

## PREGLEDNI ČLANCI REVIEW PAPERS

### MOGUĆI PRAVCI RAZVOJA LOGISTIKE ELEKTRONSKOG I ELEKTRIČNOG OTPADA U SISTEMU ODBRANE

*Dragutin V. Jovanović*

Visoka škola strukovnih studija – Beogradska politehnika,  
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-3171

OBLAST: logistika

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

#### **Sažetak:**

*Sistem odbrane (Ministarstvo i Vojska Srbije), kao složeni organizacioni a u pojedinim segmentima i tehničko-tehnološki sistem, po prirodi svoga funkcionisanja opremljen je znatnom količinom elektronske i električne opreme i uređaja. Takva oprema i uređaju tokom eksploatacije, nakon određenog vremena, gube svoje projektovane funkcije, postaju neupotrebljivi i prelaze u kategoriju električnog i elektronskog otpada, sa kojim treba pravilno postupati.*

*U radu se sagledavaju problemi i mogući pravci razvoja i realizacije logistike električnog i elektronskog otpada nastalog u sistemu odbrane, kao logistike otpadnih materijala, odnosno povratne logistike otpada, koja je posmatrano u užem smislu, deo sistema upravljanja otpadnim materijalima. Pod logistikom električnog i elektronskog otpada u sistemu odbrane, za potrebe ovog rada, posmatra se proces planiranja, organizacije, kontrole i realizacije tokova, procesa i aktivnosti električnih i elektronskih otpadnih materijala od mesta njihovog nastanka do mesta smeštaja, preko sakupljanja i transporta do krajnjeg odredišta (mesta: tretmana, reupotrebe, deponovanja i uništenja) sa ciljem zadovoljenja zahteva svih zainteresovanih strana uz minimalne troškove.*

*Ključne reči: sistem odbrane, električni i elektronski otpad, logistika.*

## Uvod

Sistem odbrane je deo društvenog sistema koji je ujedno korisnik izuzetno velike količine električnih i elektronskih proizvoda (uređaja i opreme). Takvi proizvodi nalaze se u svim segmentima sistema od upravnih struktura do jedinica Vojske. Električni i elektronski uređaji i oprema su oni proizvodi kojima je za rad potrebna električna energija ili elektromagnetsko polje, kao i oprema za proizvodnju, prenos i merenje struje ili jačine elektromagnetskog polja. Pripadaju kategorijama uređaja i opreme za energetska obezbeđenje, administrativno poslovanje, informatičko i komunikaciono obezbeđenje, naoružanje jedinica i slično.

Tokom upotrebe električnih i elektronskih uređaja i opreme eksploatacioni resursi se troše, pojedine tehničke karakteristike se degradiraju, oprema gubi svoju funkciju i upotrebnu vrednost. Vremenom sistem uvodi novu električnu i elektronsku opremu i uređaje, stvarajući time određenu količinu opreme koja, u konkretnim uslovima, postaje neupotrebljiva odnosno postaje otpad. U klasičnom smislu elektronskim i električnim otpadom (E-otpada) smatraju se električni i elektronski uređaji i oprema koji su izgubili svoju upotrebnu vrednost i koje vlasnik želi da odbaci. Specifičnost elektronskog otpada je njegova složenost i brzina kojom elektro proizvodi zastarevaju i bivaju zamenjeni novim. Većina tog otpada spada u opasan otpad zbog karakteristika komponenti koje sadrži. Proizvođač ili uvoznik električnih ili elektronskih proizvoda dužan je da identifikuje reciklabilne komponente tih proizvoda.

U cilju pravilnog postupanja sa E-otpadom koji se generiše u sistemu odbrane potrebno je uspostaviti efikasne logističke povratne sisteme.

## Zakonska regulativa i evropske inicijative u oblasti upravljanja elektronskim i električnim otpadom

Količina i brzina nastajanja E-otpada, kao i njegova štetnost po okolinu inicirali su donošenje odgovarajuće pravilske regulative, koja treba da doprinese što pravilnijem postupanju sa njime. S tim ciljem Evropska unija je tokom 2003. godine usvojila dve direktive:

– Direktiva 2002/96/EZ Evropskog parlamenta i Saveta Evrope od 27.01.2003. godine o upravljanju električnim i elektronskim otpadom (WEEE - Waste from Electrical and Electronic Equipment) i

– Direktiva 2002/95/EZ Evropskog parlamenta i Saveta Evrope od 27.01.2003. godine o ograničenjima upotrebe opasnih supstanci u elek-

tronskim i električnim uređajima (RoHS – Restriction of the use of hazardous substances).

Te dve direktive su postale važeće u EU od 1.7.2006. godine i bilo je predviđeno da od tog datuma bilo koji proizvod koji ne zadovoljava kriterijume ovih direktiva neće moći biti prodat u zemljama EU. Kao krajnji datum do kog su se sve kompanije, koje žele da prodaju svoje proizvode na tržištu EU, morale registrovati u svakoj od zemalja članica kao snabdevači elektronskom opremom, bio je 13.8.2005. godine. Ova registracija je obuhvatala detaljan plan o tome da se svaka kompanija povinuje zahtevima Direktive WEEE.

Direktiva WEEE je tako koncipirana da teži da poboljša upravljanje E-otpadom i da podstakne proizvođače da proizvode uređaje imajući u planu njihovu reciklažu. Svrha ove Direktive u prvom redu jeste preventiva u postupanju sa E-otpadom, usmerena na dodatnu ponovnu upotrebu, reciklažu i ostale oblike obnavljanja kako bi se smanjilo odlaganje ovakve vrste otpada. Takođe, ona nastoji da poboljša ekološke performanse svih učesnika angažovanih u životnom ciklusu proizvoda (proizvođača, distributera, potrošača i ostalih koji su direktno uključeni u tretman E-otpada). Ključni deo te Direktive jeste da su proizvođači odgovorni u vezi sa troškovima sakupljanja, obnavljanja, reciklaže i sveukupnog tretmana E-otpada.

Direktiva RoHS dopunjuje Direktivu WEEE ograničenjem količina potencijalno opasnih materijala sadržanih u elektronskim i električnim aparatima.

Direktiva WEEE teži da poboljša postupke upravljanja E-otpadom kroz:

- selektivno prikupljanje E-otpada pomoću odgovarajućih sistema, koji čuvaju integritet uređaja i njihove potencijale za obnavljanje;
- stopu sakupljanja koju mora dostići svaka članica, a koja iznosi četiri kilograma E-otpada po stanovniku godišnje;
- individualnu odgovornost proizvođača;
- stope ponovne upotrebe, reciklaže i obnove koje se kreću od 50% do 80%, u zavisnosti od razmatrane kategorije uređaja, i moraju biti zadovoljene od strane proizvođača elektronskih uređaja;
- odredbu pružanja informacija krajnjim korisnicima čije je učešće ključno za postizanje visoke stope sakupljanja i reciklaže;
- obeležavanje pakovanja, kao i pružanje informacija postrojenjima za tretman (uvažavajući sastav i strukturu električnih i elektronskih proizvoda).

