Vrednovanje recikličnosti na primjeru prijenosnog računala

Knajz, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:165164

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

VREDNOVANJE RECIKLIČNOSTI NA PRIMJERU PRIJENOSNOG RAČUNALA

Završni rad

Dominik Knajz

Osijek, 2020.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

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

Osijek, 13.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Dominik Knajz
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A4244, 16.09.2019.
OIB studenta:	84375315250
Mentor:	Doc. dr. sc. Goran Rozing
Sumentor:	Dr. sc. Krešimir Miklošević
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Tomislav Rudec
Član Povjerenstva 1:	Doc. dr. sc. Goran Rozing
Član Povjerenstva 2:	Dr.sc. Venco Ćorluka
Naslov završnog rada:	Vrednovanje recikličnosti na primjeru prijenosnog računala
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	Na primjeru dva modela dotrajala prijenosna računala primijeniti model vrednovanja recikličnosti. Ukazati na konstrukcijske smjernice poboljšanja recikličnosti. Preporučiti postupke zbrinjavanja ove vrste proizvoda.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Dobar (3)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 1 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	13.09.2020.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

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

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 25.09.2020.

Ime i prezime studenta:	Dominik Knajz
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A4244, 16.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	11

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Vrednovanje recikličnosti na primjeru prijenosnog računala**

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

i sumentora Dr. sc. Krešimir Miklošević

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....1
1.1. Zadatak završnog rada....1
2. VAŽNOST RECIKLIRANJA I RECIKLIČNOSTI PROIZVODA....2
2.1. Pregled dostupnih literaturnih izvora o recikličnosti prijenosnih računala....2
2.2. Osnovni pojmovi....2
2.3. Operacije recikliranja....3
2.3.1. Rastavljanje dotrajalih proizvoda....4
2.3.2. Usitnjavanje otpada....5
2.3.3. Razvrstavanje otpada....7
2.4. Vrednovanje recikličnosti proizvoda....11
2.5. Zakonska regulativa u Hrvatskoj vezana za električni i elektronički otpad....14
3. USPOREDBA RECIKLIČNOSTI PRIJENOSNIH RAČUNALA....15
3.1. Postupak mjerenja....15
3.2. Analiza recikličnosti prijenosnog računala Acer N15W4....16
3.3. Analiza recikličnosti prijenosnog računala HP T60M283.00....22
3.4. Usporedba provedene analize prijenosnih računala....29
4. PREPORUKE ZBRINJAVANJA PRIJENOSNIH RAČUNALA....31
5. ZAKLJUČAK....33
LITERATURA....34
SAŽETAK....36
ŽIVOTOPIS....37

1.UVOD

Negativna strana tehnološkog napretka, povećanja broja stanovnika na Zemlji i načina današnjeg života je svakodnevno stvaranje velikih količina otpada. Loše gospodarenje otpadom na globalnoj razini uzrokuje onečišćenje zraka, tla i vode, što uveliko smanjuje kvalitetu ljudskoj života i ekosustava.

Tehnologija postaje sve više integrirana u čovjekov život. Poluvodiči i senzori ugrađuju se u uređaje koji ih prije nisu imali, više elektroničkih komponenti znači veća vjerojatnost da će se proizvod pokvariti tako životni vijek uređaja postaje sve kraći. Lakše i jeftinije je kupiti novi uređaj nego popraviti stari. Mooreov zakon, Gordona Moora suvlasnika tvrtke Intel, ukazuje da se svake dvije godine broj tranzistora u integriranom krugu udvostručuje što kao posljedicu ima pozitivnu stranu brzog napretka tehnologije, a kao negativnu brzo zastarijevanje računala koji se većinom ispravni odbacuju jer ne mogu držati korak s vremenom [1]. To su sve čimbenici koji utječu na gomilanje elektroničkog otpada. Elektrotehnički i elektronički otpad posebno je problematičan zbog svojega sastava i sadržaja opasnih tvari. Sadrži i vrijedne elemente kao što su zlato, srebro, bakar, litij i druge vrijedne metale s kojima smo količinski ograničeni. Veliki teret je na proizvođačima tj. konstruktorima koji trebaju dizajnirati svoje proizvode koji će ujedno obavljati svoj posao i imati mogućnost lakog popravka i lakog rastavljanja sa što manjim udjelom štetnih materijala.

Jedan od ciljeva donesenih na međunarodnoj konferenciji UN-a o okolišu 1992. je koncept održivog razvoja (e. *sustainable development*) koji glasi : "Razvitak koji zadovoljava potrebe sadašnjice bez ugrožavanja mogućnosti budućih naraštaja da zadovolje vlastite potrebe" [2]. Veliku ulogu u održivom razvoju ima recikliranje jer dopušta razvitak sadašnjice bez ugrožavanja budućih generacija da zadovolje svoje potrebe.

U drugom poglavlju navedene su važnosti recikliranja i recikličnosti proizvoda. Treće poglavlje sastoji se od analiza recikličnosti dva prijenosna računala i njihova usporedba, dok se u četvrtom poglavlju opisuje mogući postupak zbrinjavanja prijenosnih računala. Peto poglavlje sadrži zaključak.

1.1. Zadatak završnog rada

U ovome završnom radu potrebno je na primjeru dva dotrajala prijenosna računala proizvođača Acer i HP primijeniti model vrednovanja recikličnosti. Ukazati na konstrukcijske smjernice poboljšanja recikličnosti. Preporučiti postupke zbrinjavanja ove vrste proizvoda.

2. VAŽNOST RECIKLIRANJA I RECIKLIČNOSTI PROIZVODA

Svi proizvodi imaju vijek trajanja te nakon što prestanu obavljati funkciju za koji su predviđeni, potrebno ih je adekvatno zbrinuti. Uzroci zbog kojih se proizvodi odbacuju su dotrajalost, tehnološko i tržišno zastarijevanje i oštećenja.

2.1. Pregled dostupnih literaturnih izvora o recikličnosti prijenosnih računala

Električni i elektronički otpad je najbrže rastući otpad na planeti s godišnjom stopom rasta od tri do četiri posto. Procjenjuje se da će proizvodnja elektroničkog otpada doseći 52,2 milijuna tona godišnje do 2021. te se od toga reciklira samo 15 posto [3].

Proizvodnja informacijske i komunikacijske tehnologije poput prijenosnih računala temelji se na energetski i resursno intenzivnim proizvodnim procesima, kao i na širem spektru metalnih resursa koje se mogu smatrati oskudnima. Utjecaji na okoliš korištenja rabljenih prijenosnih računala manji su od 39 do 50 od utjecaja novih prijenosnih računala [4,5].

Rezultat studija ekološke održivosti potrošačke elektronike putem odabira materijala za kućišta prijenosnih računala je da uporaba aluminija ne bi bila bolja opcija od upotrebe plastike. Ako potrošačka elektronika želi postati ekološki održiva potrebna je primjena "zelene kemije" (npr. plastika na biološkoj bazi PLA-DOPO) i inženjerskih principa dizajna za usporivače gorenja koji su netoksični, pružaju minimalan utjecaj na proizvodnju i podržavaju recikliranje [6].

2.2. Osnovni pojmovi

Recikliranje je ponovna uporaba odbačenih materijala iz otpada. Postoji još od davnina no pojam "moderno recikliranje" kakvo se danas poznaje javlja se 1970-ih godina kada globalno počinje jačati ekološka osviještenost i zabrinutost zbog gomilanja otpada te iscrpljivanja resursa.

Recikličnost (e. *Recyclability*) je obilježje proizvoda koje ukazuje na njegovu prikladnost da se može iz otpada preusmjeriti i vratiti na ponovnu uporabu kao funkcionalan ispravni dio ili sirovina za izradu novog proizvoda [7].

Postoje tri vrste recikliranja: *Downcycling*, *Recycling*, *Upcycling*.

Downcycling je najniži oblik povrata materijala u kojem se materijali koriste u druge namjene niže vrijednosti od prvobitne. Primjer: auto-dijelovi, čelik iz automobila upotrebljava se kao armatura u građevini.

Suprotan proces je *upcycling* koji predstavlja ponovnu uporabu bez smanjenja kvalitete i sastava materijala za drugu namjenu. Primjer: kućište računala pretvoreno u poštanski sandučić, uporaba popravljenog uređaja itd.

Recikliranje se može promatrati kroz životne faze proizvoda koji se dijele na:

- Recikliranje prije uporabe
- Recikliranje tijekom uporabe
- Recikliranje nakon uporabe

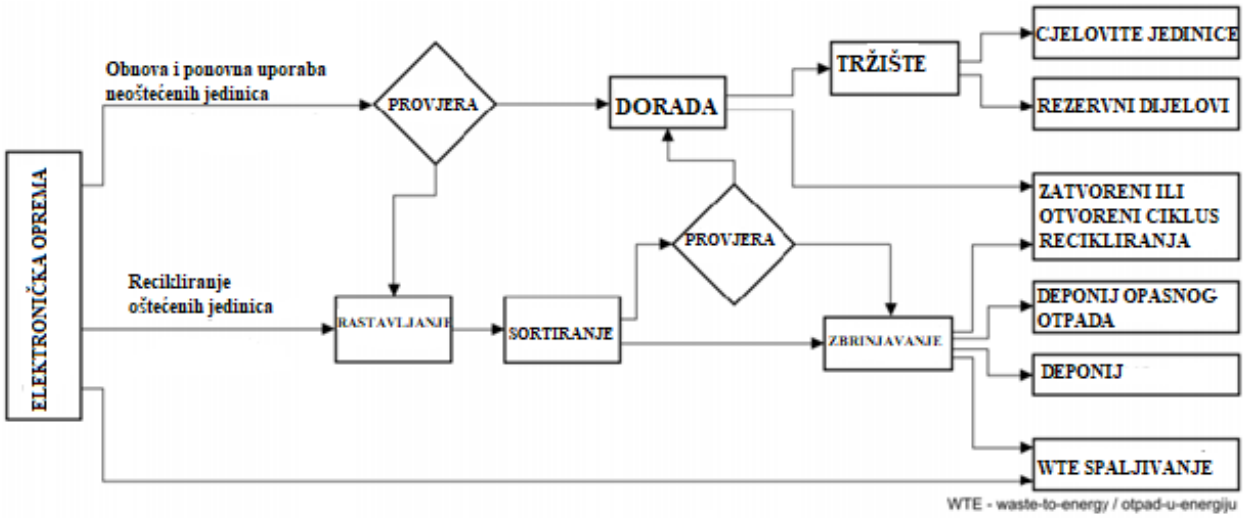
Recikliranje prije uporabe odnosi se na otpad koji nastaje tijekom proizvodnje te se vraća nazad u proizvodni proces. Primjer: piljevina, strugotina, aluminijska limenka s greškom. Recikliranje tijekom uporabe predstavlja otpad koji je nastao održavanjem proizvoda. Primjer: zamijenjeni dotrajali dijelovi tijekom servisiranja. Recikliranje nakon uporabe odnosi se na uklanjanje dotrajalog proizvoda. U ovoj životnoj fazi nastaje najveća količina otpada. Primjer je sav "potrošački otpad".

