

# Recikliranje klima uređaja

---

**Kuzmić, Renato**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:413707>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURAJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Stručni studij informatike**

**RECIKLIRANJE KLIMA UREĐAJA**

**Završni rad**

**Renato Kuzmić**

**Osijek, 2017. godina**

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....   | 1  |
| 1.1. Zadatak .....   | 2  |
| 2. KLIMA UREĐAJ.....   | 3  |
| 2.1. Povijesni razvoj klima uređaja.....                                       | 3  |
| 2.2. Vrste klima uređaja .....   | 4  |
| 2.3. Karakteristika i funkcija klima uređaja .....                             | 6  |
| 3. MATERIJALI KOJI SE KORISTE U IZRADI KLIMA UREĐAJA.....                      | 9  |
| 3.1. Polimer .....   | 10 |
| 3.2. Čelik .....   | 10 |
| 3.3. Bakar .....   | 10 |
| 3.4. Aluminijski.....  | 10 |
| 3.5. Guma .....  | 11 |
| 4. ANALIZA RECIKLIČNOSTI NA PRIMJERU KLIMA UREĐAJA.....                        | 12 |
| 4.1. Analiza rastavljanja klima uređaja.....                                   | 16 |
| 4.2. Analiza recikličnosti klima uređaja.....                                  | 18 |
| 4.3. Ekonomsko-ekološka analiza .....  | 22 |
| 5. PRIKAZ ZBRINJAVANJA ELEKTROTEHNIČKIH UREĐAJA U REPUBLICI<br>HRVATSKOJ ..... | 28 |
| 5.1. Količina odbačenih uređaja .....  | 29 |
| 5.2. Postupci zbrinjavanja elektrotehničkog otpada .....                       | 31 |
| 6. ZAKLJUČAK .....   | 34 |
| 7. POPIS LITERATURE.....   | 35 |
| 8. SAŽETAK .....   | 38 |
| 9. ŽIVOTOPIS .....   | 39 |

## 1. UVOD

Recikliranje nije samo prerada određenog materijala i ponovna upotreba u nekom drugom obliku, recikliranje je puno više od toga. To je svijet koji živimo, priroda koja nas okružuje, životinje, biljke, zrak, hrana, sve to znači recikliranje. Kada čovjek ne bi reciklirao i pazio napravio bi se zatvoreni krug koji vodi prema uništenju planete. Na primjer kada bi čovjek posjekao svo drveće na svijetu kako bi napravio dovoljan broj papira, bez reciklaže starih i nepotrebnih bilježnica, novina, itd. čovjek bi sam sebe uništio jer ne bi bilo drveća koje bi u procesu fotosinteze stvarale kisik koji je prijeko potreban za ljudski život. Nažalost, ljudi još uvijek nisu svjesni toga te smo svjedoci globalnog zatopljenja, klimatskih promjenama, uragana, topljenju ledenjaka, potresima i sličnim prirodnim nepogodama. Problem nastaje kada svaki pojedinac ovoga planeta ili barem velika većina smatra da ne može pridonijeti očuvanju prirode koja nas okružuje, recikliranjem. S recikliranjem bi se postigao život u puno čistijem i ljepšem svijetu nego je ovaj u kojem trenutno žive. Naravno da je to pogrešno razmišljanje jer kada bi svako krenuo od sebe i razvrstavao otpad, odvezio stare i nepotrebne stvari u predviđene pogone za recikliranje ili stari i pokidani elektrotehnički otpad rastavio i njegove dijelove pravilno rasporedio za ponovno recikliranje istih uvelike bi pomogao da žive puno sretniji i zdraviji na ovome svijetu. Elektronički i elektrotehnički otpad jedan je od najopasnije vrste otpada. To je vrsta otpada koja sadrži opasne i štetne tvari, a nažalost najveći dio takvog otpada završi na odlagalištu komunalnog otpada, spaljuje se ili ponovno iskorištava bez potrebne prerade. Iako je poznato da već postoje pogoni koji se bave otpremom takve vrste otpada iz domaćinstava, ona nažalost u velikoj većini slučajeva ne bude na pravilan način reciklirana. Ovim radom će se pokušati prikazati, na jednom od danas najzastupljenijih elektrotehničkih uređaja, na koji bi način bilo pravilno skladištenje neispravnih klima uređaja, prerada i sama reciklaža uređaja. Osim što je isplativa zbog očuvanja prirode, analizirati će se ekonomska isplativost. Prikazat će se koji su mogući nedostaci, a koje prednosti takvog procesa.

U prvom dijelu opisat će se mogući problemi i razlozi zbog kojih se uređaji ne recikliraju.

U drugom dijelu opisat će se što je klima uređaj, koje su njezine karakteristike i funkcije, koje vrste klima uređaja postoje.

U trećem dijelu će se prikazati od kojih se materijala izrađuju klima uređaji

U četvrtom dijelu provedena je analiza rastavljanja i određivanje stupnja recikličnosti na primjeru klima uređaja.

U petom poglavlju prikazani su načini zbrinjavanja uređaja u Republici Hrvatskoj.

### **1.1. Zadatak**

Zadatak ovog rada je opisati karakteristike i funkciju klima uređaja te prikazati sastav s gledišta vrste materijala i spojeva. Iskazati količinu odbačenih uređaja i prikazati dostupne postupke zbrinjavanja recikliranja istih.

## 2. KLIMA UREĐAJ

### 2.1. Povijesni razvoj klima uređaja

Još 1830. godine pojavila se je ideja za izradu klima uređaja. Dr. John Gorrie, američki fizičar, iskoristivši kompresor izradio je stroj za pravljenje leda kojim je hladio svoje pacijente. Uređaj je puhao zrak kroz ledeni blok te je hladio sobe u kojima su ležali pacijenti. 1881. godine pomorski inženjeri konstruirali su kutiju koja je sadržavala odjeću natopljenu ledenom vodom, iznad koje je ventilator puhao čisti zrak. Ta konstrukcija uspjela je rashladiti prostor za 6 stupnjeva, ali je trošila pola milijuna kilograma leda godišnje. [1, 2, 3]

Otac modernih klima uređaja je američki inženjer Willis Haviland Carrier koje je 1902. godine dobio ideju i smislio jednostavno rješenje za početak klimatiziranja. Izradio je električni klima uređaj i nazvao ga „*Apparatus for Treating Air*“ (uređaj za tretiranje zraka). Uređaj je koristio rashladne zavojnice kako bi hladio zrak i spuštao vlagu. Razina vlage mogla se podešavati. Prva dva desetljeća 20. stoljeća Carrierov izum služio je samo za hlađenje strojeva, a ne ljudi. Carrier je poslije unaprijedio centrifugalni rashlađivač pa se 20-ih godina prošloga stoljeća proširila uporaba klima uređaja. U sljedećih nekoliko godina razvijao je svoj sustav klimatizacije kojeg je počeo koristiti i u velikim tvornicama kako bi rashladio prostorije i radnicima omogućio normalnije uvijete za rad. [1, 2, 3]

Nakon nekoliko godina usavršavanja klima uređaja došlo je do najvećeg napretka u proizvodnji istih. U već moderniziranim sustavima zamjenjuje se opasni plin amonijak i smanjuje se jedinica za klimatiziranje ugradnjom kompresora. Nakon toga počinje šira upotreba klima uređaja te se tako 1925. godine klima uređaj počeo koristiti u kino dvoranama i ta se godina smatra početkom široke upotrebe klima uređaja. Tijekom godina zbog sve većeg globalnog zatopljenja povećana je uporaba klima uređaja te se počelo raditi na ekološkom napretku i manjoj potrošnji energije. [1, 2, 3]

Carrier naravno nije jedini radio na razvoju klima uređaja. Jedan od važnijih ljudi za razvoj uređaja bio je i Thomas Midgley koji je izumio plin kloroflorokarbon, poznatiji pod komercijalnim imenom Freon koji je bio puno manje opasan za ljude nego amonijak, ali se kasnije pokazalo da je vrlo štetan za atmosferu. Do 2010. se trebala ugasiti proizvodnja uređaja sa Freonom, a do 2020. bi trebao biti potpuno uklonjen iz svih rashladnih uređaja. Danas se

uvelike koriste nove generacije plinova koje ne štete ozonu, a jedan od njih je poznat pod komercijalnim nazivom Puron. [1, 2, 3]

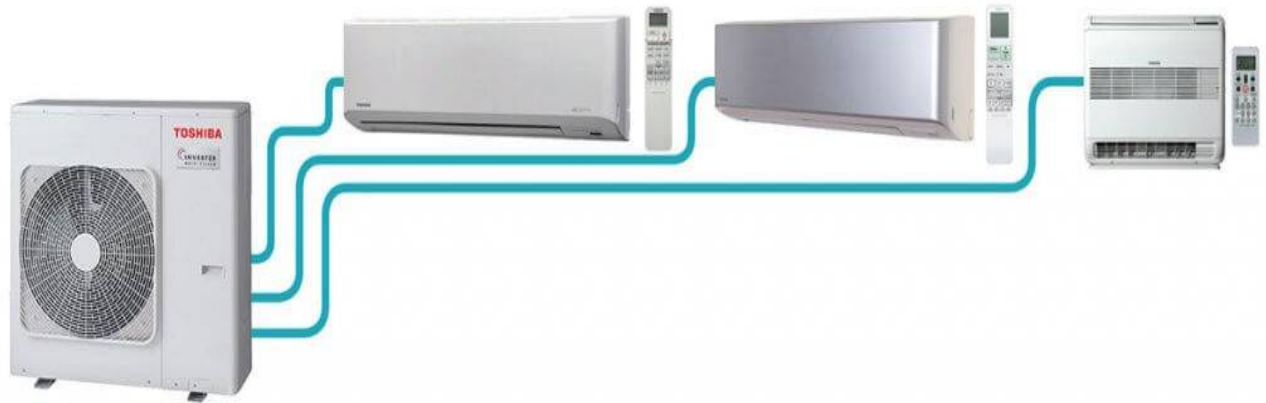
## 2.2. Vrste klima uređaja

Kako je napredovala tehnologija tako su se razvijali klima uređaji. Tako danas poznajemo više vrsta klima uređaja. Ona koja je najraširenija u svijetu je Split, a zove se tako jer split znači „odvojeno“ što je glavna karakteristika takvih klima uređaja. Sastoji se od dvije odvojene jedinice, jedne unutarnje i jedne vanjske. Međusobno su povezane plinskim i električnim instalacijama. Vanjska jedinica služi za odvođenje topline iz prostora i uzimanja zraka iz okoline kako bi mogla pomoću radne tvari proizvesti hladan zrak, dok unutarnja jedinica (isparivač) služi za puštanje hladnog zraka u prostoriju. [4, 5, 6, 7]