Direktiva WEEE definiše 10 kategorija električne i elektronske opreme koje su obuhvaćene Aneksom I, tabela 1.

Tabela 1 – Kategorije i vrste električnih i elektronskih uređaja obuhvaćenih direktivom WEEE  
 Table 1 – Categories and types of electrical and electronic devices encompassed by the WEEE directive

Redni broj	Kategorija električnih uređaja	Lista proizvoda obuhvaćenih kategorijom
1.	Veliki kućni aparati (bela tehnika)	Veliki uređaji za hlađenje; frižideri; zamrzivači; mašine za veš, sušenje veša, sudove; mikrotalasne rerne; ostali uređaji za pripremu hrane; električni grejni uređaji, radijatori; ventilatori; klima uređaji; ostala oprema za klimatizaciju i ventilaciju.
2.	Mali kućni aparati	Usisivači; oprema za čišćenje, šivenje, pletenje, tkanje; pegle; aparati za održavanje odeće; tosteri; električni noževi; aparati za šišanje, brijanje, sušenje kose, pranje zuba, masažu i ostali aparati za negu tela; ručni i zidni satovi; druga oprema za merenje, pokazivanje i obeležavanje vremena; vage; brusilice, friteze.
3.	IT i telekomunikaciona oprema	RS računari; laptop računari; štampači; oprema za kopiranje; el. mašine za pisanje; ručni i stoni digitrone; ostala oprema za sakupljanje, čuvanje, obradu, prezentaciju ili komunikaciju elektronskim sredstvima; teleksi; telefoni; telefonske garniture i ostala sredstva za prenos zvuka, slika i ostalih informacija preko telekomunikacionih uređaja.
4.	Potrošački elektronički uređaji	TV aparati; radio aparati; kamere; muzički instrumenti; Hi-Fi uređaji i ostali proizvodi za snimanje i reprodukciju zvuka, slike, uključujući signale i ostale tehnologije za distribuciju zvuka i slike, a ne pripadaju telekomunikacionim tehnologijama.
5.	Uređaji za osvetljenje	Fluoroscentne lampe sa izuzetkom opreme za osvetljenje u domaćinstvima i ostali uređaji za kontrolu rasipanja svetlosti izuzev običnih sijalica.
6.	Električni alati sa izuzetkom velike stacionarne industrijske opreme	Bušilice; testere; uređaji za obrtanje, mlevenje, šivenje, sečenje, bušenje, brušenje, savijanje i slične procese obrade drveta, metala i ostalih materijala; alati za zakucavanje, zakivanje, odvrtnje pokretnih zakivaka, eksera, vijaka i slično; alati za lemljenje, zavarivanje; oprema za prskanje i ostale tretmane tečnim i gasovitim materijalima; ostali baštenski uređaji.
7.	Igračke, sportska i rekreativna oprema za zabavu	Električni vozovi; kola; video igre; računari za biciklizam, ronjenje, trčanje; poker aparati.
8.	Medicinski aparati	Oprema za radioterapiju, kardiologiju, dijalizu; plućni ventilatori; zamrzivači; oprema u nuklearnoj medicini; ostali uređaji za detektovanje, sprečavanje, praćenje bolesti, povrede ili invaliditeta.
9.	Kontrolni i merni instrumenti	Detektori dima; termostati; uređaji za merenje težine ili uređaji za podešavanje u laboratorijama.
10.	Automatski aparati široke namene	Aparati za tople napitke; tople-hladne limenke ili boce; bankomati; svi uređaji koji automatski isporučuju bilo koju vrstu proizvoda.

Pre stupanja na snagu Direktive WEEE, nekoliko zemalja je definisalo nacionalne zakone i organizovalo sisteme upravljanja E-otpadom.

## Neka svetska iskustva u postupanju sa električnim i elektronskim otpadom

Sistemi upravljanja E-otpadom organizovani u razvijenijim zemljama Evrope i sveta razlikuju se s obzirom na različite situacije i nacionalne filozofije u pogledu E-otpada (American Society for testing and Materials, 1981). Kao što je navedeno, WEEE direktiva ostavlja prostora zemljama članicama da same projektuju načine upravljanja E-otpadom. Nacionalna iskustva pružaju spektar mogućnosti, a pogotovo je značajna podela odgovornosti unutar logističkih operacija i finansiranje upravljanja E-otpadom. Tako su Braun GmbH (Nemačka), Electrolux AB (Švedska), Hewlett Packard Co (SAD) i Sony (Japan) osnovali u decembru 2002. godine ERP (European Recycling Platform) kako bi se prilagodili Direktivi WEEE koja definiše panevropski sistem sakupljanja i reciklaže na najefikasniji način za potrošače, industriju i životnu sredinu. Takođe je u maju 2005. godine osnovana i EARN (European Advanced Recycling Network) koju čine pet najvećih reciklažnih kompanija Evrope: Colrec, STENA Technoworld, Indumetal, Electrocyling i Ecotronics.

Ono što je zajedničko ovim sistemima upravljanja E-otpadom je da postoje tri primarna kanala za skupljanje E-otpada:

- komunalna mesta za sakupljanje,
- maloprodajni objekti i
- direktan povratak proizvođaču.

Većina sistema je organizovana oko već postojećih komunalnih mesta za sakupljanje otpada. Postoji velika raznolikost u količini prikupljenog i tretiranog električnog i elektronskog otpada iako su u obzir uzete različite kategorije uređaja i veličina populacije.

Što se tiče ukupne količine prikupljenog i tretiranog električnog i elektronskog otpada, kompanija El Kresten (Švedska) je opslužila najveću količinu u 2002. godini (75.000 tona) što je jednako 8,4 kg po glavi stanovnika. Kompanija ICT Milieu (Holandija), koja radi samo sa određenim kategorijama proizvoda, sama je sakupila 9.462 tona, što iznosi 0,6 kg po stanovniku. Švedska sakuplja najveću količinu otpada, skoro 11 kg po stanovniku, slede je Norveška i Švajcarska koje su uspele da sakupe 8 kg po stanovniku, zatim Belgija, Danska i Holandija koje trenutno skupljaju od 4 kg do 5 kg E-otpada po stanovniku godišnje.

Prosečni direktni troškovi sakupljanja i tretmana E-otpada se kreću od 0,35 €/kg u Holandiji do 0,64 €/kg u Švajcarskoj. Ove razlike u ceni oslikavaju različite troškove rada, područja proizvoda, standarde reciklaže i geografske karakteristike.

