

**ПРИМЈЕНА АНАЛИЗЕ ТОКОВА МАТЕРИЈАЛА У ЕНЕРГЕТСКОМ СЕКТОРУ
APPLICATION OF MATERIAL FLOW ANALYSIS IN THE ENERGY SECTOR**Драган Стевановић, Немања Станисављевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ
ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

Кратак садржај У овом раду је дат приказ једног од проблема који је уско везан за сектор енергетике и сектор заштите животне средине, а то је производња електричне енергије у термоелектранама и управљање отпадом који настаје приликом производње. На самом почетку дат је опис електроенергетског система Србије, након чега следе одговори на питања везана за методу Анализа токова материјала, њен значај и могућности примјене у енергетици. У овом раду је такође представљен модел циркуларне економије.

Кључне речи: термоелектране, електрична енергија, циркуларна економија, заштита животне средине

Abstract This paper describes one of the problems that is closely related the energy sector and the environmental protection sector, namely the production of electricity in thermal power plants and the management of waste generated during production. At beginning, a description of the electric power system of Serbia is given, followed by answers to questions related to the Material Flow Analysis method, importance and possibilities of application in the energy sector. The circular economy model is also presented in this paper.

Keywords: thermal power plants, electricity, circular economy, environment protection

1. УВОД

Свјесни смо проблема са којима се сусреће савремено друштво и колико ти проблеми утичу на развој многих земаља. Свака земља се сусреће са овим проблемима на различите начине, гдје примјеном различитих стратегија покушавају ријешити исте. Такође треба имати у виду да се ствари на глобалном плану веома брзо мијењају, али и да су неки проблеми у директној повезаности. Као примјер директне повезаности проблема из различитих области јесте енергетски сектор и сектор заштите животне средине. Управо проблеми из претходно поменутих области су све тежи за ријешавање и све више изазивају пажњу стручњака из обе области. Поред иновативних ријешења у све већој мјери јесте употреба различитих метода и алата.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Немања Станисављевић, ред. проф.

Једна од метода која је наишла на широку примјену у области заштите животне средине јесте анализа токова материјала.

Због својих карактеристика ову методу је могуће користити при ријешавању проблема из области енергетике. У наставку рада следе одговори на питања као што су: шта је анализа токова материјала, шта нам омогућава, као и могућности примјене анализе токова материјала у енергетици.

2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ СРБИЈЕ

Енергетика јесте област која се бави производњом, преносом и дистрибуцијом енергије и енергената. Као облик енергије који се на глобалном плану највише користи и сматра се најквалитетнијим обликом енергије јесте електрична енергија. Због важности електричне енергије у наставку следи опис електроенергетског система Србије.

Електроенергетски систем представља скуп свих електрана и осталих елемената, који имају задатак да произведу електричну енергију и да је уз одговарајући квалитет и квантитет допреме до свих потрошача. Основни дијелови електроенергетског система су:

- Електране
- Трансформатори
- Разводно постројење
- Далеководи
- Дистрибутивна мрежа
- Електричне инсталације

Основни дио електроенергетског система јесу електране. Електрана је скуп грађевинских, машинских и електричних постројења у којима се снага енергетског извора претвара у електричну енергију. Према врсти извора који користе дијеле се на:

- Хидроелектране (енергија воде)
- Вјетроелектране (енергија вјетра)
- Соларне електране (енергија сунца)
- Електране на биогаз
- Термоелектране (фосилна горива)

Оно што треба нагласити јесте да се око 70% произведене електричне енергије у Србији добија из термоелектрана [1]. Имајући на уму њихову важност за електроенергетски систем у наставку рада је стављен акценат на термоелектране.

Термоелектране су енергетска постројења у којима се хемијска енергија фосилних горива претвара у топлотну енергију, а затим се топлотна енергија помоћу турбине претвара у механичку која се користи за покретање електричног генератора.

Термоелектране се у електроенергетском систему користе као основне електране које покривају непромјенив дио оптерећења. Сопствена потрошња термоелектране износи 7-10% назначене снаге електране [2].