**Slika 2.1.** Split klima uređaj s vanjskom i unutarnjom jedinicom [6]

Unutar split sustava postoje još neke podjele. Kao što znamo postoje uređaji koji imaju samo jednu unutarnju i vanjsku jedinicu, tako postoje i uređaji koji imaju jednu vanjsku jedinicu, a više unutarnjih koji su naravno i puno veće snage i najčešće se koriste u tvornicama i većim prostorijama. [4, 5, 6, 7]



**Slika 2.2.** Split klima uređaj s više unutarnjih jedinica [7]

Sama izvedba unutarnjih jedinica razlikuje se na način kako se ugrađuje u prostoriju. Tako razlikujemo split klima uređaje koji su najraširenije i ugrađuju se na zid. Kanalne koje su idealne za sakrivanje ugradnje te se kod njih vidi samo vanjska rešetka. Potom postoje kasetne koje su prikladne za ugradnju u strop te podno-stropne koje se ugrađuju na pod ili strop. [4, 7]



**Slika 2.3.** Kasetni klima uređaj koji se ugrađuje u stropu [8]

Pored split klima uređaja postoje i klima uređaji koji su prenosivi odnosno mobilni, oni se ne ugrađuju već u jednom uređaju ima vanjsku i unutarnju jedinicu koja se možete prenositi iz prostorije u prostoriju i zbog toga imaju svoju praktičnost. No većinom su manje snage pa služe za rashlađivanje manjih prostorija u odnosu na split verziju. [4, 8]





**Slika 2.4.** Prikaz podne klime (slika lijevo) i prikaz mobilnog klima uređaja (slika desno) [7, 10]

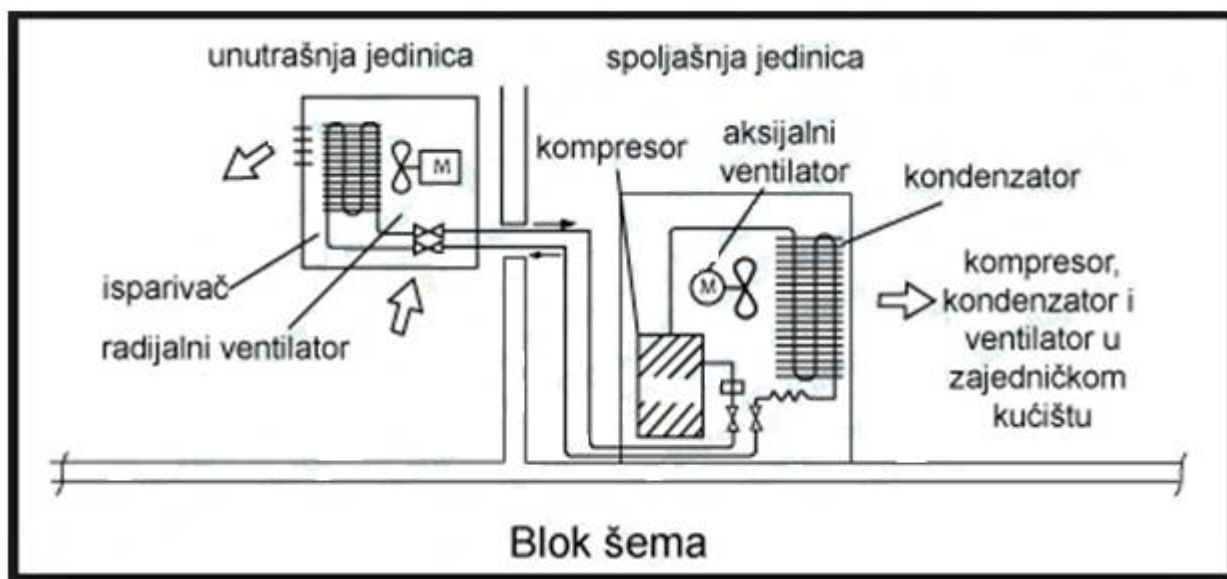
Dosta su bučne i nedostatak im je što se mora osigurati odvod toplog zraka iz prostorije, a samo guranje crijeva kroz prozor nije idealno rješenje pa se zbog toga ona više koriste u vikendicama i prostorima gdje nije potrebno svakodnevno korištenje klima uređaja već samo po potrebi. [4, 9]

### **2.3. Karakteristika i funkcija klima uređaja**

Nakon odabira vrste i tipa jedinice klima uređaja, važna značajka je snaga uređaja. Slabi uređaj neće moći rashladiti prostoriju, dok će jaki uređaj imati učestale intervale paljenja i gašenja čime će se nepotrebno trošiti električna energija. [1, 4]

Kada uređaj hladi, kompresor tlači radnu tvar i komprimira zagrijanu radnu tvar u kondenzator u vanjskoj jedinici. Ventilator hladi radnu tvar koju kondenzira i postaje tekućina. Uslijed visokog pritiska prelazi iz vanjske jedinice u unutarnju. U unutarnjoj jedinici tekuća radna tvar isparava uslijed toplote (energije) iz prostorije. Ventilator uvodi topli zrak i provodi ga kroz lamele kondenzatora gdje je ohlađeni zrak. Nakon toga hladan zrak se oslobađa u prostoriju.

Na kraju kompresor (u vanjskoj jedinici) usisava ispušne plinove iz unutarnje jedinice i tako završava rashladni krug. Kada zrak isparava u unutarnjoj jedinici, stvaraju se kapljice koje se odvođe kroz cijev za odvod kondenzata. [11]



**Slika 2.5.** Prikaz blok dijagrama [12]

Uz hlađenje, odnosno grijanje i filtraciju prostora, mnoge klime imaju i dodatne funkcije. Postoje tako filtri protiv nečistoće koji pročišćavaju zrak od peludi i prašine, zatim elektrostatski filtri koji čiste zrak od sitnih čestica ili dima, filtri za osvježavanje prostorija i dr. [1, 4, 5]

Pojedine klime imaju ionizatore koji neutraliziraju negativne utjecaje magnetskog i električnog zračenja, a istovremeno pročišćavaju. Većina klima ima opciju odvlaživanja zraka, mogućnost vremenskog programiranja paljenja i gašenja. Neki klima uređaji opremljeni su Wi-Fi-om. Moderniji klima uređaji sadrže ugrađen sustav za brzo hlađenje ili grijanje, senzor pokreta i tih način rada. [1, 4, 5, 9]

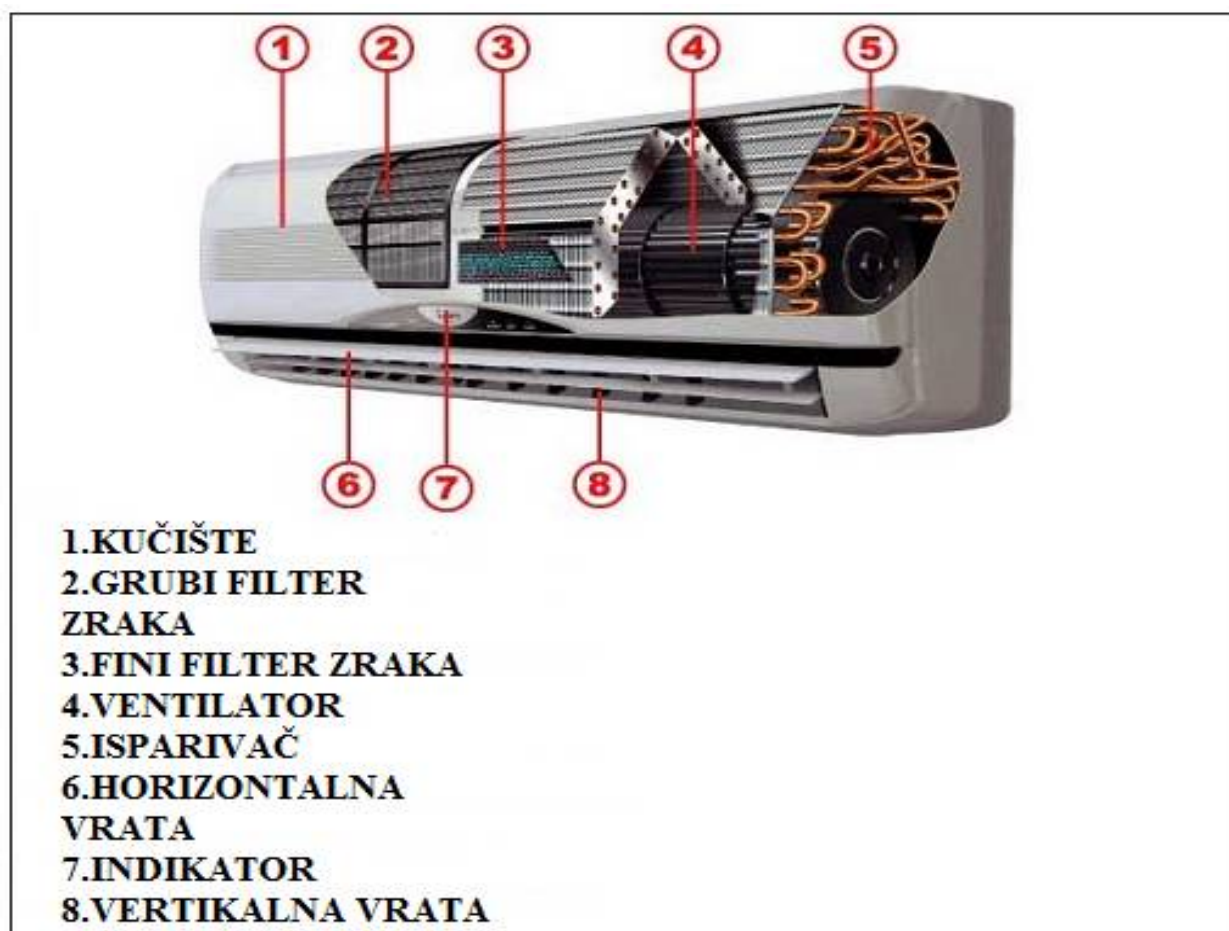
Sljedeća bitna funkcija klima uređaja je njena ekonomičnost, odnosno je li klima uređaj inverterski ili tzv. *fix speed*. Razlika između ova dva tipa je velika i uvelike pridonosi smanjenju potrošnje energije za rashlađivanje pojedinog prostora. Inverterska klima kod velikih temperaturnih razlika može na početku koristiti snagu i do 140 posto, međutim kako se približava željenoj temperaturi prostorije tako i njena snaga slabi pa može raditi i do 40 posto snage, i time uvelike pridonosi uštedi energije. Suprotno *fix speed* klima uređaj može raditi samo punom snagom ili ne raditi. Kod inverterskog klima uređaja izmjena topline je dinamička, što znači da se zrak u prostoru neprestano giba pa daje dojam da je nešto hladnije nego što stvarno jest. Klima uređaj nam pomaže ostvariti idealnu temperaturu životnog ili radnog prostora, kroz

cijelu godinu. Ako se uređaj pravilno koristi i ne pretjeruje sa razlikom temperature u prostoru i izvan njega, klima uređaj pripomaže zdravlju korisnika. [1, 4, 5, 9, 13]

