Eko-dizajn električnih i elektronskih proizvoda

GORDANA A. KAPURAN, doktorant, Univerzitet Singidunum,
Tehnički fakultet, Beograd

Pregledni rad
UDC: 502:628.477.6.043
DOI: 10.5937/tehnika1802285K

Tokom poslednjih decenija industrija elektronske opreme doživela je naglu ekspanziju što je dovelo do sve veće zastupljenosti električnih i elektronskih uređaja u svakodnevnom životu ljudi. Savremeni trendovi, unapređenje performansi, dizajna i novi softveri uzrokovali su bržem zastarevanju ovih proizvoda i stvaranju sve većih količina elektronskog i električnog otpada. Da bi se postigao koncept održivog razvoja u industriji električne i elektronske opreme jedan od osnovnih uslova je primena principa eko-dizajna. To podrazumeva, kao prvo, identifikovanje direktnog i indirektnog uticaja proizvoda na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa. Nakon što se izvrši detaljna analiza životnog ciklusa proizvoda pristupa se odabiru strategije koja će se primeniti kao implementacija koncepta eko-dizajna. Cilj ovog rada je pregled opštih principa eko-dizajna električnih i elektronskih proizvoda kao i ukazivanje na pozitivne rezultate njihove primene. U radu su prikazane opšte metode analize životnog ciklusa proizvoda, kao i osnovni principi eko-dizajna čijom primenom se može postići značajan napredak u smanjenju štetnog uticaja na životnu sredinu tokom svih faza životnog ciklusa proizvoda.

Ključne reči: eko-dizajn, reciklaža, industrija

1. UVOD

Životna sredina konstantno trpi razne promene. Neke od najznačajnijih su promene u konfiguraciji i strukturi tla, promene vodenih tokova, biljnog i životinjskog sveta. Ove promene do skoro su se dešavale gotovo neprimetno, posmatrajući ih u intervalu životnog veka čoveka. Međutim, krajem prošlog veka, kao posledica ljudskih aktivnosti i nagle industrijalizacije, promene životne sredine postale su drastične čak i u periodu od jedne decenije.

Tokom poslednjih decenija industrija električnih i elektronskih proizvoda (EE-proizvoda) doživela je naglu ekspanziju što je dovelo do sve veće zastupljenosti ovih uređaja u svakodnevnom životu ljudi. Međutim, savremeni trendovi, unapređenje performansi, dizajna i novi softveri uzrokovali su brže zastarevanje ovih proizvoda i stvaranje sve veće količine električnog i elektronskog otpada. Smatra se da u svetu ovaj otpad raste po stopi od 5% godišnje što ga čini najbrže rastućim otpadom na planeti [1]. Inovacije u polju EE-proizvoda dešavaju se veoma brzo tako da je

potrebno uporedo usavršavati i metode zaštite životne sredine koje će pratiti te inovacije.

EE-otpad sadrži znatne količine čiste i kvalitetne sirovine, ali i jako opasne komponente kao što su olovo, živa i arsen [2], koje ukoliko dospeju u prirodu veoma štetno utiču na zdravlje ljudi i životno okruženje uopšte. Zbog toga je sam proces reciklaže veoma složen, a izdvajanje sirovina vrši se u nekoliko faza.

Upravljanje životnom sredinom postaje pitanje od izuzetne važnosti u poslovanju naprednih kompanija. Prateći povećanje svesti o potrebi za zaštitom životne sredine, mnoge kompanije počele su da ispituju kako njihove aktivnosti i proizvodi utiču na životnu sredinu. Uvođenjem koncepta eko-dizajna identifikuju se, procenjuju i minimiziraju uticaji proizvoda na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa.

Neki od osnovnih principa eko-dizajna su:

- Korišćenje „zelenijih“ materijala
- Upotreba što manje komponenti
- Upotreba što manje plastike
- Korišćenje recikliranih materijala
- Uklanjanje opasnih materijala
- Povećana funkcionalnost proizvoda
- Povećana energetska efikasnost proizvoda
- Dizajn pogodan za demontažu
- „Čista“ proizvodnja itd.

Adresa autora: Gordana Kapuran, Univerzitet Singidunum, Beograd, Danijelova 32

e-mail: justgordana@gmail.com

Paper received: 31.01.2018.

Paper accepted: 21.02.2018.

Postoji više faktora koji utiču na odluku proizvođača da primeni koncept eko-dizajna za svoje proizvode. Neki od najvažnijih faktora su:

- Ušteda ulaznog materijala i energije potrebne za izradu proizvoda
- Pобољшanje upravljanja troškovima
- Optimizacija tehnologija proizvodnje
- Povećanje ugleda na tržištu
- Podsticanje razvoja društva u oblasti zaštite životne sredine
- Usklađenost sa novim zakonima o zaštiti životne sredine
- Zadovoljavanje kriterijuma za sertifikaciju.