2.3. Operacije recikliranja

Recikliranje elektroničkog otpada može biti izazovno jer su elektronički uređaji vrlo složeni i kompliciranI. Operacije recikliranja dijele se na:

- Prikupljane otpada
- Rastavljanje
- Razvrstavanje
- Skladištenje
- Transport
- Prerada za dobivanje materijala

Slika 2.1. prikazuje dijagram tijeka mogućih načina zbrinjavanja. Preferirane mogućnosti su ponovna uporaba, recikliranje i prerada.

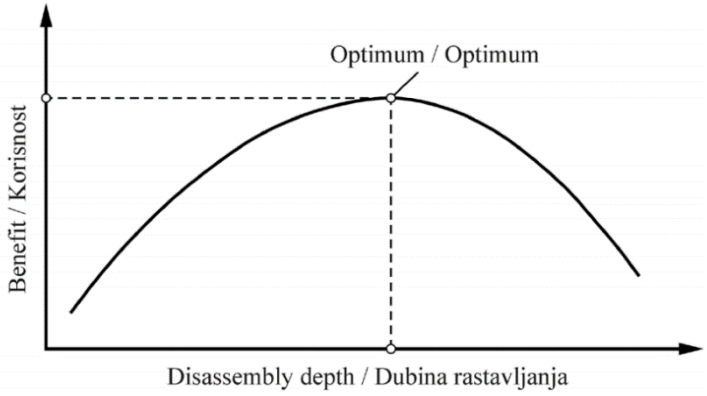


Slika 2.1. Mogući načini zbrinjavanja dotrajale elektroničke opreme [8]

Ponovna uporaba uz doradu uključuje daljnju upotrebu proizvoda. Prerada ili ponovna proizvodnja koristi se za uređaje koje nisu u funkciji, a njihovo osposobljavanje za uporabu bi bilo isplativije nego raditi sve novo. Recikliranje omogućuje ponovnu uporabu odbačenih materijala iz dotrajalih proizvoda koji će se ponovo iskoristiti za proizvodnju novih. Postoji mogućnost spaljivanja otpada u spalionicama za dobivanje energije i odlaganje na deponije.

2.3.1. Rastavljanje dotrajalih proizvoda

Rastavljanje je proces odvajanja dijelova proizvoda i najvažniji je dio recikliranja jer je skup. Može se podijeli na ručno i mehaničko. Ručno rastavljanje je skuplje od mehaničkog, ali veća je čistoća reciklata. Mehaničko rastavljanje pogodno je kod velikih količina otpada. Razina do koje se otpad reciklira može se definirati na osnovu optimalne dubine rastavljanja koja za najmanje utrošenu energiju daje najveću korist.



Slika 2.2. Optimalna dubina rastavljanja [8]

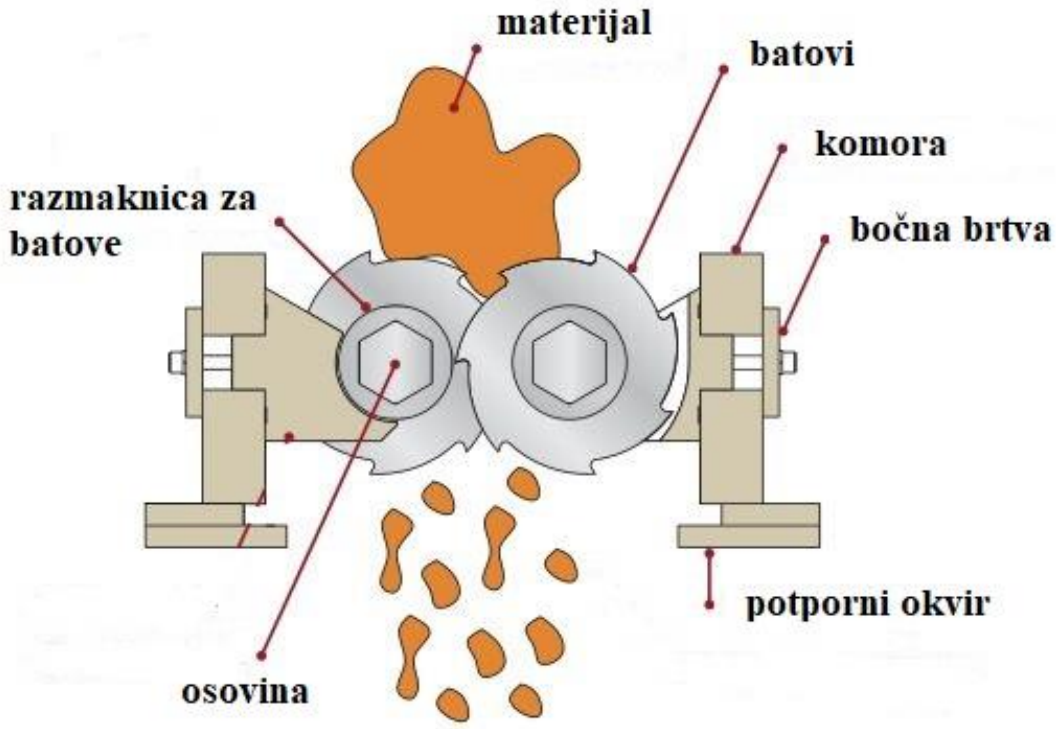
2.3.2. Usitnjavanje otpada

Prije usitnjavanja otpad se rastavlja kako bi se:

- uklonili dijelovi koji sadrže štetne tvari
- ponovo uporabili ispravni dijelovi
- odvojili vrijedni materijali
- odvojili dijelovi koji bi naštetili ostatku otpada

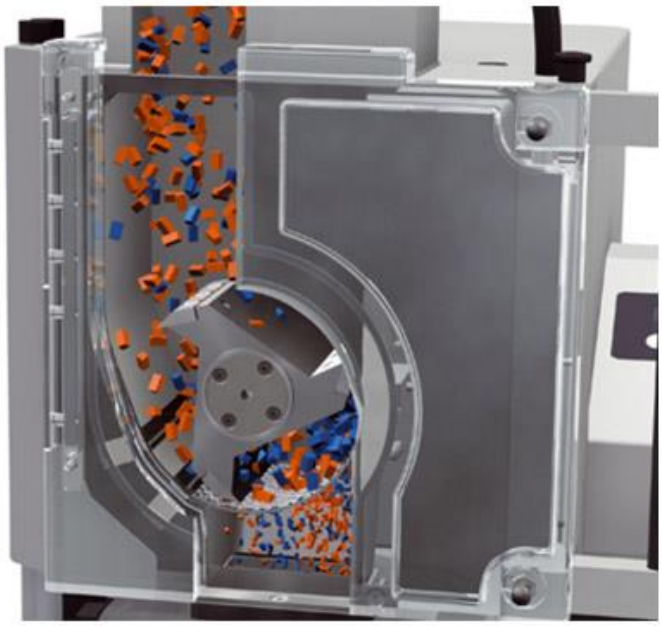
Usitnjavanje je proces kod kojeg se kidaju vezivne sile unutar strukture materijala djelovanjem sile ili topline. Uređaji za mehaničko usitnjavanje otpada [7]:

- *Shredder* – usitnjivač, materijal usitnjava udaranjem batova koji su napravljeni od posebne vrste čelika. Robustan uređaj koji većinom koristi mali broj okretaja i što veći okretni moment kako bi bio što učinkovitiji.



Slika 2.3. *Shredder* [9]

- *Cuttingmill* – materijal usitnjava primjenom diskova na osovini koji se okreću u suprotnom smjeru. Prikladan je kod elastičnih materijala.



Slika 2.4. *Cuttingmill* [10]

- *Cryogrinder* – pomoću tekućeg dušika ili tekućeg ugljikovog dioksida materijal se duboko hladi što povećava lomljivost. Materijal se prvo ohladi prije nego što uđe u drobilicu.

Slika 2.5. *Cryogrinder* [11]

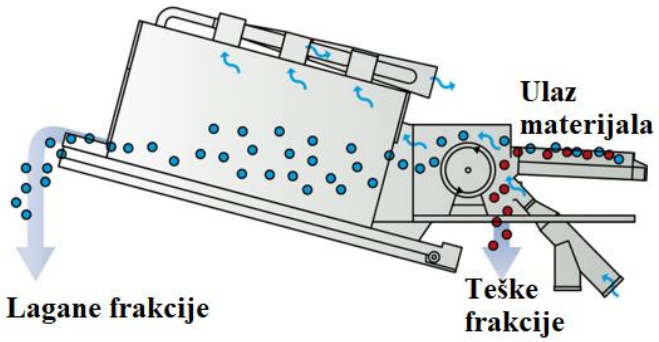
- *Riddle* – razdvaja i razvrstava čestice prema veličini primjenom sustava rešetki.