Pored kvantitativnih mera definisane su i različite kvalitativne mere za upravljanje E-otpadom:

- ekološki prihvatljiv tretman (Danska),

- adekvatna obrada u skladu sa propisima (Norveška),
- pre prethodnog tretmana otpada nema odlaganja na deponije (Švedska, Švajcarska),
- minimum standarda za tretman, obnovu metala i insineracije hemikalija koje ne mogu biti obnovljene (Švajcarska),
- razdvajanje aparata na one koji mogu biti ponovo upotrebljeni i one koji ne mogu (Belgija).

Većina zemalja je razvila mešane WEEE menadžment sisteme zasnovane na postojećim komunalnim sistemima upravljanja otpadom, u kojima komunalne vlasti organizuju sakupljanje E-otpada iz domaćinstava kao i upravljanje kontejnerskim parkovima i ostalim mestima sakupljanja, dok ih proizvođači recikliraju i obrađuju.

Uloga maloprodajnih objekata i distributera varira u širokom spektru od zemlje do zemlje. Lanac trgovine je, na primer, glavni lanac (kanal) za povratak E-otpada u Švajcarskoj, gde su maloprodajni objekti identifikovani kao glavne tačke za pristup vraćenoj opremi u zavisnosti od njene mogućnosti za reciklažu i ponovnu upotrebu. U Norveškoj je pri sakupljanju E-otpada zakonom dodeljena veoma važna uloga distributerima i maloprodajnim objektima.

U Belgiji 80% tačaka sakupljanja su mesta prodaje proizvoda, ali ona uspeju da prihvate 25% od ukupne količine sakupljenog E-otpada, dok komunalna mesta za sakupljanje otpada (20%) preuzimaju 75% E-otpada. U Holandiji kanali distribucije (maloprodajni objekti i distributivni centri) sakupe oko 13% od ukupne količine sakupljenog E-otpada. Maloprodajni objekti imaju pristup reciklažnim parkovima i RTS (Regional Transfer Station) za male količine E-otpada.

Izuzev Švajcarske, ovi sistemi su finansirani od:

- poreza lokalnih vlasti na komunalnu infrastrukturu i
- potrošača sve dok se u obzir uzimaju troškovi sortiranja, reciklaže i odlaganja.

Tabela 2. pokazuje podelu odgovornosti između proizvođača i javnih preduzeća u pojedinim zemljama EU.

*Tabela 2 – Podela odgovornosti između komunalnih organa i proizvođača*  
*Table 2 – Distribution of responsibility among utility services and producers*

Zemlja	Sakupljanje i sortiranje do mesta za sakupljanje		Reciklaža	
	Upravljanje	Finansiranje	Upravljanje	Reciklaža
Danska	Komunalne vlasti	Komunalne vlasti	Komunalne vlasti	Komunalne vlasti
Belgija, Holandija, Švedska	Komunalne vlasti	Komunalne vlasti/proizvođači	Proizvođači	Proizvođači

Zemlja	Sakupljanje i sortiranje do mesta za sakupljanje		Reciklaža	
	Upravljanje	Finansiranje	Upravljanje	Reciklaža
Norveška	Komunalne vlasti/ maloprodajni objekti/ distribucija	Komunalne vlasti/ maloprodajni objekti/ distribucija	Proizvođači	Proizvođači
Švajcarska	Proizvođači – maloprodajni objekti	Proizvođači – maloprodajni objekti	Proizvođači	Proizvođači

U Belgiji, Švedskoj i Holandiji troškovi sakupljanja pokrivaju se različitim ugovorima proizvođača i komunalnih vlasti. Proizvođači pokrivaju deo troškova transporta od komunalnih mesta sakupljanja do RTS ili finansiraju rad komunalnih postrojenja (npr. obezbeđenje specijalnih kontejnera)

Tabelom 3. data su dostignuća izabranih sistema sakupljanja u pet evropskih zemalja u zavisnosti od porekla sakupljenog E-otpada. Sistemi upravljanja u Švedskoj, Švajcarskoj, Danskoj i Norveškoj su zajednički za sve kategorije E-otpada, bez obzira da li on potiče iz domaćinstava ili iz drugih izvora.

Tabela 3 – Dostignuća postojećih sistema  
Table 3 – Results of the existing systems

	Belgija	Holandija	Norveška	Švedska	Švajcarska
Stopa sakupljanja (masa po stanovniku)	3,5 kg 2002. god.	4,13 kg 2000. god.	7,9 kg 2001. god.	7 kg 2001. god.	8 kg 2002. god.
Poreklo sakupljenog otpada	domaćinstvo	domaćinstvo	domaćinstvo i ostalo	domaćinstvo i ostalo	domaćinstvo i ostalo

Poređenje različitih sistema upravljanja E-otpadom zavisi od mnogih faktora, a pre svega od:

- starosti sistema,
- vrste E-otpada koji se sakuplja,
- pokrivenosti geografskog područja sistemima i slično.

Kod nas nadležno ministarstvo bliže propisuje listu električnih i elektronskih proizvoda, mere zabrane i ograničenja korišćenja električne i elektronske opreme koja sadrži opasne materije. Pri stavljanju u promet može se zabraniti ili ograničiti korišćenje nove električne i elektronske opreme koja sadrži olovo, živu, kadmijum, šestovalentni hrom, polibromovane bifenile (PBB) i polibromovane difenil etre (PBDE).

## Osnovne logističke karakteristike elektronskog i električnog otpada

Elektronski i električni otpad prema Katalogu otpada razvrstan je u grupu sa indeksnim brojem otpada 16 02 00 i 20 01 00.

Elektronski i električni otpad je postao problem velikih razmera zbog dve glavne karakteristike:

- E-otpada je opasan, jer sadrži preko hiljadu različitih supstanci, od kojih su mnoge otrovne i stvaraju ozbiljno zagađenje prilikom odlaganja i
- E-otpada se stvara velikom brzinom u izuzetno velikim količinama.

E-otpada je jedan od najvećih globalnih svetskih problema, posmatrano sa stanovišta ekologije i očuvanja životnog prostora. Specifičnost E-otpada je njegova složenost i brzina kojom elektro proizvodi zastarevaju i bivaju zamenjeni novim. Brz razvoj tehnologije doprineo je da potrošači retko kad odnose neispravne aparate na popravku, već ih jednostavno zamenjuju novim, jer je to jednostavnije i vrlo često jeftinije. Prosečni životni vek računara se smanjio sa šest godina na samo dve.

Većina korisnika mobilnih telefona kupuje nove aparate svake dve godine. Pri tome veliki broj starih aparata završi kao otpad, a čak 90% mase materijala može se iskoristiti i ponovo upotrebiti. Takođe, baterije koje predstavljaju 15% do 30% mase telefona mogu značajno naškoditi životnoj sredini. Posledice su dvostruke: bacanje mobilnog telefona znači i bacanje vrednih metala (paladijuma i zlata), a ovakav otpad zagađuje okolinu, jer se oslobađaju pomenute toksične materije. Brojni istrošeni elektro proizvodi predstavljaju deo komunalnog otpada i ukoliko se sa njima nepravilno postupa postaju opasni zbog svoje toksičnosti.

