрипта на страници регион, и на основу тог ID испишује податке о општини.

На Слици 33 дат је поступак за избор региона у оквиру мапе Србије.



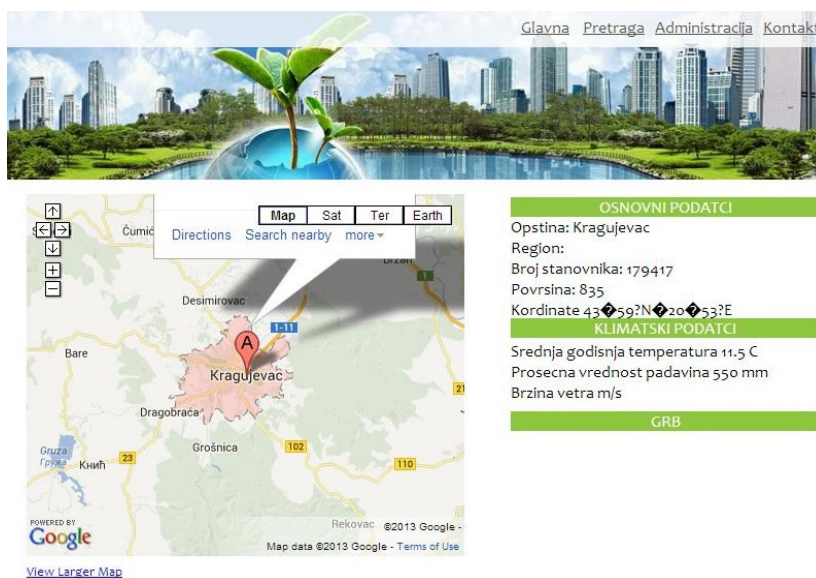
Слика 33. Избор региона у оквиру мапе Србије

На свакој општини урађена је регија која омогућује додавање скрипте. На Слици 34 дат је поступак за избор општине у оквиру региона Србије.



Слика 34. Избор општине у оквиру региона Србије

Кликом на регион одлази се на наведену УРЛ адресу. Страница „Регион“ на основу УРЛ адресе исписује податке о општини из базе података (Слика 35.).



Слика 35. Страница општина

На слици 35. видимо податке за град Крагујевац као што су број становника, површина, координате, средња годишња температура, просечна вредност падавина, брзина ветра. На слици 36 можемо видети и податке о депонији као што су година оснивања, површина, запремина и висина депоније. У оквиру израде овог рада извршено је ажурирање постојеће базе свим претходно набројаним подацима, за сваку општину у Србији. Постоје и подаци о грејању општине и отпадним водама који овом приликом нису унети у базу.

[View Larger Map](#)

PODACI O DEPONJI	
Površina: 835	Zapremina: 2129803
Visina: 15	Godina osnivanja: 1980
 	
Količina deponijskog otpada: Prosječna vrednost deponvanog otpada godišnje:	
Deponijski gas:	
PODACI O GREJANJU OPштINE	
Naziv toplane: Broj podstanica: Prosječna snaga podstanica: Ukupna snaga podstanica:	
Potrošnja gasa za grejnu sezonu: Potrošnja mazuta za grejnu sezonu: Potrošnja uglja za grejnu sezonu:	
PODACI O OTPADNIM VODAMA	

Слика 36. Страница са подацима о општини

Кликом на одговарајући линк долазимо на страницу на којој су приказани подаци и генерисаној количини отпада од године оснивања (Слика 37.).



1970	38200
1971	38600
1972	39000
1973	39400
1974	39800
1975	40200
1976	40600
1977	41000
1978	41400
1979	41800
1980	42200
1981	42600
1982	43000
1983	43400
1984	43800
1985	44200
1986	44600
1987	45000
1988	45500
1989	46000
1990	46500
1991	47000
1992	47500
1993	48000
1994	48500
1995	49000
1996	49500
1997	50000
1998	50500
1999	51000
2000	51500
2001	52000
2002	52500
2003	53000
2004	53500
2005	54000
2006	54500
2007	55000
2008	55600
2009	56200
2010	56800
2011	57400
2012	58000
2013	58600

OSNOVNI PODATCI O DEPONJI

Opština : Kragujevac

Region :