2.1. Принцип рада термоелектране

Принцип рада термоелектрана се огледа у томе да се у ложишту у присуству ваздуха сагоријева гориво и производи топлотна енергија која загријава котао. Загријавањем воде у котлу добијамо водену пару која се користи за покретање турбине. За покретање турбине потребна је потпуно сува (сувозасићена) водена пара, па се за њено сушење користи предгрејач паре. Осушена пара се затим одводи у парну турбину, која покреће електрични генератор који на свом излазу даје електричну енергију.

Термоелектране се често граде као термоелектрано-топлане, ради бољег искоришћења енергије.

Основни дио савремене кондензационе термоелектране јесте блок. Блок се састоји из следећих дијелова:

- Котао
- Турбина
- Електрични генератор
- Електрични трансформатор

У термоелектрани може бити један или више блокова различитих снага. Поред основних дијелова постоји и додатна опрема, која је такође потребна за нормалан рад термоелектране. Додатна опрема може бити заједничка за више блокова. Цјелокупну опрему унутар термоелектране је могуће подијелити према технолошким операцијама на следеће функционалне цијелине:

- Котловски дио
- Напојни дио
- Турбински дио
- Кондензациони дио
- Топлификациони дио – за топлане
- Електрификациони дио

У наставку следи опис претходно наведених цијелина.

Како би термоелектрана функционисала како треба потребно је извршити адекватну припрему горива. Гориво у термоелектрани може бити чврсто, течено или гасовито. Као главно гориво у термоелектрани се користи угаљ, а као помоћно гориво се користи мазут, уколико је угаљ лошијег квалитета.

Сам транспорт угља се може вршити на различите начине: камионима, вагонима, бесконачним тракама итд. Затим се угаљ одлаже у предвиђено складиште, како би се створиле залихе за нормалан рад термоелектране у неком периоду у случају проблема са доставом угља. Угаљ се даље транспортерима води до котловских бункера, гдје се на путу до котловских бункера врши селекција угља, уклањање металних комада, узимање узорака итд.[3].

Угаљ даље иде у млин, гдје се прије самог процеса мљевања суши врелим гасовима из котла. Након мљевања кроз сеператор пролазе само чисте честице позната као угљена прашина и она се са ваздухом убацује у котао преко горионика.

Након извршене припреме горива следи процес сагоријевања. Процес сагоријевања се одвија у котловском постројењу, након што се припремљено гориво доведе до температуре паљења уз довођење ваздуха [3].

Сам процес сагоријевања се одвија у строго контролисаним условима.

Напојни дио термоелектране је од велике важности за правилан рад исте. Термоелектране користе велику количину воде, која у зависности од самог мјеста примјене има различит квалитет.

У термоелектранама се користи парна турбина. Под појмом парна турбина подразумјева се погонска машина у којој се топлотна енергија паре претвара у кинетичку енергију. А потом та енергија у механички рад у облику обртања ротора. У парним турбинама радни медијум је водена пара [4].

Као што је већ поменуто за рад термоелектране су потребне велике количине воде. Кондензовањем паре помоћу воде за хлађење смањује се притисак и температура излазне паре. Овим поступком се повећава термички и општи степен искоришћења парног постројења [2].

Кондензована вода позната под називом кондензат јесте дестилована вода која се кондензатним пумпама враћа у парни котао. Теоретски посматрано радни процес у термоелектрани је затворен, међутим одређени губици су неизбјежни. Долази до губитака паре и кондензата, што треба намирити деминерализованом водом [5].

У главне компоненте електроенергетског дијела термоелектране спадају:

- Турбина
- Генератор
- Трансформатор

Генератор јесте обртна машина, која претвара механичку енергију у електричну енергију. Принцип рада генератора се заснива на електромагнетној индукцији [6].

Трансформатор наизмјеничне струје могу бити једнофазни или трофазни. У електроенергетским системима се користе трофазни трансформатори, улога трансформатора јесте да врши промјену струјног и напонског нивоа електричне енергије без промјене фреквенције [7].