Međutim, zbog načina funkcionisanja postojećih sistema sakupljanja otpada, skoro 90% E-otpada završava na deponijama ili postrojenjima za insineraciju. Uticaj E-otpada na okolinu nastaje njegovom upotrebom, dizajnom (količinom materijala i korišćenjem energije) kao i načinom njegovog odlaganja na kraju upotrebog veka. U krajnjem slučaju, kada proizvod uđe u tok otpada njegov uticaj na okolinu ne samo da zavisi od osobina proizvoda, već i od načina postupanja sa njime.

E-otpada sadrži više od 1000 različitih supstanci, od kojih su mnoge toksične kao što su: olovo, živa, arsen, kadmijum, selen i slično. Kada se govori o opasnosti koja postoji od odbačenog računara, misli se, pre svega, na toksičnost supstanci koje se nalaze u njemu.

Opasne supstance u E-otpadu su:

- Olovo – uzrokuje oštećenje centralnog i perifernog nervnog sistema, kardio-vaskularnog sistema, bubrega i reproduktivnih organa. Nalazi se u monitorima (od 1,5 kg do 4,0 kg po monitoru) i matičnim pločama.

- Kadmijum – uzrokuje nepovratne posledice na ljudsko telo, jer se taloži na bubrežima. Može se naći u raznim čipovima, a takođe je i stabilizator za plastiku.



– Živa – može uzrokovati oštećenja raznih organa uključujući mozak i bubrege, kao i fetus. Najopasnije je zagađenje vode živom koja se lako taloži u živim organizmima kroz lanac ishrane, najčešće preko ribe. Procenjuje se da se 22% svetske potrošnje žive koristi u električnoj i elektronskoj opremi. Koristi se u termostatima, senzorima, relejima, mobilnim uređajima, baterijama i LCD ekranima.

– Heksovalentni hrom – koristi se u zaštiti od korozije i kao ukras ili učvršćivač kućišta. Lako se apsorbuje u ćelijama i može uzrokovati oštećenja DNK.

– Plastika uključujući PVC – u prosečnom računaru je ima oko 7 kg. Najviše korišćeni oblik plastike je PVC (poli-vinil-hlorid). Prilikom gorenja može stvarati ugljen-dioksid.

– Bromirani inhibitori gorenja (BFR) – koriste se u plastičnim kućištima radi sprečavanja zapaljivosti.

– Barijum – je mekani srebrno-beli metal koji se koristi u CRT monitorima da bi zaštitio korisnike od zračenja. Studije su pokazale da kratka izloženost barijumu uzrokuje oticanje mozga, slabljenje mišića, oštećenje srca, jetre i slezine.

– Berilijum – je vrlo lagani metal, tvrd i nemagnetičan. Zbog ovih svojstava koristi se u matičnim pločama. Nedavno je klasifikovan kao kancerogen, jer uzrokuje rak pluća.

– Toneri - Glavni sastojak crnog tonera je pigment. Udisanje je primarni način izlaganja što može dovesti do iritacije disajnih puteva. Klasifikovan je kao kancerogen.

– Fosfor – se koristi kao premaz na CRT monitorima radi rezolucije slike. Otrovan je, pa nakon dolaska u dodir sa njim trebalo bi potražiti lekarsku pomoć.

Pored svoje štetnosti E-otpad je vredan izvor sekundarnih sirovina. Smatra se da današnji računari sadrže oko jedan gram zlata, dok se u jednoj toni E-otpada može naći i do 200 kg bakra.

U poslednjih dvadeset godina razvijene zemlje su uspostavile različite kontrolne mehanizme za upravljanje otpadnim materijalima, pri čemu je prednost data strategiji sprečavanja stvaranja otpada. Pri tome, prevenciji se daje prednost u odnosu na reciklažu, koja je bolja od spaljivanja, dok je odlaganje na deponije najmanje poželjan način.

## Nastajanje elektronskog i električnog otpada u sistemu odbrane

Razvojem i tehničko-tehnološkim osavremenjavanjem kako vojske tako i sistema odbrane u celini znatan deo električne i elektronske opreme i uređaja dolazi u stanje kada biva zamenjen novijim, odnosno biva odbačenim. Većina takve opreme i uređaja prelaze u kategoriju E-otpada.

Specifičnost E-otpada generisanog u sistemu odbrane je njegova složenost i brzina kojom elektro proizvodi zastarevaju i bivaju zamenjeni novim. Brz razvoj tehnologije doprineo je da se neispravni uređaji i oprema ređe daju na popravku, već se zamenjuju novim, jer je to jednostavnije i vrlo često finansijski isplativije. Prosečni životni vek računara se smanjio sa šest godina na samo dve. Slično je stanje i sa drugom informatičkom i telekomunikacionom opremom.

Trenutno, najveći deo E-otpada u zemlji završava na deponijama ili u spalionicama. Postoji inicijativa da se pređe sa spalionica na recikliranje, ali reciklaža često predstavlja nešto sasvim drugo - rastavljanje, drobljenje, paljenje, izvoz i slično. To je u većini slučajeva nekontrolisano i stvara dodatnu opasnost.

Količina E-otpada generisanog u sistemu odbrane naglo raste, a sadržaj opasnih materija u električnoj i elektronskoj opremi predstavlja glavnu brigu tokom upravljanja E-otpadom i njegove reciklaže koja se ne realizuje u dovoljnom obimu.

Problem E-otpada će se još pogoršati, jer se očekuje veliki porast u količini računara i druge slične opreme koji će biti bačeni u narednih pet godina. S obzirom da će CRT monitori biti zamenjeni LCD monitorima doći će i do masovnog odbacivanja CRT monitora.

Pri razmatranju pitanja nastajanja E-otpada u sistemu odbrane treba imati u vidu i analize koje su proveli stručnjaci evropskih država, a koje pokazuju kako je početkom devedesetih godina prošlog veka udeo E-otpada u ukupnom evropskom kućnom otpadu iznosio oko 2%, odnosno 4 miliona tona. Krajem devedesetih godina količina E-otpada se povećala na 6 miliona odnosno na 4% u kućnom otpadu. Procenjuje se da će rast količine E-otpada u Evropi biti po stopi od 5% godišnje, tako da će do kraja ove dekade količina otpada biti udvostručena. Poređenja radi, rast količine E-otpada danas je veći tri puta od porasta komunalnog otpada. Nivo reciklaže u zemljama u razvoju raste, ali ne drži korak sa rastom proizvodnje otpada.

## Količina elektronskog i električnog otpada generisanog u sistemu odbrane

U sistemu odbrane kao i u R. Srbiji ne postoje tačni podaci o količinama E-otpada koji se generiše tokom jedne godine. Procenjuje se da godišnje u Srbiji nastaje oko 30.000 tona, dok se oko 40.000 tona zastalog otpada nalazi na smetlištima, raznim skladištima i divljim deponijama. U Srbiji se godišnje uveze i stavi na tržište oko 85.600 tona novih električnih i elektronskih proizvoda. Jedan deo tih proizvoda sasvim sigurno završava u sistemu odbrane. Uvoz polovnih računara i električne i elektronske opreme je zabranjen, osim za sopstvene potrebe.

