

# Analiza i vrednovanje recikličnosti usisavača prašine

---

**Miličić, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:200:865909>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Stručni studij**

**ANALIZA I VREDNOVANJE RECIKLIČNOSTI**  
**USISAVAČA PRAŠINE**

**Završni rad**

**Antonio Miličić**

**Osijek, 22. 05. 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 20.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

Ime i prezime Pristupnika:	Antonio Miličić
Studij, smjer:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	A 4851, 27.07.2020.
OIB Pristupnika:	93393042650
Mentor:	doc. dr. sc. Goran Rozing
Sumentor:	Dalibor Buljić, dipl. ing.
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	dr. sc. Željko Špoljarić
Član Povjerenstva 1:	doc. dr. sc. Goran Rozing
Član Povjerenstva 2:	Doc. dr. sc. Venco Čorluka
Naslov završnog rada:	Analiza i vrednovanje recikličnosti usisavača prašine
Znanstvena grana završnog rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Zadatak završnog rada	
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Dovoljan (2)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 1 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 1 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 1 bod/boda Razina samostalnosti: 1 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	20.09.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.
	Datum:



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 15.10.2023.

Ime i prezime studenta:

Antonio Miličić

Studij:

Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

Mat. br. studenta, godina upisa:

A 4651, 27.07.2020.

Turnitin podudaranje [%]:

14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Analiza i vrednovanje recikličnosti usisavača prašine**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Goran Rozing

i sumentora Dalibor Buljić, dipl. ing.

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.  
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

1. UVOD .....	5
1.1. Zadatak završnog rada .....	6
2. POVIJESNI RAZVOJ USISAVAČA .....	7
2.1. Materijalna struktura usisavača .....	8
3. RECIKLIRANJE ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA.....	10
3.1. Model vrednovanja recikličnosti .....	12
3.1.2. Elementarni pokazatelji za ocjenu recikličnosti proizvoda.....	13
3.1.3. Složeni pokazatelji za ocjenu recikličnosti proizvoda .....	14
4. ANALIZA I VREDNOVANJE RECIKLIČNOSTI NA PRIMJERU JEDNOG USISAVAČA PRAŠINE.....	16
4.1. Analiza rastavljanja usisavača prašine .....	17
4.2. Analiza recikličnosti usisavača prašine .....	19
4.3. Model ekonomsko-ekološke analize usisavača prašine.....	21
5. KONSTRUKCIJSKE SMJERNICE POBOLJŠANJA RECIKLIČNOSTI USISIVAČA	26
6. PROBLEMI GOMILANJA ZALIHA ODBAČENIH USISAVAČA TE NJIHOVO RJEŠAVANJE.....	28
7. ZAKLJUČAK .....	29
Literatura .....	30
Sažetak .....	31
Abstract .....	31
Životopis.....	32

# 1. UVOD

Recikliranje elektrotehničkih proizvoda je veliki problem u svijetu zato što sadrži veliku količinu opasnog otpada. Recikliranje elektrotehničkih proizvoda ima ključnu ulogu u suvremenom društvu zato što omogućuje održivo gospodarenje vrijednim resursima. Loše gospodarenje otpadom na globalnoj razini uzrokuje onečišćenje zraka, tla i vode, što smanjuje kvalitetu ljudskoj života i ekosustava. Napredak tehnologije i promjene u potrebama potrošača oblikovali su povijesni razvoj usisavača prašine, transformirajući ih od jednostavnih ručnih uređaja do modernih električnih uređaja. Povijest usisivača pomaže nam uvidjeti kako su se materijali i dizajn tih uređaja mijenjali s ciljem poboljšanja njihove funkcionalnosti i učinkovitosti. Materijali koji se koriste u izradi sastavnih dijelova usisavača su komponente poput plastike, metala, papira, polimera i gume. Bez obzira što se za njihovu izradu koriste različiti materijali, ti uređaji imaju potencijal za recikliranje i ponovnu upotrebu, smanjujući potrebu za proizvodnjom novih materijala. Neodgovorno odlaganje električnih uređaja kao i gomilanje ove vrste otpada donosi brojne izazove i posljedice koje se protežu do potencijalnog gubitka vrijednih resursa [1]. Kroz analizu ovih problema i istraživanje mogućih rješenja, možemo pronaći načine kako se nositi s izazovima gomilanja različitih električnih uređaja kao otpada te pridonijeti njihovom održivom i odgovornom gospodarenju. Analiza i vrednovanje recikličnosti usisivača prašine na primjeru konkretnog uređaja predstavljaju ključnu komponentu u razumijevanju održivosti električnih aparata i njihovog ekološkog utjecaja. Kroz ovu analizu detaljno će se uvidjeti kako se usisivači prašine sastoje od različitih materijala i komponenata te kako se ti uređaji mogu reciklirati. Također će se procijeniti ekonomski parametri recikliranja, uključujući troškove i potencijalne prihode, kako bi se bolje razumjeli ekološki i financijski utjecaji tog procesa. Konstrukcijske smjernice usisivača predstavljaju bitne elemente u procesu poboljšanja recikličnosti ovih uređaja i smanjenju njihovog ekološkog utjecaja. Kroz analizu i razmatranje ovih smjernica, možemo identificirati načine kako usisivače dizajnirati i proizvoditi s ciljem olakšavanja recikliranja i ponovne upotrebe materijala.

Drugo poglavlje prikazuje povijesni razvoj i materijalnu strukturu usisivača. Treće poglavlje naglašava važnost recikliranja i daje osnovne pojmove o recikliranju. U četvrtom ujedno i glavnom poglavlju provedena je detaljna analiza recikličnosti na primjeru usisivača prašine. U petom poglavlju istaknute su konstrukcijske smjernice poboljšanja recikličnosti, kao i njihova

primjena na analiziranom uređaju. Šesto poglavlje ukazuje na sve veće gomilanje odbačenih električnih i elektoničkih uređaja te koje su mogućnosti u rješavanju ovog problema.

### **1.1. Zadatak završnog rada**

U završnom radu potrebno je objasniti sam pojam i ulogu recikliranja elektrotehničkih proizvoda. Ukratko opisati povijesni razvoj usisivača i prikazati materijalnu strukturu usisivača. U glavnom dijelu rada potrebno je napraviti analizu i vrednovanje recikličnosti na primjeru jednog usisivača prašine. Potrebno je pojasniti konstrukcijske smjernice poboljšanja recikličnosti usisivača prašine i predložiti jedan način njihovog zbrinjavanja. Ukratko ukazati na probleme gomilanja zaliha odbačenih usisivača i kako te probleme riješiti.