3. АНАЛИЗА ТОКА МАТЕРИЈАЛА У ТЕРМОЕЛЕКТРАНАМА

3.1. Анализа тока материјала

Анализа тока материјала јесте један од најшире прихваћених и коришћених алата у индустријско-еколошкој дисциплини, чији је основни задатак да мјери улазно-излазне материјале и испитује протоке и путање сваког материјала унутар система [8].

Управо због низа предности ова метода је наишла на примјену у области управљања отпадом, гдје су основни циљеви очување животне средине, очување здравља људи и очување природних ресурса. Метода анализе тока материјала узима у обзир разматрање „метаболичког“ система управљања отпадом, што

подразумјева праћење токова отпада и супстанци у оквиру модела за управљање отпадом. Такође је потребно извршити испитивање свих улаза и излаза у систему управљања отпадом, њихово вриједновање и поређење. Управо коришћењем анализе тока материјала остварује се комплетан приказ тока, трансформација, и коначног одлагања отпада и супстанци моделованим сценаријима управљања отпадом [9].

Имајући на уму претходно поменуте дефиниције, али и чињеницу да је у Србији активно осам термоелектрана у којима ради 25 блокова укупне снаге 5171 MW, урађена је анализа тока угља унутар четири термоелектране.

Термоелектрана „Никола Тесла А“ Обреновац је највећа термоелектрана у Србији са шест блокова инсталисане снаге 1765,5 MW. Ова термоелектрана је највећи појединачни произвођач електричне енергије у српском електроенергетском систему, гдје просјечно производи више од 8 милијарди kWh годишње.

Термоелектрана „Никола Тесла Б“ Ушће се налази 17 километара узводно од комплекса ТЕНТА. Има двије највеће енергетске јединице снаге од по 650 MW. У досадашњем раду блокова ова термоелектрана је поставила готово све рекорде у производњи, дужини непрекидног рада, сатном искоришћењу, ефикасности и економичности експлоатације.

Термоелектрана „Колубара“ Велики Црљени је саграђена у непосредној близини истоимених површинских копова, одакле се и снабдијева угљем. Са својих пет блокова инсталисане снаге 239 MW, била је својевремено највећи енергетски објекат у земљи. Прва два турбоагрегата од по 32 MW су пуштени у рад давне 1956. године.

Термоелектрана „Морава“ Свилајнац је пројектована за отпадне угљеве из јамске експлоатације. Као гориво троши лигнит, мрки и камени угаљ. Близина рудника, затим ријеке Мораве, те близина јаких конзумних чворова и постојећих далековода 110kV и 35kV били су пресудни за одабир ове локације.

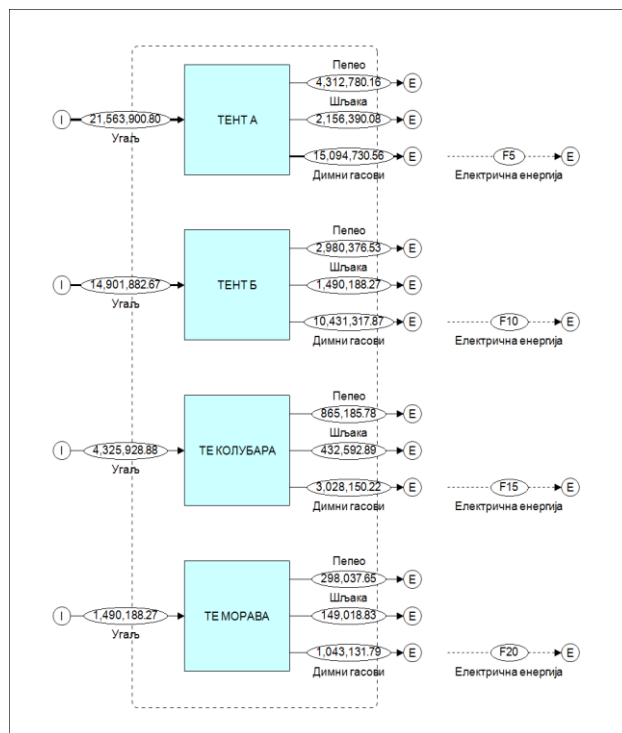
На слици 1. показана је обједињена анализа тока угља унутар претходно поменутих термоелектрана, која је урађена помоћу Stan софтвера.

