

ANALIZA METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE SASTAVA ELEKTRIČNOG I ELEKTRONSKOG OTPADA**ANALYSIS OF METHODOLOGIES FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC WASTE**Irina Milošević, Bojan Batinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – Inženjerstvo zaštite životne sredine**

Kratak sadržaj: *Zadatak rada predstavlja poređenje metodologija za utvrđivanje sastava električnog i elektronskog otpada u različitim gradovima/državama. U okviru rada su prikazani i upoređeni načini upravljanja ovom vrstom otpada u različitim gradovima u sklopu kojih su obuhvaćene informacije o njegovom sastavu, količinama, načinu sakupljanja, odlaganja i tretmana. Takođe je definisana trenutna situacija upravljanja EE-otpadom u Srbiji i date su preporuke za poboljšanje upravljanja ovim tokom otpada.*

Ključne reči: *Električni i elektronski otpad, sastav, količine*

Abstract: *The main task of this paper is a comparison methodology for determining the composition of electrical and electronic waste in different cities / countries. The paper presents and compares the ways of managing this type of waste in different cities, which includes composition information, amounts information, method of collection, disposal and treatment information. The current situation of EE-waste management in Serbia is also defined and recommendations for improving EE-waste management.*

Keywords: *Electrical and electronic waste, composition, amounts, methodology*

1. UVOD

Proizvodnja električne i elektronske opreme je jedna od najbrže rastućih globalnih proizvodnih aktivnosti. Kao posledica ekonomskog razvoja, razvoja novih tehnologija i čestog ažuriranja elektronskih proizvoda, značajno su povećane količine električnog i elektronskog otpada (EE-otpada) od devedesetih godina prošlog veka do danas [1]. Poteškoće i izazovi koji se javljaju u upravljanju električnog i elektronskog otpada nisu rezultat samo sve većih količina ovog otpada nego i njegovog kompleksnog sastava. Preko 1.000 različitih vrsta materijala se koristi da bi se napravili elektronski uređaji i njihove komponente – poluprovodni čipovi, štampana kola, drajvovi za diskove, itd. Mnogi od njih su otrovni, uključujući i rastvarače na bazi hlora, antipirene na bazi broma, PVC, teške metale (kao na primer olovo, živa, arsen, kadmijum i heksavalentni hrom), plastiku i gasove.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Batinić, vanr. prof.

Pored toga što sadrži mnoge štetne i otrovne supstance, elektronika takođe sadrži i materijale poput plemenitih metala koji su veoma vredni. Stoga, elektronski i električni otpad sa jedne strane predstavlja problem sa aspekta životne sredine, dok sa ekonomskog aspekta predstavlja potencijalan izvor prihoda.

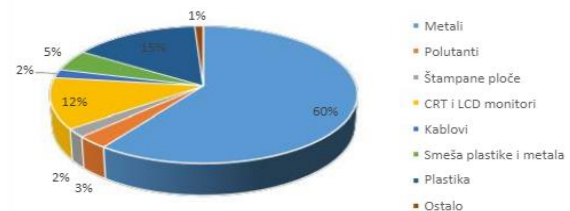
Uzimajući u obzir sastav i količine električnog i elektronskog otpada, koje iz dana u dan rastu na globalnom nivou i predstavljaju sve veći rizik po zdravlje ljudi i životnu sredinu, izuzetno je važno upravljati EE-otpadom na adekvatan način kako bi se taj rizik smanjio. To prvenstveno podrazumeva pravilno sakupljanje i tretman tog otpada.

Recikliranje električne i elektronske otpadne opreme (EE-otpadne opreme) važno je ne samo za smanjenje količina otpada već i za promovisanje ekstrakcije plemenitih metala koji imaju kapacitet da se recikliraju beskonačno.

Zbog veoma kompleksnog sastava EE-otpada od velike je važnosti da se sa ovom vrstom otpada postupa adekvatno kroz različite metodologije utvrđivanja njegovog sastava.

Utvrdjivanje sastava EE-otpada može se odvijati fizički sortiranjem ovog otpada ili samom procenom. Problemi sakupljanja i selekcije EE-otpada su višestruki i kompleksni i na njima se treba intenzivno raditi. Sama selekcija elektronskih komponenti je značajno otežana zbog nedostatka tačnih informacija o strukturi materijala samih komponenti, slika 1.

S tim u vezi, veoma je bitna i demontaža električne i elektronske opreme zbog izdvajanja komponenti sa toksičnim materijalima i supstancama ali i komponenti koje sadrže plemenite i retke materijale, pogotovo kada se ima u vidu činjenica da će EE-otpad u skorijoj budućnosti biti glavni izvor strateški važnih, a retkih metala.

