Recikliranje rasvjetnih sustava

Malijurek, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:121552

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Stručni studij informatike

RECIKLIRANJE RASVJETNIH SUSTAVA

Završni rad

Tomislav Malijurek

Osijek, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OSNOVE RASVJETNIH TIJELA 2
3. ŠTETNOST ODBAČENIH RASVJETNIH TIJELA 8
3.1. Štetne tvari i komponente rasvjetnih tijela 8
3.2. Gospodarenje odbačenim rasvjetnim tijelima u Republici Hrvatskoj 11
3.3. Količine odbačenih rasvjetnih tijela 14
4. RECIKLIRANJE RASVJETNIH TIJELA 16
4.1. Recikliranje fluorescentnih cijevi mobilnim *crusher* uređajem 18
4.2. Recikliranje rasvjetnih tijela u pogonu za cjelovitu obradu 20
5. ZAKLJUČAK 24
LITERATURA 25
SAŽETAK 28
ABSTRACT 29
ŽIVOTOPIS 30

1. UVOD

U vrijeme kada modernih rasvjetnih tijela ima sve više, uz planiranje i projektiranje sustava rasvjete bitan faktor je i odlaganje rasvjetnih tijela, jer su po svojoj materijalnoj strukturi rasvjetna tijela svrstana u opasni otpad. Veliki broj rasvjetnih tijela se može reciklirati čime se sprječava zagađenje prirode i ljudskog zdravlja, kao i ušteda energije, jer se recikliranjem materijali vraćaju u proizvodnju. Osim što korištenjem novih tehnologija rasvjetnih tijela omogućavamo kvalitetnije i jače osvjetljenje uz značajnije uštede u potrošnji električne energije, smanjujemo i osobne troškove. Moramo imati na umu da zaštita okoliša uključuje i pravilno odlaganje i zbrinjavanje "štednih" žarulja i svjetiljki na kraju njihova životnog vijeka.

Sukladno pravilniku o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom, rasvjetna tijela svrstavamo u kategoriju EE-otpada, potkategoriju rasvjetne opreme, dok se žarulje sa žarnom niti ne tretiraju kao EE-otpad [1].

Današnja rasvjetna tijela koriste za svoj rad razne komponente i tvari, od kojih su neke opasne komponente i tvari, poput žive, fosfora i tiskanih elektroničkih pločica. Isto tako koriste i vrijedne materijale poput plemenitih plinova, stakla, plastike i metala. Potpunom obradom rasvjetnih tijela u procesu recikliranja može se odvojiti i do 98 % sirovine koja se može koristiti u daljnjoj proizvodnji.
Iako se za recikliranje rasvjetnih tijela koristi jedan postupak, a razlika je u pogonskom postrojenju tvrtke koja se bavi recikliranjem, u procesu recikliranja rasvjetnih tijela koriste se metode toplinskog, vodenog, zračnog, kemijskog i mehaničkog recikliranja ovisno o postrojenju pogona tvrtke.

Završni rad temelji se na recikliranju rasvjetnih tijela i njegov je cilj prikazati što su rasvjetna tijela, koja je osnovna podjela rasvjetnih tijela, na kojem principu pojedina rasvjetna tijela rade te od kojih se komponenata ili tvari sastoje. U radu je prikazana i štetnost odbačenih rasvjetnih tijela, štetne tvari u rasvjetnim tijelima i količine odbačenih rasvjetnih tijela na godišnjoj razini kao i gospodarenje odbačenim rasvjetnim tijelima prema zakonima Republike Hrvatske. Navedeni su načini i postupci recikliranja rasvjetnih tijela, dva najvažnija i najčešća postupka objašnjena su detaljnije.

2. OSNOVE RASVJETNIH TIJELA

Prema [2], prije 400.000 godina čovjek je počeo koristiti vatru kao izvor svjetla i topline. Oko 70.000 godina prije naše ere izumljena je i prva svjetiljka. Šuplja stijena ili čahura bile su napunjene mahovinom ili nekim sličnim materijalom, koji bi bili natopljeni životinjskom mašću koja bi se potom zapalila. U 7. stoljeću prije naše ere Grci su počeli izrađivati tzv. *terra cotta* svjetiljke kao zamjenu za baklje. U 18. stoljeću naše ere koristile su se uljne svjetiljke, što je prvi pokušaj regulacije jakosti svjetlosti, dok se u 19.stoljeću koriste plinske svjetiljke. Bitan trenutak u razvoju rasvjete dogodio se 1879. godine kada je Thomas Alva Edison koristio usavršenu ugljenu nit, te vakuum unutar žarulje, čime je uspješno demonstrirao rad električne žarulje. Unatrag nekoliko desetaka godina razvoj izvora svjetlosti i svjetiljaka izuzetno je dinamičan, te uključuje najnovije tehnologije, nove optičke sustave, nove materijale i brigu prema okolišu.

Današnje izvore svjetlosti dijelimo prema načinu generiranja svjetlosti - princip termičkog zračenja (žarulje sa žarnom niti) i princip luminiscencije (tzv. žarulje na izboj). U hrvatskim kućanstvima se najčešće upotrebljavaju standardne tzv. obične žarulje sa žarnom niti, halogene žarulje, fluokompaktne (štedne) žarulje, te u manjem opsegu fluorescentne žarulje (cijevi).

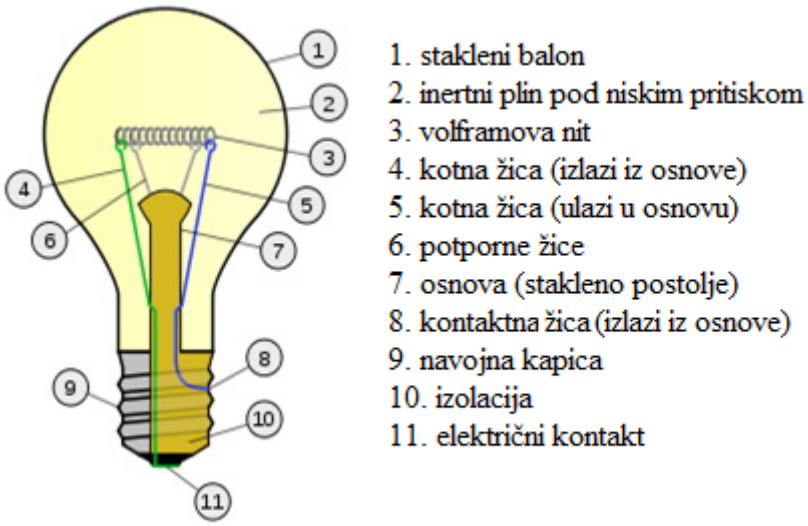
STANDARDNE ŽARULJE

Standardne žarulje su žarulje sa žarnom niti koje generiraju svjetlost principom termičkog zračenja. Svjetlost u standardnoj žarulji nastaje tako što električna struja prolazi kroz žarnu nit od volframa i zagrijava se na temperaturu od 2.600 do 3.000 K. Većina zračenja emitira se u infracrvenom dijelu spektra. Kod standardnih žarulja električna energija pretvara se u svjetlost s udjelom od 5 do 10 %, dok se ostatak električne energije pretvara u toplinu.

Iako imaju vrlo malu svjetlosnu iskoristivost, zbog svojih karakteristika (tople i ugodne boje, odsutnosti treperenja, trenutnog postizanja maksimalnog svjetlosnog toka, lakog rukovanja i ugradnje te niske cijene), ove žarulje su još uvijek najrasprostranjeniji izvor svjetlosti u svijetu. Potrebno je naglasiti da se razvojem tehnologije i povećanjem svijesti o nužnosti smanjenja potrošnje energije, prvenstveno zbog zaštite okoliša, fluokompaktne žarulje s integriranom elektroničkom prigušnicom (tzv. štedne žarulje) sve više istiskuju standardne žarulje iz svakodnevne upotrebe. Korištenjem štednih umjesto standardnih žarulja, uz zadržavanje istih uvjeta osvijetljenosti prostora, ostvaruju se uštede u energiji i do 80 %.

Standardna električna žarulja sastavljena je od staklenog balona s volframovom žarnom niti kroz koju prolazi električna energija.