На основу техничких карактеристика претходно поменутих термоелектрана добијене су излазне вриједности односно количине отпада које настају приликом производње. Отпад који настаје у термоелектранама се може подијелити на:

- Летећи пепео – представља fine честице које остају у димним гасовима након сагоријевања
- Шљака – крупније честице које у себи садрже трагове пијеска и шљунка, који због своје тежине падају на дно ложишта

Количина и састав отпада који настаје зависи од хемијских карактеристика угља који се сагоријева, типа ложишта итд.

Имајући у виду да је низом закона и уредби дозвољена употреба отпада из термоелектране као сировине је довело до тога да сам отпад добије употребну вриједност, што и јесте замисао циркуларне економије [10].



Слика 1. Укупан ток угља

4. ЦИРКУЛАРНА ЕКОНОМИЈА

Концепт циркуларне економије је дошао до изражаја 70-тих година прошлог вијека. Сам концепт је развијен као одговор на традиционалан концепт економије који је базиран на моделу „узми-направи-потроши-баци“. Управо овај модел одликује неефикасно трошење ресурса као и негативан утицај на животну средину. Тако за циркуларну економију можемо рећи да тежи максималном смањењу отпада, при чему би идеалан сценарио био нулта количина отпада која настаје у разним производним процесима [11].

Циркуларна економија своје темеље проналази у првом закону термодинамике, према коме је улаз материјала у систем једнак збиру излазног и акумулираног материјала. Да би систем био одржив потребно је, између осталог, смањити унос обновљивих или необновљивих ресурса и затворити циклус поновне употребе као и вршити рециклажу материјала, чиме се драстично редукује или елиминише отпад и губици при расипању [12].

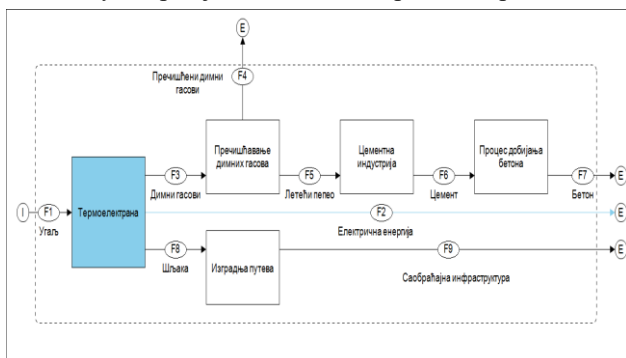
За циркуларну економију можемо рећи да је у складу са природом, представља област новијег датума, иако у развоју овај модел још није доминантан у пракси.

4.1. Циркуларна економија и управљање отпадом из термоелектрана

С обзиром да смо упознати са врстом отпада који настаје при производњи електричне енергије у термоелектранама, јавља се сасвим логично питање како њиме управљати. Сам отпад се разликује и

различитог је квалитета. Квалитет отпада зависи од квалитета угља чијим сагоријевањем је настао. Такође тип ложишта и технологија сагоријевања угља утичу на карактеристике отпада.

На слици 2. показан је блок дијаграм на коме је назначена могућа примјена отпада из термоелектрана.



Слика 2. Могућа примјена отпада

Отпад из термоелектране је могуће искористити у производњи цемента, бетона и саобраћајне инфраструктуре. Имајући у виду да је пепео и шљака нус-продукт сагоријевања тако за отпад из термоелектрана можемо рећи да је бесплатан материјал који може послужити за дијелимичну или потпуно замјену неких других материјала и тако остварити уштеду у ресурсима. Употребом отпада из термоелектрана утиче се на очување животне средине и том приликом се остварује одређена финансијска добит.