Proizvođač prvo mora detaljno ispitati sve faze životnog ciklusa proizvoda kako bi na osnovu toga odabrao strategiju koju će primeniti kao implementaciju koncepta eko-dizajna. Da bi se proizvod smatrao „zelenim“ potrebno je ispratiti neke osnovne strategije [3]:

- Novi koncept u razvoju proizvoda
- Odabir materijala
- Optimizacija tehnologija proizvodnje
- Optimizacija fizičkih komponenti proizvoda
- Optimizacija distribucije i pakovanja
- Optimizacija rada proizvoda u toku upotrebe
- Upravljanje proizvodom na kraju životnog veka.

U ovom radu prikazano je da se primenom principa eko-dizajna EE-proizvoda može postići značajan napredak u smanjenju štetnog uticaja na životnu sredinu tokom svih faza životnog ciklusa proizvoda.

2. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA

Kada je potrebno dizajnirati novi proizvod, prema standardu ISO 14040, proizvođač je dužan da izvrši analizu svih faza životnog ciklusa proizvoda (slika 1), počev od procesa nastajanja, preko eksploatacije i na kraju odbacivanja. Procenom životnog ciklusa proizvoda stiče se uvid u propuste proizvođača u smislu zaštite životne sredine pa se tako stiče mogućnost optimizacije procesa proizvodnje, pametniji izbor materijala, čime se postiže i značajna finansijska ušteda.

Metoda procene životnog ciklusa (Life Cycle Assessment, LCA) se koristi kako bi pomogla u donošenju odluka dizajnera prilikom izbora materijala, proizvodnih procesa i samog dizajna proizvoda. Pomoću ove metode može se izvršiti i poređenje uticaja na životnu sredinu različitih opcija prilikom dizajniranja proizvoda i tako uočiti koje je optimalno rešenje za proizvod koji treba dizajnirati.

LCA metoda se može iskoristiti i za marketing kompanije. Imajući u vidu da je proizvođač sproveo LCA metodu za svoje proizvode, kupac će se radije

odlučiti za njegov proizvod u odnosu na konkurenciju jer će biti svestan da time doprinosi razvoju sektora zaštite životne sredine. Ova metoda takođe je neophodna alatka prilikom procene da li neki proizvod ispunjava zahteve za dobijanje oznake ekološki podobnog proizvoda.

Slika 1 - Životni ciklus proizvoda

U različitim fazama životnog ciklusa razlikujemo dve vrste faktora uticaja na životnu sredinu koji se posmatraju: ulazne faktore kao što su potrošnja materijala i energije i izlazne faktore kao što su ispuštanje materijala u zemlju, vodu i vazduh. Posebno se obraća pažnja na upotrebu toksičnih materijala prilikom proizvodnje, njihov uticaj na zdravlje i sigurnost zaposlenih kao i posledice ispuštanja u životnu sredinu.

Kada se kreće sa analizom proizvoda prvenstveno je bitno jasno definisati cilj LCA metode jer se u zavisnosti od toga bira nivo detaljnosti samog procesa. Svrha ove analize je utvrđivanje prioriteta tj. gde je potrebno izvršiti promene prilikom dizajniranja novog proizvoda. Da bi se otpočelo sa dizajniranjem novog modela potrebno je prvo izvršiti detaljnu analizu starog modela proizvoda. Nakon što se definiše cilj analize pristupa se prikupljanju podataka. Istražuje se tržište po pitanju funkcije proizvoda, estetike, cene, kvaliteta i odnos proizvoda u odnosu na konkurenciju. Utvrđuju se proizvodni procesi za svaku komponentu, kao i proizvođači i izvori svih ugradnih komponenti. Sakupljaju se podaci o načinima eksploatacije proizvoda prilikom čega se identifikuje uticaj na životnu sredinu. Nakon analize proizvoda u periodu eksploatacije razmatraju se metode odlaganja. Na kraju se svi podaci i ocene sumiraju i na osnovu njih izvede zaključci o datom proizvodu. Kako bi se utvrdilo da li će nova rešenja za poboljšanje proizvoda doprineti smanjenju uticaja na životnu sredinu potrebno je izvršiti analizu novog pretpostavljenog proizvoda i uporediti ga sa prethodnim.

Nakon detaljne analize životnog ciklusa proizvoda pristupa se izradi idejnih rešenja i prototipova, istraživanja materijala i tehnologija proizvodnje. Nakon što

se usvoje optimalni materijali pristupa se izboru procesa proizvodnje pri čemu se biraju tehnologije sa minimalnim uticajem na životnu sredinu. Gotov proizvod se pakuje i transportuje do distributera.