2.3.3. Razvrstavanje otpada

Kao u slučaju s rastavljanjem postoji ručno i mehaničko razvrstavanje otpada. Ručno razvrstavanje otpada je skuplje i primjenjuje se gdje je potrebna veća čistoća reciklata. Mehaničko (automatsko) razvrstavanje otpada u praksi je sve češće.

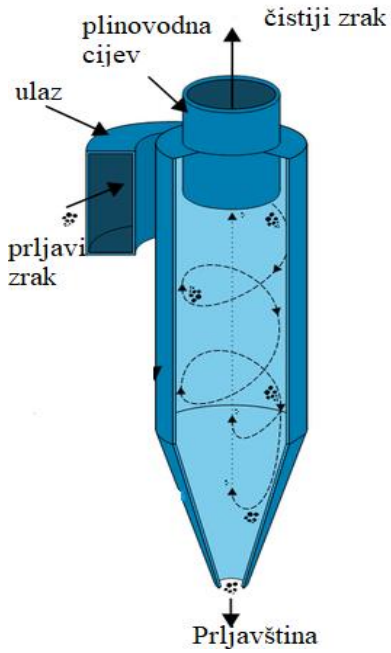
Važniji postupci mehaničkog razvrstavanja [7]:

- Propuhivanje – pomoću zračnih struja odvaja lagane materijale od teških. Teški elementi propadnu, a lagani elementi odlaze u smjeru zračnih struja.



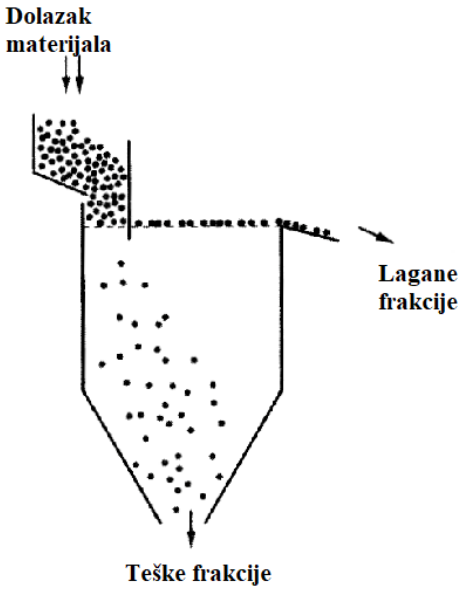
Slika 2.6. Postupak propuhivanja [12]

- Zračni vrtlog – uz pomoć centrifugalnih sila odvajaju se krute čestice otpada različitih dimenzija čestica ili različite gustoće. U ciklonskom separatoru neprekidno se dovode sitne čestice u struji zraka u komoru u kojoj se stvara spinalni vrtlog.



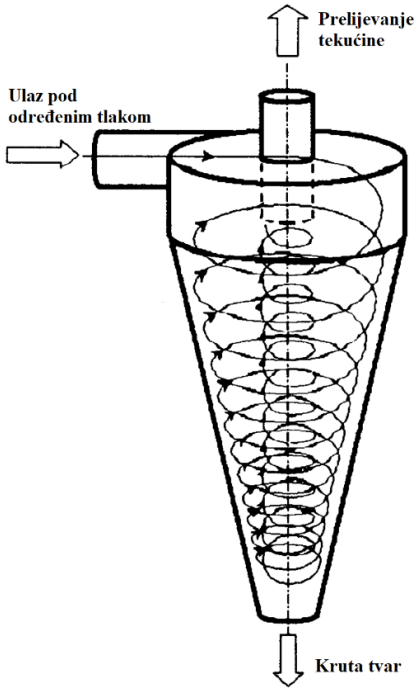
Slika 2.7. Zračni vrtlog [13]

- Plivajuće-toneći postupak – Krute čestice odvajaju se ovisno o njihovoj gustoći, lakše čestice plivaju na površinu, krute potonu na dno.



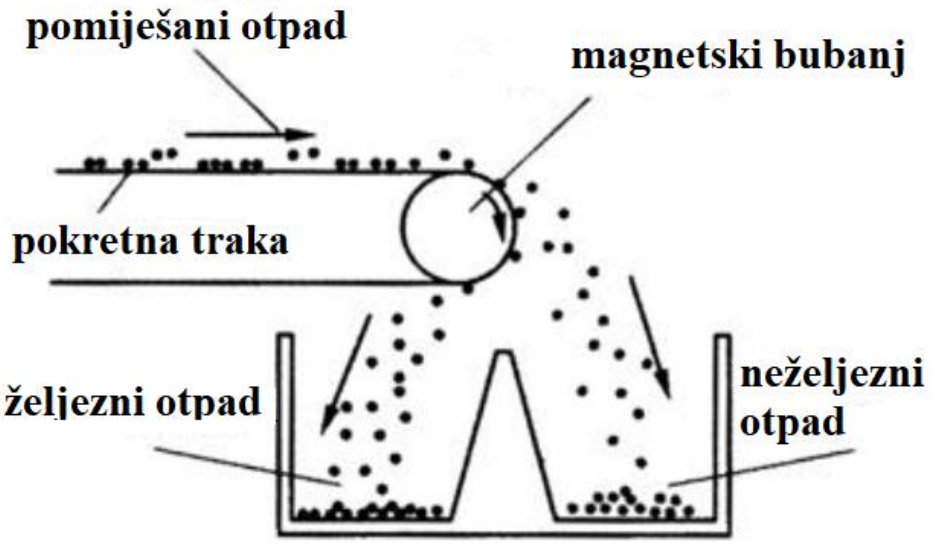
Slika 2.8. Plivajuće-toneći postupak [14]

- Vodeni vrtlog – zbog razlike u obliku i veličini čestica otpada, uređaj centrifugalno odvaja čestice iz tekućina. Tlak fluida stvara centrifugalnu silu koja odvaja krute čestice i do oko 5 mikrometara.



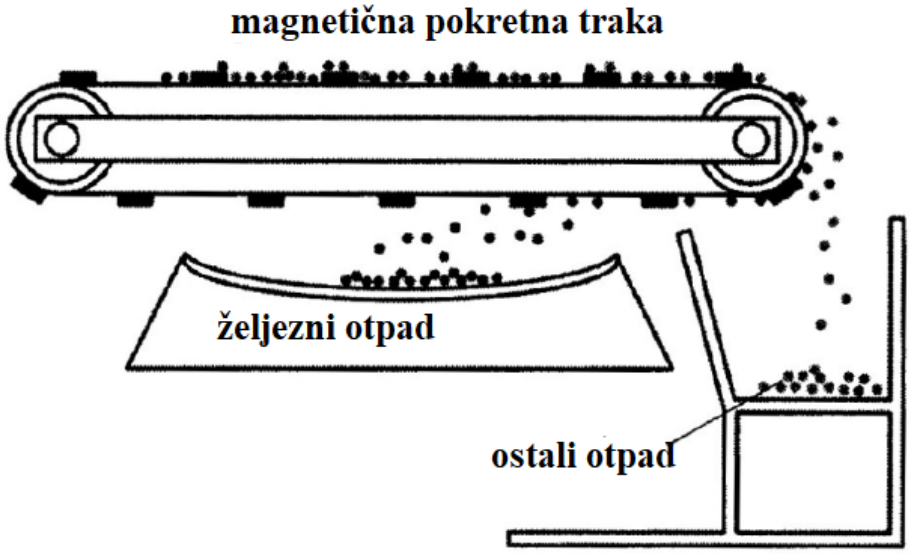
Slika 2.9. Vodeni vrtlog [15]

- Fero-magnetski postupak – feromagnetski materijal zadržava se na traci pomoću bubnja s jakim magnetskim poljem, a nemagnetični elementi padaju s trake.



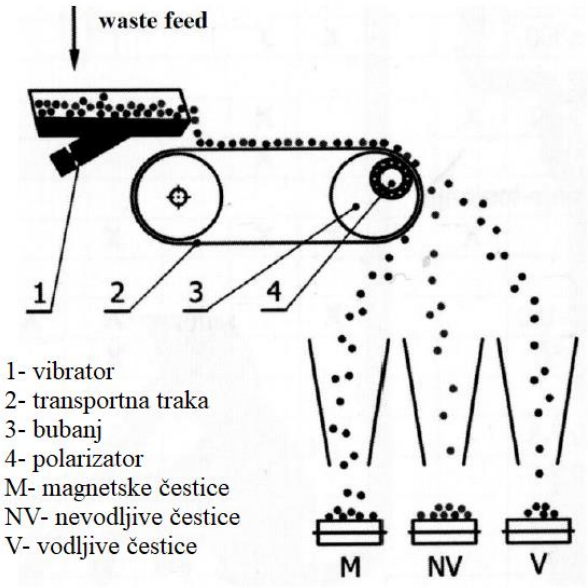
Slika 2.10. Fero-magnetski postupak [7]

- Odvajanje jakim magnetskim poljima – postupak se koristi za odvajanje paramagnetskih od nemagnetičnih materijala prolaskom otpada kroz magnetsko polje.



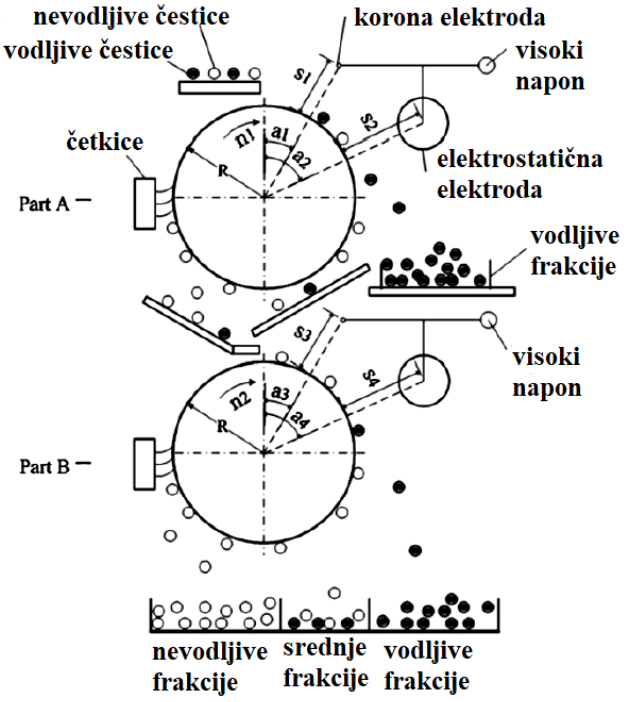
Slika 2.11. Odvajanje jakim magnetskim poljima [7]

- Vrtložnim strujama – prolaskom vodljivog materijala kroz promjenjivo magnetsko polje, induciraju se vrtložne struje koje stvaraju svoje magnetsko polje suprotno induciranom te tako dolazi do odbojnih sila.