Kako bi preživjeli ljetne vrućine, srčani bolesnici ugrađuju u domove klima uređaj. Uređaj ima filtre koji skupljaju prašinu, neki i elektronske filtre, koji uništavaju razne bakterije, a neki uređaji imaju i ionizatore, koji pročišćavaju zrak od neugodnih mirisa i proizvode ozon. Nakon svega nekoliko minuta od uključanja, ako je uređaj pravilno postavljen na dobro mjesto, u prostoriji se osjeti promjena temperature. Uz to moguće je vremenskim brojačem unaprijed podesiti paljenje ili gašenje uređaja. [1, 4, 5, 9, 13]

### 3. MATERIJALI KOJI SE KORISTE U IZRADI KLIMA UREĐAJA

Za izradu klima uređaja koriste se više materijala. Određeni dijelovi klima uređaja tijekom rada se zagrijevaju ili hlade pa je potrebno prilagoditi materijal koji je otporan na skupljanje i širenje. Zbog mase i funkcije treba doći do rješenja kako bi se neki dijelovi napravili od lakšeg materijala. Ovisno o proizvođaču moguća su manja odstupanja u primijenjenim materijalima, ali većina koristi iste materijale za pravljenje pojedinih dijelova klima uređaja. Od najzastupljenijih materijala tu su svakako polimeri, a ostali materijali su bakar, čelik, guma, aluminij i drugi koji su zastupljeni u manjim količinama.



*Slika 3.1. Prikaz unutarnje jedinice s označenim pojedinim dijelovima [14]*

Kondenzator i isparivač djeluju kao izmjenjivači topline u klimatizacijskim sustavima i izrađeni su od bakrenih ili aluminijevih cijevi savijenih u obliku zavojnice kako bi se povećala udaljenost kroz koju radi radna tekućina. [15]

### **3.1. Polimer**

Korištenjem različitih postupaka pri obradi polimera, dobije se velik broj različitih plastičnih masa. Većina plastičnih masa otporna je djelovanju vode, dok određene plastične mase nisu postojane na povišenim temperaturama. Zbog relativno niske cijene i lakoće proizvodnje, plastične mase se koriste u velikom broju proizvoda. Zbog svojstva i mogućnosti oblikovanja plastični materijali zamijenili su velik broj drugih materijala i njihova proizvodnja je u stalnom porastu. Polimer je materijal koji se u velikoj mjeri koristi u izradi klima uređaja. Koristi se za oblikovanje i izradu kućišta, horizontalnih i vertikalnih vrata te mnogih drugih sitnijih dijelova u klima uređaju. [16, 17]

### **3.2. Čelik**

Čelik je legura željeza i ugljika s ostalim elementima te se koristi zbog svoje čvrstoće i niske cijene. Odlikuju se velikom tvrdoćom, mogućnosti lijevanja i mehaničke obrade te velikom elastičnošću. Koristi se za izradu vijaka kojima se pričvršćuju dijelovi klima uređaja. [18]

### **3.3. Bakar**

Zahvaljujući svojim osobinama, otpornosti prema hrđi i dobrih mehaničkih svojstava, bakar ima vrlo široku primjenu. Koristi se zbog električne vodljivosti i toplinske izdržljivosti. Ima vrlo široku primjenu naročito u elektrotehnici, stoga se više od 50% današnjeg proizvedenog bakra upotrebljava u industriji kabela za električne vodiče, u gradnji generatora, motora i transformatora. Bakar je materijal koji se koristi zbog svoga svojstva jer može izdržati promjene visokih i niskih temperatura koje su potrebne iz razloga što nam klima uređaj služi kako bi ugrijali ili ohladili prostoriju. Isto tako od njega se rade i električni kablei zbog dobre električne provodnosti. [19]

### **3.4. Aluminiј**

Aluminijske ploče su izbušene i oblikovane na stroju za prešanje kako bi se napravili valovi u ploči. Valovi povećavaju termodinamički prijenos topline između radne tekućine i suprotnog medija. Obzirom na vrlo malu gustoću aluminiј se koristi u situacijama kad se proizvodima i predmetima nastoji reducirati masa. Specifične osobine pojedinih vrsta legura aluminiјa su otpornost prema koroziji i kemijskim utjecajima, sposobnost oblikovanja i lijevanja, mogućnost povećanja čvrstoće, tvrdoće te sposobnost postizanja velikog sjaja poliranjem. [20]

### **3.5. Guma**

Guma može biti prirodna ili umjetna. Prirodna guma, naziva se još i indijska guma ili kaučuk. Ona se intenzivno koristi u većini proizvoda, kao što je sintetička guma te je obično vrlo rastezljiva, fleksibilna i iznimno vodootporna masa. Podnosi temperature od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $100^{\circ}\text{C}$ , a u otopinama se ne otapaju. [21, 22]

Postoje i mnogi drugi materijali koji služe za izradu klima uređaja, ali su oni u manjoj mjeri zastupljeni ili su u kombinaciji s nekim od gore navedenih materijala i služe u izradi manjih segmenata klima uređaja kao što su indikator svjetla i drugi.

#### 4. ANALIZA RECIKLIČNOSTI NA PRIMJERU KLIMA UREĐAJA

Riječ 'recikliranje' potječe od latinske riječi 'cycclus' što znači krug. Sama riječ u svom uskom značenju govori da se radi o neprestanom kruženju. Dakle, recikliranje određenog otpada ili iskorištenog materijala možemo definirati kao ponovno korištenje u istu ili neku drugu svrhu. Danas se sve više upozorava na pravilno zbrinjavanje otpada vodeći se za činjenicom da nije sav otpad smeće, naglašavajući kako se veliki dio otpada može reciklirati, odnosno ponovno upotrijebiti.

Imamo tri osnovne vrste ponovne upotrebe:

1. **Ponovna uporaba proizvoda** – daljnja uporaba rabljenog proizvoda ili njegovih dijelova u istoj (prvobitnoj) namjeni
2. **Obnavljanje proizvoda** – industrijski postupak kojim se dotrajali proizvod prerađuje u stanje “kao novo”
3. **Ponovna uporaba materijala** – predstavlja materijalno iskorištavanje dotrajalog proizvoda, pri čemu se on koristi kao sirovina. U proizvodnji materijala obično se sastoji od rastavljanja radi razvrstavanja i prerade



**Slika 4.1.** *Primjeri simbola recikliranja [23]*

Uz ove tri osnovne vrste ponovne upotrebe, postoje još četiri dobro poznate vrste recikliranja, a to su:

1. **Downcycling** - Opisuje recikliranje otpada u slučaju kada je reciklirani materijal lošije kvalitete i funkcionalnosti od originalnog materijala. Na primjer, čelični otpad s vozila s oštećenjem, često je onečišćen bakrom od žice i kositrom od premaza. Ovaj onečišćeni otpad daje sekundarni čelik koji ne zadovoljava specifikacije za automobilski čelik i stoga se uglavnom primjenjuje u građevinskom sektoru. *Downcycling* može pomoći pri smanjenju potrošnje sirovina i kako bi se izbjegla upotreba energije, emisije stakleničkih plinova, onečišćenje zraka, onečišćenje vode, primarne proizvodnje i izvlačenja resursa. [24]
2. **Upcycling** - Učinkovitiji način recikliranja i predstavlja ponovnu uporabu djelomično dotrajalog proizvoda, sa ili bez dorade. To je proces transformacije nusproizvoda, otpadnih materijala, beskorisnih ili neželjenih proizvoda u nove materijale ili proizvode bolje kvalitete ili bolje ekološke vrijednosti. [25]
3. **Open-Loop Recycling** - Dok *downcycling* podrazumijeva gubitak kvalitete pojam *open-loop recycle* označava situaciju u kojoj se sekundarni materijal koristi u drugačijem proizvodnom sustavu nego izvorni materijal. Ona tako obuhvaća i *upcycling* i *downcycling*. [26]
4. **Energetsko recikliranje** - Najniži stupanj upotrebljivosti dotrajalog proizvoda, tj. njegova pretvorba u energiju. Energetsko recikliranje je proces obnove energije korištenjem energije koja bi inače bila izgubljena, pretvarajući ga u električnu ili toplinsku energiju. Proces energetskog recikliranja koristi se u proizvodnim pogonima, elektranama i velikim institucijama kao što su bolnice i sveučilišta i značajno povećava učinkovitost, istodobno smanjujući troškove energije i onečišćenje stakleničkih plinova. Postupak je poznat zbog mogućnosti ublažavanja globalnog zatopljenja. [27]

Recikličnost određenog proizvoda govori o materijalnoj iskoristivosti dotrajalog proizvoda te pomaže u pronalasku metode koja je najbolje prihvatljiva za recikliranje tog proizvoda. Sama recikličnost proizvoda ovisi o njegovoj strukturi, sastavu materijala i vrstama spojeva i veza. Recikličnost proizvoda računa se kao omjer sume recikličnosti pojedinih dijelova određenih masom u odnosu na maksimalnu recikličnost proizvoda. Rezultat je bezdimenzionalni pokazatelj čiji se iznos kreće od 0 do 1.



Formula za računanje recikličnosti glasi:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{MAX}} \quad (4-1)$$

gdje je:

- $b_i$  - broj ponavljanja i-tog dijela u proizvodu
- $m_i$  - masa i-tog dijela, kg
- $r_i$  - ocjena recikličnosti i-tog dijela
- $r_{max}$  - najveća ocjena recikličnosti, koja ovdje iznosi 5
- $M$  - ukupna masa proizvoda, kg

Rezultat recikličnosti može se svrstati u jednu od tri kategorije, a to su:

- 0,75 do 1,00 - povoljna recikličnost
- 0,50 do 0,74 - potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje (odvajanje slabo recikličnih ili vrsno recikličnih komponenti).
- ispod 0,50 - upućuje na *down-cycling* postupke (niža kvaliteta reciklata) ili odlaganje gdje se proizvod upotrebljava za druge namjere niže vrijednosti u odnosu na prvobitnu.