Precizno izračunavanje uticaja proizvoda na životnu sredinu nije jednostavno jer postoje faze životnog ciklusa koje se ne mogu direktno analizirati i za koje je potreban pristup informacijama o radu drugih organizacija. U tom slučaju vrši se procena bez direktnog istraživanja. To se odnosi na proizvodnju sirovina, proizvodnju ugrađenih komponenti koje se dobijaju od drugih kompanija, odlaganje ali i samu upotrebu proizvoda. Najjednostavnije faze za analizu su procesi proizvodnje i distribucije proizvoda jer se vrše unutar same kompanije.

3. NOVI KONCEPT U RAZVOJU PROIZVODA

Proces razvoja proizvoda je redosled koraka ili aktivnosti koje preduzeće koristi da osmisli, dizajnira i komercijalizuje proizvod [4]. Prva faza u procesu razvoja proizvoda jeste generisanje ideje o proizvodu i odabir proizvoda za dizajn ili redizajn. Kada se proizvod posmatra sa strane isplativosti za proizvođača postoji pet faza životnog ciklusa kroz koji prolazi. Prva faza je faza razvoja proizvoda, kada kompanija traga za novim ili razmatra unapređenje starog proizvoda. U sledećoj fazi, fazi uvođenja proizvoda na tržište, kompanija izdvaja značajna sredstva za marketing proizvoda. Kada proizvod postane opšteprihvaćen počinje faza rasta gde proizvođač počinje da vraća troškove iz prve dve faze. Sledeća faza je faza zrelosti proizvoda, kada se rast usporava i kada proizvod počinje da pritiska konkurenciju. Poslednja je faza opadanja, kada proizvod više nije u stanju da se brani od konkurencije ili neke promene ukusa potrošača ili promene životnog stila koja dovodi do zastarevanja i suvišnosti proizvoda. Svaki proizvod prilazi kroz ove faze ali ni jedan menadžer ne može tačno predvideti koliko će koja faza trajati [5]. Zbog toga je zadatak dizajnera da pre svega istraži tržište i ispita potrebe korisnika kako bi mogao unaprediti proizvod novim uslugama ili dizajnom čime se postiže produžetak faze rasta proizvoda. Vršiti se generalna analiza proizvoda, istražuje se potreba za datim proizvodom, posmatraju se postojeći proizvodi, istražuju problemi, prate se trendovi unapređenja proizvoda i sl. U ovoj fazi proizvod se detaljno opisuje, uočavaju se ključne karakteristike dizajna, osnovne komponente i materijali za izradu.

Proizvod koji se razmatra za primenu eko-dizajna ne mora biti nov, već može biti samo unapređen model iz postojeće linije proizvoda. Zbog toga je važno prilikom dizajniranja proizvoda predvideti moguće opcije za nadogradnju i unapređenje funkcija. Mnogi proizvodi koji su se ranije koristili samostalno sada se

moгу koristiti u sklopu drugih aparata ili čak kao aplikacije na savremenim, pametnim telefonima ili tabletima.

4. ODABIR MATERIJALA

Porast proizvodnje EE-proizvoda je direktno povezan sa porastom upotrebe sirovina iz prirode koje se teško regenerišu, kao što su retki metali koji se koriste za izradu modernih elektronskih komponenti. Sa stanovišta upotrebe prirodnih resursa treba imati na umu da jednom uzeta sirovina iz prirode koja se ne obnavlja više neće biti na raspolaganju sledećim generacijama. Zbog toga je prilikom izrade dizajna proizvoda potrebno težiti što manjoj upotrebi izvornih sirovina kao i sirovina sa toksičnim supstancama.

Poželjna je upotreba materijala koji imaju što manji uticaj na životnu sredinu i čija proizvodnja ne zahteva veliki utrošak energije pre nego što stignu u postrojenje za proizvodnju.

Netoksični materijali su materijali koji ne sadrže toksične supstance koje mogu ugroziti zdravlje radnika u proizvodnji, korisnika tokom perioda eksploatacije, ali i životnu sredinu prilikom procesa proizvodnje i na kraju životnog veka proizvoda. Pomoću LCA metode može se postići procena štetnosti materijala kao i moguće zamene za materijale pogodnije za reciklažu ili konačno odlaganje. Uglavnom je moguće naći adekvatnu zamenu za štetne materijale koja neće bitno uticati na cenu ili performanse proizvoda. Neke od najzastupljenijih toksičnih i kancerogenih supstanci EE-proizvoda su sledeće: živa u štampanim pločama, bromirani usporivači plamena u plastici, tečni kristali u ekranima, kadmijum u baterijama, itd. [3].