## 2. POVIJESNI RAZVOJ USISAVAČA

Prvi poznati izum za uređaj koji je trebao sakupljati prašinu s podne površine podnio je u SAD-u Daniel Hess 1860. godine. Hess je osmislio usisivač koji nije bio električni, nego je koristio rotirajući ventilator s kojim bi usisao zrak i prašinu s poda. Ova rana verzija usisivača imala je mnogo nedostataka i bila je skupa za proizvodnju. Godine 1899. engleski izumitelj John S. Thurman izumio je pneumatski usisivač, koji je koristio motore koji su stvarali podtlak, a kako bi onda usisavao prašinu i nečistoće. 1901. godine britanski izumitelj Hubert Cecil Booth izumio je prvi električni usisivač. Taj uređaj koristio je vakuum za stvaranje niskog tlaka unutar usisivača kako bi se stvorila snažna usisna sila. Booth je svoj izum prvi put predstavio na londonskom sajmu iste godine te je usisivač postao popularan u britanskim domovima. Ove rane verzije usisivača bile su prostrane, bučne, smrdljive i komercijalno neuspješne. Iste godine je izumljen i prvi usisivač na vodu od strane tvrtke Wap iz Njemačke i taj tip usisivača se koristi i danas. Američki izumitelj Walter Griffiths 1905. godine izumio je električni usisivač koji je koristio rotirajući četkasti valjak za čišćenje tepiha. Godine 1907. američki izumitelj James Spangler izumio je prvi praktični električni usisivač. Spanglerov uređaj je koristio električni motor kako bi pokretao ventilator, a cijela ta mehanizacija bila je integrirana u kutiju za sapun [2]. Kako bi dodatno poboljšao funkcionalnost, dodao je vrećicu koja je služila kao efikasan skupljač prašine. 1910. godine poznata tvrtka usisivača Hoover je predstavila prvi usisivač s vrećicom za prašinu, koja je omogućila jednostavnije i čišće pražnjenje usisivača. Ista tvrtka je 1920. predstavila prvi vertikalni usisivač, koji je bio lakši i praktičniji za korištenje.

Tijekom 1930. Hoover Company predstavila je prvi pokretni usisivač, koji je bio jednostavan za guranje. Ovaj dizajn je popularan i danas.

1955. godine poduzeće Westinghouse Electric Corporation izumilo je prvi koncept robota usisivača, ali nikad nisu proizvodili gotov proizvod. Puno kasnije, 1996. tvrtka Electrolux predstavila je robota usisivača Trilobite.

1978. godine tvrtka Electrolux predstavila je inovativni usisivač s vrećicom koji je omogućio praktično i učinkovito sakupljanje peluda i prašine. Ovaj dizajn se koristi danas.

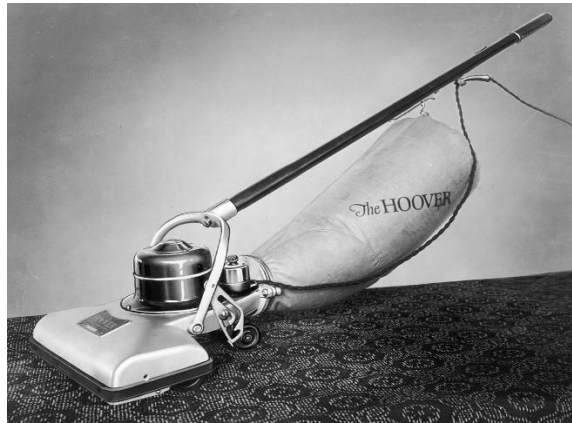
Tijekom ranijih 1980-ih tvrtka James Dyson izumila je usisivač bez vrećice koji je koristio ciklonsku tehnologiju.



2010. godine robot usisavači su se razvili od prvog robota usisivača Trilobite i sad su postali vrlo napredni i skupi. Većina modela modernih robota usisivača uvodi prepoznavanje prepreka u realnom vremenu, praćenje mapa i navigacije, točke brzog punjenja baterija, kontrolu glasom, itd. .



a)



b)

**Slika 2.1.** a) 1901. godina Boothov stroj koji čisti stanove [3] , b) primjer pokretnog Hoover usisivača [4]



a)



b)

**Slika 2.2.** a) Prikaz robot usisivača Trilobite iz 1996. [3] , b) današnji robot usisivač [5]

## 2.1. Materijalna struktura usisavača

Materijalna struktura usisivača može varirati ovisno o modelu i proizvođaču, ali uobičajeno se koriste sljedeći materijali:

- Polimerni dijelovi su dijelovi tijela usisavača koji se izrađuju od čvrstih polimernih materijala poput polipropilena, polikarbonata ili ABS polimera. To mogu biti kućište usisavača, kotači, dugme za paljenje, drška i ostali dijelovi.
- Metalni dijelovi su najčešće motor, ventilator, opruge i vijci. Motor je najvažniji dio usisavača, čiji namoti najčešće sadržavaju bakar zbog iznimne provodljivosti i visoke učinkovitosti koje ovaj materijal pruža. Ventilator koji stvara vakuum za usisavanje, može biti izrađen od lijevanog aluminijskog aluminija ili plastike.
- Gumeni dijelovi su dijelovi koji imaju različite funkcije i igraju važnu ulogu u radu usisivača, a to su npr. usisne cijevi, crijeva za zrak, gumeni prstenovi, brtve.
- Električne komponente je kategorija kojoj pripadaju kablovi, prekidači za uključivanje/isključivanje, motori, itd. Kabel za napajanje električne energije obično je omotan gumom koja se ne lomi i ne veže se.
- Dodatni materijali kao što su staklo ili keramika u filterima, poboljšavaju učinkovitost ponekih usisivača.

Uz sve te dijelove, korisnici također mogu dobiti dodatnu opremu za svoj usisivač, kao što su torbe za pohranu i krpe za prašinu. U svakom slučaju, važno je da materijali koji se koriste u usisivaču budu otporni na trošenje, lako se čiste i održavaju, te ne ispuštaju štetne tvari u zrak pri korištenju.

### 3. RECIKLIRANJE ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA

Recikliranje je postupak sakupljanja odbačenih proizvoda, razvrstavanje i njihovo pretvaranje u nove materijale za izradu novih proizvoda slične ili iste namjene. Recikliranje obuhvaća postupak ponovne upotrebe svih materijala koji se mogu iskoristiti i ne moraju biti odbačeni kao otpad [6]. Može se reći da je to oponašanje kruženja tvari u prirodi. Recikliranje dolazi od engleske riječi „*recycle*“ što u prijevodu znači ponovno kruženje. Recikliranje elektrotehničkih uređaja sve je važnija djelatnost zbog njihovog sve većeg broja koji se koriste u svakodnevnom životu, poput računala, mobitela, televizora, usisivača, kućanskih aparata i drugih. Ovi uređaji sadrže različite vrste materijala, neki od kojih mogu biti opasni za okoliš i ljudsko zdravlje. Stoga je važno reciklirati ih na odgovarajući način kako bi se smanjio negativni utjecaj na okoliš i smanjilo iskorištavanje resursa. Uloga recikliranja elektrotehničkih proizvoda je važna iz više razloga, a osobito s ekonomskog aspekta. Prvi važan razlog je to što pomaže u smanjenju količine otpada koji se odlaže na deponijama, što smanjuje zagađenje životne sredine. Drugi razlog je taj da recikliranje omogućava ponovnu upotrebu materijala koji se nalaze u električnim proizvodima, što smanjuje potrebu za novim sirovinama i smanjuje troškove proizvodnje. Te treći važni razlog je taj što imamo uštedu energije pri dobivanju materijala iz sekundarnih sirovina. Postoje tvrtke koje se bave recikliranjem elektrotehničkog otpada, a većina razvijenih zemalja ima propisanu zakonsku regulativu koja obvezuje proizvođače da prikupe i recikliraju svoje proizvode.