Naziv : Kragujevac

KARAKTERISTIKE DEPONJE

Visina deponije : 15

Zapremina deponije : 2129803

Površina deponije : 14,2

UNOS NOVOG PODATKA

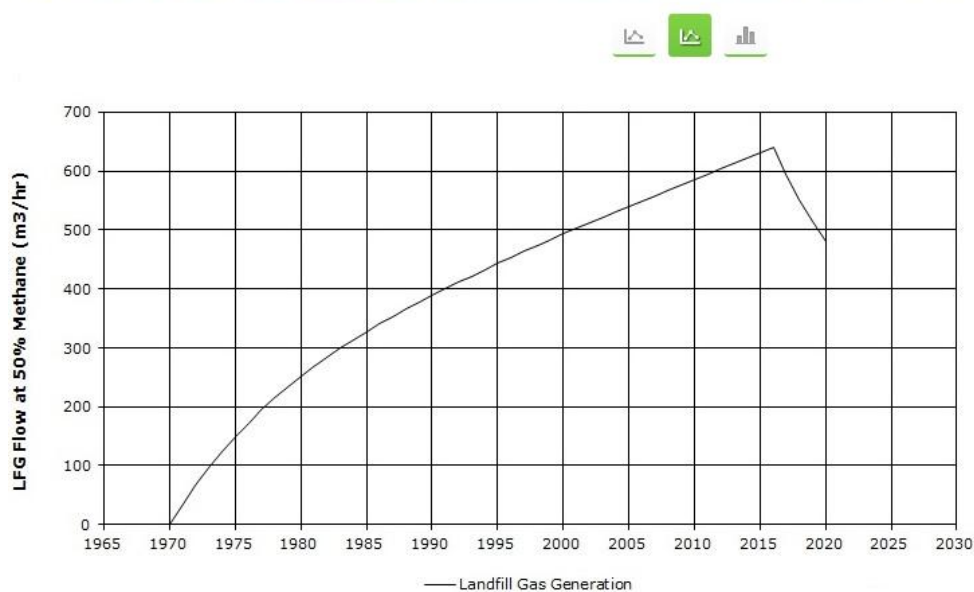
Godina

Količina

Unesi podatak u bazu

Слика 37. Страница са подацима о генерацији отпада по годинама

На основу унетих података за количине депоноваг отпада и количине генерисаног депонијског гаса добијамо дијаграм приказан на слицу 38. Дијаграм показује тренд раста количине генерисаног депонијског гаса од године оснивања депоније.



Godina	Deponovano	Ukupno	Gas
1970	38200	38200	0
1971	38600	76800	35
1972	39000	115800	67
1973	39400	155200	97
1974	39800	195000	124
1975	40200	235200	149
1976	40600	275800	173
1977	41000	316800	194
1978	41400	358200	214
1979	41800	400000	233
1980	42200	442200	251
1981	42600	484800	268
1982	43000	527800	284
1983	43400	571200	299
1984	43800	615000	313
1985	44200	659200	327
1986	44600	703800	340
1987	45000	748800	353
1988	45500	794300	365
1989	46000	840300	377
1990	46500	886800	388
1991	47000	933800	400
1992	47500	981300	411
1993	48000	1029300	422
1994	48500	1077800	432
1995	49000	1126800	443
1996	49500	1176300	453
1997	50000	1226300	463
1998	50500	1276800	473
1999	51000	1327800	483
2000	51500	1379300	493
2001	52000	1431300	502
2002	52500	1483800	512
2003	53000	1536800	521
2004	53500	1590300	531
2005	54000	1644300	540
2006	54500	1698800	549
2007	55000	1753800	558
2008	55600	1809400	567
2009	56200	1865600	576
2010	56800	1922400	585
2011	57400	1979800	594
2012	58000	2037800	604
2013	58600	2096400	613

Слика 38. Дијаграм зависности количине генерисаног депонијског гаса по годинама

Са енергетског и еколошког аспекта, прикупљање и чување података у базама података о локацијама и когенерационом потенцијалу Републике Србије омогућава истраживачима и инжењерима комфорнији приступ информацијама као и помоћ у решавању неких од проблема и то:

- Анализа когенерационог потенцијала за градњу одговарајућег когенерационог постројења.
- Дефинисање еколошких аспеката на ширем подручју.
- Одређивање локација за градњу когенерационих постројења.