Reciklirani materijali i materijali pogodni za reciklažu su najbolji izbor kada je reč o eko-dizajnu. Međutim, potrebno je obratiti pažnju na kvalitet recikliranog materijala, tj. da li on i nakon reciklaže zadržava ista ili slična svojstva kao izvorni materijal i da li njegove karakteristike zadovoljavaju dizajnera u smislu primene eko-dizajna. Najpogodniji materijali za reciklažu su: čelik, aluminijum, platina, zlato, srebro, nikal, živa, paladijum, bakar, cink, papir, karton, određene vrste plastike, guma i staklo. Prilikom odabira materijala potrebno je istražiti da li je cena materijala dobijenog reciklažom konkurentna u odnosu na izvorni materijal.

Takođe je važno ispitati i procese reciklaže materijala kako bi se uočili eventualni nedostaci i unapređenjem smanjio uticaj na životnu sredinu. Zatvorenim krugom reciklaže smatra se kada se recikliran materijal koristi za izradu istog proizvoda, dok se u otvorenim krugom reciklaže reciklirana sirovina koristi za izradu nekog drugog proizvoda. Kao primer primene recikliranih materijala navešćemo kompaniju

„Sony“, koja je smanjila upotrebu neobnovljivih prirodnih resursa razvojem „SORPLAST“ reciklirane plastike [6]. Reč je o mešavini reciklirane polikarbonatne plastike (99%) i usporivača plamena sa drugim aditivima (1%). Na ovaj način dobijen je materijal koji nudi održivost i visoke performanse uz minimalnu upotrebu štetnih usporivača plamena.

Upotreba što manje materijala je još jedna od važnih mera koje je poželjno primeniti prilikom ekodizajniranja. Tako se postiže smanjenje upotrebe prirodnih resursa, smanjuju se troškovi proizvodnje i stvara se manje otpada na kraju životnog veka. Potrebno je naći optimalno rešenje kako bi proizvod bio kompaktan i lak za upotrebu, a takođe i lakši za pakovanje i transport.

5. OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE

Nacionalna zakonodavstva mnogih razvijenih zemalja svakim danom povećavaju broj zakona i propisa u oblasti zaštite životne sredine, čime često ograničavaju plasman određenih proizvoda ili uslovljavaju modifikaciju proizvodnih procesa. U vreme intenzivnog razvoja industrije električnih i elektronskih proizvoda, pri izboru proizvodne tehnologije najveću ulogu imali su ekonomski kriterijumi. Masovna proizvodnja dovela je do gomilanja otpadnih proizvoda isuviše složenih za reciklažu koji su uglavnom završavali na smetlištima i gradskim deponijama. To je dovelo do ozbiljnog narušavanja životne sredine, a samim tim i podstaklo proizvođače da modifikuju tehnologije proizvodnje.

Optimizacija proizvodnih procesa vrši se na osnovu istraživanja svih faktora koji utiču na životnu sredinu, pri čemu se teži ka što manjem utrošku materijala, smanjenoj potrošnji električne energije i stvaranju što manje količine otpada. Ovo se može postići redizajniranjem postojećih procesa ili izbacivanjem nekih, po okolinu, nepotrebnih ili štetnih koraka u proizvodnji.

Postoje razni alati, ček-liste i softverski paketi koji mogu olakšati i ubrzati analizu uticaja proizvodnih procesa na životnu sredinu. Neke od mera koje se primenjuju prilikom optimizacije tehnologija proizvodnje su: upotreba alternativnih procesa proizvodnje, kontrola procesa, smanjenje potrošnje električne energije itd. [3]

Prilikom analize životnog ciklusa proizvoda svaki proces proizvodnje potrebno je detaljno ispitati da bi se procenio njegov uticaj na životnu sredinu. Procese koji imaju loš uticaj na životnu sredinu potrebno je zameniti alternativnim procesima čiji će uticaj biti znatno manji, a da se time ne utiče negativno na efektivnost proizvodnje. Potrebno je da dizajneri budu

upoznati sa najboljim mogućim tehnologijama i opremom da bi uspešno unapredili postojeće proizvodne procese ili pak upotrebili sasvim nove. U ovoj fazi važno je misliti i na troškove proizvodnje, kako bi se odabrala optimalna tehnologija, a proizvod bio konkurentan na tržištu.

Kontrolni sistemi su obavezan deo svakog proizvodnog procesa kako bi se sprečilo bilo kakvo zagađenje i očuvali resursi. Potrebno je izolovano ispitati svaki podsistem tehnološkog procesa, kako bi se uočili eventualni nedostaci. Osim toga, mogu se uvesti i posebni uređaji, koji će služiti za gašenje opreme kada nije u upotrebi ili ukoliko dođe do bilo kakvih nepravilnosti i kvara.

Modifikacijom procesa proizvodnje može se postići i značajno smanjenje utroška električne energije. Biranjem efikasnije opreme za proizvodne linije, kao što su energetske efikasne motore i ventilatori, smanjuje se utrošak električne energije celog proizvodnog procesa. Značajno smanjenje utroška električne energije može se postići i upotrebom obnovljivih izvora energije.