Recikliranje se kao tehnološki postupak može podijeliti na više aktivnosti. Postupak recikliranja elektrotehničkih uređaja uključuje:

- Prikupljanje i pohranjivanje uređaja koji se trebaju reciklirati na sigurna mjesta kako bi se spriječilo curenje štetnih tvari.
- Razvrstavanje na način da se uređaji moraju razvrstavati prema vrsti materijala koji sadrže, poput stakla, metala, plastike i drugih materijala. Ovaj korak omogućuje procesiranje svakog materijala zasebno, što olakšava recikliranje. Imamo više postupaka razvrstavanja prema: magnetskim svojstvima, gustoći, mehaničkim svojstvima, električnoj vodljivosti, boji, kemijskom sastavu, itd. Razlikujemo ručno razvrstavanje koje se sve rjeđe koristi i različiti postupci mehaničkog razvrstavanja. Ručno razvrstavanje se svodi na tri operacije: izdvajanje komadića radi pojedinačnog identificiranja, identificiranje dijelova odnosno komada i odvajanje identificiranih dijelova u odvojene spremnike.

- Rastavljanje je sustavna metoda razdvajanja proizvoda na ugradbene elemente koje čine dijelovi, sklopovi i bezoblične tvari u cilju kasnije prerade i odlaganja. Na primjer, motori se mogu ponovno koristiti, a baterije se moraju obraditi na siguran način. Rastavljanje je postupak koji iziskuje mnogo rada i skup je postupak. Imamo djelomično i cjelovito rastavljanje. Glavni razlozi rastavljanja su: obnavljanje i ponovna uporaba ispravnih dijelova i sklopova, odvajanje dijelova koji otežavaju recikliranje materijala, odvajanje dijelova koji sadrže opasne tvari, odvajanje dijelova prikladnih za recikliranje i odvajanje dijelova koji predstavljaju onečišćenje za recikliranje ostatka proizvoda. Razlikujemo još dvije vrste rastavljanja: ručno rastavljanje (veća čistoća reciklata, visoki troškovi ljudskog rada) i automatsko rastavljanje s kojim se žele otkloniti slabe strane ljudskog rada (niža cijena, pogodno kod većih količina otpada, velike investicije i zahtijeva poseban proces rastavljanja svakog proizvoda) .
- Daljnja obrada svih razdvojenih materijala kako bi se pripremili za ponovno korištenje. Obrada materijala može uključivati različite procese ovisno o vrsti materijala i finalnom proizvodu koji se želi postići.
- Ponovno korištenje se odnosi na stvaranje novih materijala ili proizvoda iz starih istrošenih materijala koji su prethodno obrađeni s nekim od procesa (drobljenje, rezanje, oblikovanje, itd. ) ovisno o vrsti materijala. Nekoliko ključnih aspekata ponovnog korištenja novih materijala nakon obrade materijala su: smanjenje otpada, štednja resursa, smanjenje energetske potrošnje, poticanje održivosti i ekonomski benefiti.

Primjeri ponovnog korištenja novih materijala nakon obrade materijala uključuju recikliranje papira kako bi se proizveo novi papir, ponovno topljenje metala kako bi se stvorile nove metalne legure ili recikliranje plastičnih boca kako bi se proizveli novi plastični proizvodi.

Recikliranje elektrotehničkih uređaja zahtijeva temeljno znanje i primjenu odgovarajuće tehnologije, uz poštivanje propisa, kako bi se osigurala ispravna obrada materijala i očuvanje okoliša. Važno je istaknuti da igraju ključnu ulogu u ovom procesu i potrošači. Njihova odgovornost leži u pravilnom odlaganju svojih starih uređaja, čime doprinose očuvanju prirodnih resursa i zaštiti okoliša. Kroz edukaciju i svjesnost, potrošači postaju aktivni sudionici u stvaranju održivijeg i ekološki prihvatljivijeg društva.



**Slika 3.1.** Simbol recikliranja [7]

### **3.1. Model vrednovanja recikličnosti**

Recikličnost proizvoda je svojstvo proizvoda koje ukazuje na njegovu sposobnost da se nakon upotrebe ili kraja životnog ciklusa mogu reciklirati ili ponovno koristiti kao sirovine za stvaranje novih proizvoda ili materijala. To znači da reciklični proizvodi imaju potencijal za povratak u proizvodni proces, smanjujući potrebu za novim resursima i smanjujući ukupni ekološki utjecaj. Recikličnost proizvoda zavisi o njegovoj strukturi, posebno sastavu materijala te vrstama spojeva i veza.

Kriterij recikličnosti uključuju:

- Vrsta materijala uključuje identifikaciju materijala koji se koriste u proizvodnji predmeta. Neke vrste materijala, poput aluminija i stakla, često su lakše za reciklirati i imaju veći potencijal za ponovnu upotrebu u usporedbi s drugim materijalima.
- Kvaliteta materijala se odnosi na čistoću i očuvanost materijala nakon upotrebe. Visoko kvalitetni materijali lakše se mogu reciklirati.
- Proizvodi s jednostavnim dizajnom često su lakši za recikliranje jer se lakše rastavljaju i odvajaju komponente.
- Mogućnost rastavljanja se odnosi na sposobnost razdvajanja različitih materijala i komponenata u proizvodu. Proizvodi koji se lako mogu rastaviti olakšavaju proces recikliranja.
- Označavanje materijala na proizvodima pomaže reciklažnim postrojenjima i korisnicima da prepoznaju materijale i odvoje ih u odgovarajuće tokove recikliranja.

- Potencijalna štetnost uzima u obzir potencijalne štetne tvari ili materijale koji se mogu osloboditi tijekom procesa recikliranja. Proizvodi koji sadrže opasne tvari mogu zahtijevati poseban tretman.
- Ekonomski faktori uključuju troškove recikliranja, cijene sekundarnih sirovina te tržište za reciklirane proizvode.
- Inovacije u tehnologiji je napredak u tehnologiji koja može poboljšati efikasnost i ekonomsku održivost procesa recikliranja.

Kako bi odredili potencijal iskoristivog proizvoda odnosno vrijednost recikličnosti moramo napraviti analizu odnosno model vrednovanja recikličnosti proizvoda [8]. Rastavljanje proizvoda na njegove pojedine dijelove je prvi korak analize. Iz njega se može uvidjeti elementarne pokazatelje za ocjenu recikličnosti odnosno koliko kojih dijelova ima, od čega su sastavljeni, te vrijeme potrebno da se taj proizvod rastavi, itd. U posljednjem dijelu analize preko elementarnih pokazatelja se izračunavaju složeni pokazatelji koji govore kolika je recikličnost proizvoda.

### **3.1.2. Elementarni pokazatelji za ocjenu recikličnosti proizvoda**

Elementarni pokazatelji su pokazatelji s obzirom na pojedinačne dijelove (elemente) proizvoda, a oni se određuju mjerenjem (npr. masu) i određivanjem vrsta materijala elemenata.