5. ПРИМЕНА МОДЕЛА НА ГРАД КРАГУЈЕВАЦ. ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКО – ЕКОНОМСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ЗАМЕНЕ ПОСТОЈЕЋЕГ ЕНЕРГЕНТА ДЕПОНИЈСКИМ ГАСОМ

На основу базе података, описане у претходном делу рада, дошли смо до информација о комуналним депонијама на територији Републике Србије. Добијени су подаци о количинама депонованог отпада од године оснивања депонија па до данас у свим општинама у Србији. Такође су добијени подаци о количинама генерисаног гаса на депонијама. Претходна база података користила нам је при процени замене постојећег енергента депонијским гасом.

Постоји више софтвера које смо могли користити за потребе овог рада а међу њима се истиче програм „RETScreen“, програм који смо ми користили при нашем прорачуну.

Програм „RETScreen“ је бесплатан софтверски пакет развијен од стране владе Канаде, који се бави пројектима чисте енергије и обухвата програме „RETScreen 4“ и „RETScreen Plus“. За овај пројекат је коришћен модел „RETScreen 4“.

„RETScreen 4“ је програм базиран на „Microsoft Excel“ - у и задатак му је да помогне пројектантима око техничких и финансијских анализа око пројеката из области обновљивих извора енергије. Сам програм је подељен у неколико корака анализе, у зависности од одабраног модела анализа.

Модел анализе који је коришћен у овом раду је „model 2“ и састоји се од следећих анализа:

- почетна страна,
- мрежа и оптерећење,
- енергетски модел,
- анализа трошкова,
- анализа емисије,
- финансијска анализа,
- анализа ризика (није коришћено у овом пројекту),
- алати

5.1. Мрежа и оптерећење

У картици „Мрежа и оптерећење“ се уносе подаци о објекту за који се пројектује жељени систем, као и подаци о потрошњи енергије датог објекта (Табела 4.)

Картица се састоји из два дела:

- пројекат грејања,
- енергетски пројекат

Табела 4. Тражени и унети подаци у картици „Мрежа и оптерећење“ за пројекат грејања

Површина за грејање	m ²	20.000
Број зграда у кластеру зграде	зграда	250
Тип горива	t	угаљ
Сезонска ефикасност	%	50%
Прорачун оптерећења грејања		
Оптерећење грејања за зграду	W/m ²	120
Основна потреба домаћинства за загревањем топле воде	%	13%
Укупно грејање	MWh	5.386
Укупно максимално грејно оптерећење	kW	2.400
Потрошња горива - годишња	t	1151
Цена горива	€/t	130,000
Трошкови горива	€	149.676
Мере ефикасности енергије крајњег коришћења	%	12%
Максимално нето грејно оптерећење	kW	2.112
Нето грејање	MWh	4.740

У табели 5 је приказана месечна потрошња електричне енергије на годишњем нивоу у делу за енергетски пројекат у делу карактеристика основног случаја оптерећења.

Табела 5. Месечна потрошња електричне енергије на годишњем нивоу у картици „Мрежа и оптерећење“ за пројекат струје

Месец	Јединица	Снага бруто средње оптерећење
Јануар	kW	1.320
Фебруар	kW	1.440
Март	kW	1.560
април	kW	1.680
Мај	kW	1.800
Јун	kW	1.860
Јул	kW	1.860
Август	kW	1.800
Септембар	kW	1.680
Октобар	kW	1.560
Новембар	kW	1.440
Децембар	kW	1.320

После унетих података о потрошњи, програм је сам израчунао нето просечне снаге за електричну енергију и грејање, а резултати су приказани табели 6.