Slika 2.12. Razvrstavanje vrtložnim strujama [7]

- Elektrostatički postupak – elektrostatskim nabijanjem usitnjenog otpada i prolaskom između različito nabijenih ploča, nevodljivi materijal privući će na ploču, a vodljivi materijal zbog istog naboja kao i ploča odbiti će se.



Slika 2.13. Elektrostatički postupak [16]

2.4. Vrednovanje recikličnosti proizvoda

Metodom recikličnosti proizvoda moguće je iskazati prikladnost dotrajalih proizvoda recikliranju. Elementarni pokazatelji relevantni za ocjenu recikličnosti dobivaju se zapažanjem, mjerenjem i procjenom te se sastoje od: naziva elementa, mase elementa, broja komada, vrste materijala, vremena rastavljanja, recikličnosti dijela.

1. Naziv elementa, i=1...n

Pokazatelj ima ulogu identifikatora pojedinog dijela prijenosnog računala. Oznaka „i“ ima vrijednosti od 1 do n.

2. Masa elementa, m_i

Pokazatelj koji upućuje na isplativost recikliranja i određuje se vaganjem pojedinih dijelova prijenosnog računala.

3. Broj komada, b_i

Predstavlja broj ponavljanja pojedinih dijelova u proizvodu. (npr. u prijenosnom računalu pojavljuje se 3 potpuno ista vijka, u tom slučaju $b_i=3$)

4. Vrsta materijala, $(vm)_i$

Prilikom vaganja određuje se vrsta materijala pojedinog elementa. Prilikom recikliranja materijali se razvrstavaju s obzirom na dostupne postupke prerade. Dijelovi se najčešće razvrstavaju na:

- Bakar i slitine
- Željezne slitine
- Aluminij i slitine
- Ostale neželjene slitine
- Keramika
- Staklo
- Polimeri, pomiješani
- Polimeri, nerazvrstani
- Složeni materijali
- Ostali materijali

5. Vrijeme rastavljanja, v_i, v_{kl}

Vrijeme rastavljanja je pokazatelj vremena proteklog pri operaciji rastavljanja. Upućuje na isplativost recikliranja.

6. Recikličnost dijela, r_i

Varijabla s kojom se za pojedine dijelove ili teško rastavljive sklopove procjenjuje recikličnost. Pri procjenu koristi se tablica 2.1. za ocjenu recikličnosti.

Tablica 2.1. Ocjena recikličnosti materijala [17]

Ocjena	Opis mjerila i primjeri
0	dio ili sklop koji sadrži opasne tvari (kondenzatori, baterije, živa, itd.)
1	materijal s nepoznatom tehnologijom recikliranja (duromeri, viskeri, kompoziti)
2	organski materijal, ne može se reciklirati (polimer nepoznate vrste)
3	materijal je moguće reciklirati, ali zahtjeva dodatnu obradu (elektromotori)
4	materijal se može reciklirati, ali oprema nije dostupna (kablovi, vodiči, metal + polimer)
5	materijal je recikličan, postupak recikliranja poznat (aluminij, bakar, legure itd.)

Složeni pokazatelji recikličnosti proizvoda računaju se pomoću ranije navedenih elementarnih pokazatelja. Sastoje se od: broja elemenata, ukupne mase proizvoda, broj vrsta materijala po proizvodu, ukupnog vremena rastavljanja proizvoda i recikličnosti proizvoda.

1. Broj elemenata, B

Predstavlja ukupan broj svih elemenata u proizvodu. Povoljno je da broj elemenata bude što manji.

$$B = \sum_{i=1}^{n} b_i \tag{2-1}$$

2. Ukupna masa proizvoda, M

Predstavlja ukupan zbroj masa svih elemenata proizvoda prema formuli:

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

3. Broj vrsta materijala po proizvodu, B_{vm}

Pokazatelj raznovrsnosti materijala u nekom proizvodu. Zbog nižih troškova i veće čistoće reciklata poželjno je da se proizvod sastoji od što manjeg broja različitih vrsta materijala.

4. Ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda, VR

Određuje se zbrajanjem svih operacija rastavljanja prema formuli:

$$VR = \sum_{i=1}^{n} v_i + \sum_{k=1}^{g} \sum_{l=1}^{h} v_{kl} \tag{2-3}$$

5. Recikličnost proizvoda, R

Bezdimenzionalni je pokazatelj mogućnosti materijalne iskoristivosti dotrajalog proizvoda čiji se iznos kreće od 0 do 1. Računa se prema formuli:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}} \tag{2-4}$$

R recikličnost proizvoda

b_i broj ponavljanja i-tog dijela, kg

m_i masa i-tog dijela

r_i ocjena recikličnosti i-tog dijela

r_{max} maksimalna ocjena recikličnosti , iznosi 5

M ukupna masa proizvoda, kg

Nakon uvrštavanja brojeva u formulu dobiju se vrijednosti koje su potencijal preradivosti proizvoda te se mogu svrstati u jednu od tri kategorije:

- 0,75 do 1 -povoljan ishod
- 0,5 do 0,75 - potrebno selektivno rastavljanje ili rekonstrukcija proizvoda
- manje od 0,5 – prerada down-cycling

2.5. Zakonska regulativa u Hrvatskoj vezana za električni i elektronički otpad

U Republici Hrvatskoj Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva 2014. godine donosi službeni Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 42/2014). Razlog nastanka Pravilnika je prikupljanje električkog i elektroničkog otpada te njegovo zbrinjavanje. Navedene su obaveze prema proizvođačima koji su dužni osigurati da se proizvod sastoji od što manje štetnih i opasnih tvari, da se uporabljuju reciklirani materijali te da dotrajao proizvod ne šteti ljudima i okolišu. Na temelju koncesije sakupljači i obrađivači stječu prava na sakupljanje i obradu električnog i elektroničkog otpada koji ga moraju preuzeti unutar 30 dana od poziva bez naplate [18, 19].

Ovlašteni sakupljači električnog i elektroničkog otpada:

- Tvrtka Flora VTC d.o.o. na području cijele Republike Hrvatske
- Tvrtka CE-ZA-R d.o.o. za Grad Zagreb, Zagrebačku županiju i Krapinsko-zagorsku županiju.
- Tvrtka METIS d.d. za Primorsko-goransku županiju, Istarsku županiju i Ličko-senjsku županiju.

Ovlašteni obrađivači električnog i elektroničkog otpada:

- Tvrtka CE-ZA-R d.o.o.
- Tvrtka SPECTRA MEDIA d.o.o.

Cilj odvojenog sakupljanja od 2019. godine je postizanje stope od 65% dobivene kada se ukupna masa električnog i elektroničkog otpada sakupljenog iz kućanstva u godini podijeli sa prosječnom masom električne i elektroničke opreme stavljene na tržište u prethodne tri godine.

3. USPOREDBA RECIKLIČNOSTI PRIJENOSNIH RAČUNALA

Metoda vrednovanja recikličnosti provodi se kako bi se utvrdio potencijal preradivosti proizvoda u reciklat. Pomoću metode vrednovanja recikličnosti pronalazi se način na koji će se recikliranje provesti te utjecaj na daljnji napredak u konstruiranju i proizvodnji uređaja.

3.1. Postupak mjerenja

Za provedbu analize vrednovanja recikličnosti odabrana su dva prijenosna računala različitih karakteristika što ovisi o godini proizvodnje, a rezultira različitim konstrukcijskim izvedbama i primijenjenim materijalima. Prije početka rastavljanja uređaji su fotografirani i popisane su tehničke karakteristike odabranih računala:

- naziv proizvoda
- masa
- proizvođač
- uzrok dotrajavanja
- godina proizvodnje
- datum obrade

Kako bi analiza bila što točnija i uspješno provedena, korišteni su različiti alati i mjerna oprema:

- ručni alat (ravni odvijač, križni odvijač, zvjezdasti odvijač, kliješta)
- mjerni pribor : elektronska vaga - mjernog opsega 0-5000 g, točnost očitanja 0,1 g)
- mobitel (štoperica, fotoaparat)
- radni stol

Zbog složenosti analiziranja recikličnosti prijenosnih računala, a u cilju što učinkovitije provedbe iste, sudjelovale su dvije osobe. Jedna osoba je rastavljala, snimala fotoaparatom, diktirala podatke za unaprijed priređene tablice i mjerila masu pojedinih dijelova, a pomoćnik je zapisivao podatke u tablice i mjerio vrijeme. Nakon što su uređaji rastavljeni fotografirani su u dijelovima. Na osnovu izmjerenih vremena odvajanja računa se kumulativno vrijeme odvajanje, vrsta elemenata (PE-pomoćni element, SK- sklop, SE- sastavni element), unosi se stupanj recikličnosti za pojedini element, masa elemenata i recikličnost elemenata. Na kraju se računa recikličnost proizvoda R.

3.2. Analiza recikličnosti prijenosnog računala Acer N15W4

Prijenosno računalo Acer N15W4 je kompaktni multifunkcionalan elektronički uređaj za kućnu ili uredsku uporabu, proizvođača Acer, mase 1973,8 grama. Proizvedeno je 2016. godine, stanje je vrlo loše jer su vidljiva fizička oštećenja te se uređaj ne može koristiti. Analiza rastavljanja i recikličnosti provedena je 27.06.2020. godine. Analizirano prijenosno računalo prikazano je na slici 3.1.

