

Zbrinjavanje dotrajalih osobnih automobila

Kovčaliya, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:855361>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Kovčalija

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Ivan Kovčaliya

Zagreb, 2022.

ZADATAK**ZAVRŠNI ZADATAK**Student: **Ivan Kovčalijs**JMBAG: **0035211656**Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Zbrinjavanje dotrajalih osobnih automobila**Naslov rada na engleskom jeziku: **Management of end-of-life passenger cars**

Opis zadatka:

Osobni su automobili jedan od najrasprostranjenijih proizvoda. Sadrže tisuće komponenti od kojih mnoge mogu biti uspješno demontirane, popravljane i ponovno korištene, ili pak upućene na daljnje postupke reciklaže.

U radu je potrebno:

1. opisati problem odlaganja dotrajalih osobnih automobila i utjecaj na okoliš
2. istražiti i opisati postojeće tehnologije demontaže i recikliranja dotrajalih osobnih automobila
3. predložiti poboljšana rješenja zbrinjavanja dotrajalih osobnih automobila u Republici Hrvatskoj.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2021.

1. rok: 24. 2. 2022.**1. rok:** 28. 2. – 4. 3. 2022.**2. rok (izvanredni):** 6. 7. 2022.**2. rok (izvanredni):** 8. 7. 2022.**3. rok:** 22. 9. 2022.**3. rok:** 26. 9. – 30. 9. 2022.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Prof. dr. sc. Branko Bauer

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem prof. dr.sc. Zoranu Kunici na pomoći i stručnim savjetima tijekom izrade završnog rada.

U Zagrebu, 25. veljače 2022.

Ivan Kovčalijs

SAŽETAK

U radu je razmotreno suvremeno gospodarenje otpadom, s posebnim naglaskom na automobilski otpad, njegov utjecaj na okoliš te postojeće i nove tehnologije obrade otpadnih automobila. Opisano je stanje i količina automobilskog otpada u Republici Hrvatskoj kao i zakoni i direktive kojima se regulira procesiranje osobnih otpadnih vozila. Predloženo je usvajanje i realizacija novog sustava demontaže s ciljanom demontažom dijelova vozila zasnovanom na praćenju stanja vozila i s korištenjem pokretne trake i ostale unaprijeđene opreme.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, dotrajalo osobno vozilo, recikliranje, demontaža

SUMMARY

This work discusses modern waste management, with special emphasis on automotive waste, its impact on the environment and existing technologies for waste car treatment. The condition and quantity of automotive waste in the Republic of Croatia is described, as well as laws and directives regulating passenger car waste. It is proposed to adopt and implement a new disassembly system with targeted disassembly of vehicle parts based on monitoring the condition of the vehicle and using a conveyor belt and other improved equipment.

Keywords: waste management, end-of-life-vehicle, recycling, disassembly

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| ZADATAK..... | I |
| IZJAVA..... | II |
| SAŽETAK..... | III |
| SUMMARY | IV |
| POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA | VII |
| POPIS SLIKA | VIII |
| POPIS TABLICA..... | X |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. OTPAD | 2 |
| 2.1. OPĆENITO O OTPADU | 2 |
| 2.2. PODJELA OTPADA | 2 |
| 2.3. RECIKLAŽNO DVORIŠTE | 5 |
| 2.4. GOSPODARENJE OTPADOM | 6 |
| 2.4.1. Hijerarhija zbrinjavanja otpada | 6 |
| 2.4.2. Načela gospodarenja otpadom | 7 |
| 2.5. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM (CGO)..... | 8 |
| 3. OTPADNA OSOBNA VOZILA (ELV)..... | 10 |
| 3.1. ZAKONI | 11 |
| 3.1.1. Republika Hrvatska | 11 |
| 3.1.2. Europska unija..... | 12 |
| 3.2. KOLIČINA ELV-A U REPUBLICI HRVATSKOJ | 14 |
| 3.2.1. Količina obrađenih ELV u Republici Hrvatskoj | 16 |
| 3.3. DIJELOVI AUTOMOBILA | 18 |
| 3.3.1. Motor..... | 18 |
| 3.3.2. Podvozje (šasija) | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.3. Karoserija | 19 |
| 3.3.4. Elektrijska i elektronika | 20 |
| 3.4. MATERIJALI U AUTOMOBILU | 20 |
| 3.5. EKOLOGIJA I ODRŽIVI RAZVOJ | 21 |
| 4. GOSPODARENJE ELV-OVIMA..... | 24 |
| 4.1. ZAPRIMANJE VOZILA | 25 |
| 4.2. ISPUŠTANJE TEKUĆINA IZ AUTOMOBILA | 25 |
| 4.3. DEMONTAŽA DIJELOVA | 26 |
| 4.3.1. Problemi u procesu demontaže | 27 |
| 4.3.2. IDIS | 28 |
| 4.4. DROBLJENJE | 28 |
| 4.4.1. Drobilice..... | 28 |
| 4.4.2. Tehnologije poslije drobljenja..... | 30 |
| 5. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA PROCESIRANJA ELV-A | 31 |
| 5.1. POBOLJŠANJE DEMONTAŽE | 32 |
| 5.2. KOLABORACIJA ČOVJEK-ROBOT | 38 |
| 6. ZAKLJUČAK | 39 |
| 7. LITERATURA..... | 41 |

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

| Oznaka | Mjerna jedinica | Značenje |
|----------|-----------------|---|
| CGO | – | Centar za gospodarenje otpadom |
| Cr(VI) | – | heksavalentni krom |
| ELV | – | eng. <i>end-of-life vehicle</i> – dotrajalo vozilo |
| eng | – | engleski |
| EV | – | eng. <i>electric vehicle</i> – električno vozilo |
| FZOEU | – | Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost |
| IDIS | – | eng. <i>International Dismantling Information System</i> – Međunarodni informacijski sustav za rastavljanje vozila |
| IR | – | eng. <i>infra red</i> – infracrveno |
| <i>m</i> | kg | masa |
| MINGOR | – | Ministarstvo gospodarstva |
| PVC | – | polivinil klorid |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1 Vrijeme razgradnje otpada u prirodi [2] | 3 |
| Slika 2. Udio vrste otpada u hrvatskom kućanstvu [3] | 4 |
| Slika 3. Reciklažno dvorište grada Pregrade..... | 5 |
| Slika 4. Hijerarhija odlaganja otpada [6] | 7 |
| Slika 5. Projekt izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Biljane Donje [8]..... | 9 |
| Slika 6. Zahtijevane stope recikliranja ostataka drobilica za ostvarivanje visoke ukupne stope recikliranja vozila..... | 13 |
| Slika 7. Uvoz osobnih vozila, 2007.–2019. [9]..... | 15 |
| Slika 8. Količina sakupljenih i obrađenih ELV [9]..... | 17 |
| Slika 9. Sastav automobila [14]..... | 18 |
| Slika 10. Udio materijala u ukupnoj masi automobila [16] | 21 |
| Slika 11. Aspekt ekologije i održivosti [17]..... | 22 |
| Slika 12. Glavni koraci u reciklaži ELV-a prema direktivi EU [11]..... | 24 |
| Slika 13. Uređaj za ispuštanje tekućina iz vozila ISQ VS [18]..... | 26 |
| Slika 14. Princip rada IR spektroskopije [20] | 27 |
| Slika 15. Pred-drobnica [22] | 29 |
| Slika 16. Drobljenje i postupci poslije drobljenja [16] | 30 |
| Slika 17. Primjena proširene stvarnosti pri demontaži automobila [24]..... | 31 |
| Slika 18. Ishikawa 6M uzročno-posljedični dijagram s područjima poboljšanja u procesu obrade [19] | 32 |
| Slika 19. Prijedlog novog postupka demontaže [19]..... | 33 |
| Slika 20. Dvostruki odvodni toranj [26]..... | 34 |
| Slika 21. Hidrauličke škare [26]..... | 34 |
| Slika 22. Stropni nosač [26] | 35 |
| Slika 23. Hidraulički okretač [27] | 35 |

| | |
|--|----|
| Slika 24. Pobjljšani proces demontaže vozila [27]..... | 37 |
| Slika 25. Radna stanica čovjek-robot [29] | 38 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Broj registriranih osobnih vozila u Republici Hrvatskoj za razdoblje 1997.–2019. [9] | 10 |
| Tablica 2. Procjena broja i količine cjelovitih otpadnih vozila kategorija propisanih Pravilnikom o otpadnim vozilima nastalih u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2001.–2019. [9] | 16 |
| Tablica 3. Ovlašteni obrađivači u sustavu FZOEU i obrađene količine cjelovitih vozila u 2019. [9] | 17 |

1. UVOD

Automobile čovjek počinje proizvoditi krajem 19. stoljeća. Masovnom proizvodnjom i rastom standarda u cijelom svijetu automobili postaju dio svakodnevnog života većine ljudi. U posljednjih 30 godina broj automobila se znatno povećao što je i dovelo do pitanja zbrinjavanja vozila na kraju životnog vijeka. Glavni preduvjet za uspješno zbrinjavanje automobilskog otpada i njegove pripreme je proces prikupljanja dotrajalih vozila i demontaže.

Procesiranje vozila u samom početku odvijalo se ručno, ali s vremenom kako su se automobili počeli masovno upotrebljavati došlo je do razvijanja novih procesa u gospodarenju automobilskim otpadom: zbog potrebe za velikim kapacitetima za obradu vozila dolazi do djelomične automatizacije procesa. Razvijaju se novi sustavi koji omogućuju najprije sortiranje materijala otpadnih vozila, a zatim i novi pristupi i alati za procese demontaže automobila kako bi se omogućila daljnja uporaba korisnih dijelova. I dan-danas udio ručnog rada je vrlo značajan posebno u smislu demontaže komponenti vozila, kojom se demontirane komponente mogu ponovno koristiti (izravno ili nakon popravka). Demontažom se povećava efikasnost reciklaže budući da se njome izbjegava neselektivnost destruktivnih procesa drobljenja, naime nakon drobljenja potrebni su procesi identificiranja materijala.

Zbog neadekvatnog postupanja pri odlaganju dotrajalih vozila i lošeg utjecaja na okoliš, pitanje zbrinjavanja otpada postaje jedno od ključnih pitanja današnjice. Važno je podizati svijest o štetnosti nepravilnog zbrinjavanja otpada i posljedicama koje takvi postupci ostavljaju na nas i našu okolinu.

2. OTPAD

2.1. OPĆENITO O OTPADU

„Otpad je svaka tvar ili proizvod koji nema daljnju vrijednost ili neku određenu primjenu za osobu ili organizaciju koja ih posjeduje. Jedna od definicija otpada je i ona iz Zakona o otpadu, gdje je otpad svaka tvar ili predmet određen kategorijama otpada propisanim provedbenim propisom ovog Zakona, koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti.“
[1]

Koristan otpad je otpad iz kojeg se dobivaju sekundarne sirovine (tvari koje se mogu reciklirati, odnosno ponovno koristiti kao što su metal, plastika, staklo i drugo); organski otpad može se kompostirati, a goriva tvar spaljivati. Otpad koji se ne može reciklirati naziva se nekorisni otpad ili smeće.

Otpad je izravno vezan za tehnološki i društveni razvoj čovječanstva. Sastav raznih vrsta otpada mijenjao se tijekom povijesti, a razvoj industrije i inovacije su povezani s nastankom otpadnog materijala.

2.2. PODJELA OTPADA

Otpad se može svrstati u više kategorija, ovisno o mjestu nastanka i prema svojstvima.

Prema svojstvima otpad se dijeli na:

- Opasan – uključuje otpad koji posjeduje jednu ili više karakteristika zahvaljujući kojima je opasan za život
- Inertan – neopasni otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama.

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na:

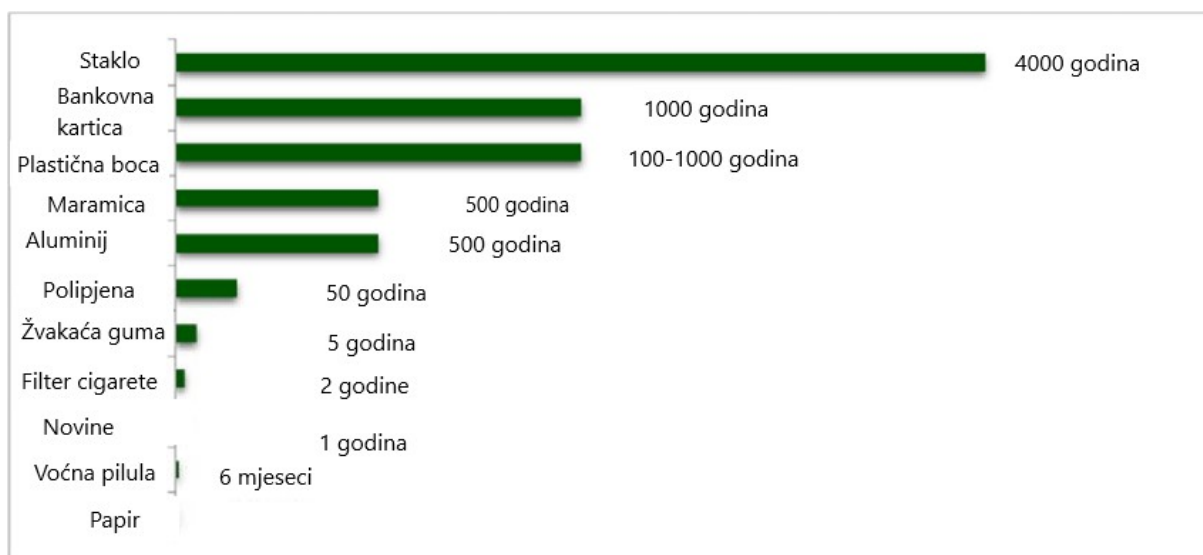
- Komunalni – nastaje u stambenim naseljima, a uključuje smeće iz domaćinstva, industrije i obrtništva, vrtni i tržišni otpad, razni komadni otpad, građevinski

otpad, ostatke od obrade komunalnih otpadnih voda. U principu, komunalni otpad spada u nadležnost komunalnih poduzeća.

- Tehnološki (industrijski) – nastaje u proizvodnim procesima, u gospodarstvu, ustanovama i uslužnim djelatnostima, a po količini, sastavu i svojstvima razlikuje se od komunalnog otpada. Proizvodnim otpadom se ne smatraju ostaci iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača.
- Građevinski – nastaje prilikom: proizvodnje građevinskog materijala, izgradnjom prometnica, novogradnjom, rušenjem i obnavljanjem građevina.
- Električni i elektronički - je otpadna električna i elektronička oprema uključujući sklopove i sastavne dijelove, koji nastaju u gospodarstvu (industriji, obrtu i slično) kao i otpadna električna i elektronična oprema nastala u kućanstvima ili u proizvodnim i/ili uslužnim djelatnostima kad je po vrsti i količini slična otpadu iz kućanstva.
- Otpadna vozila – vozila koja radi oštećenja, dotrajalosti ili drugih uzroka, posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti

Kako bi se riješio problem nagomilavanja otpada zbog dugotrajne razgradnje u prirodi proizvedeni otpad se reciklira.

Slika 1. prikazuje vrijeme potrebno nekim proizvodima da se razgrade prirodnim putem.



Slika 1 Vrijeme razgradnje otpada u prirodi [2]

Recikliranje je postupak obrade otpadnih materijala u svrhu dobivanja sirovina koje se mogu ponovno upotrijebiti.

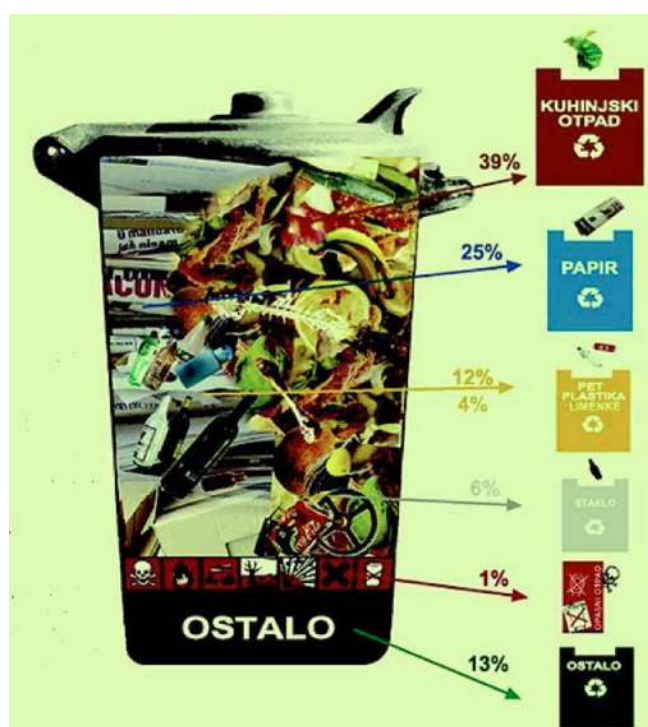
Recikliranje se sastoji od:

- skupljanja otpada
- izdvajanja otpada
- prerade otpada
- izrade novih proizvoda iz iskorištenih materijala.

Faze u kojima nastaje otpad:

- tijekom proizvodnje materijala
- tijekom izrade proizvoda
- tijekom eksploatacije
- nakon eksploatacije.

Slika 2. prikazuje udio otpadnog materijala u prosječnom hrvatskom kućanstvu.



Slika 2. Udio vrste otpada u hrvatskom kućanstvu [3]

2.3. RECIKLAŽNO DVORIŠTE

Reciklažno dvorište je nadzirani ograđeni prostor namijenjen odvojenom prikupljanju i privremenom skladištenju manjih količina posebnih vrsta otpada. Reciklažno dvorište može biti i mobilno, izvedeno kao pokretna tehnička jedinica koja nije građevina ili dio građevine, a služi odvojenom prikupljanju i skladištenju manjih količina posebnih vrsta otpada. [4]

Otpad privremeno boravi u reciklažnom dvorištu dok se ne uputi na dalju obradu.

Otpad koji nije moguće sortirati u domaćinstvima bi vjerojatno završio u miješanom komunalnom otpadu i odlagalištima. Zahvaljujući reciklažnim dvorištima taj otpad se može lako reciklirati.

Slika 3. prikazuje reciklažno dvorište grada Pregrade.



Slika 3. Reciklažno dvorište grada Pregrade

2.4. GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarenje otpadom je skup aktivnosti, odluka i mjera usmjeren ka postizanju sprečavanja nastanka otpada, smanjivanju količine nastalog otpada kao i smanjenju ukupnog djelovanja otpada na okoliš. Gospodarenje otpadom obavezno se mora provoditi na način da se u opasnost ne dovede ljudsko zdravlje.

2.4.1. Hijerarhija zbrinjavanja otpada

Zbog razlike u kvaliteti pojedinih postupaka obrade otpada, strogi hijerarhijski slijed zbrinjavanja otpada definiraju europske direktive i Europski Zakon o otpadu [5]:

- Prevencija nastajanja otpada
- Ponovna uporaba
- Materijalna uporaba (recikliranje i kompostiranje)
- Energetska uporaba ili druge vrste obrade prije konačnog odlaganja ostatnog otpada
- Zbrinjavanje otpada.

Ovaj redoslijed uspostavljen je uzimajući u obzir ukupnu cijenu održivosti, odnosno ekološke prihvatljivosti. Navedene stavke se koriste i implementiraju navedenim slijedom smanjujući svaki put količinu otpada za dalju obradu.

Slika 4. prikazuje hijerarhijski slijed zbrinjavanja otpada.



Slika 4. Hijerarhija odlaganja otpada [6]

2.4.2. Načela gospodarenja otpadom

Gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju načela zaštite okoliša propisanih zakonom kojim se uređuje zaštita okoliša i pravnom stečevinom Europske unije, načelima međunarodnog prava zaštite okoliša te znanstvenih spoznaja, najbolje svjetske prakse i pravila struke, a osobito na sljedećim načelima [7]:

- načelo onečišćivač plaća – proizvođač otpada, prethodni posjednik otpada, odnosno posjednik otpada snosi troškove mjera gospodarenja otpadom, te je financijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad
- načelo blizine – obrada otpada mora se obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš
- načelo samodostatnosti – gospodarenje otpadom će se obavljati na samodostatan način omogućavajući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pri tom u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada

- načelo sljedivosti – utvrđivanje porijekla otpada s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača tog proizvoda kao i posjed tog otpada uključujući i obradu.

2.5. CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM (CGO)

Hrvatska je pristupanjem Europskoj uniji preuzela obvezu ispuniti zahtjeve suvremenog gospodarenja otpadom. Jedan od tih zahtjeva su centri za gospodarenje otpadom.

CGO je sklop više međusobno funkcionalno i/ili tehnološki povezanih građevina i uređaja za obradu komunalnog otpada. Tako se u CGO-u mogu odvijati različite aktivnosti vezane uz sakupljanje i obradu komunalnog otpada, a može se sastojati od [4]:

- centra za ponovnu uporabu
- reciklažnog dvorišta
- reciklažnog dvorišta za građevinski otpad
- postrojenja za sortiranje odvojeno prikupljenog otpada (sortirница)
- postrojenja za biološku (aerobnu ili anaerobnu) obradu odvojeno prikupljenog biootpada
- postrojenja/opreme za mehaničku obradu neiskoristivog krupnog (glomaznog) otpada
- postrojenja za mehaničko biološku obradu (MBO) miješanog komunalnog otpada
- odlagališne plohe za odlaganje građevnog otpada koji sadrži azbest
- odlagališne plohe za odlaganje prethodno obrađenog neopasnog otpada.

Slika 5. prikazuje Projekt izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Biljane Donje.



Slika 5. Projekt izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Biljane Donje [8]

U CGO se mogu zaprimati sljedeće vrste otpada:

- krupni (glomazni) otpad
- odvojeno prikupljeni otpadni papir/karton, plastika, metal, staklo
- odvojeno prikupljeni biootpad
- građevni otpad
- građevni otpad koji sadrži azbest
- inertan proizvodni otpad
- miješani komunalni otpad.

3. OTPADNA OSOBNA VOZILA (ELV)

U ovome radu posebno će se razmotriti otpadna osobna vozila, eng. End of Life Vehicle (ELV). Automobilski je industrija među najvećim industrijama današnjice, a ujedno i među najvećim potrošačima materijala pa se nameće potreba za tretiranjem vozila na kraju životnog vijeka. Sve intenzivnijim razvojem automobilske industrije u svijetu došlo je do veće proizvodnje automobila što rezultira značajnom količinom otpadnih vozila. Shodno tomu, javila se potreba za recikliranjem toga otpada kako bi se njegova količina smanjila i kako bi se spriječio štetan utjecaj na okoliš i ljudsko zdravlje uslijed neadekvatnog zbrinjavanja automobilske otpada. Tablica 1. naznačava porast registriranih vozila u Hrvatskoj u razdoblju 1997.–2019.

Tablica 1. Broj registriranih osobnih vozila u Republici Hrvatskoj za razdoblje 1997.–2019. [9]

| Godina | Broj stanovnika (procjena) | Broj registriranih osobnih vozila na motornipogon | Broj osobnih vozila na 100 stanovnika |
|--------|----------------------------|---|---------------------------------------|
| 1997. | 4 572 000 | 932 278 | 20,39 |
| 2001. | 4 437 460 | 1 195 450 | 26,94 |
| 2006. | 4 440 000 | 1 435 781 | 32,34 |
| 2007. | 4 436 000 | 1 491 127 | 33,61 |
| 2008. | 4 434 000 | 1 535 280 | 34,63 |
| 2009. | 4 429 078 | 1 532 549 | 34,60 |
| 2010. | 4 418 000 | 1 515 449 | 34,30 |
| 2011. | 4 284 889 | 1 518 278 | 35,43 |
| 2012. | 4 268 000 | 1 445 220 | 33,86 |
| 2013. | 4 256 000 | 1 448 299 | 34,03 |
| 2014. | 4 238 389 | 1 474 495 | 34,79 |
| 2015. | 4 203 604 | 1 499 802 | 35,68 |
| 2016. | 4 174 349 | 1 552 904 | 37,20 |
| 2017. | 4 124 531 | 1 596 087 | 38,69 |
| 2018. | 4 087 843 | 1 666 413 | 40,76 |
| 2019. | 4 065 253 | 1 724 900 | 42,43 |

ELV su vozila koja radi oštećenja, dotrajalosti ili drugih uzroka posjednik odbacuje, namjerava ili ih mora odbaciti. Zbog mogućnosti nekontroliranoga ispusta tekućina predstavljaju opasnost za okoliš te zahtijevaju posebnu brigu prilikom zbrinjavanja. [10]

Reciklaža motornih vozila predstavlja se kao generator poduzetništva i sveukupnog razvoja industrije u svijetu na području ekonomskog razvoja, razvoj tržišta i zaštite životne sredine. Problem reciklaže motornih vozila je važan s obzirom na ponovno korištenje skupih materijala, a posebno metala. Na ovaj način dijelovi koji su izgubili svoju prvotnu namjenu mogu popraviti ili modificirati kako bi se prenamijenili u slične ili potpuno druge svrhe. Osnovni cilj reciklaže ELV da se poveća upotreba materijala i nakon kraja životnog ciklusa motornog vozila ali i da otpad koji nastaje u tom procesu ne završi kao zagađivač životne sredine. Razvojem održivih tehnologija za procesiranje ELV postižu se višestruki učinci koji se odnose na zaštitu životne sredine, održivosti prirodnih resursa, očuvanje energije, intenzivno zapošljavanje, a kojima se unaprjeđuju ekonomske performanse i ostvaruje profit, što predstavlja okosnicu održivog razvoja automobilske industrije.

3.1. ZAKONI

3.1.1. Republika Hrvatska

Pristupanjem u Europsku uniju Hrvatska je morala uskladiti svoje zakone o odlaganju i recikliranju otpadnih sa direktivama Europske unije.

Gospodarenje otpadnim vozilima propisano je Zakonom o održivom gospodarenju otpadom i Pravilnikom o gospodarenju otpadnim vozilima. [9]

U 2019. godini ponovno je uporabljeno i reciklirano 43 998,20 tona otpadnih vozila (i njihovih dijelova), a ponovno je uporabljeno i oporabljeno 44 167,58 tona otpadnih vozila (i njihovih dijelova). Sukladno navedenom, stopa ponovne uporabe i recikliranja za sva otpadna vozila predana na obradu u 2019. godini iznosila je 96,32 % prosječne mase na obradu predanog otpadnog vozila, a stopa ponovne uporabe i oporabe za sva otpadna vozila predana na obradu iznosila je 96,69 % prosječne mase na obradu predanog otpadnog vozila. Time je ostvaren nacionalni cilj kojim je propisano da se u gospodarenju otpadnim vozilima mora osigurati da:

- stopa ponovne uporabe i recikliranja za sva otpadna vozila predana na obradu tijekom godine iznosi najmanje 85 % prosječne mase na obradu predanog otpadnog vozila
- stopa ponovne uporabe i oporabe za sva otpadna vozila predana na obradu tijekom godine iznosi najmanje 95 % prosječne mase na obradu predanog otpadnog vozila.

3.1.2. Europska unija

U rujnu 2000. godine zakonodavci Europske unije izdali su strog nacrt direktive 2000/76/EC tretiranja ELV-a koja uključuje niz odredbi odlagana ELV-a. Ova direktiva je integrirana u nacionalne zakone država članica u travnju 2002. Direktiva i s njom povezane odredbe dodijelile su odgovornost proizvođačima vozila za njihove proizvode. Također se zahtijeva [11]:

- ponovna uporaba i oporaba će se povećati na minimalno 85 % do 1. siječnja 2006.
- ponovna uporaba i oporaba će se povećati na minimalno 95 % do 1. siječnja 2015.

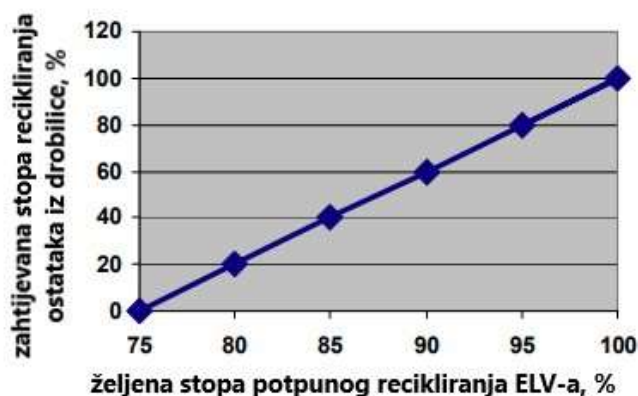
Da bi se postigle stope recikliranja od 85 % i 95 %, ostaci drobilice moraju se reciklirati na 40 % odnosno 80 % (Slika 6.). To zahtijeva razvoj tehnologije koja će olakšati ekonomično odvajanje i oporabu materijala koji se mogu reciklirati iz ELV-a, uključujući i ostatak iz drobilice. Također zahtijeva resurse za praćenje i dokumentiranje postignuća.

Direktiva je također specificirala kvote za recikliranje nemetala, ograničila energiju za oporabu i odredila da proizvođač vozila bude odgovoran za troškove oporabe.

Direktiva je također zahtijevala sljedeće [11]:

- Razvoj infrastrukture za proizvođače za preuzimanje i recikliranje ELV-a
- Ograničavanje uporabe određenih materijala
- Razvoj tehničkih zahtjeva za reciklažna postrojenja
- Označavanje komponenti za olakšavanje recikliranja
- Osigurati da ELV obrada ne rezultira kontaminacijom ostataka drobilice s opasnim tvarima ili ometanjem oporavka komponenti za ponovnu upotrebu
- Promicanje ponovne upotrebe i recikliranja kao poželjnih načina odlaganja
- Zahtjev da stope ponovne upotrebe/oporabe i ponovne upotrebe/recikliranja ELV-a budu 85 % odnosno 80 %, do 1. siječnja 2006.

- Zahtjev da stope ponovne upotrebe/oporabe i ponovne upotrebe/recikliranja ELV-a budu 95 % odnosno 85 % do 1. siječnja 2015.
- Rješavanje potreba za rastavljanjem, ponovnom upotrebom i recikliranjem u konstrukciji novog vozila
- Ograničavanje količine olova, žive, kadmija i Cr(VI) u proizvedenim vozilima nakon 1. siječnja 2003.
- Zahtijevanje uklanjanja katalizatora i komponenti koje sadrže bakar, aluminij, ili magnezij prije usitnjavanja
- Napominjući da su propisi koji se odnose na polivinil klorid (PVC) u ELV-u još uvijek u tijeku.



Slika 6. Zahtijevane stope recikliranja ostataka drobilica za ostvarivanje visoke ukupne stope recikliranja vozila

U 2005. ispitana je implementacija Direktive iz 2000. i zaključeno je da [12]:

- Ciljevi ponovne uporabe i recikliranja postavljeni u Direktivi EU iz 2000. su visoki. Malo je vjerojatno da će države postići ciljeve do 2015., trebalo bi razmotriti da se zamrzne cilj za 2006. od 80 %.
- Ambiciozni cilj za 2015. od 95 % ponovne upotrebe i oporabe trebao bi se zadržati na 95 %.
- Rastavljanje nemetalnih dijelova (naprimjer stakla, plastike) treba biti opcionalno umjesto obvezno.

Direktiva 1999/31/EC (26. travnja 2000.), koja se bavila regulacijom zbrinjavanja otpada na odlagalištima, navodi da [13]:

- Cijele ili usitnjene gume se ne smiju odlagati na odlagališta.

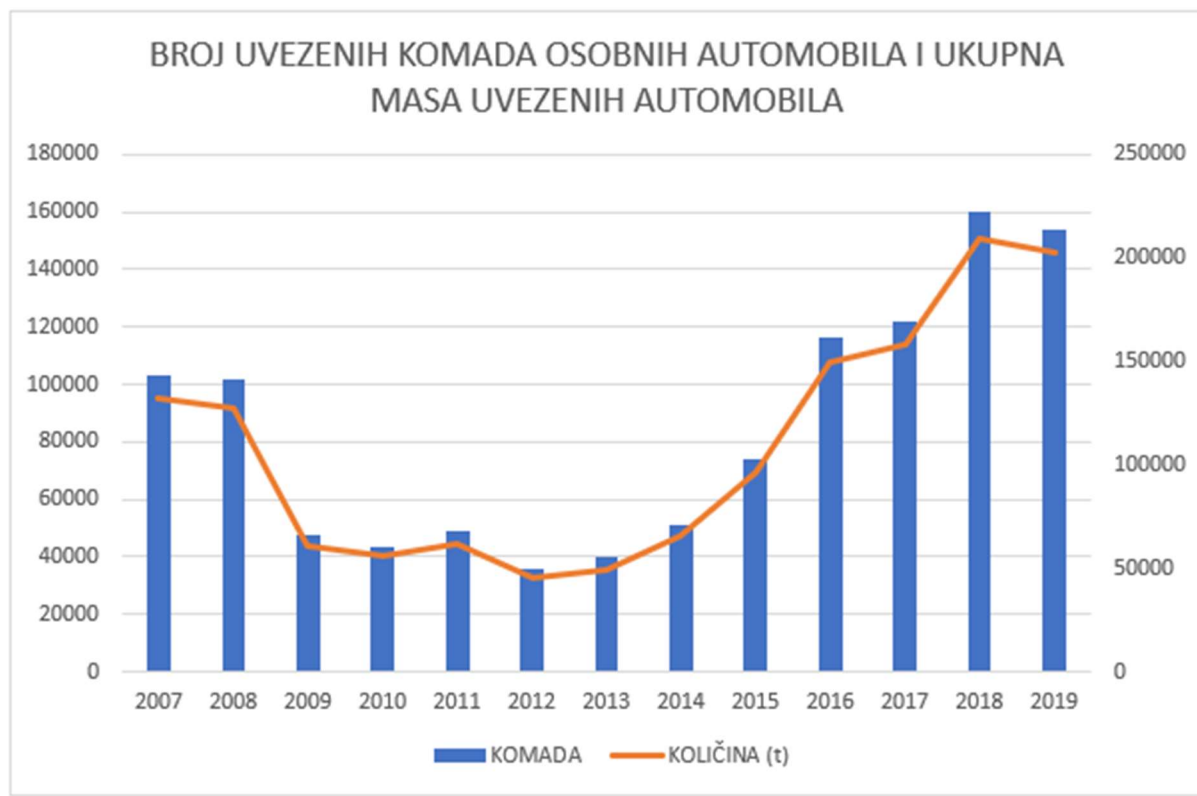
- Samo obrađeni otpad može se odlagati na odlagališta; to je drugačije regulirano od države do države.

Neki od razloga za kašnjenje u provedbi direktive jesu [12]:

- U različitim članicama već su postojali različiti i složeni propisi o zbrinjavanju otpada.
- Dostupnost adekvatnih sredstava za provedbu Direktive bila je neizvjesna, uključujući tko bi platio vozila koja su već u službi. Direktiva je predviđala da automobilske tvrtke o svom trošku uzmu natrag svoje proizvode, uključujući i one koje su već na tržištu. Proizvođači automobila su se tome oštro usprotivili.
- Direktiva je zahtijevala visoke stope recikliranja koje zahtijevaju recikliranje polimera i ostalih nemetalni materijala. To je povećalo troškove zbrinjavanja ELV-a. Direktiva je nametnula nove zahtjeve upravljanja i izvješćivanja i procedure, uključujući zahtjeve za rastavljače.

3.2. KOLIČINA ELV-A U REPUBLICI HRVATSKOJ

Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju i pristup jedinstvenom tržištu Europske unije rezultirali su povećanim uvozom automobila posebno onih rabljenih. U 2019. godini u Hrvatsku je uvezeno 154 019 vozila, namijenjenih za korištenje kao prijevoznih sredstava. Od početka primjene sustava gospodarenja otpadom do kraja 2012. godine u Republici Hrvatskoj vidljiv je veliki pad uvoza vozila od čak 65 % (Slika 7.) uzrokovan ponajprije gospodarskom depresijom. Značajan porast uvoza vozila u razdoblju od 2016. do 2018. godine u odnosi na prethodno razdoblje uzrokovan je donošenjem novog Pravilnika o otpadnim vozilima («Narodne novine», broj 94/13) u prosincu 2015. godine. [9]



Slika 7. Uvoz osobnih vozila, 2007.–2019. [9]

Količina otpadnih vozila može se približno odrediti temeljem broja vozila kojima nije produžena registracija – pri tom izračunu uzeti su u obzir podaci o broju ukupno registriranih vozila, broju registriranih vozila prenesenih iz prethodne godine i podaci o broju izvezenih rabljenih vozila. Procjena količine otpadnih vozila u razdoblju 2001.–2019., temeljena na broju vozila kojima nije produžena registracija – Tablica 2. [9]

Tablica 2. Procjena broja i količine cjelovitih otpadnih vozila kategorija propisanih Pravilnikom o otpadnim vozilima nastalih u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2001.–2019. [9]

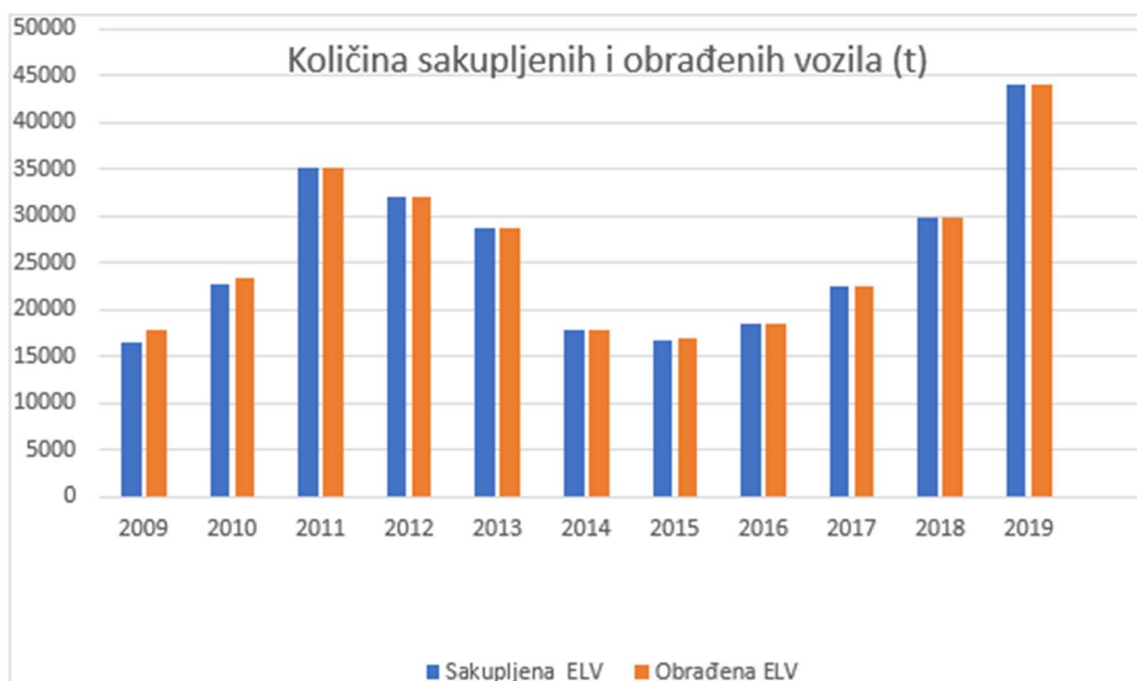
| Godina | Broj registriranih vozila | Broj registriranih vozila - prenesno iz prethodnegodine | Broj izvezenih rabljenih vozila | Broj otpadnih vozila | Masa otpadnih vozila, tona |
|--------|---------------------------|---|---------------------------------|----------------------|----------------------------|
| 2000. | 1 134 207 | | 170 | | |
| 2001. | 1 205 048 | 1 096 081 | 205 | 37 956 | 36 058 |
| 2002. | 1 254 040 | 1 158 420 | 192 | 46 423 | 44 102 |
| 2003. | 1 303 406 | 1 198 402 | 222 | 55 446 | 52 674 |
| 2004. | 1 347 693 | 1 247 421 | 208 | 55 763 | 52 975 |
| 2005. | 1 394 943 | 1 292 297 | 260 | 55 188 | 52 429 |
| 2006. | 1 446 332 | 1 331 307 | 243 | 63 376 | 60 207 |
| 2007. | 1 502 088 | 1 395 155 | 244 | 50 934 | 48 387 |
| 2008. | 1 544 877 | 1 448 778 | 179 | 53 066 | 50 413 |
| 2009. | 1 532 549 | 1 479 297 | 202 | 65 401 | 62 131 |
| 2010. | 1 515 449 | 1 469 240 | 252 | 63 107 | 59 952 |
| 2011. | 1 518 278 | 1 469 395 | 280 | 45 802 | 43 512 |
| 2012. | 1 445 220 | 1 404 395 | 195 | 113 603 | 107 923 |
| 2013. | 1 448 299 | 1 401 736 | 1 089 | 43 289 | 41 125 |
| 2014. | 1 474 495 | 1 402 249 | 382 | 44 961 | 42 713 |
| 2015. | 1 499 802 | 1 425 621 | 267 | 48 492 | 46 067 |
| 2016. | 1 552 904 | 1 456 449 | 211 | 43 086 | 40 501 |
| 2017. | 1 596 087 | 1 502 285 | 558 | 50 408 | 51 415 |
| 2018. | 1 666 413 | 1 525 769 | 1 179 | 69 760 | 69 279 |
| 2019. | 1 724 900 | 1 575 763 | 3 984 | 89 471 | 86 419 |

U 2019. godini evidentirano je 89 471 komada vozila kojima u toj godini nije produžena registracija. Navedeni broj procijenjen je ujedno i kao broj otpadnih vozila u 2019. godini. Izračun je izrađen na način da je ukupni broj registriranih vozila u 2018. godini (1 666 413 komada) umanjeno za broj registriranih vozila prenesenih u 2019. godinu iz prethodne godine (1 575 763 komada) i broj izvezenih rabljenih vozila u 2018. godini (1 179 komada). Dobivena količina otpadnih vozila (89 471 komada) pomnožena je s prosječnom težinom cjelovitog otpadnog vozila u 2019. godini (0,96589 t) te je tako procijenjeno da je u Republici Hrvatskoj 2019. godine nastalo oko 86 419 tona otpadnih cjelovitih vozila. [9]

3.2.1. Količina obrađenih ELV u Republici Hrvatskoj

Od početka primjene Pravilnika o otpadnim vozilima od 2007. do 2011. godine, prema prijavama Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU) vidljivo je kontinuirano povećanje ukupnih godišnjih količina sakupljenih ELV. Od 2012. do 2015. godine bilježi se

pad količina sakupljenih ELV, dok se od 2016. do 2019. godine bilježi znatan rast prikupljenih ELV (Slika 8.).



Slika 8. Količina sakupljenih i obrađenih ELV [9]

Ovlašteni obrađivači (Tablica 3.) su prijavili u FZOEU obradu ukupno 44 000 tona cjelovitih otpadnih vozila. Navedena količina ne obuhvaća dijelove vozila koje obrađivači također preuzimaju i obrađuju, ali nisu obuhvaćeni sustavom koji organizira FZOEU te se ne prijavljuju u FZOEU.

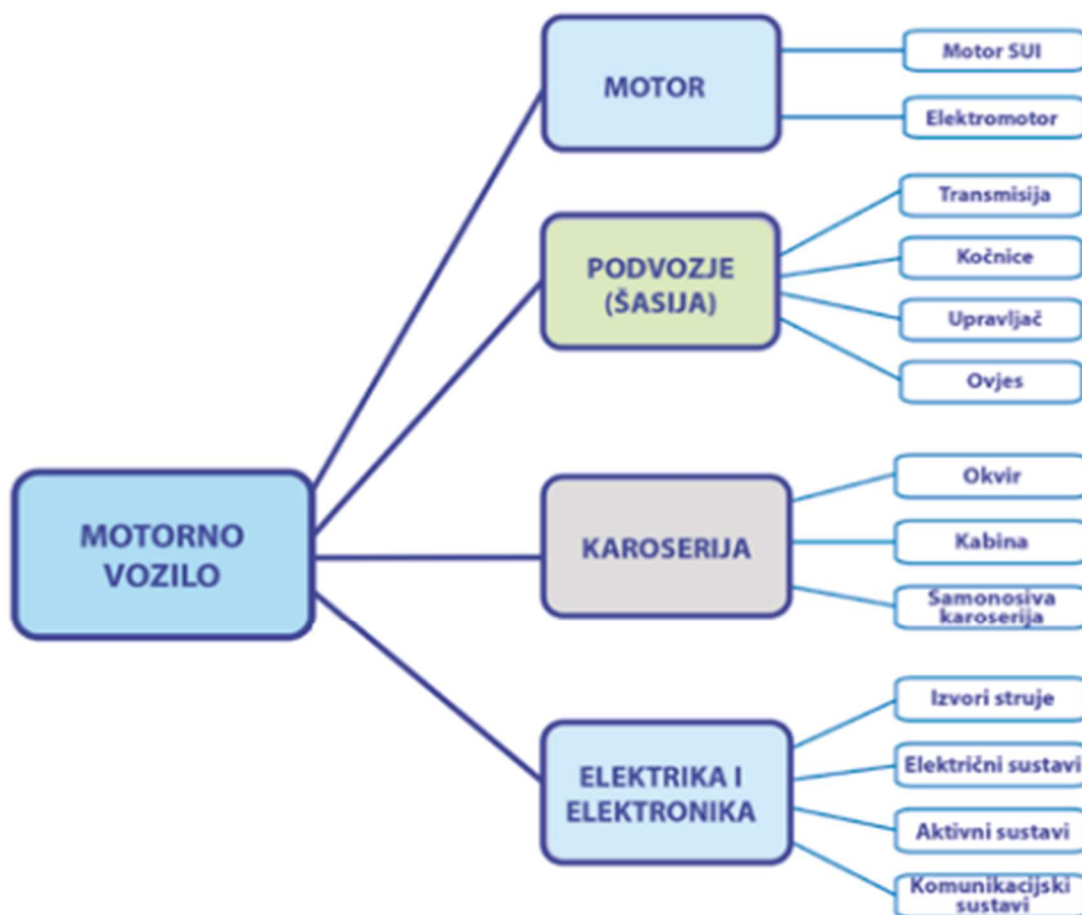
Tablica 3. Ovlašteni obrađivači u sustavu FZOEU i obrađene količine cjelovitih vozila u 2019. [9]

| Broj | Naziv tvrtke | Sjedište tvrtke | Obrađene količine otpadnih vozila, tona |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|---|
| 1. | CE-ZA-R d.o.o. | Josipa Lončara 15, Zagreb | 43 788,30 |
| 2. | ODLAGALIŠTE SIROVINA d.o.o. | Ive Dulčića 6, Zadar | 211,31 |
| UKUPNO | | | 43 999,61 |

Prema podacima Ministarstva gospodarstva (MINGOR) iz baze Registra onečišćivača okoliša i podataka o prekograničnom prometu koji obuhvaćaju i dionike izvan sustava FZOEU, u 2019. godini obrađeno je 51 441 tona otpadnih vozila što je porast za 47 % u odnosu na prethodnu godinu (35 327 t). Evidentirani godišnji porast obrađenih otpadnih vozila prema MINGOR podacima identičan je porastu evidentiranom temeljem podataka FZOEU. Na uporabu izvan Republike Hrvatske izvezeno su 103 tona i to u Tursku i Sloveniju. [9]

3.3. DIJELOVI AUTOMOBILA

Kako je samo proces reciklaže iznimno složen kao i demontaža dijelova samog ELV od čvrste konstrukcije bitno je upoznati se s nekim od osnovnih dijelova automobila. Bitno je pobliže se upoznati s pojedinim dijelovima automobila (Slika 9.) kako bi se dobio uvid u to kako ih reciklirati odnosno odložiti.



Slika 9. Sastav automobila [14]

3.3.1. Motor

Motor s unutarnjim izgaranjem – jedan je od najbitnijih dijelova automobila, najčešće smješten sprijeda. Sastoji se od dva osnovna sklopa, a to su glava motora i blok motora s kućištem koljenastog vratila. Najčešće se izrađuje iz željeznog i sivog lijeva. [15]

Elektromotor, sve rasprostranjeniji pogon osobnih vozila, sastavljen je iz statora, rotora i pobudnog generatora.

3.3.2. Podvozje (šasija)

Ovjes povezuje kotače i karoseriju vozila, odnosno neovješene i ovješene mase vozila. Sastoji se od elastičnih, prigušnih i vodećih elemenata. Ovjes omogućuje vožnju velikim brzinama po različitim putovima. Svojstva ovjesa određuju značajne karakteristike motornog vozila: putnu udobnost, putnu sigurnost i operativnu sigurnost vozila. [15]

Transmisija – pomoću transmisije, snaga motora se prilagođava svladavanju vanjskih otpora kretanja. Spojka služi za odvajanje i spajanje motora i mjenjača pri promjeni stupnja prijenosa. Mjenjač služi za promjenu stupnjeva prijenosa i promjenu smjera kretanja vozila (naprijed-natrag), te rad motora na praznom hodu. Kardansko vratilo omogućuje prijenos snage između udaljenih prijenosnika. Reduktor osigurava povećanje okretnog momenta, a diferencijal osigurava razliku broja okretaja kotača u zavoju. Međuosovinski prijenosnik može biti razdjelnik snage i međuosovinski diferencijal, koji osigurava razliku okretnog momenta i broja okretaja između kotača prednje i kotača stražnje osovine. [14]

Kočnice – služe za usporavanje i zaustavljanje vozila, kao i zadržavanje vozila u mirovanju. Vrste kočnica su: radna (nožna) kočnica, pomoćna kočnica i parkirna kočnica.

Upravljač je naprava kojom se određuje pravac vožnje pri upravljanju automobilom. Najčešće se njime upravlja preko prednjih kotača, a izuzetno preko sva četiri kotača. Radi upravljanja automobilom, kotači su na prednjoj osovini postavljeni na rukavce, koji su pokretljivo spojeni s osovinom kako bi se mogli pokretati lijevo-desno. [15]

3.3.3. Karoserija

Kabina čini srednji i najveći prostor za smještaj putnika između osovina. Prednji dio iznad prednjih kotača određuje smještaj motora i transmisije, a stražnji dio iza stražnje osovine određuje prtljažni prostor. [14]

Samonosiva konstrukcija karoserije (školjka) – u donjem dijelu omogućuje pričvršćivanje dijelova podvozja. Vanjski oblik karoserije omogućuje pričvršćivanje vrata,

poklopca motora, prtljažnika i blatobrana, a unutarnji oblik omogućuje pričvršćivanje sjedala i opreme. Samonosiva karoserija osigurava zaštitu putnika u vozilu. [14]

Okvir – sastoji se od dva uzdužna i više poprečnih nad kotačima svinutih nosača. Preko gibnjeva, opruga i drugih elastičnih dijelova okvir počiva na kotačima, a glavna mu je funkcija biti nosač motora, karoserije i tereta. Okviri mogu biti izrađeni od različitog materijala, a najčešće se izrađuju od cijevi ili čeličnih profila. Osobni automobili izrađuju se i bez okvira, pa im karoserija služi kao nosač. [15]

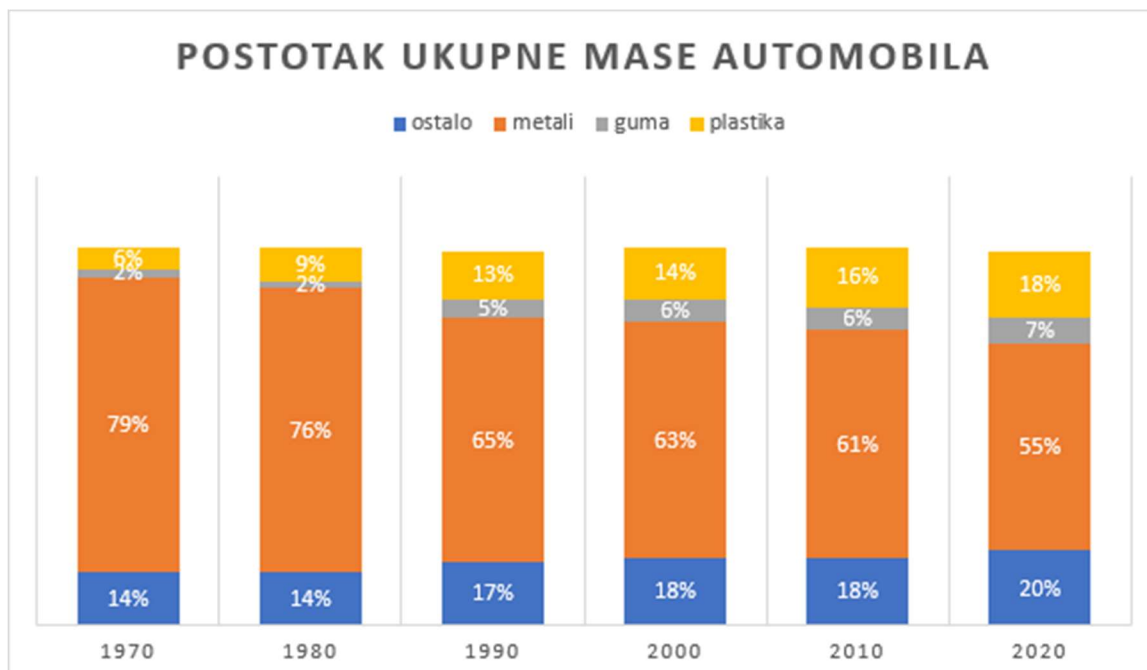
3.3.4. Elektrijska i elektronika

Ti se uređaji sastoje od generatora, akumulatora, razvodne sprave, rasvjetnih tijela, el. pokretača i raznih pomoćnih uređaja, npr. brisača stakla. Budući da je generator prikopčan uz motor, sve dok motor radi, isti opskrbljuje strujom sve električne uređaje automobila te puni akumulator koji nam je vrlo bitna stavka u slučaju kada motor ne radi ili radi s neznatnim brojem okretaja. U navedenom slučaju akumulator „priskače u pomoć“ stavljanjem u pogon automobilskog motora električnim pokretačem te opskrbljuje strujom ostale električne uređaje. [15]

3.4. MATERIJALI U AUTOMOBILU

Sastav automobila od početka automobilske industrije pa do danas se značajno promijenio. U prošlosti glavni materijali su bili željezo i čelik, dok se danas nastoji što manje koristiti željezo i čelik, zbog smanjenja mase automobila što značajno utječe na potrošnju goriva, a samim time i na emisiju štetnih ispušnih plinova u atmosferu.

Slika 10. prikazuje promjenu udjela materijala u prosječnom automobilu u razdoblju od 1970. do 2020. godine.



Slika 10. Udio materijala u ukupnoj masi automobila [16]

Danas automobili sadrže sve više plastike i ostalih materijala koji imaju znatno bolja svojstva u pogledu na otpornosti na habanje i u pogledu smanjenja mase.

Iz slike 10. vidi se da udio metala u proizvodnji automobila kroz godine postupno opada, a da udio plastike i ostalih materijala raste. Udio metala u automobilu u 70-ih godina prošlog stoljeća iznosio je oko 80 %, a 2020. iznosi 55 %, dok se za isto razdoblje udio plastike sa šest na 18 %. Ovakav trend se predviđa i u budućnosti.

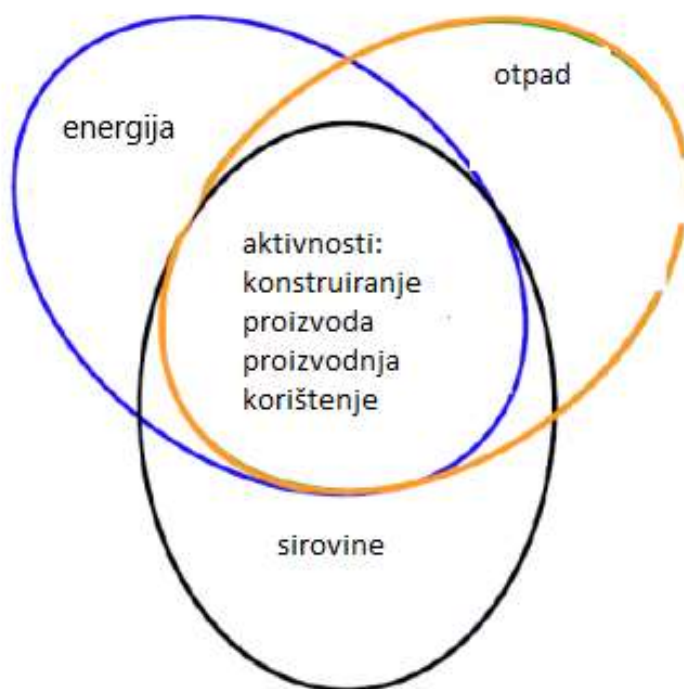
Prema gore navedenim podacima, proces recikliranja automobila vrlo se složen i zahtjevan proces zbog velikog broja različitih materijala koji ulaze u sastav automobila zbog čega se može reciklirati samo oko 80 % sveukupne mase automobila. [15]

3.5. EKOLOGIJA I ODRŽIVI RAZVOJ

Pri konstruiranju motornog vozila u obzir bi trebalo uzeti, među svim brojim zahtjevima, i potrebu za recikliranjem vozila na kraju njegova životnog vijeka bez preostalog otpada. Kako bi se implementirao ovaj pristup u vozila se ugrađuju novi materijali, razvijaju se nova goriva i pogoni i te nove tehnologije proizvodnje i recikliranja.

Skoro sva današnja istraživanja i analize se provode od trenutka proizvodnje komponente ili samog procesa reciklaže dotrajalog vozila. Ovaj pristup nudi mnogo povoljniji pogled na

negativne učinke motornih vozila na okoliš za vrijeme njihove eksploatacije i na kraju životnog vijeka. U najavi su i „čista“ vozila koja će riješiti sve nepovoljne učinke vozila na okoliš (naprimjer električna vozila). Pri tome ne navodeći probleme koji slijede i one koje prethode korištenju vozila (rude, sirovine, energija itd.), a posebno probleme koji dolaze na kraju životnog vijeka takvog vozila povezani sa otpadnim baterijama i elektronskim materijalom.



Slika 11. Aspekt ekologije i održivosti [17]

Slika 11. daje pregled osnovnih principa za razvoj novih proizvoda koji su prihvatljivi za okoliš. Ovi principi još uvijek nisu postignuti u vozilima koja danas poznajemo gdje okolišni aspekt dolazi tek iza pouzdanosti, udobnosti, sigurnosti, masovne proizvodnje i profita. Proizvodnja, korištenje vozila i odlaganje ELV generiraju ogromne količine otpada, zagađivača zraka, vode i tla koje još uvijek nije moguće u potpunosti eliminirati.

Otpad i zagađivači koji su nastali tijekom cijelog životnog vijeka vozila odnose se na [17]:

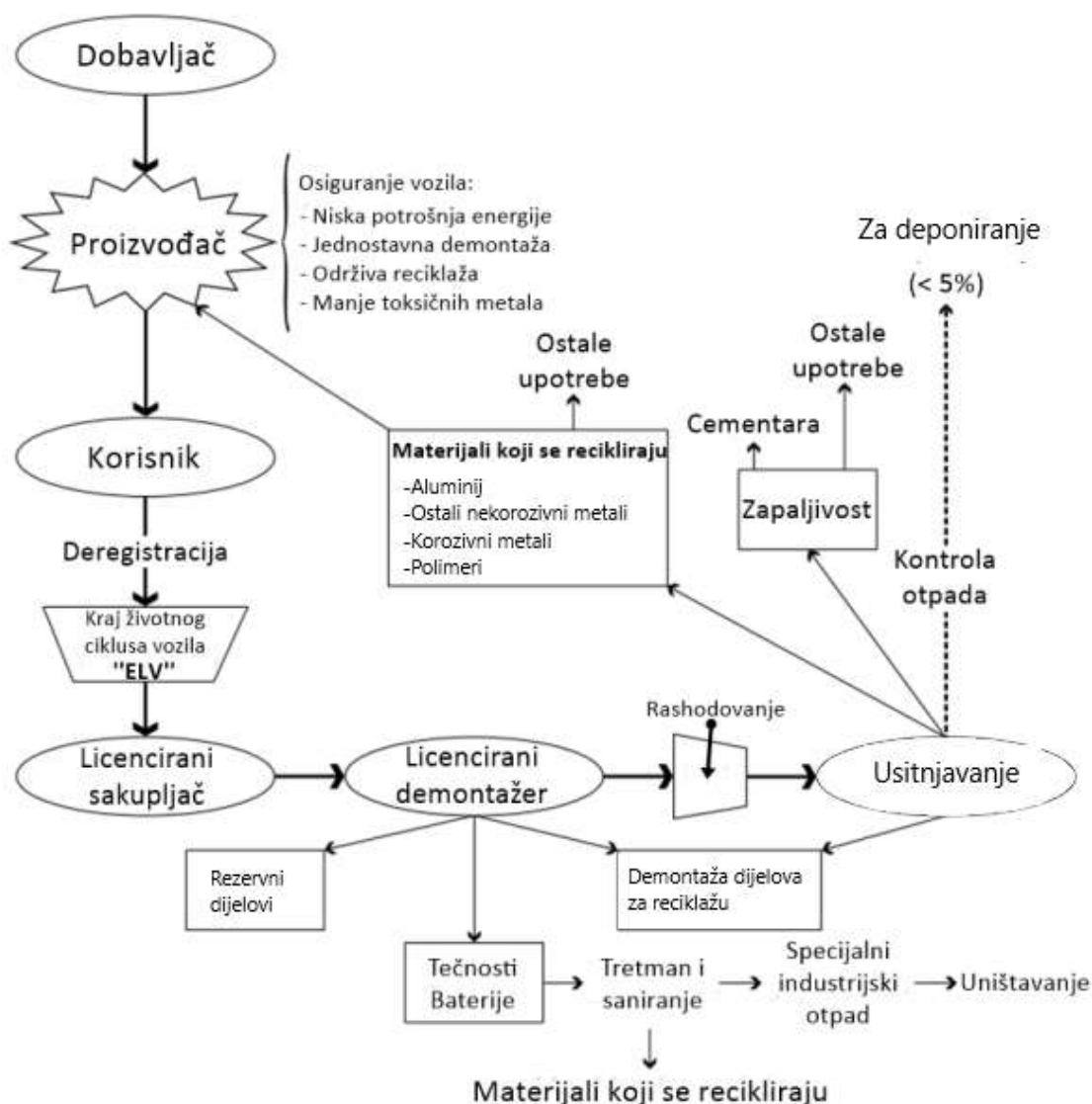
- energiju koja je utrošena na proizvodnju vozila
- proizvodnju ruda, sirovina i opreme koja se ugrađuje u vozilo
- proizvodnja i transport vode koja je ugrađena u vozilo (trgovina virtualnom vodom)

- zahtijevani prijevoz za proizvodnju motornog vozila
- korištenje i održavanje motornih vozila
- odlaganje ELV-a
- recikliranje ELV-a.

4. GOSPODARENJE ELV-OVIMA

Ogromne količine automobilskeg otpada stvaraju problem u smislu negativnog utjecaja na životnu sredinu. Primjena procesnog pristupa, nadgledanje i primjena održivog razvoja je neophodna tokom životnog ciklusa vozila počevši od proizvodnje, skladištenja, transporta itd.

Na slici 12. su prikazani glavni koraci čitavog procesa reciklaže ELV (prikupljanje, uklanjanje opasnih materijala, demontaža, kontrola, baliranje, usitnjavanje, ponovna proizvodnje materijala).



Slika 12. Glavni koraci u reciklaži ELV-a prema direktivi EU [11]

4.1. ZAPRIMANJE VOZILA

Proces recikliranja vozila počinje predajom automobila tvrtki koja ovlaštena za recikliranje ELV. Zatim slijedi provjera dokumentacije što ponekad nije jednostavan proces jer velik broj automobila koji dolazi na obradu je više puta mijenjao vlasnika. Nakon provjere dokumentacije slijedi vaganje automobila da bi se utvrdila masa prema kojoj se vlasniku isplaćuje naknada. Ukoliko vlasnik nije u mogućnosti dovesti automobil do ovlaštene tvrtke, sama tvrtka organizira prijevoz vozila. Na kraju se skidaju plastični dijelovi sa automobila kao što su branici, instrumentna ploča i obloge vrata. [16] U ovom procesu **ne dokumentira se postupak demontaže i stanje vozila što znatno utječe na samo vrijeme rastavljanja vozila.**

4.2. ISPUŠTANJE TEKUĆINA IZ AUTOMOBILA

Tekućine u automobilu (gorivo, motorno ulje, ulje iz mjenjača, , hidraulična ulja, rashladna tekućina i tekućina za pranje prozora) čine oko 6 % mase ELV-a. Ove tekućine u procesu reciklaže iznimno kompliciraju sam proces zbog svojeg kemijskog sastava, toksičnosti i zapaljivosti. Zbog nabrojanih karakteristika tekućine je prije samo obrade ELV-a potrebno ispustiti, sortirati i deponirati. Tako se sortirani fluidi mogu dalje transportirati do kemijskih postrojenja gdje se mogu dalje preraditi. Samo proces istakanja ovisi od svojstava tekućina i o tome gdje je tekućina smještena u vozilu. Na lako dostupnim mjestima kao što su tekućina za pranje prozora i rashladna tekućina radi vakuumskim cijevima, dok se na teže dostupnim mjestima tekućine ispuštaju pomoću vakuumskih bušilica, probijanjem ili bušenjem. Prirodni pad se najčešće koristi prilikom ispuštanja ulja. Slika 13. prikazuje uređaj za ispuštanje tekućina iz automobila. [15]



Slika 13. Uređaj za ispuštanje tekućina iz vozila ISQ VS [18]

4.3. DEMONTAŽA DIJELOVA

Nakon što su iz automobila uklonjene sve tekućine koje mogu otežati daljnji proces obrade vozila slijedi demontaža. Na demontažnim pozicijama korisni se dijelovi uklanjaju sa vozila za daljnju prodaju ili preradu. Postupak demontaže pruža jeftine zamjenske dijelove servisima i prodavačima automobilskih dijelova. Izravna uporaba dijelova (kao što su vrata i poklopac prtljažnika) štede materijal i energiju koji bi se inače koristili za proizvodnju zamjenskog dijela. Praksa proizvođača originalnih dijelova je da imaju dostupne zalihe dijelova i komponenti (do 10 godina) za servise jednom kada vozila nisu više u proizvodnji. [19]

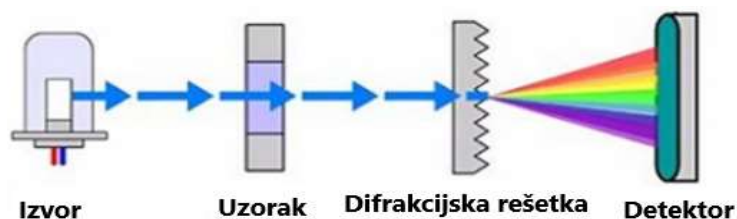
Prvi korak je skidanje akumulatora iz otpadnog vozila koji se skupljaju u odgovarajućim spremnicima. Slijedi skidanje katalizatora na podvozju, koji kontrolira sadržaj ispušnih plinova. S automobila se potom skidaju kotači, s kojih se odvajaju gume. Zatim slijedi skidanje stakala sa automobila. [15]

U Republici Hrvatskoj postoje tek dva ovlaštena obrađivača automobilskog otpada (točka 3.2.1.) u Zagrebu i Zadru što znači da u ostalim dijelovima hrvatske odlaganje ELV-ova za većinu građana koji ne žive u blizini postojećih postrojenja za odlaganje nije isplativo.

4.3.1. Problemi u procesu demontaže

Veliki utjecaj na demontažu ima strategija koja potiče konstruiranje vozila da bi se lakše recikliralo. Na primjer, ako bi se ploča sa instrumentima mogla napraviti tako da ju je lako ukloniti, ploče bi imale oko 11 kg plastike dostupne za recikliranje. Sama ekonomičnost procesa i dalje bi ovisila o drugim troškovima, uključujući troškove skladištenja i transporta.

Drugi problem s kojim se susreću rastavljači je sposobnost brze i točne identifikacije plastike koja se koristi u vozilima. Točnost identifikacije je važna kako bi se minimirala kontaminacija oporavljene plastike u procesu rastavljanja. Za rješenje ovog problema dostupni su sustavi infracrvene (IR) spektroskopije zrcalne refleksije. Korištenjem ovih sustava plastika se može identificirati za oko pet sekundi. Točnost identifikacije ovisi o kvaliteti i potpunosti referentne baze spektra. Gotovo sve netočne identifikacije na plastici sa glatkom površinom pripisane su nedostacima referentne baze. Ova tehnologija nije primjenjiva za identifikaciju pjene i elastomera zbog njihove slabe refleksije i neadekvatnih signala. Slika 14. prikazuje princip rada IR spektroskopije. [12]



Slika 14. Princip rada IR spektroskopije [20]

Ostali problemi prilikom demontaže jesu:

- Novi materijali koji će se koristiti u vozilima omogućit će učinkovitu i isplativu uporabu ali će i ujedno povećati udio nemetala koji izlaze iz drobilica.
- Kod oštećenih i starih vozila može doći do curenja tekućina što može dovesti do kontaminacije tla. Taj problem će se riješiti postavljanjem novih propisa koji se odnose na čišćenje vozila i kontaminaciju u tla.
- Morat će se uvoditi nove sigurnosne mjere i kontrole koje će rješavati probleme kod demontaže dijelova koji sadrže nove materijale.

4.3.2. IDIS

Kako bi proizvođači postigli stroge zahtjeve EU direktiva za ELV automobilska industrija je razvila „Međunarodni informacijski sustav za rastavljanje vozila“ (*International Dismantling Information System*). [21] To je sustav sa informacijama proizvođača vozila za vlasnike postrojenja za recikliranje kako bi se ELV-ovi zbrinuli na ekološki, siguran i ekonomičan način.

Ovim sustavom upravlja i njime nadgleda konzorcij IDIS2 koji su osnovali proizvođači automobila iz Europe, Japana, Malezije, Koreje i SAD-a. Ovaj sustav je besplatan za sva poduzeća koja se bave tretiranjem ELV-a. [21]

4.4. DROBLJENJE

4.4.1. Drobilice

Nakon što su s vozila uklonjeni dijelovi i ispuštene tekućine, ostatak vozila se prešama gnječi ili izravno šalje u tzv. pred-drobilicu. To je stroj za grubo drobljenje (prethodno usitnjavanje) – drobilica. Stroj smanjuje rizik od deflagracije, naprimjer kada se obrađuju olupine automobila koje mogu sadržavati tragove goriva ili spremnike za plin, ali time i sâm također može biti izvor zagađenja. Karakteriziran je sporim radom te se pojavljuje problem ujednačavanja rada s narednim strojem, strojem za fino drobljenje (usitnjavanje): zahtjev za više pred-drobilica pak podrazumijeva i potrebu za dodatnim prostorom.



Slika 15. Pred-drobnica [22]

Za otpadna osobna vozila se koriste različite vrste drobnica – drobnica za fino drobljenje (usitnjavanje) [22]:

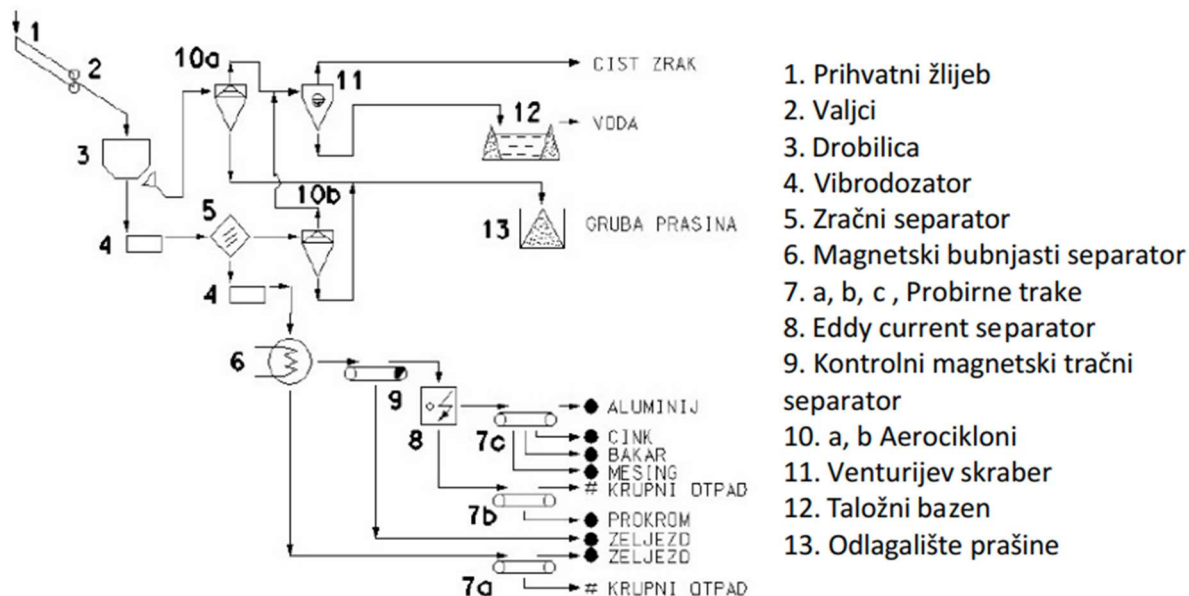
- drobnice na suhi pogon (konvencionalni) – najveća i najzastupljenija vrsta drobnica u EU. ELV-ovi obično čine samo mali postotak materijala koji takvi pogoni prerađuju
- drobnice na mokri pogon – ovakve drobnice rade s prethodno navlaženim materijalom za usitnjavanje ili ubrizgavanjem vode u jedinicu za usitnjavanje. ELV-ovi i laki od srednje teški otpadni metal i industrijski otpad se usitnjavaju u drobnicama na mokri pogon.

Najpoznatije drobnice koje se koriste su čeljusne, a postoje još i kružne, udarne, drobnice s valjcima i druge. Ovisno o modelu drobnice, važno je paziti da komadi otpada ne budu preveliki. [23]

4.4.2. Tehnologije poslije drobljenja

Daljnja obrada materijala koji izlaze iz drobilice obavlja se tehnologijama za razvrstavanje opada poslije drobljenja. Neke drobilice imaju integrirane ili odvojene tehnologije za razvrstavanje dok se ostaci drugih drobilica šalju na obradu van postrojenja.

Slika 16. prikazuje tipične operacije poslije drobljenja. Te tehnologije se smatraju neophodnim korakom za ispunjavanje kvota recikliranja definiranih ELV Direktivom [19].



Slika 16. Drobljenje i postupci poslije drobljenja [16]

5. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA PROCESIRANJA ELV-A

Kako je prethodno navedeno (točka 3.2.1.) u Republici Hrvatskoj je obrađeno 51 441 tona ELV-ova dok se procjenjuje da je proizvedeno 86 419 tona otpadnih vozila što bi značilo da obrađeno svega oko 60 % ELV-ova nastalih u 2019.

Kako bi se sam proces obrade vozila pospješio potrebno je osigurati nove poboljšane tehnologije i procese kako bi se potaknulo vlasnike samih ELV-ova da predaju svoja vozila na obradu, a i ubrzanje rada postojećih postrojenja njihovim optimiranjem.

Razvijanje novih tehnologija, kao što je proširena stvarnost u automobilskoj industriji koje trenutno služe samo za popravljavanje automobila, može se koristiti kao pomoć tehničarima u postupku demontaže vozila. Trenutno ova tehnologija prikazuje ciljane dijelove automobila i predlaže korištenje specifičnih alata i načine uklanjanja dijelova sa vozila. Integriranjem sustava IDIS proces demontaže bio bi učinkovitiji i brži. Slika 17. prikazuje primjenu proširene stvarnosti pri demontaži automobila.



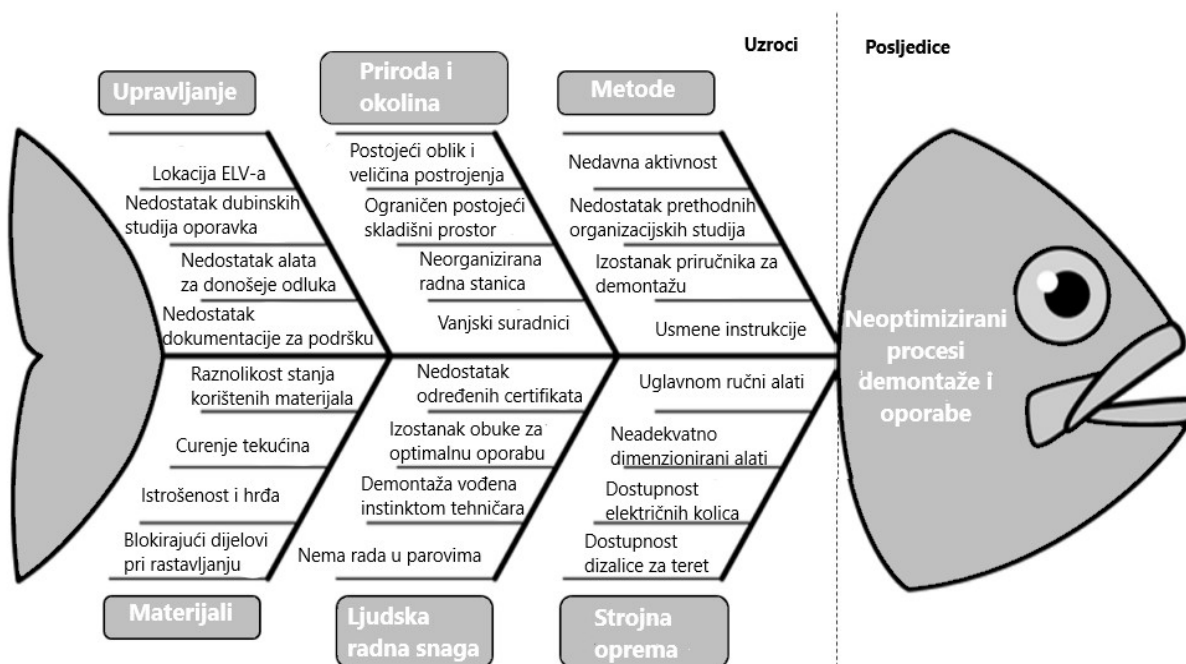
Slika 17. Primjena proširene stvarnosti pri demontaži automobila [24]

Jedan od problema dotrajalih osobnih automobila je taj što se tijekom eksploatacije proizvoda neke komponente mijenjaju rezervnim dijelovima koji nisu uvijek istog materijala kao i originalni dio. Praćenje i evidentiranje stanja vozila (prijeđeni put, kvarovi, prometne nesreće) kod ovlaštenih servisera ili osiguravajućih kuća, uvelike bi doprinijelo pri postupku razvrstavanja dijelova i same demontaže vozila. Ujedno, postavljanjem senzora (kamera, lasera i drugo) prije procesa demontaže, uspjeli bi se prikupiti podaci o trenutnom stanju vozila te samim time i način kako dalje s vozilom postupati.

5.1. POBOLJŠANJE DEMONTAŽE

Da bi se poboljšao proces demontaže ključno je da se smanji vrijeme same demontaže kako bi se osigurala veća protočnost ELV-ova kroz proces obrade.

Izrazito je puno čimbenika (Slika 18.) koji utječu na sam proces poboljšanja postupka demontaže i uporabe.



Slika 18. Ishikawa 6M uzročno-posljedični dijagram s područjima poboljšanja u procesu obrade [19]

Kako bi se problem riješio koncipira se poboljšani proces demontaže u smislu vremena (kako bi se smanjio ukupni trošak demontaže), učinkovitosti i udobnosti operatora. Za poboljšanje demontaže modificira se postojeći proces demontaže (redosljed operacija,

prilagodba vremena) te mogućnost nabave novih resursa za demontažu (materijali, alati). Osim navedenog koristi se IDIS i njegov odjeljak „Oprema za procesiranje ELV“ kako bi se predložili novi alati i postupci za najosjetljivije ili dugotrajne procese.



Slika 19. Prijedlog novog postupka demontaže [19]

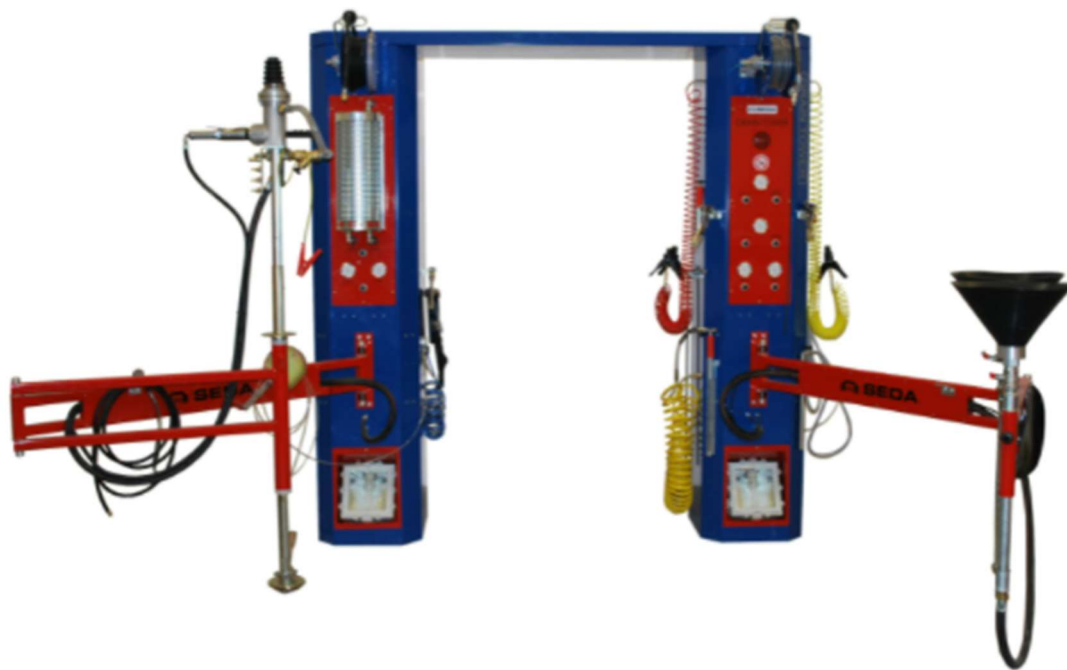
Za izvedbu novog procesa demontaže potrebno je 1,5 h po ELV-u [19], šest specijaliziranih tehničara na šest specijaliziranih radnih stanica (15 minuta po svakome) što znači da bi se dnevno po jednom timu moglo preraditi do 25 vozila. Proces demontaže koji danas uglavnom zatupljen u obradi ELV zahtijeva približno četiri sata za obradu jednog vozila. [25]

Koristi se automatiziranom demontažnom linijom, s alatima na električni pogon kako bi se smanjio napor ljudi pri rastavljanju.

Da bi se postigao optimalan proces provodi se orijentirano i ciljano rastavljanje koje se provodi na osnovi stanja vozila (starost, istrošenost i drugo) i zahtjevima tržišta, a prema softverskoj bazi podataka u stvarnom vremenu.

Novi alati koji se predlažu za tretiranje ELV-a:

- dvostruki odvodni toranj povećanog kapaciteta za prikupljene tekućine (Slika 20.), vrijeme potrebno za izvođene operacije je 10 do 12 minuta
- hidrauličke škare za brže rezanje cijevi i dijelova koji nisu potrebni za uporabu (Slika 21.)
- stropni nosač vozila za optimizirani transport između radnih stanica (Slika 22.)
- hidraulički okretač za lakši pristup dnu vozila (Slika 23.).



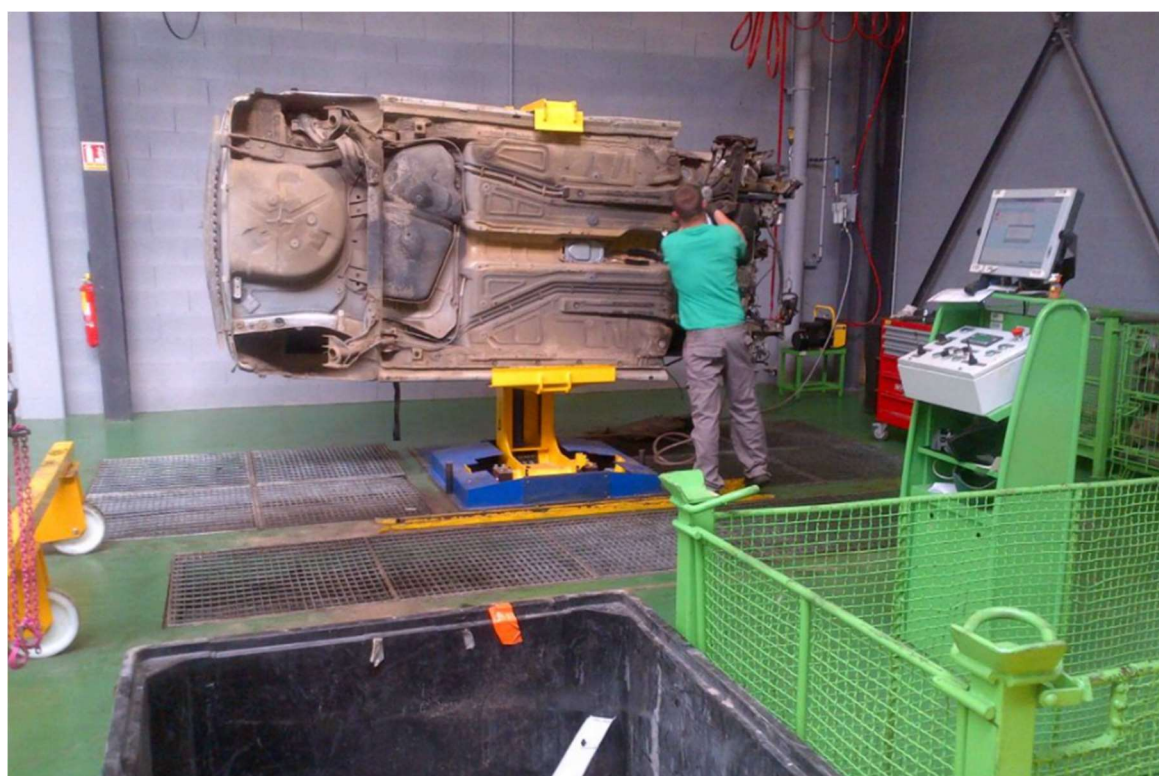
Slika 20. Dvostruki odvodni toranj [26]



Slika 21. Hidrauličke škare [26]



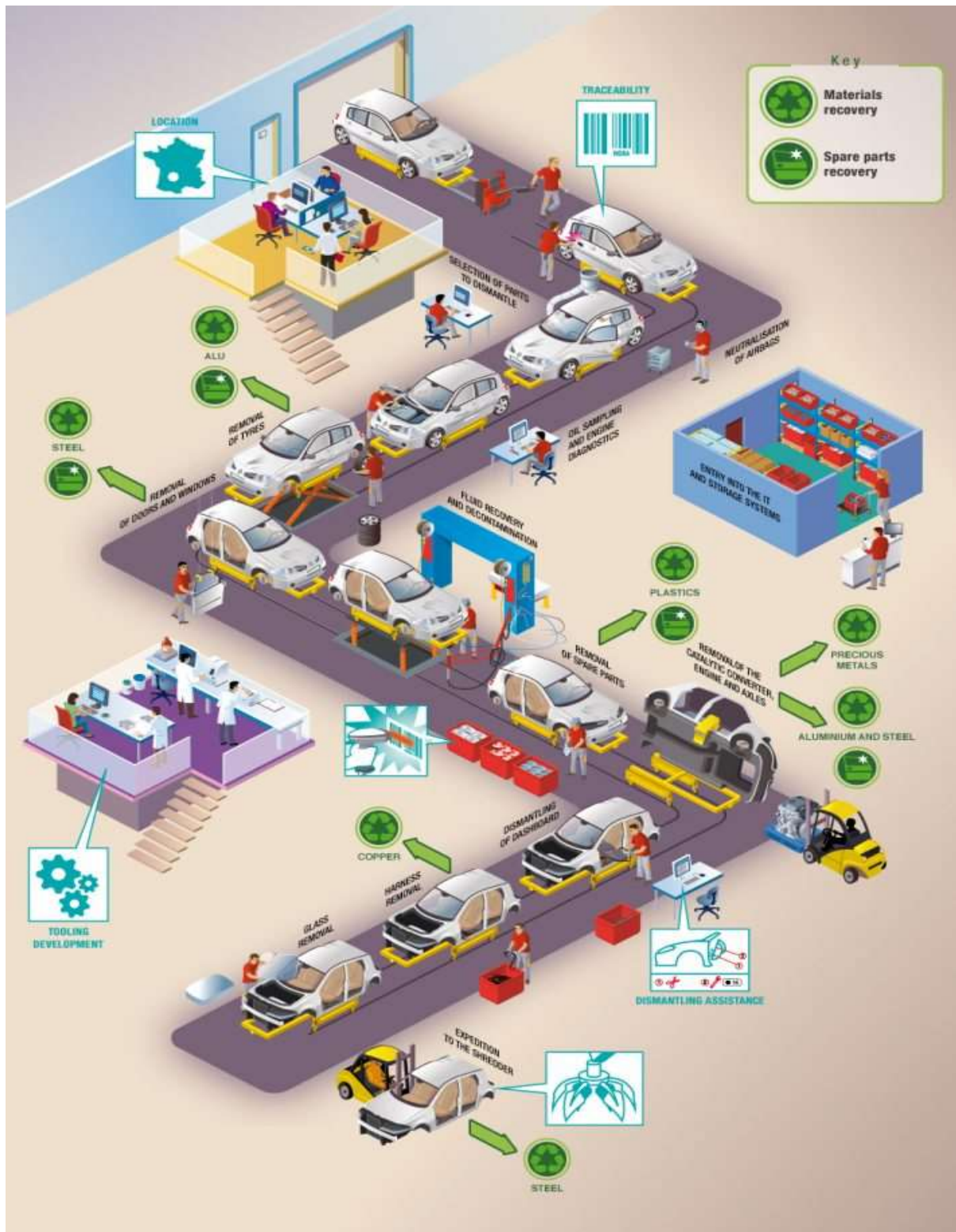
Slika 22. Stropni nosač [26]



Slika 23. Hidraulički okretač [27]

Novi pogon za demontažu vozila ima znatno veći kapacitet od onih koji konvencionalnih koji su danas zatupljeni i industriji za obradu ELV-a. Ovaj koncept je efikasniji od postojećeg u smislu vremena koje je potrebno za preradu vozila, a shodno time ekonomski i ekološki prihvatljiviji s obzirom na povećanje kapaciteta prerade. Na slici 24. prikazan je novi koncept demontaže.

Smatra se da bi se **ovakav koncept trebao realizirati i u Republici Hrvatskoj**, s time da bi trebala **četiri takva demontažna sustava na području Grada Zagreba, Splitsko-dalmatinske, Primorsko-goranske i Osječko-baranjske županije.**



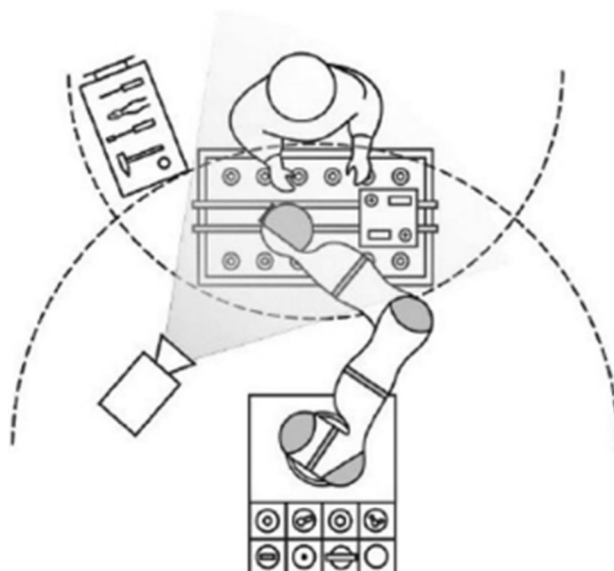
Slika 24. Poboljšani proces demontaže vozila [27]

5.2. KOLABORACIJA ČOVJEK-ROBOT

Procjenjuje se da će u svijetu do 2025. biti 54 milijuna električnih vozila (EV). [28] Takav nagli porast EV zahtijeva razvoj tehnologija kojima će biti moguće takva vozila procesirati na kraju njihovog životnog vijeka. EV sadrže mnogo elektroničkih modula koje postojećem tehnologijom nije moguće reciklirati. Osim modula EV generirat će i veliki broj baterija za recikliranje, najvjerojatnije litij-ionskih.

U procesiranju takvog otpada čovjeku pomaže kolaborativni robot. Dok čovjek obavlja više složene zadatke, robot provodi jednostavne ponavljajuće zadatke kao što je uklanjanje vijaka. Razvijanjem ovakvih sustava cilj je da čovjek i robot dijele i istovremeno poduzimaju različite zadatke obrade i elektroničkog otpada kao što su kategorizacija otpada i rastavljanje proizvoda.

Primarna svrha sustava bit će sortirane komponente električnih/elektronskih uređaja i frakcije koncentriranog materijala koji ima vrijednost (bakar, aluminij, plastika), a krajnji cilj je smanjiti današnje gotovo potpuno oslanjanje na ljudski rad. Na slici 25. prikazana je radna stanica čovjek-robot.



Slika 25. Radna stanica čovjek-robot [29]

6. ZAKLJUČAK

Ulaskom u Europsku uniju Republika Hrvatska je preuzela obavezu unaprjeđenja gospodarenja otpadom. Izdvajaju se sve veća financijska sredstva, mijenja se svijest građana, a otpad se sve više sortira i reciklira. Sukladno preuzetim obvezama otvaraju se reciklažna dvorišta i centri za gospodarenje otpadom. Najviše pažnje je usmjereno na zbrinjavanje komunalnog otpada što je i razumljivo jer je najveći broj stanovništva povezan s tom vrstom otpada.

Zakoni i direktive donesene su i za automobilski otpad. Zbrinjavanje automobilskog otpada je izuzetno složeniji proces zbog velikih količina ELV-a, složenosti samog automobila i različitih materijala u automobilskom otpadu. Propisi nalažu način i stopu recikliranja dotrajalih automobila. Posljednjih godina bilježi se značajan rast ELV-ova i uvezenih korištenih automobila čime se nameće potreba za novim postrojenjima i tehnologijama za obradu vozila. Postignut je cilj koji je zadan Direktivom Europske unije oporavka minimalno 95 % mase cjelovitog automobila.

U Republici Hrvatskoj postrojenja za gospodarenje automobilskim otpadom koriste se najviše jednostavnim postupkom demontaže i drobljenjem ostatka vozila. Da bi gospodarenje ELV-ovima bilo što učinkovitije u ekonomskom i ekološkom smislu potrebno je unaprijediti postupke demontaže kojima se mogu ciljano rastavljati komponente automobila koje se kasnije koriste kao rezervni dijelovi na tržištu. Time se postiže ušteda energije i materijala za proizvodnju novih dijelova.

U sklopu izrade ovoga rada istraženi su aktualni pristupi i rješenja kojima se nastoji povećati efikasnost demontaže te je istaknut koncept novog procesa demontaže u kojem se prati stanje automobila od njegove proizvodnje pa do trenutka kad dolazi do postrojenja za gospodarenje otpadom. Koncept predlaže korištenje nove ili unaprijeđene opreme i alata (dvostruki odvodni toranj, hidraulički okretač, automatizirane trake i hidrauličke škare) te tehnologije koji bi omogućili brži i učinkovitiji rad pri demontaži. Smatra se da bi se taj koncept trebao realizirati i u Republici Hrvatskoj, s time da bi trebala četiri takva demontažna sustava na područjima: Grada Zagreba, Splitsko-dalmatinske, Primorsko-goranske i Osječko-baranjske županije.

Od posebnog je značaja uvođenje novih tehnologija u proces demontaže, koje uključuju mehanizaciju ručnog rada te posebno kolaborativne sustave čovjek-robot, s upotrebom virtualne i proširene stvarnosti. Na taj se način nadalje povećava efikasnost demontaže, ali i postiže sigurnije gospodarenje toksičnim otpadom (kao što su to, primjerice, baterije iz električnih vozila koja će biti sve zastupljenija u budućnosti).

Proces gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj posljednjih godina uspijeva zadovoljiti zahtjeve postavljene raznim direktivama i odredbama Europske unije. Međusobnom suradnjom svih grana gospodarstva i pravilnim gospodarenjem otpadom postiže se značajna ekonomska dobit i viši životni standard stanovništva.

7. LITERATURA

- [1] NN 178/2004, Dostupno na: <https://narodne-novine.nn.hr/search.aspx?sortiraj=4&kategorija=1&godina=2004&broj=178&rpp=200&qtype=1&pretraga=da>, Pristupljeno: 2022-02-01.
- [2] Research gate, Dostupno na : https://www.researchgate.net/publication/339643719_Economic_and_Environmental_Benefits_of_Using_Waste_Potential_as_a_Valuable_Secondary_and_Energy_Resource/figures?lo=1, Pristupljeno: 2022-02-01.
- [3] Nula otpada, *Priručnik za gospodarenje otpadom*, Dostupno na: http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena_akcija/document_translations/607/doc_files/original/ZA_prirucnik_nulaotpada_web.pdf?1271514511, Pristupljeno: 2022-02-02.
- [4] RCGO Orlovnjak, Dostupno na: <http://www.ekos-orlovnjak.hr/index.php/rgco-orlovnjak-1/blog/210-gospodarenje-otpadom>, Pristupljeno: 2022-02-02.
- [5] Društveno odgovorno poslovanje, Dostupno na : <https://odgovorno.hr/odrzivo-gospodarenje-otpadom-cetiri-osnovna-nacela-kao-putokaz/>, Pristupljeno: 2022-02-02.
- [6] Regionalni centar čistog okoliša, Dostupno na : <https://rcco.hr/wp-content/uploads/2018/09/Odrzivo-gospodarenje-otpadom.pdf>, Pristupljeno: 2022-02-02.
- [7] *Plan za gospodarenje otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.-2022.* , Dostupno na: https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/SPUO/nadlezno_mzoe/plan_gospodarenja_otpadom_republike_hrvatske_za_razdoblje_2017-2022_godine_1.pdf, Pristupljeno: 2022-02-03.
- [8] GI grupa, Dostupno na: <http://gin.hr/projekt-izgradnje-centra-za-gospodarenje-otpadom-biljane-donje/>, Pristupljeno: 2022-02-03.

- [9] Agencija za zaštitu okoliša, *Izvješće o gospodarenju otpadnim vozilima i otpadnim gumama za 2019. godinu*, Dostupno na:
http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjesca/ostalo/Izvje%C5%A1%C4%87e%20o%20gospodarenju%20otpadnim%20vozilima%20i%20otpadni m%20gumama%20za%202019_final_WEB_verzija%202.pdf, Pristupljeno: 2022-02-03.
- [10] Agencija za zaštitu okoliša, *Izvješće o otpadnim vozilima za 2012. godinu*, Dostupno na :
http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/021_otpad/Izvjesca/ostalo/OTP_Pregled%20podataka%20o%20otpadnim%20vozilima_2012..PDF, Pristupljeno: 2022-02-03.
- [11] Direktiva 2000/76/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 4. prosinca 2000. o spaljivanju otpada, Dostupno na :
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32000L0076>, Pristupljeno: 2022-02-03.
- [12] *End-of-Life Vehicle Recycling: State of the Art of Resource Recovery from Shredder Residue*, Energy Systems Division, 2010.
- [13] Direktiva Vijeća 1999/31/EZ od 26. travnja 1999. o odlagalištima otpada, Dostupno na :
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A31999L0031>, Pristupljeno: 2022-02-04.
- [14] *Motorna vozila Teorija kretanja i konstrukcija*, Dinko Mikulić 3. izdanje, 2020.
- [15] T. Rukavina, *Recikliranje otpadnih automobila*, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2015.
- [16] T. Filetin: *Recikliranje materijala*. Podloge za predavanje, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2019.
- [17] *Problems of production, use and recycling of motor vehicles*, Radomir Janjić, 2016.
- [18] IRIS-MEC, Dostupno na: <https://www.iris-mec.com/product-detail/isq-compact-drainage-system-2/>, Pristupljeno: 2022-02-11.
- [19] M. Saidani, B. Yannou, Y. Leroy, F. Cluzel. *Dismantling, remanufacturing and recovering heavy vehicles in a circular economy - Technico-economic and organisational lessons learnt from an industrial pilot study. Resources, Conservation and*

- Recycling*, Elsevier, 2020, Dostupno na : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02473835/document>, Pristupljeno: 2022-02-01.
- [20] Introduction to IR spectroscopy, Dostupno na: <https://www.chromacademy.com/channels/infrared-spectroscopy-and-spectral-interpretation-training-courses/principles/introduction-to-ir-spectroscopy/>, Pristupljeno: 2022-02-10.
- [21] IDIS2, Dostupno na: <https://www.idis2.com/discover.php>, Pristupljeno: 2022-02-10.
- [22] G. Mehlhart, A. Möck, D. Goldmann: *Effects on ELV waste management as a consequence of the decisions from the Stockholm Convention on decaBDE*, , Darmstadt 2018., Dostupno na: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/ACEA-DecaBDE-final-report.pdf>, Pristupljeno: 2022-02-11.
- [23] Hrvatska tehnička enciklopedija, <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/drobljenje.pdf>, Pristupljeno: 2022-02-11.
- [24] Relay cars, Dostupno na: <https://blog.relaycars.com/augmented-reality-to-fix-cars/>, Pristupljeno: 2022-02-12.
- [25] G. Bergqvist, M. H. Islam, *Adoption of lean Philosophy in Car Dismantling Industry* Dostupno na : <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/252486/252486.pdf>, Pristupljeno: 2022-02-12.
- [26] Indra automobile recycling, Dostupno na: <https://www.indra.fr/en/catalogue-re-source-engineering-solutions>, Pristupljeno: 2022-02-16.
- [27] Business Europe, Dostupno na: <http://www.circularity.eu/project/renault-suez-vehicles/>, Pristupljeno: 2022-02-16.
- [28] Statista, Dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/970958/worldwide-number-of-electric-vehicles/>, Pristupljeno: 2022-02-16.
- [29] R. Bouge, *Robots in recycling and disassembly*, Dostupno na: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IR-03-2019-0053/full/html>, Pristupljeno: 2022-02-17.