Kontaktne žice koje prolaze kroz stakleno postolje povezane su sa žarnom niti. Potporne žice umetnute u staklenu osnovu drže volframovu nit. Stakleni balon je napunjen s inertnim plinom kao što je argon, s ciljem da se smanji isparavanje žarne niti. Uloga staklenog balona je da spriječi metalnu nit da dođe u dodir s kisikom iz zraka. U suprotnom, bila bi brzo uništena. Materijalna struktura standardne žarulje prikazana je slikom 2.1.

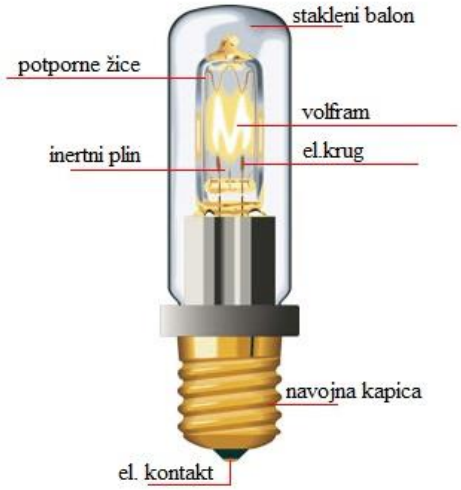


Slika 2.1. *Materijalna struktura standardne žarulje s užarenom niti [3]*

Sukladno usvojenom prijedlogu Europske unije iz 2008. godine, standardne žarulje sa žarnom niti se povlače iz ponude s hrvatskog tržišta te se uvode nove tehnologije od fluorescentnih (štednih) žarulja do halogenih i LED žarulja [2].

HALOGENE ŽARULJE

Halogene žarulje nazivaju se još i kvarcne te halogene žarulje s volframovom niti što je unaprijeđeni oblik poznate žarulje sa žarnom niti. Halogena žarulja sadrži volframovu nit sličnu standardnoj žarnoj niti, ali se unutar žarulje nalazi halogeni plin. Staklo žarulje izrađeno je od kvarcnog stakla, visokopostotnog silicijeva stakla ili aluminijeva silikata koje osim što omogućuje čvrstoću potrebnu tijekom rada žarulje već i zadržava negativna ultraljubičasta zračenja. Halogena žarulja snažnija je od obične žarulje da bi mogla izdržati visoki pritisak, temperatura se brzo povećava, a halogeni elementi pretvaraju se u plin pri razmjerno niskim temperaturama. Halogeni su monovalentni elementi koji često tvore negativne ione. Postoji pet halogenih elemenata, a to su: fluor, klor, brom, jod i astat [4]. Halogene žarulje kompaktne su veličine i velikog svjetlosnog toka, slikom 2.2. prikazana je materijalna struktura halogene žarulje.



Slika 2.2. *Materijalna struktura halogene žarulje [5]*

Kombinacijom halogenih plinova i volframove niti stvara se kemijska reakcija halogenog ciklusa koji vraća ispareni volfram natrag na žarnu nit, povećavajući životni vijek održavajući čistoću žarulje. Zbog toga halogene žarulje mogu raditi na višim temperaturama nego standardne plinski punjene žarulje slične snage i radnog vijeka, proizvodeći svjetlost više svjetlosne učinkovitosti i boje. Mala veličina halogenih žarulja omogućava korištenje u kompaktnim optičkim sustavima za projektore i osvjetljenja [2].

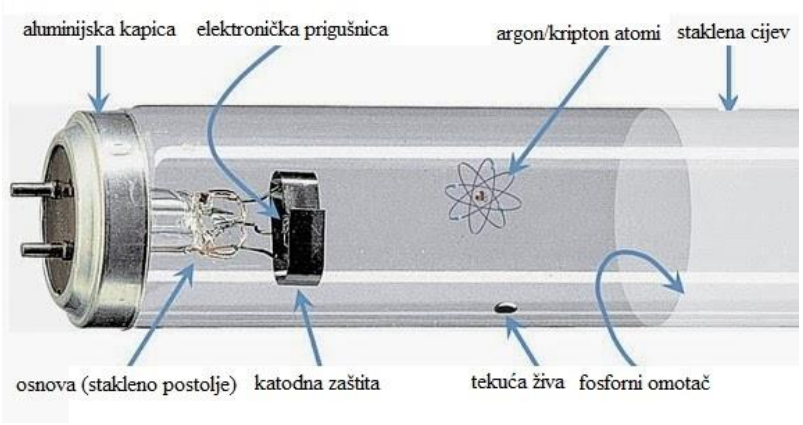
FLUORESCENTNE ŽARULJE

Fluorescentne žarulje pripadaju grupi niskotlačnih izvora svjetlosti na izboj. Svjetlost se generira izbojem u živinim parama visoke luminoznosti, pri čemu se stvara uglavnom nevidljivo ultraljubičasto zračenje, koje se fosfornim slojem na unutrašnjoj stijenki cijevi pretvara u vidljivo svjetlo. Ovaj princip generiranja svjetlosti naziva se fotoluminiscencija.

S napretkom tehnologije, smanjuje se promjer cijevi, čime se postiže veća iskoristivost svjetlosnog sustava. Danas se najčešće koriste cijevi promjera 26 mm, dok nove generacije cijevi imaju promjer od 16 mm. Kao i sve žarulje na izboj, fluorescentne cijevi ne mogu se priključiti direktno na mrežni napon, već trebaju prigušnicu i starter kod starijih generacija prigušnica (zbog većeg napona pri paljenju nego u radu). Magnetske prigušnice su induktivni otpori koji se spajaju u seriju s izvorom svjetlosti. Suvremena rasvjetna tijela sve više koriste i elektroničke prigušnice, kojima se potrošnja električne energije smanjuje i do 25 %, produljuje se radni vijek fluorescentne cijevi, niži su troškovi održavanja, a dobiva se rad bez treperenja koje se inače javlja uz magnetsku prigušnicu.

U kućanstvima se fluorescentne cijevi najčešće koriste za osvjetljavanje radne površine na kuhinjskom pultu, te u većim stambenim objektima za rasvjetu u dizalima. Bitno je naglasiti da

sve žarulje na izboj koje sadrže živu (dakle i fluorescentne cijevi) pripadaju grupi proizvoda koje se tretiraju kao opasan otpad te se ne smiju bacati u smeće, već njihovo prikupljanje i daljnja prerada treba biti posebno organizirana. U običnom govoru često ih se naziva i neonkama što je potpuno krivi naziv jer u njima nema neona. Neonske cijevi najčešće se koriste za obojene svjetlosne natpise (reklame) i nikako ih ne treba miješati s fluorescentnim žaruljama (cijevima) čija je materijalna struktura prikazana slikom 2.3. Smjernica Europske komisije 2000/55/EC od studenog 2005. godine zabranjuje uporabu magnetskih prigušnica u svim novim instalacijama fluorescentne rasvjete [2].



Slika 2.3. *Materijalna struktura fluorescentne žarulje [6]*

FLUOKOMPAKTNE ŽARULJE

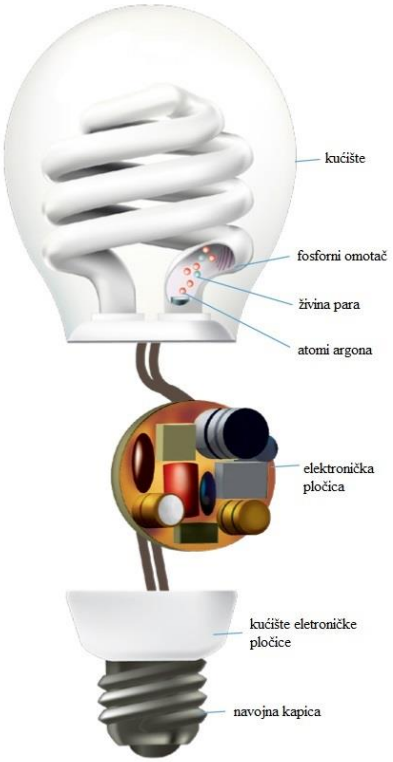
Fluokompaktne žarulje su zapravo fluorescentne cijevi savinute u različite oblike, čime se postižu manje ukupne dimenzije izvora svjetlosti, dok se zadržavaju sve karakteristike rada fluorescentnih cijevi. Njihov je naziv na engleskom jeziku *Compact Fluorescent Lamps* pa se često koristi i skraćenica CFL žarulje. Fluokompaktne žarulje pripadaju grupi niskotlačnih žarulja na izboj, pri čemu se svjetlost generira principom fotoluminiscencije. Izboj se događa između elektroda u živinim parama, pri tlaku od oko 1,07 Pa (tlak para tekuće žive pri temperaturi od 40° C). Osim žive, u punjenju se obično nalazi i neki inertni plin (argon, kripton, neon, ksenon), kao pomoć prilikom paljenja žarulje. Količina korištene žive stalno se smanjuje, i danas iznosi 5-10 mg u kvalitetnijim cijevima.