Utvrđivanje potpuno pouzdane količine E-otpada je vrlo otežano zbog izvesnih poteškoća u utvrđivanju količinskih parametara u vezi sa proizvodnjom i potrošnjom električnih i elektronskih uređaja. Pored toga utvrđivanje količine E-otpada u sistemu odbrane zavisi i od toga koliko otpada nastaje u jedinicama vojske kao, koliko u organizacionim celinama ministarstva (sektori i uprave), koliko stare opreme i uređaja se nalazi po skladištima i sl.

Za utvrđivanje potencijalne količine E-otpada generisanog u sistemu odbrane mogu se koristiti različiti pristupi, odnosno metode, u zavisnosti od dostupnosti potrebnih podataka. Evropska agencija za zaštitu životne sredine predložila je korišćenje sledećih metoda (Ratković, 2010):

- vremenski postupna metoda (Time Step),
- metoda ponude tržišta,
- Carnegie–Mellon metoda i
- Aproksimativna metoda I i II.

Izbor pogodne metode za izračunavanje potencijalne količine E-otpada zavisi od odgovora na sledeća pitanja:

- Da li je tržište zasićeno ili dinamičko i da li se javljaju radikalne promene i rast u prodaji ili ne?
- Koja vrsta ponašanja prevladava kod korisnika nakon prve upotrebe (ponovna upotreba, skladištenje, reciklaža, bacanje)?
- Do kog stepena su podaci o proizvodu koji se analizira dostupni i kakav je kvalitet tih podataka?

Tačnost utvrđenih količina E-otpada zavisi od pouzdanosti i potpunosti baze podataka. Radi dobijanja što pouzdanijih procena potencijalne količine E-otpada uputno je paralelno koristiti više mogućih metoda i uporediti dobijene rezultate.

Imajući u vidu prirodu sistema odbrane, za utvrđivanje potencijalne količine E-otpada koji se generiše u njemu, moguće je koristiti Vremenski postupnu metodu i Aproksimativne metode I i II

**Vremenski postupna metoda** bazira se na podacima o zalihama, tj. količini elektronske i električne opreme i uređaja, kako u jedinicama Vojske tako i u ustanovama sistema odbrane, kao i na podacima o broju nabavljenih uređaja i opreme. Potencijalna količina E-otpada u posmatranom vremenskom periodu dobija se kao zbir njegove količine u jedinicama Vojske i ustanovama, nabavljenih uređaja i opreme u tom periodu, umanjene za broj neupotrebljivih uređaja i opreme koji su praktično već postali otpad u posmatranom periodu (Jovanović, Mihajlović, 2011).

Tako se potencijalna količina E-otpada utvrđuje izrazom:

$$P_o = Q_{vj} + Q_{us} + Q_n - N_o(t)$$

gde je:

$P_o$  – potencijalna količina otpada u posmatranom periodu (t),

$Q_{vj}$  – količina E-opreme u jedinicama Vojske (t),

$Q_{us}$  – količina E-opreme u ustanovama sistema odbrane(t),

$Q_n$  – količina nabavljene E-opreme u posmatranom periodu (t),

$N_o$  – broj, odnosno količina E-uređaja koji se već smatraju otpadom u posmatranom periodu (t).

Podaci o količini E-opreme po jedinicama Vojske i ustanovama sistema odbrane su praktično dostupni, što se može utvrditi iz materijalnog knjigovodstva.

Podaci o broju nabavljenih E-uređaja, za ovaj proračun, mogu biti izvedeni iz podataka o opremanju jedinica i ustanova ovim uređajima. Tačnije, broj nabavljenih E-uređaja predstavlja sumu nabavke iz domaće proizvodnje (uz uslov da ona postoji) i uvoza.

Ova metoda pogodna je za izračunavanje potencijalne količine neupotrebljivih računara uz uslov da su svi podaci potrebni za proračun dostupni.

**Aproksimativna metoda I**, drugačije nazvana metoda potrošnje i upotrebe, za proračun potencijalne količine E-otpada zasniva se na podacima o broju-zalihama E-opreme i njihovom prosečnom upotrebnom veku. Potencijalna količina E-otpada u posmatranom periodu može se izračunati izrazom:

$$P_o = (Q_{vj} + Q_{us})/d \text{ (komada)}$$

gde je:

$P_o$  – potencijalna količina E-otpada u posmatranom periodu (komada),

$Q_{vj}$  – količina E-opreme u jedinicama Vojske (komada),

$Q_{us}$  – količina E-opreme u ustanovama sistema odbrane(komada),

$d$  – prosečni radni vek proizvoda (godina).

Ova metoda bazirana je na pretpostavci konstantnog prosečnog upotrebnoeg veka opreme pa je zato pogodna za primenu na široko zasićenim tržištima, gde nema velikih odstupanja od prosečnog radnog veka proizvoda, koji je subjektivnog karaktera.

**Aproksimativna metoda II** kod proračuna potencijalne količine E-otpada uvažava pretpostavku da sa nabavkom novih uređaja stari uređaji moraju biti odbačeni. Potencijalna količina E-otpada izračunava se izrazom:

$$P_o = P(t) \text{ (komada)}$$

gde je:

$P_o$  – potencijalna količina E-otpada u posmatranom periodu (komada), i

$P(t)$  – broj nabavljenih E-uređaja u posmatranom vremenskom periodu (komada),

Jedna od prednosti ove metode je ograničen spektar ulaznih podataka koji su potrebni, odnosno potrebni su samo podaci o nabavci za određeni vremenski period što ovu metodu čini pogodnom.

## Aktivnosti logistike elektronskog i električnog otpada

Da bi se ispunili zahtevi Direktive o električnom i elektronskom otpadu neophodno je uspostavljanje efikasnih organizacionih i logističkih povratnih sistema (Vidović, 2010), (Kilibarda, Zečević, 2008). Sakupljanje i transport moraju biti izvedeni tako da optimiziraju ponovnu upotrebu i reciklažu onih komponenti ili celih uređaja pogodnih za reciklažu, odnosno ponovnu upotrebu. Očuvanje uređaja za ponovnu upotrebu zahteva pravilnu organizaciju i vrstu logističkih operacija sakupljanja, transporta, sortiranja, odlaganja-skladištenja, a sve u cilju očuvanja ponovne upotrebljivosti proizvoda, slika 1.