Slika 1. *Sastav EE-otpada [4]***2. ZAKONSKA REGULATIVA U EU I SRBIJI**

Zakonska regulativa u EU:

-WEEE Direktiva 2002/96 / EC je potpisana 27. januara 2003. godine i objavljena je 13. februara 2003. godine (European Commission, 2003)

-Direktiva 2012/19 / EU (<http://ec.europa.eu>)

-Direktiva RoHS 2002/95 / EC (<http://ec.europa.eu>)

Zakonska regulativa u Srbiji:

-Zakon o zaštiti životne sredine (SL. Glasnik135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon)

-Zakon o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016 i 95/2018 - dr. zakon)

-Pravilnik o listi električnih i elektronskih proizvoda, merama zabrane i ograničenja korišćenja električne i elektronske opreme koja sadrži opasne materije i načinu i postupku upravljanja otpadom od električnih i elektronskih proizvoda ("Sl. glasnik RS", br. 99/2010)

-Uredba o proizvodima koji posle upotrebe postaju posebni tokovi otpada, obrascu dnevne evidencije o količini i vrsti proizvedenih i uvezenih proizvoda i godišnjeg izveštaja, načinu i rokovima dostavljanja godišnjeg izveštaja, obveznicama plaćanja naknade, kriterijumima za obračun, visinu i način obračunavanja i plaćanja naknade („Sl. glasnik RS“, br. 54/2010, 86/2011, 15/2012, 41/2013 – dr. pravilnik i 3/2014).

3. OPŠTE KARAKTERISTIKE EE-OTPADNA

EE-otpad je termin koji pokriva sve vrste električnih i elektronskih uređaja, njihovih delova i komponenti, odbačenih od strane korisnika i bez namere za ponovnom upotrebom i korišćenjem istih [2].

Širok spektar uređaja klasifikovan je kao električna i elektronska oprema, uključujući velike i male kućne aparate; informacionu i tehnološku (IT) opremu uključujući računare, računarske igre; mobilne telefone i druga telekomunikaciona oprema; prenosni elektronski uređaji, video i audio oprema, uključujući MP3 plejere i električne alate.

Glavni proizvođači električnog i elektronskog otpada se svrstavaju u tri grupe:

-pojedinci i mala preduzeća,

-velika preduzeća, institucije i vladine organizacije i

-proizvođači originalne elektronske opreme (OEMs).

Širom sveta, EE-otpad predstavlja jednu od najbrže rastućih frakcija otpada, što čini 8% ukupnog komunalnog otpada. Stopa odlaganja ovog toka otpada ubrzava jer je globalno tržište elektronike daleko od zasićenja, a životni vek elektronskih proizvoda postaje kraći, tako da se odlaganje zastarele opreme povećava.

Električni i elektronski proizvodi sadrže širok spektar supstanci. Neke od tih supstanci su vredne, neke su toksične ili na drugi način opasne, a neke i jedno i drugo. Sledeće supstance se obično nalaze u EE-otpadu:

-Plemeniti metali: zlato (Au), srebro (Ag), paladium (Pd), i platina (Pt);

-Obični metali: bakar (Cu), aluminijum (Al), nikl (Ni), kalaj (Sn), cink (Zn), gvožđe (Fe), itd.;

-Metali od značaja: živa (Hg), berilijum (Be), indijum (In), olovo (Pb), kadmijum (Cd), arsen (As), itd;

-Halogeni: brom, fluor, hlor [3].

U proseku 60% celokupnog otpada čine metali, kao što su retki zemljani metali (lantan, cerijum, prazeodijum,

neodijum, gadolonijum, disprozijum), plemeniti metali (zlato, srebro, paladijum), i drugi vredni metali (bakar, aluminijum, gvožđe); 15% plastika i staklo.

Nekoliko faktora utiče na sastav EE-otpada, uključujući ekonomske uslove, dostupnost tržišta ponovnog korišćenja i infrastrukturu industrije reciklaže, programe izdvajanja otpada i primenu propisa.

Sa gledišta ekologije i očuvanja životnog prostora jedan od najvećih globalnih svetskih problema je elektronski otpad. Specifičnost elektronskog otpada je njegova složenost i brzina kojom elektronski proizvodi zastarevaju i bivaju zamenjeni novim. Brza promena tehnologije, mali početni troškovi i čak planirano zastarevanje proizvoda su rezultovali brzim rastu problema u celom svetu.