Kao i većina žarulja na izboj, fluokompaktne žarulje moraju imati predspojnu napravu koja se naziva prigušnica, a služi za ograničavanje pogonske struje na vrijednost za koju je žarulja napravljena, te osigurava potreban startni i pogonski napon. Temperaturu boje svjetla koju daju fluokompaktne žarulje moguće je kontrolirati fosfornim omotačem, kao i kod fluorescentnih

cijevi. Standardno se koriste trokomponentni fosfori . Materijalna struktura fluokompaktne žarulje prikazana je slikom 2.4.

Osim što ima svoja pozitivna svojstva, štedna žarulja ima puno konstrukcijskih problema, od kojih su: regulacija jačine svjetlosti, sporo postizanje punog osvjetljenja, zujanje, rad na niskim temperaturama, slabljenje intenziteta, iridiscencija (prelijevanje boja) i ultraljubičasto zračenje.

Fluokompaktne žarulje proizvode se u snagama od 3 do 70 W. Postoje izvedbe s integriranom elektroničkom prigušnicom i standardnim grlom E27 i E14, koje mogu zamijeniti gotovo svaku standardnu žarulju, ostvarujući pri tome uštedu energije od gotovo 80 % [2].



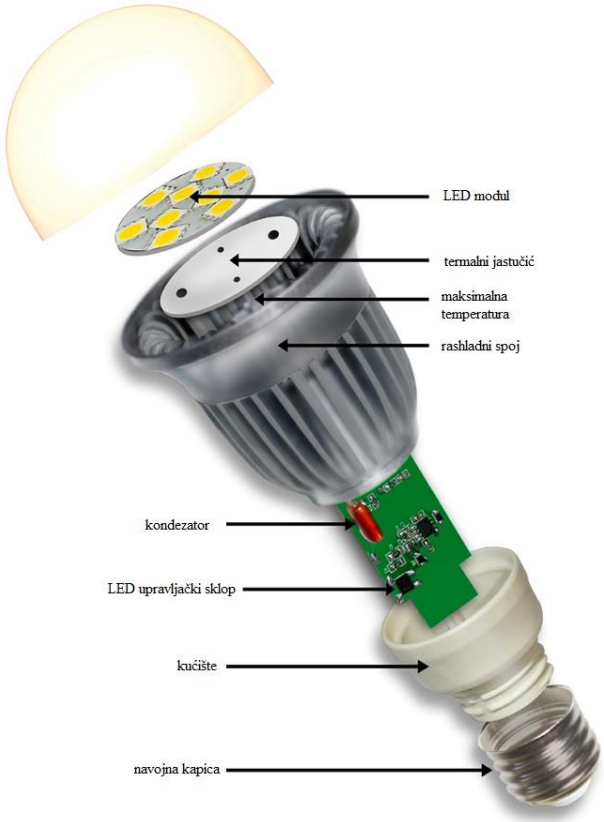
Slika 2.4. *Materijalna struktura fluokompaktne žarulje [7]*

Ušteda uvođenjem novih rasvjetnih tijela sastoji se od nekoliko elemenata: ušteda električne energije zbog smanjene potrošnje rasvjetnog sustava, ušteda na troškovima nabave zbog duljeg vijeka trajanja žarulje, ušteda električne energije zbog smanjenja dodatnog zagrijavanja prostora uzrokovanog rasvjetom (ušteda na hlađenju prostora), povećana udobnost i sigurnost zbog veće pouzdanosti rasvjetnih tijela, smanjenje opterećenja napojnih vodova, manja osjetljivost sustava o pogonskom naponu i uporaba ekološki prihvatljivijeg izvora svjetlosti (smanjenje emisije CO2 i drugih štetnih tvari zbog niže potrošnje energije). Danas ove žarulje predstavljaju jedan od najpopularnijih izvora svjetlosti, budući da spajaju visoku iskoristivost fluorescentnih cijevi i relativno male dimenzije [2].

LED ŽARULJE

LED (engl. *Light Emitting Diode*) žarulje se sastoje od nekoliko LE (engl. *Light emitting*) dioda (ovisno o jačini žarulje) potpomognutih elektroničkim čipom. LED je čvrsto fizičko tijelo koje kao poluvodički element pretvara električnu energiju direktno u svjetlost za razliku od do sada poznatih tipova žarulja, koje moraju proizvesti toplinu koja onda daje svjetlost.

LED pretvara električnu energiju u fotone koje onda vidimo kao svjetlost. Srce LED-a je poluvodički element koji se napaja istosmjernim niskim naponom, a cijeli je sistem zatvoren u specijalnu plastiku, što joj daje posebnu čvrstoću i manipulativnu upotrebljivost. Ne zrači u ultraljubičastom i infracrvenom spektru. Ne sastoji se od štetnih materijala, a troši jako malo u odnosu na sadašnje žarulje na tržištu i traje izuzetno dugo [8]. Materijalna struktura LED žarulje prikazana je slikom 2.5.



Slika 2.5. *Materijalna struktura LED žarulje [9]*

Kod fluorescentnih žarulja je potrebno nekoliko minuta kako bi se postigla puna svjetlina, pa čak i duže u hladnim uvjetima, što LED žaruljama ne predstavlja problem jer se pale odmah i mogu izdržati u ekstremno hladnim uvjetima. Glavni izazov s LED rasvjetom je visoka početna cijena nabavke rasvjetnog tijela. No, vrlo brzo se isplati početna investicija za LED rasvjetu, sa smanjenjem troškova potrošnje električne energije i niskim troškovima održavanja [10].

3. ŠTETNOST ODBAČENIH RASVJETNIH TIJELA

Osim što rasvjetna tijela sadrže opasne tvari i komponente potrebne za rad, a štetne za okoliš i ljudsko zdravlje, kod nekih žarulja plinovi uzorkuju emisije stakleničkih plinova i svjetlosna oštećenja što je danas jedan od glavnih problema u zaštiti okoliša. Kako sadrže određenu količinu štetnih tvari tako sadrže i vrijedne, rijetke sirovine i elektroničke komponente zbog čega se ne smiju odlagati u običan komunalni otpad, nego se trebaju odvojeno prikupljati i reciklirati u skladu s pravilnikom o gospodarenju otpadnih električnih i elektroničkih uređaja Republike Hrvatske, kao i zakonskim direktivama Europske unije koje je Republika Hrvatska prihvatila ulaskom u istu.

3.1. Štetne tvari i komponente rasvjetnih tijela

U ovom potpoglavlju pokazane su štetne tvari i komponente sadržane unutar rasvjetnih tijela. Takve tvari djeluju posebno na ljudsko zdravlje kao i na eko sustav, pa se kod čovjeka javljaju zdravstvene tegobe od problema s mozgom i živčanim sustavom do najčešće problema s bubrezima i mokraćnim kanalima. Dok se u prirodi štetne tvari razgrađuju i akumuliraju u žive organizme, čime dolazi do bioakumulacije štetnih tvari u prirodi, kako je i prikazano slikom 3.1. Štetne tvari i komponente koje se mogu pronaći u većini današnjih žarulja su:

- živa (Hg),
- fosfor (P),
- plinovi,
- tiskane pločice.

ŽIVA (Hg)

Tekući i otrovni teški metal čija je temeljna primjena u termostatima, senzorima, relejima i prekidačima (npr. na tiskanim elektroničkim pločicama, mjernoj opremi i žaruljama s pražnjenjem). Koristi se i u medicini, telekomunikacijama i pokretnim telefonima i medijima za pohranu podataka. Utvrđeno je da se oko 22 % godišnje potrošnje žive ugrađuje u EE opremu, a unutar Europske unije, 300 tona žive troši se samo u senzorima položaja. Kod ljudi živa može posebno djelovati na mozak, na one dijelove koji upravljaju vidom, usklađenošću kretnji i ravnotežom. Kod trudnica se živini metali mogu placentom prenijeti u embrij čime se dijete može roditi s oštećenjima mozga i biti mentalno nesposobno. Svjetska zdravstvena organizacija ustanovila je tjedni podnošljivi unos žive od 5 μg/kg tjelesne težine [11].