Slika 1 – Logistika E-otpada (Jovanović, i dr, 2012)  
Figure 1 – E-waste logistics (Jovanovic et al, 2012)

Postojeća logistička infrastruktura bi trebalo da bude osnova sistema za sakupljanje, transportovanje, sortiranje i rastavljanje električnog otpada. Pravi izazov za upravne organe leži u obezbeđenju da E-otpad bude sakupljan odvojeno od ostalog otpada, uređaji za ponovnu upotrebu odvojeni od onih koji nisu i da budu poslani u adekvatna postrojenja za dalji tretman, što će za rezultat imati:

- prilagođavanje većeg dela infrastrukture,
- posebne kontejnere za E-otpad na dostupnim mestima za korisnike opreme,
- razvoj ostalih sistema dopreme za manje proizvode itd.

Jedna od teškoća upravljanja E-otpadom je nepostojanje veze između količine opreme na upotrebi i tokova otpada zato:

- što je vek upotrebe E-uređaja obično kraći nego što je procenjeno i
- što postoje poteškoće u skladištenju (čuvanju starih E-uređaja), ponovnoj upotrebi ili otuđivanju.

Transport, rukovanje, ali i skladištenje i sortiranje su presudne logističke aktivnosti za očuvanje potencijala za ponovno korišćenje i za izbegavanje oštećenja ili lomova komponenti koje sadrže opasne materije. Dobra praksa podrazumeva procedure koje obezbeđuju da se sve obavlja na bezbedan i efikasan način. Da bi se smanjio rizik po okolinu i ljude, sistem bi trebalo da obezbedi minimalna kretanja opreme i uređaja i da minimizira ručno rukovanje njima. Takođe bi trebalo težiti otklanjanju opasnih supstanci i odvajanju uređaja za ponovnu upotrebu što je ranije moguće u toku procesa. Način sakupljanja će varirati u zavisnosti od rastojanja, lokacije korisnika i veličine sakupljenih uređaja (Parasuraman, et al, 1985).

## Sakupljanje elektronskog i električnog otpada

Sakupljanje E-otpada predstavlja značajnu aktivnost kojom se obezbeđuje njegovo koncentrisanje na određenom mestu radi preduzimanja drugih aktivnosti iz domena daljeg postupanja sa takvim otpadom. Vrlo značajnu ulogu u sistemu sakupljanja E-otpada imaju krajnji korisnici E-uređaja i opreme. Od posebne važnosti je uspostavljanje funkcionalnih sistema sakupljanja E-otpada (Službeni glasnik RS, 2009, 2010ab).

Korisnici moraju odgovarajućim merama biti motivisani za sakupljanje E-otpada. Komande i uprave treba da definišu broj, kapacitet, lokaciju i organizaciju unutar mesta sakupljanja. Korisnike elektronskih i električnih uređaja i opreme treba konstantno informisati o:

- zahtevima za posebno sakupljanje i sortiranje E-otpada (ne odlagati takav otpad zajedno sa ostalim komunalnim otpadom),
- dostupnim sistemima sakupljanja i povratka iskorišćenih elektronskih uređaja,

- njihovoj ulozi u doprinosu ponovne upotrebe, reciklaže i ostalih oblika obnove E-otpada,
- potencijalnim štetnim efektima E-otpada na životnu sredinu,
- značenju simbola koji su proizvođači obavezni da štampaju na pakovanjima, uputstvima za korišćenje ili garantnim listovima (Službeni glasnik RS, 2009, 2010ab).

Simbol koji označava sakupljanje E-otpada odvojeno od ostalog otpada sastoji se od precrtane kante za smeće, slika 2. On mora biti jasan, čitljiv i neizbrisiv. Znak je propisan odgovarajućom Evropskom direktivom i upozorava korisnika da se proizvod, kada postane otpad, ne sme odlagati u kante ili druge sudove zajedno sa komunalnim otpadom. To ujedno znači i da su proizvođači električnih i elektronskih proizvoda na području EU, kao i svi koji žele izvoziti na područje EU, obavezni da obeleže svoje proizvode tim znakom. Znak mora biti otisnut na pakovanju (ambalaži), u uputstvima za upotrebu i na garantnom listu.



Slika 2 – Obeležavanje sakupljanja elektronskog otpada  
Figure 2 – E-waste collection labelling

Efikasan sistem organizovanog sakupljanja E-otpada zavisi od:

- dostupnih i efikasnih lokacija(objekata) za sakupljanje i
- adekvatnih i doslednih informacija za korisnike.

Lica koja preuzimaju otpad od električnih ili elektronskih proizvoda posle njihove upotrebe, izuzev delova tih proizvoda, izdaju i čuvaju potvrde o preuzimanju, kao i potvrde o njihovom upućivanju na tretman i odlaganje. Sva lica, odnosno subjekti koji vrši sakupljanje, tretman ili odlaganje otpada od električnih i elektronskih proizvoda moraju da:

- poseduju dozvolu,
- vode evidenciju o količini i vrsti preuzetih električnih ili elektronskih proizvoda i
- podatke o sakupljenom, tretiranom ili odloženom E-otpadu dostavljaju Agenciji.

Fluorescentne cevi, zbog svog obima upotrebe i prisustva žive u njima, predstavljaju problem nakon odbacivanja. One se odvojeno sakupljaju, a njihovo odlaganje je zabranjeno bez prethodnog tretmana. Vlasnik otpadnih fluorescentnih cevi koje sadrže živu dužan je da ih radi tretmana preda licu koje za to ima dozvolu.

## Identifikacija i sortiranje elektronskog i električnog otpada

Posle inicijalnog testa selekcije u cilju identifikacije ponovne upotrebljivosti proizvoda, uređaji se sortiraju po tipu i uslovima i obeležavaju zajedno sa njihovom destinacijom:

- ponovna upotreba celog uređaja,
- ponovna upotreba komponenti,
- reciklaža i
- obnavljanje/odlaganje.

Na komunalnim mestima za sakupljanje E-otpada poput reciklažnih parkova, veliki i mali aparati mogu biti razdvojeni trenutno. Razdvajanje na uređaje za ponovnu upotrebu i na one koji to nisu, takođe može biti urađeno na mestu za sakupljanje (Službeni glasnik RS, 2009, 2010ab).

Regionalne stanice za prebacivanje RTS (Regional Transfer Station) optimiziraju meru sakupljanja i transporta do objekata za obradu. Ukoliko prethodno nije urađena nijedna selekcija za ponovnu upotrebu, regionalne stanice su zadužene da to obave. Moguće je tretirati neke grupe proizvoda tokom njihovog boravka u regionalnim stanicama, na primer TV aparati mogu biti rastavljeni delimično radi transporta različitih delova u objekte za preradu na različitim lokacijama.

## Transportovanje elektronskog i električnog otpada

Posebno sakupljen E-otpad bi trebalo da bude transportovan u odabrane objekte za preradu, osim ako se uređaji ponovo ne upotrebljavaju kao celina (Službeni glasnik RS, 2009, 2010ab).