4. UPRAVLJANJE EE-OTPADOM NA GLOBALNOM NIVOU

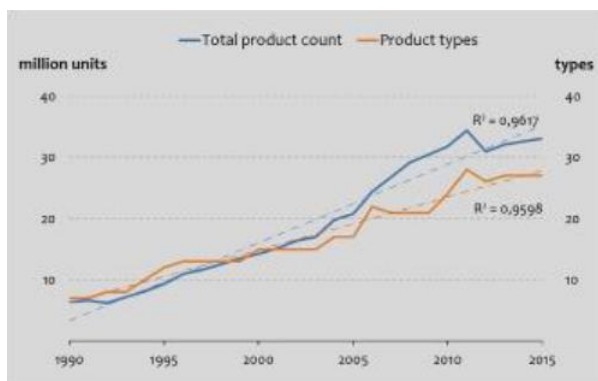
Upravljanje EE-otpadom na području EU već nekoliko godina organizuju evropske direktive, što predstavlja međunarodnu referentnu tačku za ostalo nacionalno zakonodavstvo [5]. Prva Direktiva o EE-otpadu stupila je na snagu u Februaru 2003. godine. Direktiva je predviđala stvaranje šema sakupljanja gde potrošači besplatno vraćaju svoju EE-otpadnu opremu. U decembru 2008. godine Evropska komisija je predložila reviziju Direktive kako bi se pozabavila brzim rastom toka otpada.

Analizom podataka za svaku državu članicu u 2015. godini, ukupna količina prikupljene EE-otpadne opreme znatno se razlikovala u državama članicama EU, krećući se od 1,6 kg po stanovniku u Rumuniji do 14,7 kg po stanovniku u Švedskoj. Različite performanse između država članica u prikupljenim količinama mogu da nastanu zbog razlika u nivoima potrošnje EE-otpadne opreme, kao i zbog različitih nivoa performansi postojećih šema sakupljanja otpada. Glavna kritika EU sistema za upravljanje EE-otpadnom opremom je ilegalna trgovina otpadom u zemlje u razvoju.

Švajcarska predstavlja prvu zemlju na svetu u kojoj je uspostavljen i funkcionisao zvanični sistem upravljanja EE-otpadom. Švajcarska je bila prva država koja je primenila sistem koji je organizovan širom industrije za sakupljanje i reciklažu elektronskog otpada. Švajcarski sistem, koji je bio operativan deceniju, pruža najbolju priliku za proučavanje evolucije sistema upravljanja EE-otpadom. U zemlji su aktivna dva različita sistema za reciklažu EE-otpada. Jednim upravlja SWICO Recycling Guarantee (Švajcarsko udruženje za informacione, komunikacione i organizacione tehnologije) i upravlja „smeđom“ elektronskom opremom (npr. računari, televizori, radio itd.), dok drugim upravlja S.EN.S (Stiftung Entsorgung Schweiz System) i upravlja „belom“ električnom opremom (npr. mašine za pranje veša, frižideri, peći itd).

Prema Ugovoru sa proizvođačima električne i elektronske opreme, švedske opštine su odgovorne za sakupljanje otpadne električne i elektronske opreme u ovoj zemlji. U većini švedskih opština prikupljanje ovih frakcija otpada koncentrisano je u centre za reciklažu otpada, gde domaćinstva mogu besplatno odvajati i odlagati EE-otpad. EE-otpadnom opremom se upravlja kroz Uredbu o odgovornosti proizvođača uvedenu 2002. godine sa

nekoliko kasnijih izmena i dopuna. Švedski proizvođači i opštine su postigli sporazum prema kojem su opštine odgovorne za prikupljanje EE-otpada, a proizvođači (preko organizacija za upravljanje otpadom) odgovorni za upravljanje prikupljenom EE-otpadnom opremom. Kao država članica Evropske unije, Danska ima sistem upravljanja EE-otpadom koji je u skladu sa Direktivom o EE-otpadu, slika 2. [6]. Počev od avgusta 2005. godine, Direktiva je tražila od država članica da uspostave zaseban sistem prikupljanja i tretmana EE-otpada za domaćinstvo.



Slika 2. Trend sve veće upotrebe električnih i elektronskih proizvoda u domaćinstvima u Danskoj [7]

5. PREDLOG UTVRĐIVANJA KOLIČINE I SASTAVA EE-OTPADU U NOVOM SADU I PREPORUKE ZA POBOLJŠANJE U SISTEMU UPRAVLJANJA

Iako je odlaganje električnog i elektronskog otpada u Srbiji zakonski definisano, kao i lokalnim planovima, mnogima je nepoznanica gde i kako na adekvatan način da odlože svoje stare, dotrajale uređaje, što za posledicu ima da su tačni podaci o količinama i stanju ovog otpada u Srbiji nepoznati. S obzirom na to da ne postoji sistem odvojenog sakupljanja EE-otpada iz domaćinstva potrebno je uspostaviti lokacije za sakupljanje ove vrste otpada na koje domaćinstva mogu da odlože svoju otpadnu opremu i na taj način dobiju tačnije informacije o količinama i sastavu ovog otpada iz domaćinstava.