Razlog je zbog čega se fluorescentne žarulje (štedne žarulje) nalaze na crnoj listi mnogih zdravstvenih organizacija kao i onih za očuvanje prirode i okoliša.

Stručnjaci ističu da su količine žive sadržane u jednoj žarulji još 2007. godine bile vrlo male, oko 5 mg, što je stotinjak puta manje nego u starim termometrima.

Osim toga, prema standardima Europske unije ove su količine u 2012. ograničene na 3,5 mg po žarulji, a u 2013. bi trebale pasti na 2,5 mg. Danas se već i proizvode ekološke fluokompaktne (štedne) žarulje koje sadrže manje od jednog miligrama žive. No, stručnjaci ipak savjetuju da se pripazi ako se nekim slučajem žarulje razbiju – tada treba provjetriti sobu pet do deset minuta, a komadiće nije dobro usisavati, već ih treba pomesti i spremiti u plastičnu vrećicu [12].

Ako dođe do pucanja fluorescentnih žarulja u zatvorenom prostoru važno je [14]:

- otvoriti prozore i vrata kako bi se prostorija provjetrila,
- pokupiti polomljeno staklo vlažnim papirnatim ubrusom,
- sadržaj staviti u plastičnu vrećicu sa ZIP zatvaračem,
- plastičnu vrećicu sa sadržajem predati s ostalim iskorištenim žaruljama.



Slika 3.1. *Bioakumulacija žive u prirodi [14]*

Prema slici 3.1. vidljivo je da kada živa dođe u kontakt sa zemljom dolazi do mnogih bakterijskih i kemijskih spojeva što pojačava djelovanje žive, samim tim ona je više toksična od

one iz zraka i lakše ulazi u stanične membrane i bioakumulira se u živo tkivo. Bioakumulacija je proces u kojem se tvari nakupljaju u živi organizam putem okolnog zraka, vode ili unosom kontaminirane hrane.

FOSFOR (P)

Pri sobnoj temperaturi ovaj element je kruta tvar, pojavljuje se u tri alotropske modifikacije: kao bijeli, crveni i crni fosfor. S obzirom na to da se u ovom radu spominje bijeli fosfor kao fosforov omotač, odnosno sloj unutar stijenki fluorescentnih žarulja, čija je zadaća stvaranje vidljivog ultraljubičastog svjetla, opisivat će se bijela modifikacija fosfora.

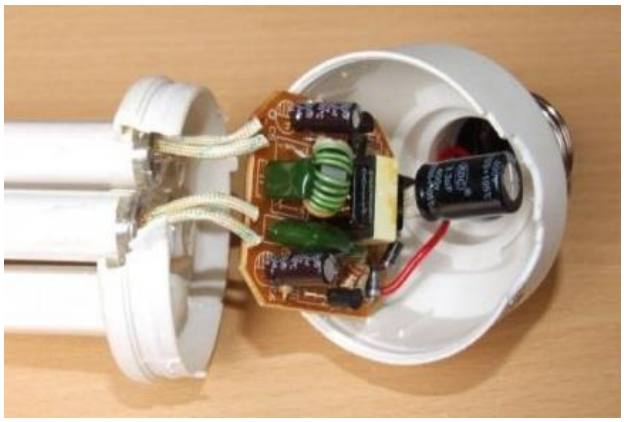
Bijeli fosfor je gotovo bezbojna (slabo žućkasta), prozračna, mekana, vosku slična tvar gustoće 1.82 koja se na 44,25 °C tali u prozirnu uljevitu tekućinu. Iako ključa tek na 280 °C, bijeli se fosfor već na običnoj temperaturi znatno isparuje. Vrlo je reaktivan jer se spaja direktno i često vrlo žestoko s gotovo svim drugim elementima. Suhi se bijeli fosfor na zraku sam zapali i gori svijetlim plamenom (upotrebljava se za zapaljive bombe) stoga se uvijek čuva pod vodom. Sporu oksidaciju fosfora na vlažnom zraku prati pojava svjetlucanja [15]. Bijeli fosfor je jak otrov, već u malim količinama djeluje smrtonosno stoga se upotrebljava za trovanje glodavaca i raznih štetočina, a za čovjeka letalna doza iznosi samo 50 mg, na koži izaziva opekotine koje se teško liječe, a progutan se ponaša kao sistemski otrov. Kronično izlaganje bijelom fosforu dovodi do osteonekroze vilice [16].

PLINOVI

Iako nisu nužno štetni za organizam ljudi ili za okoliš, u nekim iznimno rijetkim spojevima su kancerogeni i mogu izazvati probleme s dišnim sustavom u čovjeka. Najviše se koriste za punjenje rasvjetnih tijela, a najčešće korišteni su: neon, ksenon, argon i kripton. S obzirom na to da su ovo plemeniti plinovi, važna je njihova ponovna oporaba.

TISKANE PLOČICE

U žaruljama se koriste većinom kao predspojni uređaji, prigušnice koje služe za ograničavanje pogonske struje na vrijednost za koju je žarulja napravljena, te osigurava potreban startni i pogonski napon [2]. Slikom 3.2. prikazana je fluokompaktna žarulja s tiskanom pločicom.



Slika 3.2. *Tiskana pločica/prigušnica fluokompaktne žarulje [17]*

Tiskane pločice su sastavni dio većine današnjih žarulja, a s obzirom na komponente od kojih su sadržane, spadaju u opasni otpad.

Neke od opasnih tvari koje se mogu pronaći na tiskanim pločicama su: kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg), šesterovalentni krom (Cr), bromirani usporivači gorenja (BFR's), arsen (As)... Mnogi od nabrojanih tvari su kancerogene i toksične te izazivaju velike probleme u ljudskom organizmu, ponajviše za bubrege. Osim opasnih tvari, tiskane pločice sadrže i vrijedne materijale poput aluminija i bakra [11].

3.2. Gospodarenje odbačenim rasvjetnim tijelima u Republici Hrvatskoj

Temeljem članka 104. Zakona o otpadu (NN 178/04) donesen je Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 74/07) odnosno njegove izmjene i dopune (NN 133/08, NN 31/09 , NN 156/09, NN 143/12, NN 86/13). Temeljem Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) donesen je i novi Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 42/14, NN 48/14, NN 107/14). Pravilnikom su propisane obveze i odgovornost proizvođača električne i elektroničke opreme i uređaja (u daljnjem tekstu: EE oprema), način obilježavanja, način gospodarenja električnim i elektroničkim otpadom (u daljnjem tekstu: EE otpad), vrste i iznosi naknada koje plaćaju obveznici plaćanja naknada, način i rokovi obračunavanja i plaćanja naknada, iznos naknada koje se plaćaju ovlaštenim osobama za sakupljanje, obradu i oporabu EE otpada te druga pitanja u svezi s gospodarenjem EE otpadom.

Prema Pravilniku EE oprema predstavlja sve proizvode koji su za svoje pravilno djelovanje ovisni o električnoj energiji ili elektromagnetskim poljima, kao i oprema za proizvodnju, prijenos i mjerenje struje ili jakosti elektromagnetskoga polja i namijenjena je korištenju pri naponu koji ne prelazi 1.000 V za izmjeničnu i 1.500 V za istosmjernu struju i ne uključuje ambalažu.

Razlikujemo sljedeće vrste EE opreme:

1. Veliki kućanski uređaji
2. Mali kućanski uređaji
3. Oprema informatičke tehnike (IT) i oprema za telekomunikacije
4. Oprema široke potrošnje za razonodu
5. Rasvjetna oprema
6. Električni i elektronički alati (osim velikih nepokretnih industrijskih alata)
7. Igračke, oprema za razonodu i športska oprema
8. Medicinski uređaji (osim implantiranih uređaja)
9. Instrumenti za nadzor i upravljanje
10. Samoposlužni aparati

Rasvjetna oprema: rasvjetna tijela za fluorescentne žarulje, osim žarulja za kućanstvo, ravne fluorescentne žarulje, kompaktne fluorescentne žarulje, žarulje s izbijanjem, uključujući visokotlačne žarulje s natrijevim parama i žarulje s metalnim parama, niskotlačne natrijeve žarulje, ostala rasvjetna oprema ili oprema za širenje ili upravljanje svjetla, osim žarulja sa žarnom niti.