Stupanj recikličnosti je varijabla kojom se procjenjuje recikličnost za pojedine dijelove ili sklopove. Kao pomoć koriste se tablice 4.1. i 4.2. u kojoj je brojem označena prikladnost recikliranja pojedinih vrsta materijala. [28, 29]

**Tablica 4.1.** *Ocjena recikličnosti materijala* [29]

| <b>OCJENA</b> | <b>OPIS MJERILA</b>   |
|---------------|---|
| <b>0</b>      | dio ili sklop koji sadrži opasne tvari, zahtjeva posebno postupanje   |
| <b>1</b>      | materijal s nepoznatom tehnologijom reciklaže   |
| <b>2</b>      | organski materijal, može se koristiti kao izvor energije, ali se ne može reciklirati                                  |
| <b>3</b>      | materijal je tehnološki moguće reciklirati, ali to zahtjeva dodatnu obradu, te razvoj postojećih procesa i materijala |
| <b>4</b>      | materijal se tehnološki može reciklirati, ali oprema nije dostupna  |
| <b>5</b>      | materijal je recikličan, postupak recikliranja poznat i uspješno se primjenjuje                                       |

**Tablica 4.2.** *Ocjena recikličnosti materijala*

| <b>OCJENA</b> | <b>OPIS MJERILA</b>   |
|---------------|---|
| <b>0</b>      | tiskane pločice, katodne cijevi, kondenzatori (PCB), baterije, negoriva plastika, živin prekidač, dijelovi koji sadrže azbestna vlakna, živa (prekidači, žarulje), selen, LCD, itd. |
| <b>1</b>      | duroplasti, viskeri, nerazvrstani usitnjeni otpad, kompoziti  |
| <b>2</b>      | polimeri nepoznate vrste, materijali na bazi celuloze (energetski iskoristivo)  |
| <b>3</b>      | željezo-bakar pomiješani, elektromotori, mješavina polimera   |
| <b>4</b>      | kabeli i izolirani vodiči, željezo i keramika, metal i polimer  |
| <b>5</b>      | željezo, bakar, aluminij i slitine, polimeri poznate vrste  |

#### 4.1. Analiza rastavljanja klima uređaja

Kako bi se odredio stupanj recikličnosti nekog uređaja, neophodno je uređaj rastaviti na sastavne dijelove. Unutarnja jedinica klima uređaja Toshiba rastavljena je i razvrstana na sitne dijelove koji su osnova za daljnju analizu. Nakon provedene analize rastavljanja, dobiveni podaci uneseni su u tablicu 4.3.

Za rastavljanje ovog klima uređaja bio je potreban slijedeći alat: razni odvijači (križni, ravni, manji i veći), klješta, nož i dr.



*Slika 4.2. Unutarnja jedinica korištena za rastavljanje*



*Slika 4.3. Rastavljena unutarnja jedinica klima uređaja*

**Tablica 4.3.** Prikaz operacija rastavljanja klima uređaja s potrebnim vremenom pojedine operacije kao i kumulativnim vremenom

|            |  |                   |                               |                         |                       |
|------------|--|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|            | Naziv proizvoda: Klima uređaj, marke Toshiba (unutarnja jedinca) |                   |                               |                         | Datum:20.7.2017.      |
| Redni broj | Naziv operacije  | Vrijeme odvajanja | Kumulativno vrijeme odvajanja | Alat                    | OPASKA                |
|            |  | sek               | sek                           |                         |                       |
| i          |  | $t_i$             |                               |                         |                       |
| <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>3</b>          | <b>4</b>                      | <b>5</b>                | <b>6</b>              |
| 1          | Uklanjanje vratašca za regulaciju zraka                          | 8                 | 8                             | Ruke                    | Jednostavno uklonjeno |
| 2          | Odvajanje kućišta klime  | 90                | 98                            | Križni odvijač, ruke    | Jednostavno uklonjeno |
| 3          | Uklanjanje filtra prašine  | 6                 | 104                           | Ruke                    | Lagano                |
| 4          | Odvajanje filtra zraka   | 85                | 189                           | Križni odvijač, ruke    | Jednostavno uklonjeno |
| 5          | Uklanjanje indikatora svjetla                                    | 41                | 230                           | Ruke                    | Jednostavno uklonjeno |
| 6          | Rastavljanje gornjeg dijela kućišta elektronike                  | 9                 | 239                           | Ruke                    | Jednostavno uklonjeno |
| 7          | Rastavljanje hladnjaka klime                                     | 392               | 631                           | Križni odvijač, ruke    | Teže uklonjeno        |
| 8          | Uklanjanje zaštite na bakrenoj cijevi                            | 140               | 771                           | Ravni odvijač, ruke     | Manje poteškoće       |
| 9          | Rastavljanje elektronike klime                                   | 192               | 963                           | Odvijač, kliješta, ruke | Teže uklanjanje       |

|    |  |     |      |                        |                       |
|----|--|-----|------|------------------------|-----------------------|
| 10 | Rastavljanje utikača za struju                 | 46  | 1009 | Križni odvijač         | Jednostavno uklonjeno |
| 11 | Uklanjanje kabela elektronike                  | 243 | 1252 | Nož, odvijač, ruke     | Teže uklanjanje       |
| 12 | Uklanjanje prekidača ON/OFF                    | 12  | 1264 | Ruke                   | Lagano                |
| 13 | Rastavljanje motora za vratašca                | 9   | 1273 | Križni odvijač         | Jednostavno uklonjeno |
| 14 | Rastavljanje ploča i kabela                    | 232 | 1505 | Odvijač, nož, kliješta | Manje poteškoće       |
| 15 | Uklanjanje donjeg dijela kućišta klima uređaja | 18  | 1523 | Ruke                   | Lagano                |
| 16 | Rastavljanje motora klime uređaja              | 129 | 1652 | Križni odvijač, ruke   | Manje poteškoće       |
| 17 | Uklanjanje crijeva za vodu                     | 51  | 1703 | Ravni odvijač, ruke    | Jednostavno uklonjeno |
| 18 | Rastavljanje donjeg dijela kućišta             | 164 | 1868 | Križni odvijač, ruke   | Jednostavno uklonjeno |

Kao što se vidi u tablici 4.3., za rastavljanje klima uređaja bilo je potrebno 1868 sekundi. Uz bolji alat, određenu rutinu i više tehnike, smanjilo bi se vrijeme rastavljanja, što bi znatno utjecalo na troškove rastavljanja.

## 4.2. Analiza recikličnosti klima uređaja

Tijekom rastavljanja klima uređaja marke Toshiba mjerene su mase pojedinih elemenata ( $m_i$ ). Na osnovu dobivenih rezultata o ukupnom broju elemenata ( $b_i$ ) i njihovih pojedinačnih masa ( $m_i$ ) dobivena je ukupna masa pojedinih elemenata. Pojedininim elementima uređaja dodijeljen je stupanj recikličnosti prema tablicama 4.1. i 4.2. Najviši stupanj recikličnosti imaju elementi koji su od iste vrste materijala kao što je u ovom slučaju: **željezo**.

**Tablica 4.4.** Rezultati provedenog pokusa određivanja recikličnosti klima uređaja

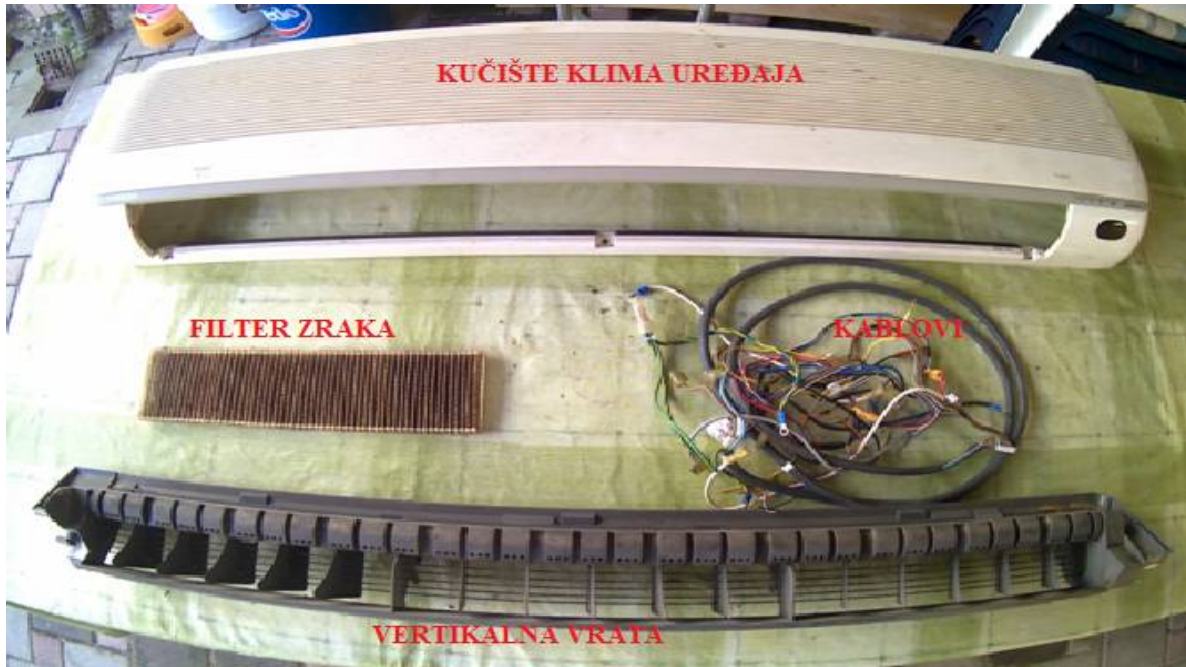
| Naziv proizvoda: Klima (unutarnja jedinica) |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
|---|--------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| Masa: 12312 g                               |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
| Proizvođač: Toshiba                         |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
| Uzrok dotrajalosti: neispravan motor        |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
| Godina proizvodnje nepoznata                |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
| Datum obrade : 20.7.2017                    |                                |                           |                   |                |                    |                       |                                |  |
| Redni broj                                  | Naziv elementa                 | Vrsta elementa (SE,PE,SK) | Vrsta materijala  | Masa elementa  | Komad po proizvodu | Stupanj recikličnosti | Masa Elemenata (5x6)           | Recikličnost Elemenata (8x9)                   |
|   |                                |                           |                   | g/kom          | kom                | 0....5                | grama                          |  |
| i   |                                |                           | vm <sub>i</sub>   | m <sub>i</sub> | b <sub>i</sub>     | r <sub>i</sub>        | m <sub>i</sub> *b <sub>i</sub> | m <sub>i</sub> *b <sub>i</sub> *r <sub>i</sub> |
| <b>1</b>                                    | <b>2</b>                       | <b>3</b>                  | <b>4</b>          | <b>5</b>       | <b>6</b>           | <b>7</b>              | <b>8</b>                       | <b>9</b>                                       |
| 1   | Vrata za regulaciju zraka      | PE                        | POLIMER           | 106            | 2                  | 2                     | 212                            | 424  |
| 2   | Kućište klime                  | PE                        | POLIMER           | 1745           | 1                  | 2                     | 1745                           | 3490   |
| 3   | Filtar prašine                 | PE                        | POLIMER           | 46             | 2                  | 2                     | 92                             | 184  |
| 4   | Kućište filtra zraka           | PE                        | POLIMER           | 148            | 1                  | 2                     | 148                            | 296  |
| 5   | Filtar                         | SK                        | SLOŽENI MATERIJAL | 12             | 1                  | 3                     | 12                             | 36   |
| 6   | Indikator svijetla             | SK                        | SLOŽENI MATERIJAL | 12             | 1                  | 3                     | 12                             | 36   |
| 7   | Kućište indikatora             | PE                        | POLIMER           | 9              | 1                  | 2                     | 9                              | 18   |
| 8   | Kućište elektronike gornji dio | PE                        | POLIMER           | 89             | 1                  | 2                     | 89                             | 178  |
| 9   | Grijač/ Hladnjak               | SK                        | SLOŽENI MATERIJAL | 2564           | 1                  | 3                     | 2564                           | 7692   |