Табела 6. Преосечна нето снага за електричну енергију и грејање

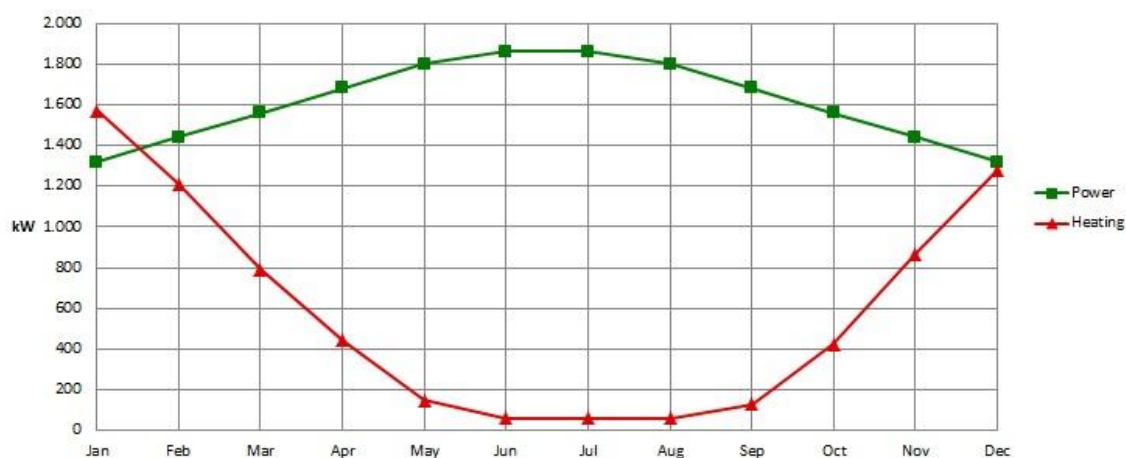
Снага нето средње оптерећење kW	Грејање средње оптерећење kW
1.320	1.569
1.440	1.212
1.560	790
1.680	445
1.800	150
1.860	61
1.860	61
1.800	61
1.680	131
1.560	427
1.440	870
1.320	1.280

После унетих вредности приказаних у табели 5, потребно је унети проценат за колико је могуће прећи максимално задато месечно оптерећење, које износи 10%. Након унетих 10%, добија се годишње максимално оптерећење, приказано у табели 7.

Табела 7. Максимално годишње оптерећење за струју и грејање

Бруто оптерећење снаге [kW]	Средње нето оптерећење за снагу [kW]	Средње оптерећење за грејање [kW]
2.046	2.046	2.400

Након унетих и добијених вредности, добија се дијаграм карактеристика оптерећења система основног случаја.

**Дијаграм 1.** Дијаграм карактеристика оптерећења система основног случаја

5.2. Енергетски модел

Као део РЕТСцреен софтвера, картица „Енергетски модел“ представља резиме система предложеног случаја (тип горива, потрошња горива, капацитет и испоручена енергија), базиран на карактеристикама система и прорачунима из картице „Мрежа и оптерећење“. Резултати су приказани у мегават-часовима [MWh], ради лакшег упоређивања технологија и горива.

Радни лист „Енергетски модел“ се састоји из два дела:

- предложени случај енергетског система,
- системске карактеристике предложеног случаја.

У наредној табели су приказане вредности за предложени случај енергетског система.

Табела 8. Предложени случај енергетског система

Селекција система		Основно оптерећење система	
Основно оптерећење снаге система			
Технологија	Клипни мотор		
Расположивост	h	5.000	57.1,%
Метод одабира горива	Једно гориво		
Тип горива	Депонијски гас		
Цена горива	€/m³	0,000	
Клипни мотор			
Капацитет снаге	kW	1.000	55,5%
Минималан капацитет	%	45,0%	
Електрична енергија достављена оптерећењу	MW _x	5.000	40,1%
Проток топлоте	kJ/kWh	10.000	
Ефикасност опоравка грејања	%	45,0%	
Потребно горива	GJ/h	10,0	
Капацитет грејања	kW	800,0	37,9%

Предложени систем би радио 5000 h годишње што значи да не би радио током целе године. У летњем периоду корисници би потребну електричну енергију узимали из електро мреже. То је урађено да не бисмо имали велике количине произведене отпадне топлоте. У случају да ту топлоту можемо да продамо постројење би без проблема могло да ради током целе године.

У наредној табели су приказане вредности системских карактеристика предложеног случаја.