Na primer, solarni paneli se mogu koristiti za početno zagrevanje u nekim procesima. Solarni paneli, za razliku od standardnih sistema za snabdevanje električnom energijom, zahtevaju veće investicije prilikom ugradnje, ali tokom procesa proizvodnje ostvaruje se značajna ušteda. Osim finansijske uštede, upotrebom solarnih panela postiže se i nezanemarljivo smanjenje uticaja na životnu sredinu. Upotreba snage vetra je još jedan od načina optimizacije proizvodnih procesa u cilju smanjenja uticaja na životnu sredinu.

6. OPTIMIZACIJA FIZIČKIH KOMPONENTI PROIZVODA

Pod optimizacijom fizičkih komponenti proizvoda podrazumeva se primena mera kojima će se postići produženje životnog veka proizvoda, optimizacija funkcija, kao i lako održavanje i popravke proizvoda.

Produženje životnog veka direktno utiče na smanjenje štetnih uticaja na životnu sredinu. Proizvod koji se koristi duži niz godina štedi prirodne resurse i stvara manje otpada. Jedna od mera koje se primenjuju da bi se to postiglo je upotreba trajnih materijala prilikom proizvodnje. Ali ovde treba obratiti pažnju da se trajni materijali ne koriste prilikom dizajniranja proizvoda kojima je unapred predviđen kratak rok trajanja, osim ukoliko je u pitanju materijal pogodan za reciklažu i ponovnu upotrebu. Kada je reč o EE-proizvodima važno je pomenuti trend porasta brzine zamene proizvoda za nove, dok su stari još uvek u funkciji. To se ogleda u potrebi praćenja novih softverskih inovacija ili jednostavno u socijalnom efektu želje za novijim i modernijim. Proizvod koji će se koristiti deset godina

ima značajno manji uticaj na životnu sredinu od proizvoda koji se menja nakon pet godina pa čak i dve, što je trend sa savremenim mobilnim telefonima.

Optimizacija funkcija proizvoda je još jedna od mera koja se može primeniti u cilju smanjenja dimenzija i količine materijala za izradu nekog proizvoda. Tipičan primer su multifunkcionalni štampači koji mogu štampati dokumenta, kopirati i skenirati ih sa jednog uređaja. Ovim postupcima otvara se tržište za nove proizvode koji su u isto vreme prihvatljiviji za životnu sredinu ali i praktičniji za upotrebu.

Uređaji za telekomunikaciju su generalno mnogo manji od ostalih električnih i elektronskih proizvoda pa su samim tim lakši za sakupljanje nakon prestanka upotrebe. Ali sa druge strane njihov sastav je dosta složeniji od većine ostalih uređaja pa je tretman rastavljanja i izdvajanja toksičnih materija dosta složeniji i skuplji. Mobilni telefon koji teži manje od 1% ukupne težine jednog uređaja bele tehnike može sadržati mnogo više toksičnih materija. [2] Zbog svega toga potrebno je težiti dizajniranju proizvoda koji će biti prilagodljiv promenama. Takav dizajn omogućava konstantno unapređenje proizvoda koje će pratiti tehnike inovacije i imati mogućnost dodavanja funkcija. Modularna struktura proizvoda omogućava ugradnju savremenih tehnologija u stari proizvod čime se smanjuje potreba za kupovinom novih uređaja i produžava period eksploatacije proizvoda.

Pod održavanjem proizvoda podrazumevaju se periodične preventivne popravke i servisiranje. Pravilnim održavanjem produžava se životni vek proizvoda čime se sprečava nepotrebna potrošnja sirovina i stvaranje otpada. Dizajneri treba da osmisle takav proizvod koji će biti pogodan za lako održavanje relativno nevestih potrošača i omogućiti im lak pristup rezervnim delovima i komponentama. Procedure održavanja treba da budu jednostavne i jasno istaknute u uputstvu za upotrebu. To se odnosi na učestalost popravki, procedure prilikom greški u radu proizvoda ili prestanka rada, potreban alat za popravke i sl. Popravka proizvoda treba da iziskuje što manje troškova, kako bi bila isplativa.

7. OPTIMIZACIJA PROCESA DISTRIBUCIJE I PAKOVANJA

Prilikom analize životnog ciklusa proizvoda, procena uticaja transporta posmatra se u dve faze. Prva faza je transport materijala od izvora do postrojenja za proizvodnju, a druga faza je transport gotovog proizvoda do distributera. U prvoj fazi značajnu ulogu ima izbor materijala za proizvodnju, jer ukoliko se izabere materijal iz neposredne sredine transport će trajati kraće čime će se uštediti na vremenu, ali i u novcu. Takođe treba obratiti pažnju i na aspekt uticaja na

životnu sredinu pri čemu se misli na utrošak goriva i zagađenje prilikom sagorevanja u toku transporta. Fosilna goriva koja se koriste za transport skoro svih industrijskih proizvoda su prirodni resursi koji se ne obnavljaju i zbog toga njihovu upotrebu treba svesti na minimum.