|    |                               |    |                   |        |    |   |        |        |
|----|-------------------------------|----|-------------------|--------|----|---|--------|--------|
| 10 | Zaštita bakrenih cijevi       | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 14     | 1  | 3 | 14     | 42     |
| 11 | Elektronika klime             | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 1356   | 1  | 0 | 1356   | 0      |
| 12 | Utičnica                      | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 42     | 1  | 4 | 42     | 168    |
| 13 | Kabeli                        | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 372    | 1  | 4 | 372    | 1488   |
| 14 | Prekidač ON / OFF             | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 16     | 1  | 4 | 16     | 64     |
| 15 | Motor za vrata klime          | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 63     | 1  | 3 | 63     | 189    |
| 16 | Tiskane pločice               | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 529    | 1  | 0 | 529    | 0      |
| 17 | Kućište elektronike donji dio | PE | POLIMER           | 332    | 1  | 2 | 332    | 664    |
| 18 | Valjak                        | PE | POLIMER           | 442    | 1  | 2 | 442    | 884    |
| 19 | Motor klime                   | SK | SLOŽENI MATERIJAL | 1732   | 1  | 3 | 1732   | 5196   |
| 20 | Donji dio kućišta klime       | PE | POLIMER           | 1425   | 1  | 2 | 1425   | 2850   |
| 21 | Crijevo za vodu               | SE | GUMA              | 117    | 1  | 2 | 117    | 234    |
| 22 | Usmjerivač puhanja zraka      | PE | POLIMER           | 956    | 1  | 2 | 956    | 1912   |
| 23 | Vijci                         | SE | ČELIK             | 1,375  | 24 | 5 | 33     | 165    |
|    | UKUPNO                        |    |                   | 12.128 | 48 |   | 12.312 | 26.210 |

Prema tablici 4.4 i prema formuli (4-1) izračunali smo recikličnost klima uređaja:

$$R = \frac{\Sigma(b_i \times m_i \times r_i)}{M \times r_{max}} = \frac{26210}{12312 \times 5} = 0,426$$

Recikličnost klima uređaja iznosi  $R=0.426$  što upućuje na *downcycling* postupke (niža kvaliteta reciklata) ili odlaganje gdje se proizvod upotrebljava za druge namjere niže vrijednosti u odnosu na prvobitnu.



Slika 4.4. Dijelovi klima uređaja



Slika 4.5. Pojedini sklopovi klima uređaja





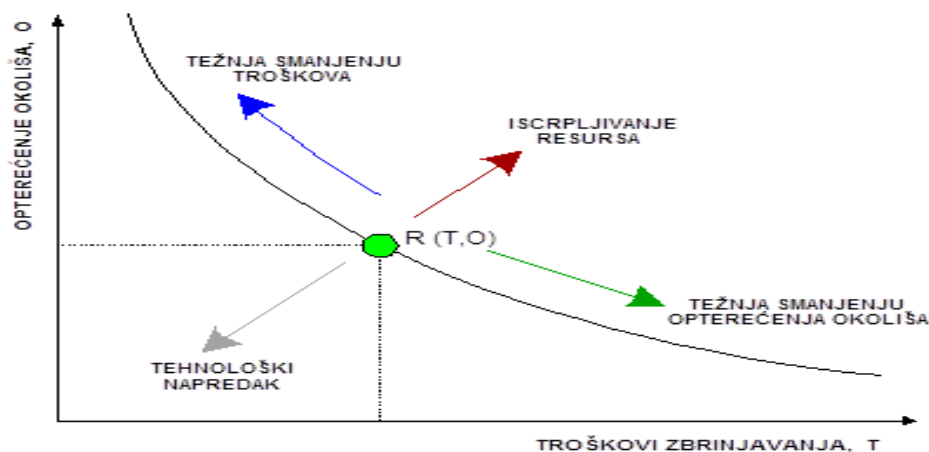
**Slika 4.6.** Prikaz pojedinih rastavljenih dijelova klima uređaja

### 4.3. Ekonomsko-ekološka analiza

Pri samom recikliranju i odluci hoće li nešto reciklirati ili ne, ne smije se ograničiti samo na pokazatelje recikličnosti jer oni slabo odražavaju ekonomsku, kao i ekološku stranu recikliranja. A upravo su te dvije strane gotovo najvažniji aspekt recikličnosti pri odluci što reciklirati, a što ne. Recikliranje svakog proizvoda nije nužno isplativo i korisno. Recikliranjem bi se trebalo postići sljedeće:

1. smanjenje potrošnje materijala
2. smanjenje potrošnje energije
3. smanjenje emisija
4. smanjenje otpada

No u pravilu se pri recikliranju ostvaruju samo prvi i četvrti učinak, dok preostala dva učinka po određenim uvjetima mogu čak i porasti. Stoga, postavlja se pitanje u kojim će slučajevima recikliranje biti učinkovito? Recikliranje će biti prikladno kada se omogući „opterećenje okoliša“ i „troškovi recikliranja“. Što bi značilo da se treba omogućiti i ekološka (smanjenje otpada, tj. čista okolina) i ekonomska korist (smanjenje potrošnje materijala; 'financijska dobit').



**Slika 4.7.** Utjecaj recikliranja na troškove i opterećenje okoliša

Slika 4.7. prikazuje utjecaj recikliranja na opterećenje okoliša i troškove na referentni postupak recikliranja R s parametrima (T,O).

Postoje četiri temeljna pravca:

- a) težnja smanjenju troškova
- b) iscrpljivanje resursa
- c) tehnološki napredak
- d) težnja smanjenju opterećenja okoliša

Kao što je već napomenuto, da bi neki proizvod bio isplativ za recikliranje mora imati ekološko, ali i ekonomsko opravdanje. Što bi značilo da bi prije samog recikliranja proizvoda trebali provesti detaljniju analizu recikličnosti proizvoda koja će nam pokazati pogoduje li proizvod za recikliranje ili ne. Takva analiza se provodi na način da se pomoću svih podataka o tom proizvodu izračunaju ukupni troškovi i ukupni prihodi recikliranja.

Ukupni troškovi zbrinjavanja su:

$$T = T_{ra} + T_u + T_r + T_o \quad (4-2)$$

gdje su:

- $T_{ra}$  - troškovi rastavljanja
- $T_u$  - troškovi usitnjavanja
- $T_r$  - troškovi recikliranja
- $T_o$  - troškovi odlaganja

Prihod od recikliranja:

$$P = P_r + P_{De} + P_E \quad (4-3)$$

gdje su:

- $P_r$  - prihod od prodaje reciklata
- $P_{De}$  - prihod od uštede energije
- $P_E$  - prihod od smanjenja emisija

Apsolutna dobit je razlika ukupnih prihoda i ukupnih troškova:

$$D_A = (P_r + P_{De} + P_E) - (T_{ra} + T_u + T_r + T_o) \quad (4-4)$$

Relativna dobit dodatna je informacija ako postoje dva ista iznosa apsolutne dobiti. Povoljnije je reciklirati proizvod koji ima veću relativnu dobit. Izraz relativne dobiti je:

$$D_r = \frac{(P_r + P_{De} + P_E)}{(T_{ra} + T_u + T_r + T_o)} \quad (4-5)$$

**Tablica 4.5.** Analiza prihoda za klima uređaj

| PRIHOD OD RECIKLIRANJA |                    |                                      |   |  |  |                            |                                |   |                     |
|------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|--|--|----------------------------|--------------------------------|---|---------------------|
| Vrsta reciklata        | Masa reciklata, kg | Cijena reciklata, C <sub>r</sub> , € | Prihod od prodaje reciklata, P <sub>r</sub> , € | Ušteda energije ostvarena Recikliranjem, Δ e, €/kg | Prihod od uštede energije, P <sub>Δe</sub> , € | Smanjenje emisije E, kg/kg | Pristojba za emisiju, pe, €/kg | Prihod od smanjenja emisije, P <sub>e</sub> , € | UKUPNI PRIHOD, P, € |
| 1                      | 2                  | 3                                    | 4=2x3   | 5  | 6=2x5  | 7                          | 8                              | 9=2x7x8   | 4+6+9               |
| Polimer                | 5,450              | 0,09                                 | 0,4905  | 0,20   | 1,0900   | 1,7                        | 0,80                           | 7,4120  | 8,9925              |
| Čelik                  | 0,033              | 0,20                                 | 0,0066  | 0,30   | 0,0099   | 4,5                        | 0,80                           | 0,1188  | 0,1353              |
| Guma                   | 0,117              | 0,01                                 | 0,0012  | 0,02   | 0,0023   | 1,7                        | 0,80                           | 0,1591  | 0,1626              |
| UKUPNO                 | 5,600              |                                      |   |  |  |                            |                                | UKUPNO  | 9,29                |

Iz tablice 4.5. može se zaključiti da je kod rastavljanja ovog klima uređaja ostvaren prihod od 9,29 € što znači da su ukupni prihodi nešto malo veći od ukupnih troškova. Razlog tomu su veliki troškovi rastavljanja.