Slika 3.1. Prijenosno računalo Acer N15W4 prije rastavljanja

U tablici 3.1. prikazani su podaci provedene analize rastavljanja koja se sastoji od pojedinih operacija rastavljanja, vremena rastavljanja i alata koji je korišten pri svakoj operaciji uz opasku gdje je to potrebno.

Tablica 3.1. Analiza rastavljanja prijenosnog računala Acer N15W4

Naziv proizvoda: Acer N15W4		**VRIJEME RASTAVLJANJA**		Datum: 27.6.2020.	
Red. broj	Naziv operacije	Vrijeme odvajanja	Kumulativno vrijeme odvajanja	Alat	OPASKA
		sek	sek		
1	Odvrtanje vijaka donjeg kućišta i skidanje poklopca	119	119	Odvijač	Dugo trajanje
2	Odvajanje priključka tipkovnice	2	121	Ručno	
3	Odvajanje konektora i kabela pričvršćenih na matičnu ploču	18	139	Ručno	
4	Izvlačenje plastike koja je umjesto DVD drivea	2	141	Ručno	
5	Odvrtanje vijka i skidanje baterije	3	144	Odvijač	
6	Odlijepljivanje stiropova	2	146	Ručno	
7	Skidanje zvučnika	6	152	Ručno	
8	Odvrtanje vijka i skidanje tvrdog diska	8	160	Ručno	
9	Odvrtanje vijaka i skidanje matične ploče	18	178	Odvijač	
10	Odvrtanje vijaka i skidanje ventilatora sa matične ploče	19	197	Odvijač	
11	Odvajanje cmos baterije sa matične ploče	2	199	Ručno	
12	Skidanje RAM memorije	3	202	Ručno	
13	Odvrtanje vijaka i odvajanje ventilatora sa bakrenog hladnjaka	23	225	Odvijač	
14	Skidanje USB porta sa kućišta	2	227	Ručno	
15	Skidanje internet kartice	2	229	Ručno	
16	Odvrtanje vijaka ekrana	15	244	Odvijač	
17	Skidanje 3.5mm audio ulaza	1	245	Ručno	
18	Odvrtanje matica koje drže gornje i donje kućište zajedno	50	295	Kliješta	Teško za pristupiti
19	Skidanje podloški matica i plastičnog okvira oko ekrana	22	317	Ručno	

20	Odvrtanje vijaka i skidanje prednjeg metalnog okvira ekrana	51	368	Odvijač	
21	Skidanje web kamere	7	375	Ručno	
22	Skidanje stražnjeg metalnog okvira ekrana	5	380	Ručno	
23	Skidanje bijelog papira ekrana	1	381	Ručno	
24	Skidanje prozirnih folija ekrana	2	383	Ručno	
25	Odvajanje kabela od tiskane ploče ekrana	2	385	Ručno	
26	Odvrtanje vijaka tiskane pločice ekrana	13	398	Odvijač	
27	Skidanje plastike sa okvira ekrana	2	400	Ručno	
28	Skidanje prednje plastične ploče ekrana	10	410	Ručno	
29	Skidanje trake touchpada	2	412	Ručno	
30	Odvajanje touchpada od metalnog okvira	10	422	Ručno	
31	Odvajanje okvira tipkovnice	45	467	Odvijač	Problematično
32	Odvajanje metalnog okvira tipkovnice	7	475	Ručno	
33	Odvajanje kabela od webkamere	3	477	Kliješta	
34	Odvajanje kabela zvučnika i baterije	5	482	Kliješta	
35	Odvrtanje vijaka tvrdog diska	72	554	Odvijač	
36	Skidanje gornjeg metalnog poklopca	4	558	Ručno	
37	Odvrtanje vijaka tiskane pločice	58	616	Odvijač	
38	Skidanje tiskane pločice i čitača diska	13	629	Ručno	

Iz tablice 3.1. može se vidjeti da je uređaj rastavljen u 629 sekundi (nešto više od 10,48 minuta) u 38 operacija. Najviše vremena potrošeno je na odvrtanje vijaka i matica do koje treba doći za odvajanje donjeg i gornjeg kućišta. Osim teškog pristupa maticama bio je prisutan još jedan problem kod odvajanja okvira od tipkovnice za kojeg je bilo potrebna kombinacija odvijača i sile. Ostalo je lako rastavljivo ručno. Elementi prijenosnog računala Acer N15W4 nakon analize rastavljanja prikazani su na slici 3.2.

Slika 3.2. Prijenosno računalo Acer N15W4 rastavljeno u dijelove

Također u tablici 3.2. prikazani su pojedini elementi rastavljenog prijenosnog računala te vrsta elementa (SE-sastavni element, PE- pomoćni element, SK-sklop), vrsta materijala elementa, masa elementa, ukupan broj komada pojedinog elementa, stupnja recikličnosti, mase elemenata koja se dobiva množenjem mase jednog dijela sa ukupnim brojem komada po proizvodu i recikličnost elementa koja se dobiva množenjem ukupne mase elemenata sa stupnjem recikličnosti.

Tablica 3.2. Analiza recikličnosti prijenosnog računala Acer N15W4

Naziv proizvoda: Acer N15W4					Masa: 1973,8 grama			
Proizvođač: Acer					Uzrok dotrajavanja: Mehanički lom			
God. proizvodnje: 2016.					Datum obrade: 27.6.2020.			
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)
				g/kom	kom	0…5	grama	
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$
1	Donji dio kućišta	SK	Čelik+polimer	271,5	1	4	271,5	1086,0
2	Gornji dio kućišta	SK	Čelik+polimer	228,1	1	4	228,1	912,4
3	Gornji dio tipkovnice	SK	Čelik+polimer	146,0	1	4	146,0	584,0
4	Metalni podmetač tipkovnice	SE	Čelik	204,4	1	5	204,4	1022,0
5	Gornji poklopac donjeg kučišta	SK	Čelik+polimer	170,0	1	4	170,0	680,0
6	Plastični dio DVD drivea	PE	Polimer	42,0	1	2	42,0	84,0
7	Baterija	SK	Opasni otpad	176,8	1	0	176,8	0,0
8	Tiskana pločica touchpada	SK	Opasni otpad	20,1	1	0	20,1	0,0
9	Postolje touchpada	SE	Čelik	42,6	1	5	42,6	213,0
10	Matična ploča s procesorom	SK	Opasni otpad	80,8	1	0	80,8	0,0
11	RAM memorija	SK	Opasni otpad	6,9	1	0	6,9	0,0
12	Tiskana pločica ekrana	SK	Opasni otpad	6,3	1	0	6,3	0,0
13	Zvučnik	SK	Čelik+polimer	7,6	2	4	15,2	60,8
14	Tiskana pločica USB porta	SK	Opasni otpad	8,0	1	0	8,0	0,0

15	Poklopac ventilatora sa cijevi	SK	Željezo+bakar	20,3	1	3	20,3	60,9
16	Stražnji okvir ekrana	SE	Čelik	17,5	1	5	17,5	87,5
17	Prednji okvir ekrana sa šarkama	SE	Čelik	81,4	1	5	81,4	407,0
18	CMOS baterija	SK	Opasni otpad	2,9	1	0	2,9	0,0
19	Internet kartica	SK	Opasni otpad	1,8	1	0	1,8	0,0
20	Vijak 8x4	SE	Čelik	0,2	13	5	2,6	13,0
21	Vijak 4x7	SE	Čelik	0,1	28	5	2,8	14,0
22	Vijak 3x4	SE	Čelik	0,1	20	5	2,0	10,0
23	Matica	SE	Čelik	0,3	2	5	0,6	3,0
24	Podloška	SE	Čelik	0,3	12	5	3,6	18,0
25	Ventilator procesora	SK	Čelik+polimer	16,8	1	4	16,8	67,2
26	Web kamera	SK	Opasni otpad	1,2	1	0	1,2	0,0
27	3,5mm audio ulaz	SK	Čelik+polimer	2,8	1	5	2,8	14,0
28	Kabeli	SK	Bakar+polimer	9,4	1	4	9,4	37,6
29	Prozirni polimer ekrana	PE	Polimer	67,8	4	2	271,2	542,4
30	Tiskana pločica tvrdog diska	SK	Opasni otpad	13,6	1	0	13,6	0,0
31	Čitač diska	SK	Opasni otpad	11,5	1	0	11,5	0,0
32	Vodilice tvrdog diska	SE	Čelik	5,6	2	5	11,2	56,0
33	Ostalo tvrdog diska	SK	Čelik+polimer	65,0	1	4	65,0	260,0
34	Ostalo	SK	Čelik+polimer	16,9	1	4	16,9	67,6
35	UKUPNO				**109**		**1973,8**	**6300,4**

Tablica 3.2 prikazuje da se uređaj sastoji od 109 elemenata. Ukupna masa prijenosnog računala prije rastavljanja jednaka je ukupnog masi nakon rastavljanja. Nakon određivanja elementarnih pokazatelja, računaju se složeni pokazatelji te se ocjena recikličnosti proizvoda dobiva prema izrazu (2-4).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}} = \frac{6300{,}4}{1973{,}8 * 5} = 0{,}64$$

Poželjne vrijednosti recikličnosti su od 0,75 do 1. Prijenosno računalo Acer ima ocjenu recikličnosti 0,64, što upućuje da je potrebno provesti selektivno rastavljanje ili rekonstrukcija proizvoda. Ocjena je relativno niska zbog visokog udjela sklopova tj. primijenjenih složenih materijala posebno metalnih čahura u polimernim kućištima, te dugog trajanja rastavljanja.