Kada se posmatra transport gotovog proizvoda sledeći koraci se mogu sprovesti kako bi se smanjio štetan uticaj na životnu sredinu:

- Koristiti energetske efikasnije metode transporta, kao što su teretni vozovi
- Redukcija ispuštanja štetnih gasova u vazduh, što se može postići redovnim održavanjem vozila i korišćenjem energetski efikasnih vozila
- Osiguranje pravilnog transporta toksičnih materijala
- Optimizacija maršute transporta kako bi se redukovala dužina transporta
- Redukcija veličine proizvoda kako bi se lakše upakovala i kako bi se povećala količina proizvoda koji se transportuju po jednom prevoznom sredstvu [3].

Prilikom pakovanja proizvoda potrebno je obezbediti sigurnu zaštitu od oštećenja uz minimalni utrošak materijala. Potrebno je birati materijale koji nisu toksični i koji se nakon upotrebe mogu reciklirati. U poslednje vreme propagira se veća upotreba papirnih kesa za pakovanje proizvoda u odnosu na plastične. Međutim, sami procesi proizvodnje plastičnih kesa imaju znatno manji uticaj na životnu sredinu u odnosu na proizvodnju papirnih kesa. Takođe, plastične kese su znatno manje težine i gabarita pa su povoljnije i za transport.

Kada je reč o biorazgradivim kesama, prema „Zelenoj knjizi o evropskoj strategiji o plastičnom otpadu“ [7] koju je objavila Evropska komisija, pojam „biorazgradivo“ može se sam po sebi pogrešno shvatiti od strane potrošača. Napominje se da je za razgradnju biorazgradivih materijala potrebno ispuniti nekoliko uslova (temperatura, vlažnost i sl.) da bi se razgradili u prirodi. U dosta slučajeva to nije moguće, naročito na gradskim deponijama, tako da se neki biorazgradivi materijali zapravo nikada ne razgrade ili to čine veoma sporo.

8. OPTIMIZACIJA RADA PROIZVODA U TOKU UPOTREBE

Pod optimizacijom rada proizvoda u toku upotrebe podrazumeva se modifikacija funkcija proizvoda u cilju smanjenja potrošnje električne energije i redukcije upotrebe potrošnog materijala. Pri tome je neophodno voditi računa da izmene u cilju poboljšanja uticaja na životnu sredinu nemaju negativan uticaj na performanse proizvoda [8].

Smanjenje potrošnje električne energije jedna je od glavnih mera, kada je reč o optimizaciji rada proizvoda u toku eksploatacije. Neke od funkcija uštede energije su prilagođavanje osvetljenja ekrana osvetljenju u prostoriji i smanjenje aktivnih procesa u „stand-by“ režimu. Mnogi proizvodi dosta vremena provode u „stand-by“ režimu, kako bi bili spremni za funkcionisanje, ali zapravo nisu u funkciji. Količina energije koja se utroši na aktivne EE-proizvode i one u „stand-by“ režimu je veoma značajna, tako da bilo kakva optimizacija doprinosi značajnoj uštedi. Čak i minimalna unapređenja proizvoda serijske proizvodnje, kao što su televizori, kompjuteri i mobilni telefoni, pomnožena sa stotinama hiljada izrađenih proizvoda vode ka značajnoj uštedi energije tokom faze eksploatacije proizvoda. Kada postoji mogućnost zamene izvora energije poželjno je dizajnirati energetski efikasan proizvod koji će trošiti manje električne energije nego ranije. Skupština Srbije usvojila je 2013. godine Zakon o efikasnom korišćenju energije, koji treba da doprinese povećanoj sigurnosti snabdevanja energijom, smanjenju uvozne zavisnosti, povećanju konkurentnosti privrede i standarda građana. Prema članu 42. ovog zakona proizvodi se mogu staviti na tržište i u upotrebu samo ako ispunjavaju zahteve eko-dizajna utvrđene tehničkim propisom, ako je njihova usklađenost utvrđena u propisanom postupku i ako su označeni u skladu sa propisom koji se odnosi na tu grupu proizvoda [9].