Elementarni pokazatelji proizvoda su:

- Naziv elementa služi kao jedinstveni identifikator pojedinačnog dijela ili sklopa u proizvodu. Oznaka "i" pridjeljuje svakom elementu vrijednost od 1 do n, omogućavajući jednostavno razlikovanje između različitih komponenata.
- Masa elemenata je važan pokazatelj koji indirektno ukazuje na isplativost procesa recikliranja. Masa se određuje vaganjem pojedinih dijelova ili sklopova, a koristi oznaku "m" s mjernom jedinicom kilogram (kg).
- Broj komada pokazuje koliko komada određenih dijelova prisutnih u proizvodu. Broj komada također se koristi za izračun ukupne mase dijelova i označava se kao "b".
- Vrsta materijala identificira od kojeg je materijala izrađen pojedini element. Oznaka "vm" koristi se za ovu svrhu kako bi se jasno naznačila vrsta materijala.
- Recikličnost dijela procjenjuje koliko je određeni dio ili sklop prikladan za recikliranje. Često se koristi tablica s razinama recikličnosti, pri čemu veći broj

označava veću prikladnost za recikliranje. Oznaka "r" koristi se kako bi se jasno označila recikličnost dijela

**Tablice 1.3.** Prikazuje opis kriterija recikličnosti pojedinih dijelova ili sklopova [9]

OCJENA	OPIS KRITERIJA
0	Dio ili sklop koji sadrži opasne tvari te zahtijeva posebno postupanje
1	Materijal s nepoznatom tehnologijom reciklaže
2	Organski materijal koji se može koristiti kao izvor energije, ali se ne može reciklirati
3	Materijal koji zahtijeva dodatnu obradu i razvoj postojećih procesa da bi ga tehnološki bilo moguće reciklirati
4	Materijal koji se može reciklirati, ali mu oprema nije dostupna
5	Materijal koji je recikličan i primjenjuje uspješno postupak recikliranja

**Tablica 2.3.** Prikazuje primjere pojedinih dijelova ili sklopova s obzirom na ocjenu recikličnosti [9]

OCJENA	OPIS KRITERIJA
0	Tiskane pločice, katodne cijevi, baterije, živin prekidač, kondenzatori, negoriva plastika, selen, LCD, itd.
1	Kompoziti, viskeri, duroplasti, nerazvrstani usitnjeni otpad
2	Polimeri nepoznate vrste i materijali na bazi celuloze
3	Elektromotori, pomješani željezo i bakar, mješavina polimera
4	Pomješani metal i plastika, pomješani željezo i keramika, kabeli i izolirani vodiči
5	Bakar, željezo, aluminiji i slitine, polimeri poznate vrste

### 3.1.3. Složeni pokazatelji za ocjenu recikličnosti proizvoda

Složeni pokazatelji su pokazatelji s obzirom na cijeli proizvod ili grupu elemenata (dijelova) te ih određujemo izračunom preko elementarnih pokazatelja. Najviše pokazuju koliko je proizvod recikličan s obzirom na analizirane podatke.

Složeni pokazatelji su:

- Broj elemenata je pokazatelj koji predstavlja ukupan broj elemenata prisutnih u nekom proizvodu. Ova vrijednost ima važnu ulogu jer se teži smanjenju broja elemenata u

proizvodu radi pojednostavljivanja procesa rastavljanja i recikliranja. Za ovaj pokazatelj koristi se oznaka "B" i formula glasi :

$$B = \sum_{i=1}^n b_i \quad (3-1)$$

- Ukupna masa proizvoda predstavlja masu cijelog proizvoda i dobiva se vaganjem ili zbrajanjem masa pojedinačnih elemenata. Oznaka "M" koristi se za ovaj parametar, a formula za izračun je:

$$M = \sum_{i=1}^n (b_i \cdot m_i) \quad (3-2)$$

- Vrijeme rastavljanja odnosi se na vrijeme potrebno za rastavljanje proizvoda. Sastoji se od vremena rastavljanja spojeva ( $V_{kl}$ ), vremena odlaganja i odvajanja dijelova ( $V_i$ ) te pripremnog i završnog vremena ( $V_{pz}$ ) [10]. Oznaka "VR" koristi se za ovaj parametar, a formula za izračun:

$$VR = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{k=1}^g \sum_{l=1}^h V_{kl} + V_{pz} \quad (3-3)$$

- Broj vrsta materijala/komponenti po proizvodu predstavlja broj različitih vrsta materijala ili komponenata prisutnih u odbačenom proizvodu. Manji broj različitih materijala obično rezultira nižim troškovima recikliranja. Ovaj pokazatelj ima oznaku "Bvm".
- Recikličnost proizvoda je ključni pokazatelj sposobnosti materijalne iskoristivosti odbačenog proizvoda. Za ovaj parametar koristi se oznaka "R", a vrijednosti recikličnosti treba uzimati kao potencijal za preradu proizvoda. Ovaj bezdimenzionalni pokazatelj dobiva se formulom:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}} \quad (3-4)$$

**Tablica 3.3.** Prikazuje potencijal preradivosti proizvoda s obzirom na vrijednost recikličnosti [10]

R	Potencijal preradivosti proizvoda
0, 75-1	Poželjne vrijednosti
0, 50-0, 74	Rekonstrukcije proizvoda ili selektivno rastavljanje
<0, 50	Down - cycling prerada

Iz vrijednosti prikazanih u tablici 3 se vidi da li je uređaj poželjan za recikliranje ili ga je potrebno rekonstruirati odnosno selektivno rastaviti. Ako je stupanj recikličnosti proizvoda ispod iznosa 0, 50 tada proizvod ide u down-cycling preradu što znači uporabu materijala u druge namjene niže vrijednosti u odnosu na prvobitnu vrijednost.



## 4. ANALIZA I VREDNOVANJE RECIKLIČNOSTI NA PRIMJERU JEDNOG USISIVAČA PRAŠINE

U ovom poglavlju pristupa se detaljnoj analizi jednog usisivača prašine kroz nekoliko koraka koji uključuju identifikaciju proizvodnih podataka kao što su proizvođač, godina proizvodnje te ukupna masa uređaja. Nakon toga, analiza se nastavlja postupkom koji obuhvaća rastavljanje uređaja, identifikaciju materijala i mjerenje mase pojedinih komponenata. Slijedi izračun ukupnih troškova i prihoda od recikliranja, te na temelju tih podataka donosi se zaključak o ekonomskoj dobiti koja proizlazi iz recikliranja ovog usisivača prašine. Cilj ovog poglavlja je da se vidi kolika je recikličnost ovog usisivača i da li je on prikladan za recikliranje.

Analiziran je usisivač prašine Quadro snage 1400 W koji je proizveden 2017. godine i mase je 3450 grama. Uzrok dotrajalosti je bio kvar elektromotora.



**Slika 4.1.** Usisivač prašine Quadro

Na slici je prikazan usisivač prije rastavljanja, a koji se koristi za analizu i vrednovanje recikličnosti.

#### 4.1. Analiza rastavljanja usisivača prašine

Rastavljanje je prvi dio postupka analize recikličnosti, a ujedno i jedan od bitnijih. Rastavljanje je postupak kojim se nekakav proizvod npr. usisavač razdvaja na pojedinačne dijelove i sklopove. Mjerilo se vrijeme svake operacije rastavljanja pojedinačnih dijelova te se zbrojilo i dobilo ukupno vrijeme rastavljanja.

Za rastavljanje se koristio sljedeći alat i oprema:

- Kombinirana kliješta
- Dva odvijača (križasti i ravni)
- Vaga

Prilikom rastavljanja proizvoda, većina dijelova se uspješno odvajala i bez ikakvih poteškoća. Međutim, nastao je i problem u rastavljanju koji je uspješno riješen, iako je to zahtijevalo nešto više vremena. Za rastavljanje usisavača utrošeno je vrijeme od 854 sekunde (malo više od 14 minuta).



**Slika 4.2.** Dijelovi usisavača i oprema za rastavljanje usisavača

Na slici se može vidjeti kako izgledaju pojedini dijelovi usisavača nakon rastavljanja.

