

Učinkovitost recikliranja otpadne elektroničke i električne opreme u Republici Hrvatskoj

Maršić, Eugen Milan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:328892>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

EUGEN MILAN MARŠIĆ

**UČINKOVITOST RECIKLIRANJA OTPADNE ELEKTRONIČKE I ELEKTRIČNE
OPREME U REPUBLICI HRVATSKOJ**

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2021.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva
za 30. 09. 2021. u 9 sa
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu
Varaždin, 16. 09. 2021.

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:

izr. prof. dr. sc. Saša Kovač

Članovi povjerenstva

- 1) izr. prof. dr. sc. Aleksandra Amić Vučković
- 2) Dr. sc. Ivana Presečki
- 3) Doc. dr. sc. Vjekoslav Preur
- 4) izr. prof. dr. sc. Igor Petrović

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**UČINKOVITOST RECIKLIRANJA OTPADNE ELEKTRONIČKE I ELEKTRIČNE
OPREME U REPUBLICI HRVATSKOJ**

KANDIDAT:

MENTOR:

EUGEN MILAN MARŠIĆ

Eugen Maršić

izv. prof. dr. sc. Aleksandra Anić Vučinić

VARAŽDIN, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet



ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: EUGEN MILAN MARŠIĆ
Matični broj: 284 - 2019./2020.
Smjer: UPRAVLJANJE OKOLIŠEM

NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

UČINKOVITOST RECIKLIRANJA OTPADNE ELEKTRONIČKE I ELEKTRIČNE
OPREME U REPUBLICI HRVATSKOJ

Rad treba sadržati:

1. Uvod
2. Općenito o EE otpadu
3. Zakonodavni okvir gospodarenja EE otpadom
4. Opis sustava gospodarenja EE otpadom u RH
5. Učinkovitost sustava gospodarenja EE otpadom u RH
6. Rezultati i diskusija
7. Zaključak
8. Literatura
9. Popis slika
10. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 18.03.2021.

Rok predaje: 06.09.2021.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Aleksandra Anić Vučinić

Neposredni voditelj:

Dr.sc. Ivana Prosečki

Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Sanja Kovač



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

Učinkovitost recikliranja otpadne elektroničke i električne opreme u Republici Hrvatskoj


rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom: izv.prof.dr.sc Aleksandre Anić Vučinić

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, _19.09.2021. _____

Eugen Milan Maršić

(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

**IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI DIPLOMSKOG RADA S VEĆ
OBJAVLJENIM RADOVIMA**

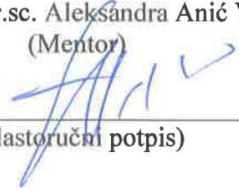
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom:

Učinkovitost recikliranja otpadne elektroničke i električne opreme u Republici Hrvatskoj

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog diplomskog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti diplomskog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 16.09.2021.

Izv.prof.dr.sc. Aleksandra Anić Vučinić
(Mentor)



(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Ime i prezime: Eugen Milan Maršić

Naslov rada: Učinkovitost recikliranja otpadne elektroničke i električne opreme u Republici Hrvatskoj

Otpadna električna i elektronička oprema spada u posebne kategorije otpada zbog svog specifičnog sastava te potencijalnog izvora vrijednih sirovina. Stoga je za ovu kategoriju na razini EU propisano da se uspostavi poseban sustav gospodarenja te su propisani određeni ciljevi u smislu sakupljanja. U Republici Hrvatskoj (RH) ovaj sustav uspostavljen je 2007. godine te se provodi i danas. Kako bi se utvrdila učinkovitost sustava i učinkovitost recikliranja otpadne električne i elektroničke opreme, za potrebe izrade ovog rada sakupljeni su podaci od sakupljača i oporabitelja EE otpada na području Republike Hrvatske. Podaci su analizirani sa ciljem utvrđivanja učinkovitosti sustava. Temeljem dobivenih rezultata može se utvrditi da je RH ispunila cilj sakupljanja EE otpada za 2019. godinu, a u 2020. godini taj cilj nije ispunjen. Analizom obrade pojedinih kategorija za 2019. i 2020. godinu utvrđeno je da je učinkovitost uporabe koja uključuje materijalnu energetske uporabe EE opreme bila oko 95% dok se cca. 5% otpada zbrinjavalo, što predstavlja visoku učinkovitost uporabe EE otpada.

Ključne riječi: EE-otpad, kružno gospodarstvo, zakon o gospodarenju otpadom, produžena odgovornost proizvođača i proračun učinkovitosti.

ABSTRACT

Title: Effectiveness of recycling waste electronic and electric equipment in the Republic of Croatia

Waste electric and electronic equipment (WEEE) is classified as a special type of waste for its specific composition of materials and the potential source of valuable resources. That is why the EU brought a directive that regulates a special waste management system and also prescribes specific objectives regarding the collection of WEEE. In the Republic of Croatia this system was established in 2007 and has been implemented to the present day. In order to determine the effectiveness of this system and the effectiveness of recycling of WEEE and for the purpose of work on this graduation thesis, data was collected from organizations that collect and recycle EE waste at the territory of the Republic of Croatia. Data was analyzed with the objective to measure the effectiveness of this system. Based on the obtained results, a determination can be made that the Republic of Croatia achieved the goal of WEEE collection in the year 2019 and in 2020 that goal was not achieved. By analyzing treatment of different types of waste in 2019 and 2020, it has been determined that the effectiveness of recycling, that includes material and energy recovery, of WEEE was approximately 95%, whereas only approximately 5% of other waste was recycled, what drives the conclusion of a highly effective system WEEE treatment.

Keywords: EE waste, circulareconomy, law on waste management, extended manufacturer's responsibility and evaluation of effectiveness

Sadržaj

1	Uvod	1
2.	Općenito o EE otpadu.....	3
2.1.	Tehnologije obrade EE otpada.....	9
3.	Zakonodavni okvir gospodarenja EE otpadom.....	11
4.	Opis sustava gospodarenja EE otpadom u RH	18
4.1.	Način funkcioniranja sustava gospodarenja EE otpadom	21
5.	Učinkovitost sustava gospodarenja EE otpadom u RH.....	24
5.1.	Metodologija izračuna učinkovitosti sustava gospodarenja EE otpadom	24
6.	Rezultati i diskusija	25
6.1.	Količine EE opreme stavljene na tržište.....	25
6.2.	Sakupljene količine EE otpada	29
6.3.	Analiza uporabe i zbrinjavanja EE otpada.....	35
6.4.	Procjena potencijala kružnog gospodarstva u EE otpadu.....	37
7.	Zaključak	44
8.	Literatura.....	45
9.	Popis slika	46
10.	Popis tablica	47

1 Uvod

Gospodarenje otpadom predstavlja imperativ današnjice, a primarno se otpadom mora gospodariti kako bi se spriječili štetni učinci njegova neadekvatnog odlaganja na okoliš i time na ljude. Dodatno, otpadom se gospodari i kako bi se iskoristila vrijedna svojstva koje određene kategorije posjeduju, odnosno kako bi se dio otpada koji iskoristio kao sirovina. Kompleksnost ove problematike vidljiva je u činjenici da je kroz Katalog otpada[1] evidentirano oko 860 različitih vrsta otpada koje zahtijevaju individualizirani pristup. Generalno otpad se dijeli na opasni, neopasni i inertni otpad prema svojstvu, a prema izvoru nastanka na komunalni i proizvodni otpad.

Obzirom na to da različite vrste otpada zahtijevaju različite pristupe u sakupljanju, obradi i zbrinjavanju definirane su posebne kategorije otpada. Njihova ključna odluka je da imaju specifične karakteristike. Posebne kategorije otpada definirane su Zakonom o gospodarenju otpadom[2]. To su posebne kategorije otpada za koje se propisuju posebni uvjeti gospodarenja i to su: otpadni tekstil i obuća, otpadna ambalaža, otpadne gume, otpadna ulja, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, građevni otpad i otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpadna električna i elektronička oprema (u daljnjem tekstu EE otpad), otpad iz proizvodnje titan dioksida, otpadni polikloriranibifenili i polikloriraniterfenili, plastika za jednokratnu uporabu i ribolovni alati koji sadrže plastiku.

Povećanjem standarda stanovništva, razvojem tehnike i tehnologije kontinuirano se povećavaju količine otpada za koje su potrošeni određeni resursi. Posljednjih dvadesetak godina u području gospodarenja otpadom. Zbog toga je 2015. godine na razini EU donesen plan:Zatvaranje kruga – akcijski plan EU-a za kružno gospodarstvo čija implementacija ima za cilj resurse koji su zarobljeni u otpadu vratiti u proizvodnju, spriječiti onečišćenje okoliša i očuvati ga, povećati učinkovitost korištenja sirovina, novi gospodarski rast, mogućnosti zapošljavanja i u konačnici smanjiti količinu otpada. Jedna od ključnih vrsta otpada u ovom dokumentu je otpadna električna i elektronička oprema [3].

Ova vrsta otpada jedna je od najbrže rastućih vrsta otpada zbog ubrzanog rasta i razvoja tehnologije. Sadrži različite vrijedne sirovine koje se mogu ponovno iskoristiti, a sadrži

i potencijalno opasne komponente koje ako se pravilno ne obrađuju mogu uzrokovati onečišćenje okoliša i utjecati na zdravlje ljudi. U Republici Hrvatskoj uspostavljen je sustav sakupljanja i oporabe EE otpada od 2006. godine te je do danas ostvaren napredak u ovom sustavu. Već 2010. godine ostvaren je nacionalni cilj od 4 kg/stanovniku EE otpada. Nakon toga, učinkovitost je pala, da bi 2015. godine ponovno bio dosegnut cilj od 4,73 kg/stanovniku[4]. Od 2016. godine cilj odvojenog sakupljanja je izražen kao udio količina stavljenih na tržište u prethodne tri godine, odnosno 60% EE otpada od stavljenog na tržište, što je i ostvareno u idućim godinama. Nadalje, postavljeni su i dodatni ciljevi i to 70-80% za oporabu i 50-80 za recikliranje, ovisno o vrsti EE otpada. Stoga je predmet ovog diplomskog rada gospodarenje posebnom kategorijom otpada - otpadnom električnom i elektroničkom opremom i analiza ostvarenja ciljeva u smislu recikliranja i oporabe.

2. Općenito o EE otpadu

Prema Pravilniku o gospodarenju električnom i elektroničkom opremom[5] EE otpad je otpad koji je nastao iz EE opreme, a EE oprema je definirana kao:

EE oprema (električni i elektronički uređaji i oprema) predstavlja sve proizvode i njihove sastavne dijelove koji su za svoje primarno i pravilno djelovanje ovisni o električnoj energiji ili elektromagnetskim poljima kao primarnom izvoru energije kao i proizvode za proizvodnju, prijenos i mjerenje struje ili jakosti elektromagnetskog polja, a koji se mogu svrstati u popis vrsta proizvoda iz Dodatka 2. i Dodatka 4. ovog pravilnika ili su im po svojoj svrsi i namjeni slični i koji su namijenjeni za korištenje pri naponu koji ne prelazi 1.000 V za izmjeničnu i 1.500 V za istosmjernu struju;

Prema mjestu nastanka EE otpad se može podijeliti na:

1. EE otpad koji potječe iz kućanstva i
2. EE otpad koji potječe iz komercijalnih, industrijskih, institucionalnih i drugih djelatnosti koji je po vrsti i količini sličan EE otpadu iz kućanstva[4].



Slika 1. Prikaz EE opreme/otpada[6]

Svaki otpad ima svoj ključni broj, pa tako i EE otpad. U nastavku je prikazan popis ključnih brojeva kojima je EE otpad obuhvaćen.

OPASAN EE OTPAD	
09 01 11*	fotografski aparati za jednokratnu uporabu, koji sadrže baterije navedene pod 16 06 01*, 16 06 02* ili 16 06 03*
16 02 09*	transformatori i kondenzatori koji sadrže PCB-e
16 02 10*	odbačena oprema koja sadrži PCB-e ili je onečišćena istima, a nije navedena pod 16 02 09*
16 02 11*	odbačena oprema koja sadrži klorofluorougljike, HCFC, HFC
16 02 12*	odbačena oprema koja sadrži slobodni azbest
16 02 13*	odbačena oprema koja sadrži opasne komponente[3], a koja nije navedena pod 16 02 09* do 16 02 12*
16 02 15*	opasne komponente izvađene iz odbačene opreme
20 01 21*	fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu
20 01 23*	odbačena oprema koja sadrži klorofluorougljike
20 01 35*	odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21* i 20 01 23*, koja sadrži opasne komponente [7]
NEOPASAN EE OTPAD	
09 01 10	fotografski aparati za jednokratnu uporabu koji ne sadrže baterije
09 01 12	fotografski aparati za jednokratnu uporabu koji sadrže baterije, a koji nisu navedeni pod 09 01 11*
16 02 14	odbačena oprema koja nije navedena pod 16 02 09* do 16 02 13*
16 02 16	komponente izvađene iz odbačene opreme koje nisu navedene pod 16 02 15*
20 01 36	odbačena električna i elektronička oprema, koja nije navedena pod 20 01 21*, 20 01 23* i 20 01 35*

Izvor: MINGOR, Zavod za zaštitu okoliša i prirode

Slika 2. Ključni brojevi kojima je moguće karakterizirati EE otpad

Do 2017. godine EE oprema dijelila se na 10 kategorija i to:

1. Veliki kućanski uređaji (hladnjaci, ledenice, kuhinjske peći, električni štednjaci, strojevi za pranje, sušilice rublja, klima uređaji ...)
2. Mali kućanski uređaji (usisavači, uređaji za šivanje, tkanje, glačala, aparati za kavu, uređaji za šišanje, satovi, vage....)
3. Oprema informatičke tehnike (IT) i oprema za telekomunikacije (osobna računala, pisari, kopirna oprema, faks uređaji, telefoni, mobilni telefoni...)
4. Oprema široke potrošnje za razonodu (TV, videokamere, videorekorderi,...)