3.3. Analiza recikličnosti prijenosnog računala HP T60M283.00

Prijenosno računalo HP T60M283.00 je kompaktni multifunkcionalan elektronički uređaj za kućnu ili uredsku uporabu, proizvođača HP, mase 2679,8 grama. Proizvedeno je 2009. godine, bez vidljivog vanjskog oštećenja. Uzrok odbacivanja je tehnološka zastarjelost. Analiza rastavljanja i recikličnosti provedena je 27.06.2020. godine. Analizirano prijenosno računalo prikazano je na slici 3.3.

Slika 3.3. Prijenosno računalo HP T60M283.00 prije rastavljanja

U tablici 3.3. prikazani su podaci dobiveni analizom rastavljanja koja se sastoji od pojedinih operacija rastavljanja, vremena rastavljanja i alata koji je korišten pri svakoj operaciji uz opasku gdje je to potrebno.

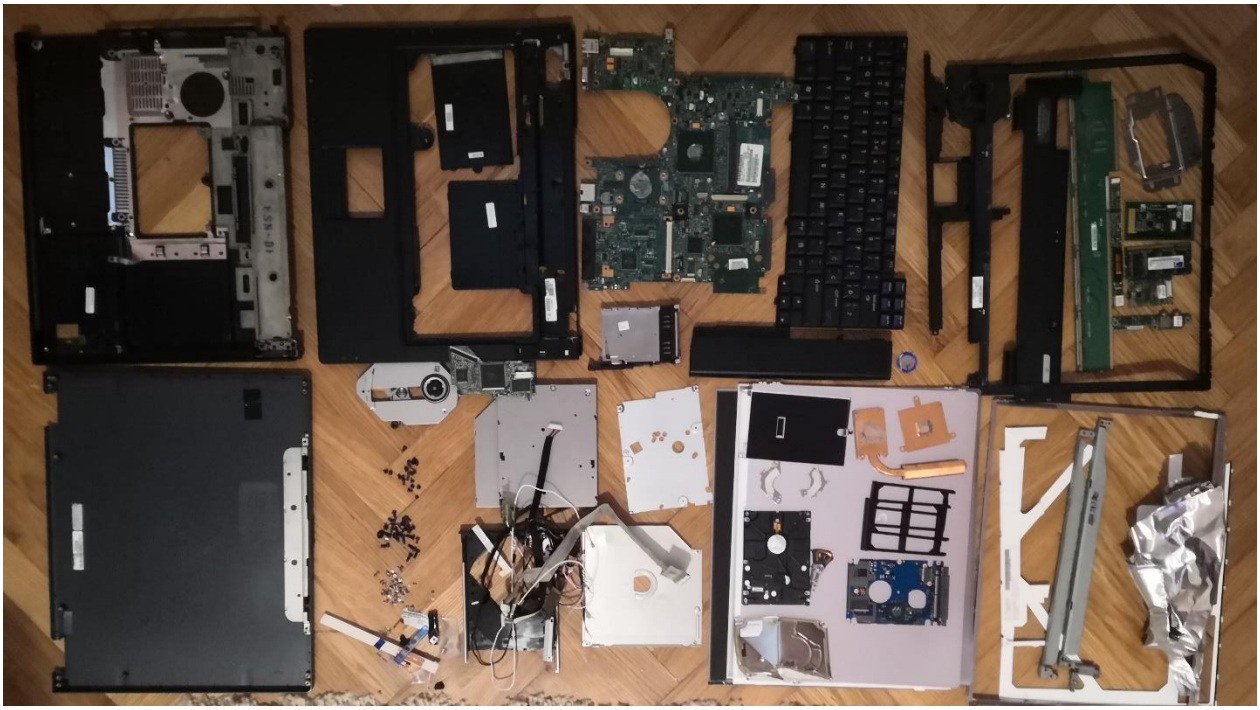
Tablica 3.3. Analiza rastavljanja prijenosnog računala HP T60M283.00

Naziv proizvoda: HP T60M283.00		**VRIJEME RASTAVLJANJA**		Datum: 27.6.2020.	
Redni broj	Naziv operacije	Vrijeme odvajanja	Kumulativno vrijeme odvajanja	Alat	OPASKA
		sek	sek		
1	Skidanje baterije	2	2	Ručno	
2	Odvrtanje vijka i skidanje prvog stražnjeg poklopca	6	8	Odvijač	
3	Skidanje RAM memorije	3	11	Ručno	
4	Odvrtanje vijka i skidanje drugog stražnjeg poklopca	7	18	Odvijač	
5	Odvrtanje vijka tvrdog diska	3	21	Odvijač	
6	Skidanje plastičnih ladica	2	23	Ručno	
7	Odvrtanje vijaka donjeg kućišta	150	173	Odvijač	
8	Skidanje trake tipkovnice	3	176	Ručno	
9	Skidanje tipkovnice	2	178	Ručno	
10	Skidanje donjeg kučišta i DVD diska	5	183	Ručno	
11	Skidanje kabela i odvrtanje vijka zvučne kartice	8	191	Odvijač	
12	Skidanje zvučne kartice	2	193	Ručno	
13	Odvrtanje vijaka bakrenog poklopca GPUa	15	208	Odvijač	
14	Skidanje bakrenog poklopca i konektora ventilatora	4	212	Ručno	
15	Odvrtanje vijaka i skidanje bakrenog poklopca CPUa	39	251	Odvijač	
16	Odvrtanje vijaka ventilatora	10	261	Odvijač	
17	Skidanje ventilatora	1	262	Ručno	
18	Odvrtanje vijaka i skidanje internet kartice	10	272	Odvijač	
19	Odvrtanje vijaka i skidanje poklopca matične ploče i matične ploče	56	328	Odvijač	
20	Odvajanje gornje kućišta od donjeg	15	343	Odvijač	
21	Skidanje gumica vijaka na gornjem kućištu	10	353	Odvijač	

22	Odvrtanje vijaka gornjeg dijela kućišta	115	467	Odvijač	
23	Skidanje prednjeg poklopca gornjeg dijela kućišta	2	468	Ručno	
24	Odvrtanje vijaka metalnog okvira ekrana	12	480	Odvijač	
25	Odvajanje ekrana od kućišta	3	483	Ručno	
26	Odvrtanje vijaka i skidanje metalnog okvira ekrana	49	532	Odvijač	
27	Kidanje aluminijske folije sa stražnje strane ekrana	7	539	Ručno	
28	Skidanje tiskane pločice ekrana	11	550	Ručno	
29	Skidanje plastičnog stražnjeg dijela ekrana, plastičnih folija i prozirne ploče ekrana	26	576	Kliješta	
30	Odvrtanje vijaka DVD drivea	16	592	Odvijač	
31	Skidanje prednjeg metalnog poklopca DVD drivea	1	593	Ručno	
32	Odvrtanje vijaka stražnjeg poklopca DVD drivea	25	618	Odvijač	
33	Skidanje stražnjeg poklopca DVD drivea	3	621	Ručno	
34	Odvrtanje vijaka tiskane pločice DVD drivea	10	631	Odvijač	
35	Skidanje tiskane pločice DVD drivea	1	632	Ručno	
36	Odvrtanje vijaka lasera DVD drivea	11	643	Odvijač	
37	Skidanje lasera DVD drivea	2	645	Ručno	
38	Odvrtanje vijaka tvrdog diska	50	695	Odvijač	
39	Skidanje metalnog poklopca tvrdog diska	2	697	Ručno	
40	Odvrtanje vijaka i skidanje tiskane pločice tvrdog diska	48	766	Odvijač	
41	Skidanje čitača diska i metalnih vodilica tvrdog diska	21	787	Ručno	
42	Skidanje CMOS baterije i metalne pločice touchpada	14	801	Ručno	
43	Skidanje touchpada	1	802	Ručno	
44	Odvrtanje vijaka prostora za ladice na matičnoj ploči	13	815	Odvijač	
45	Skidanje prostora za ladice na matičnoj ploči	3	818	Ručno	

Iz tablice 3.3. vidljivo je kako je uređaj je rastavljen u 818 sekundi (nešto više od 13,63 minuta) u 45 operacija. Pri rastavljanju nije bilo posebnih poteškoća i proteklo je relativno lagano. Najviše vremena potrošeno je na odvijanje vijaka.

Unatoč tome što je na novijem prijenosnom računalu Acer N15W4 bilo problema kod teškog pristupa maticama za odvajanje gornjeg i donjeg dijela kućišta te odvajanje okvira tipkovnice, rastavljanje starijeg modela HP T60M283.00 ipak je proteklo sporije. Dijelovi prijenosnog računala HP T60M283.00 nakon analize rastavljanja prikazani su na slici 3.4.



Slika 3.4. Prijenosno računalo HP T60M283.00 rastavljeno u dijelove

U tablici 3.4. prikazani su pojedini elementi rastavljenog prijenosnog računala HP T60M283.00 te vrsta elementa (SE-sastavni element, PE- pomoćni element, SK-sklop), vrsta materijala elementa, masa elementa, ukupan broj komada pojedinog elementa, stupnja recikličnosti, mase elemenata koja se dobiva množenjem mase jednog dijela sa ukupnim brojem komada po proizvodu i recikličnost elementa koja se dobiva množenjem ukupne mase elemenata sa stupnjem recikličnosti.