Donošenjem Pravilnika definirani su ovlašteni sakupljač i obrađivač. To su pravne ili fizičke osobe koje imaju dozvole za obavljanje djelatnosti sakupljanja, obrade i oporabe EE otpada i ovlaštenici su koncesije za sakupljanje, odnosno obradu i oporabu EE otpada. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode dodijelilo je tri koncesije za sakupljanje EE otpada. Tvrtka Flora VTC d.o.o. dobila je koncesiju za sakupljanje EE otpada nastalog od svih deset vrsta EE opreme za područje čitave Republike Hrvatske. Sakupljanje EE otpada nastalog od prve vrste EE opreme obavljaju tvrtka CE- ZA-R d.o.o. i tvrtka Metis d.d. kako je i prikazano tablicama 3.1. i 3.2. [18].

Tablica 3.1. *Tvrtke sa koncesijom za skupljanje EE otpada na području Republike Hrvatske*

TVRTKA		PODRUČJE SKUPLJANJA	VRSTE EE OPREME
1.	FLORA VTC d.o.o., Virovitica	cijela Hrvatska	sve vrste
2.	CE-ZA-R d.o.o., Zagreb	Grad Zagreb Zagrebačka županija Krapinsko-Zagorska županija	1. vrsta (veliki kućanski uređaji)
3.	Metis d.d., Rijeka	Istarska županija Primorsko-Goranska županija Ličko-Senjska županija	1. vrsta (veliki kućanski uređaji)

Kako je u tablici 3.1. vidljivo, tvrtka FLORA VTC iz Virovitice ovlašteni je državni koncesionar za prikupljanje svih vrsta EE opreme, pa tako i rasvjetnih tijela.

Sustav organiziranog sakupljanja fluorescentnih cijevi i žarulja još uvijek nije uspostavljen na području Republike Hrvatske. Građani mogu učiniti sljedeće [1]:

- Sakupiti veći broj istrošenih fluorescentnih cijevi i žarulja koje te ih primjereno pohraniti u čvrste kartonske kutije ili najbolje, u hermetički zatvorene staklenke, kako ne bi došlo do njihovog lomljenja i "curenja" žive.
- Odnijeti sakupljene fluorescentne cijevi i žarulje na mjesto kupnje (trgovine, trgovački lanci) koji su ih dužni prihvatiti i zbrinuti na pravilan način.
- Odnijeti sakupljene fluorescentne cijevi i žarulje u reciklažno dvorište gdje će iste biti pravilno zbrinute.
- Građani mogu naručiti odvoz informatičke opreme i opreme široke potrošnje (EE-otpada) na sljedeće načine:
  - pozivom na besplatan broj ovlaštenih sakupljača EE-otpada,
  - putem SMS-a na broj ovlaštenih sakupljača EE-otpada,
  - unosom naloga na internet stranicama ovlaštenih sakupljača EE-otpada,
  - putem elektroničke pošte.

Tablica 3.2. *Tvrtke sa koncesijom za obradu EE otpada na području Republike Hrvatske*

	TVRTKA	**VRSTE EE OPREME**
1.	CE-ZA-R d.o.o., Zagreb	1. vrsta (veliki kućanski uređaji)
2.	SPECTRA MEDIA d.o.o., Zagreb	2.-10. vrsta (mali kućanski uređaji; IT oprema i oprema za telekomunikacije; oprema široke potrošnje za razonodu; rasvjetna oprema; električni i elektronički alati (osim velikih nepokretnih industrijskih alata); igračke, oprema za razonodu i športska oprema; medicinski uređaji (osim implantiranih uređaja); instrumenti za nadzor i upravljanje; samoposlužni aparati)

Iz tablice 3.2. vidljivo je da je tvrtka SPECTRA MEDIA iz Zagreba jedini ovlašteni državni koncesionar za obradu EE otpada, pa tako i rasvjetne opreme, odnosno rasvjetnih tijela.

3.3. Količine odbačenih rasvjetnih tijela

Neadekvatno postupanje, odlaganje i uništavanje električnog i elektronskog otpada, kao i rasvjetnih tijela može izazvati ozbiljne zdravstvene probleme i zagađenje okoliša, a nepravilno postupanje u procesu recikliranja može doprinijeti značajnom riziku za radnike i cijelu zajednicu, pa je takvo postupanje pod nadzorom Agencije i Fonda za zaštitu okoliša Republike Hrvatske.
Tako je prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti u 2013. godini na tržište Republike Hrvatske stavljeno je 40.033,66 tona EE opreme, od čega 2.113,58 tona rasvjetne opreme kako je i vidljivo tablicom 3.3.

Sakupljeno je 15.025,05 tona EE otpada, odnosno 126,99 tona rasvjetne opreme kako je vidljivo tablicom 3.4., a obrađeno 15.206,73 tone EE otpada, a rasvjetne opreme 123,40 tona što je vidljivo tablicom 3.5. [18].

Tablica 3.3. *Proizvedene, izvezene i uvezene količine EE opreme u 2013. godini.*

VRSTA EE OPREME		**PROIZVODNJA, t**	**UVOZ, t**	**IZVOZ, t**
1.	Veliki kućanski uređaji	37,37	25116,67	1357,89
2.	Mali kućanski uređaji	0,00	3579,31	98,08
3.	IT oprema i oprema za telekomunikacije	0,65	5385,55	695,98
4.	Oprema široke potrošnje za razonodu	0,45	2781,47	294,58
5.	**Rasvjetna oprema**	**166,57**	**2011,50**	**64,49**
6.	Električni i elektronički aparati	0,00	2160,05	122,72
7.	Igračke, oprema za razonodu i športska oprema	1,04	271,82	0,42
8.	Medicinski uređaji	0,00	243,60	0,16
9.	Instrumenti za nadzor i upravljanje	1,74	613,56	43,17
10.	Samoposlužni aparati	1,75	208,81	6,35
11.	EE oprema teža od 500kg	0,00	165,92	30,32
UKUPNO, t		**209,57**	**42538,26**	**2714,16**

Tablica 3.4. *Sakupljene količine EE otpada u 2013. godini prema vrsti EE opreme*

EE OTPAD PREMA VRSTI EE OPREME		**UKUPNO, t**	**UDIO, %**
1.	Veliki kućanski uređaji	6228,31	41,45
2.	Mali kućanski uređaji	266,55	1,77
3.	IT oprema i oprema za telekomunikacije	2649,59	17,63
4.	Oprema široke potrošnje za razonodu	5186,68	34,52
5.	**Rasvjetna oprema**	126,99	0,86
6.	Električni i elektronički aparati	368,49	2,45
7.	Igračke, oprema za razonodu i športska oprema	20,66	0,14
8.	Medicinski uređaji	46,49	0,31
9.	Instrumenti za nadzor i upravljanje	83,010	0,55
10.	Samoposlužni aparati	48,28	0,32
UKUPNO, t		15025,05	100,00

Kako je u tablici 3.4. vidljivo, rasvjetna oprema zauzima udio od 0,86 % sakupljenog EE otpada, a u tonama iznosi oko 127 tona što nije puno uzmemo li u obzir da je iste godine na tržištu Republike Hrvatske bilo oko 2.115 tona rasvjetne opreme kako je vidljivo u tablici 3.3., kako proizvedene tako i uvezene.

Takav odnos je u biti i zbog toga što su takve žarulje duljeg vijeka trajanja, pa se ne mogu uspoređivati s proizvodnjom i uvozom iste godine, već kroz dvije i više godina.

Tablica 3.5. *Obrađeni EE otpad u 2013. Godini prema vrsti EE opreme*

EE OTPAD PREMA VRSTI EE OPREME		**UKUPNO, t**	**UDIO, %**
1.	Veliki kućanski uređaji	6214,14	40,86
2.	Mali kućanski uređaji	271,84	1,78
3.	IT oprema i oprema za telekomunikacije	2746,03	18,06
4.	Oprema široke potrošnje za razonodu	5252,29	34,54
5.	**Rasvjetna oprema**	123,40	0,81
6.	Električni i elektronički aparati	378,74	2,50
7.	Igračke, oprema za razonodu i športska oprema	27,98	0,18
8.	Medicinski uređaji	48,15	0,32
9.	Instrumenti za nadzor i upravljanje	86,59	0,57
10.	Samoposlužni aparati	57,57	0,38
UKUPNO, t		15206,73	100,00

U tablici 3.5. vidljivo je da ukupni broj obrađenog EE otpada iznosi 15.206,73 tone, što je za oko 200 tona više od ukupno sakupljenog EE otpada prema tablici 3.4., što je rezultat mjerenja jer je vrlo vjerojatno da su zalihe za obradu ostale od ranije godine, samim time nastupa i odstupanje u odnosu sakupljenog i obrađenog EE otpada.