**Tablica 4.1.** Prikaz analize rastavljanja usisavača

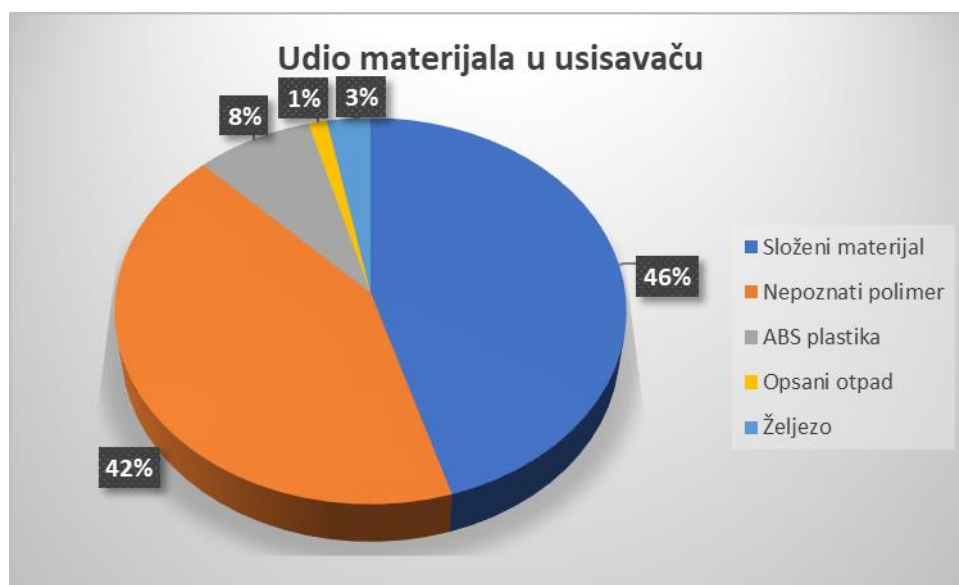
	Naziv proizvoda: Usisivač Quadro			Datum: 25. 03. 2023	
Redni broj	Naziv operacije	Vrijeme odvajanja	Kumulativno vrijeme	Alat	OPASKA
		sek	sek		
i		$t_i$			
1	Odvajanje i rastavljanje cijevi usisivača	10	10	Odvijač	
2	Vađenje vrećice usisivača	2	12	Ručno	
3	Skidanje filtera	2	14	Ručno	
4	Skidanje držača cijevi	34	48	Odvijač	
5	Skidanje poklopca vrećice	14	62	Odvijač	
6	Skidanje poklopca motora i kabela	480	542	Odvijač i ručno	Skriveni vijci, otežano rastavljanje
7	Skidanja pojačivača usisne moći	5	547	Odvijač	
8	Skidanje kotača usisivača	12	559	Odvijač	
9	Skidanje tipki usisivača	25	584	Odvijač	
10	Skidanje kolature s kabelom	55	639	Odvijač i ručno	
11	Otpajanje električnih priključaka kabela s motora	10	649	Ručno	
12	Skidanje zaštitne plastike motora	35	684	Odvijač i kombinirana kliješta	
13	Vađenje motora iz kućišta	15	699	Ručno	
14	Odvajanje povratne opruge kabela	40	739	Ručno i odvijač	
15	Odvajanje kabela od kolature kabela	85	824	Odvijač, ručno i kombinirana kliješta	
16	Skidanje upravljačke pločice sa zaštitne maske elektromotora	30	854	Odvijač i ručno	

Iz tablice analize rastavljanja usisivača može se uvidjeti koje su operacije provedene tijekom procesa rastavljanja, koliko je vremena bilo potrebno za svaku od njih i ukupno vrijeme rastavljanja. Također, jasno se vidi s kojim alatima su te operacije izvođene i kakvi su se problemi pojavili tijekom određenih operacija, posebno u slučaju „skrivenih“ vijaka. Ta poteškoća je rezultirala produženjem vremena potrebnog za rastavljanje, što je smanjilo ekonomsku dobit zbog viših troškova rastavljanja tog proizvoda.

Ako bi se isti uređaj ponovno rastavljao, vjerojatno bi trebalo manje vremena jer bi bila poznata mjesta i tehnike rastavljanja. Smanjenjem vremena rastavljanja povećala bi se konačna dobit od recikliranja ovog uređaja.

## 4.2. Analiza recikličnosti usisivača prašine

Nakon provedene analize rastavljalivosti, slijedi analiza recikličnosti pojedinih dijelova i cijelog proizvoda. Kod analize recikličnosti mjeri se masa pojedinih elemenata uz pomoć vage, te se zbrojem masa dobiva ukupna masa uređaja. Određuje se vrsta materijala pojedinih dijelova, broj komada pojedinog dijela proizvoda i stupanj recikličnosti pojedinog elementa. Zatim se provodi izračun ukupne recikličnosti proizvoda koristeći prikupljene podatke o pojedinim komponentama uređaja.



Slika 4.3. Udio materijala u usisavaču prašine

Na slici je prikazan udio pojedinih materijala u analiziranom usisivaču. Usisivač sadrži najmanje opasnog otpada što je dobro, bilo bi još bolje da ga niti nema zato što on ima ocjenu recikličnosti vrijednosti 0 i jako snižava recikličnost cijelog proizvoda. Imamo dosta

nepoznatog polimera što isto nije dobro zato što ima relativno nisku ocjenu stupnja recikličnosti koja iznosi 2. Puno bolje bi bilo kada bi bio poznati polimer koji ima ocjenu recikličnosti 5. Najviše imamo složenog materijala zbog elektromotora koji ima najveću masu kao pojedini dio usisavača te sadrži u sebi različite materijale pa je složen. Prilikom konstrukcije usisivača bi se trebala obratiti pozornost kako bi recikličnost bila veća odnosno da se smanji udio nepoznatih polimera i složenog materijala.

**Tablica 4.2.** Prikaz analize recikličnosti pojedinih dijelova usisavača

Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata	Recikličnost elementa (8x9)
				g/kom	kom	0...5	grama	
i			vm	$m_i$	$b_i$	$r_i$	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$
1	Elektromotor	SK	Složeni materijal	1065,0	1	3	1065,0	3195,0
2	Opruge	PE	Željezo	2,0	5	5	10,0	50,0
3	Kabel s utikačem	SK	Složeni materijal	288,0	1	4	288,0	1152,0
4	Zaštitna plastika elektromotora	PE	Nepoznati polimer	120,0	1	2	120,0	240,0
5	Vijci	SE	Željezo	1,3	26	5	33,8	169,0
6	Vrećica usisivača	PE	Nepoznati polimer	25,0	2	2	50,0	100,0
7	Kotači usisivača	PE	Složeni materijal	190,2	1	3	190,2	570,6
8	Kolotura od kabela	SE	Nepoznati polimer	158,0	1	2	158,0	316,0
9	Tiskana pločica	SK	Opasni otpad	31,0	1	0	31,0	0,0
10	Povratna opruga kabela	PE	Željezo	60,0	1	5	60,0	300,0
11	Pojačivač usisne snage min-max	SK	Opasni otpad	13,0	1	0	13,0	0,0
12	Poklopac vrećice usisivača	SE	Nepoznati polimer	187,0	1	2	187,0	374,0
13	Kućište usisivača	SK	Nepoznati polimer	534,0	1	2	543,0	1068,0
14	Tipke usisivača	PE	Nepoznati polimer	14,0	2	2	28,0	56,0
15	Poklopac motora i kabela	SE	Nepoznati polimer	282,0	1	2	282,0	564,0
16	Filteri usisivača	PE	Složeni materijal	10,0	2	4	20,0	80,0
17	Držač cijevi u usisivaču	SE	ABS polimer 237F	40,0	1	5	40,0	200,0

18	Nastavak cijevi usisivača	PE	Nepoznati polimer	100,0	1	2	100,0	200,0
19	Cijev usisivača	PE	ABS polimer + polipropilen	240,0	1	3	240,0	720,0
20	<b>Ukupno</b>				<b>51</b>		<b>3459,0</b>	<b>9354,6</b>

Iz tablice se može vidjeti koje elemente sadrži usisivač, njihovu vrstu (pojedinačni, spojni ili složena komponenta), kolika je njihova masa, njihov stupanj recikličnosti i ukupna recikličnost elemenata. Iz prikazanih podataka u tablici se izračunava ukupna recikličnost usisivača prema izrazu:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot b_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}} = \frac{9354,6}{17250} = 0,54$$

Izračunata recikličnost usisivača prašine  $R=0,54$  što govori da proizvod je prikladnije selektivno rastaviti da bi imao veći stupanj recikličnosti.