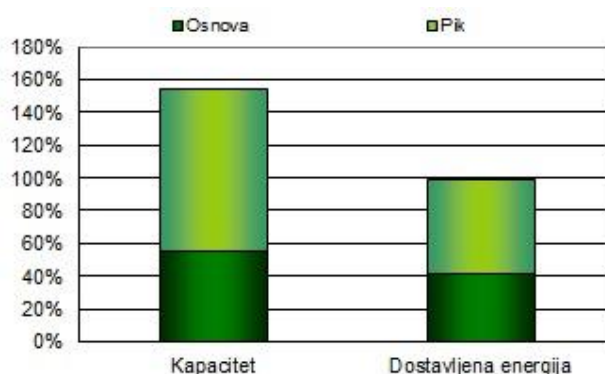
Табела 9. Системска карактеристика предложеног случаја за снагу

Основно оптерећење снаге система			
Технологија	Клипни мотор		
Оперативна стратегија	Излаз капацитета пуне снаге		
Капацитет	kW	1.000	55,5%
Електрична енергија достављена оптерећењу	MWh	5.000	40,1%
Електрична енергија достављена мрежи	MWh	0	

Максимално оптерећење снаге система			
Технологија	Електрична енергија мреже		
Предложени капацитет	kW	1.800,5	
Капацитет	kW	1.801	100,0%
Електрична енергија достављена оптерећењу	MWh	7.472	59,9%

У делу за капацитет је потребно унети вредност добијену у предложеном капацитету, у супротном се неће постићи максимално оптерећење.

У дијаграму 2, тамно-зеленом бојом је обележено основно оптерећење, док светло-зелена представља максимално оптерећење. У показатељу, који се налази на левој страни дијаграма, представљен је капацитет система, док је у десном представљена достављена енергија.



Дијаграм 2. Дизајн дијаграма система

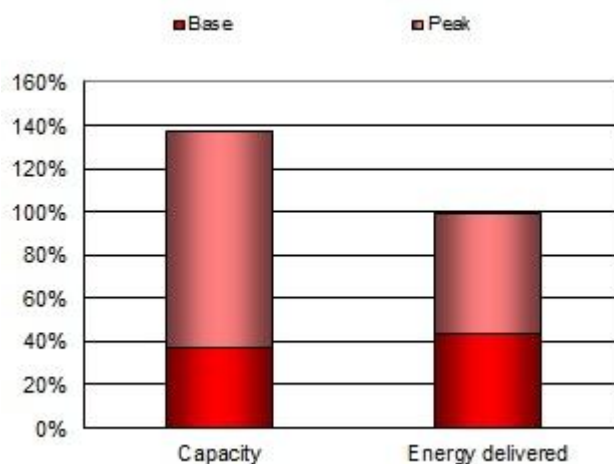
Табела 10. Системска карактеристика предложеног случаја за топлоту

Основно оптерећење система за грејање			
Технологија	Клипни мотор		
Капацитет	kW	800,0	37,9%
Достављена топлота	MBh	2.119	44,7%
Међу оптерећење система за грејање			
Технологија		Није захтеван	
Максимално оптерећење система за грејање			
Технологија		Бојлер	
Тип горива		Природни гас - m³	
Проток горива	€/m³	0,420	
Предложени капацитет	kW	2.112,0	
Капацитет	kW	2.113	100,0%
Достављена топлота	MBh	2.621,1	55,3%

У делу за капацитет је потребно унети вредност добијену у предложеном капацитету, у супротном се неће постићи максимално оптерећење.

Подаци о произвођачу, сезонској ефикасности и помоћном топлотном систему, нису унети у табелу јер нису потребни за овај рад.

У дијаграму 3, тамно-црвеном бојом је обележено основно оптерећење, док светло-црвена представља максимално оптерећење. У показатељу, који се налази на левој страни дијаграма, представљен је капацитет система, док је у десном представљена достављена енергија



Дијаграм 3. Дизајн дијаграма система

Табела 11. Табела резимеа предложеног случаја система

Преглед система предложеног случаја	Тип горива	Потрошња горива - јединица	Потрошња горива	Капацитет (кW)	Испоручена енергија (MWx)
Снага					
Основно оптерећење	Депонијски гас	m ³	2.696.872	1.000	5.000
Максимално оптерећење	Електрична енергија	MWh	7.472	1.801	7.472
			Укупно	2.801	12.472
Грејање					
Основно оптерећење	Повраћена топлота			800	2.119
Максимално оптерећење	Природни гас	m ³	0	2.113	2.621
			Укупно	2.913	4.740

5.3. Анализа трошкова

Задатак радног листа „Анализа трошкова“ је да помогне пројектанту око процене крајњих трошкова пројекта. Подаци који се уносе су трошкови извођача радова, обука радника, сервисирање, уградња постројења итд..

У наредним табелама (тебеле 12, 13 и 14) ће бити представљене цене инсталације когенерацијског постројења.

Табела 12. Табела почетних трошкова

Почетни трошкови (кредити)	Јединица	Количина	Трошкови јединице	Количина	Релативни трошкови
Студија изводљивости					
Студија изводљивости	трошак	1	€ 200.000	€ 200.000	
Сума				€ 200.000	13,8%
Развој					
Развој	трошак	1	€ 10.000	€ 10.000	
Сума				€ 10.000	0,7%
Инжењеринг					
Инжењеринг	трошак	1	€ 500.000	€ 500.000	
Сума				€ 500.000	34,5%

Табела 13. Трошкови система за производњу енергије

Систем за производњу енергије					
Основно оптерећење - Клипни мотор	kW	1.000,00	€ 425	€425.000	
Максимално оптерећење - Електрична енергија мреже	kW	1.801,00		€ -	
Израда друма	km	5	€ 300	€ 1.500	
Линија преноса	km			€ -	
Потстаница	пројекат	1	€ 50.000	€ 50.000	
Мере енергетске ефикасности	пројекат	1	€ 15.000	€ 15.000	
Сума				€ 490.000	33,9%

Табела 14. Трошкови камате, едукације и непредвиђени трошкови

Едукација и овлашћивање	п-д	1	€ 10.000	€ 10.000	
Непредвиђени трошкови	%	10,0%	€ 1.315.650	€ 121.150	
Камата током изградње		3 месеца	€ 1.447.215	€ -	
Сума				€ 141.565	9,8%
Укупни почетни трошкови				€ 1.447.215	100,0%

5.4. Финансијска анализа

На основу унетих вредности у радним листовима, у радном листу „Финансијска анализа“ су дати крајњи финансијски резултати пројекта који су представљени у наредним табелама (табеле 15, 16, 17, 18).

Табела 15. Табела финансијских параметара

Финансијски параметри		
Општи		
Степен раста трошкова горива	%	2,0%
Степен инфлације	%	8,0%
Износ попушта	%	10,0%

Век трајања пројекта	год.	15
----------------------	------	----

У табели 15 су вредности које су подложне варирању током времена и означавају максимални процената мењања.

У наредним табелама (табеле 16, 17 и 18) су представљени извештаји о трошковима и уштедама / приходима пројекта.

Табела 16. Табела о почетним трошковима и годишњим уштедама и приходима

Почетни трошкови				
	Студија изводљивости	13,8%	€	200.000
	Развој	0,7%	€	10.000
	Инжењеринг	34,5%	€	500.000
	Систем за производњу енергије	33,9%	€	490.000
	Грејни систем	7,3%	€	105.650
	Равнотежа система и остало	9,8%	€	141.565
	Укупни почетни трошкови	100,0%	€	1.447.215
Годишњи трошкови и отплата дуга				
	Трошкови горива - предложени случај		€	505.121
	Укупни годишњи трошкови		€	505.121
Годишња уштеда и приходи				
	Трошкови горива - основни случај		€	1.141.768
	Укупни годишњи приходи и уштеда		€	1.141.768