Da bi bile što konkurentnije na tržištu, često se kompanije udružuju jer sektor proizvodnje EE-proizvoda zahteva velike investicije u razvoj i istraživanje. Američka kompanija Amazon.com 2012. godine predstavila je Kindle, novi uređaj za čitanje elektronskih knjiga (slika 2). U saradnji sa kompanijom SolarFocus dizajnirane su korice uređaja sa ugrađenim solarnim ćelijama (SolarKindle Lighted Cover) kojima se puni baterija uređaja. Ove ćelije nalaze se na prednjoj strani korica tako da izložene direktnoj sunčevoj svetlosti obezbeđuju besplatnu energiju za punjenje baterije [10].

Slika 2 - Čitač elektronskih knjiga Kindle [5]

Redukcija upotrebe potrošnog materijala može se postići optimizacijom dizajna proizvoda, kako bi se smanjila potreba za zamenom potrošnog materijala. Korisniku je potrebno obezbediti detaljno uputstvo

kako se proizvod pravilno održava, sa jasnim smericama kako i koliko često bi bilo potrebno menjati potrošni materijal. Takođe, potrebno je dizajnirati sam potrošni materijal, kako bi bio pogodan za ponovnu upotrebu ili reciklažu. Ukoliko ponovna upotreba ili reciklaža nisu moguće, proizvođač je dužan da jasno naznači postupke odlaganja potrošnog materijala nakon upotrebe. Štetan uticaj na životnu sredinu umanjuje se i upotrebom netoksičnih materijala prilikom pravljenja potrošnog materijala.

Jedan od primera je softversko rešenje za smanjenje potrošnje tonera prilikom štampanja papira (slika 3). U 2009. godini stvoren je ekološki font (Ecofont).

ecofont

Slika 3 - Ecofont

Reč je o softveru koji prilikom štampe dokumenta pravi bele tačkice u slovima štedeći tako od 20% pa čak i do 50% boje, a da se pri tome ne umanjuje kvalitet tj. čitljivost dokumenta [11].

Kada je reč o proizvodima koji su dizajnirani po principima eko-dizajna, potrebno je detaljno informisati potrošače o pravilnoj upotrebi proizvoda, kako bi se postigao maksimalan učinak u cilju smanjenja uticaja na životnu sredinu [12].

9. UPRAVLJANJE PROIZVODOM NA KRAJU ŽIVOTNOG VEKA

Električni i elektronski otpad ima karakter opasnog otpada i prema Zakonu o upravljanju otpadom ne može se mešati sa drugim vrstama otpada [13]. Zbog toga je odgovorno odlaganje proizvoda jedina prihvatljiva mera na kraju životnog veka, ukoliko reciklaža nije moguća.

Eko-dizajn ima važnu ulogu u mogućnostima koje će proizvod imati nakon završetka faze eksploatacije. U Zakonu o upravljanju otpadom Republike Srbije jasno je definisano načelo odgovornosti, koje kaže da su proizvođači, uvoznici, distributeri i prodavci proizvoda koji utiču na porast količine otpada odgovorni za otpad koji nastaje usled njihovih aktivnosti. Proizvođač snosi najveću odgovornost, jer utiče na sastav i osobine proizvoda i njegove ambalaže. Proizvođač je obavezan da brine o smanjenju nastajanja otpada, razvoju proizvoda koji su reciklabilni, razvoju tržišta za ponovno korišćenje i reciklažu svojih proizvoda [13]. Dizajn za reciklažu podrazumeva upotrebu manjeg broja komponenti, ali i materijala prilikom izrade proizvoda [14]. Ukoliko se prilikom dizajniranja proizvoda izaberu materijali koji su pogodni za reciklažu proizvod će delimično ili u potpunosti moći ponovo da se iskoristi. Takođe, prilikom dizajniranja potrebno je

komponente osmisлити tako da se na kraju životnog veka mogu lako izdvojiti, a zatim popraviti, reciklirati ili zameniti novim, kako bi proizvod mogao ponovo da radi ili se iskoristiti za neki drugi proizvod. Najčešće komponente koje se recikliraju, su: štampane ploče, motori, ekrani, napajanja i baterije.

Međutim, za neke komponente se ne može pouzdano znati u kakvom su stanju i koliko im se životni vek može produžiti, iz razloga što izdržljivost komponente zavisi od više faktora: učestalosti upotrebe, izloženosti toploti i električnim naponima i sl. Takve komponente su motori, napajanja i ekrani koji su najmanje izloženi zastarevanju i tehnološkim inovacijama. Pored značajnog pozitivnog uticaja na životnu sredinu ovim metodama se postiže i ušteda unutar same kompanije kroz skraćivanje proizvodnih procesa i uštedu u potrošnji materijala.

Ako je poznato da je odlaganje jedini mogući scenario nakon završetka perioda eksploatacije, dizajner bi trebao da izbegava upotrebu toksičnih materijala. U slučajevima, kada je upotreba ovakvih materijala neophodna, poželjno je dizajnirati proizvod tako da izdvajanje komponenti koje sadrže toksične materije bude jednostavno, kako bi se izbegla opasnost po zdravlje radnika i smanjio rizik od ispuštanja toksina u životnu sredinu.