4. RECIKLIRANJE RASVJETNIH TIJELA

Recikliranje rasvjetnih tijela spada u recikliranje EE otpada i sličnih je karakteristika uz neke važne izmjene, kao što je sakupljanje opasnih tvari poput žive i fosfora. Najčešće se kako u svijetu, tako i u Republici Hrvatskoj recikliraju fluorescentne žarulje (cijevi) i fluokompaktne žarulje zbog, kako je ranije navedeno, sadržaja žive i ostalih opasnih tvari ili komponenata koje su štetne za okoliš, a mogu se reciklirati.

Zbog svojih karakteristika kao opasni otpad, rasvjetna tijela se prije recikliranja moraju propisno odložiti, nikako ih se ne smije miješati s komunalnim otpadom kao što je to vidljivo na slici 4.1.



Slika 4.1. *Nepropisno odlaganje rasvjetnih tijela (fluo cijevi) [19]*

Preporučuje se prije odvoza rasvjetnih tijela propisno sakupljanje istih koristeći kutije ili palete kao ambalažu koja će onemogućiti da se žarulje prilikom transporta ili samog odlaganja ne oštete i ne ispuste otrovne tvari u atmosferu. Primjer propisanog odlaganja fluorescentnih cijevi [14].



Slika 4.2. *Preporučljivo odlaganje istrošenih rasvjetnih tijela (fluo cijevi)*

Preporuka za odlaganje rasvjetnih tijela [14]:

- Ne lijepiti žarulje zajedno jer ih je teško odvojiti za postupak recikliranja.
- Ambalažu treba napuniti kako bi se spriječilo pomicanje.
- Osigurati da je dno ambalaže čvrsto za teret koji je u njima.
- Ne prepuniti ambalažu kako ne bi došlo do pucanja.
- Ne stavljati teške predmete na ambalažu u kojoj su žarulje.
- Označiti ambalažu
- Ako se radi o žaruljama različitih oblika koristiti čvrstu kartonsku kutiju kao ambalažu, zamotati pojedinu žarulju novinskim papirom ili je vratiti u originalnu ambalažu u kojoj je kupljena, te odložiti u kartonsku kutiju.
- Ako ipak dođe do pucanja žarulje ostaviti je u ambalaži.

Recikliranje rasvjetnih tijela nema više postupaka recikliranja, postoji jedan postupak kojeg koriste tvrtke u svijetu, ali se zapravo razlikuje u načinu izvedbe postrojenja pogona. Primjerice, koristi li tvrtka samo predobradu rasvjetnih tijela ili koristi potpuno automatizirano postrojenje s kojim se odvija potpuno recikliranje rasvjetnih tijela i dobivanje novih resursa. Postupak je vrlo sličan ostalim postupcima recikliranja EE otpada, uz bitnu izmjenu što se za recikliranje rasvjetnih tijela koristi posebna metoda odvajanja žive i fosfornog praha kod fluorescentnih žarulja svih vrsta.

Za ostale vrste rasvjetnih tijela poput LED žarulja koristi se kako postrojenje za obradu fluorescentnih žarulja, izuzev dijela u kojem se odvaja živa i fosfor, tako i postrojenje za obradu uobičajenog EE otpada [20].

Za vrijeme procesa recikliranja fluorescentnih žarulja, žarulje se drobe, a materijal dobiven drobljenjem se odvaja pod kontinuiranim procesom vakuumskog filtriranja. Tipično je žarulja izrađena od oko 5 elemenata od kojih se svaki može koristiti u druge svrhe, pa i kao resurs za nove proizvode. Jedna fluorescentna žarulja nakon recikliranja daje kako je prikazano i slikom 4.3. [21]:

- 80 % - 90 % stakla
- 7 % - 14 % metala (većinom aluminij i bakar)
- 1 % - 3 % fosfora
- 4 % - 5 % plastike
- Oko 0,01 % žive



Slika 4.3. *Jednostavni prikaz procesa recikliranja fluorescentnih žarulja*

Prema slici 4.3. prikazan je jednostavan proces recikliranja fluorescentnih žarulja u pogonu za recikliranje. Fluorescentne žarulje dolaze do drobilice čiji je zadatak drobljenje žarulja kako bi se dobile sitne komponente (staklo, plastika, metali, opasne tvari), koje se potom uz pomoć separatora odvajaju i čine nove resurse koji se mogu uporabiti u ponovnoj proizvodnji. Daljnjom obradom, fosforni prah kojeg je separator odvojio sadrži u sebi i živu koja se može uz proces destilacije osloboditi od fosfornog praha i tako se dobiju dva nova resursa; čisti fosforni prah i čista živa koji se dalje mogu upotrijebiti u proizvodnji.

4.1. Recikliranje fluorescentnih cijevi mobilnim *crusher* uređajem

Ovaj uređaj u biti ne izvodi recikliranje u potpunosti, već se može reći da vrši predobradu recikliranja, jer kako mu ime kaže on samo obavlja drobljenje fluorescentnih cijevi nakon čega se sva zdrobljena smjesa vakuumski sprema u metalne bačve. Verzija mobilnog *crusher* uređaja prikazana je slikom 4.4.

Postoji više izvedbi ovog uređaja, što naravno ovisi od tvrtke koja proizvodi uređaj.
Mobilni *crusher* uređaj se koristi većinom u tvrtkama koje imaju visok stupanj otpada fluorescentnih cijevi, pa kako bi tvrtka smanjila troškove prijevoza, učinila transport sigurnijim i uštedjela na prostoru u kojem se prikupljaju fluorescentne cijevi, koristi ovakav uređaj.



Slika 4.4. *„Crusher“ uređaj za recikliranje fluorescentnih cijevi*

Princip rada ovakvog uređaja je jednostavan, sve što korisnik uređaja mora uraditi je postavljati jednu po jednu fluorescentnu cijev u za to predviđen prostor, a mobilni *crusher* uređaj takvu cijev zdrobi u par sekundi i sav materijal (fosforni prah koji sadrži živu, staklo, metal) se automatski sprema u bačvu koju „crusher“ uređaj trenutno koristi kako je i prikazano na slici 4.5. Bačva se tada hermetički zatvara čime je spriječeno bilo kakvo isticanje žive i ostalih opasnih tvari u zrak [14].



Slika 4.5. *Zdrobljeni materijal u bačvi dobiven „crusher“ uređajem [22]*

Recikliranje „crusher“ uređajem omogućava:

- drobljenje 1000 fluorescentnih cijevi u sat vremena,
- zadržava 99.9 % štetnih tvari,
- osigurava sigurniji transport štetnih tvari i materijala,
- može sadržavati i do 1350 zdrobljenih fluorescentnih cijevi.

Nakon zatvaranja pune bačve, ona je spremna za transport u tvornicu u kojoj se odvija cjelokupan postupak recikliranja rasvjetnih tijela, bez da je potrebna predobrada drobljenja žarulja [23].

4.2. Recikliranje rasvjetnih tijela u pogonu za cjelovitu obradu

Pogoni za cjelovitu obradu rasvjetnih tijela mogu biti opremljeni sa strojevima različitih proizvođača, s malim razlikama u procesu obrade rasvjetnih tijela. Isto tako, neki pogoni mogu imati različite tokove obrade, naime strojevi za obradu rasvjetnih tijela mogu imati više ili manje strojeva, jer ne postoji jedinstveni stroj za recikliranje rasvjetnih tijela, već je sastavljen od manjih strojnih jedinica koje obavljaju svoj zadatak. Shodno tome, neki pogon može imati ulaznu jedinicu za lomljenje, odnosno drobljenje rasvjetnih tijela, a neki ne mora već se koristi zdrobljenim materijalom dobivenim prethodnim drobljenjem u drugoj tvrtki kao što je opisano u podnaslovu 4.1.