**Tablica 4.6. Troškovi rastavljanja**

| <b>TROŠKOVI RASTAVLJANJA</b>                           |              |
|--|--------------|
| Naziv zahvata  | trajanje, s  |
| Uklanjanje vratašca za regulaciju zraka                | 8            |
| Odvajanje kućišta klime                                | 90           |
| Uklanjanje filtra prašine                              | 6            |
| Odvajanje filtra zraka                                 | 85           |
| Uklanjanje indikatora svjetla                          | 41           |
| Rastavljanje gornjeg dijela kućišta elektronike        | 9            |
| Rastavljanje hladnjaka klime                           | 392          |
| Uklanjanje zaštite na bakrenoj cijevi                  | 140          |
| Rastavljanje elektronike klime                         | 192          |
| Rastavljanje utikača za struju                         | 46           |
| Uklanjanje kabela elektronike                          | 243          |
| Uklanjanje prekidača ON/OFF                            | 12           |
| Rastavljanje motora za vratašca                        | 9            |
| Rastavljanje ploča i kabela                            | 232          |
| Uklanjanje donjeg dijela kućišta klime                 | 18           |
| Rastavljanje motora klime uređaja                      | 129          |
| Uklanjanje crijeva za vodu                             | 51           |
| Rastavljanje donjeg dijela kućišta                     | 164          |
|  |              |
| <b>Ukupno vrijeme , <math>t_r</math> , h</b>           | <b>0,52</b>  |
| <b>Cijena rastavljanja , <math>c_r</math> , €/h</b>    | <b>10,00</b> |
| <b>Troškovi rastavljanja , <math>T_{ra}</math> , €</b> | <b>5,20</b>  |

U prikazanoj tablici 4.6. mogu se vidjeti nazivi operacija i trajanje tih operacija u sekundama. Pri samom dnu tablice nalazi se zbroj ukupnog vremena u satima. Ukupno vrijeme iznosi 0,52 sata. Korištena je cijena od 10 €/h za rastavljanje uređaja. Troškovi rastavljanja iznose 5,20 €

**Tablica 4.7. Troškovi recikliranja**

| <b>TROŠKOVI RECIKLIRANJA</b>                             |              |                  |               |
|--|--------------|------------------|---------------|
| Naziv i-te komponente                                    | Masa, kg     | $(C_r)_i$ , €/kg | $(T_r)_i$ , € |
| Polimer  | 5,450        | 0,09             | 0,4905        |
| Čelik  | 0,033        | 0,20             | 0,0066        |
| Guma   | 0,117        | 0,01             | 0,0012        |
| <b>Ukupna masa, <math>m_r</math>, kg</b>                 | <b>5,600</b> |                  |               |
| <b>Ukupni troškovi recikliranja, <math>T_r</math>, €</b> |              |                  | <b>0,4983</b> |

U tablici 4.7. može se vidjeti iznos ukupnih troškova recikliranja za klima uređaj Toshiba koji iznosi 0,4983 €. Recikliraju se komponente od čelika, gume i polimera čija masa iznosi 5,6 kg

**Tablica 4.8. Troškovi odlaganja**

| <b>TROŠKOVI ODLAGANJA</b>                                |              |                  |               |
|--|--------------|------------------|---------------|
| Naziv i-te komponente                                    | Masa, kg     | $(C_d)_j$ , €/kg | $(T_d)_j$ , € |
| Opasni otpad (tiskane pločice, elektronika)              | 1,885        | 0,40             | 0,754         |
| <b>Ukupna masa, <math>m_d</math>, kg</b>                 | <b>1,885</b> |                  |               |
| <b>Ukupni troškovi recikliranja, <math>T_d</math>, €</b> |              |                  | <b>0,754</b>  |

Složeni sklopovi (opasni otpad) napravljeni od više različitih materijala mogu se zbrinuti postupcima usitnjavanja i razvrstavanja, a ukupni trošak iznosi 0,754 €

**Tablica 4.9. Troškovi usitnjavanja**

| <b>TROŠKOVI USITNJAVANJA</b>                             |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Naziv i-te komponente                                    | Masa, kg     | $C_u$ , €/kg | $T_u$ , €    |
| Složeni materijal  | 4,827        | 0,50         | 2,414        |
| <b>Ukupna masa, <math>m_u</math>, kg</b>                 | <b>4,827</b> |              |              |
| <b>Ukupni troškovi recikliranja, <math>T_u</math>, €</b> |              |              | <b>2,414</b> |

Složenijim sklopovima pristupilo se rastavljanjem i usitnjavanjem, a ukupni trošak iznosi 2,414 € dok ukupna masa složenih sklopova iznosi 4,827 kg.

**Tablica 4.10.** *Rekapitulacija troškova*

| REKAPITULACIJA TROŠKOVA                 |               |
|---|---------------|
| Troškovi rastavljanja, $T_{ra}$ , €     | 5,20          |
| Ukupni troškovi recikliranja, $T_r$ , € | 0,4983        |
| Ukupni troškovi odlaganja, $T_d$ , €    | 0,754         |
| Ukupni troškovi usitnjavanja, $T_u$ , € | 2,414         |
| <b>UKUPNI TROŠKOVI, €</b>               | <b>8,8658</b> |

U tablici 4.10. prikazani su ukupni pojedini troškovi. Najmanji troškovi su kod odlaganja koji iznose 0,754 €. Troškovi rastavljanja klima uređaja Toshiba su najveći. Razlog tomu je velik broj koraka uz „dugo“ vrijeme rastavljanja za svaki korak.

**Tablica 4.11.** *Rezultati provedenog pokusa određivanja recikličnosti klima uređaja*

|                            |        |
|----------------------------|--------|
|                            | VAR 1  |
| Ukupni troškovi, $T$ , €   | 8,8658 |
| Ukupni prihodi, $P$ , €    | 9,29   |
| Dobit, $P-T$ , €           | 0,4242 |
| Relativna dobit, $P/T$ , € | 1,0478 |

Analizirajući ukupne troškove i ukupne prihode dolazi se do rezultata koji su prikazani u tablici 4.11. Ukupni troškovi rastavljanja iznose 8,8658 € Relativna dobit je pozitivna i iznosi 1,0478 € dok je apsolutna dobit 0,4242 €

## **5. PRIKAZ ZBRINJAVANJA ELEKTROTEHNIČKIH UREĐAJA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Zbog opasnih komponenti koje sadrži, kao što su živa, kadmij, krom, brom, olovo, arsen, azbest, spojevi silicija, berilija, fosfor i drugi, cjelokupni EE otpad ide u red opasnog otpada. EE otpad ne smije nikako završiti niti u glomaznom niti u komunalnom otpadu. On se mora sakupljati odvojeno od ostalih vrsta otpada kako bi se štetni dijelovi izdvojili i zbrinuli na odgovarajući način, a dijelovi poput metala, plastike i sličnih ponovno iskoristili. [30, 31]

Građani mogu EE otpad osobno odvesti u najbliže reciklažno dvorište. EE otpad, sakupljen na području Grada Zagreba, dovozi se u sabirni centar u Strmcu Samoborskom kraj Zagreba, odakle se velikim kontejnerima odvozi u Viroviticu gdje se nalazi pogon primarne obrade. Pogon sekundarne obrade nalazi se u Donjoj Bistri, gdje se sortirani otpadni EE uređaji odvoze se kamionima. [30, 31]

Unatoč činjenici što glavnina općina i gradova u Hrvatskoj ima organizirana reciklažna dvorišta ili se EE otpad kao manje prihvatljiva varijanta može predati u dane odvoza glomaznog otpada, veliki dio EE otpada zbog neznanja i/ili nemara završava u potocima, šljunčarama, šumama i sl. Osim estetski neprihvatljive slike o krajoliku, ovakvo postupanje s otpadom predstavlja potencijalni zdravstveni problem. Povremene akcije čišćenja divljih deponija su korisne, ali dugoročno neodržive jer javnost nije dovoljno educirana o problematici zbrinjavanja otpada i posljedicama takvog ponašanja. Uspješan sustav zbrinjavanja EE otpada nije moguće realizirati ako se promatra samo s tehno-ekonomskog aspekta te ako se zanemari dimenzija i uloga ekološke edukacije. Ekološkom edukacijom omogućit će se stjecanje ekoloških znanja s ciljem povećanja razine svijesti svakog pojedinca za učinkovito sudjelovanje u provođenju sustava zbrinjavanja otpada. Provedba ekološke edukacije u pojedincu razvijati će nova saznanja i izgrađivati nove vrijednosti koje će ga upućivati na promjene u ponašanju. Stoga su potrebne bitne promjene u socijalnom, gospodarskom, obrazovnom i kulturnom smislu, kroz edukaciju, promidžbene aktivnosti u vrtićima, osnovnim i srednjim školama, fakultetima, tvrtkama, tijelima lokalne i državne uprave i kućanstvima. [30, 31, 32]

## 5.1. Količina odbačenih uređaja

Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost u 2014. godini na tržište Republike Hrvatske stavljeno je 45 709,22 tona EE opreme, sakupljeno 17 518,38 tona EE otpada (od kućanstava i ostalih posjednika), a obrađeno 16 808,42 tona istoga, od čega je 4 091,75 tona dijelova EE otpada izvezeno. [32, 33]

Za količine EE otpada koje su sakupljene u 2011. godini FZOEU je ovlaštenim sakupljačima isplatio 45 665 687,34 kuna, a za količine EE otpada koje su obrađene u istoj godini FZOEU je ovlaštenim obrađivačima isplatio 26 445 060,85 kuna. [32, 33]