Tablica 3.4. Analiza recikličnosti prijenosnog računala HP T60M283.00

Naziv proizvoda: HP T60M283.00					Masa: 2535.2 grama				
Proizvođač: HP					Uzrok dotrajavanja: Tehnološka zastarjelost				
God. proizvodnje: 2009.					Datum obrade: 27.6.2020.				
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE,	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)	OPASKA
				g/kom	kom	0…5	grama		
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$	
1	Donji dio kućišta	SK	Čelik+ polimer	266,7	1	4	266,7	1066,8	
2	Gornji dio kućišta	SK	Čelik+ polimer	183,3	1	4	183,3	733,2	
3	Matična ploča	SK	Opasni otpad	240,0	1	0	240,0	0,0	
4	Plastični prostor za ladice	SK	Čelik+ polimer	26,5	1	4	26,5	106,0	
5	Tipkovnica	SK	Čelik+ polimer	134,4	1	4	134,4	537,6	
6	Baterija	SK	Opasni otpad	304,4	1	0	304,4	0,0	
7	1. stražnji poklopac	PE	Polimer	15,6	1	2	15,6	31,2	
8	2. stražnji poklopac	PE	Polimer	12,9	1	2	12,9	25,8	
9	Zaštita za matičnu ploču	SK	Čelik+ polimer	23,7	1	4	23,7	94,8	
10	Ventilator	SK	Čelik+ polimer	18,1	1	4	18,1	72,4	
11	CMOS baterija	SK	Opasni otpad	1,7	1	0	1,7	0,0	
12	Prednji dio gornjeg kućišta	SK	Čelik+ polimer	37,5	1	4	37,5	150,0	
13	Tiskana pločica ekrana	SK	Opasni otpad	2,5	1	0	2,5	0,0	
14	Prednji rub ekrana	PE	Polimer	29,0	1	2	29,0	58,0	

15	Stražnji poklopac ekrana	PE	Polimer	36,7	1	2	36,7	73,4	
16	Aluminijska folija ekrana	SE	Aluminij	21,2	1	5	21,2	106,0	
17	Plastična ploča ekrana	PE	Polimer	402,6	1	2	402,6	805,2	
18	Folija ekrana	PE	Polimer	10,2	4	2	40,8	81,6	
19	Stražnji dio gornjeg kućišta	SK	Čelik+ polimer	250,7	1	4	250,7	1002,8	
20	Metalni okvir ekrana	SE	Čelik	65,6	1	5	65,6	328,0	
21	Metalni okvir touchpada	SE	Čelik	16,5	1	5	16,5	82,5	
22	Tiskana pločica touchpada	SK	Opasni otpad	7,4	1	0	7,4	0,0	
23	Internet kartica	SK	Opasni otpad	5,1	1	0	5,1	0,0	
24	Zvučna kartica	SK	Opasni otpad	6,3	1	0	6,3	0,0	
25	RAM memorija	SK	Opasni otpad	9,8	1	0	9,8	0,0	
26	Bakrena pločica sa cijevi	SE	Bakar	46,1	1	5	46,1	230,5	
27	Bakrena pločica GPUa	SE	Bakar	11,3	1	5	11,3	56,5	
28	Ladice za karticu	PE	Polimer	3,0	2	2	6,0	12,0	
29	Tiskana pločica tvrdog diska	SK	Opasni otpad	13,7	1	0	13,7	0,0	
30	Metalni poklopac tvrdog diska	SE	Čelik	13,5	1	5	13,5	67,5	

31	Vodilice tvrdog diska	SE	Čelik	5,6	2	5	11,2	56,0	
32	Čitač tvrdog diska	SK	Opasni otpad	11,3	1	0	11,3	0,0	
33	Ostalo tvrdi disk	SK	Čelik+ polimer	37,5	1	4	37,5	150,0	
34	Prednji poklopac DVD drivea	SE	Čelik	21,6	1	5	21,6	108,0	
35	Donji poklopac DVD drivea	SK	Čelik+ polimer	35,8	1	4	35,8	143,2	
36	Kućište DVD drivea	SK	Čelik+ polimer	37,5	1	4	37,5	150,0	
37	Tiskana pločica DVD drivea	SK	Opasni otpad	15,1	1	0	15,1	0,0	
38	Laser DVD drivea	SK	Opasni otpad	71,5	1	0	71,5	0,0	
39	Kabel	SK	Bakar+ polimer	25,5	1	0	25,5	0,0	
40	Vijak 5x9	SE	Čelik	0,3	22	5	6,6	33,0	
41	Vijak 5x3	SE	Čelik	0,2	4	5	0,8	4,0	
42	Vijak 4x6	SE	Čelik	0,2	30	5	6,0	30,0	
43	Vijak 3x4	SE	Čelik	0,1	52	5	5,2	26,0	
44					**152**		**2535,2**	**6422,0**	

Iz tablice 3.4 vidljivo je da se uređaj sastoji od 152 dijela. Ukupna masa prijenosnog računala prije rastavljanja jednaka je ukupnog masi nakon rastavljanja. Nakon određivanja elementarnih pokazatelja, računaju se složeni pokazatelji te se ocjena recikličnosti proizvoda dobiva prema izrazu (2-4).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}} = \frac{6422,4}{2535,2 * 5} = 0,51$$

Prijenosno računalo HP ima ocjenu recikličnosti 0,51 što je vrlo nisko te je potrebno selektivno rastavljanje ili rekonstrukcija proizvoda. Razlozi tako niske ocjene su dugo rastavljanje zbog velikoj broja vijaka, velik udio složenog materijala (sklopova) koji se sastoje od polimera i metalnih čahura te tiskane pločice i baterije koje pripadaju u opasni otpad.

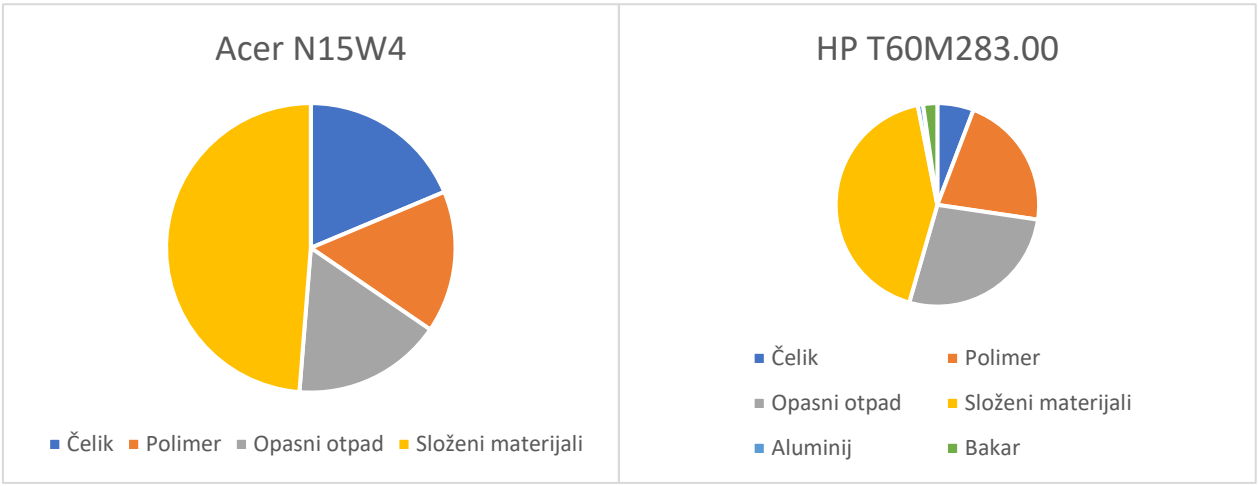
3.4. Usporedba provedene analize prijenosnih računala

Nakon provedene analize dobiveni su rezultati u kojima je prema izrazu (2-4) dobivena recikličnosti za prijenosno računalo Acer R=0,64 , a za HP R=0,51. Tablica 3.5. prikazuje usporedbu masa pojedinih materijala u analiziranim prijenosnim računalima.

Tablica 3.5. Usporedba masa materijala prijenosnih računala

	Acer N15W4	HP T60M283.00
Naziv materijala	Masa [g]	Masa [g]
Čelik	368,7	147,3
Polimer	313,2	543,6
Opasni otpad	329,9	688,8
Složeni materijali	962	1077,2
Aluminij	-	21,2
Bakar	-	57,4
UKUPNO	1973,8	2535,2

Iz slike 3.5. vidljiv je odnos udjela materijala u pojedinom uređaju te opravdava relativno niske ocjene recikličnosti. Oba uređaja imaju visok udio složenih materijala, skoro polovicu. Razlog je što se u plastičnim kućištima nalaze metalne čahure za vijke, zavarene bakreni hladnjaci sa čeličnim nosačima što uveliko smanjuje recikličnost i otežava recikliranje. Polimeri su nepoznate vrste što smanjuje stupanj recikličnosti pojedinog elementa s ocijene 5 na 2, (organski materijal, ne može se reciklirati) . Prisutan je i veliki udio opasnog otpada, a razlog tomu su baterije i tiskane pločice koji su glavni dijelovi uređaja, a ocjena recikličnosti im je 0.



Slika 3.5. Grafikonski prikaz udjela materijala

Kao što je navedeno u uvodnom dijelu sami proizvođači tj. konstruktori imaju veliku ulogu u konstruiranju kako bi proizvodi imali što bolje tehničko, ekonomsko i uporabno svojstvo te moraju ostvariti sljedeće konstrukcijske smjernice:

- Omogućiti lagano rastavljanje proizvoda
- Smanjiti količinu materijala i težiti manjoj masi proizvoda
- Supstitucija materijala - odnosi se na zamjenu skupih sirovina jeftinijim
- Koristiti već reciklirane sirovine
- Označavati dijelove proizvoda kako bi se lakše prepoznala vrsta materijala - najvažnije za polimere
- Koristiti lako reciklirajuće materijale
- Smanjiti broj različitih vrsta materijala

Konstrukcijske smjernice odnose se na analizirana prijenosna računala te se mogu primijeniti u budućem projektiranju i konstruiranju uređaja.

4. PREPORUKE ZBRINJAVANJA PRIJENOSNIH RAČUNALA

Ovisno o razlogu odbacivanja (kvaru, zastarjelost) nekog uređaja uputno bi bilo otkloniti kvar i ponovo koristiti uređaj u istu svrhu. Uzroci zbog kojih se uređaji odbacuju su dotrajalost, tehnološko i tržišno zastarijevanje te oštećenja.