Prema WEEE Direktivi krajnji vlasnik trebalo bi da se oslobodi svojih starih E-uređaja besplatno (bez ikakve nadoknade), ali posebno sakupljanje E-otpada će neophodno zahtevati neke investicije: kontejneri, boks palete, specifične vage, registracione i informativne kampanje.

Troškovi transporta i sakupljanja zavise od:

- vrste usluge, tj. da li se radi o sakupljanju ili isporuci,



- vrste sakupljenih proizvoda (neophodni kontejneri, specijalno rukovanje uređajima koji sadrže CFC itd.),
- transportnih rastojanja i opsluživanog područja i
- postojeće infrastrukture.

Transportni troškovi će se vremenom smanjivati kada se:

- obave potrebna ulaganja u osnovnu infrastrukturu,
- optimizira logistika i
- razvije svest korisnika tako da se omogući stalno povećavanje stope sakupljanja.

Da bi se obezbedilo da rukovanje i utovar ne utiču na sposobnost ponovne upotrebe, treba:

- osposobiti osoblje da poštuje sve aspekte rukovanja (na primer, frižideri i zamrzivači bi trebalo da budu transportovani uspravno);
- pravilno organizovati transport;
- koristiti odgovarajuća vozila sa liftovima za uređaje velike mase;
- koristiti opremu za pričvršćivanje uređaja prilikom transporta kako bi se izbegla oštećenja i ispuštanje opasnih supstanci itd.

Sakupljanje i transport moraju biti izvedeni tako da optimiziraju ponovnu upotrebu i reciklažu onih komponenti ili celih uređaja pogodnih za reciklažu, odnosno ponovnu upotrebu. Ispitivanje potencijala za ponovnu upotrebu bi trebalo da bude što zastupljenije kako bi se proizvodi za ponovnu upotrebu poslali adekvatnim kanalima ponovne upotrebe bez ikakvih oštećenja. Modalitete logističkih i organizacionih povratnih načina treba prilagoditi konkretnim lokacijskim uslovima onih jedinica i ustanova koje stvaraju različite tokova E-otpada.

## Skladištenje elektronskog i električnog otpada

Skladištenje E-otpada je logistička aktivnost njegovog smeštaja i čuvanja do naredne tehnološke operacije. Skladištenje E-otpada na komunalnim mestima za sakupljanje zahteva:

- dovoljan skladišni kapacitet (prostor i oprema) i
- adekvatne skladišne objekte (natkrivene i otvorene).

Skladišni objekti treba da budu opremljeni odgovarajućom opremom koja će da obezbedi:

- očuvanje potencijala ponovne upotrebe,
- lakšu demontažu uređaja,
- sprečavanje krađe uređaja i delova koji imaju komercijalnu vrednost,
- sprečavanje isticanja opasnih supstanci i zagađenja okoline i
- ograničeno vreme skladištenja.

## Odlaganje-deponovanje elektronskog i električnog otpada

Odlaganje E-otpada predstavlja najmanje poželjno rešenje i predstavlja posebnu opasnost, pošto nijedno tlo nije potpuno nepropusno. Može doći do curenja, isticanja opasnih materija: živa iz štampanih ploča, polihlorovani bifenili (PCB) iz kondenzatora i kadmijum iz specifičnih plastika mogu iscureti u zemljište i podzemne vode. Značajne količine olova mogu biti rastvorene iz stakla CRT-a (katodne cevi) pomoću podzemnih voda koje sadrže razne kiseline, a nalaze se na deponijama. Poseban problem predstavlja isparavanje žive iz E-otpada. Dodatno, nekontrolisani požari mogu povećati emisiju veoma toksičnih dioksina i furana usled prisustva širokog spektra opasnih materija na deponijama.

Odlaganje otpada od električnih i elektronskih proizvoda bez prethodnog tretmana je zabranjeno. Odlaganje E-otpada obavlja se odvojeno od drugih vrsta otpada.

Otpadne tečnosti od E-otpada moraju biti odvojene i tretirane na odgovarajući način. Ukoliko komponente E-otpada sadrže polihlorovane bifenile obavezno se odvajaju i obezbeđuje se njihovo adekvatno odlaganje.

### Zaključak

Da bi se logistika E-otpada generisanog u sistemu odbrane što uspešnije odvijala, potrebno je neprekidno raditi na projektovanju, planiranju i preduzimanju određenih organizacionih mera. Projektovane mere treba preduzimati tokom realizacije celokupnog procesa logistike E-otpada, od aktivnosti sakupljanja na mestu nastanka pa sve do aktivnosti konačnog odlaganja, bilo u postrojenjima za preradu ili na deponijama.

Za E-otpad generisan u sistemu odbrane kao i za sve otpadne materijale mogu se istaći zajedničke mere za poboljšanje logističke usluge i to: racionalizacija sakupljanja i privremenog skladištenja otpadnih materijala; motivacija pripadnika sistema na povećanje efikasnosti u postupanju sa otpadnim materijalom i štednji resursa; optimizacija broja, strukture i rasporeda sredstava, za prikupljanje i smeštaj otpadnih materijala; racionalizacija tokova transporta otpadnih materijala u pogledu iskorišćenja transportnih sredstava; optimizacija tokova transporta otpadnih materijala, sa stanovišta izbora najkraćih puteva-ruta kretanja,

Pojedine performanse kvaliteta logističke usluge E-otpada mogu se poboljšati. Pri tome treba imati u vidu: potrebu razvoja primerenih sistema za selektivno prikupljanje E-otpada; potrebu podele odgovornosti unutar logističkih operacija i finansiranja upravljanja E-otpadom; mogućnosti uspostavljanja različitih kontrolnih mehanizama za upravljanje ot-

padnim materijama, uz nastojanje razvoja metoda za sprečavanje stvaranja E-otpada; razvoj mera za sprečavanje upućivanja E-otpada na deponije ili postrojena za insineraciju; otežano utvrđivanje potpuno pouzdane količine E-otpada zbog izvesnih neodređenosti u vezi proizvodnje i potrošnje električnih i elektronskih uređaja; potrebu uspostavljanja efikasnih organizacionih i logističkih povratnih sistema; mogućnosti i potrebu sistema da definiše broj, kapacitet, lokaciju i organizaciju unutar mesta sakupljanja; osposobljavanje lica za pravilno rukovanje, utovar, pretovar i istovar E-otpada, kako bi se očuvala sposobnost ponovne upotrebe.

### *Literatura*

American Society for Testing and Materials, 1981, *Thesaurus on Resource Recovery Terminology*, Philadelphia.

Jovanović, D., Mihajlović, M., 2011, Kvalitet logističke usluge otpadnih materijala, *Zbornik radova I naučno-stručnog skupa POLITEHNIKA – 2011*, str. 339–343, decembar 02, Beograd.

Jovanović, D., Petrović, Lj., Vujanović, D., 2012, *Logistika otpadnih materijala*, Visoka škola strukovnih studija – Beogradska politehnika, Beograd.