Оно што је најважније када је ријеч о могућој употреби пепела и шљакe као сировине јесу њихове карактеристике до којих се долази детаљним хемијским испитивањем у лабораторијским условима.

На основу претходно изреченог може се рећи да је итекако могућа употреба нуспроизвода односно отпада из термоелектрана али је потребно вршити периодична испитивања када је ријеч о квалитету отпада који директно утиче на могућу примјену и даље управљање истим.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу спроведеног истраживања и анализе прикупљених података може се закључити да су проблеми који муче данашњу генерацију веома велики али ријешиви. Такође је битно схватити колико су конкретно сектор енергетике и сектор заштите животне средине повезани. Једна од метода која је примјењива на проблеме из претходно поменутих области јесте анализа токова материјала.

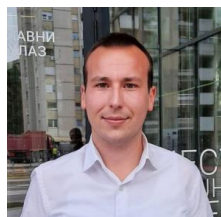
Битно је схватити да анализа токова материјала представља систематску процјену токова и залиха материјала унутар система дефинисаног у простору и времену. Како би одредили потенцијал отпада који настаје у термоелектрана урађена је анализа тока угља за четири активне термоелектране, гдје се на основу добијених вриједности да закључити да су у питању озбиљне количине отпада и исто тако велика могућност употребе отпада као сировине.

Конкретно отпад који настаје у термоелектранама, уколико испуњава одређене захтјеве, могуће је употрежити у изградњи саобраћајне инфраструктуре, у цементарама те за добијање бетона.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] 2024. Доступно на: Матична страница (eps.rs)
- [2] Милош Миланковић, Драгослав Перић, Ивана Влајић-Наумовска, „Основи електроенергетике“, Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду, 2016.
- [3] Немања Станисављевић, „Моделовање система за управљање отпадом примјеном анализе токова материјала“, Докторска дисертација, Универзитет Нови Сад, Нови Сад, 2013.
- [4] Д. Миличић, З. Миловановић, „Енергетске машине-парне турбине“, Машински факултет у Бања Луци, 2010.
- [5] З. Миловановић, „Термоенергетска постројења-Теоретске основе“, Машински факултет у Бања Луци, 2011.
- [6] 2024. Доступно на: Електрични генератор Википедија (wikipedia.org)
- [7] Е. Леви, В. Вучковић, В. Стрезоски, „Основи електроенергетике- 5. издање“, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2013.
- [8] 2024. Доступно на: Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions - ScienceDirect
- [9] 2024. Доступно на: Токови материјала | Cirkularna Ekonomija Srbije (circulareconomy-serbia.com)
- [10] Миодраг М. Животић¹, Драгослава Д. Стојиљковић², Александар М. Јововић, Владица В. Чудић³, „Могућност коришћења пепела и шљакe са депоније „Никола Тесла“ као отпада са употребном вриједношћу“
- [11] 2024. Доступно на: Cirkularna ekonomija: Savremeni koncept efikasne i održive ekonomije Digitalni repozitorijum Instituta ekonomskih nauka u Beogradu (bg.ac.rs)
- [12] Г. Вујић, Д. Убавин, Н. Станисављевић, Б. Батинић, „Управљање отпадом у земљама у развоју“, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2012.

Кратка биографија:



Драган Стевановић рођен је у Бијељини, 9. августа 2000. године. Средњу школу је завршио у Бијељини 2019. године. Исте године је уписао на Факултету техничких наука у Новом Саду, смјер Чисте енергетске технологије. Основне академске студије завршио је 2023. год. Контакт: draganstevanovic41@gmail.com



Др Немања Станисављевић је редовни професор на Факултету техничких наука у Новом Саду, на Катедри за инжењерство заштите животне средине. Његова професионална интересовања обухватају област системског управљања отпадом и анализе токова материјала са посебним акцентом на улогу и значај управљања отпадом у савременом друштву. Контакт: nemanjastanisavljevic@uns.ac.rs