### 4. 3. Model ekonomsko-ekološke analize usisivača prašine

Model ekonomsko ekološke analize je model uz pomoć kojeg se izračunava kolika će biti apsolutna i relativna dobit (gubitak). Da bi se neki dotrajali uređaj ili proizvod reciklirao, on za to mora imati ekološko, ali i ekonomsko opravdanje. To znači da se od recikliranja nekog proizvoda može očekivati određena dobit. Dobit se izračunava na osnovu ukupnih troškova i prihoda od recikliranja uređaja. Troškovi, prihodi i dobit se iskazuje u novčanim jedinicama (eurima).

**Tablica 4.3.** Prikaz troškova rastavljanja usisivača prašine

Naziv zahvata	Trajanje, s
Odvajanje i rastavljanje cijevi usisivača	10
Vađenje vrećice usisivača	2
Skidanje filtera	2
Skidanje držača cijevi	34
Skidanje poklopca vrećice	14
Skidanje poklopca motora i kabela	480
Skidanje pojačivača usisne snage	5
Skidanje kotača usisivača	12
Skidanje tipki usisivača	25
Skidanje koloture s kabelom	55
Otpajanje električnih priključaka kabela s motora	10
Skidanje zaštitne plastike motora	35
Vađenje motora iz kućišta usisivača	15
Odvajanje povratne opruge kabela	40
Odvajanje kabela od koloture kabela	85
Skidanje upravljačke pločice sa zaštitne maske elektromotora	30
Ukupno vrijeme, $t_r$ , h	0,237
Cijena rastavljanja, $c_r$ , €/h	10,00
<b>Ukupni troškovi rastavljanja, <math>T_{ra}</math>, €</b>	<b>2,37</b>

Iz tablice može se vidjeti kako su troškovi rastavljanja najviši, a oni ovise o cijeni rastavljanja (u ovom slučaju 10 eura) i ukupnom vremenu rastavljanja. Brzina rastavljanja ima značajan utjecaj na ukupne troškove rastavljanja, pa bi se troškovi mogli smanjiti kada bi rastavljanje bilo brže.

**Tablica 4.4.** Prikaz troškova recikliranja materijala usisivača prašine

naziv i-te komponente	masa, kg	$(c_r)_i$ , €/kg	$(T_r)_i$ , €
Nepoznati polimer	1,459	0,65	0,9484
Željezo	0,104	0,00	0,0002
ABS polimer	0,280	0,90	0,2520
Ukupna masa, $m_r$ , kg	1,843		
<b>Ukupni troškovi recikliranja, <math>T_r</math>, €</b>			<b>1,2006</b>

Troškovi recikliranja obuhvaćaju zbrinjavanje i preradu pojedinih materijala na određenoj lokaciji.

**Tablica 4.5.** Prikaz troškova odlaganja materijala usisivača prašine

naziv i-te komponente	masa, kg	$(c_d)_j$ , €/kg	$(T_d)_j$ , €
Opasni otpad	0,044	0,40	0,0176
Ukupna masa, $m_d$ , kg	0,044		
<b>Ukupni troškovi odlaganja, <math>T_d</math>, €</b>			<b>0,0176</b>

S druge strane, troškovi odlaganja uključuju troškove povezane sa skladištenjem i postupnom preradom opasnog otpada na sigurnom mjestu koje ne utječe na okolinu.

**Tablica 4.6.** Prikaz troškova usitnjavanja usisivača prašine

naziv i-te komponente	masa, kg	$c_u$ , €/kg	$T_u$ , €
Složeni materijal	1,563	0,50	0,7815
<b>Ukupni troškovi usitnjavanja, <math>T_u</math>, €</b>			<b>0,7815</b>

Usitnjavanje složenih materijala, koji sadrže više vrsta materijala, generira troškove. Ovaj proces uključuje korištenje određenih uređaja i materijala te razvrstavanje materijala na pojedinačne komponente.



Važno je napomenuti da troškovi recikliranja, odlaganja i usitnjavanja ovise o ukupnoj masi materijala koji se obrađuje i cijeni svakog od tih postupaka. Optimalno upravljanje ovim troškovima može značajno utjecati na održivost i ekonomske aspekte procesa recikliranja.

Ukupni troškovi se dobivaju sumom svih troškova prema izrazu [10]:

$$T_{uk} = T_{ra} + T_r + T_o + T_u \quad (4-1)$$

$T_{ra}$  - troškovi rastavljanja

$T_r$  - troškovi recikliranja

$T_o$  - troškovi odlaganja

$T_u$  - troškovi usitnjavanja

Za ovaj slučaj ukupni troškovi iznose:

$$T_{uk} = T_{ra} + T_r + T_o + T_u = 2,37 + 1,2006 + 0,0176 + 0,7815 = 4,3697 \approx 4,37 \text{ eura}$$

Ukupni troškovi za recikliranje ovog usisavača prašine iznose 4,37 eura.

Također je potrebno izračunati i ukupne prihode da bi se vidjelo je li prisutna dobit ili gubitak od recikliranja ovog usisavača. Prihodi su novčani iznos koji dobijemo nakon recikliranja.

**Tablica 4.7.** Prihodi i dobit od recikliranja usisivača

Vrsta reciklata	Masa reciklata, kg	Cijena reciklata, C, €	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, P <sub>E</sub> , €/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
Nepoznati polimer	1,459	0,20	0,29	0,020	0,03	1,7	0,80	1,98	2,31
Željezo	0,104	0,20	0,02	0,250	0,03	4,5	0,80	0,37	0,42
ABS polimer	0,280	0,90	0,25	0,020	0,01	1,8	0,80	0,40	0,66
<b>UKUPNO</b>	<b>1,843</b>							<b>UKUPNO</b>	<b>3,39</b>

U tablici su prikazani pojedini i ukupni prihodi analiziranih reciklata te ukupni prihod.

Ukupni prihod od recikliranja izračunavaju se prema izrazu [10]:

$$P = P_r + P_{\Delta e} + P_E \quad (4-2)$$

$P_r$  – prihod od prodaje reciklata

$P_{\Delta e}$  – prihod od uštede energije

$P_E$  – prihod od smanjenja emisija

Ukupni prihod od recikliranja u ovom slučaju iznose:

$$P = P_r + P_{\Delta e} + P_E = 0,57 + 0,07 + 2,75 = 3,39 \text{ eura}$$

Na osnovu izračunatih ukupnih troškova i prihoda može se odrediti apsolutna i relativna dobit.

