

OCENJIVANJE POTENCIJALA GLOBALNOG ZAGREVANJA PRI UPRAVLJANJU KOMUNALNIM OTPADOM ZA OPŠTINU NOVI SAD**ASSESSMENT OF GLOBAL WARMING POTENTIAL IN MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT FOR THE MUNICIPALITY OF NOVI SAD**Slađana Jovanović, Boris Agarski, Dejan Ubavin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

Kratak sadržaj – U radu je izvršeno ocenjivanje uticaja upravljanja komunalnim otpadom za opštinu Novi Sad. Ocenjivanje je izvršeno korišćenjem metode ocenjivanja životnog ciklusa – LCA (engl. Life Cycle Assessment). Cilj rada je da se analizira uticaj različitih tretmana komunalnog otpada na potencijal globalnog zagrevanja - GWP (eng. Global Warming Potential), prema različitim scenarijima. Analizom rezultata utvrđeno je da najveći uticaj na GWP uglavnom ima komunalni otpad koji se odlaže na deponije i spaljivanje, a najmanji uticaj ima reciklaža.

Ključne reči: LCA, komunalni otpad, scenario

Abstract – In this work, the impact of municipal waste management for the municipality of Novi Sad was evaluated. The assessment was carried out using the Life Cycle Assessment method - LCA. The aim of the work is to analyze the impact of different municipal waste treatments on Global Warming Potential (GWP) according to different scenarios. Analyzing the results, it was determined that the biggest impact on GWP is mainly caused by municipal waste, which is disposed of in landfills and incineration, while recycling has the least impact.

Keywords: LCA, municipal waste, scenario

1. UVOD

Tematika upravljanja komunalnim otpadom zastupljena je u velikoj meri i u svetu, tome svedoče mnogi naučni radovi, kao i doktorske disertacije. Kao i mnoge naseljene urbane aglomeracije u Africi. Kinšasa, glavni grad Demokratske Republike Kongo, suočava se sa nekoliko izazova u upravljanju svojim eksponencijalno rastućim komunalnim čvrstim otpadom. Sa svojih 12.000.000 ljudi koji dnevno proizvode 7.800 tona čvrstog komunalnog otpada, grad se i dalje bori sa osnovnim uslugama kao što su sakupljanje otpada i sanitarna deponija. Upravljanje otpadom uzrokuje velike društvene, ekološke i zdravstvene probleme. U cilju doprinosu implementaciji boljeg sistema upravljanja u Kinšasi, studija ocenjuje uticaj na životnu sredinu i cenu postojećeg okvira upravljanja otpadom i predlaže 6 alternativnih scenarija [6].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Ubavin, red. prof.

Istraživanje sprovedeno u Turskoj ima za cilj da odredi ekološke aspekte manje uticajnog sistema upravljanja čvrstim komunalnim otpadom kroz LCA. Da bi se postigao navedeni cilj, studija kompozicije sprovedena je u Sakariji u Turskoj tokom jedne godine. Rezultati prvog koraka treba da se koriste kao pouzdan izvor podataka u uspostavljanju potpune slike ekoloških performansi sistema upravljanja čvrstim komunalnim otpadom sa perspektivom životnog ciklusa [7]. Cilj rada jeste da se primenom LCA analiziraju uticaji različitih tretmana komunalnog otpada na životnu sredinu prema 2 različita scenarija (scenario 0 i scenario 1).

2. OCENJIVANJE ŽIVOTNOG CIKLUSA

LCA, kao što i naziv sugeriše, predstavlja metodu za ocenjivanje proizvoda i proizvodnih procesa, sa aspekta uticaja na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa - od ekstrakcije sirovina, preko projektovanja, proizvodnje i distribucije, do primene i postupanja na kraju životnog veka. Radi se o procesu, u okviru kojeg se vrednuju kako potrošnja energije i materijala, tako i uticaj na zdravlje ljudi i stanje ekosistema u reprezentativnim fazama egzistencije proizvoda. U tome se LCA razlikuje od ostalih analiza, poput ocenjivanja uticaja na životnu sredinu – EIA (eng. Environmental Impact Assessment), vrednovanja rizika ili ekološkog audita, koje su usredsređene na delovanje proizvoda, procesa i službi na životnu sredinu, u određenoj fazi njihove egzistencije [8]. Prema ISO 14040 [9] LCA metoda se sastoji iz četiri faze, međusobno povezane kao što je prikazano na slici 1:

1. Definisanje cilja i predmeta;
2. Analiza inventara;
3. Ocenjivanje uticaja;
4. Interpretacija.

2.1. Alati za LCA

Za praktičnu primenu LCA koriste se alati koji služe kao podrška za rad sa velikom količinom informacija i podataka, za izračunavanje uticaja na životnu sredinu, kao i grafičku interpretaciju rezultata. U alate koji služe kao podrška za rad sa velikom količinom informacija i podataka, za izračunavanje uticaja na životnu sredinu, spadaju Ecoinvent baza i openLCA softver. Ecoinvent baza podataka je jedna od najprimenjenijih baza inventara životnog ciklusa razvijena od strane švajcarskog centra za inventare životnog ciklusa. Ecoinvent baza omogućava rad sa tri vrste modela sistema (podataka): CutOff, APOS (eng. The Allocation at the point of substitution), i Consequential. Za sva tri sistema podaci su raspoloživi za

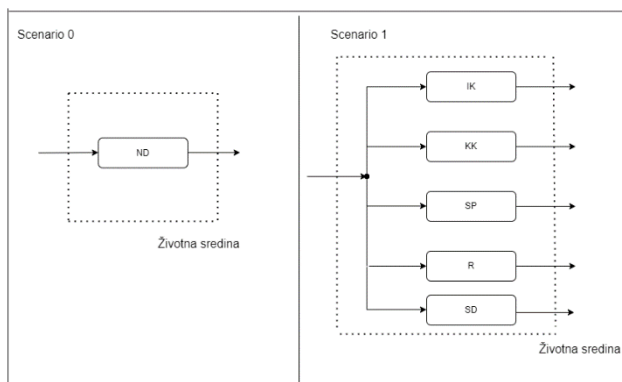
sistemske i jedinične aktivnosti (proces). U najnovijoj verziji dodat je set za izračunavanje proizvoda sa deklaracijom o životnoj sredini (eng. Environmental Product Declarations - EPD) građevinskih materijala prema standardu EN1584. U Ecoinvent bazi podataka sve ljudske delatnosti za dobijanje proizvoda i usluga (proces) opisuju se principom „crne kutije“, ulaznim i izlaznim tokovima materijala i energije i nazivaju se aktivnostima [5]. OpenLCA softver je besplatan, profesionalni softver za procenu životnog ciklusa (LCA) sa širokim spektrom funkcija i dostupnih baza podataka, kreiran od strane GreenDelta. OpenLCA je softver otvorenog koda, odnosno njegov izvorni kod je slobodno dostupan i svako ga može menjati [2].

3. CILJ I PREDMET RADA

Cilj rada jeste da se primenom LCA analiziraju uticaji različitih tretmana komunalnog otpada na životnu sredinu prema 2 različita scenarija (scenario 0 i scenario 1). Kako bi se istakao doprinos pojedinačnih aktivnosti za svaki scenario korišćena je kategorija uticaja – GWP, koja predstavlja jednu od najaktuelnijih tema, kao i najvećih problema u oblasti zaštite životne sredine.

1. Scenario 0 predstavlja trenutno stanje, 100% otpada se odlaže na nesanitarnu deponiju. Svaka opština odlaže na svoju nesanitarnu deponiju;
2. Scenario 1: sav baštenski otpad usmeren je na kompostiranje. 60% na centralno kompostilište, a 40% na kompostiranje u domaćinstvu. Na reciklažu je upućeno po 50% mase otpada poreklom iz frakcija papir, karton, kompozitni materijali, metal, aluminijum i plastike. Od ostatka 70% otpada se odlaže na spaljivanje, a 30% na deponovanje na sanitarnu deponiju.

Geografsko područje obuhvaćeno analizom jeste područje republike Srbije za primarne podatke i Evrope za sekundarne podatke dobijene iz baze podataka Ecoinvent. Podaci koji su analizirani morali su da budu u granicama sistema. Granicama sistema određuju se jedinični procesi koji moraju da budu uključeni u LCA. Granice sistema za scenario 0 i 1 prikazane su na slici 1.



Slika 1 Granice sistema za scenario 0 i 1 (ND – nesanitarna deponija, R – reciklaža, SD – sanitarna deponija, KK – kućno kompostiranje, IK – industrijsko kompostiranje, SP - spaljivanje)

3.1. Inventar životnog ciklusa

Podaci koji su neophodni za formiranje inventara životnog ciklusa uzeti su iz Ecoinvent baze podataka, koja

je opisana u poglavlju 2.1. U tabeli 1 prikazani su vrsta tretmana, skraćenice kao i naziv aktivnosti u Ecoinvent bazi

Tabela 1 Vrsta i tretman otpada

Vrsta tretmana	Skraćenice	Naziv aktivnosti u Ecoinvent bazi
Reciklaža papira i kartona	R	treatment of waste plaster-cardboard sandwich, recycling waste plaster-cardboard sandwich Cutoff, S - CH
Reciklaža metala	R	market for ferrous metal, in mixed metal scrap ferrous metal, in mixed metal scrap Cutoff, S - Europe without Switzerland
Reciklaža plastike	R	market for plastic granulate, unspecified, recycled plastic granulate, unspecified, recycled Cutoff, S - IN
Reciklaža stakla	R	market for waste packaging glass, unsorted waste packaging glass, unsorted Cutoff, S - GLO
Reciklaža aluminijuma	R	market for aluminium scrap, post-consumer aluminium scrap, post-consumer Cutoff, S - GLO
Sanitarna deponija	SD	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S - RoW
Nesantarna deponija	ND	treatment of municipal solid waste, unsanitary landfill, dry infiltration class (100mm) municipal solid waste Cutoff, S - GLO
Spaljivanje	SP	treatment of municipal solid waste, incineration municipal solid waste Cutoff, S - RoW
Industrijsko kompostiranje	IK	treatment of biowaste, industrial composting biowaste Cutoff, S - RoW
Kućno kompostiranje	KK	treatment of kitchen and garden biowaste, home composting in heaps and containers biowaste, kitchen and garden waste Cutoff, S - RoW

Tabela 2 predstavlja inventar životnog ciklusa komunalnog otpada. Podaci iz inventara uneti su u openLCA softver kako bi se dalje analizirali.

Tabela 2 Inventar životnog ciklusa prema scenariju 0, 1

Vrsta otpada	Vrsta tretmana	Količina otpada prema scenariju	
		0	1
Baštenski otpad	Industrijsko kompostiranje	/	0,07
Baštenski otpad	Nesantarna deponija	0,12	/
Papir i karton	Reciklaža papira i kartona	/	0,06
Papir i karton	Nesantarna deponija	0,11	/

Tabela 2 Inventar životnog ciklusa prema scenariju 0, 1 (nastavak)

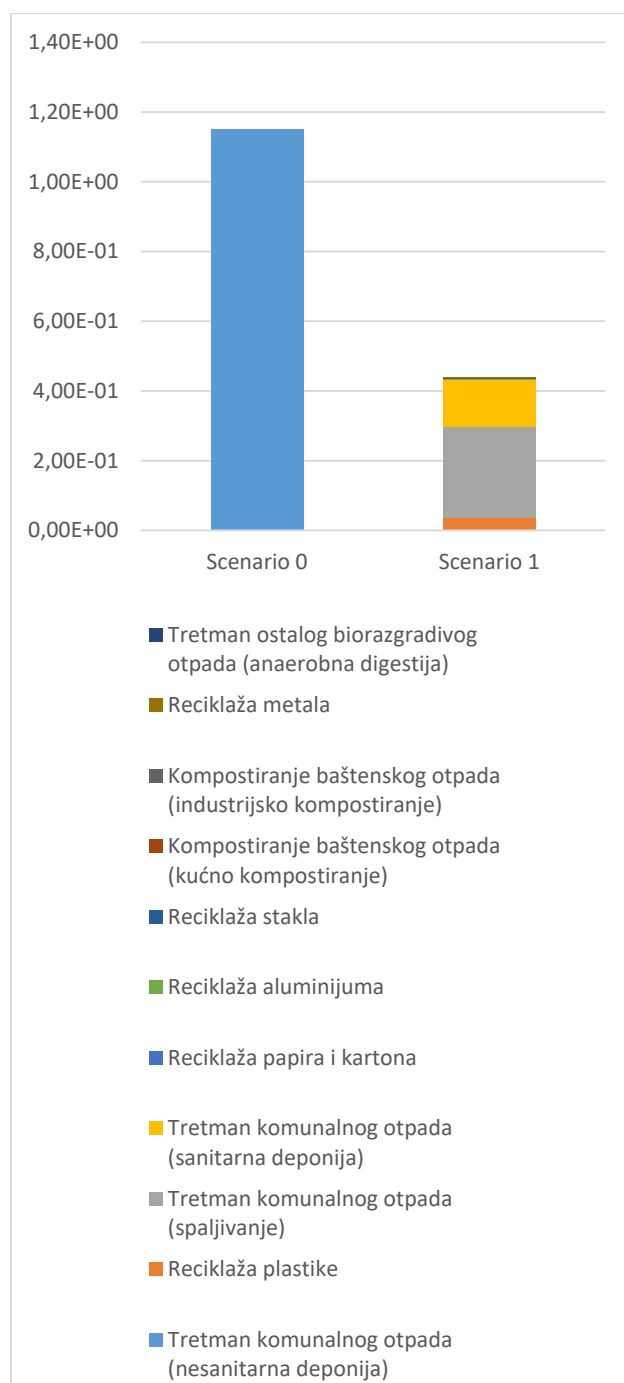
Vrsta otpada	Vrsta tretmana	Količina otpada (kg) prema scenariju	
		0	1
Papir i karton	Sanitarna deponija	/	0,02
Papir i karton	Spaljivanje	/	0,04
Metal	Nesanitarna deponija	0,01	/
Plastika	Reciklaža plastike	/	0,06
Plastika	Nesanitarna deponija	0,13	/
Plastika	Sanitarna deponija	/	0,02
Plastika	Spaljivanje	/	0,05
Staklo	Reciklaža stakla	/	0,03
Staklo	Nesanitarna deponija	0,05	/
Staklo	Spaljivanje	/	0,02
Ostatak (Tekstil, koža, pelene, fine čestice)	Sanitarna deponija	/	0,06
Ostatak (Tekstil, koža, pelene, fine čestice)	Spaljivanje	/	0,13
Ostatak (Tekstil, koža, pelene, fine čestice)	Nesanitarna deponija	0,19	/
Ostali biorazgradivi otpad	Sanitarna deponija	/	0,11
Ostali biorazgradivi otpad	Spaljivanje	/	0,26
Ostali biorazgradivi otpad	Nesanitarna deponija	0,38	/

4. REZULTATI OCENJIVANJA UTICAJA ŽIVOTNOG CIKLUSA

Za izračunavanje rezultata korišćen je openLCA softver, koji na osnovu kategorija uticaja izražava rezultate uticaja na životnu sredinu. LCIA metoda je CML (verzija 4.7). CML-IA je baza podataka koja sadrži faktore karakterizacije za LCIA i lako se čita pomoću CMLCA softverskog programa. Može se besplatno preuzeti [4]. Sadrži faktore karakterizacije za sve osnovne metode karakterizacije:

1. Sadrži dodatne faktore karakterizacije za metode karakterizacije koje nisu osnovne;
2. Sadrži dodatne metode karakterizacije, kao što su Eko-indikator 99 i EPS (eng. Environmental Priority Strategies);

3. Sadrži podatke o normalizaciji podataka za sve kategorije uticaja na različitim prostornim i vremenskim nivoima;
4. Sadrži jednostavnu vezu sa CMLCA.



Grafik 1 Uticaj aktivnosti na GWP, prema scenariju 0, 1

Na grafiku 1 prikazani su rezultati uticaja aktivnosti na GWP, izabranu kategoriju uticaja koja je jedna od najčešće korišćenih kategorija uticaja i značajna je za analizu upravljanja otpadom.

Najveći uticaj na GWP prema scenariju 0 ima komunalni otpad koji se odlazi na nesanitarnu deponiju. Prema scenariju 1 najveći uticaj na GWP ima spaljivanje, nakon toga sanitarna deponija, tj otpad koji se odlazi na sanitarnu deponiju, a najmanji uticaj ima reciklaža aluminijuma

5. ZAKLJUČAK

Proces donošenja odluke o optimalnom sistemu upravljanja otpadom je kompleksan. Postoji veliki broj faktora od ekonomskih, preko tehničko-tehnoloških, socijalnih do uticaja na životnu sredinu. Definisanje optimalnog i održivog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na lokalnom nivou predstavlja veoma složen zadatak pri čijem se rešavanju donosioci odluka suočavaju sa brojnim izazovima. Najveći naponi prilikom projektovanja ovakvih sistema su usmereni ka minimizaciji negativnih uticaja na životnu sredinu, unapređenju energetske efikasnosti, kao i ekonomskoj održivosti rešenja.

Rad je zasnovan na 2 scenarija upravljanja komunalnim otpadom. Scenario 0 je osnovni scenario koji opisuje trenutnu praksu upravljanja otpadom u Novom Sadu. Baziran je na količini i sastavu sakupljenog otpada i postojećoj infrastrukturi za tretman otpada. Scenario 1 je formiran tako da se predstave nove mogućnosti upravljanja otpadom. Prilikom razvoja scenarija upravljanja otpadom razmatrane su metode tretmana otpada: reciklaža, kompostiranje, deponovanje, anaerobna digestija i spaljivanje.

Na osnovu priloženih podataka vezanih za komunalni otpad, istraživanjem i unošenjem istih u softver utvrđeno je da najveći uticaj na životnu sredinu uglavnom ima komunalni otpad koji se odlaze na deponije i spaljivanje, a najmanji uticaj ima reciklaža, kao što se i moglo pretpostaviti. Opšte je poznato da se na deponijama generišu brojni polutanti koji mogu dospeti u površinske i podzemne vode kao što su teški metali Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , ksenobiotici, aromatični ugljovodonici, fenoli itd., pri čemu predstavljaju veliku opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Rizik je tim veći što na nesanitarnim deponijama ne postoji kontrola odlaganja koja bi sprečila da opasan otpad i druge frakcije, čije je deponovanje zabranjeno budu odložene na takve neadekvatne lokacije. Reciklaža je od izuzetnog značaja kako za životnu sredinu, tako i za ekonomiju. Reciklaža je najbolji način da pomognemo prirodi, jer se smanjuje zagađenje prouzrokovano otpadom. Recikliranje zahteva manje energije i samim tim čuva prirodne resurse. Analizom scenarija utvrđeno je da veći uticaj na GWP ima scenario 0, u kojem 100% otpada odlaze se na nesanitarnu deponiju. Nesanitarne deponije prave ekološke probleme, sa kojih štetne materije bez ikakve barijere prodiru u podzemne vode i zemljište, a gas metan, koji nastaje raspadanjem, odlazi u atmosferu što prouzrokuje česte požare koji se teško gase. Staklo na deponijama tokom toplih letnjih meseci pod dejstvom sunčeve svetlosti veoma

je zapaljivo, a intenzivnim požarima doprinosi i opasan zapaljiv otpad iz domaćinstava – ambalaža od hemikalija, boja, lakova koja se zajedno sa svim drugim komunalnim otpadom odlaze na deponije.

Istraživanjem komunalnog otpada primenom LCA pažnja je usmerena na žarišta uticaja na životnu sredinu, "kritične tačke", koja u velikoj meri utiču na kvalitet životne sredine i zdravlja ljudi, na koje bi trebalo obratiti pažnju i tretirati na optimalan način.

6. LITERATURA

- [1] Stepanov, J., 2018, Model za evaluaciju sistema upravljanja komunalnim otpadom primenom metode ocenjivanja životnog ciklusa, Doktorska disertacija, Fakultet Tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu.
- [2] <https://www.openlca.org/>.
- [3] Hodolič, J.; Majernik, M.; Budak, I.; Chovancova, J.; Hadžistević, M.; Vukelić, Đ.; Pankova -Jurikova, J. ; Čulibrk, M, 2013, Sistemi Za Upravljanje Zaštitom Životne Sredine, Novi Sad :Fakultet Tehničkih Nauka, 263 Str, Isbn: 978867892-4699.
- [4] http://www.bournemouth.ac.uk/service-depts/lis/LIS_Pub/harvardsyst.html [06.decembra 1996.]. Pristupljeno 20.06.2023.
- [5] <https://www.izzs.uns.ac.rs/> Pristupljeno 09.05.2023.
- [6] Haruna A. C., Yamusa I. R., Jibasen D. Assessment Of On-Site Waste Generation Among The Drug Abused Site Artisans In Adamawa And Taraba States, Nigeria. *Ethiopian Journal Of Environmental Studies & Management*, 2022, 15.2.
- [7] Moreno Camacho Carlos A., Torres Montoya J., Jaegler A., Gondran N., Sustainability Metrics For Real Case Applications Of The Supply Chain Network Design Problem: A Systematic Literature Review. *Journal Of Cleaner Production*, 2019, 231: 600-618.
- [8]] Hodolič J., Majernik M.; Budak I., Chovancova J., Hadžistević M., Vukelić Đ., Pankova -Jurikova J., Čulibrk M. Sistemi za upravljanje zaštitom životne sredine, Novi Sad :Fakultet Tehničkih Nauka, 2013, 263 Str, ISBN: 978867892-4699.
- [9] International Standard, 2006, ISO-14040, Environmental Management — Life Cycle Assessment — Principles And Framework, Genova, Switzerland.

Kratka biografija:



Sladana Jovanović rođena je u Somboru 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2023.god. kontakt: sladjana.jovanovic76@yahoo.com