Kada su u pitanju maloprodajni objekti distributeri su u obavezi da prime otpadnu električnu i elektronsku opremu od krajnjih korisnika bez nadoknade. Jedan od načina organizovanog sakupljanja EE-otpada jeste da se omogući preuzimanje ovog otpada sa javnih lokacija na način da se uspostave sakupljačka mesta.

Sistem sakupljanja u Srbiji je dosta nerazvijen. Glavni razlog jeste nedostatak reciklažnih dvorišta, sabirnih centara za odlaganje EE-otpada, kao i postrojenja za tretman. Potrošači, čak i na mestima gde postoje, ne odlažu EE-otpad na adekvatan način, nego on biva u najvećoj meri pomešan i odlagan sa komunalnim otpadom.

Teško je napraviti procenu koliko se u Srbiji stvara EE-otpada po glavi stanovnika i time treba da se bave nadležne institucije, da naprave sveobuhvatnu procenu, s obzirom na to da treba uzeti u obzir da se ovaj otpad i skladišti, završava na deponijama i u prirodi. 41 %

građana električni i elektronski otpad odlaže u kontejnere, što nije u skladu sa zakonom jer je u pitanju opasan otpad. Prvi korak ka unapređenju sistema za upravljanje EE-otpadom jeste podizanje svesti građana grada Novog Sada, od osnovnih, preko srednjih škola i fakulteta, o potencijalnim negativnim uticajima usled neadekvatnog odlaganja EE-otpada. Kako bismo uticali na promenu svesti građana i time doprineli promeni u upravljanju EE-otpadom potrebno je i da se kroz sprovedene ankete, ukaže građanima na pravilan način tretmana EE-otpada i pravilnog odlaganja na određeni način, kako da postupaju sa svojim dotrajalim uređajima.

Takođe, bitno je informisati građane o uvođenju određenih naknada, prilikom predaje dotrajale opreme licenciranom operateru kako bi se građani više upoznali sa mogućim posledicama koje EE-otpadom može da izazove usled neadekvatnog odlaganja.

U Srbiji su sporadične lokacije gde bi građani sami mogli da odlažu električni i elektronski otpad, i to su uglavnom ispostave operatera. Inače, adrese i brojevi reciklažnih centara nisu istaknuti na sajtovima Ministarstva za zaštitu životne sredine, Agenciji za zaštitu sredine, niti komunalnim preduzećima

Bilo bi izuzetno značajno da lokalne samouprave uspostave centre za sakupljanje EE-otpada, tj. mesta gde građani mogu da predaju svoje dotrajale uređaje. Ovo je posebno značajno za male kućne aparate koji bi građani lako mogli da donesu, a ti uređaji obično završavaju u kontejneru. Za velike uređaje građani često ne mogu da obezbede transport, i za njih bi trebalo da lokalne samouprave tj. javna komunalna preduzeća organizuju preuzimanje od građana.

Osim lokalnih samouprava, u sistem sakupljanja bi trebalo da se uključe i distributeri EE-opreme odnosno prodavci jer su oni prema sadašnjim propisima dužni da preuzimaju otpadnu opremu iz domaćinstva od krajnjeg korisnika koji kod prodavca nabavlja novu opremu.

Potrebno je uvesti sistematsko sakupljanje EE-otpada kako bi se ostvarila i veća reciklaža ove vrste otpada. Jedna od bitnih stavki u sprečavanju zbrinjavanja EE-otpada kao dela komunalnog otpada jeste bolje praćenje i kontrola od strane nadležnih institucija odlaganja EE-otpada kao i rada neformalnih sakupljača koji uzimaju uređaje iz kontejnera, rastavljaju ih, uzimaju potrebne delove i ostatak odlažu svuda okolo, što za posledicu ima negativan uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Samo uz sve ove stavke i poštovanje zakona i propisanih mera, moguće je ostvariti visok nivo odvojenog prikupljanja EE-otpada.

6. ZAKLJUČAK

Specifičnost elektronskog otpada jeste njegova složenost i brzina kojom elektronski proizvodi zastarevaju i bivaju zamenjeni novim. Brza promena tehnologije, mali početni troškovi i čak planirano zastarevanje proizvoda rezultovali su brzom rastu problema u celom svetu.