Apsolutna dobit se računa prema izrazu:

$$D_A = (P_r + P_{\Delta e} + P_E) - (T_{ra} + T_r + T_o + T_u) \quad (4-3)$$

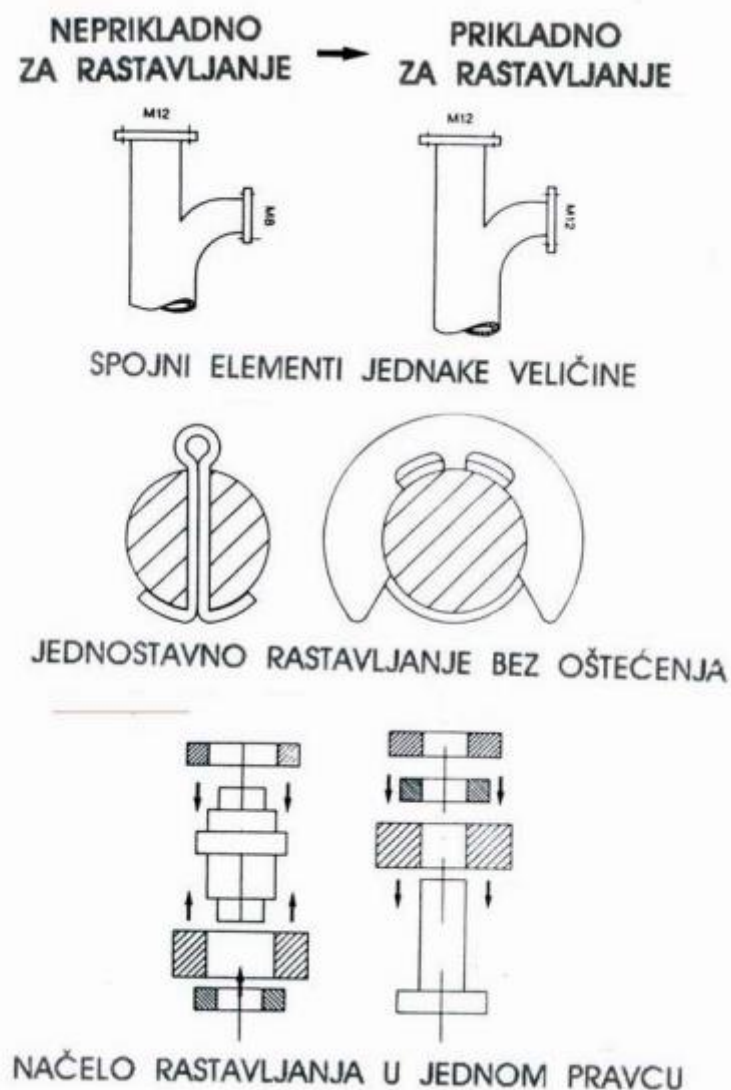
S obzirom na primjer iz rada ona iznosi:

$$D_A = P - T = 3,39 - 4,37 = -0,98 \text{ eura}$$

Dobili smo negativnu apsolutnu dobit što znači da iz recikliranja ovog usisivača prašine ovakvim načinom ćemo biti u gubitku. Negativna je zbog toga što su troškovi veći od prihoda.

## 5. KONSTRUKCIJSKE SMJERNICE POBOLJŠANJA RECIKLIČNOSTI USISIVAČA

Prilikom izrade uređaja s ciljem postizanja što boljih tehničkih svojstava i ekonomske isplativosti, konstruktor bi trebao slijediti konstrukcijske smjernice. One igraju ključnu ulogu u olakšavanju procesa recikliranja, smanjenju otpada i promicanju očuvanja resursa. Odabir recikliranih materijala, korištenje visokih udjela recyklata, smanjenje raznolikosti materijala u proizvodu, označavanje dijelova, upotreba kompatibilnih materijala te osiguranje lakoće rastavljanja proizvoda, sve su to smjernice koje zajedno doprinose postizanju veće recikličnosti. Nekoliko primjera konstrukcijskih smjernica rastavljivosti prikazano je na slici 6.1. . Učinkovitost navedenih smjernica se ostvaruje ako se primjenjuju zajedno, umjesto da se svaka koristi pojedinačno.



Slika 6.1. Prikaz konstrukcijskih rješenja koja olakšavaju rastavljanje [11]

Konstruktivske smjernice za poboljšanje recikličnosti usisavača prašine predstavljaju ključnu ulogu u stvaranju održivijih električnih uređaja. Ove smjernice obuhvaćaju specifične pristupe u dizajnu, proizvodnji i sastavljanju usisavača kako bi se olakšalo njihovo kasnije rastavljanje, recikliranje i ponovna upotreba materijala. Kroz provedenu analizu recikličnosti, uočeno je nekoliko ključnih pozicija na koje se mogu primjeniti konstruktivske smjernice recikličnosti. Važnost označavanja materijala postaje očita jer su u uređaju identificirani nepoznati polimeri. Jedan od ključnih koraka prema poboljšanju recikličnosti ovog usisavača je jasno označavanje svih materijala koji se koriste u njegovoj izradi radi olakšanja njihova razdvajanja i recikliranja. Konstrukcija ovog usisavača uključuje složene materijale koji kombiniraju više različitih vrsta materijala. Razmatranje načina kako smanjiti upotrebu takvih složenih materijala tijekom njegove proizvodnje može pojednostaviti proces recikliranja ovog konkretnog uređaja.

Elektromotor, kao komponenta s najvećom masom, trenutno ima nisku ocjenu stupnja recikličnosti. Razmatranje jednostavnije konstrukcije motora koji bi se lakše rastavljali moglo bi značajno doprinijeti povećanju recikličnosti ovog usisivača. Optimizacija pristupa vijcima, koji su ključni za proces rastavljanja ovog usisavača, može se ostvariti putem redizajna kako bi postali bolje uočljivi i lakše dostupni. Ovaj korak bi značajno ubrzao proces rastavljanja i pridonio smanjenju ukupnih troškova recikliranja ovog uređaja. Automatizacija kao npr. primjenom robotskog rastavljanja ovog usisivača može se značajno povećati učinkovitost i smanjiti troškove rastavljanja, u usporedbi s ručnim rastavljanjem. Ovakvi sustavi također mogu biti precizniji i čišći.

## 6. PROBLEMI GOMILANJA ZALIHA ODBAČENIH USISIVAČA TE NJIHOVO RJEŠAVANJE

Gomilanje zaliha odbačenih električnih uređaja pa tako i usisivača koji mogu biti dosta velike mase, predstavlja ozbiljan ekološki izazov. Ovi uređaji često završavaju na odlagalištima otpada, što može dovesti do negativnih posljedica za okoliš i ljudsko zdravlje [12]. Jedan od ključnih problema je zagađenje okoliša koje proizlazi iz prisutnosti opasnih kemikalija i materijala u odbačenim usisivačima. Teški metali, elektronički otpad i drugi toksični spojevi mogu zagađivati tlo, vodu i zrak, čime se ugrožava ekološka ravnoteža i zdravlje ljudi.

Gomilanje odbačenih usisivača na odlagalištima stvara značajnu potrebu za prostorom, koji je često ograničen resurs. Ovaj problem dovodi do smanjenja dostupnih površina za druge važne svrhe kao što su poljoprivreda, urbani razvoj ili zaštita prirode. Svaki odbačeni usisivač predstavlja gubitak vrijednih resursa. Unutar tih uređaja nalaze se sirovine poput metala, plastike i stakla koje se mogu reciklirati i ponovno iskoristiti. Nedostatak efikasnog recikliranja dovodi do neopravdanog gubitka ovih resursa. Osim što ima ozbiljne ekološke posljedice, gomilanje odbačenih usisivača stvara i značajne financijske gubitke. To uključuje troškove održavanja i upravljanja odlagalištima, te dodatne troškove koji proizlaze iz rješavanja ekoloških i zdravstvenih problema uzrokovanih nepravilnim odlaganjem.