Slika 4.6. *Različite jedinice postrojenja za postavljanje rasvjetnih tijela i drobljenje; a) jedinica za fluorescentne cijevi, b) jedinica za fluokompaktne žarulje, c) jedinica za ostale tipove žarulja*

Prema slici 4.6. prikazan je prvi dio postrojenja za recikliranje rasvjetnih tijela koji se sastoji od više različitih jedinica za različite tipove rasvjetnih tijela. Na slici 4.6. c stroj usitnjava i standardne žarulje sa žarnom niti, ali zdrobljeni materijal ove jedinice ne prolazi kroz drugu i centralnu jedinicu postrojenja za odvajanje fosfora i žive prikazan slikom 4.7. Nakon što se rasvjetno tijelo stavi u određenu jedinicu, ono biva zdrobljeno nakon čega se taj zdrobljeni materijal odlazi na drugu jedinicu koja odvaja fosforni prah sa živom od krutog materijala (stakla, plastike, metala) postupkom zračnog vrtloga.



Slika 4.7. *Jedinica postrojenja za odvajanje fosfornog praha sa živom od krutog materijala*

Druga jedinica postrojenja za odvajanje fosfornog praha sa živom od krutog materijala radi na principu odvajanja zračnim vrtlogom. Plin ulazi tangencijalno zbog čega dolazi do kružnog kretanja plina i čestica, uslijed rotacije nastaju centrifugalne sile koje nose čestice prema stijenci uređaja i dovode u izlazni dio ciklona u kojem se sakupljaju.



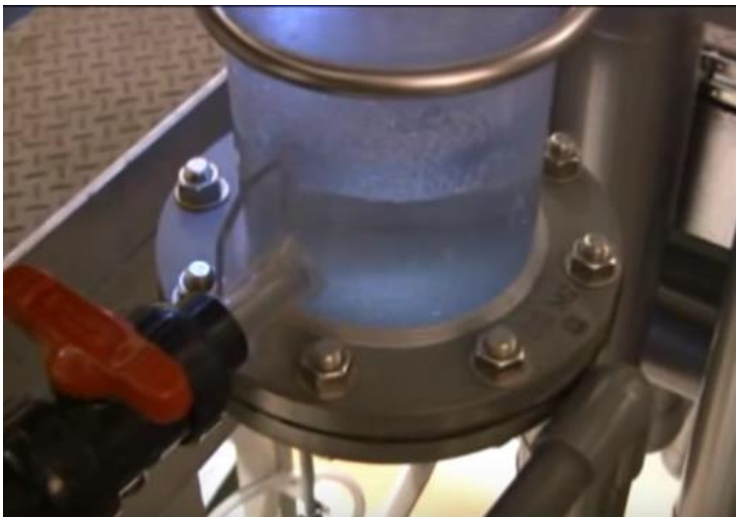
Slika 4.8. *Jedinica postrojenja za sakupljanje fosfornog praha sa živom*

Na ovaj način je 90 % fosfornog praha sa živom odvojeno od krutog materijala. Nadalje odvojeni prah prelazi na novu jedinicu koja je vidljiva na slici 4.8., a koja služi za sakupljanje dobivenog praha i prijenos na novu jedinicu koja je centralna jedinica ovakvog postrojenja jer sakuplja živu iz fosfornog praha. Ostali materijal koji je nakon druge jedinice ostao (metal, plastika, staklo) odlazi na drugu centralnu jedinicu ovakvog postrojenja, ali se živa sakuplja iz tih ostalih materijala. Obje centralne jedinice za sakupljanje žive vidljive su na slici 4.9.



Slika 4.9. *Centralne jedinice postrojenja za: a) sakupljanje žive iz fosfornog praha, b) sakupljanje žive iz krutog materijala*

Prah ili kruti materijali koji su dovedeni u centralnoj jedinici miješaju se s određenim dodacima koji zatim pri određenoj temperaturi omogućuju da živa isparava iz praha i krutog materijala da bi se potom pretvorila u tekuće stanje i bila sakupljena te poslana na sljedeći proces unutar jedinice za dodatno filtriranje. Dodatno filtriranje žive je potrebno kako bi se očistila u potpunosti, prikazano slikom 4.10. Razvrstavanje žive od praha i krutog materijala odvija se zračnim procesom odvajanja čestica poprečnom metodom.



Slika 4.10. *Sakupljena čista živa iz centralne jedinice u tekućem stanju*

Nakon što se fosforni prah kao i kruti materijali ohlade oni odlaze na dodatno vodeno ispiranje unutar svoje centralne jedinice kako bi se dodatno očistili, te se zatim; fosforni prah odlaže u svoj kontejner, a ostali materijali odlaze na dodatno odvajanje plastike, metala i stakla (vidljivo na slici 4.11.) gdje su odloženi zasebno u svojim kontejnerima, vrećama i spremni za korištenje kao novi resursi u izradi novih proizvoda. Na slici 4.12 vidljiv je sav materijal dobiven potpunim recikliranjem rasvjetnih tijela.



Slika 4.11. *Jedinica postrojenja za odvajanje metala, plastike i stakla*



Slika 4.12. *Dobiveni resursi potpunim recikliranjem rasvjetnih tijela [24]*

Recikliranjem rasvjetnih tijela u pogonu s cjelovitim postrojenjem za obradu, može se dobiti i do 98 % sirovine za daljnju preradu i proizvodnju [25, 26, 27].

Ovakav način recikliranja rasvjetnih tijela je najraširenij i jedini poznati u svijetu, izuzev raznih načina pred obrade, a izveden je u ovisnosti o tome koja je tvrtka proizvela strojeve. Cjelovitim recikliranjem u za to određenom pogonu koji ima sve potrebne strojeve za obradu, osim što se dobiva i do 98 % sirovine za daljnju preradu i proizvodnju, omogućava se sigurno skladištenje opasnih tvari i komponenti. Mala je vjerojatnost da će u cjelovitom pogonu za obradu i recikliranje rasvjetnih tijela doći do trovanja, jer se tako zadržava cijeli proces (postupak potpunog recikliranja) unutar jedne okoline, bez rizika u transportu (nemogućnost da se dogodi nesreća u kojoj će štetne i opasne tvari lako doći u doticaj s okolišem, pa i čovjekom u krajnjem slučaju).

5. ZAKLJUČAK

Iako odbačena rasvjetna tijela zauzimaju mali postotak otpada, od sakupljenog EE otpada tek 0,86 % u Republici Hrvatskoj, on predstavlja opasnost za čovjeka i okoliš zbog opasnih tvari koje se ne mogu samostalno razgraditi u cjelini ili se pak razgrađuje na štetu svih živih organizama i eko sustava. S obzirom na to da su rasvjetna tijela sačinjena od 98 % recikličnog materijala, među kojima su i opasne tvari, u Republici Hrvatskoj i svijetu zakonom je podložno odvojeno i propisno sakupljane rasvjetnih tijela i njegovo recikliranje kako bi se, prvenstveno, spriječilo djelovanje štetnih tvari i kako bi se dobile sirovine za daljnju preradu i proizvodnju.

Štetnost odbačenih rasvjetnih tijela je na visokoj razini zbog toga što su sačinjene od štetnih tvari i komponenata, prvenstveno fluorescentne žarulje kojima je glavna tvar za rad živa koja je za ljudski organizam i eko sustav štetna jer se bioakumulira u isti. Ostale štetne tvari sadržane u rasvjetnim tijelima pored žive su i fosfor, plinovi koji u određenim sastavima mogu izazvati tegobe u ljudskom organizmu kao i tiskane elektroničke pločice koje u sebi sadrže opasne tvari poput: kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg), šesterovalentni krom (Cr), bromirani usporivači gorenja (BFR's), arsen (As). Gospodarenje rasvjetnim sustavima u Republici Hrvatskoj definirano je Zakonom o otpadu i Zakonom o održivom gospodarenju otpadom kao i Pravilnikom o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom kojim su rasvjetna tijela svrstana unutar kategorije rasvjetne opreme. Prema podacima agencije za zaštitu okoliša iz 2013. godine, sakupljeno je 15025,25 tona EE otpada od čega 126,99 tona rasvjetne opreme što je 0,86 % sveukupnog EE otpada, dok je od ukupno obrađenog EE otpada, tek 0,81 % rasvjetne opreme odnosno 123,40 tona.
Recikliranje rasvjetnih tijela nema više postupaka recikliranja, postoji jedan postupak kojeg koriste tvrtke u svijetu, ali se zapravo razlikuje u načinu izvedbe postrojenja pogona. Bitna razlika u postupku recikliranja rasvjetnih tijela je tzv. centralna jedinica koja služi za odvajanje opasnih tvari iz rasvjetnih tijela, kao što su živa i fosfor. Najbolje rezultate daju pogoni za cjelovitu obradu recikliranja rasvjetnih tijela koji daju i do 98 % sirovine za daljnju proizvodnju.