Kilibarda, J. M., Zečević, M. S., 2008, *Upravljanje kvalitetom u logistici*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Parasuraman, A., Zeithamal, V. A., Berry, L., 1985, *A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research*, *Journal of Marketing*, fall.

Ratković, B., 2010, *Logistika otpadnih materijala i povratnih sredstava – vežbe*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Službeni glasnik RS, 2009, Zakon o upravljanju otpadom, br. 36.

Službeni glasnik RS, 2010a, Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, br. 56.

Službeni glasnik RS, 2010b, Pravilnik o načinu skladištenja, pakovanja i obeležavanja opasnog otpada, br. 92.

Vidović, M., 2010, *Povratna logistika, predavanja*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

#### THE POSSIBILITIES TO DEVELOP THE LOGISTICS OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC WASTE IN THE MILITARY DEFENCE SYSTEM OF THE REPUBLIC OF SERBIA

FIELD: Logistics

ARTICLE TYPE: Review Paper

#### *Summary*

*The military defence system of the Republic of Serbia (the Ministry of Defence and the Serbian Army) represents a complex organisational and technical-technological system. The nature of its*

*operations imposes it to be equipped with a considerable amount of electrical and electronic equipment and devices. Such equipment and devices during operation, over time, lose their primary function, become useless and turn into electrical and electronic equipment waste; therefore, they must be handled properly.*

*This article discusses the problems and possible directions of the logistics of development and implementation of electrical and electronic waste generated in the defence as the logistics of waste and reverse waste logistics, which is, in a narrower sense, a part of waste materials management. For the purpose of this paper, the logistics of electrical and electronic waste in the defence is regarded as the process of planning, implementation, control and realisation of flows, processes and activities of electrical and electronic waste materials from their place of origin to their place of disposal, through collecting and transportation to the final destination (places of treatment, reuse, disposal and destruction) in order to meet the requirements of all stakeholders at minimal cost.*

The legislation and European initiatives in the area of electrical and electronic waste

*In 2003, the European Union, stimulated by the rapid emergence and amount of e-waste, as well as its hazardous influence on the environment, adopted two directives: Directive 2002/96/EC of the European Parliament and the European Council on 27.01.2003 on the management of electrical and electronic waste (WEEE – Waste from Electrical and Electronic Equipment) and Directive 2002/95/EC of the European Parliament and the Council of Europe 27.01.2003 on the restrictions on the use of hazardous substances in electronic and electrical equipment (RoHS - Restriction of the use of hazardous substances). The adopted Directives should improve the management of e-waste and make its treatment safer.*

Experience of developed countries in dealing with electrical and electronic waste

*Most of the management of e-waste in the developed countries of Europe and the world is organized around the existing municipal waste collection points. A common thing is the existence of three primary channels for collecting e-waste: municipal collection points, retail stores and direct return to the manufacturer. There is a great diversity in the amount of collected and treated electrical and electronic waste, although different categories of devices and the size of the population were considered. In addition to quantitative measures, various qualitative measures for the management of e-waste are defined:*

- Environmentally acceptable treatment (Denmark),*
- Adequate treatment in accordance with the regulations (Norway),*
- Pre-treatment of waste prior to disposal in landfills (Sweden, Switzerland),*

- *Minimum standards for the treatment, recovery of metals and incineration of chemicals that cannot be restored (Switzerland),*
- *Division of devices into reusable and non-reusable ones (Belgium).*

Production of electronic and electrical waste in the defence system

*During the development and technological modernization of the military and defence system as a whole, a substantial part of electrical and electronic equipment and devices is coming into the state when it is either replaced by newer equipment or rejected. Most of such equipment and devices become e-waste.*

*The specificity of e-waste generated in the defence system is its complexity and speed with which electrical products become obsolete and replaced by new ones. Due to rapid technology development, faulty equipment and devices are rarely repaired, but rather replaced with new ones, because it is simpler and often more cost-effective. The average life span of computers has been reduced from six to just two years. The situation is similar with other IT and telecommunications equipment.*

*The amount of e-waste generated in the defence system is growing rapidly, and the content of hazardous substances in electrical and electronic equipment is a major concern of the e-waste management and its recycling that it is not implemented to a sufficient extent.*

The amount of electrical and electronic waste generated in the defence system

*In the Republic of Serbia as well as in its defence system there are no exact figures on the amount of e-waste generated in a year. Establishing fully reliable amounts of e-waste is very difficult because there are some difficulties in the quantitative determination of the parameters related to the production and consumption of electrical and electronic devices. Besides that, determining the amount of e-waste in the defence system depends on how much waste is generated in the Army units and in the organizational units of the Ministry (administration and sectors), quantities of old equipment and devices in warehouses, etc. To determine the potential volume of e-waste generated in the defence system, different approaches and methods can be used, depending on the availability of the required data. The European Agency for the Environment has proposed the use of the following methods:*

- *Time-progressive method (Time Step),*
- *Market methods,*
- *Carnegie-Mellon methods,*
- *Approximate methods I and II.*

*The accuracy of the established amount of e-waste depends on the reliability and completeness of the database. To obtain a more*

*reliable estimate of the potential amount of e-waste, it is advisable to simultaneously use a number of possible methods and compare the results. Given the nature of the defence system, to determine the potential volume of e-waste generated in it, it is possible to use the method of gradual time and approximate methods I and II.*

#### Activities of electrical and electronic waste logistics

*To fulfill the requirements of the Directive on e-Waste, it is necessary to establish effective organizational and logistic feedback systems. Collection and transportation must be organized to optimize the reuse and recycling of the components or whole appliances suitable for recycling or reuse. The preservation of devices for reuse requires proper organization and logistic operations of collecting, transporting, sorting, and waste-storage, all in order to preserve the re-usability of the product.*

#### Conclusion

*For successful logistics of e-waste generated in the defence system, it is necessary to continuously work on designing, planning and undertaking certain organizational measures. Designed measures should be taken during the execution of the whole process of e-waste logistics, from collection activities at the source to final disposal activities, either in processing plants or landfills.*

*Some quality performances of e-waste logistics services can be improved. The followingt should be considered: need for development of appropriate systems for the selective collection of e-waste; need for sharing responsibilities within the logistic operations and financial management of e-waste; possibility of establishing different control mechanisms in the management of waste materials, with efforts to the development of methods for e-waste prevention; development of measures for the prevention of sending e-waste to landfills or incineration lines; difficulties in establishing fully reliable amounts of e-waste due to some uncertainty regarding the production and consumption of electrical and electronic devices; need to establish effective organizational and logistic feedback systems; opportunity and need for the system to define number, capacity, location and organization within a collection point; and training of personnel for proper handling, loading, unloading and reloading of e-waste in order to preserve the ability to re-use it.*

**Keywords:** *defence system, electrical and electronic waste, logistics.*

Datum prijema članka/Paper received on: 25. 12. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on:  
09. 01. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:  
11. 01. 2013.