Prilikom dizajniranja proizvoda potrebno je obratiti pažnju i na upotrebu konektora i priključaka. Poželjno je koristiti standardne priključke i konektore kako bi komponente bile pogodnije za ponovnu upotrebu na drugim proizvodima ili kako bi se lako mogle priključiti nove komponente. Rastavljanje elemenata treba da bude lako, da ne iziskuje dodatne finansijske troškove kao i da se prilikom rastavljanja ne ošteti ostatak proizvoda.

10. ZAKLJUČAK

Porast razvoja industrije prati i porast zagađenja životne sredine, a s obzirom na to da je zagađenje životne sredine u velikoj meri rezultat proizvodnih procesa, principe eko-dizajna je potrebno trajno učvrstiti u prioritet menadžmenta svakog proizvođača EE-proizvoda.

Nije više samo odbačen proizvod ono što štetno utiče na životnu sredinu. Veoma značajan uticaj ima svaka faza životnog ciklusa proizvoda, od izbora sirovina, preko proizvodnje, distribucije, upotrebe i na kraju reciklaže ili konačnog odlaganja. Zadatak dizajnera je da svaku fazu temeljno istraži, uoči međusobne uticaje i na osnovu toga dizajnira „zeleniji“ proizvod od prethodnih.

Time će se postići ne samo pozitivan uticaj na životnu sredinu, već i značajna finansijska ušteda u kompaniji. Pojednostavljuju se proizvodni procesi,

značajno se smanjuje potrošnja materijala i električne energije i stvara se bolja slika u javnosti o proizvođaču.

Sa druge strane neophodno je povećati svest građana o potrebi za održivim razvojem proizvoda. Kupovinom ekološki podobnih proizvoda podstiče se „čistiša“ proizvodnja, a proizvođači bivaju prinuđeni da menjaju svoje proizvodne procese kako bi se prilagodili ovim promenama i postali konkurentni na tržištu.

LITERATURA

- [1] *Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine*, Sl. glasnik RS, br. 29/10.
- [2] *E-WASTE VOL. 1: Inventory Assessment Manual*, United Nations Environment Programme (UNEP), 2007, 127 p.
- [3] *Manual on Eco-Design and End-of-Life management of Electronic Products*, NTUA, EU, September 2007, 63 p.
- [4] Cvetković D. *Dizajn i razvoj proizvoda*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2011.
- [5] *Menadžment, pojmovnik – Od A do Z*, Tim Hindl, Adizes, Novi Sad, 2006.
- [6] SONY, [Internet]. www.sony.rs (preuzeto 03.01.2018.)
- [7] *GREEN PAPER On a European Strategy on Plastic Waste in the Environment*, European Commission, Brussels, 2013, 91 p.
- [8] Bonvoisin J. *Limits of Eco-design: the case for open source product development*, International Journal of Sustainable Engineering, Volume 10, 2017 - Issue 4-5: Sustainable Design and Manufacturing, pp. 198-206, 28 Apr 2017.
- [9] *Zakon o efikasnom korišćenju energije*, Beograd, Sl. glasnik RS, br. 25/2013.
- [10] [Internet]. www.earthtimes.org (preuzeto 06.11.2017)
- [11] [Internet]. www.ecofont.com (preuzeto 23.12.2017)
- [12] *Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products*, Official Journal of the European Union, 2009.
- [13] *Zakon o upravljanju otpadom*, Sl. glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016.
- [14] Milojković JB, Litovski VB. *Eco-design in electronic – The state of the art*, FACTA UNIVERSITATIS, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 2, No 2, pp. 87 – 100, 2002.

SUMMARY

ECO-DESIGN IN ELECTRICAL AND ELECTRONIC PRODUCTS

During the last decades electronic equipment industry has experienced rapid expansion, which led to increased level of presence of electric and electronic devices in everyday life. Current trends, improvements of performance, design and new softwares caused the rapid obsolescence of these products and the creation of ever larger quantities of electrical and electronic waste. To achieve the concept of sustainable development in the industry of electrical and electronic equipment one of the basic conditions is the application of the principles of eco-design. This means, firstly, identifying direct and indirect impact of products on the environment at all stages of the product life cycle. After performing a detailed analysis of the product life cycle designer should approach to choosing a strategy that will be used as the implementation of the concept of eco-design. The aim of this paper is to review the general principles of eco-design of electrical and electronic products and point out the positive results of their implementation. This paper describes a general method of Life cycle analysis of the product, as well as the basic principles of eco-design with whose implementation can be achieved significant progress in reduction of negative impacts on the environment during all phases of the product life cycle.

Key words: *eco-design, recycling, industry*