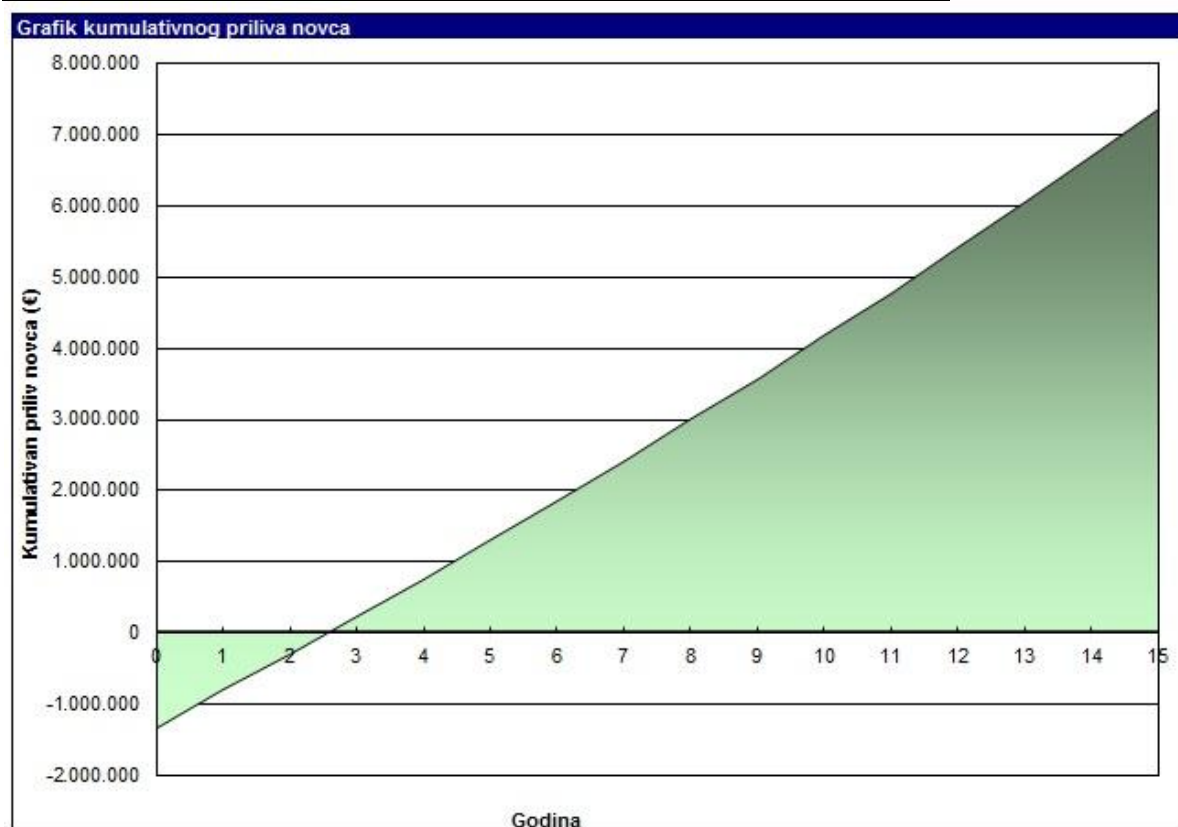
Табела 17. Табела финансијске одрживости

ИРР пре опорезивања - капитал	%	43,6%
ИРР пре опорезивања - имовина	%	43,6%
ИРР после опорезивања - капитал	%	39,3%
ИРР после опорезивања - имовина	%	39,3%
Једноставна отплата	год.	2,3
Повраћај капитала	год.	2,6
Нето садашња вредност (НПВ)	€	3.131.291
Годишња уштеда животног циклуса	€/год	411.683
Однос приход-и-трошкови		3,16

Табела 18. Табела о извештају о годишњем протоку новца

Година	Пре опорезивања	После опорезивања	Кумулативно
#	€	€	€
0	-1.447.215	-1.447.215	-1.447.215
1	609.502	548.551	-898.664
2	620.396	558.356	-340.308
3	631.404	568.263	227.956
4	642.520	578.268	806.224
5	653.738	588.364	1.394.588
6	665.050	598.545	1.993.133

7	676.446	608.802	2.601.935
8	687.919	619.127	3.221.062
9	699.456	629.510	3.850.572
10	711.046	639.942	4.490.514
11	722.677	650.409	5.140.923
12	734.332	660.899	5.801.821
13	745.997	671.397	6.473.219
14	757.653	681.888	7.155.107
15	769.282	692.354	7.847.460



Дијаграм 4. Дијаграм кумулативног протока новца и период отплате пројекта

На дијаграму 4 је приказан период отплате пројекта од 2,6 година.