Važan faktor u recikliranju rasvjetnih tijela ima i educiranje ljudi o pogodnostima i načinima recikliranja rasvjetnih tijela, što se kroz razne programe i zakone danas i provodi.

LITERATURA

[1] Recikliraj.hr (2016), *Recikliranje fluorescentnih cijevi i žarulja,* <http://recikliraj.hr/recikliranje-fluorescentnih-cijevi-i-zarulja/>. Pristupljeno: 7. lipnja 2016.

[2] Moja Energija (2008), *Rasvjeta,* <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Energetska-ucinkovitost/Energetska-ucinkovitost-u-kucanstvu/Kucanski-uredaji-i-rasvjeta/Rasvjeta>. Pristupljeno: 7. lipnja 2016.

[3] Maturski (2011), *Elektro osvetljenje,* <http://www.maturski.org/ELEKTRONIKA/Elektro-osvetljenje.html>. Pristupljeno: 7. Lipnja 2016.

[4] Philips (2016), *Halogene žarulje,* < http://www.philips.hr/c-m-li/halogene-zarulje>. Pristupljeno: 7. lipnja 2016.

[5] Visual dictionary online (2016), *Tungsten-halogen lamp,* <http://www.visualdictionaryonline.com/house/electricity/lighting/tungsten-halogen-lamp.php>. Pristupljeno: 7. lipnja 2016.

[6] Science online (2014), *Uses of fluorescent lamps and their structure,* <http://hebasoffar.blogspot.hr/2014/06/uses-of-fluorescent-lamps-and-their.html>. Pristupljeno: 14. lipnja 2016.

[7] Energy star (2016), *Learn about CFLs,* <https://www.energystar.gov/products/lighting_fans/light_bulbs/learn_about_cfls>. Pristupljeno: 14. lipnja 2016

[8] Profesionalna led rasvjeta (2012), *Vodič kroz rasvjetu,* <http://www.ledrasvjeta.hr/vijesti/3-vodic-kroz-rasvjetu.html>. Pristupljeno: 14. lipnja 2016.

[9] EE Times (2013), *Increasing LED bulb lifespan improves solid-state lighting,* <http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1280899>. Pristupljeno: 14. lipnja 2016.

[10] Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj (2011), *Štedna rasvjeta,* <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/elektricna-energija-u-kucanstvu/stedna-rasvjeta>. Pristupljeno: 18. lipnja 2016.

[11] Recikliranje elektrotehničkih proizvoda (2015), *Opasni otpad,* <https://loomen.carnet.hr/mod/folder/view.php?id=158494>. Pristupljeno: 18. lipnja 2016.

[12] Tportal.hr (2012), *Koje su i kolike opasnosti štednih žarulja,* <http://www.tportal.hr/scitech/znanost/212252/Koje-su-i-kolike-opasnosti-stednih-zarulja.html>. Pristupljeno: 18. lipnja 2016.

[13] Compact Fluorscent Light (CFL) Bulb recycling Program, Solid waste agency of Northern Cook County, Glenview-Illinois, 26. ožujak 2014., *Fluorescent light bulb recycling,* <http://www.swancc.org/resources/supportive-documentation/programs/283-fluorescent-light-bulb-recycling-brochure/file>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[14] Guide to Recycling Mercury-Containing Lamps for the Industrial, commercial, & Institutional Sector, Northwest Territories Environment and natural Resources, Canada, 2012., *MCL Recycling,* <http://www.enr.gov.nt.ca/sites/default/files/brochures/mcl_recycling_per_web_2012_guide.pdf >. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[15] Periodni Sustav Elemenata (2008), *Elementi,* <http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/_elementi/p/index.html>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[16] Wikipedia (2015), *Fosfor,* <https://hr.wikipedia.org/wiki/Fosfor>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[17] Akvarij.net (2007), *Elektronska prigušnica,* <http://www.akvarij.net/index.php?option=com_content&view=article&id=416:elektronska-prigunica&catid=22&Itemid=544>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[18] Agencija za zaštitu okoliša (2014), *Pregled podataka o električnom i elektroničkom otpadu za 2012. i 2013. godinu*, <http://www.azo.hr/Izvjesca25>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[19] Opasni otpad u kontejnerima za komunalni otpad Splitsko- Dalmatinske županije (2007), *Opasni otpad (fluoroscentne cijevi) u spremniku za komunalni otpad,* <http://www.lerotic.de/ziva/>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[20] MRT System (2013), *Lamp processing,* <http://www.mrtsystem.com/products/lamp-recycling/>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[21] PureWay total compliance (2015), *Benefits of lamp recycling,* <http://blog.pureway.com/2015/09/08/benefits-of-lamp-recycling/>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[22] CBCnews (2013), *Incentive low to recycle bulbs,* <http://www.cbc.ca/news/canada/ottawa/incentive-low-to-recycle-bulbs-says-ontario-recycling-head-1.1355585>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[23] Aircycle Corporation (2008), *The bulb eater lamp crusher,* <http://www.aircycle.com/bulb-eater-premium/>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[24] Box plug&recycle, *Lamp recycling,* <http://www.blubox.ch/technologies/blubox/blubox-lamp-recycling>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.

[25] Japan Fluorescent Lamp Recycling Co., Ltd, mashio33さんのチャンネル, 21. veljača 2012., *Fluorescent lamp recycling*, <https://www.youtube.com/watch?v=DX2NpI4Qnls>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[26] Hoshino jfr (2010), *Introduction of Fluorescent Lamp Recycling Plant*, <http://www.eco-jr.co.jp/recycle/english/products.html>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.
[27] Bulbs.com (2016), *The lamp recycling process*, <http://www.bulbs.com/recycle_process.aspx>. Pristupljeno: 19. lipnja 2016.

SAŽETAK

Ključne riječi: rasvjetna tijela, recikliranje rasvjetnih tijela, elektronički otpad, opasni otpad, zakoni, Republika Hrvatska, živa, postrojenje za obradu i recikliranje rasvjetnih tijela

U ovom radu obrađene su osnove rasvjetnih tijela i recikliranja rasvjetnih tijela kao i količine odbačenih i obrađenih rasvjetnih tijela na godišnjoj razini. Recikliranje rasvjetnih tijela razlikuje se od recikliranja ostalog EE otpada u centralnoj jedinici za recikliranje rasvjetnih tijela koja omogućuje toplinsko i kemijsko odvajanje štetnih tvari (fosfora i žive). Najbolje rezultate za recikliranje rasvjetnih tijela daju postrojenja u tvrtkama koja vrše cjelovitu obradu i recikliranje rasvjetnih tijela čime se sprječavaju gubici štetnih tvari u transportu, a odmah su i dostupne sirovine i resursi za daljnju preradu i proizvodnju.

ABSTRACT

Keywords: lighting lamps, recycling of lighting lamps , electronic waste, hazardous waste, laws on waste management, Republic of Croatia, mercury, complete system of lamp recycling plant.

This research paper deals with fundamentals of lighting lamps, lamp recycling and what quantities of disposed and recycled lighting lamps are on a yearly basis. Recycling of lighting lamps differs from other electronic waste recycling in the central unit for recycling lighting lamps which provides thermal and chemical separation of hazardous substances (such as phosphor and mercury). The best results for the recycling of lighting lamps are provided by facilities that carry out a complete treatment and recycling of lamps, thus preventing losses of hazardous substances in transit, and in this way raw materials and resources are available for further processing and production.

ŽIVOTOPIS

Tomislav Malijurek rođen je 3. Ožujka 1993. u Našicama, osnovno obrazovanje pohađao je u osnovnoj školi Josipa Jurja Strossmayera u Đurđenovcu nakon koje 2007. godine upisuje srednju školu Isidora Kršnjavoga u Našicama za program elektrotehnike, smjer tehničar za elektroniku koju završava 2011. godine. Iste godine upisuje se na Elektrotehnički fakultet u Osijeku, sveučilišni stručni studij elektrotehnike smjera informatike.