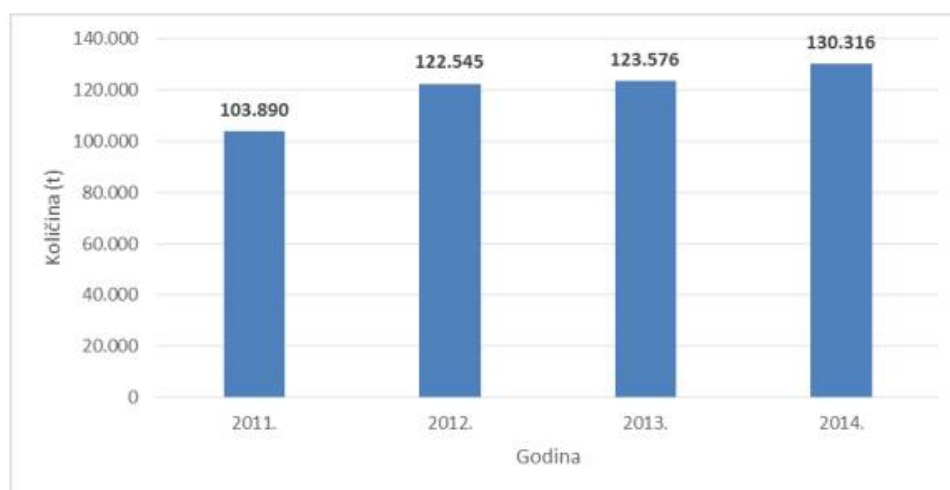
**Tablica 5.1.** *Popis sabirnih centara elektrotehničkog otpada u Republici Hrvatskoj* [33]

| <b>Popis sabirnih centara za EE otpada nastao od svih vrsta EE opreme (područje sakupljanja: RH) ŽUPANIJE I GRAD ZAGREB</b> | <b>SABIRNI CENTRI</b>   |
|---|---|
| ZAGREBAČKA  | FLORA VTC d.o.o.<br>SPECTRA MEDIA d.o.o.<br>MLADEN FRKOVIĆ - obrt |
| KRAPINSKO-ZAGORSKA  | AUDIO TV SERVIS JURINJAK - obrt                                   |
| SISAČKO-MOSLOVAČKA  | FLORA VTC d.o.o.<br>AUTO SERVIS PIT STOP - obrt                   |
| KARLOVAČKA  | AUTO SERVIS PIT STOP - obrt<br>MLADEN FRKOVIĆ - obrt              |
| VARAŽDINSKA   | DUMA ELEKTRONIKA - obrt<br>AUDIO TV SERVIS JURINJAK - obrt        |
| KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA  | FLORA VTC d.o.o.  |
| BJELOVARSKO-BILOGORSKA  | FLORA VTC d.o.o.  |
| PRIMORSKO-GORANSKA  | MLADEN FRKOVIĆ - obrt<br>FRIGOMATIC - obrt                        |
| LIČKO-SENJSKA   | MLADEN FRKOVIĆ – obrt<br>FRIGOMATIC - obrt                        |



|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
|                       | SIROVINA ODLAGALIŠTE d.o.o.           |
| VIROVITIČKO-PODRAVSKA | FLORA VTC d.o.o.<br>EKO-MOBILE - obrt |
| POŽEŠKO-SLAVONSKA     | FLORA VTC d.o.o.<br>EKO-MOBILE - obrt |
| BRODSKO-POSAVSKA      | FLORA VTC d.o.o.<br>EKO-MOBILE - obrt |
| ZADARSKA              | SIROVINA ODLAGALIŠTE d.o.o.           |
| OSJEČKO-BARANJSKA     | METAL ZEC d.o.o.<br>EKO-MOBILE - obrt |

Opasni otpad je otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava određenih u ZOGO-u. U 2014. godini evidentirano je 130.316 tona opasnog otpada, što je 25% više nego 2011. godine kada je količina opasnog otpada iznosila 103.890 tona. [32, 33]



**Slika 5.1.** Količina opasnog otpada u Republici Hrvatskoj od 2011. do 2014. [33]

Prema podacima za 2014. godinu, opasni otpad od posebnih kategorija čini najveći dio ukupnih količina opasnog otpada. Otpadna vozila i otpadni EE uređaji i oprema čine čak 38% ukupnih količina opasnog otpada, a zajedno s građevnim otpadom koji sadrži azbest čak 52% opasnog otpada. Uz posebne kategorije otpada veliki udio u opasnom otpadu ima kemijski otpad (17%). [32, 33]

Procjenjuje se da u Hrvatskoj godišnje nastaje od 30 000 do 45 000 tona e-otpada (6,7 -10,1 kg/stanovniku; u EU oko 14 kg) te da njegove količine rastu čak oko 10% godišnje. [32, 33]

**Tablica 5.2. Prikaz sakupljenog otpada od 2006 g. do 2015 g. [33]**

| Posebna kategorija otpada  | Sakupljeno |         |         |         |         |         |         |         |         |          |
|--|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|  | 2006       | 2007.   | 2008.   | 2009.   | 2010.   | 2011.   | 2012.   | 2013.   | 2014.   | 2015.    |
| Ambalažni otpad (t)  | 198.189    | 247861  | 272.135 | 231.239 | 178.112 | 125.258 | 118.493 | 116.794 | 110.217 | 140.441  |
| Otpadna vozila (t)   | -          | 6.737   | 7.887   | 16.617  | 22.756  | 35.104  | 32.109  | 28.816  | 17.894  | 16.945   |
| Otpadne baterije i akumulatori (t)                                       | -          | 6.484   | 10.737  | 7.180   | 8.290   | 8.480   | 7.165   | 7.296   | 6.965   | 5.596    |
| Otpadne prijenosne baterije (t)  | -          | 37      | 111     | 68      | 116     | 89      | 112     | 76      | 72      | 98       |
| EE otpad (t)   | -          | -       | 5.719   | 13.522  | 17.748  | 17.518  | 16.187  | 15.025  | 15.482  | 23.758   |
| Otpadna ulja-maziva (t)  | -          | 6115    | 7.068   | 6.784   | 6.640   | 6.391   | 5.835   | 5.678   | 5.753   | 5.390    |
| Otpadna ulja-jestiva (t)   | -          | 1132    | 1.606   | 2.145   | 1.260   | 1.196   | 911     | 718     | 721     | 759      |
| Otpadne gume (t)   | 13.130     | 22.265  | 21.224  | 20.234  | 19.917  | 18.509  | 18.305  | 19.346  | 17.514  | 18.674   |
| Građevni otpad koji sadrži azbest (t)                                    | -          | -       | 0,004   | 1.660   | 3.283   | 3.637   | 8.985   | 11.673  | 9.284   | 9.476,67 |
| Građevni otpad (t)*  | 275.323    | 266.457 | 194.406 | 131.863 | 362.567 | 579.240 | 717.382 | 872.782 | 761.312 | 882.256  |
| Otpadni PCB (t)*   | -          | -       | -       | -       | -       | 227     | 59      | 133     | 64      | 38       |
| Medicinski otpad (t)   | -          | -       | -       | -       | 3.663   | 3.507   | 3.317   | 3.118   | 3.842   | 4.232    |
| Otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (tona suhe tvari) | -          | 6.551   | 17.674  | 20.983  | 21.315  | 18.570  | 18.457  | 18.626  | 18.766  | 20.452   |

## 5.2. Postupci zbrinjavanja elektrotehničkog otpada

Gdje god je to moguće prednost u obradi otpada potrebno je dati metodama oporabe uz recikliranje, dok je odlaganje i spaljivanje otpada bez oporabe energije, na najnižoj razini hijerarhije u postupanju s otpadom. [32, 33, 34]

U pogonu primarne obrade (rastavljanje) u Virovitici vrši se rastavljanje otpadnih uređaja i opreme i izdvajanje opasnih komponenti kao na primjer: katodnih cijevi, baterija i akumulatora,

tonera, elektrolitskih kondenzatora, živinih prekidača, plastike koja sadrži bromirane usporivače gorenja ( BFRs ). Nadalje, izdvajaju se vrijedne komponente kao što su transformatori, vanjski električni kabeli, štampane ploče, elektromotori, tvrdi diskovi – CD/DVD - ROM. [32, 33, 34]



**Slika 5.2.** *Postrojenje EE otpada u Virovitici* [33]

Sekundarna obrada (mehanička oporaba) je rastavljanje i sortiranje otpadnih EE uređaja koji se odvoze kamionima u pogon u Donjoj Bistri. Postrojenje za oporabu EE otpada u Donjoj Bistri kraj Zagreba službeno je otvoreno 22. travnja 2009. godine na Dan planete Zemlje. [31, 33, 35]



**Slika 5.3.** *Postrojenje EE otpada u Donjoj Bistri* [31]

Prije navedenog datuma, pogon je bio šest mjeseci u probnom radu. Cjelokupno upravljanje postrojenjem je automatizirano i vrši se iz upravljačkog centra. Nazivna snaga je 350 kW sa kapacitetom od 4 000 kg/sat. Kapaciteti oba pogona u jednoj smjeni su 18.000 tona godišnje. [31, 33, 35]

Primarno obrađeni EE otpad se stavlja na transportnu traku koja nosi materijal do prvog usitnjivača (tzv. šreder, od engleske riječi *shredding*-usitnjavanje) veličine noževa 78mm. Tako usitnjeni materijal se magnetnim separatorom razdvaja na željezne i ostale materijale. Željezo se odvaja u posebne kontejnere, preša u hidrauličnoj preši i tako prešano u bale prodaje se na tržištu kao sekundarna sirovina. Iz ostalih materijala, među njima još uvijek ima željeza, na transportnoj traci ručno se odvajaju eventualno preostale opasne komponente od vrijednih komponenti. Materijal po traci dolazi do 4-osovinskog usitnjivača koji ga usitnjava na veličinu 28mm. Magnetnim separatorima se izdvaja preostalo željezo koje se ovako obrađeno plasira na tržište sekundarnih trgovina. Preostali materijal prenosi se slijedećom transportnom trakom na *EDDY* strujni odjeljivač gdje se pomoću brzo mijenjajućeg magnetnog polja odvajaju neželjezni metali (aluminij, bakar i mesing) od plastike. Plastika se zbog svojih opasnih sastojaka (BFRs) pakira i transportira u inozemstvo gdje se spaljuje na 1 200°C kako se ne bi oslobađao otrovni plin dioksin. Neželjezni metali transportnim elevatorima idu u mlin čekićar koji ih oblikuje u kuglice približno iste veličine. Te kuglice padaju na sito koje ih odvaja po veličini od 3mm i veće. Tako separirane kuglice padaju na zračni separator koji odvaja lakšu frakciju (aluminij) i težu frakciju (bakar i mesing). Ovako dobivene frakcije se plasiraju na tržište sekundarnih sirovina. [31, 33, 35]



Frakcija bakra



Frakcija aluminija

**Slika 5.4.** *Frakcija bakra i aluminija* [35]

U Hrvatskoj se za sada ne rade viši stupnjevi oporabe EE otpada. Takva vrsta oporabe obuhvaća složenije procese kao. npr. izdvajanje plemenitih metala (zlatu i srebro) iz štampanih ploča putem kemijskih procesa, dodatna oporaba bromirane plastike, spaljivanje na visokim temperaturama i sl. [35]

## 6. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom dana je analiza rastavljanja i recikliranja klima uređaja. Analiza je provedena na neispravnom klima uređaju marke Toshiba. Vrijeme potrebno za rastavljanje klima uređaja je 1868 sekundi. Analizom je zaključeno da je recikličnost klima uređaja opisanog u radu 0,426 i spada u kategoriju recikličnosti ispod 0,50. Recikličnost klima uređaja bila bi veća kada bi vrijeme rastavljanja bilo manje. Proces rastavljanja klima uređaja smanjio bi se kada bi ga radila obučena i stručna osoba te kada bi koristila alate i strojeve koji su predviđeni za rastavljanje klima uređaja.