Za uspješno zbrinjavanje prijenosnih računala potrebna je odgovarajuća infrastruktura sa svom neophodnom opremom i alatima. Nadalje, u cilju rastavljanja i usitnjavanja odvojenih komponenti odbačenih prijenosnih računala, sustavima razdvajanja uspješno razvrstati različite vrste materijala u finalni proizvodni tzv. reciklat. Za provedbu svih navedenih poslova i radnji, neophodan je dovoljan broj kvalificirane radne snage za rastavljanje i upravljanje pogonom kao i odgovarajuća transportna vozila. Jedno od mogućih rješenja je da se odbačena prijenosna računala prikupljaju u suradnji s trgovinama računalne opreme, kojim bi kupci donosili dotrajale uređaje i besplatnom uslugom odvoza uređaja dolaskom na kućnu adresu. Zbog velikih količina odbačenih prijenosnih računala i dugog vremena ručnog rastavljanja, bolja opcija bi bilo automatizirano rastavljanje. Ručnim rastavljanjem svakako dobijemo veću čistoću reciklata, ali ljudski rad je skup i trajao bi duže od automatiziranog procesa. Prema tablici 3.5. koja pokazuje visok udio opasnog otpada u oba uređaja ručno rastavljanje bilo bi važno da se ukloni (baterije, tiskane pločice, itd.). Na tržištu su dostupni različiti strojevi i oprema za daljnju obradu u cilju kvalitetnog recikliranja. Nakon odvajanja opasnog otpada preostali dio otpada usitnio bi se na manje komade *shredderom* tj. sjeckalicom, npr. Taskmaster TM 4000 tvrtke Franklin Miller inc.

Slika 4.1. Sjeckalica (e. *shredder*) za usitnjavanje otpada tvrtke Franklin Miller [20]

Navedeni *shredder* ima snagu motora 110kW i sposobnost usitnjavanja svih dijelova u ovom slučaju prijenosnih računala. Usitnjeni otpad sadrži veliki udio različitih metala, za što nam je potreban magnetski separator npr. FinesSort tvrtke Eriet kojeg prikazuje slika 4.2. Magneti su dovoljno jaki i za najmanje dijelove. Separator ima mogućnost odvajanja željeznih i neželjeznih metala (bakar, aluminij). Neželjezni metali se pomoću metode vrtložnih struja odvajaju od polimera.

Slika 4.2. Prikaz metalnog separatora FinesSort tvrtke Eriez [21]

Polimeri sadrži štetne tvari (BFR- bromirani usporivač gorenja) te se spaljuje na visokim temperatura kako ne bi došlo do oslobađanja otrovnog plina dioksina [22].

U Hrvatskoj se još ne primjenjuju složeniji procesi npr. izdvajanje plemenitih metala iz tiskanih ploča, dok npr. tvrtka Dell koristi reciklirano zlato iz starih računala za proizvodnju novih. Partnerska tvrtka Wistron odgovorna je za izvlačenje zlata iz matičnih ploča elektrokemijskim procesom te tako smanjuje utjecaj na okoliš, štedi novac i resurse. Jedna tona matičnih ploča sadrži 800 puta više zlata nego ruda zlata [23].

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu primijenjen je model vrednovanja recikličnosti na dva prijenosna računala različitih tehničkih karakteristika, proizvođača HP i Acer. Primijenjenim modelom provedena je analiza rastavljanja i analiza recikličnosti u cilju određivanja njihovog stupnja recikličnosti proizvoda.

U slučaju starijeg prijenosnog računala HP T60M283.00, bilo je potrebno 189 sekundi više za njegovo rastavljanja nego u slučaju kod novijeg prijenosnog uređaja Acer N15W4. Razlog dužeg rastavljanja nalazi se u većem broju sastavih dijelova što je pak posljedica projektnog i konstrukcijskog rješenja. Zbog većeg broja sastavnih dijelova i njihovog načina povezivanja te sadržaja složenih materijala (čelik + polimer, bakar + polimer, čelik + bakar), u slučaju starijeg uređaja HP utvrđen je manji stupanj recikličnosti R=0,51 za razliku od novijeg uređaja Acer koji iznosi R=0,64. Zbog niske recikličnosti starijeg uređaja upitna je ekonomska opravdanost ovakvog načina zbrinjavanja. U slučaju novijeg uređaja koji s ocjenom recikličnosti R=0,64 pripada kategoriji selektivnog rastavljanja, ekonomska opravdanost bila bi moguća uz odvajanje masivnijih sastavnih dijelova izvedenih od "čistih" materijala uz obavezno odvajanje opasnog otpada kao što su baterije i tiskane pločice. Niske ocjene recikličnosti kod oba uređaja uzrokuje: visoki udio složenih materijala, opasnog otpada, neoznačenih polimernih dijelova i dugo vrijeme rastavljanja. Recikličnost bi se povisila, a time i isplativost, kada bi metalne čahure bile lagano uklonjive iz polimera i kraćim vremenom rastavljanja koje bi se postiglo kvalificiranom radnog snagom te primjenom boljeg alata i opreme.

Recikliranje ima ekološku i ekonomsku ulogu kojoj su temeljne prednosti ušteda prirodnih resursa, smanjenje potrebe za primarnim sirovinama, ušteda energije i stvaranje novih radnih mjesta. Sada i u budućnosti recikliranje je vrlo važna djelatnost za čovječanstvo koja neće dopustit da se ugrozi koncept održivog razvoja. Mogućnost napretka recikliranja u području rastavljanja i razvrstavanja svakako je u primjeni robotizacije i umjetne inteligencije, koje se već koriste u nekim razvijenim zemljama. Zasada je proces skup, ali s vremenom isplativ zbog iznimno visoke učinkovitosti i produktivnosti te zamjenjuje čovjeka u teškom i opasnom radu.

LITERATURA

[1] https://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/moores-law-technology.html (10.7.2020.)

[2] https://www.iisd.org/about-iisd/sustainable-development#:~:text=%22Sustainable%20development%20is%20development%20that,to%20meet%20their%20own%20needs.%22 (10.7.2020.)

[3] Veena Sahajwalla, Vaibhav Gaikwad, The present and future of e-waste plastics recycling, 2018. (26.9.2020.)

[4] HampusAndré, MariaLjunggren Söderman, AndersNordelöf, Resource and environmental impacts of using second-hand laptop computers: A case study of commercial reuse, Švedska, 2019. (26.9.2020.)

[5] H. André, M. Ljunggren Söderman, A.-M. Tillman, Circular economy as a means to efficient use of scarce metals? Berlin, 2016. (26.9.2020.)

[6] , David E. Meyer, John P. Katz, Analyzing the environmental impacts of laptop enclosures using screening-level life cycle assessment to support sustainable consumer electronics, SAD, 2016. (26.7.2020.)

[7] Milan Kljajin, Milan Opalić, Antun Pintarić, Recikliranje električnih i elektroničkih uređaja, 2006. (30.5.2020.)

[8] Milan Opalić, Milan Kljajin, Krešimir Vučković, Disassembly Layout in WEEE Recycling Process, 2009. (30.5.2020.)

[9] https://www.jordanreductionsolutions.com/machines/shredders/ (2.9.2020.)

[10] https://glenmills.com/product/sm-200-cutting-mill/ (15.6.2020.)

[11] https://trends.directindustry.com/netzsch-grinding-dispersing/project-16670-162623.html (15.6.2020.)

[12] https://www.nihot.co.uk/products/drum/-separators/single-drum-separator/ (15.6.2020.)

[13] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Cyclone_separator (16.6.2020.)

[14] https://www.semanticscholar.org/paper/Methods-of-waste-separation-in-the-process-of-Va%C5%A1ko/49a36a838d8229e9a6a8ce2e9f79b7c8b5b1d0fa/figure/15 (16.6.2020.)

[15] https://www.researchgate.net/figure/A-hydrocyclone-flow-schematic_fig1_43498098 (15.6.2020.)

[16] Wu, J.; Li, J.; Zhenming, X.: Electrostatic separation for multi-size granule of crushed printed circuit board waste using two-roll separator, Journal of Hazardous Materials, Vol. 159, No. 2-3 (2008) 230-234 (17.6.2020.)

[17] Pintarić A: Prilog razvoju metoda vrednovanja recikličnosti materijala i proizvoda, Doktorska disertacija, FESB, Zagreb, 2001. (30.5.2020.)

[18] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_07_74_2327.html (2.6.2020.)

[19] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_42_782.html (2.6.2020.

[20] https://franklinmiller.com/product/taskmaster-tm4000-shredder/ (9.7.2020.)

[21] https://www.eriez.eu/EU/EN/Products/Metals-Recycling/Nonferrous-Recovery/FinesSort-Separator.htm (9.7.2020.)

[22] http://os-gornjevrapce-zg.skole.hr/upload/os-gornjevrapce-zg/images/static3/1275/attachment/Zbrinjavanje_otpadnih_elektricnih_i_elektronickih_ure_aja_i_opreme_(EE_otpad).pdf (9.7.2020.)

[23] https://www.dell.com/learn/ag/en/agcorp1/corp-comm/recycled-gold (1.9.2020.)

SAŽETAK

U završnom radu prikazani su i pojednostavljeni osnovni pojmovi recikliranja, zakonska regulativa u Hrvatskoj vezana za električni i elektronički otpad. Pomoću metode vrednovanja provedena je analiza recikličnosti na primjeru dva prijenosna računala. Na kraju je predložen postupak zbrinjava.

Ključni pojmovi: prijenosno računalo, recikličnost, recikliranje

Abstract

Evaluating recyclability on the example of laptop

The final paper presents and simplifies basic concepts of recycling, legislation related to electrical and electronic waste in Croatia. Using the evaluation method, recyclability analysis was performed on the example od two laptops. Finally, a waste disposal procedure is proposed.

Key words: laptop, recyclability, recycling

ŽIVOTOPIS

Dominik Knajz, rođen je 27.srpnja 1995. godine u Osijeku. Osnovnu školu pohađao je i završio u Antunovcu. 2010. godine upisao je I. Gimnaziju Osijek koju završava 2014. godine. Iste godine upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijeku, smjer Elektroenergetika.