5. Rasvjetna oprema (ravne fluorescentne žarulje, kompaktne fluorescentne žarulje, oprema za upravljanje ili širenja svjetla, osim žarulja sa žarnom niti...)
6. Električni ili elektronički alati (pile, bušilice, alati za zavarivanje, lemljenje, alati za rezanje, poliranje, bušenje, probijanje, savijanje drva i drugih materijala...)
7. Igračke, oprema za razonodu i šprtska oprema (električni kompleti s tračnicama ili automobilima, računala za biciklizam, ručne konzole za videoigre...)
8. Medicinski uređaji (radioterapijska oprema, kardiološki uređaji, uređaji za dijalizu, ledenice...)
9. Instrumenti za nadzor i upravljanje (detektori dima, regulatori grijanja, termostati...)
10. Samoposlužni aparati (automatski uređaji za izdavanje novca, toplih napitaka, čvrstih proizvoda...)

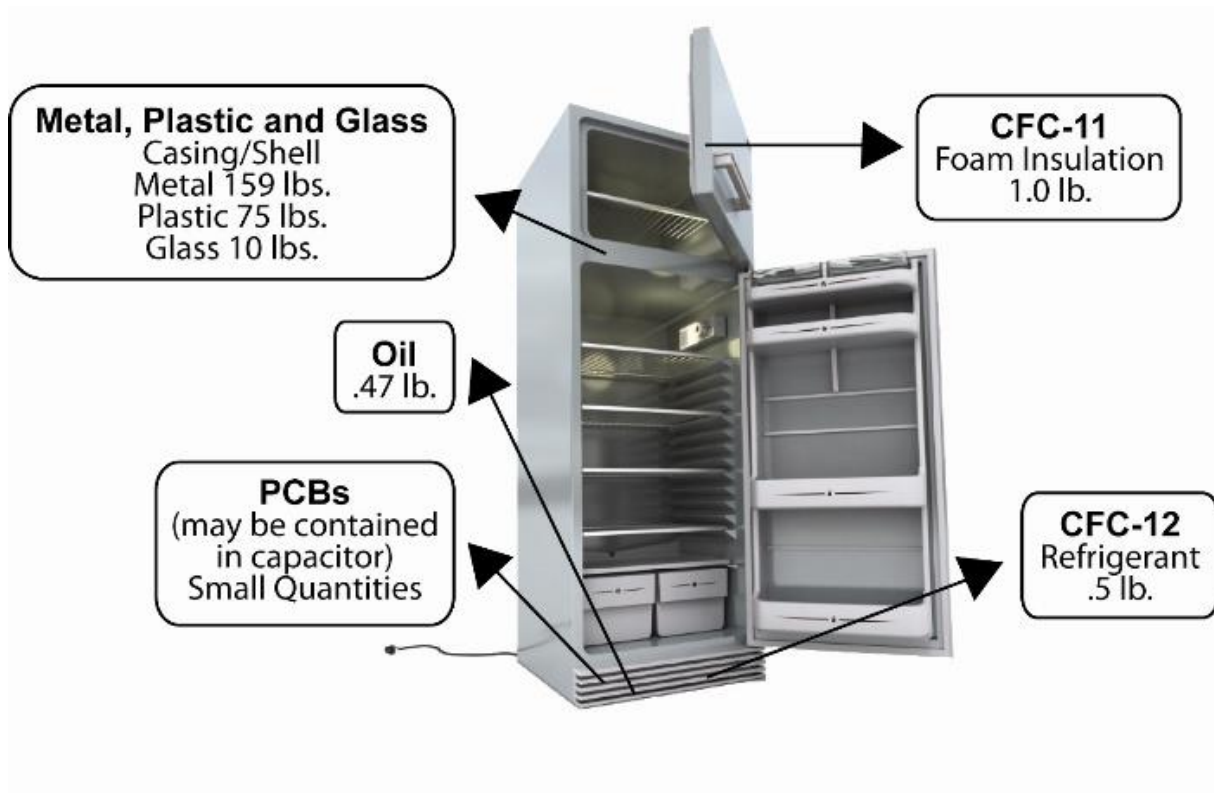
Od 2018. godine EE otpad mijenja klasifikaciju u odnosu na prethodno navedenih 10 kategorija, a nova podjela EE otpada je napravljena u 6 kategorija i to [4] :

- (1) Oprema za izmjenu topline**
- (2) Zaslони, monitori i oprema koja sadrži zaslone površine veće od 100 cm²**
- (3) Žarulje**
- (4) Velika oprema**
- (5) Mala oprema**
- (6) Mala oprema informatičke tehnike (IT) i oprema za telekomunikacije**

Oprema za izmjenu topline

U ovu kategoriju spadaju slijedeća oprema: hladnjaci, ledenice, oprema za automatsko izdavanje hladnih proizvoda, klima uređaji i ostali uređaji za ventilaciju, odzračivanje i kondicioniranje zraka, oprema za odvlaživanje, toplinske pumpe, uljni radijatori i druga oprema za izmjenu topline u kojoj se za izmjenu temperature koriste druge tekućine osim vode, ostala oprema za izmjenu topline. Karakteristike otpada koji nastaje iz ove opreme su da u sebi sadrže spojeve koji osiguravaju hlađenje. Hladnjak u prosjeku

sadrži 125 g klorofluorouglijika (CFC - R12) u rashladnom sustavu i oko 312 g CFC-R11 u izolacijskim materijalima. Ovo predstavlja potencijal globalnog zagrijavanja (GWP) ekvivalentan oko 2,8 tona CO₂ (ekvivalent CO₂). Procjenjuje se da se u EU još uvijek oko 200 milijuna hladnjaka i zamrzivača koji sadrže CFC što je ekvivalent od oko 560 megatona CO₂. Također se procjenjuje da bi pravilna obrada istrošenih hladnjaka smanjila ispuštanje CFC-a u atmosferu za preko 15 000 tona usljedjećih 10 godina [7].



Slika 3. Sastav hladnjaka[8]

Prema svjetskim praksama pri recikliranju opreme za hlađenje nužno je osigurati uklanjanje rashladnih plinova koji utječu na globalno zatopljenje i stvaranje ozonske rupe te adekvatno ukloniti otpadna ulja. Najbolje raspoložive tehnike navode da je moguće uklanjanje rashladnih sredstava moguće i do 90% i to pomoću vakumskog sustava. Također je potrebno i ukloniti otpadna ulja (spriječiti njihovo procjeđivanje iz otpada). Lako hlapivi fluorirani i halogenirani ugljikovodici (VOC) koji sadrže fluor u kloro-fluorouglijikovodiku i hidrogeniranom ugljikovodiku koji se koriste u rashladnim

sustavima ključni su u recikliranju rashladnih uređaja i definirani su kao opasni te ih je potrebno izdvojiti iz otpada i adekvatno zbrinuti.

Otpadni rashladni uređaji sadrže oko 60 % metala koji je moguće reciklirati te oko 30% plastike i 4 % stakla. Odabirom ispravnih metoda recikliranja isto je moguće izdvojiti i ponovno iskoristiti kao sirovinu.

Tablica 1. Prosječan sastav hladnjaka [8]

	lb	Kg	Udio %
CFC 12	0,5	0,23	0,20
Pcb	1	0,45	0,41
Ulje	0,047	0,02	0,02
Metal	159	72,12	64,49
Plastika	75	34,02	30,42
Staklo	10	4,54	4,06
CFC 11	1	0,45	0,41
		111,83	100,00

Zaslone, monitori i oprema koja sadrži zaslone površine veće od 100 cm²

U ovu kategoriju spada otpad koji je nastao iz slijedeće EE opreme - Zaslone, televizori, LCD fotookviri, monitori, računala »laptop« i »notebook«.

Žarulje

Pod žaruljama podrazumijevamo ravne fluorescentne žarulje, kompaktne fluorescentne žarulje, fluorescentne žarulje, žarulje s izbijanjem, uključujući visokotlačne žarulje s natrijevim parama i žarulje s metalnim parama, niskotlačne natrijeve žarulje, LED žarulje i ostale žarulje [5].

Velika oprema

Perilice, sušilice rublja, strojevi za pranje posuđa, kuhinjske peći, električni štednjaci, električne ploče za grijanje, rasvjetna tijela, oprema za reprodukciju zvuka ili slika, glazbena oprema (isključujući orgulje u crkvama), uređaji za pletenje i tkanje, velika računala, veliki pisači, kopirna oprema, veliki automati s kovanicama, veliki medicinski

proizvodi, veliki instrumenti za praćenje i kontrolu, veliki uređaji za automatsko izdavanje proizvoda i novca, fotonaponske ploče i ostala velika oprema [5].

Mala oprema

U kategoriju male opreme spadaju usisavači, uređaji za čišćenje tepiha, uređaji za šivanje, rasvjetna tijela, mikrovalni uređaji, oprema za ventilaciju, glačala, tosteri, električni noževi, električna kuhala za vodu, satovi i ručni satovi, električni aparati za brijanje, vage, uređaji za njegu kose i tijela, kalkulatori, radioaparati, videokamere, videorekorderi, Hi-fi uređaji, glazbeni instrumenti, oprema za reprodukciju zvuka ili slike, električne i elektroničke igračke, sportska oprema, računala za biciklizam, ronjenje, trčanje, veslanje itd., detektori dima, regulatori grijanja, termostati, mali električni i elektronički alati, mali medicinski proizvodi, mali instrumenti za praćenje i kontrolu, mali uređaji za automatsko izdavanje proizvoda, mali uređaji s ugrađenim fotonaponskim pločama, ostala mala oprema [5].

Mala oprema informatičke tehnike (IT) i oprema za telekomunikacije

U ovu kategoriju spadaju mobilni telefoni, GPS, džepni kalkulatori, ruteri, osobna računala, pisari, telefoni, ostala mala oprema informatičke tehnike (IT) i ostala oprema za telekomunikacije[5].

Razni autori su analizirali sastav EE otpada kako bi imali podlogu za uspostavu učinkovitog sustava recikliranja. U Tablici 2 dan je prikaz prosječnog sastava karakterističnih dijelova EE otpada.

Tablica 2. Prosječan sastav pojedine vrste EE otpada [9,10]

Uređaji	Prosječna masa (kg)	Fe (%)	Metal koji nije Fe (%)	Staklo (%)	Plastika (%)	El. komponente (%)	Drugo (%)
Hladnjaci i	48	64.4	6	1.4	13	-	15.1

zamrzivači							
Mašine za pranje rublja	40 do 47	59.8	4.6	2.6	1.5	-	31.5
Osobna računala	29.6	53.3	8.4	15	23.3	17.3	0.7
Tv oprema	36.2	5.3	5.4	62	22.9	0.9	3.5
Uređaji za kopiranje		58	8	7	9	2	16 (10 guma)
Fluorescentne lampe	0.2	0.6	1.4	93.9		-	4.1
Mali uređaji		38	21	49	49	49	49
Mobiteli	0.08 do 0.1	8	20	10.6	59.6	-	1.8

Osim vrijednih sirovina od kojih se izrađuje EE oprema, EE otpad ima i široki spektar drugih komponenti i materijala, spojeva i elementa od kojih su neki označeni kao opasne tvari, dok su neki označeni kao rijetki vrijedni metali. Oni se u pravilu nalaze u EE otpadu u relativno malim količinama stoga je njihovo recikliranje u pravilu tehnološki i ekonomski zahtjevno. Uobičajene štetne tvari u EE otpadu su: tiskane vodljive ploče, katodne cijevi, plastika s usporivačima gorenja, pokazivači s tekućim kristalom, baterije, živini prekidači, kondenzatori i otpornici. Ove komponente sadrže niz materijala kao što su: olovo, krom, živa, kadmij, polikloriranibifenili (PCB), polikloriraninaftaleni (PCN), kloro-fluorouglikovodici (CFC), i bromirani usporivači gorenja (BFR) [11]

2.1. Tehnologije obrade EE otpada

Sakupljeni EE otpad mora proći postupak obrade koja uključuje uporabu (R postupke) i zbrinjavanje (D postupke), kako bi se ispunili prethodno navedeni ciljevi. Ispunjenje ciljeva primarno uključuje postupke R uporabe i to recikliranje. Prema Zakonu pojam

recikliranje podrazumijeva: svaki postupak uporabe, uključujući ponovnu preradu organskog materijala, kojim se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu osim uporabe otpada u energetske svrhe, odnosno prerade u materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za nasipavanje[1].

Primarna obrada ili rastavljanje opreme sadržano je u izdvajanju opasnih komponenata i dijelova koji se ponovno upotrebljavaju, a može bit ručno, poluautomatski ili automatski.

Sekundarna obrada ili mehanička uporaba: usitnjeni materijal se pomoću magnetskih separatora razdvaja na željezne i ostale dijelove. Željezo se zatim prodaje kao sekundarna sirovina, iz preostalog materijala odvaja se ne-željezni materijal od plastike. Iz ne-željeznih materijala se pomoću različitih metoda separacije mogu izvući razni vrijedni materijali.

Spaljivanje i pročišćavanje ostatak otpada koji se ne može još uvijek upotrijebiti nakon mehaničke obrade podvrgava se energetskej uporabi. Nakon što se energetskej uporabe mahom plastični ili drugi organski gorivi dijelovi na visokim temperaturama, ostatak se može dalje rafinirati radi dobivanja rijetkih metala.

Kemijska uporaba: plemeniti metali se mogu ukloniti iz tiskanih krugova (štampanih ploča) putem kemijskih procesa (zlato i srebro) [12].

3. Zakonodavni okvir gospodarenja EE otpadom

Gospodarenje EE otpadom obuhvaćeno je kroz nekoliko europskih direktiva koje su u potpunosti implementirane u hrvatsko zakonodavstvo. Ključna direktiva je Direktiva 2012/19/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 4. srpnja 2012. o otpadnoj električnoj i elektroničkoj opremi i njenim izmjenama (SL L 150, 14. 6. 2018.). Ova direktiva implementirana je u Zakon o gospodarenju otpadom i Pravilnik o gospodarenju otpadnom električnom i elektroničkom opremom [2, 5]. Prema postojećem zakonodavstvu RH EE otpad spada u posebne kategorije otpada i kao takva kategorija obuhvaćena je sustavom proširene odgovornosti proizvođača koja je definirana u članku 91. Zakona kojim se definiraju obveze proizvođača [2].

U sklopu proširene odgovornosti proizvođača proizvođač snosi odgovornost za proizvod koji stavlja na tržište, ne samo kao proizvod već i kad on postane otpad. Proizvođač proizvoda je obavezan osigurati niz uvjeta kako bi proizvod stavio na tržište. Proizvod tako mora ispuniti uvjete koji su propisani za tu vrstu proizvoda, proizvod mora biti propisno označen, a proizvođač o svemu navedenom mora voditi točno propisanu evidenciju te podatke o proizvodima koje stavlja na tržište mora dostavljati nadležnim tijelima. Svi podaci o proizvodu moraju biti na vidljivom mjestu jasno vidljivi[2].

Proizvođač proizvoda obavezan je (članak 92) u sklopu proširene odgovornosti proizvođača radi poticanja ponovne uporabe proizvoda i sprječavanja nastanka otpada od tog proizvoda, recikliranja i općenito uporabe otpada, kako bi se dao doprinos postizanju nacionalnih ciljeva gospodarenja otpadom, preuzeti rabljeni proizvod od kupca, osigurati na bilo koji način preuzimanje otpada koji nastaje nakon uporabe tog proizvoda.

Proširena odgovornost proizvođača mora direktno ili indirektno osigurati provedbu usluge gospodarenja otpadom za svoj proizvod. Kada to ne može fizički osigurati, tada mora platiti **naknadu gospodarenja otpadom**. Sve aktivnosti koje provodi mora prezentirati kao javno dostupne informacije o mjerama kako se proizvod može ponovno uporabiti i reciklirati.

Kako bi se osigurala adekvatna provedba prethodno navedenog, proizvođač proizvoda mora osigurati da su informacije o mjerama javno dostupne, posebno kako se proizvod

može ponovno uporabiti i/ili reciklirati. Sve informacije o proizvodu mora dostaviti u Registar proizvođača proširene odgovornosti. [2]

Sustavom proširene odgovornosti proizvođača upravlja Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost. U sklopu ove obveze proizvođač proizvoda koji se stavlja na tržište obvezan je snositi troškove sustava gospodarenja određenom posebnom kategorijom otpada, a Fond se za ime proizvođača obvezuje na ispunjenje ciljeva za određenu posebnu kategoriju.

Prema Zakonu, propisani su ciljevi za gospodarenje EE otpadom i to su slijedeći ciljevi (članak 59):

(1) Godišnja stopa odvojenog sakupljanja otpadne električne i elektroničke opreme (u daljnjem tekstu: EE otpad) mora biti najmanje 65% prosječne mase električne i elektroničke opreme stavljene na tržište u tri prethodne godine ili 85% EE otpada proizvedenog na teritoriju Republike Hrvatske.

(2) Ciljevi uporabe EE otpada su:

1. godišnje se mora obraditi postupkom uporabe najmanje 85% ili postupkom pripreme za ponovnu uporabu i postupkom recikliranja najmanje 80% mase sakupljene opreme za izmjenu topline ili velike opreme čija vanjska dimenzija je veća od 50 cm

2. godišnje se mora obraditi postupkom uporabe najmanje 80% ili postupkom pripreme za ponovnu uporabu i postupkom recikliranja najmanje 70% mase sakupljenih zaslona, monitora i oprema koja sadrži zaslone površine veće od 100 cm²

3. godišnje se mora obraditi postupkom uporabe najmanje 75% ili postupkom pripreme za ponovnu uporabu i postupkom recikliranja najmanje 55% mase sakupljene male opreme čija nijedna vanjska dimenzija nije veća od 50 cm ili male opreme informatičke tehnike i opreme za telekomunikacije čija nijedna vanjska dimenzija nije veća od 50 cm i

4. godišnje se mora obraditi postupkom recikliranja najmanje 80% mase sakupljenih žarulja.[2]

Dodatno Pravilnikom o gospodarenju otpadnom električnom i elektroničkom opremom [5] detaljnije se definiraju zahtjevi u pogledu sustava gospodarenja EE otpadom.

Tako su u Pravilnik detaljnije definirani i ciljevi u pogledu recikliranja EE otpada i to su [5]:

Dio 3.: Minimalni ciljevi primjenjivi od 15. 8. 2018. za kategorije iz Dodatka 3.

1. EE otpad nastao od EE opreme koja pripada kategorijama 1. ili 4. iz Dodatka 3. ovog Pravilnika:

- 85% mase sakupljenog EE otpada mora se oporabiti;
- 80% mase sakupljenog EE otpada mora se pripremiti za ponovnu uporabu i reciklirati.

2. EE otpad nastao od EE opreme koja pripada kategoriji 2. iz Dodatka 3. ovog Pravilnika:

- 80% mase sakupljenog EE otpada mora se oporabiti;
- 70% mase sakupljenog EE otpada mora se pripremiti za uporabu i reciklirati.

3. EE otpad nastao od EE opreme koja pripada kategorijama 5. ili 6. iz Dodatka 3. ovog Pravilnika:

- 75% mase sakupljenog EE otpada mora se oporabiti;
- 55% mase sakupljenog EE otpada mora se pripremiti za uporabu i reciklirati.

4. EE otpad nastao od EE opreme koja pripada kategoriji 3. iz Dodatka 3. ovog pravilnika, 80% mase sakupljenog EE otpada mora se reciklirati.

1 odnosi se na cjelokupne količine sakupljenog EE otpada (kućanstva i ostalo)

U Dodatku 7 navode se i Zahtjevi za posebnu obradu materijala i komponenata iz EE otpada:

1. Iz odvojeno skupljenog EE otpada trebaju se odstraniti ove tvari, pripravci i komponente:

- kondenzatori koji sadrže polikloriranebifenile (PCB);
- komponente koje sadrže živu, kao što su sklopke ili pozadinska svjetla;
- baterije

- tiskane ploče mobilnih telefona te ostalih uređaja ako je površina tiskane ploče veća od 10 cm²;
- tonerski ulošci, tekući ili s pastom, kao i toneri za boju;
- plastika koja sadrži bromirana sredstva za usporavanje gorenja;
- azbestni otpad i komponente koje sadrže azbest;
- katodne cijevi;
- klorofluorouglijci (CFC), klorofluorouglikovodici (HCFC) ili fluorouglikovodici (HFC), ugljikovodici (HC);
- plinske izbojne svjetiljke;
- zaslone s tekućim kristalima (zajedno s njihovim kućištima kad je to primjereno) površine veće od 100 kvadratnih centimetara i svi zaslone pozadinski osvjetljeni plinskim izbojnim svjetiljkama;
- vanjski električni kablovi;
- ploče tiskanih krugova;
- komponente koje sadrže vatrootporna keramička vlakna kako je opisano u Direktivi Komisije 97/69/EZ od 5. prosinca 1997. o dvadeset trećoj prilagodbi tehničkom napretku Direktive Vijeća 67/548/EEZ o usklađivanju zakona i drugih propisa u odnosu na razvrstavanje, pakiranje i označivanje opasnih tvari;
- komponente koje sadrže radioaktivne tvari, osim komponenata koje su ispod granica izuzeća utvrđenih posebnim propisom;
- elektrolitski kondenzatori koji sadržavaju zabrinjavajuće tvari (visina > 25 mm, promjer > 25 mm ili razmjerno sličan obujam kondenzatora).

Te se tvari, smjese i komponente oporabljaju ili zbrinjavaju u skladu sa Zakonom.

2. Iz odvojeno sakupljenog EE otpada mora se:

- odstraniti fluorescentni sloj iz katodnih cijevi;
- izdvojiti i obraditi plinove koji oštećuju ozonski omotač ili imaju potencijal globalnoga zagrijavanja iznad 15;

- izdvojeni plinovi moraju se obraditi u skladu s posebnim propisima;
- odstraniti živu iz plinskih izbojnih svjetiljki.

Za sve navedeno propisano je da se moraju koristiti najbolje raspoložive tehnike. U nastavku je dan tabelarni prikaz ciljeva i dinamika promjene ciljeva.

Tablica 3. Ciljevi za recikliranje EE otpada do kolovoza 2018. godine [13]

	Kategorija EE otpada	Do kolovoza 2015.(%)	Kolovoz 2015.- kolovoz 2018.(%)
1	veliki kućanski uređaji	75	80
2	mali kućanski uređaji	50	55
3	informatička i telekomunikacijska oprema	65	70
4	potrošačka oprema i fotonaponski paneli	65	70
5	svjetleća oprema	50	55
5a	lampe za pražnjenje plina	80	80
6	električni i elektronički alati	50	55
7	igračke, sportska oprema i oprema za slobodno vrijeme	50	55
8	medicinski uređaji	(50)*	55
9	instrumenti za nadzor i kontrolu	50	55
10	automatski dozator	75	80

Donošenjem EU komunikacije – akcijskim planom za kružno gospodarstvo dan je prijedlog izmjene Direktive o EE otpadu koji je usvojen 2018. godine. Primarni cilj izmjene Direktive bio je da se poveća učinkovitost uporabe i recikliranja EE otpada. U nacionalno zakonodavstvo Direktiva je implementirana 2021. godine kroz Zakon o gospodarenju otpadom [2].

Istim Pravilnikom definiran je i način dostavljanja podataka koji govore o načinu postupanja sa sakupljenim otpadom (prilozi Pravilnika EE4-EE7)

Tablica 4. Recikliranje/priprema za ponovnu upotrebu

	Kategorija EE otpada	Oporavak	recikliranje/priprema za ponovnu upotrebu
1	Oprema za izmjene temperature	85	80
2	Ekrani, monitori i oprema za održavanje ekrana koji imaju površinu veću od 100 cm ²	80	70
3	Lampe	n.a.	80
4	Velika oprema (sve veće od 50 cm)	85	80
5	Mala oprema (manje od 50 cm)	75	55
6	Mala informatička i telekomunikacijska oprema (vanjske dimenzije veće od 50 cm)	75	55

4. Opis sustava gospodarenja EE otpadom u RH

U Republici Hrvatskoj, sustav gospodarenja EE otpadom uspostavljen je 2007. godine. Sustavom upravlja Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

Glavni sudionici sustava su proizvođači, sakupljači i oporabitelji. U sustavu gospodarenja EE otpadom direktno je zaposleno oko 700 radnika.

Proizvođači koji stavljaju EE opremu dužni su po masi stavljene opreme na tržište uplatiti Fondu ulaznu naknadu gospodarenja EE otpadom u iznosu od **2,25 kn/kg**

Ministarstvo zaštite okoliša i energetske učinkovitosti je 2007. godine raspisalo natječaj za dodjelu koncesija za sakupljanje EE otpada temeljem kojeg je tvrtka **Flora VTC d.o.o.** dobila koncesiju za sakupljanje EE otpada nastalog od svih deset kategorija EE opreme za područje čitave RH. Sakupljanje EE otpada za 1. kategoriju EE opreme obavljaju tvrtka **CE- ZA-R d.o.o.** (na području Grada Zagreba, Zagrebačke i Krapinsko-zagorske županije) i tvrtka **Metis d.d.** (na području Primorsko-goranske, Istarske i Ličko-senjske županije). Koncesije za sakupljanje izdane su na 10 godina i istekle su krajem 2017. godine. Međutim, obzirom na to da nove koncesije niti javni pozivi za sakupljanje nisu raspisani, navedeni su do danas ugovorni sakupljači Fonda.

Koncesionari (sakupljači) koji su dobili koncesiju za sakupljanje kroz mrežu podsakupljača na određenom teritoriju osiguravaju funkcioniranje sustava (Tablica 5).

Tablica 5. Popis koncesionara i sakupljača

Županija	1.kategorija	Podsakupljač 1. kategorija	2.-10. kategorija	Podsakupljač
ZAGREBAČKA i GRAD ZAGREB	CE-ZA-R D.O.O.	CE-ZA-R D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	Spectra M. d.o.o. + Interijeri M. d.o.o.
KRAPINSKO ZAGORSKA	CE-ZA-R D.O.O.	CE-ZA-R D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	TV video Jurinjak-obrt
ISTARSKA	METIS d.o.o.	FRIGOMATI ECO D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FRIGOMATI ECO D.O.O.

Županija	1.kategorija	Podsakupljač 1. kategorija	2.-10. kategorija	Podsakupljač
PRIMORSKO GORANSKA	METIS d.o.o.	FRIGOMATIC ECO D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FRIGOMATIC ECO D.O.O.
LIČKO SENJSKA	Flora VTC d.o.o.	OBRT ZA EE-OTPAD vl. MLADEN FRKOVIĆ	Flora VTC d.o.o.	OBRT ZA EE-OTPAD vl. MLADEN FRKOVIĆ
SISAČKO MOSLAVAČKA	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.
KARLOVAČKA	Flora VTC d.o.o.	OBRT ZA EE-OTPAD vl. MLADEN FRKOVIĆ	Flora VTC d.o.o.	OBRT ZA EE-OTPAD vl. MLADEN FRKOVIĆ
VARAŽDINSKA	Flora VTC d.o.o.	EE-Eko TIM DUMA ELEKTRONIKA	Flora VTC d.o.o.	EE-Eko TIM DUMA ELEKTRONIKA
KOPRIVNIČKO KRIŽEVAČKA	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.
BJELOVARSKO BILOGORSKA	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.
VIROVITIČKO PODRAVSKA	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	FLORA-VTC D.O.O.
DUBROVAČKO NERETVANSKA	Flora VTC d.o.o.	TECHNOMOBIL obrt	Flora VTC d.o.o.	TECHNOMOBIL obrt

Županija	1.kategorija	Podsakupljač 1. kategorija	2.-10. kategorija	Podsakupljač
MEĐIMURSKA	Flora VTC d.o.o.	EE-Eko TIM DUMA ELEKTRONIKA	Flora VTC d.o.o.	EE-Eko TIM DUMA ELEKTRO NIKA
BRODSKO POSAVSKA	Flora VTC d.o.o.	MS MOBILE D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	MS MOBILE D.O.O.
ŠIBENSKO KNINSKA	Flora VTC d.o.o.	CE-ZA-R D.O.O. Šibenik	Flora VTC d.o.o.	Flora VTC d.o.o.
ZADARSKA	Flora VTC d.o.o.	SPECTRA MEDIA Zadar i FLORA-VTC	Flora VTC d.o.o.	SPECTRA MEDIA Zadar i FLORA- VTC
OSJEČKO BARANJSKA	Flora VTC d.o.o.	METAL ZEC D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	METAL ZEC D.O.O.
SPLITSKO DALMATINSKA	Flora VTC d.o.o.	TECHNOMOBILE obrt	Flora VTC d.o.o.	TECHNOM OBILE obrt
POŽEŠKO SLAVONSKA	Flora VTC d.o.o.	MS MOBILE D.O.O.	Flora VTC d.o.o.	MS MOBILE D.O.O.
VUKOVARSKO SRIJEMSKA	Flora VTC d.o.o.	CE-ZA-R D.O.O. Vukovar	Flora VTC d.o.o.	METAL ZEC D.O.O.

Koncesionar ima pravo na naknadu za sakupljanje i obradu EE otpada. Koncesionar za sakupljanje ima obvezu pokupiti otpad mase veće od 30 kg od bilo kojeg građanina ili pravne osobe bez obzira na lokaciju, udaljenost i troškove koje ima. Drugim riječima, obveza koncesionara je da sakupi sav EE otpad bez obzira na to radi li se o otpadu koji ima tržišnu vrijednost ili ne.

Naknada sakupljaču iznosi **2,60 kn/kg** (PDV uključen) sakupljenog EE otpada.

Koncesiju za obradu EE otpada na području Republike Hrvatske imaju sljedeće tvrtke: CE-ZA-R d.o.o. Zagreb za 1. kategoriju (veliki kućanski uređaji) te SPECTRA MEDIA d.o.o. Zagreb za 2.-10. kategoriju (mali kućanski uređaji; IT oprema i oprema za telekomunikacije; oprema široke potrošnje za razonodu; rasvjetna oprema; električni i elektronički alati (osim velikih nepokretnih industrijskih alata); igračke, oprema za razonodu i športska oprema; medicinski uređaji (osim implantiranih uređaja); instrumenti za nadzor i upravljanje; samoposlužni aparati). Koncesije za obradu izdane su na 15 godina i ističu 2022. godine.

Naknada obrađivaču iznose **1,40 kn/kg**(PDV uključen) za 1. kategoriju EE otpada odnosno na **1,60 kn/kg** (PDV uključen) za 2. do 10. kategoriju (**kategorizacija prema staroj kategorizaciji EE otpada 1-10 kategorija**).

Obrađivač ima obvezu postići ciljeve recikliranja propisane EU direktivama i važećim RH propisima te ubirati prihode od prodaje sirovine kao i snositi troškove za zbrinjavanje otpada koji se nakon obrade više ne može iskoristiti.

4.1.Način funkcioniranja sustava gospodarenja EE otpadom

Prema postojećim propisima izvor EE otpada su:

1. kućanstva,
2. komunalne tvrtke/reciklažna dvorišta,
3. pravne osobe ili (fizički obrti),
4. EE otpad odbačen u okoliš.

Ovlašteni sakupljači osobno ili putem ugovornih podsakupljača, temeljem poziva građana u pozivni centar, odlaze na kućni prag građana i preuzimaju EE otpad, pri čemu su obvezni da se posjedniku EE otpada u kućanstvu mora potvrditi primopredaja ispunjenim EE1 obrascem, čime je utvrđeno kako je preuzet EE otpad iz kućanstva.

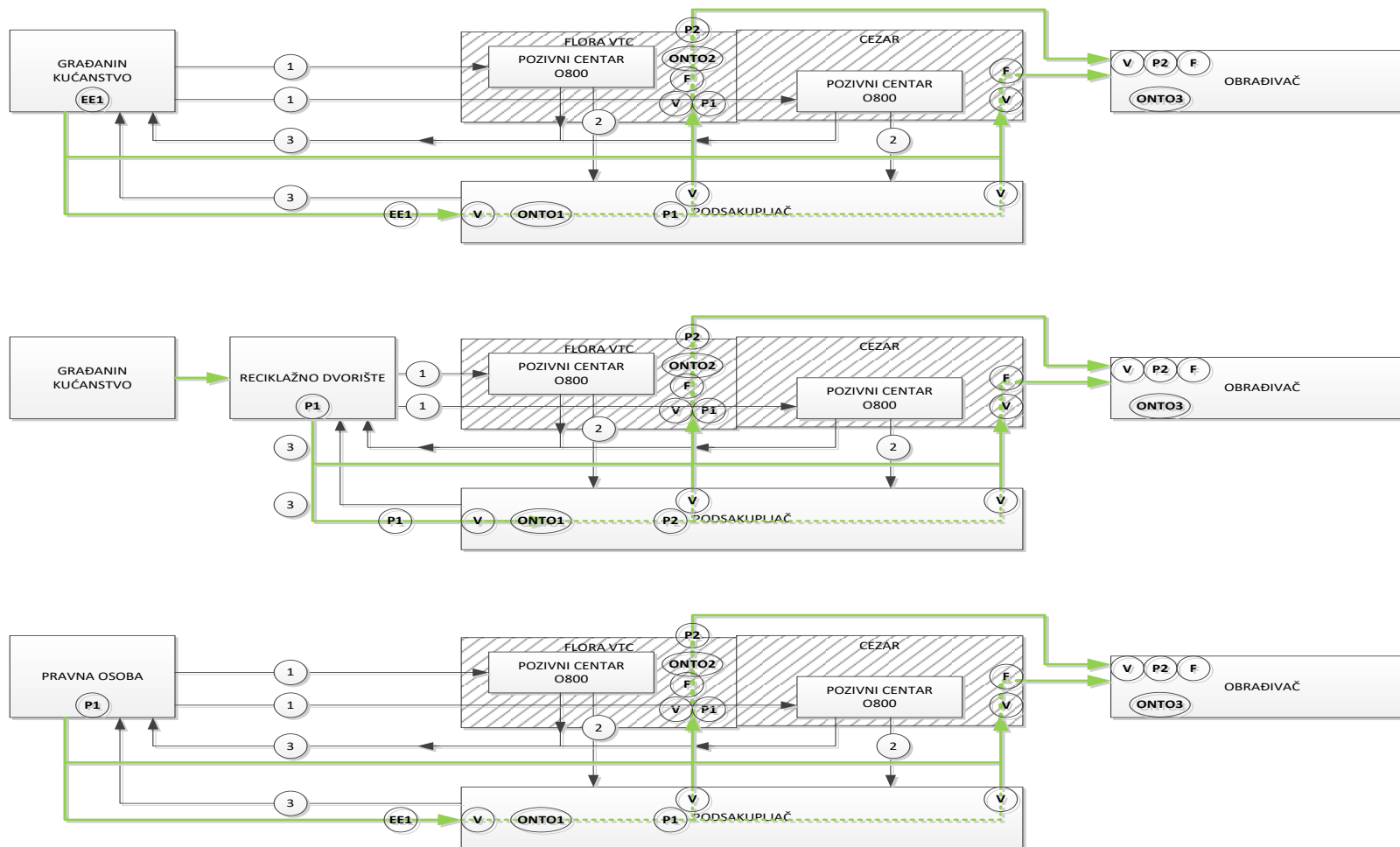
Preuzeti otpad se važe kod posakupljača/sakupljača, ispunjava se ONTO obrazac za svaku pojedinu aktivnost i formira se jedan prateći list. Pri otpremi otpada prema sakupljaču, otpad se opet važe. Sakupljač sakuplja otpad od podsakupljača, ponavlja se postupak evidencije i

vaganja, ispunjava se ONTO obrazac i formira novi prateći list koji se dostavlja obrađivaču. Kod sakupljača i obrađivača djelatnik FZOEU kontrolira ulaz i izlaz EE otpada i popratnu dokumentaciju.

Građani mogu svoj EE otpad ostaviti u reciklažnom dvorištu ili na drugom mjestu za koje to predviđa komunalna tvrtka. Sakupljač na poziv komunalne tvrtke ili reciklažnog dvorišta preuzima besplatno otpad i za to izdaje prateći list. Nakon preuzimanja EE otpada, sakupljači i svi daljnji sudionici u lancu postupaju jednako.

Na poziv pravne osobe sakupljač dolazi po otpad pri čemu je obavezan predati prateći list kao dokaz da je preuzeo otpad. Sva ostala postupanja su ista kao i prethodno navedeno.

Obveza koncesionara da pokupi **sav** otpad od svih izvora (kućanstva i pravne osobe) omogućuje kvalitetnu uslugu građanima kod kojih se u pravilu nalaze male količine otpada koje bez sakupljanja otpada od pravnih osoba (gdje su veće količine otpada) nije isplativo samo za sebe.



Slika 4. Shematski prikaz sustava sakupljanja [14]

5. Učinkovitost sustava gospodarenja EE otpadom u RH

5.1. Metodologija izračuna učinkovitosti sustava gospodarenja EE otpadom

Za potrebu izrade ovog diplomskog rada i izračuna učinkovitosti recikliranja sustava gospodarenja EE otpadom u RH korišteni su službeni podaci Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost i to sljedeći podaci:

- Podaci o stavljenim količinama EE opreme na tržište koji su prijavljeni u sustav putem Fonda za zaštitu okoliša
- Podaci o sakupljenim i oporabljenim količinama EE opreme od strane ovlaštenih pravnih osoba za ove djelatnosti, posebice podaci koji su dostavljeni od strane oporabitelja na EE5 i EE7 obrascu.
- Podaci s EUROSTAT-a – EU platforme koja sakuplja podatke EE otpadu na području Europske unije.
- Stručni podaci o sastavu pojedine vrste EE opreme koji su dani u prethodnom poglavlju

Obzirom na to da su podaci dostavljeni kao „sirovi“ odnosno nesistematizirani (po oporabiteljima) bila je potrebna sistematizacija i obrada istih. Sistematizacijom postojećih podataka izračunata je učinkovitost sustava gospodarenja EE otpadom i izračunat teoretski potencijal u recikliranju EE otpada na području RH.

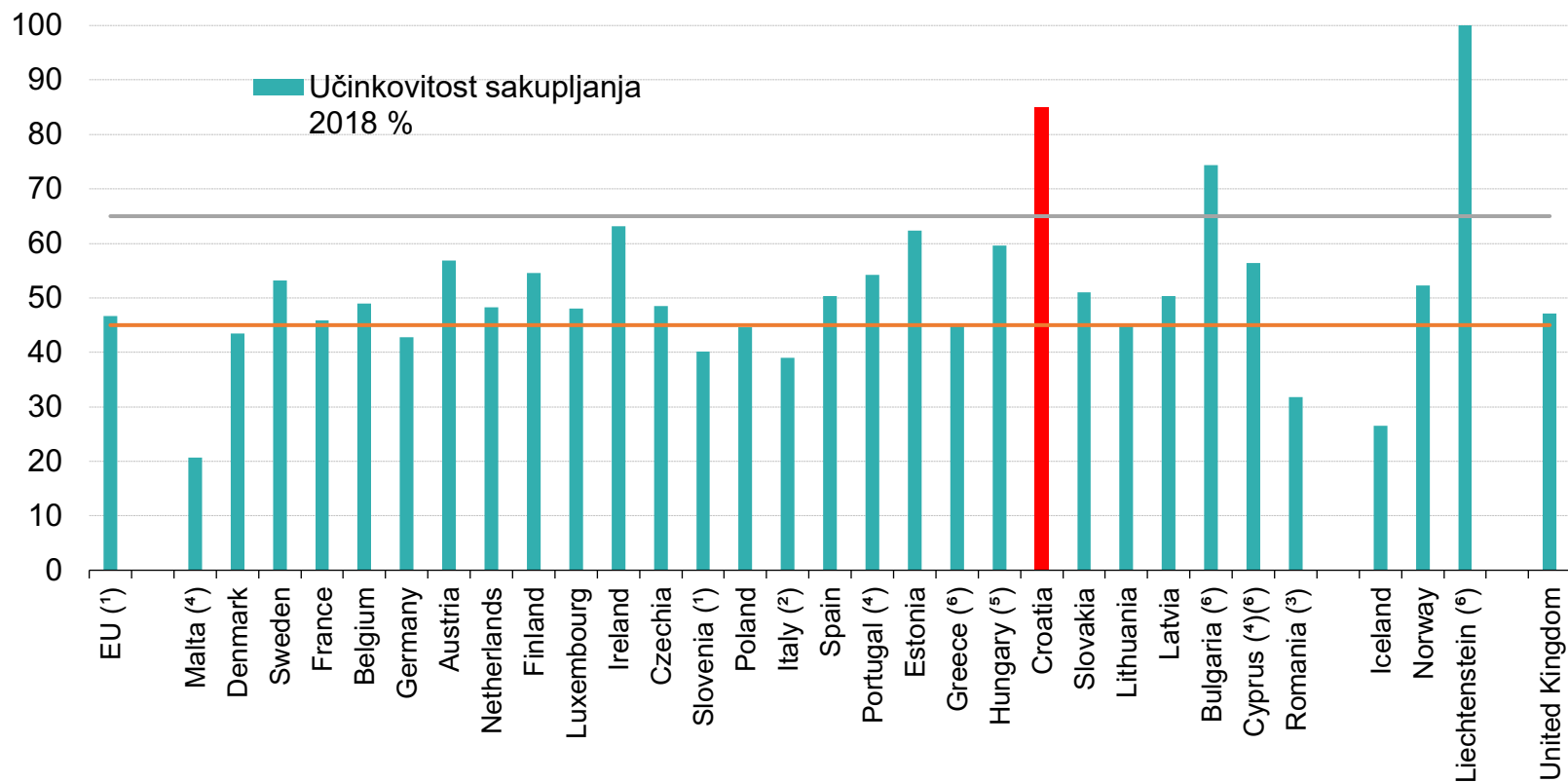
6. Rezultati i diskusija

6.1. Količine EE opreme stavljene na tržište

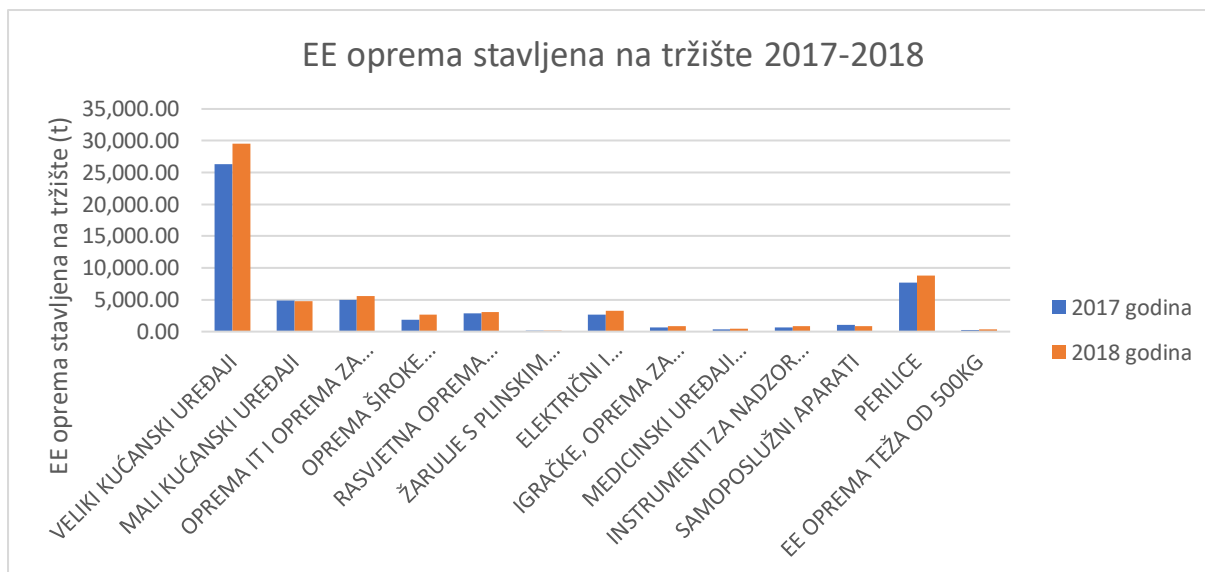
Kako je prethodno navedeno, načelo produžene odgovornosti proizvođača nameće obvezu prijave količina otpada koje su stavljene na tržište.

Temeljem dostupnih podataka iz EUROSTAT baze očevidno je da se na području EU količina EE opreme stavljena na tržište kreće od 7,5 kg/st (u Rumunjskoj) do 35,7 kg/st na Islandu za razmatrani periodu. Prosječna količina stavljene EE opreme na tržištu u EU je 19,1 kg/stanovniku, a Republika Hrvatska stavlja 11,9 kg/st EE opreme. Dobiveni podaci ukazuju na to da u Republici Hrvatskoj sustav evidencije EE opreme koja se stavlja na tržište ne obuhvaća svu EE opremu. Naime, temeljem postojećih propisa, posjednik, odnosno proizvođač otpada samostalno prijavljuje količine EE opreme koja se stavlja na tržište. Može se procijeniti da usporedbom sa prosjekom u EU, u Republici Hrvatskoj prijavljuje (evidentira u sustav) cca **62 %** EE opreme koja se stavi na tržište.

Učinkovitost sakupljanja EE otpada (EE oprema stavljena na tržište u tri protekle godine (2015-2017) i EE otpad sakupljen u 2018 (%))



Slika 5. Učinkovitost sakupljanja EE otpada za 2018. godinu

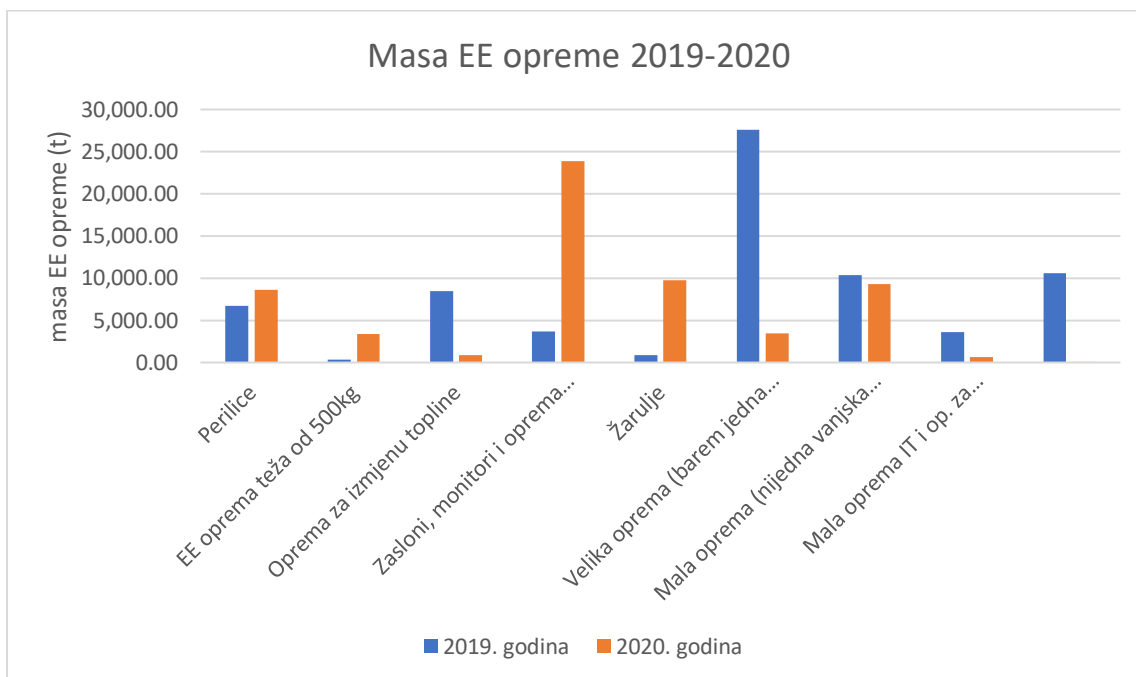


Slika 6. EE oprema stavljena na tržište u RH 2017.-2018. godine

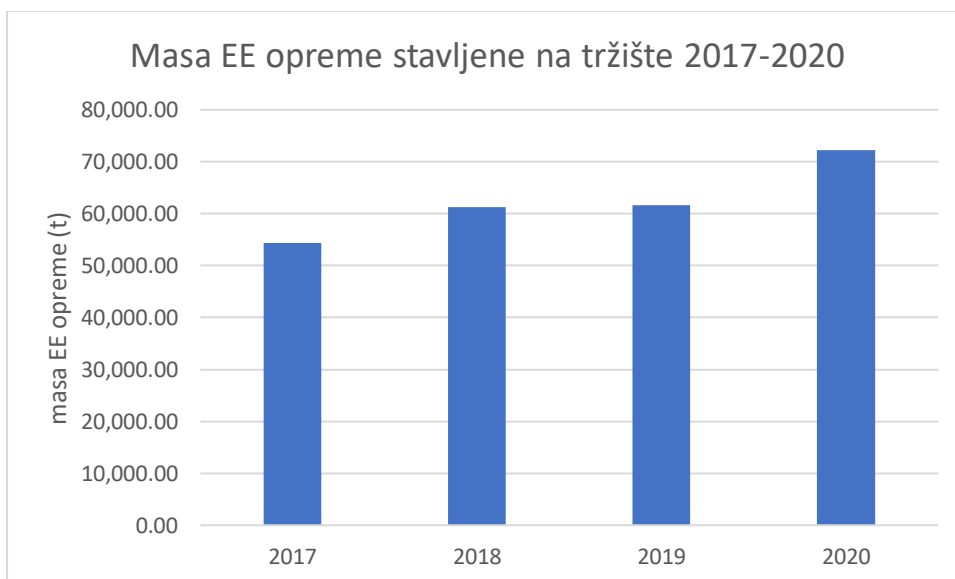
Analizom distribucije EE opreme koja je stavljena na tržište tijekom 2017. i 2018. godine vidljivo je da veliki kućanski aparati zauzimaju udio od cca 48 % dok perilice koje su također veliki kućanski aparati zauzimaju udio od cca 14 %. Iste su zasebno iskazane u izvještajnim dokumentima jer proizvođači plaćaju različitu naknadu za ove kategorije. Naime, perilice u sebi u pravilu sadrže kamen koji im znatno povećava masu, pa su i u izvješćima zasebno iskazane. Općenito govoreći, više od 50 % EE opreme (maseno) otpada na velike kućanske aparate dok je ostatak EE opreme obuhvatio sve druge kategorije. Dodatno značajnije razlike u količinama koje su stavljene na tržište nisu evidentne.

Od 2018. godine EE oprema prestaje se dijeliti na 10 kategorija i primjenjuje se podjela na 6 kategorija. Kao potkategorija ostale su perilici i EE oprema teža od 500 kg. Tako za 2019. i 2020. godinu distribucija podataka o količinama koje su stavljene na tržište nije usporediva s prethodnim godinama. U ovom periodu vidljivo je da je u 2020. godini došlo do značajnog povećanja količina EE opreme kategorije zaslona i monitora te žarulja, dok su količine opreme za izmjenu topline i male opreme IT značajno porasle u odnosu na prethodne godine.

Bez obzira na razlike u količinama pojedinih komponenti, ako se razmatraju ukupne količine EE opreme stavljene na tržište vidljivo je povećanje količina EE opreme u 2020. godini i to za cca 25% u odnosu na 2017. godinu.



Slika 7. Masa EE opreme stavljena na tržište RH 2019.-2020. godine po kategorijama



Slika 8. EE oprema stavljena na tržište 2017.-2020. godine

6.2. Sakupljene količine EE otpada

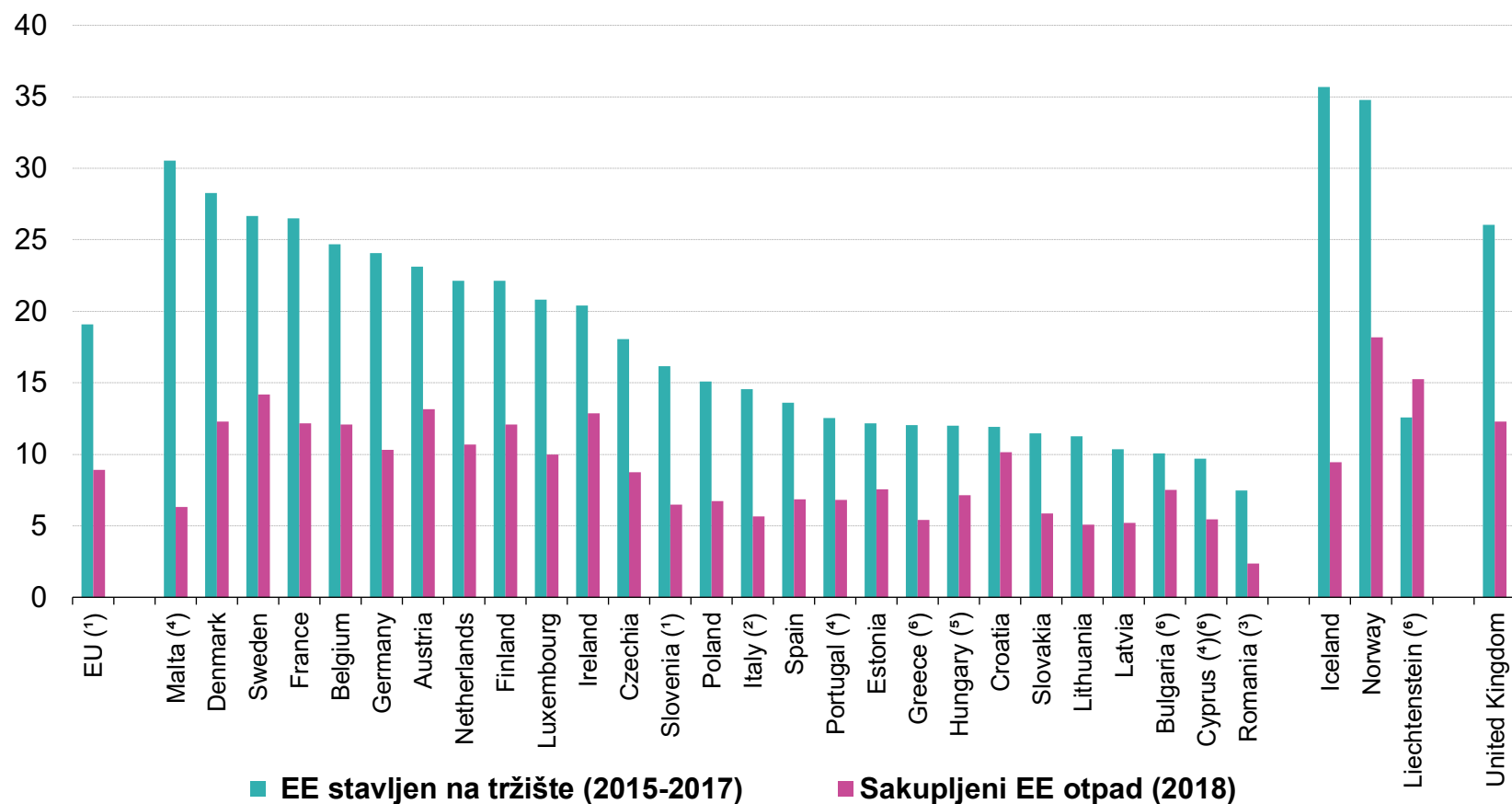
Analizom izračuna učinkovitosti sakupljanja EE otpada u odnosu na prosjek količina EE opreme koje su stavljene prethodne tri godine na tržište vidljivo je da se učinkovitost sustava u Republici Hrvatskoj značajno veća od prosjeka EU. Naime prosjek EU iznosi 46,3%, dok prosjek Republike Hrvatske u učinkovitosti sakupljanja iznosi 85,06%. Ako se izuzme učinkovitost sakupljanja Lihtenštajna koja je 121,43%, što znači da je sakupljeno više nego je stavljeno na tržište, a za što se može pretpostaviti da je metodološka greška, Republika Hrvatska ima najveću statističku učinkovitost u Europskoj uniji. Ukoliko se uzme u obzir prethodno navedeno da se prijavljuje oko 60% EE opreme, tada dobiveni rezultat o učinkovitosti opravdava prethodnu tvrdnju. Ukoliko bi se pretpostavilo da se na tržište Republike Hrvatske prijavi sva realno stavljena količina EE opreme (a ne samo 60%), utoliko je za sakupljene količine u 2018. godini učinkovitost sakupljanja **53,4%** što je ispod propisanih ciljeva za ovu kategoriju.

Temeljem analize podataka za 2017-2018. godinu za sakupljanje EE otpada na području Republike Hrvatske vidljiv je porast sakupljenih količina u svim kategorijama. Međutim, ukoliko se ti podaci razmatraju u postotnom udjelu, tada je vidljivo da je udio pojedine kategorije koja je sakupljena nepromijenjen. Naime, vidljivo je da je najviše sakupljeno (50%) velikih kućanskih uređaja. Ova kategorija zajedno s kategorijom IT (13%) i opreme za telekomunikacije i opreme široke potrošnje (31%) predstavlja oko 94% svog EE otpada koji je sakupljen na području Republike Hrvatske.

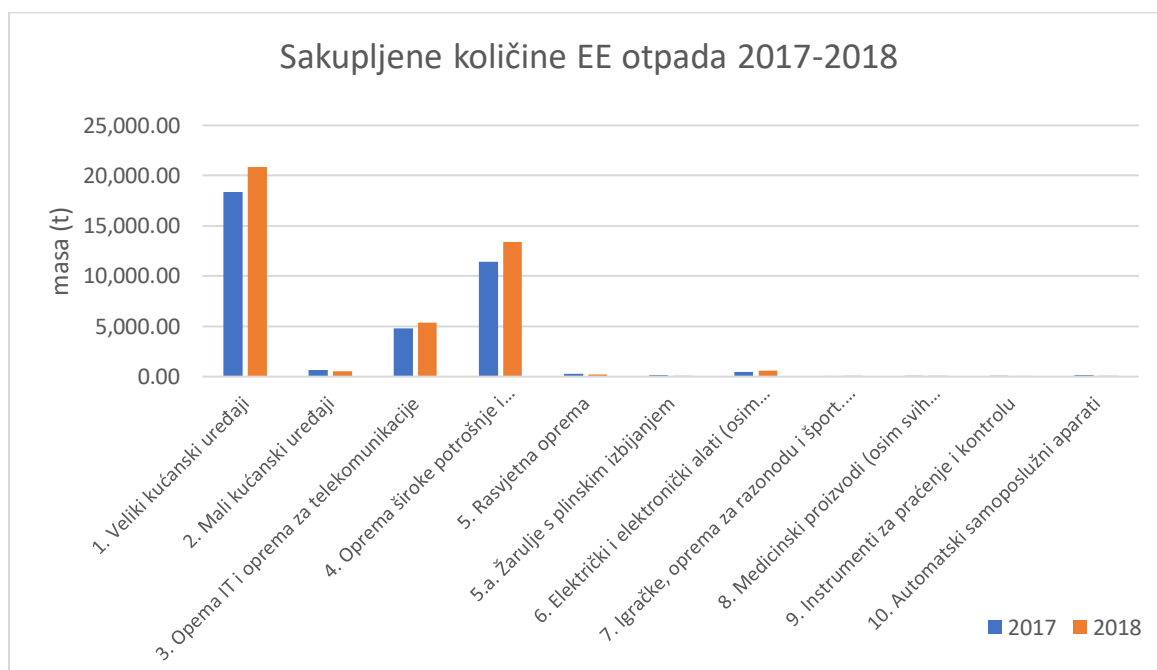
Ukoliko se razmatraju količine EE otpada koje su sakupljene tada je vidljivo da u period 2019-2020. godina bilježimo blagi rast sakupljenih količina za opremu za izmjenu topline, zaslone i monitore i malu opremu u 2020. godini, dok se količina velike opreme neznatno smanjuje u odnosu na 2019. godinu.

Isto kao i u periodu od 2017.-2018. godine, ukoliko razmatramo maseni udio pojedine kategorije vidljivo je da su udjeli skoro nepromijenjeni. Oko 86% otpada na veliku opremu (44 %) zatim zaslone i monitori (27%), te oprema za izmjenu topline (17%).

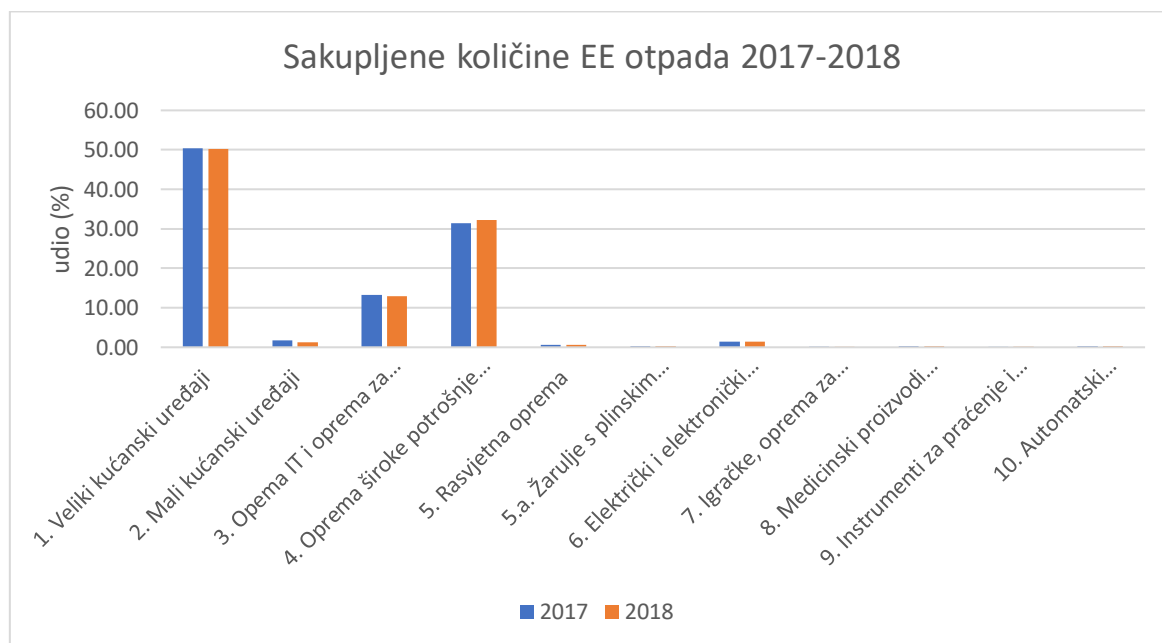
EE oprema stavljena na tržište u tri protekle godine (2015-2017) i EE otpad sakupljen u 2018 (kilogrami po stanovniku)



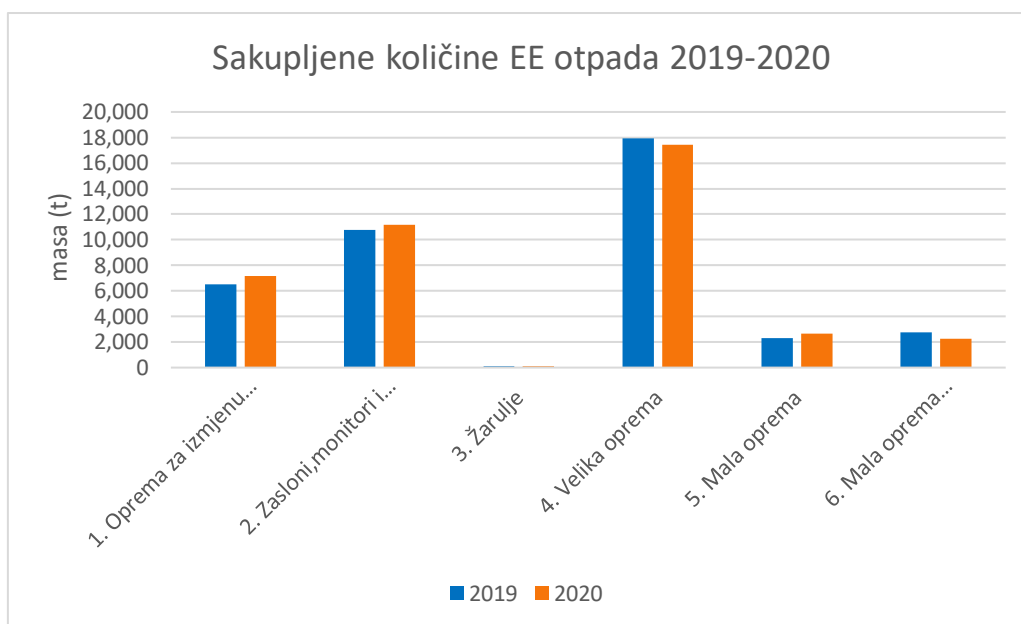
Slika 9. EE oprema stavljena na tržište u tri protekle godine (2015.-2017.) i EE otpad sakupljen u 2018. godini



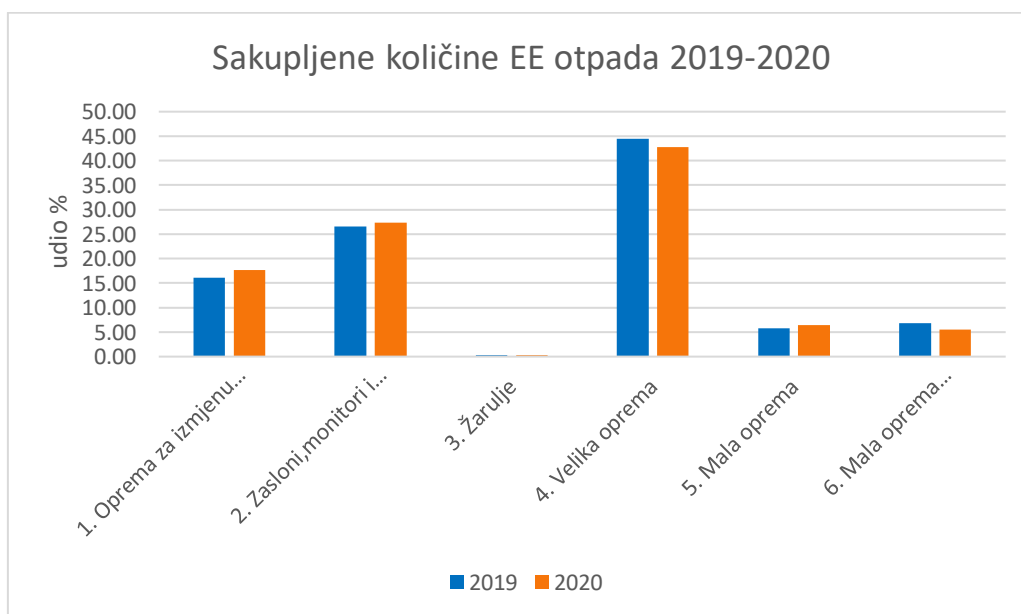
Slika 10. Prikaz sakupljenih količina (masa) EE otpada po kategorijama 2017.-2018. godine



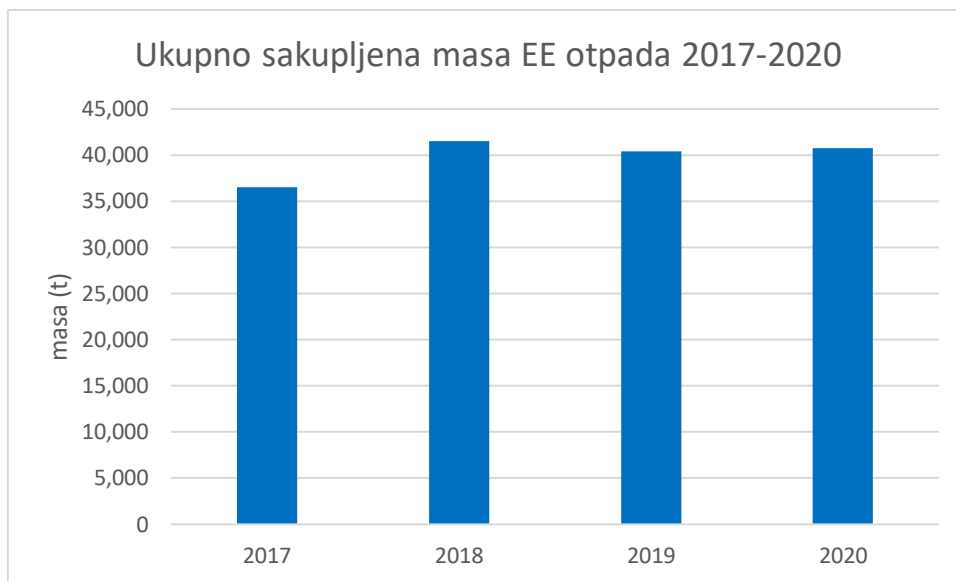
Slika 11. Prikaz sakupljenih količina (udio) EE otpada po kategorijama 2017.-2018. godine



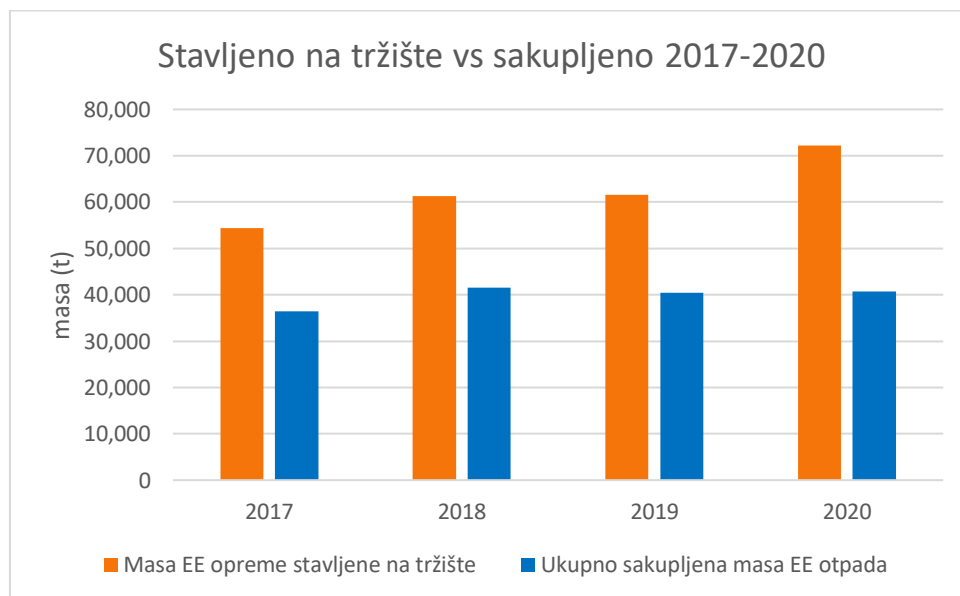
Slika 12. Prikaz sakupljenih količina (masa) EE otpada po kategorijama 2019.-2020. godine



Slika 13. Prikaz sakupljenih količina (udio) EE otpada po kategorijama 2019.-2020. godine

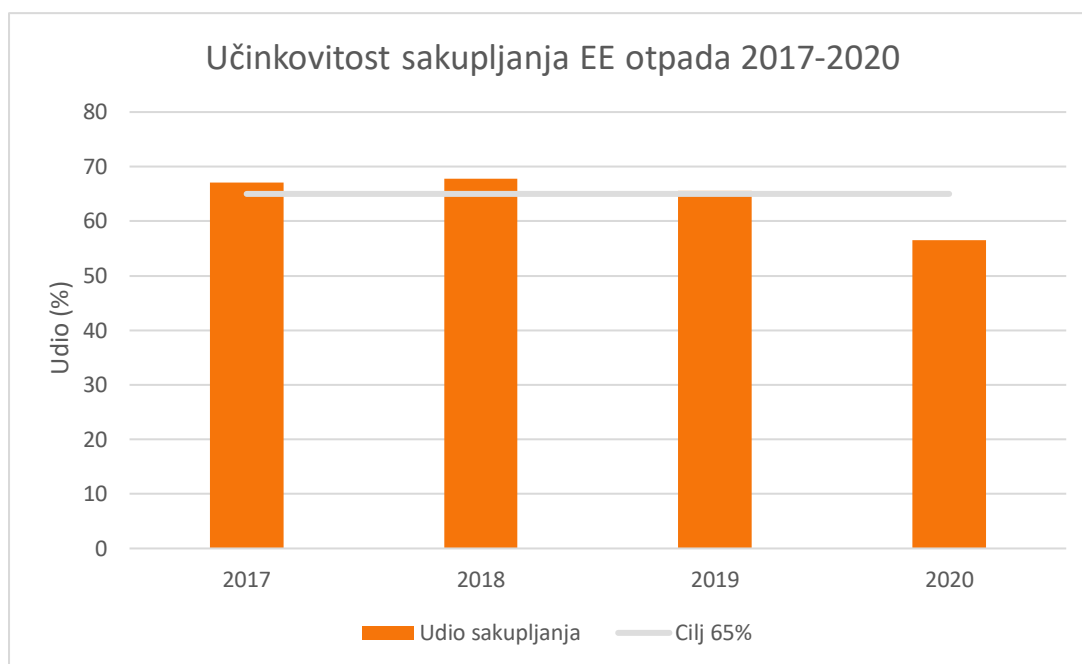


Slika 14. Ukupno sakupljene količine EE otpada od 2017. -2020. godine



Slika 15. EE oprema stavljena na tržište i sakupljeni EE otpad 2017.-2020. godine

Analizom podataka za sakupljeni EE otpad vidljivo je da se količine koje se sakupljaju neznatno razlikuju u periodu od 2017-2020. godine. Ukoliko se razmatra ispunjenje cilja, tada je vidljivo da je zbog povećanja količina EE opreme koja je stavljena na tržište, a konstante količine sakupljanja u 2020. godini cilj od 65% sakupljenog EE otpada u odnosu na ono što je stavljeno na tržište nije ispunjen. Povećanje količina EE opreme koja je stavljena na tržište može biti zbog aktivnije identifikacije obveznika.



Slika 16. Učinkovitost sakupljanja 2017. -2020. godine

6.3. Analiza uporabe i zbrinjavanja EE otpada

Za potrebe izrade analize uporabe i zbrinjavanja uzeti su podaci za 2019. i 2020. godinu. Podaci su dani u tablici 6.

Tablica 6. Prikaz načina obrade sakupljene EE opreme u 2019. i 2020. godini

2019	Uzeto u obradu = obrađeno	Oporabljeno	Reciklirano i ponovo oporabljeno	Energetska uporaba	Zbrinjavanje	Gubici
	2=3+6+7	3=4+5	4	5	6	7
1. Oprema za izmjenu topline (t)	6.430	6.430	6.430	0	0	0
2. Zasloni,monitori> 100 cm ² (t)	10.467	9.545	9.545	0	922	0
3. Žarulje (t)	153	119	119	0	34	0
4. Velika oprema (t)	17.874	17.561	17.543	19	313	0
5. Mala oprema (t)	2.772	2.168	2.168	0	604	0
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije (t)	2.596	2.099	2.099	0	498	0
Ukupno(t)	40.292	37.922	37.903	19	2.370	0
2020	Uzeto u obradu = obrađeno	Oporabljeno	Reciklirano i ponovo oporabljeno	Energetska uporaba	Zbrinjavanje	Gubici
	2=3+6+7	3=4+5	4	5	6	7
1. Oprema za izmjenu topline (t)	7.171	7.171	7.171	0	0	0
2. Zasloni, monitori > 100 cm ² (t)	10.948	9.922	9.922	0	1.026	0
3. Žarulje (t)	100	91	91	0	9	0
4. Velika oprema (t)	17.507	17.079	17.065	14	429	0
5. Mala oprema (t)	2.701	2.447	2.447	0	254	0
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije (t)	2.364	2.142	2.142	0	222	0
Ukupno(t)	40.792	38.851	38.838	14	1.940	0

Učinkovitost uporabe koja uključuje i materijalnu i energetska uporabu EE opreme bila je 95% za 2019. godinu i 94% za 2020. godinu, dok je ostatak EE otpada zbrinut nekim od D postupaka (odlaganje). Energetska uporaba EE otpada bila je zanemariva (manja od 1%) što predstavlja visoku učinkovitost uporabe EE otpada. Jedino se dio velike opreme predao na energetska uporabu.

6.4. Procjena potencijala kružnog gospodarstva u EE otpadu

Za procjenu potencijala kružnog gospodarstva uzete su količine EE otpada koji je sakupljen u 2019.-2020. godini. Temeljem podataka iz stručne literature navedenih u poglavlju 3. napravljena je procjena potencijala sirovina koje je moguće iskoristiti pri obradi EE otpada.

Za potrebe procjene potencijala uzeti su slijedeći podaci:

Tablica 7. Usporedni prikaz kategorija prema Pravilniku i korištenih podataka iz literature

Podjela prema Pravilniku	Udio sirovine iz literature Tablica x (%)	Fe	Metal koji nije Fe	Staklo	Plastika	Elektroničke komponente	Drugo
1. Oprema za izmjenu topline	Hladnjaci i zamrzivači	64,40	6,00	1,40	13,00	-	15,10
2. Zasloni, monitori i oprema koja sadrži zaslone veće od 100 cm ²	Tv oprema	5,30	5,40	62,00	22,90	0,9	3,50
3. Žarulje	Fluorescentne lampe	0,60	1,40	9,9		-	4,10
4. Velika oprema	Uređaji za kopiranje	58,00	8,00	7,00	9,00	2,00	16,00
5. Mala oprema	Mali uređaji	38,00	21,00	49,00	49,00	49,00	49,00
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije	Osobna računala	53,30	8,40	15,00	23,30	17,30	0,70

Tablica 8. Prikaz količina EE otpada koji je uzet u proračun za 2019.-2020. godinu

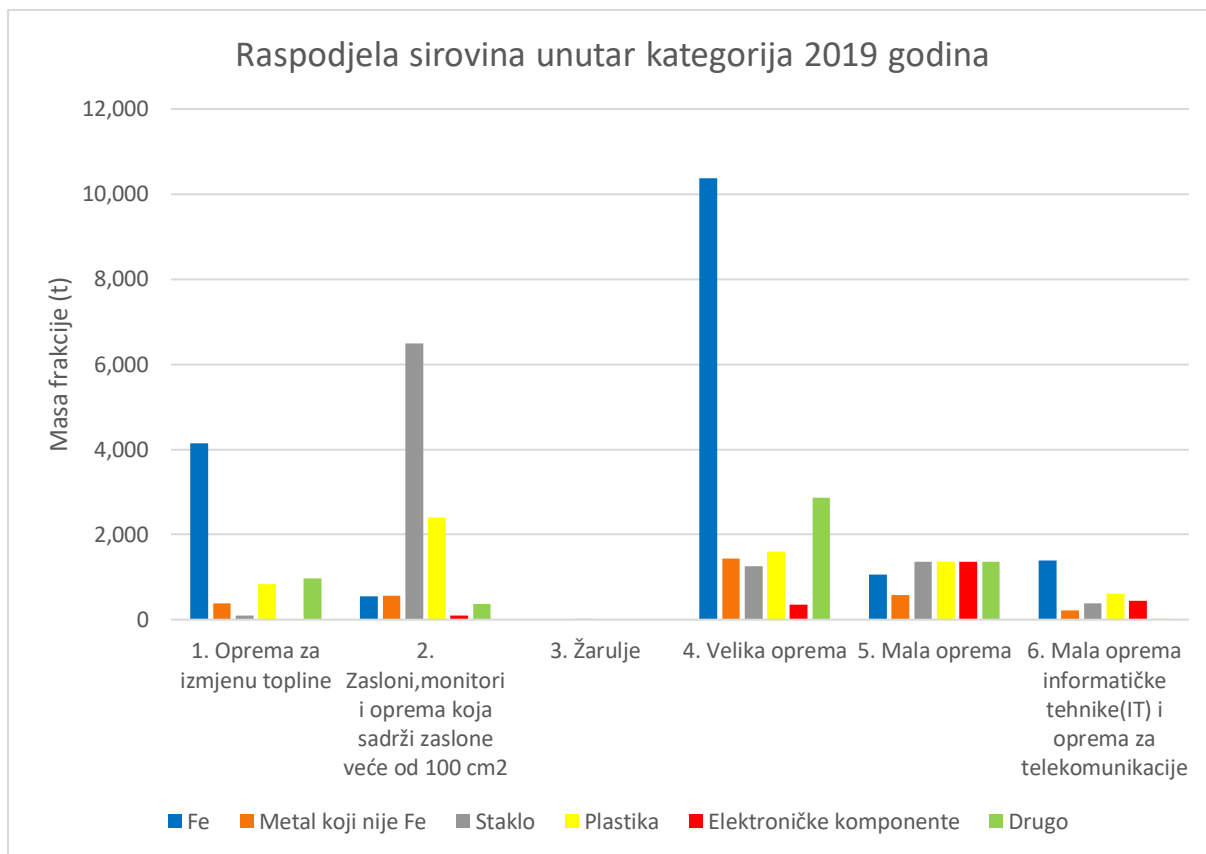
Podjela prema Pravilniku	Udio sirovine iz literature Tablica x	2019 Količine zaprimljene na oporabu	2020 Količine zaprimljene na oporabu
1. Oprema za izmjenu topline	Hladnjaci i zamrzivači	6.430	7.171
2. Zasloni, monitori i oprema koja sadrži zaslone veće od 100 cm ²	Tv oprema	10.467	10.948
3. Žarulje	Fluorescentne lampe	153	100
4. Velika oprema	Uređaji za kopiranje	17.874	17.507
5. Mala oprema	Mali uređaji	2.772	2.701
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije	Osobna računala	2.596	2.364
Ukupno		40.292	40.792

Tablica 9. Procjena potencijala kružnog gospodarstva za EE otpad 2019. Godina

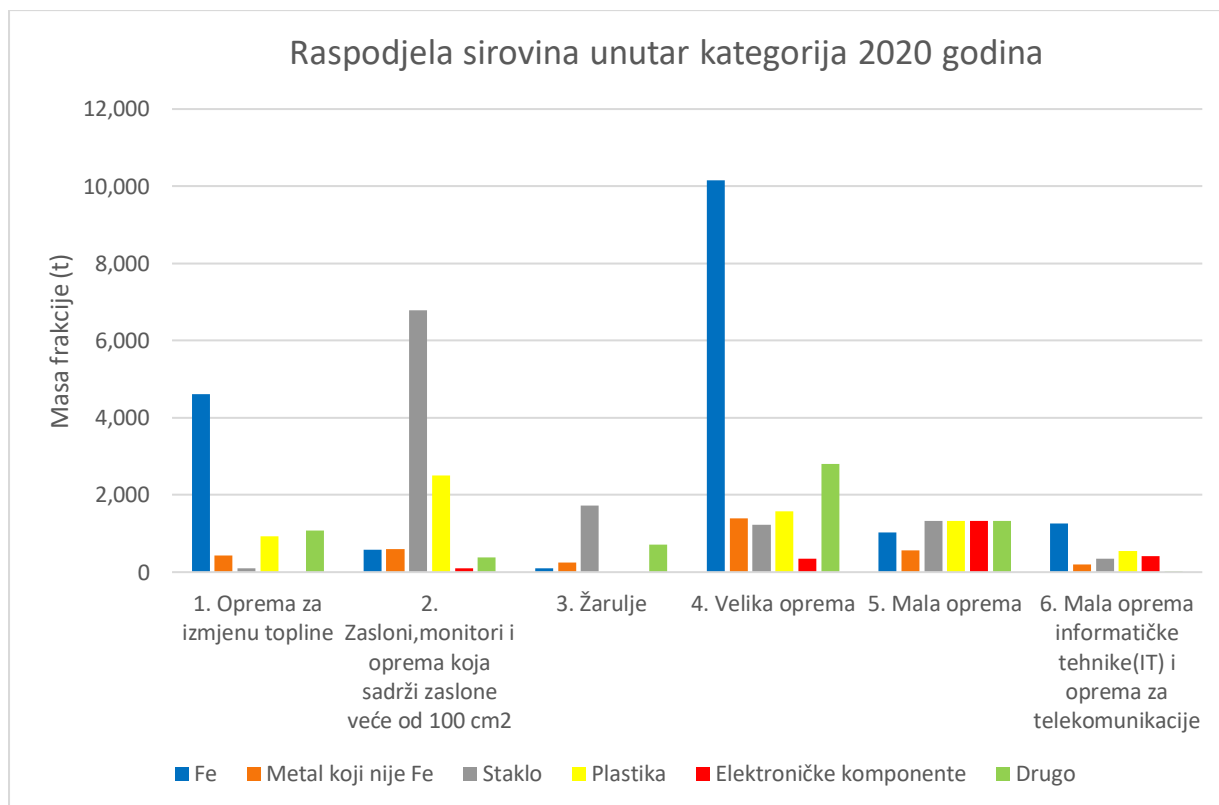
Podjela prema Pravilniku	Udio sirovine iz literature Tablica x (%)	2019 količine koje su ušle u obradu (t)	Fe	Metal koji nije Fe	Staklo	Plastika	Elektroničke komponente	Drugo
1. Oprema za izmjenu topline	Hladnjaci i zamrzivači	6.430	4.141	386	90	836	0	971
2. Zasloni, monitori i oprema koja sadrži zaslone veće od 100 cm ²	Tv oprema	10.467	555	565	6.490	2.397	94	366
3. Žarulje	Fluorescentne lampe	153	1	2	15	0	0	6
4. Velika oprema	Uređaji za kopiranje	17.874	10.367	1.430	1.251	1.609	357	2.860
5. Mala oprema	Mali uređaji	2.772	1.053	582	1.358	1.358	1.358	1.358
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije	Osobna računala	2.596	1.384	218	389	605	449	18
Ukupno		40.292	17.501	3.183	9.594	6.805	2.259	5.580

Tablica 10. Procjena potencijala kružnog gospodarstva za EE otpad 2020. Godina

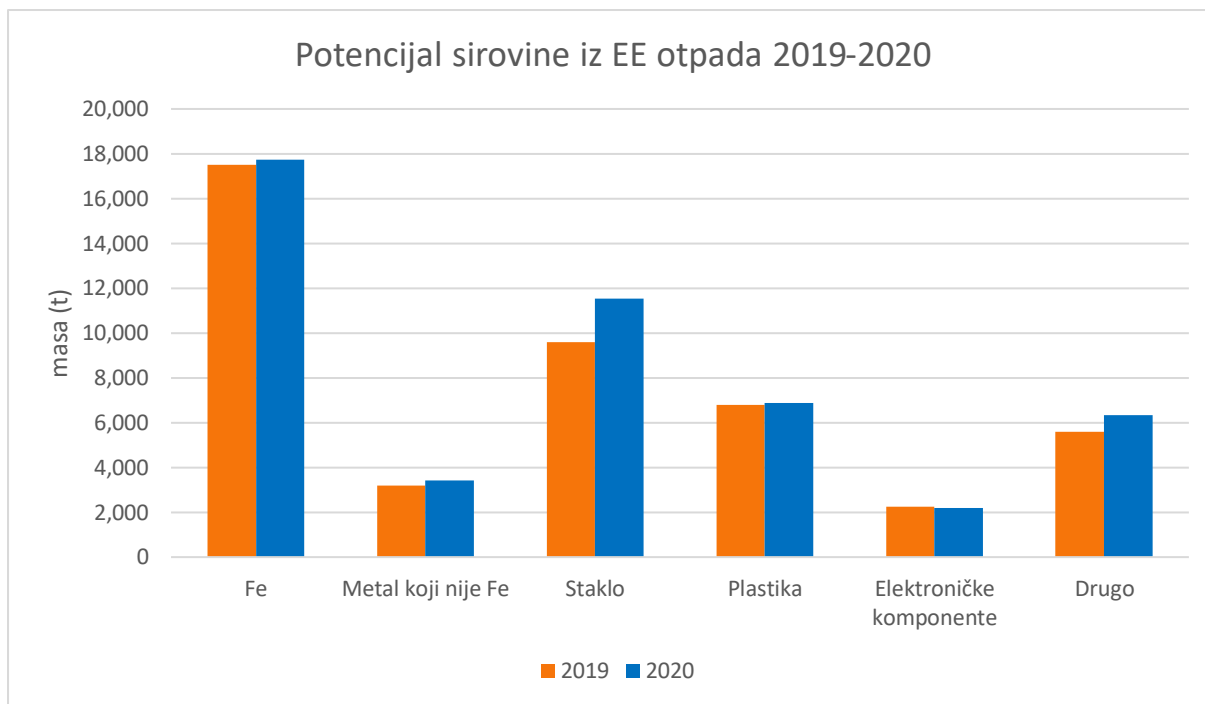
Podjela prema Pravilniku	Udio sirovine iz literature Tablica x (%)	2020 količine koje su ušle u obradu (t)						Elektroničke komponente	Drugo
			Fe	Metal koji nije Fe	Staklo	Plastika			
1. Oprema za izmjenu topline	Hladnjaci i zamrzivači	7.171	4.618	430	100	932	0	1.083	
2. Zasloni, monitori i oprema koja sadrži zaslone veće od 100 cm ²	Tv oprema	10.948	580	591	6.788	2.507	99	383	
3. Žarulje	Fluorescentne lampe	100	105	245	1.733	0	0	718	
4. Velika oprema	Uređaji za kopiranje	17.507	10.154	1.401	1.225	1.576	350	2.801	
5. Mala oprema	Mali uređaji	2.701	1.026	567	1.323	1.323	1.323	1.323	
6. Mala oprema informatičke tehnike(IT) i oprema za telekomunikacije	Osobna računala	2.364	1.260	199	355	551	409	17	
Ukupno		40.792	17.744	3.433	11.525	6.889	2.181	6.325	



Slika 17. Raspodjela sirovina unutar kategorija 2019



Slika 18. Raspodjela sirovina unutar kategorija 2020



Slika 19. Potencijal sirovine iz EE otpada 2019-2020

Temeljem provedenih proračuna vidljivo je da u slučaju uporabe opreme za izmjenu topline udio željeza je najveći kao i kod velike opreme. Kod zaslona i monitora najveći udio sirovine koja nastaje nakon recikliranja je staklo što je bilo i za očekivati, a ova kategorija sadrži i značajan udio plastike. Velika oprema koja se reciklira daleko najviše sadrži željezo i druge vrste otpada koje ne spadaju u osnovne kategorije. Kod male opreme distribucija udjela svih analiziranih materijala je ravnomjerna. Dodatnom analizom nije utvrđena značajna razlika između udjela pojedinih materijala u 2019. i 2020. godinom. Konačno, može se zaključiti da je iz EE otpada željezo najzastupljenije i to s oko 17%. Staklo koje je po proizvedenoj količini odmah iza željeza i s cca 11%, a plastika predstavlja treću zastupljenu komponentu s oko 6%. Ako se dobiveni podaci usporede s prethodno navedenim, a to je da se više od 95% EE otpada reciklira, a samo 5% odloži, vidljivo je da u Republici Hrvatskoj postojeći sustav radi u skladu s kružnim gospodarstvom u smislu iskorištavanja vrijednih sirovina.

U ovom radu nisu analizirani rijetki metali i njihov potencijal u EE otpadu čije iskorištavanje također spadaju u kružno gospodarstvo. Rijetki metali primarno se nalaze u dijelu elektroničkih komponenti i kada su elektroničke komponente zasebno izdvojene (kao što je to ovdje slučaj) moguće je njihovo daljnje recikliranje.

7. Zaključak

EE oprema najbrže je rastuća kategorija otpada u svijetu. Temeljem analize službenih podataka za EE opremu koja se stavlja na tržište i EE otpad koji je sakupljen i obrađen može se zaključiti da je Republika Hrvatska ispunila cilj sakupljanja EE otpada do 2019. godine, a u 2020. godini taj cilj nije ispunjen. Razlog neispunjenja je u tome što se količina EE opreme koja je stavljena na tržište značajno povećala, a količina sakupljenog EE otpada ostala je na razini 2019. godine. Analizom sveukupno stavljene EE opreme na tržište u periodu od 2017. do 2020. godine zamijećen je trend porasta što je u skladu sa svjetskim podacima. Analize su pokazale da je u svim razmatranim godinama velika oprema najzastupljenija i to s udjelom oko 50%. Analizom obrade pojedinih kategorija za 2019. i 2020. godinu utvrđeno je da je učinkovitost uporabe koja uključuje materijalnu energetska uporabu EE opreme bila oko 95% dok se cca. 5% otpada zbrinjavalo, što predstavlja visoku učinkovitost uporabe EE otpada. Procjenom potencijala primjene kružnog gospodarstva za EE otpad utvrđeno je da najveći udio sirovine koje je moguće izvući iz EE otpada zauzima željezo s oko 17%, a zatim staklo s oko 12%. Temeljem svega navedenog može se zaključiti da u Republici Hrvatskoj postojeći sustav radi u skladu s kružnim gospodarstvom i iskorištavanjem vrijednih sirovina.

8. Literatura

1. Pravilnik o katalogu otpada (NN RH 90/2015)
2. Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/2021)
3. Zatvaranje kruga – akcijski plan EU-a za kružno gospodarstvo, Bruxelles, 2.12.2015. COM(2015) 614 final,
4. Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017-2022. godine (NN RH 3/2017)
5. Pravilnik o gospodarenju otpadnom električnom i elektroničkom opremom (NN RH 42/14, 48/14, 107/14, 139/14, 11/2019, 7/20)
6. [Http://portal.hr/vijesti/clanak/znete-li-koliko-je-hrvatska-lani-proizvela-otpada-20150423](http://portal.hr/vijesti/clanak/znete-li-koliko-je-hrvatska-lani-proizvela-otpada-20150423), pristup 15.9.2021
7. Pinasseau, A., Zerger, B., Roth, J., Canova, M. and Roudier, S., Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste treatment Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Dostupan na: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113018>. Datum pristupa: 15.08. 2021
8. Link: Refrigerator Recycling Program | Imperial Irrigation District (iid.com) pristup: 15.9.2021
9. E-waste scenario in India, its management and implications Article in Environmental Monitoring and Assessment · February 2010, DOI: 10.1007/s10661-010-1331-9
10. Priručnik o procjeni e otpada iz programa zaštite okoliša UNA (svezak 1). Podatci prikupljeni iz uredbe o otpadu od električne i elektroničke opreme (WEEE) – količine, opasne tvari, EEA
11. Jovičić N., Kalambura S., Pehar A., Zbrinjavanje električnog i elektroničkog otpada u RH – rezultati i izazovi, Gospodarenje otpadom Varaždin, 2012.
12. Lee, J.C. i sur.; Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea; Resources, Conservation and Recycling. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/>. Datum pristupa: 15.08. 2021.
13. European Commission Eurostat, Summary – Document of the waste electrical and electronic equipment rates and targets
14. Mišljenje s analizom sustava gospodarenja EE otpadom te mjere za poboljšanje sustava, GFV, 2016

9. Popis slika

Slika 1.	Prikaz EE opreme/otpada []	3
Slika 2.	Ključni brojevi kojima je moguće karakterizirati EE otpad.....	4
Slika 3.	Sastav hladnjaka[].....	6
Slika 4.	Shematski prikaz sustava sakupljanja []	23
Slika 5.	Učinkovitost sakupljanja EE otpada za 2018. godinu	26
Slika 6.	EE oprema stavljena na tržište u RH 2017-2018.....	27
Slika 7.	Masa EE opreme stavljena na tržište RH 2019-2020 po kategorijama	28
Slika 8.	EE oprema stavljena na tržište 2017-2020 godine	28
Slika 9.	EE oprema stavljena na tržište u tri protekle godine (2015-2017) i EE otpad sakupljen u 2018. godini.....	30
Slika 10.	Prikaz sakupljenih količina (masa) EE otpada po kategorijama 2017-2018.....	31
Slika 11.	Prikaz sakupljenih količina (udio) EE otpada po kategorijama 2017-2018.....	31
Slika 12.	Prikaz sakupljenih količina (masa) EE otpada po kategorijama 2019-2020.....	32
Slika 13.	. Prikaz sakupljenih količina (udio) EE otpada po kategorijama 2019-2020.....	32
Slika 14.	Ukupno sakupljene količine EE otpada od 2017-2020.....	33
Slika 15.	EE oprema stavljena na tržište i sakupljeni EE otpad 2017-2020	33
Slika 16.	. učinkovitost sakupljanja 2017-2020	34
Slika 17.	Raspodjela sirovina unutar kategorija 2019	42
Slika 18.	Raspodjela sirovina unutar kategorija 2020	42
Slika 19.	Potencijal sirovine iz EE otpada 2019-2020	43

10. Popis tablica

Tablica 1.	Prosječan sastav hladnjaka [8]	7
Tablica 2.	Prosječan sastav pojedine vrste EE otpada [,]	8
Tablica 3.	Ciljevi za recikliranje EE otpada do kolovoza 2018. godine []	16
Tablica 4.	Recikliranje/priprema za ponovu upotrebu	17
Tablica 5.	Popis koncesionara i sakupljača.....	18
Tablica 6.	Prikaz načina obrade sakupljene EE opreme u 2019 i 2020 godini	36
Tablica 7.	Usporedni prikaz kategorija prema Pravilniku i korištenih podataka iz literature 38	
Tablica 8.	Prikaz količina EE otpada koji je uzet u proračun za 2019-2020	39
Tablica 9.	Procjena potencijala kružnog gospodarstva za EE otpad 2019. Godina	40
Tablica 10.	Procjena potencijala kružnog gospodarstva za EE otpad 2020. Godina.....	41