6. ЗАКЉУЧАК

Квалитет животне средине зависи од квалитета основних чинилаца животне средине, а то су ваздух, вода и земљиште као и спољних фактора који загађују животну средину. Познато је да нагомилавање отпадних материјала органског порекла, који настају у току производних процеса у сточарству, пољопривреди, прехранбеној производњи, комуналној хигијени, представљају проблем савременог друштва и захтева ефикасна решења.

Правилно сакупљање и третирање комуналног чврстог отпада представља један од највећих изазова данашњице. Овај проблем има велики утицај на животну средину, те свака неправилност при сакупљању и третману може да има велике негативне последице. Једна од најзначајнијих је емисија метана (са депонија), који има 21 пута већи утицај на стварање ефекта стаклене баште од угљендиоксида. Дакле, коришћење комуналног чврстог отпада у енергетске сврхе има више позитивних ефеката и представља неминовност у савременим друштвима. Технологије за енергетску валоризацију комуналног чврстог отпада непрекидно се развијају и унапређују, с циљем постизања најповољнијих ефеката по заједницу и животну средину.

Успешно планирање система управљања отпадом зависи од прецизног предвиђања генерисања чврстог отпада. Околности предвиђања генерисања отпада у многим развијеним земљама се разликују од оних у развијеним земљама. Недостатак података и анализа везаних за комунални отпад у многим развијеним земљама доводе до недостатака потребних података за дугорочна планирања. Постоје бројни математички модели за предвиђање количине генерисања отпада, а конвенционалне методе за прогнозирање количине генерисаног отпада често користе демографске и друштвено економске факторе. Постојеће стање у општинама Србије карактеришу непоуздани и непотпуни подаци о количинама и саставу генерисања комуналног отпада, па за развој оваквог математичког модела код нас још увек не постоје потребни подаци. Зато је предвиђање извршено на основу модела генерисања отпада развијеног за земље ЕУ у коме је пораст генерисања MSW доведен у функцију са порастом броја становника и друштвеним бруто производом. Користећи постојеће податке и функционалне зависности за Европску Унију, аналогијом су изведене везе на основу података за Град Крагујевац и приказана је зависност количине генерисаног комуналног отпада у зависности од броја становника и животног стандарда.

Депоновани отпад генерише велике количине запаљивог и токсичног гаса. Када се на овај проблем погледа са техничке стране, депонијски гас је енергетски веома занимљив, јер би се његовим процесирањем могле добити велика количина топлотне и електричне енергије. Отуда, у овом раду је приказано идејно решење замене постојећег енергента депонијским гасом уз коришћење когенерације. С еколошке тачке гледишта, смањила би се емисија метана и угљен-диоксида у атмосферу, у еквивалентној количини, коју заплени приближно 420 000 ари борове и јелове шуме у току године. Оваквим третирањем депонијског гаса, смањила би се емисија гасова стаклене баште, као када би се са улица у току године склонило 8 500 аутомобила. Добијена електрична енергија задовољила би потребе за електричном енергијом приближно 250 домаћинстава. Детаљна техно-економска анализа и сагледавање инвестиционих трошкова постројења за третман и когенерацију депонијског гаса, указује да би се за решење једног од горућих проблема града Крагујевца, требало уложити доста новца. Инвестиција за изградњу овог постројења је на нивоу од око 1400000 еура. Економском анализом, која је представљена у раду, дошло се до закључка, да је пројекат суштински исплатив. Период отплате инвестиција био би 2,6 година.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Goran Vujić, Upravljanje čvrstim otpadom, Novi Sad, 2009.
- [2] Ilić M., Osnovi upravljanje čvrstim otpadom, Institut za ispitivanje materijala, Beograd, 1998.
- [3] Momčilović Dijana, Nakomčić-Smaragdakis Branka. Process of biogas production in waste water treatment plant. Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka 24(4). Novi Sad, 2012.
- [4] Kogeneracija u Srbiji – zasto se okleva?, Miodrag Mesarović i Milan Čalović, ELEKTRO – PRIVREDA , br. 2009.
- [5] Procesna i energetska efikasnost, Dragan S. Marković, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
- [6] Nacionalni izveštaj o kogeneraciji, Potencijal kogeneracije u Srbiji, Ministarstvo Nauke, 2007.