Rješavanje problema gomilanja odbačenih usisivača zahtijeva sveobuhvatan pristup i suradnju različitih sudionika. Na nekoliko načina se može riješiti ovakav problem, a to su:

- Promicanje recikliranja usisivača i razvoj reciklažne infrastukture
- Produžavanje vijeka trajanja usisivača što bi trebao napraviti proizvođač pri konstruiranju usisivača
- Odgovorno odlaganje usisivača na predviđena mjesta za njih i pravilno ih zbrinuti
- Olakšavanje rastavljanja i recikliranja usisivača, a to mogu napraviti proizvođači tako da označavaju vrstu materijala i upotrebu standardiziranih dijelova
- Postavljanje strožih propisa o odlaganju i recikliranju što može učiniti samo zakonodavac
- Doniranje ili prodaja usisivača koji su još uvijek funkcionalni

## 7. ZAKLJUČAK

Usisivači prašine su korisni uređaji u kućanstvima, ali nakon prestanka uporabe postaju otpad koji treba reciklirati. Noviji modeli, posebice robotski usisivači, imaju složeniju strukturu s mnogo dijelova i elektronike, što otežava recikliranje.

Provedenom analizom rastavljanja, određivanjem stupnja recikličnosti i modelom ekonomsko-ekološke analize utvrdila se recikličnost te dobit od usisivača koji je analiziran. Ovaj usisivač ima nizak stupanj recikličnosti, a da bi se on eventualno povećao, jedno od mogućih rješenja je njegovo selektivno rastavljanje. Rezultat niskog stupnja recikličnosti u ekonomskoj analizi pokazao je negativnu dobit od recikliranja usisivača. Razlog tome je značajno veći troškovi u odnosu na prihod. Apsolutna dobit je negativna zbog većih troškova u odnosu na prihode. Najveći troškovi nastaju prilikom rastavljanja, a oni se mogu smanjiti većom brzinom rastavljanja tako da se izbjegne postavljanje „sakrivenih“ vijaka i da umjesto ručnog rastavljanja se eventualno primjeni rastavljanje električnim alatima. Recikličnost usisivača se može poboljšati u fazi njegove konstrukcije: smanjenjem broja dijelova, označavanjem vrste materijala pojedinih dijelova, stavljanjem bolje izvedbe elektromotora sa manjom masom, smanjenjem udjela opasnog otpada i složenog materijala.

Gomilanje odbačenih električnih uređaja predstavlja ozbiljan ekološki izazov s negativnim posljedicama za okoliš i ljudsko zdravlje. Rješenje ovog problema zahtijeva suradnju svih koji se susreću s različitim električnim uređajima i opremom, uključujući proizvođače, potrošače i regulatorna tijela. Uz primjenu nekoliko ključnih strategija, se može riješiti ovakav problem, a to su: promicanje recikliranja, produženje vijeka trajanja uređaja, odgovorno odlaganje, olakšavanje rastavljanja i strože regulacije.

## Literatura

- [1] [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/c9d3bbb7-0fb8-45a8-ba91-4175fca0fc8a/html/536\\_ee\\_otpad.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/c9d3bbb7-0fb8-45a8-ba91-4175fca0fc8a/html/536_ee_otpad.html) (16. 07.2023. )
- [2] <https://hr.eferrit.com/izum-i-povijest-usisavaca/> (19. 07. 2023.)
- [3] <https://www.consumer.org.nz/articles/a-brief-history-of-the-vacuum-cleaner> (19. 07. 2023)
- [4] <https://www.thoughtco.com/james-spangler-hoover-vacuum-cleaners-4072150> (22. 07. 2023.)
- [5] <https://bigbuy.ba/mi-robot-usisivac-mop-2-pro-proizvod-2682/> (22. 07. 2023. )
- [6] <https://www.scribd.com/document/19771587/Recikliranje-elektrotehni%C4%8Dkog-otpada> (24. 07. 2023. )
- [7] <http://os-mirkovci.skole.hr/recikliranje> (24. 07. 2023. )
- [8] W. Koellner, W. Fichtler, «Recycling von Elektro- und Elektronik-schrott», Berlin, Springer-Verlag, 1996.
- [9] Pintarić A: Prilog razvoju metoda vrednovanja recikličnosti materijala i proizvoda, Doktorska disertacija, FESB, Zagreb, 2001.
- [10] Kljajin M., Opalić M., Pintarić A., Recikliranje električnih i elektroničkih proizvoda, Sveučilišni udžbenik, Slavonski Brod, Zagreb, Osijek, 2006.
- [11] [http://titan.fsb.hr/~tfiletin/pdf/rec\\_proiz\\_zg94.pdf](http://titan.fsb.hr/~tfiletin/pdf/rec_proiz_zg94.pdf) (02. 08. 2023.)
- [12] <https://eeotpad.wordpress.com/> (03. 08. 2023.)

## **Sažetak**

U ovom završnom radu napravljen je pregled povijesti i razvoja usisavača prašine, istaknuta je važnost recikliranja tih uređaja nakon prestanka uporabe te analizirana recikličnost na primjeru jednog usisavača. Kroz analizu rastavljanja, određivanje stupnja recikličnosti i ekonomsko-ekološku analizu utvrđeno da je recikličnost usisavača niska, te da je potrebno razmotriti selektivno rastavljanje ili rekonstrukciju kako bi se ona poboljšala. Također je utvrđeno da usisavač nije ekonomski isplativ za recikliranje, budući da su troškovi rastavljanja veći od prihoda. Predložene su konstrukcijske smjernice za poboljšanje recikličnosti. Prepoznati su problemi prilikom gomilanja odbačenih usisavača. Takvi problemi se mogu riješiti promicanjem recikliranja, produženjem vijeka trajanja usisavača, odgovorno odlaganje, olakšavanje rastavljanja i stroža regulacije odlaganja.

## **Abstract**

### **Analysis and Evaluation of Vacuum Cleaner Recyclability**

In this final paper, an overview of the history and development of vacuum cleaners has been provided, emphasizing the importance of recycling these devices after their use has ceased. The recyclability of a vacuum cleaner was analyzed using a specific example. Through the analysis of disassembly, determination of recyclability levels, and economic-environmental analysis, it was determined that the recyclability of vacuum cleaners is low, and it is necessary to consider selective disassembly or reconstruction to improve it. It was also found that recycling vacuum cleaners is not economically viable, as the disassembly costs exceed the revenue. Design guidelines were proposed to enhance recyclability. Problems related to the accumulation of discarded vacuum cleaners were recognized. Such issues can be addressed through the promotion of recycling, extending the lifespan of vacuum cleaners, responsible disposal, facilitating disassembly, and stricter disposal regulations.



## **Životopis**

Antonio Miličić, rođen 11. rujna 2001. godine u Vinkovcima. Živi u Bošnjacima gdje je i pohađao osnovnu školu fra Bernardina Tome Leakovića. Sa uspješnim završetkom se upisuje u srednju tehničku školu u Županji. Išao je na stručnu praksu u firmu Same Deutz-Fahr Žetelice d. o. o. . Nakon završene srednje škole upisao je Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Pohađao je stručnu praksu u Energana Županja d. o. o. .