Otpadna i odbačena električna i elektronska oprema (Waste electrical and electronic equipment - WEEE) ili „EE-otpad” predstavlja sve veći izazov za vlade širom sveta.

Po proceni Programa Ujedinjenih Nacija za Životnu Sredinu svake godine se stvori nekih 50 miliona tona EE-otpada. Savremeni trendovi u dizajnu i proizvodnji elektronske opreme koji pospešuju veštačko skraćanje ciklusa zamene proizvoda znak su da se stvaranje otpada neće usporiti u skorije vreme.

Struktura elektronskih aparata sadrži veliki broj sastavnih delova, sačinjenih od različitih materijala. Najznačajniji materijali koji ulaze u sastav elektronskih aparata su različite vrste plastike i obojeni i neobojeni metali. Svaki od ovih sastavnih materijala poseduje određene tehničke i ekotoksikološke osobine, i različito se ponaša u prirodi. Pored toga što sadrži mnoge štetne i otrovne supstance, elektronika takođe sadrži supstance koje su veoma vredne. Veći deo tih vrednih supstanci se nalaze u štampanim kolima koja povezuju elektronske komponente. Štampana kola u kućnom računaru sadrže gvožđe, aluminijum, bakar, olovo, nikl, kalaj, zlato, srebro, platinu i paladijum. Metali i druge vredne komponente postoje i u drugim električnim komponentama, kao na primer bakar u žicama i gvožđe i aluminijum u kućištima.

U narednim decenijama treba sprovesti čitav niz istraživanja koja treba da omoguće efikasan sistem upravljanja EE-proizvodima u njihovom celokupnom životnom ciklusu i reciklažu njihovog otpada bez ostatka i bilo kakvih zagađivanja životne sredine i negativnog uticaja na zdravlje ljudi. Uspostavljanje održivog i efikasnog sistema upravljanja EE-otpadom ne može se očekivati preko noći. To je složen i kompleksan proces koji iziskuje vreme i novac, prolazi kroz više etapa i zahteva konstantan rad na usavršavanju. Važan korak u postizanju ovog cilja jeste informisanje javnosti o postojanju problema, o njegovim uzrocima i mogućnostima rešavanja.

7. LITERATURA

- [1] Zeng, X., Li, J., Stevels, A. L. N., Liu, L.: "Perspective of electronic waste management in Chinabased on a legislation comparison between China andthe EU", Journal of Cleaner Production, 2013.
- [2] Step Initiative, One Global definition of E-waste (White Paper), StEP Initiative c/o United Nations University Institute for Sustainability and Peace (UNU-ISP) Operating Unit SCYCLE, Bonn, Germany, 2014.
- [3] Hagelucken C.: Recycling of Electronic Scrap at Umicore's Integrated Metals Smetler and Refinery, 2006.
- [4] Bigum M, Claus Petersen C, Christensen TH, Scheutz C.: WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterization of misplaced waste. Waste Management 2013; 33: 2372-2380, 2013.

[5] Ongondo, F. O., Williams, I. D., Cherrett, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. Waste management. 31(4), 714-730, 2011.

[6] European Parliament, Directive 2002/96/EU of the European Parliament andof the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Off. J. Eur. Union, 2003.

[7] Statistics Denmark, The families possession of home appliances by type of consumption, 2016.

Kratka biografija



Irina Milošević rođena je 07. novembra 1996. godine u Trebinju.

Završila je srednju ekonomsku školu "Centar srednjih škola" u Trebinju 2015. godine. Fakultet tehničkih nauka, smer inženjerstvo zaštite životne sredine je upisala 2015. godine a osnovne akademske studije završila 2019. godine. Master studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer inženjerstvo zaštite životne sredine, je upisala 2019. godine.



Bojan Batinić (1981) je vanredni profesor na Fakultetu tehničkih nauka - Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine u Novom Sadu. Dosadašnji naučno-istraživački rad orijentisan je na analizu fizičko-hemijskih karakteristika komunalnog otpada, modelovanje i projekciju budućih karakteristika otpada, analizu sistema sakupljanja i transporta otpada, mogućnosti iskorišćenja posebnih tokova otpada i sl. Stečena stručna znanja implementirao je kroz učestvovanje na preko 35 projekata saradnje sa privredom iz oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom. Rezultate svog naučno istraživačkog rada publikovao je kroz 11 radova u međunarodnim časopisima sa SCI liste, kao i preko 50 saopštenja na skupovima međunarodnog i nacionalnog značaja.