Pomoću analize koja je napravljena vidljivo je, ne samo da se recikliranjem čuva priroda, smanjuje iskorištavanje prirodnih dobara nego je ono i financijski isplativo. Kada bi čovjek razvrstavao i reciklirao odbačene ili neispravne elektrotehničke uređaje, smanjila bi se potrošnja sirovina, jer bi se isti ponovno upotrijebili. Očuvao bi se okoliš i priroda koja nas okružuje bi bila ljepša za život.

Republika Hrvatska u svakoj županiji ima nekoliko pogona i odlagališta elektrotehničkog otpada gdje se mogu odnijeti neispravni elektrotehnički uređaji kako bi bili pravilno odloženi i reciklirani. Količine elektrotehničkog otpada i zagađenje našeg okoliša ubrzano raste, a štetnost odbačenih elektrotehničkih uređaja je na visokoj razini jer u sebi sadrže opasne tvari te je zbog toga recikliranje elektrotehničkih uređaja bitno za čovjeka i okoliš koji ga okružuje. Zbog toga bi se trebalo educirati ljude jer ukoliko nastave zagađivati okoliš, bacati i ne reciklirati elektrotehničke uređaje, potrošit će se resursi i sirovine prijeko potrebne za život.

## 7. POPIS LITERATURE

- [1] Arija nova d.o.o.,  
<http://www.arijanova.hr/sve-o-klima-uredjajima/> , (20.7.2017)
- [2] Klimatizacija, 9.9.2014  
<https://klimauredaj.wordpress.com/2014/09/09/razvoj-klima/a-uredaj> , (20.7.2017)
- [3] Profitiraj.hr, 14.0.2017  
<http://profitiraj.hr/ovo-je-povijest-klima-uredaja-tehnologije-bez-koje-danas-ne-mozemo/>  
(20.7.2017)
- [4] Ilija Matanović, Jutarnji life, Tehnologija, Vodič za kupnju klima uređaja, 26.6.2013  
<http://www.jutarnji.hr/life/tehnologija/vodic-za-kupnju-klima-uredaja-inverter-je-u-startu-skuplji-ali-je-i-tisi-stedljiviji-i-ugodniji/1156319/> , (19.9.2017)
- [5] Wikipedija, Klima uređaj, 25.2.2017  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Klima\\_ure%C4%91aj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Klima_ure%C4%91aj) , (19.9.2017)
- [6] Dom.com.hr, Koji klima uređaj odabrati  
<http://www.dom.com.hr/uredjaji-i-aparati/klima-uredjaji/koji-klima-uredjaj-odabrati.dom>  
(22.7.2017)
- [7] Telix Tuzla, Vrste klima uređaja  
<http://telix.ba/kategorija/vrste-klima-uredaja/> , (22.7.2017)
- [8] Haier klima uređaji, Tipovi unutarnjih jedinica  
<http://www.haier.com.hr/hr/clanak/tipovi-unutarnjih-jedinica/12/> , (22.7.2017)
- [9] Frigo-kor klima i hlađenje, O klima uređajima  
<http://www.frigo-kor.hr/Saznajvi%C5%A1e/Oklimaure%C4%91ajima/tabid/328/Default.aspx> (22.7.2017)
- [10] Klimatizacija.hr, Kako odabrati klima uređaj  
<http://klimatizacija.hr/kako-odabrati-idealni-klima-uredaj/> , (22.7.2017)
- [11] Toshiba, Hlađenje  
<http://www.toshiba.hr/karakteristike-proizvoda/princip-rada-klima-uredaja/99> , (21.9.2017)
- [12] Klima uredjaji, Klima uređaji princip rada, 10.8.2016  
<https://klimauredjaji.com/klima-uredjaji-princip-rada> , (19.9.2017)
- [13] Elmont klima centar, Najčešća pitanja o klima uređajima  
[http://www.elmont-zadar.hr/Naj%C4%8De%C5%A1%C4%87a\\_pitanja\\_o\\_klima%20\\_ure%C4%91ajima](http://www.elmont-zadar.hr/Naj%C4%8De%C5%A1%C4%87a_pitanja_o_klima%20_ure%C4%91ajima)  
(19.9.2017)

- [14] Kondicionera  
<https://www.calc.ru/Ustroystvo-Kondicionera.html> , (19.9.2017)
- [15] Air conditioner, 9.6.1997  
<http://www.madehow.com/Volume-3/Air-Conditioner.html> , (20.9.2017)
- [16] Wikipedija, Plastika, 22.10.2015  
<https://bs.wikipedia.org/wiki/Plastika> , (20.9.2017)
- [17] Wikipedija, Plastika, 22.5.2017  
<https://sh.wikipedia.org/wiki/Plastika> , (20.9.2017)
- [18] Wikipedija, Čelik, 13.6.2016  
<https://bs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Celik> (21.9.2017)
- [19] Wikipedija, Bakar, 2.4.2017  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakar\\_\(element\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakar_(element)) (20.9.2017)
- [20] Strojopromet Zagreb, Aluminij  
<http://www.strojopromet.com/aluminij/> , (20.9.2017)
- [21] Naukica, Guma, 24.3.2012  
<https://naukica.wordpress.com/2012/03/24/guma/> (20.9.2017)
- [22] Guma kao sirovina, Kako nastaje guma  
<http://msuclubwaterpolo.weebly.com/> , (20.9.2017)
- [23] Marijana Galović, Jutarnji list, Što znače simboli na ambalaži, 17.8.2016  
<http://www.jutarnji.hr/domidizajn/savjeti/sto-znace-simboli-na-ambalazi/4618433/> ,  
(22.7.2017)
- [24] Wikipedija, Downcycling, 13.9.2017  
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Downcycling> , (20.9.2017)
- [25] Wikipedija, Upcycling, 17.9.2017  
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Upcycling> , (20.9.2017)
- [26] Wikipedija, Downcycling, 4.9.2017  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Downcycling> (20.9.2017)
- [27] Wikipedija, Energy recycling, 20.9.2017  
[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Energy\\_recycling#History](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Energy_recycling#History) (21.9.2017)
- [28] Antun Pintarić, Tomislav Filetin, Analiza recikličnosti proizvoda, 8.2.2004  
[http://titan.fsb.hr/~tfiletin/pdf/rec\\_proiz\\_zg94.pdf](http://titan.fsb.hr/~tfiletin/pdf/rec_proiz_zg94.pdf) , (29.7.2017)
- [29] Antun Pintarić, Vrednovanje recikličnosti elektrootpada, 4.21.2015  
<http://hugo.com.hr/wp-content/uploads/2015/04/21.pdf> , (29.7.2017)

- [30] Registar ovlaštenih osoba  
<http://reg.azo.hr/> , (19.9.2017)
- [31] Zbrinjavanje otpadnih električnih i elektrotehničkih uređaja i opreme, 10.2.2010  
[http://os-gornjevrpce-zg.skole.hr/upload/os-gornjevrpce-zg/images/static3/1275/attachment/Zbrinjavanje\\_otpadnih\\_elektricnih\\_i\\_elektronickih\\_ure\\_aja\\_i\\_opreme\\_\(EE\\_otpad\).pdf](http://os-gornjevrpce-zg.skole.hr/upload/os-gornjevrpce-zg/images/static3/1275/attachment/Zbrinjavanje_otpadnih_elektricnih_i_elektronickih_ure_aja_i_opreme_(EE_otpad).pdf) , (19.9.2017)
- [32] Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće o električnom i elektroničkom otpadu, 20.12.2011  
<file:///C:/Users/rkuzmic/Downloads/Izvjescje%20o%20elektricnom%20i%20elektronickom%20otpadu%202010%20web.pdf> , (19.9.2017)
- [33] Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće o EE otpadu, 17.12.2012  
[file:///C:/Users/rkuzmic/Downloads/Izvjescje\\_EE\\_otpad\\_2011.pdf](file:///C:/Users/rkuzmic/Downloads/Izvjescje_EE_otpad_2011.pdf) , (19.9.2017)
- [34] Dragutin Šantošić, Virovitica.net, Elektronički otpad, 26.5.2009  
<http://www.virovitica.net/elektronicki-otp-ad-virovitici-donio-50-novih-radnih-mjesta/10839/> (19.9.2017)
- [35] Agencija za zaštitu okoliša, Pregled podataka o električnom otpadu, 5.11.2014  
<file:///C:/Users/rkuzmic/Downloads/Zbrinjavanje%20i%20recikla%C4%BEa%20EE%20otpada.pdf> (19.9.2017)



## **8. SAŽETAK**

U ovom radu prikazan je razvoj klima uređaja kroz povijest, koje vrste klima uređaja postoje, njihova funkcija i karakteristika te prednosti i nedostaci. Prikazani su razni materijali za izradu klima uređaja te je opisan model vrednovanja ocjene recikličnosti proizvoda koji se temelji na strukturnoj analizi proizvoda. Na samom kraju opisane su količine odbačenih elektrotehničkih uređaja te rješenje zbrinjavanja istih. U Republici Hrvatskoj postoje mnogi pogoni i odlagališta elektrotehničkog otpada te najveći takav pogon se nalazi u Virovitici.

Ključne riječi : recikliranje, klima uređaj, elektrotehnički otpad

## **ABSRTACT**

This paper presents the development of the air conditioner through history, what kind of types of air conditioners exist, their function and characteristics, the advantages and disadvantages. Various materials for air conditioner design are described and a model of evaluation of product recycle ratings based on structural product analysis is described. At the very end, it is shown the quantities of discarded electrical appliances and the solution for their disposal. There are many companies and waste disposal of electrical engineering waste in the Republic of Croatia and the largest such plant is located in Virovitica.

Key words: recycling, air conditioner, electrical engineering waste

## **9. ŽIVOTOPIS**

Renato Kuzmić, rođen 13. rujna 1990. godine u Osijeku. Osnovnu školu završava u Osijeku 2005. godine. Nakon toga upisuje I. Gimnaziju u Osijeku i u drugom razredu prelazi u Strojarsko tehničku školu u Osijeku koju sam završava 2009. godine. Iste godine upisuje stručni studij informatike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku.