

# Važnost povratne logistike te uloga informacijsko komunikacijske tehnologije u njezinim procesima

---

Jakopec, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:148909>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**Važnost povratne logistike te uloga informacijsko  
komunikacijske tehnologije u njezinim procesima**

**Završni rad**

**Matej Jakopec**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 14.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Matej Jakopec
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	R 4357, 22.07.2019.
<b>OIB Pristupnika:</b>	24188605421
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić
<b>Sumentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Zdravko Krpić
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	Leon Mekić
<b>Naslov završnog rada:</b>	Važnost povratne logistike te uloga informacijsko komunikacijske tehnologije u njezinim procesima
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	Razvojem industrije povratna logistika dobiva sve veći značaj u smislu efikasnijeg zbrinjavanja otpada. Radom je potrebno dati pregled koncepta povratne logistike kao važnog segmenta održivog sustava gospodarenja otpadom. Treba opisati zakonodavni i ekonomski aspekt povratne logistike te njezine procese. Također je potrebno analizirati i opisati ulogu informacijsko komunikacijskih tehnologija u sigurnosti, transparentnosti i ubrzanju tih procesa. Sve to treba potkrijepiti navođenjem i opisom primjera dobre prakse u Republici Hrvatskoj i u
<b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	14.09.2023.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	24.09.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 26.09.2023.

**Ime i prezime studenta:**

Matej Jakopec

**Studij:**

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

R 4357, 22.07.2019.

**Turnitin podudaranje [%]:**

3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom : **Važnost povratne logistike te uloga informacijsko komunikacijske tehnologije u njezinim procesima**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić

i sumentora izv. prof. dr. sc. Zdravko Krpić

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

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
2. PREGLED PODRUČJA TEME .....	2
3. POVRATNA LOGISTIKA.....	5
3.1. Razlozi postojanja povratne logistike .....	5
3.2. Karakteristike povratne logistike .....	6
3.3. Aktivnosti povratne logistike .....	7
3.4. Razlozi povrata .....	8
3.5. Koraci povratne logistike .....	9
3.6. Zakonodavni aspekt povratne logistike .....	10
3.7. Ekonomski aspekt povratne logistike .....	12
3.8. Recikliranje prema materijalima .....	12
3.8.1. Plastični otpad .....	13
3.8.2. Tekstilni otpad.....	15
3.8.3. Papir .....	16
3.8.4. Staklo .....	16
3.8.5. Električni i elektronički otpad.....	17
3.9. Povratna logistika u Republici Hrvatskoj .....	17
3.10. Povratna logistika u drugim zemljama .....	18
3.11. Trenutno stanje na tržištu kroz primjere .....	18
4. ULOGA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U POVRATNOJ LOGISTICI .....	22
4.1. Barkodovi.....	23
4.1.1. Jednodimenzionalni barkodovi .....	23
4.1.2. Dvodimenzionalni barkodovi.....	25

4.1.3. Generiranje barkodova.....	27
4.2. RFID.....	27
4.3. Senzori i mikroupravljači .....	29
4.4. Korištenje aplikacija u povratnoj logistici.....	30
5. RJEŠENJE U OBLIKU APLIKACIJE.....	31
5.1. Definiranje zahtjeva za aplikaciju .....	31
5.2. Korištene tehnologije u izradi web aplikacije .....	32
5.2.1. Programski jezik PHP: Hypertext Preprocessor .....	32
5.2.2. Relacijska baza podataka My Structured Query Language .....	32
5.2.3. Razvojni okvir Symfony .....	33
5.2.4. Prezentacijski jezik HyperText Markup Language.....	33
5.2.5. Stilski jezik Cascading Style Sheets .....	33
5.2.6 Programski jezik JavaScript.....	33
5.2.7. Programska biblioteka ReactJS.....	34
5.3. Prijedlog rješenja .....	34
5.3.1. Struktura aplikacije .....	34
5.3.1. Baza podataka.....	36
5.3.2. Rad s podacima.....	37
5.3.3. Vizualni dio aplikacije .....	38
6. FUNKCIONALNOSTI APLIKACIJE .....	40
6.1. Početna stranica .....	40
6.2. Registracija korisnika .....	41
6.3. Prijava korisnika.....	42
6.4. Lista oglasa.....	43
6.5. Individualni oglas .....	44
6.6. Ponude.....	45
6.7. Korisnička stranica drugog korisnika .....	46

6.8. Korisnička stranica vlastitog korisnika .....	47
6.9. Izrada novog oglasa.....	48
6.10. Tamna/svijetla tema.....	49
7. ZAKLJUČAK.....	50
LITERATURA.....	52
SAŽETAK.....	57
ABSTRACT.....	58
ŽIVOTOPIS.....	59

# 1. UVOD

Suočeni s neprekidnim rastom populacije, posebno u urbanim sredinama, očigledno postaje sve veći izazov kako pronaći efikasna rješenja za obradu i zbrinjavanje otpada. Promjene u zakonodavstvu koje se odnose na ove procese postaju sve rigoroznije iz dana u dan. Stoga je izuzetno važno da kako poduzeća tako i društvo u cjelini postanu svjesni ovog problema. Iako se naglasak na ovaj problem stavio relativno nedavno, tehnologije i procesi koji bi doprinijeli ovom području su još u razvoju. S ciljem pružanja pregleda povratne logistike i njezine važnosti u modernom društvu, ovaj završni rad će istražiti ključne aspekte tog procesa. U prvom dijelu rada bit će detaljno razmotreni ključni segmenti povratne logistike, njezine aktivnosti, svrha te poticaji. Također će biti analiziran zakonodavni i ekonomski okvir vezan uz povratnu logistiku. Prikazat će se tipovi otpada s kojima se povratna logistika bavi te načini njihova zbrinjavanja. S obzirom na sveprisutnu ulogu tehnologije u suvremenom društvu, drugi dio rada usredotočuje se na utjecaj tehnologije na povratnu logistiku. Počevši od narudžbe proizvoda pa sve do praćenja istih, bit će istražen utjecaj tehnoloških inovacija na cijeli lanac povratne logistike. Rad će također pružiti pregled najčešće korištenih tehnologija za praćenje proizvoda i pohranu informacija o istima, uključujući njihovu primjenu u kontekstu povratne logistike. Usporedit će se i analizirati postojeća aplikacija za olakšavanje zbrinjavanja otpada i recikliranja te aplikacija koja bi bila novo rješenje predloženo ovim radom. Treći dio rada fokusira se na tehnologije koje su korištene za izradu aplikacije, istražujući njihove prednosti i nedostatke. Detaljno će se opisati način primjene ovih tehnologija u izradi aplikacije koja ima za cilj olakšati komunikaciju između pojedinaca i poduzeća u vezi s odvozom otpada. Na kraju, petim poglavljem, bit će predočene funkcionalnosti same aplikacije i njezino korisničko sučelje. Predstavit će se web aplikacija kao rješenje za optimizaciju povratne logistike. Zaključnim dijelom dani su kratki rezultati provedenog istraživanja, sugerirane su preporuke i buduće smjernice istraživanja kako bi se odgovorilo na sve veću potrebu za učinkovitim rješenjima u zbrinjavanju korištenih proizvoda i otpada.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Radom treba dati pregled koncepta povratne logistike kao važnog segmenta održivog sustava gospodarenja otpadom. Potrebno je analizirati i opisati ulogu informacijsko komunikacijskih tehnologija u samom procesu te na kraju napraviti aplikaciju za povezivanje proizvođača otpada (industrije) i reciklažnih dvorišta.



## 2. PREGLED PODRUČJA TEME

Predložena aplikacija za odvoz otpada kombinira značajke oglasnika i specijaliziranih alata za prikupljanje otpada, stvarajući jedinstvenu platformu. Osim klasičnih oglasnika, aplikacija nudi mogućnost ponuda, što je tipično za alate za odvoz otpada. To je ključna prednost koja privlači i korisnike oglasnika i one koji traže specijalizirane usluge prikupljanja otpada. Ova kombinacija omogućuje širem krugu korisnika da pristupi i koristi aplikaciju, čime se povećava njezin potencijalni doseg i korisnost. Iz tog razloga aplikaciju se može promatrati kroz domenu oglasnika i kroz domenu specijaliziranih aplikacija za odvoz otpada.

Budući da se aplikacija može usporediti s oglasnicima, najprije će se provesti ta usporedba, a zatim i usporedba sa specijaliziranim alatima kako bi se bolje istaknule prednosti aplikacije. Na tržištu postoji niz web stranica i aplikacija koje pružaju usluge oglašavanja u različitim kategorijama. Među najkorištenijima na hrvatskom tržištu su Njuškalo [1] i Index Oglasi [2], dok se na globalnoj razini ističu platforme poput Craigslista [3], Facebook Marketplacea [4] i eBay Classifiedsa [5]. Njuškalo, Indeks Oglasi i Craigslist nude obilje kategorija pod kojima se oglasi mogu objaviti, što omogućava korisnicima detaljno pretraživanje oglasa prema kategorijama. Time se korisnicima olakšava brzo pronalaženje oglasa koji ih zanimaju. Ova funkcionalnost dodatno je podržana različitim opcijama filtriranja oglasa prema raznim svojstvima.

Nastavljajući usporedbu s oglasnicima, Facebook Marketplace i eBay Classifieds nemaju toliko razgranat sustav kategorija niti razvijen sustav filtriranja kao prethodno spomenuti oglasnici. Unatoč tome, njihova popularnost dolazi iz toga što su integrirani sa već postojećim web stranicama. Inspirirajući se ovim pristupima, u razvoju predložene aplikacije također je implementiran koncept kategorizacije, sortiranja i pregleda oglasa za brže i lakše snalaženje. Bitna razlika je što je cilj predložene aplikacije specijaliziranje za jedno konkretno područje: potrebu za odvozom otpada i povezanim uslugama.

Slično kao i kod prethodno spomenutih platformi, format oglasa u predloženoj aplikaciji uključuje osnovne elemente kao što su naslov, opis, lokacija i slike. Nova inovacija je mogućnost davanja ponuda na oglase koji traže uslugu odvoza. Ova dodatna opcija omogućava korisnicima da jasno istaknu cijenu svoje ponude, čime se olakšava donošenje odluke korisnicima koji traže usluge odvoza. Ova funkcionalnost nije prisutna u drugim oglasnicima te predstavlja novu vrijednost za korisnike.

Neki od primjera specijaliziranih aplikacija koje se bave recikliranjem i odvozom otpada uključuju My WM, Customer Portal, Rubicon, Recycle Track Systems i Dumpster On Demand. U daljnjem tekstu će se ukratko opisati nabrojane specijalizirane aplikacije i prikazati njihova usporedba s predloženom aplikacijom.

Aplikacija My WM ima za cilj omogućiti privatnim i poslovnim korisnicima organizaciju odvoza otpada. Korisnicima se pruža mogućnost ugovaranja redovitog rasporeda odvoza ili jednokratnog prikupljanja otpada. Također, putem ove aplikacije korisnici mogu izvršiti plaćanje računa. Dodatno, poduzeće nudi iznajmljivanje kanti, kontejnera i drugih spremnika za odlaganje otpada korisnicima. [6]

Druga aplikacija naziva se Customer Portal, a razvijena je od strane poduzeća WasteApplications. Ova aplikacija je namijenjena drugim poduzećima koja pružaju usluge odvoza otpada. Customer Portal omogućuje ovim poduzećima praćenje informacija o svojim kupcima, planiranje ruta za odvoz otpada, izdavanje računa te analizu statističkih podataka. Važno je napomenuti da krajnji korisnici nemaju pristup ovoj aplikaciji, već se ona koristi interno u okviru poduzeća. predložene aplikacije. [7]

Rubicon je računalna aplikacija koja ima za cilj unaprijediti logistiku poduzećima koja se bave odvozom otpada. Osim toga, Rubikon omogućuje direktnu komunikaciju s krajnjim klijentima, što je ključna razlika u odnosu na Customer Portal. Međutim, treba napomenuti da je komunikacija putem Rubicona ograničena i omogućuje korisnicima primanje informacija o planiranom vremenu odvoza otpada te im omogućuje pružanje povratnih informacija o usluzi. [8]

Zadnja dva primjera, aplikacije Recycle Track Systems [9] i Dumpster on Demand [10], dijele sličan koncept. Obje su mobilne aplikacije osmišljene za olakšavanje komunikacije između konkretnih poduzeća i njihovih korisnika. Te aplikacije omogućuju korisnicima zakazivanje usluge prikupljanja otpada te izvršavanje plaćanja. Stoga su korisne isključivo za korisnike tih specifičnih poduzeća i za ta poduzeća.

U usporedbi s My WM, Recycle Track Systems i Dumpster on Demand, aplikacija predložena ovim radom nema ograničenja na jedno specifično poduzeće. Ona omogućuje svim privatnim i poslovnim korisnicima da je koriste za postavljanje oglasa o svojim potrebama za uslugama odvoza otpada. Time se povezuje čitava industrija i eliminira potreba korisnika da koriste više različitih aplikacija ovisno o tome koju uslugu žele koristiti. Što se tiče plaćanja, važno je napomenuti da predložena aplikacija ne pruža mogućnost izravnog plaćanja putem aplikacije, kao što to nude specijalizirane aplikacije za pojedina poduzeća. Međutim, aplikacija olakšava kontakt

između korisnika i pružatelja usluga, omogućujući korisnicima pregled i usporedbu različitih ponuda od različitih poduzeća. Aplikacije poput Customer Portala i Rubicon usmjerene su na poduzeća koja obavljaju prikupljanje otpada i pružaju alate za praćenje vozila i ruta. Ipak, ovim aplikacijama nedostaje direktna točka kontakta s krajnjim korisnicima, što je ključna karakteristika predložene aplikacije. Predložena aplikacija omogućuje korisnicima postavljanje oglasa za usluge odvoza otpada i primanje ponuda od različitih poduzeća. Također, ona nije geografski ograničena na područje na kojem djeluju specifična poduzeća, što značajno proširuje potencijalni broj korisnika.

### **3. POV RATNA LOGISTIKA**

Pred kraj 1990-ih, Vijeće Europe je definiralo službenu definiciju povratne logistike. Prema toj definiciji, povratna logistika obuhvaća proces planiranja, provođenja i kontrole obrnutog toka sirovina - od proizvodnje, distribucije ili točke korištenja, do točke obnavljanja ili prikladnog zbrinjavanja. [11]

U njoj je svrha logistike usmjeriti se obrnutim smjerom u odnosu na standardnu logistiku te osigurati siguran način za prikupljanje i zbrinjavanje svih proizvoda nad kojima se treba izvršiti povrat.

Dok je svrha integralne logistike približiti proizvod potrošaču, povratna logistika se bavi vraćanjem proizvoda natrag kroz opskrbni lanac. Zbog toga je fokus povratne logistike smanjenje otpada u svim oblicima, kada je to moguće. U nekim situacijama koriste se potpuno različiti distribucijski kanali s različitim posrednicima zbog prirode samih proizvoda. Povratna logistika istražuje aktivnosti povezane s povratnom logistikom, razloge za nju, upravljanje povratom i korištenje vanjskih suradnika u povratnoj logistici. [11]

Iz svega navedenog jasno je kako je povratna logistika usko povezana s poslije prodajnim aktivnostima i kako je njena svrha optimizacija i unapređenje te aktivnosti. Osim što se mora prilagoditi potrebama potrošača (kao i logistika općenito), ona također mora poštovati ekološke regulative koje imaju iznimno važnu ulogu. Stoga tradicionalno odlaganje otpada na deponije više nije prihvatljivo jer štetno utječe na zdravlje ljudi i okoliš (zagađenje podzemnih voda ili emisija štetnih plinova, da se navedu samo neki). Zato se sve više fokusira na recikliranje ili ponovno korištenje na određene načine koji će biti kasnije objašnjeni. [12, str. 314]

Također je važno istaknuti da se povratna logistika ne bavi isključivo otpadom, jer se otpad definira kao proizvod koji više nije koristan. U tome ključnu ulogu ima zakonodavstvo koje mora jasno definirati što je otpad. Zbog toga povratna logistika obuhvaća proizvode koji imaju određenu vrijednost kako bi se kroz bilo koji oblik taj proizvod (ili dio proizvoda) vratio u lanac opskrbe.

Uz sve brži razvoj modernih tehnologija, napreduje efikasnost cijelog logističkog lanca te se povećava kvaliteta usluge na globalnom tržištu logističkih usluga.

#### **3.1. Razlozi postojanja povratne logistike**

Poduzeća se obično uključuju u povratnu logistiku iz jednog od ova tri razloga: stvaranja profita, obveze prema zakonskoj legislativi ili osjećaja društvene odgovornosti. Povratna logistika može

pridonijeti direktnim profitima putem korištenja recikliranih sirovina, dodavanjem dodatne vrijednosti vraćenim proizvodima ili smanjenjem troškova otpada. Poduzeća se mogu uključiti u povratnu logistiku iz marketinških razloga, potaknuta primjerima drugih sličnih poduzeća ili kao dio poslovne strategije. Često ne planiraju ostvariti trenutni profit jer ulaganje u povratnu logistiku zahtijeva značajnije početne investicije. Ponekad poduzeća primjenjuju povratnu logistiku kako bi drugim poduzećima otežala pristup njihovoj tehnologiji ili kako bi usporila rast konkurencije.

Poduzeće IBM se, primjerice, uključilo u povratnu logistiku kako bi zaštitili svoju tehnologiju. Također, povratna logistika može poslužiti za izgradnju imidža kao ekološki osviještenog poduzeća. Primjer toga je poduzeće Canon, koje je radi poboljšanja javnih dobara, započeo recikliranje printera, skenera, boja i tonera te istodobno provodio marketinšku kampanju kojom se isticala briga o okolišu. Ovi primjeri pokazuju kako se postižu direktni i indirektni dobitci. Direktni dobitci uključuju recikliranu sirovinu, troškovne uštede i dodanu vrijednost kroz povratne proizvode. Indirektni dobitci uključuju predviđanje strožih zakona o otpadu, zaštitu tržišta, stvaranje ekološkog imidža te poboljšane odnose s dobavljačima i potrošačima. [13, str. 6]

### **3.2. Karakteristike povratne logistike**

Povratna logistika se značajno razlikuje od standardne logistike, te posjeduje specifične karakteristike koje su jedinstvene za nju. Ove karakteristike predstavljaju izazove koji se moraju riješiti kako bi povratna logistika bila efikasna i korisna.

Iznimno važna značajka povratne logistike je njena nepredvidljivost. Unatoč pažljivom praćenju proizvoda, lanca distribucije i drugih relevantnih parametara, nemoguće je potpuno predvidjeti različite vrste povrata, njihov broj, vrijeme njihovog nastanka i trajanje distribucije. Ova karakteristika čini izazov u pripremi za sve navedene varijable. Stoga, poduzeća koja se bave povratnom logistikom moraju biti izuzetno fleksibilna i brzo prilagodljiva. Ova fleksibilnost mora biti primjenjiva u oba smjera - moraju biti sposobna obraditi velike količine povrata jednog dana i minimalne količine drugog dana, uz održavanje ekonomske isplativosti.

Kompleksnost je jedna od ključnih karakteristika povratne logistike. Tržište je preplavljeno raznovrsnim proizvodima, svaki s vlastitim zahtjevima za transportom, skladištenjem, tretmanom i recikliranjem. Na primjer, povrat prehrambenih proizvoda, električkog otpada, baterija, tekućina ili opasnog otpada zahtijeva specifične uvjete. Svakom proizvodu je potrebno prilagoditi siguran transport i obradu.

Još jedna bitna karakteristika povratne logistike je sporost. Svaki korak u ovom procesu zahtijeva značajno sudjelovanje ljudske radne snage i stoga je radno i vremenski intenzivan. Od sporog sakupljanja povrata, do složenosti samih postupaka i procesa. Svaki aspekt povratne logistike, kao što su provjera, sortiranje, testiranje, prenamjena, recikliranje i sl., zahtijeva pažljivu i ručnu obradu. Automatizacija ovih procesa je izazovna i zahtijeva značajne resurse.[14]

### **3.3. Aktivnosti povratne logistike**

Unutar okvira povratne logistike, mogu se prepoznati različite aktivnosti koje poduzeća provode kako bi prikupila iskorištene, oštećene ili nepotrebne proizvode i ambalažu od krajnjih potrošača ili dobavljača. S obzirom na konstantan pad cijena proizvoda uslijed snažne konkurencije i neprestanog unaprjeđenja proizvodnih procesa, postaje izuzetno bitno provesti kvalitetnu i isplativu manipulaciju robom tijekom procesa povrata. S obzirom na to da je pojam povratne logistike još uvijek u fazi razvoja, njezini sustavi, usluge i procesi su trenutno u procesu daljnjeg oblikovanja.[1]

Da bi se uspješno opisale aktivnosti povratne logistike, prvo je nužno analizirati na koje vrste proizvoda je usmjerena. Tako ih možemo klasificirati u tri glavne kategorije: materijal za recikliranje, otpadni materijal i materijal za povrat.

*Materijal za recikliranje* obuhvaća svaku sirovinu koja se putem određenih procesa može ponovno iskoristiti, bilo u cijelosti ili djelomično.

*Otpadni materijal* obuhvaća sve one materijale koji više ne posjeduju vrijednost te ih treba adekvatno zbrinuti.

*Materijal za povrat* podrazumijeva povratnu ambalažu, praznu ambalažu, transportne jedinice (poput paleta i kontejnera), sirovine te gotove proizvode iz različitih razloga. [12, str. 316]

Konkretno, aktivnosti povratne logistike obuhvaćaju sljedeće pojmove i postupke:

1. *Selekcija i sortiranje*: Ovdje se provodi izbor i organizacija proizvoda ili ambalaže nakon povrata. Proces sortiranja posebno je zahtjevan, posebice u okviru povratne logistike.
2. *Skladištenje*: Proizvodi se pohranjuju nakon dolaska, kako bi se naknadno obradili ili preusmjerili prema daljnjim koracima povratne logistike.
3. *Usmjeravanje*: Educirani zaposlenici usmjeravaju proizvode prema odgovarajućim kanalima povratne logistike, kako bi se postigla maksimalna tržišna vrijednost ili ih se usmjerilo prema odgovarajućim odlagalištima.

4. *Popravak*: U ovoj fazi oštećene komponente proizvoda ili ambalaže se popravljaju ili zamjenjuju novima kako bi se omogućilo ponovno korištenje. Popravak je zaseban proces i ne uključuje sam proizvodni postupak.
5. *Obnova*: Proces vraćanja proizvoda ili ambalaže u prvobitno stanje putem koraka kao što su popravak, čišćenje, bojanje i slično, pri čemu struktura ostaje nepromijenjena.
6. *Ponovno procesiranje*: Ponavljanje proizvodnog procesa kako bi se ispravili neuspješni prvobitni pokušaji.
7. *Ponovna proizvodnja*: Izrada proizvoda koja uključuje upotrebu i novih i korištenih komponenata.
8. *Ponovno korištenje*: Aktivnost u kojoj se vraćeni proizvod koristi uz minimalne ili nikakve zamjene.
9. *Oporaba*: Postupak upravljanja otpadom koji putem aktivnosti povratne logistike smanjuje otpad koji završava na odlagalištu kako bi se dobile sirovine i energija za ekonomske ili ekološke koristi.[15]

### **3.4. Razlozi povrata**

Proizvodi mogu biti podložni povratu ukoliko su nefunkcionalni ili više nisu potrebni. U sklopu opskrbnog lanca, povrat se može manifestirati u različitim fazama, uključujući povrat unutar proizvodnje, distribucijski povrat te povrat od strane kupaca.

Povrat unutar proizvodnog procesa označava situaciju kada proizvod ostaje unutar faze proizvodnje. Ovo se događa iz različitih razloga, poput viška sirovina, nepravilnih među-proizvoda ili finalnih proizvoda koji ne zadovoljavaju standarde kvalitete. Također, proizvodi koji se ne uskladište adekvatno ili nisu prodani mogu ostati kao višak tijekom proizvodnje.

Distribucijski povrat obuhvaća sve povrate koji započinju u fazi distribucije. Ovo uključuje povlačenje proizvoda iz prodaje zbog sigurnosnih ili zdravstvenih rizika, komercijalne povrate obvezne po ugovoru, usklađivanje zaliha te funkcionalne povrate. Komercijalni povrati se mogu vršiti u slučaju pogrešne ili oštećene dostave, nedovoljnim dugim i isteklim rokom trajanja ili ne prodanih proizvoda. Takvi se vraćaju distributeru ili proizvođaču. Usklađivanje zaliha je proces koji se najčešće koristi kod sezonskih proizvoda, kada se takvi proizvodi vraćaju u distribucijske centre za vrijeme kada nisu u sezoni. Funkcionalni povrati se odnose na proizvode koji se kontinuirano vraćaju natrag kroz lanac opskrbe radi očuvanja određenih karakteristika. Konkretni primjer su transportne palete koje se koriste za opskrbu, a zatim se vraćaju proizvođaču kako bi se smanjili troškovi novih paleta te samim time i proizvoda. [13, str. 8]

Posljednja kategorija povrata obuhvaća povrate od strane kupaca, koji nastupaju nakon što je proizvod prošao kroz cijeli opskrbni lanac i dospio do kupca. U Europskoj uniji, kupci imaju pravo vratiti neprehrambene proizvode unutar 30 dana ako su promijenili mišljenje i/ili isti nije ispunio njihova očekivanja. Drugi najčešći razlog povrata od strane kupaca povezan je s garancijama. Garancija pruža korist kupcima jer im omogućuje da vrte proizvod ako ne zadovoljava obećane standarde kvalitete. Ovisno o politici tvrtke, kupac može zatražiti popravak, zamjenu novim proizvodom ili povrat novca. Nakon isteka garancijskog roka, kupci također mogu koristiti servise koji omogućuju održavanje ili popravak proizvoda koji posjeduju, uz određene troškove. Posljednji tip povrata od strane kupca je povrat proizvoda na kraju njegovog životnog vijeka. Taj tip povrata se odnosi na situaciju gdje proizvod više ne ispunjava svoju osnovnu funkciju te kupac ima pravo na povrat. To se jasno vidi na primjeru boca, gdje kupac može dobiti povratnu naknadu ukoliko odluči vratiti ambalažu. [13, str. 7]

### **3.5. Koraci povratne logistike**

Povratna logistika je složeni proces koji se sastoji od ključnih koraka, a njihova definicija i razumijevanje su ključni za optimizaciju brzine i efikasnosti tog procesa. Integracija informacijsko-komunikacijske tehnologije također može značajno olakšati ove korake.

1. *Sakupljanje proizvoda*: Iznimno važan početni korak jer uključuje identifikaciju, sortiranje i transport proizvoda prema odgovarajućim postrojenjima za recikliranje, preradu ili ponovnu proizvodnju. Sakupljanje može obavljati samo poduzeće ili se može unajmiti specijalizirano poduzeće. U slučaju unajmljivanja same usluge, dodatno sortiranje i pregledavanje ponekad su nužni radi usklađivanja sa standardima tog poduzeća.
2. *Pregledavanje i sortiranje*: Ovaj korak može se obavljati tijekom sakupljanja ili u posebnim kolekcijskim centrima. Zahtijeva velik broj radnika i vrijeme te uključuje detaljniju analizu i sortiranje proizvoda prema svojstvima i kategorijama.
3. *Procesiranje i rastavljanje*: Proizvodi se sortiraju, razdvajaju i mogu biti djelomično ili potpuno rastavljeni. Ovaj korak može se obavljati tijekom prikupljanja ili u kolekcijskim centrima, ovisno o prirodi proizvoda i tehnološkim čimbenicima.
4. *Distribucija i smještaj*: Ključni korak koji uključuje smještaj proizvoda u distribucijske centre, uzimajući u obzir logistiku i povezanost s drugim distribucijskim centrima. S obzirom na povezanost povratne logistike s običnom logistikom, ključno je uskladiti smještaj s drugim centrima kako bi se postigla brzina i ekonomska isplativost.



5. *Upravljanje kapacitetom*: Ovaj korak uključuje optimalno planiranje kapaciteta za različite dijelove povratnog procesa. Kapacitet može biti usmjeren na kratki domet (sakupljanje) ili daleki domet (vraćanje proizvoda proizvođaču), a cilj je postići najbolji omjer troškova i dobiti.
6. *Upravljanje inventarom*: Ovaj složeni korak naglašava važnost upravljanja zalihama tijekom cijelog procesa povratne logistike. S obzirom na nepredvidljivost povrata, potrebno je mudro upravljati inventarom kako bi se osiguralo skladištenje i priprema za stalni protok recikliranih ili obrađenih proizvoda. Razlika u odnosu na klasičnu logistiku leži u nemogućnosti predviđanja vremena i količine povrata. Stoga je efikasno upravljanje inventarom ključno za usklađivanje s konstantnim potrebama proizvodnog procesa, što čini poduzeće konkurentnijim na suvremenom tržištu. [17]

### **3.6. Zakonodavni aspekt povratne logistike**

Trenutno u Republici Hrvatskoj postoji veći broj zakona, pravilnika, uredbi te planova i programa kojima se regulira gospodarenje otpadom pa samim time i povratna logistika.

Zakoni kojima se regulira gospodarenje otpadom su: [18][19]

- Zakon o zaštiti okoliša
- Zakon o zaštiti zraka
- Zakon o gospodarenju otpadom
- Zakon o održivom gospodarenju otpadom

Pravilnici kojima se regulira gospodarenje otpadom su: [18][19]

- Pravilnik o gospodarenju otpadom
- Pravilnik o ambalaži i otpadnoj ambalaži
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim gumama
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim vozilima
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim uljima
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima
- Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom
- Pravilnik o gospodarenju otpadnom električnom i elektroničkom opremom
- Pravilnik o ograničavanju uporabe određenih opasnih tvari u električnoj elektroničkoj opremi
- Pravilnik o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest
- Pravilnik o gospodarenju građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest

Uredbe kojima se regulira gospodarenje otpadom su: [18][19]

- Uredba o gospodarenju komunalnim otpadom
- Uredba o gospodarenju otpadnom ambalažom
- Uredba o gospodarenju baterijama i akumulatorima
- Uredba o gospodarenju otpadnim vozilima
- Uredba o informiranju i sudjelovanju javnosti i zainteresirane javnosti u pitanjima zaštite okoliša
- Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada
- Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj i fluoriranim stakleničkim plinovima
- Uredba o dobrovoljnom sudjelovanju organizacija u sustavu za ekološko upravljanje i neovisno ocjenjivanje

Programi te planovi kojima se regulira gospodarenje otpadom su: [18][19]

- Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske
- Plan gospodarenja otpadom u Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022.

Kroz navedene zakone i pravilnike, jasno je definirano što se smatra opasnim otpadom i kategorije otpada koje se svrstavaju u tu opasnu klasifikaciju. Strategija održivog razvoja dodatno je utemeljila važnost pravilnog razvrstavanja otpada i razvijanja logističkih procesa za učinkovito prikupljanje i transport otpada prema odgovarajućim destinacijama. Ova strategija naglašava ključnu ulogu lanca opskrbe te važnost pravovremenog prikupljanja i obrade korištenih proizvoda.

Uvođenje kazni za nepoštivanje zakona i propisa također je značajna mjera koja postaje sve stroža kako bi se smanjilo ilegalno rukovanje i neadekvatno odlaganje otpada. Ova pravila moraju biti usklađena s europskim zahtjevima, s obzirom na to da Europska unija (EU) postavlja snažan naglasak na smanjenje stvaranja otpada i promicanje održivosti. Republika Hrvatska, kao članica EU, također mora osigurati usklađivanje svojih zakona i propisa s europskim standardima, kako bi postigla dosljednost unutar EU te osigurala bolju okolinu za svoje građane.

Važno je napomenuti da takva kohezija na europskoj razini sprječava situaciju u kojoj bi određena država postala deponij otpada za ostale države članice. Održavanjem visokih standarda za upravljanje otpadom osigurava se ravnoteža i zaštita okoliša te se promiče zajednička odgovornost svih članica Europske unije za očuvanje prirode i okoliša za sadašnje i buduće generacije.

### **3.7. Ekonomski aspekt povratne logistike**

U kapitalističkom slobodnom tržištu koje je u Republici Hrvatskoj i većini drugih zemalja, naglasak na postizanju profita motivira većinu poduzeća. U povratnoj logistici, ekonomska isplativost može se ostvariti kroz direktnu ekonomsku korist, stvaranje dodatne vrijednosti te smanjenje troškova odlaganja otpada. Dodatno, profit se može povećati prodajom sekundarnih proizvoda na tržištima za reciklirane proizvode.

Direktni dobitci često su rezultat recikliranja ili ponovne upotrebe proizvoda. Primjerice, poduzeća koja se bave otkupom, popravkom i ponovnom prodajom paleta ostvaruju direktne dobitke jer smanjuju potrebu za novim sirovinama (poput drvene sirovine). Ovaj primjer ilustrira kako ponovna upotreba proizvoda doprinosi ekonomskoj isplativosti, a istovremeno ima i pozitivan ekološki utjecaj. [20]

Unaprjeđenje sustava povratne logistike može značajno doprinijeti profitabilnosti poduzeća. Uvođenje informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) može učiniti značajnu promjenu. IKT omogućuje brže i preciznije praćenje procesa, identifikaciju nepotrebnih dijelova ili koraka, te optimizaciju radne snage. Sustavi praćenja putem IKT-a omogućuju efikasno prepoznavanje dijelova koji nisu potrebni, omogućavajući brze korekcije u procesu. Također, zamjena određenih poslova radne snage s automatizacijom može smanjiti troškove i povećati učinkovitost.

Ukupno gledajući, implementacija IKT-a u povratnoj logistici može potaknuti bolje upravljanje, optimizaciju i unaprjeđenje procesa, što posljedično povećava ekonomsku isplativost poduzeća. Kroz integraciju tehnologije u procese povratne logistike, tvrtke mogu bolje iskoristiti resurse, smanjiti gubitke i postići konkurentske prednosti na tržištu koje sve više cijeni održivost i ekološku osviještenost.

### **3.8. Recikliranje prema materijalima**

U Sjedinjenim Američkim Državama prema trenutno najnovijim dostupnim podacima, u 2021. generirano je ukupno 40 milijuna tona plastičnog otpada, od kojega je svega 5-6% reciklirano. Veliku ulogu o tome je imala odluka Kine da više neće primati plastični otpad. Reciklirano je 50 milijuna tona papirnog otpada što čini udio recikliranja od 68% ukupnog papirnog otpada. Nastane 110 milijuna staklenih boca otpada svakog dana, od kojih se svega trećina reciklira. [21]

Za Europsku uniju su podatci malo teže dostupni, ali prema službenim stranicama, prosječni stanovnik Europske unije proizvede 5 tona otpada godišnje [22] te u istoj živi 447,7 milijuna stanovnika. S obzirom da se 48% otpada reciklira [23], može se doći do podatka da se u Europskoj

uniji reciklira 1074,48 milijuna tona godišnje. Tako se u Europskoj uniji reciklira 66% otpada od pakiranja, 48% kućnog otpada te 39% električnog te elektroničkog otpada. Naravno postotak recikliranja se znatno razlikuje u različitim državama s obzirom da Njemačka reciklira 67% otpada dok Crna Gora svega 5%. [23]

Europska unija je postavila cilj recikliranja od minimalno 50% do 2020. godine, koju 14 od 27 država Europske unije nisu postigle. Iz tog razloga je još veći naglasak stavljen na povećanje postotka recikliranog otpada kod tih zemalja. [24]

S obzirom na činjenicu da Europska unija nije pripremljena na povećanu količinu otpada, dosta otpada završi na deponijima ili spalionicama koja iznimno loše utječu na okolinu. Države poput Kine su također prestale uzimati višak otpada koji se ne reciklira. Zbog toga je postavljen novi cilj da se do 2025. godine reciklira 55% otpada, 60% do 2030. te 65% do 2035. godine. Također su postavljeni ciljevi od 70% recikliranja otpada od pakiranja (papir, plastika te aluminij i drugi materijali) te maksimum od 10% otpada na deponijima do 2035. godine. [25]

Unaprjeđenjem povrate logistike uvelike bi se povećala količina recikliranog otpada. Kako bi se to postiglo bitno je prvo povećati razinu osviještenosti građana o važnosti reciklaže za dobrobit cijelog društva te nadalje potaknuti povratnu logistiku u svim dijelovima svijeta. Na taj način će biti moguće daljnje napredovanje i rast društva i urbanih cjelina bez da se prilikom toga ostavlja negativan utjecaj na okolinu.

Recikliranje predstavlja ključni aspekt povratne logistike, no važno je istaknuti da se procesi recikliranja značajno razlikuju ovisno o vrsti materijala i sirovina koje se recikliraju. Za potpuno razumijevanje ovih procesa, važno je detaljno definirati i objasniti specifičnosti svake vrste recikliranja, naglašavajući njihovu kompleksnost. Ovo pomaže boljem razumijevanju potrebe za razvojem aplikacije koja olakšava ove raznolike procese recikliranja i omogućuje oglašavanje različitih vrsta materijala. U nastavku su navedeni najčešći materijali i postupci njihova recikliranja.

### **3.8.1. Plastični otpad**

Plastični otpad predstavlja izuzetno raznoliku skupinu, s obzirom na široku paletu kemijski različitih spojeva. Radi se o materijalu koji se ne može jednostavno sagledati kao homogena cjelina. Iz tog razloga, plastični otpad je podijeljen u više kategorija koje predstavljaju najčešće tipove plastičnog otpada. Osim raznolikosti samih plastičnih materijala, recikliranje plastičnih

proizvoda dodatno komplicira činjenica da postoje različite vrste plastike koje proizvode različita poduzeća.

Složenost u recikliranju plastičnih proizvoda donosi činjenica da različite vrste plastike često uključuju dodatke kako bi se poboljšale njihove karakteristike za određene namjene. Ovi materijali često mogu biti patentirani i specifični za proizvođače, što dodatno otežava postupak recikliranja.[26]

U konačnici, uspješno upravljanje plastičnim otpadom i njegovo recikliranje zahtijeva suradnju različitih industrijskih sektora i istraživačkih zajednica kako bi se razvio inovativan pristup za rješavanje ovih izazova i postigla veća održivost u upotrebi plastike.

Najzastupljenije vrste plastike uključuju polietilen-tereftalat (PET) i polietilen. U nastavku rada, detaljnije će se opisati ove vrste plastike i procesi njihova recikliranja.

Najveća količina plastičnog otpada potječe iz ambalaže, što je posljedica široke primjene polimernih materijala u pakiranju hrane i drugih proizvoda. Među najčešće korištenim polimerima za ambalažu dominira poli(etilen-tereftalat), skraćeno PET, zbog svojih izvanrednih fizikalnih, mehaničkih, električnih i toplinskih svojstava. PET je izuzetno otporan, ima nisku apsorpciju vode, dobru čvrstoću, tvrdoću te izdržljivost na udarce. Osim toga, karakterizira ga lakoća i izdržljivost, a također je otporan na kemikalije i zadržava dimenzijsku stabilnost tijekom vremena. PET nema miris i okus te se često koristi za pakiranje pića, mlijeka, kozmetike i deterdženata.

Recikliranje PET-a može se provesti putem mehaničkih ili kemijskih postupaka. Mehaničko recikliranje uključuje usitnjavanje materijala, topljenje do točke tališta i oblikovanje u kalupe kako bi se ponovno upotrijebio. Ovaj pristup ima prednosti u obliku niskih troškova i manjeg ekološkog utjecaja, ali ima i nedostatke kao što su termička i hidrolitička degradacija materijala te moguće prisutnost nečistoća u recikliranom PET-u.

Kemijsko recikliranje PET-a odnosi se na proces depolimerizacije, koji podrazumijeva razdvajanje složene molekule PET-a na osnovne komponente monomera. Kako bi se postigao ovaj proces, koriste se različite kemikalije koje čine cijeli postupak financijski zahtjevnijim. Iako ima svoje prednosti, kao što je veća sposobnost razdvajanja i mogućnost rješavanja nečistoća, kemijsko recikliranje zahtijeva veće ulaganje.

U svakom slučaju, kako bi se postigao uspješan reciklažni proces za PET, ključno je razdvajati PET od drugih materijala i pravilno ga pripremiti za reciklažu, bez obzira na odabrani metod u. Ovi

pristupi pomažu smanjenju negativnog utjecaja plastičnog otpada na okoliš te podržavaju održivost i smanjenje potrebe za novim sirovinama [26].

Polietilen je još jedan značajan sastojak plastičnog otpada. Taj materijal je podijeljen u dva glavna tipa: polietilen niske gustoće (LDPE – *eng. low density polyethylene*) i polietilen visoke gustoće (HDPE – *eng. high density polyethylene*). LDPE se često koristi za izradu tankih vrećica i folija, dok se HDPE upotrebljava za proizvodnju boca, posuda i spremnika za pakiranje hrane, deterdženata i kozmetike.

Polietilen niske gustoće (LDPE) ima osjetljivost na UV zračenje, što može izazvati degradaciju materijala nakon duljeg izlaganja. Ova degradacija može dovesti do smanjenja mehaničkih svojstava materijala. Kao rezultat toga, mehaničko recikliranje LDPE-a može rezultirati materijalom s nižim mehaničkim svojstvima, što može smanjiti ekonomske prednosti recikliranja.

Da bi se poboljšala održivost mehaničkog recikliranja LDPE-a, često se dodaju stabilizatori materijalu. Ovi stabilizatori pomažu u očuvanju mehaničkih svojstava materijala nakon recikliranja. Ovaj pristup doprinosi povećanju kvalitete recikliranog materijala i čini ga više prikladnim za ponovnu upotrebu.

S obzirom na važnost polietilena i njegove različite primjene u različitim industrijama, unaprjeđivanje tehnika recikliranja i smanjenje negativnog utjecaja UV zračenja na LDPE predstavljaju izazov za industriju kako bi se postigla veća održivost i učinkovitost u korištenju ovog materijala. [26]

### **3.8.2. Tekstilni otpad**

Unatoč činjenici da se tekstilni otpad često klasificira kao biorazgradiv, takva klasifikacija nije nužno odgovarajuća. Velik dio tekstilnih proizvoda, poput sintetičkih vlakana, površinski obrađenih materijala i vlaknima ojačanih kompozita ne mogu se jednostavno razgraditi u okolišu. Često se ovi materijali sastoje od dodataka poput gume ili plastike što ih čini izazovnim za prirodnu bio razgradnju. Iako se može reći da je tekstilni otpad biorazgradiv, ovo ne uzima u obzir mnoge složene materijale koji čine suvremeni tekstilni otpad.

Iz navedenih razloga, odlaganje tekstilnog otpada na deponije ima svoja ograničenja u količini, a spaljivanje može rezultirati oslobađanjem štetnih plinova u okoliš. Efikasno spaljivanje sa minimalnim utjecajem na okoliš zahtijeva napredne tehnologije i uređaje koji čiste ispušne plinove. S obzirom na ove izazove, prioritet bi trebao biti na recikliranju tekstilnog otpada.

Jedan od primjera reciklaže tekstilnog otpada je upotreba tih materijala u proizvodnji izolacijskih ploča. Postupak obično uključuje usitnjavanje tekstila, dodavanje veziva na usitnjeni materijal te sušenje kako bi se stvorili izolacijski materijali za građevinske svrhe. Ovaj proces često uključuje različite polimerske materijale, osim samog tekstila. U slučaju da otpad sadrži isključivo vlaknaste materijale poput tkanina i zavjesa, postupak može uključivati razdvajanje vlakana i preoblikovanje kako bi se materijal ponovno upotrijebio. [27]

Važno je razumjeti složenost tekstilnog otpada te razviti strategije reciklaže koje će se prilagoditi različitim vrstama materijala i proizvoda kako bi se postigao održiviji pristup upravljanju ovim otpadom.

### **3.8.3. Papir**

Papir se smatra ekološki prihvatljivim proizvodom zbog relativno brze razgradnje (34 dana), iz razloga što proizvodnja novog papira zahtijeva znatne količine drvene sirovine. Zbog toga je recikliranje papira često energetski i sirovinski održivija opcija. U procesu recikliranja papira, prvo se papir mehanički usitjava, a potom se kemijskim sredstvima uklanja tinta ili boja. Nakon tog koraka, usitnjeni papir se miješa s vodom i zagrijava na temperaturi od 60-80 °C, a ta smjesa se potom gura kroz sita različitih veličina.

Nakon toga, mješavina papira i vode ulazi u bubanj gdje centrifugalna sila pomaže u odvajanju nečistoća. Ova faza čišćenja se provodi kako bi se dobila što čišća smjesa papira za daljnji postupak. Zatim se ova smjesa ponovno podvrgava procesu kemijskog uklanjanja tinte ili boje kako bi se postigla što veća čistoća papira.

Sljedeći korak u recikliranju papira je izbjeljivanje, gdje se papirna pulpa podvrgava procesu kako bi se postigao željeni stupanj bjeline. Nakon izbjeljivanja, pulpa se oblikuje i suši te se može koristiti za proizvodnju različitih papirnih proizvoda. Najčešće se proizvode različite vrste papirne ambalaže, uključujući karton i druge ambalažne proizvode.

Kroz ovaj proces recikliranja papira, postiže se smanjenje potrebe za novom drvnom sirovinom i doprinosi očuvanju resursa, čime se povećava održivost papirne industrije. [28]

### **3.8.4. Staklo**

Staklo je materijal koji se kemijski razlikuje ovisno o svojoj namjeni. Iako se najčešće koristi za ambalažne svrhe, njegova upotreba je široka i u stolariji, zrcalima, fotonaponskim panelima i drugim područjima. Staklo nije uvijek pogodno za proizvodnju iz recikliranog stakla, stoga je bitno

provesti selekciju materijala. Često se primjenjuje zatvoren sustav recikliranja, gdje se za staklenu ambalažu plaća naknada prilikom kupnje proizvoda, s ciljem da se ambalaža vrati i reciklira.

U ovom pristupu, staklena ambalaža se često može ponovno koristiti nakon dezinfekcije i čišćenja, zahvaljujući antibakterijskim svojstvima stakla. Ako je ambalaža oštećena, većina je slučajeva dopušta topljenje i ponovnu proizvodnju istih proizvoda, uz minimalne dodatke sirovina. Ovaj postupak recikliranja stakla je učinkovit i ekonomski prihvatljiv, s najvećim troškom obično povezanim s energijom potrebnom za taljenje stakla na visokoj temperaturi. [29]

### **3.8.5. Električni i elektronički otpad**

Sa brzim napretkom i sveprisutnom implementacijom tehnologije u svim aspektima života, generira se i sve veća količina otpada. Ovaj rastući otpad posebno se osjeća u tehnološkom sektoru. Zbog dinamičnog razvoja tehnologije, često nije isplativo ili praktično ponovno koristiti proizvode, niti ispravne komponente iz njih. Stoga, recikliranje postaje ključna strategija za upravljanje otpadom generiranim tehnološkim proizvodima.

U mnogim slučajevima, posebno kod elektroničkih uređaja, recikliranje se usmjerava prema materijalima od kojih su proizvodi izrađeni, umjesto ponovne upotrebe njihovih komponenata. Na primjer, otisnute pločice - PCB (eng. *Printed circuit board*), sadrže vrijedne plemenite i neplemenite metale, čineći ih važnim izvorom otpada. Učinkovito recikliranje ovih materijala predstavlja ekonomski isplativu odluku.

Proces recikliranja PCB pločica obično uključuje niz koraka. Prvo se komponente sortiraju, a zatim raznim metodama kao što su magnetska separacija i elektrostatsko odvajanje njihove ključne komponente razdvajaju. Nakon toga, metalni dijelovi otpada se tope, a neki dijelovi se otapaju u kemijskim otopinama. Elektrolitičkim postupkom se potom razdvajaju različiti metali, često uključujući bakar, srebro, zlato i paladij.[30]

## **3.9. Povratna logistika u Republici Hrvatskoj**

U 2021. godini u Republici Hrvatskoj nastalo je 1 776 560 tona komunalnog otpada koje je prikupljalo 194 poduzeća. Tako je prosječna količina komunalnog otpada po osobi iznosila 454kg. Taj podatak je najveći u razdoblju od 1995. do 2021. čemu je uvelike doprinio uslužni sektor (ugostiteljski objekti, povećan broj turističkih noćenja itd.). Iznos odvojenog komunalnog otpada iznosio je 43%, odnosno 761 683 tone što je porast od 2% u odnosu na 2020. godinu. Stopa oporabe (ponovnog korištenja kao sirovina) iznosi 32%, a stopa recikliranja 31% što je 2% više nego prethodne godine. [31, str. 11]



Iz dostupnih podataka jasno je primijetiti napredak u postotku uporabe, recikliranja i odvajanja otpada. Ovaj napredak ukazuje na povećanu osviještenost građana o potrebi za odvajanjem otpada i recikliranjem. Industrija također sve više prepoznaje vrijednost otpada kao sirovine za daljnju proizvodnju. Ova pozitivna promjena u stavovima i praksama može se pripisati i zahtjevima Europske unije, koja je postavila standarde za odvajanje otpada i postotke recikliranja.

Unatoč tome, postoji izazov u ispunjenju svih ciljeva recikliranja i odvajanja otpada. Primjerice, iako Republika Hrvatska nije ispunila postotke recikliranja prema zahtjevima Europske unije, primjećuje se napredak i napor kako bi se zemlja približila tim ciljevima. Ovakva situacija ukazuje na to da postoji sve veći interes i angažman kako građana tako i institucija u podršci održivijem upravljanju otpadom. U konačnici, ovaj napredak u području recikliranja i odvajanja otpada pokazuje da se zajedničkim naporima može postići pozitivan utjecaj na okoliš i stvaranje održivijeg društva.

### **3.10. Povratna logistika u drugim zemljama**

U Njemačkoj, stav prema otpadu i recikliranju naglo se razvio u proteklih pedesetak godina. Izrazito ga je promijenila Odluka o odlaganju otpada iz 1972. kojom su se zabranila „divlja“ odlagališta smeća te potaknulo kontrolirano skupljanje i odlaganje otpada. Odlukom iz 1986. prioritet je stavljen na recikliranje.

U Singapuru je zakon o Kontroliranju zagađenja okoliša iz 1999. godine stavio naglasak na smanjenje, ponovno korištenje te recikliranje.

U Švedskoj je zakon o Odgovornosti proizvođača iz 1994. godine zahtijevao od svih građana da u svojim kućanstvima recikliraju te sortiraju otpad. Također je to potaknuto brojnim točkama sakupljanja otpada. [32]

Iz gornjih podataka može se uočiti kako su druge zemlje tijekom 1990.-ih godina uočile važnost povratne logistike i recikliranja te pokušavaju kroz primjenu svojih zakona ostvariti manje zagađeni okoliš, kako za svoje građane, tako i za cijeli svijet.

### **3.11. Trenutno stanje na tržištu kroz primjere**

Poduzeće IKEA je istaknuti primjer kako se povratna logistika može primjenjivati s ciljem poboljšanja zadovoljstva kupaca, optimizacije poslovnih procesa te postizanja održivih praksi u upravljanju proizvodima. Ova multinacionalna korporacija prepoznaje važnost osiguravanja

visoke kvalitete svojih proizvoda, učinkovite isporuke te efikasnog rukovanja povratima kako bi se postigla cjelovita korisnička iskustva i maksimizirala vrijednost resursa.

Unutar IKEA-e, povratna logistika igra ključnu ulogu u održavanju kvalitete proizvoda i zadovoljstva kupaca. S obzirom na negativan ekonomski i ekološki utjecaj povrata proizvoda zbog loše kvalitete ili drugih problema, poduzeće usvaja strategije kako bi minimaliziralo ovakve situacije. Česti povrati zbog oštećenja tijekom transporta ili promjene mišljenja kupaca zahtijevaju sustavnu obradu povrata. Stoga, fokusirajući se na preciznu isporuku i siguran transport, IKEA se trudi osigurati da proizvod dosegne kupca u optimalnom stanju.

Nakon što se proizvod vrati, IKEA provodi detaljnu evaluaciju njegovog stanja. Ovisno o tome, proizvod može biti vraćen u prodaju ukoliko je u dobrom stanju, ponuđen po sniženoj cijeni ukoliko je blago oštećen ili demontiran na dijelove kako bi se korisni dijelovi ponovno iskoristili. Ova strategija omogućava poduzeću da maksimizira vrijednost od povrata, minimizira gubitke te poveća održivost procesa. [33]

S obzirom na sve navedeno, IKEA demonstrira kako pravilno upravljanje povratnom logistikom nije samo ključno za održavanje zadovoljstva kupaca, već i za osiguravanje ekonomičnosti, optimizaciju resursa te smanjenje negativnih ekoloških utjecaja. Njihova praksa potvrđuje kako povratna logistika može biti integrirana kao sastavni dio poslovne strategije. Time se postiže usklađeni balans između ekonomske dobiti, korisničkog zadovoljstva i očuvanja okoliša.

Jedno anonimno poduzeće iz Sjedinjenih Američkih Država, koje se bavi prodajom i distribucijom elektroničkih i računalnih komponenti, donijelo je značajne promjene u svojoj povratnoj logistici kako bi optimiziralo procese i osiguralo učinkovito rukovanje povratima. S obzirom na površinu svog distribucijskog centra od oko 50,000 m<sup>2</sup>, ovo poduzeće je posvetilo značajan dio, odnosno 15,000 m<sup>2</sup>, isključivo za rukovanje povratima. [34]

Jedan od ključnih problema koji se pojavio u njihovoj povratnoj logistici bio je nepravilan smjer povrata. Često bi se povratna roba vratila na krivi dio distribucijskog centra, što bi zahtijevalo dodatni rad kako bi se ispravili takvi slučajevi. Kako bi se ovaj problem riješio, poduzeće je donijelo odluku da posebno odvoji dio centra za obradu povrata na zasebnoj adresi. Ovim pristupom eliminirani su problemi vezani uz krivi smjer povrata, što je značajno povećalo učinkovitost i smanjilo potrebu za ručnim intervencijama. [34]

Proces obrade povrata dalje uključuje detaljan pregled vraćenih proizvoda. Tijekom ovog pregleda, različiti podatci o povratu unose se u računalni sustav. Ovaj digitalni pristup olakšava daljnju obradu povrata te omogućava brži i precizniji uvid u povratne proizvode.

Poduzeće ne obrađuje povrate samo prema sebi, već i prema različitim proizvođačima komponenata. Ovo dodatno otežava postupak povrata, s obzirom na različite uvjete povrata koje svaki proizvođač ima. Kako bi olakšali ovaj proces, poduzeće je uspostavilo jasne procedure za provjeru ispunjenja uvjeta povrata. To omogućava bržu verifikaciju povrata i osiguranje da samo oni proizvodi koji ispunjavaju uvjete povrata budu vraćeni proizvođaču.

S takvim pristupom, korisnicima je olakšan postupak povrata jer se ne moraju baviti usklađivanjem povrata s različitim proizvođačima. Umjesto toga, svi povrati mogu se obraditi putem prodavača, koji preuzima odgovornost za ispravan postupak povrata prema različitim proizvođačima.

U zaključku, ovo poduzeće demonstrira kako strateški pristup povratnoj logistici može donijeti značajne koristi u smislu učinkovitosti, smanjenja problema i povećanja korisničkog zadovoljstva. Pravilno usklađivanje s različitim proizvođačima, digitalizacija procesa i osiguranje pravilnog smjera povrata samo su neki od elemenata koji su doprinijeli uspješnoj optimizaciji ovog aspekta poslovanja. [34]

U Kanadi, povrat plastičnih paleta predstavlja izazov zbog raznolikih materijala kao što su HDPE, PET i druge vrste plastike. Zbog potrebe za sortiranjem istih vrsta paleta, često se koristi zatvoreni krug gdje proizvođači kontroliraju proizvodnju, logistiku i povrat svojih paleta. Ovaj pristup se pokazao najučinkovitijim. Proizvođači također pružaju dodatne usluge kao što su praćenje paleta, čišćenje, popravak i recikliranje, što produžava životni vijek paleta. Gotovo 100% sirovina za nove palete dolazi iz recikliranih materijala, potičući održivost i smanjenje ekološkog utjecaja. [35]

Cemex, jedno od značajnijih poduzeća u Republici Hrvatskoj, posvećena je proizvodnji cementa. Svjesni negativnih ekoloških utjecaja proizvodnje cementa, Cemex poduzima niz mjera kako bi ublažili negativne posljedice i doprinijeli očuvanju okoliša. Jedna od ključnih inicijativa je smanjenje upotrebe fosilnih goriva. To postižu prelaskom na alternativna goriva poput bio-goriva i povećanom upotrebom električne energije za zagrijavanje rotacijskih peći. Ovaj pristup ne samo da pomaže u smanjenju emisija štetnih plinova već i smanjuje ovisnost o ograničenim fosilnim gorivima. Nakon eksploatacije zemljišta, Cemex provodi sanaciju i prenamjenu tih područja. Umjesto da ostaju degradirana, ta zemljišta obnavljaju se i preuređuju u poljoprivredne površine i šume. Ovaj postupak uvelike pomaže u revitalizaciji prirodnih ekosustava i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Važno je napomenuti da Cemex ovakve inicijative aktivno komunicira prema

javnosti i medijima. To im pomaže stvoriti pozitivan imidž kao ekološki odgovorna tvrtka i pokazuje njihovu predanost očuvanju okoliša. [36]

Nestlé, značajno prisutno poduzeće u Republici Hrvatskoj, posvećeno je smanjenju otpada i ekološki održivim praksama. Prepoznavši utjecaj otpada na okoliš i emisiju stakleničkih plinova, osnovali su Institut za znanost o pakiranju u švicarskom Lausanneu. Osnovni cilj ovog instituta je razvijati ambalaže koje minimalno štete okolišu. To postižu surađujući s znanstvenicima, stručnjacima za pakiranje, nevladinim organizacijama, vladama, dobavljačima i drugim poduzećima. Kroz ovu suradnju, Nestlé je postigao da se čak 87% svih njihovih pakiranja i 66% plastičnih pakiranja može reciklirati ili koristiti više puta. Ovo je značajno postignuće u smanjenju otpada i smanjenju ekološkog utjecaja njihovih proizvoda. Također, Nestlé provodi različite edukativne kampanje u Republici Hrvatskoj s ciljem podizanja svijesti javnosti o važnosti smanjenja otpada. Kampanje poput #BirajZeleno i kampanje u okviru projekta Vrtim Zdravi Film podržavaju brojne poznate osobe, što dodatno doprinosi širenju svijesti o ekološkim praksama među građanima. [37]

## **4. ULOGA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U POVRATNOJ LOGISTICI**

Ubrzani razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija (IKT) u proteklim desetljećima iznimno je utjecao na sve sektore industrije, uključujući i povratnu logistiku. Uvođenje IKT-a pruža mogućnost preciznog bilježenja zahtjeva i razloga za povrat, čime se znatno olakšava organizacija ovog procesa. Povratna logistika ima svoje izazove, a nedostatak predvidljivosti često otežava dizajn efikasnog informacijskog sustava koji bi mogao pratiti cijeli tok ovog procesa. Dodatno, činjenica da cijeli proces uključuje sudjelovanje više subjekata dodatno komplicira situaciju.

Primjena IKT-a može značajno unaprijediti i djelomično automatizirati početnu fazu povratne logistike, posebno u vezi s narudžbama. Pravilno dizajnirani sustavi narudžbi za određenu granu povratne logistike mogu rezultirati značajnim uštedama resursa poduzeća, uključujući novčane, ljudske i vremenske resurse. Međutim, mogući izazov leži u ravnoteži između olakšavanja postupka narudžbe povrata i potrebe za rigoroznim provjerama kako bi se osigurao ispravan povrat proizvoda. Odluka o jednostavnoj narudžbi može dovesti do nepotrebnih povrata i smanjenja prihoda, dok zahtjevniji proces povrata može dovesti do kompliciranosti i nezadovoljstva kupaca.

Idealan pristup bi bio razvoj informacijskih sustava koji omogućuju automatizirani proces narudžbe i za kupca i za poduzeće, s ciljem smanjenja neugodnosti za oba subjekta. Međutim, povezivanje različitih informacijskih sustava predstavlja izazov, posebno zbog zatvorenosti većine sustava na tržištu. [38]

IKT ima veliki značaj praćenju proizvoda tijekom povratnog procesa. Praćenje može biti na razini jednog proizvoda ili skupno praćenje više proizvoda (kutija, paleta, kontejnera itd.). Barkodovi, RFID tehnologija (radio-frekvencijske identifikacijske oznake), senzori i mikro upravljači predstavljaju neke od najčešće korištenih tehnologija.

U današnjem svijetu, aplikacije i programi igraju sve značajniju ulogu. U povratnoj logistici, oni mogu olakšati komunikaciju, povezivanje i općenito pojednostaviti cijeli proces, čineći ga bržim, efikasnijim i manje kompliciranim.

## 4.1. Barkodovi

Barkodovi su tehnologija koja koristi crne i bijele crte ili polja postavljena prema određenom standardu kako bi pohranili informaciju. Oni su osmišljeni kako bi omogućili brzo i precizno čitanje informacija uz pomoć skenera ili drugih uređaja. Barkodovi dolaze u različitim oblicima i standardima, ali zajedničko im je da sadrže fiksnu i nepromjenjivu informaciju.

Međutim, barkodovi nisu imuni na vanjske utjecaje. Ako su ispisani na papiru ili drugim materijalima koji su osjetljivi na vremenske uvjete, kao što su vlaga i sunčeva svjetlost, mogu biti oštećeni ili teže čitljivi. To može dovesti do problema u čitanju barkoda, posebno ako su informacije na njemu ključne za proces povratne logistike ili druge poslovne operacije. Barkodovi se mogu podijeliti u dvije osnovne kategorije: jednodimenzionalne i dvodimenzionalne. [38]

### 4.1.1. Jednodimenzionalni barkodovi

Jednodimenzionalni barkodovi predstavljaju klasičan način kodiranja informacija pomoću crnih i bijelih crta ili polja, raspoređenih na površini na temelju određenog standarda. Ovi barkodovi dobivaju svoje ime "jednodimenzionalni" jer se čitanje obavlja putem skenera koji okomito prelazi preko svih crta barkoda. Ključna karakteristika ovih barkodova je da visina uređaja za skeniranje nije presudna, jer se informacija kodirana na crte prenosi vertikalno, neovisno o visini uređaja.

Najčešće korišten jednodimenzionalni barkod je Međunarodni broj proizvoda ili EAN (*eng. European Article Number*). Na primjeru slike 4.1. možemo vidjeti kako ovaj barkod sastoji se od 13 znamenki koje se dijele na dva dijela: kod proizvođača i kod proizvoda. Duljina koda proizvođača nije fiksna, već varira ovisno o broju proizvoda koje pojedini proizvođač ima. Ovaj pristup omogućuje dodavanje različitih proizvođača i prilagodljivost različitim razmjerima proizvodnje. Nakon koda proizvođača, slijedi kod proizvoda koji se numeriraju redom, obično počevši od nule.

Primjena ovakvih barkodova je široka i česta, posebno u maloprodaji. U trgovinama, EAN barkodovi su standardni način označavanja proizvoda, omogućujući brzo i precizno čitanje cijena i informacija o proizvodima. Proces registracije ovih barkodova obično uključuje plaćanje, pri čemu cijena ovisi o količini proizvoda koje poduzeće proizvodi. [38]



**Slika 4.1.** EAN 13 barkod

Još jedan značajan jednodimenzionalni barkod je GS1-128. Na slici 4.2. vidljiva je struktura ovog barkoda koja jasno prikazuje njegovu fleksibilnost i oblikovanje. GS1-128 barkod je posebno prilagodljiv i koristi se za označavanje proizvoda tijekom distribucije na razini kutija, paleta, kontejnera i drugih oblika grupiranja i organizacije proizvoda.

Ovaj barkod omogućuje bogatu pohranu informacija, a unutar njega mogu biti kodirani različiti podaci kao što su broj proizvoda, datumi proizvodnje i isteka roka trajanja, informacije o pakiranju, serijski brojevi, težina, dimenzije, volumen proizvoda, informacije o kontejnerima i prijevoznicima te mnogi drugi, prilagođeni specifičnim potrebama. GS1-128 omogućuje precizno praćenje i identifikaciju proizvoda u cijelom lancu opskrbe, dopuštajući različitim sudionicima da razmjene potrebne podatke.

Ovaj barkod ima izuzetno široku primjenu u logistici i lancu opskrbe, gdje omogućuje učinkovito upravljanje inventarom, precizno praćenje i osigurava točnost podataka o proizvodima. GS1-128 se često koristi za optimizaciju skladišta, praćenje isporuka, identifikaciju serija proizvoda i olakšavanje administrativnih procesa, doprinoseći time boljoj učinkovitosti i smanjenju grešaka u logističkim operacijama. [39, str. 9]



**Slika 4.2.** GS1-128 barkod

### 4.1.2. Dvodimenzionalni barkodovi

Dvodimenzionalni barkodovi koriste i visinu i širinu crnih i bijelih polja kako bi prikazali informaciju. Za njihovo čitanje, uređaj za skeniranje mora biti pravilno pozicioniran kako bi obuhvatio cijeli barkod unutar svog polja skeniranja. Dvodimenzionalni barkodovi omogućuju značajno veću gustoću podataka u usporedbi s jednodimenzionalnim barkodovima, čime se otvara prostor za pohranu raznolikih informacija.

Jedan od najšire korištenih dvodimenzionalnih barkodova je QR kod (*eng. Quick Response Code*), koji je prvi put razvijen 1994. godine. QR kod se sastoji od crnih i bijelih kvadratića koji prenose binarne informacije. Za ispravno funkcioniranje QR koda potrebna su tri ili više kvadrata (ovisno o veličini koda) koji služe za kalibriranje i prepoznavanje usmjerenja. Ovaj kod omogućuje kodiranje različitih informacija, čime se omogućuje pristup cijelom skupu podataka čak i ako je dio koda oštećen ili nečitljiv iz različitih razloga.

QR kodovi se koriste za razne namjene, uključujući oglašavanje, praćenje proizvoda, povezivanje na web stranice, posjetnice, te mnoge druge aplikacije. Veličine QR kodova variraju, a neke od često korištenih veličina i njihovih kapaciteta za pohranu uključuju 29x29 (77 znakova), 33x33 (154 znakova) i 57x57 (395 znakova). Na slici 4.3. mogu se primijetiti primjeri QR kodova te se istovremeno može uočiti njihova struktura i vizualna reprezentacija informacija. [38]



**Slika 4.3.** QR kodovi (s lijeva – 25x25, 41x41, 57x57)

Matrica podataka (*eng. Data Matrix*) predstavlja još jednu važnu vrstu dvodimenzionalnog barkoda koja se često koristi u logistici i drugim industrijama. Slično kao i QR kod, matrica podataka koristi kombinaciju crnih i bijelih kvadratića za prikazivanje informacija. Međutim, za



kalibraciju i prepoznavanje usmjerenja koristi specifičan crni "L" oblik, gdje su svi kvadratići na dvije susjedne vanjske strane crni, što se može primijetiti na slici 3.4.

Matrica podataka dolazi u različitim veličinama, koje variraju od 10x10 do 144x144 kvadratića. Ovisno o veličini, matrica podataka može pohraniti različit broj znakova. Najveće matrice podataka mogu pohraniti do 2335 znakova informacija.

Ova vrsta barkoda također se koristi u mnogim aplikacijama, uključujući praćenje proizvoda, inventar, sigurnosne oznake te identifikaciju proizvoda u industriji. Njegova sposobnost pohrane velike količine podataka uz relativno malu površinu čini ga atraktivnim za situacije gdje je potrebno detaljno i precizno praćenje informacija. [38]

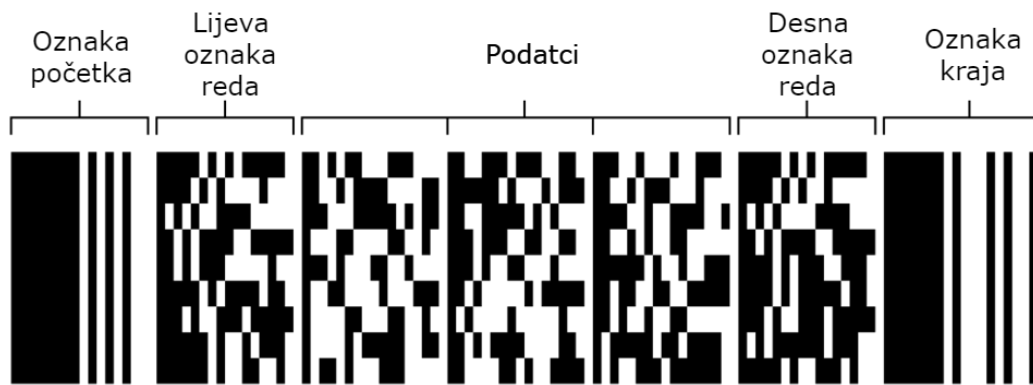


**Slika 4.4.** Matrica podataka 22x22

Jedan od najkorištenijih dvodimenzionalnih barkodova u distribuciji je PDF417. Ovaj barkod je jedinstven po svom dizajnu koji se sastoji od više redova jednodimenzionalnih barkodova, zbog čega je posebno popularan u distribucijskom okruženju. Njegova struktura omogućuje pohranu veće količine informacija u odnosu na jednodimenzionalne barkodove.

PDF417 koristi uzorke za kalibraciju, koji označavaju početak i kraj koda. Unutar samog koda, nalaze se podaci potrebni za kodiranje informacija, uključujući broj retka i samu informaciju koja se prenosi. Na slici 4.5. može se vidjeti primjer takve strukture barkoda. Ona omogućuje fleksibilnost u skaliranju kako horizontalno tako i vertikalno, kako bi se mogli uklopiti svi potrebni podaci.

PDF417 se često koristi u situacijama gdje je potrebno pohraniti obimne informacije na malom prostoru, kao što je praćenje i identifikacija proizvoda, vozačkih dozvola, osobnih iskaznica te u raznim industrijskim aplikacijama gdje je potrebno detaljno praćenje podataka. [38]



Slika 4.5. PDF417 kod

### 4.1.3. Generiranje barkodova

Generiranje barkodova predstavlja ključni element u procesu povratne logistike, s obzirom na široku upotrebu barkodova u praćenju i identifikaciji proizvoda. Za ovu svrhu, računalni programi pružaju praktična rješenja koja pojednostavljuju ovaj proces. Jedan takav program je TEC-IT, koji omogućuje korisnicima jednostavno stvaranje različitih vrsta barkodova, uključujući jednodimenzionalne i dvodimenzionalne barkodove te pruža mnoge druge funkcionalnosti. Osim što omogućuje stvaranje barkodova, TEC-IT također olakšava izradu etiketa s barkodovima i omogućuje povezivanje s podatkovnim sustavima radi automatizacije procesa. Ovaj računalni program usmjeren je prema srednjim i velikim poduzećima zbog svoje specijaliziranosti i naprednih mogućnosti. [40]

Drugi primjer računalnog programa je Aspose BarCode, koji nije zasebni računalni program već servis namijenjen integraciji u specijalizirane programske sustave poduzeća. Prednost mu je što se može prilagoditi potrebama korisnika, ali isto tako zahtijeva dodatni razvoj i prilagodbu kako bi se uskladio s postojećim sustavom korisnika. Namijenjen je primarno većim poduzećima. [41]

## 4.2. RFID

Radio-frekvencijska identifikacijska oznaka (RFID) je tehnologija koja se sastoji od tri osnovna dijela: oznake koja se pričvršćuje na proizvod, čitača koji prima informacije s oznake te programa koji komunicira s bazom podataka i dohvaća potpune informacije o proizvodu. Iako tehnologija nije nova i postoji od 1970-ih godina, njezina šira primjena bila je ograničena visokim troškovima i nedostatkom efikasnosti u komunikaciji i dohvaćanju podataka s bazom podataka. [42]

Postoje različite podjele RFID oznaka, uključujući aktivne, polu-aktivne i pasivne. Unatoč različitostima, osnovni princip rada je sličan za sve vrste oznaka. Svaka oznaka sadrži mikročip s informacijama koje želimo pristupiti. Antena na oznaci prepoznaje elektromagnetsku energiju koju odašilje čitač. Pomoću vlastite energije ili energije primljene preko antene, oznaka generira elektromagnetsko polje koje čitač prihvaća. Promjene u frekvenciji elektromagnetskog polja čitač tumači kao prenesene informacije. [43]

Pasivne oznake ne zahtijevaju dodatno napajanje jer koriste radio valove koje emitira čitač. One koriste tu energiju kako bi vraćale promjene u frekvenciji, što predstavlja binarne podatke. Polu-aktivne oznake također koriste elektromagnetske valove za napajanje, ali ne vraćaju podatke odmah. Umjesto toga, provode određene provjere ili autorizaciju prije nego što počnu odašiljati podatke. Aktivne oznake posjeduju vlastito napajanje i koriste elektromagnetsko polje čitača samo kao signal za početak prijenosa podataka.

RFID tehnologija ima širok spektar primjena u povratnoj logistici te omogućava praćenje i identifikaciju proizvoda, praćenje stanja i lokacije proizvoda te pojednostavljivanje procesa povrata. [42]

Jedna od ključnih prednosti RFID tehnologije je njezina bežična priroda, što znači da čitač ne mora imati izravan vizualni kontakt s oznakom kako bi je očitao, za razliku od barkodova. No, postoji značajno ograničenje u udaljenosti na kojoj se mogu prenositi informacije. Iako teoretski pasivne RFID oznake mogu prenositi informacije na udaljenosti do 10 metara, ta udaljenost je prevelika za precizno određivanje i praćenje pojedinih proizvoda zbog njihovog kompaktnog slaganja i pakiranja. Stoga se optimalna udaljenost za učinkovitu primjenu RFID tehnologije u povratnoj logistici kreće između 10 i 100 centimetara.

Za čitanje i praćenje koriste se prijenosni ručni ili stacionarni čitači. Prijenosni ručni čitači omogućavaju lako unošenje informacija, brzi pregled i ručni nadzor, ali ne pružaju potpunu automatizaciju. S druge strane, stacionarni čitači omogućavaju automatizaciju nadzora nad proizvodima. Primjer takve primjene je korištenje stacionarnih čitača na ulazima i izlazima iz skladišta ili prijevoznih sredstava, gdje bi čitači automatski čitali sve proizvode s RFID oznakama i unosili ih u bazu podataka. To bi olakšalo praćenje ulaza i izlaza proizvoda, poboljšavajući efikasnost i transparentnost procesa. [43]

Međutim, uz prednosti postoje i određene negativne strane RFID tehnologije. Početno ulaganje u čitače, opremu, programe i baze podataka predstavlja značajan trošak. Iako su cijene oznaka postale prihvatljivije s razvojem tehnologije, njihova kontinuirana nabava također stvara troškove.

Obučavanje osoblja za upotrebu tehnologije također zahtijeva vrijeme i resurse. Važno je kontrolirati rad sustava jer ni automatizirani sustavi nisu besprijekorni, što može zahtijevati dodatne napore i resurse. Također, tehnologija nije uvijek primjenjiva za proizvode koji nisu u standardnom jediničnom formatu, kao što su proizvodi u rinfuzi. [44]

Usprkos tim izazovima, RFID tehnologija donosi značajne koristi za poboljšanje učinkovitosti i preciznosti povratne logistike te olakšava praćenje i upravljanje proizvodima u procesima povrata.

### **4.3. Senzori i mikroupravljači**

Sve većim napretkom tehnologije i padom cijena, sve se više fokusira na integraciju aktivnih komponenata na proizvode i pakiranja, umjesto samo stavljanja osnovnih informacija. Ove aktivne komponente imaju sposobnost praćenja različitih faktora oko proizvoda, te postaju ključne za poboljšanje praćenja i upravljanja u povratnoj logistici. Nova generacija uređaja omogućuje praćenje pozicije, temperature, akceleracije, vlažnosti i drugih parametara koji su specifični za svaki proizvod.

Razvoj tehnologije manifestira se kroz koncepte poput "pametnih paleta" ili "pametnih kontejnera", gdje se uređaji postavljaju na palete ili unutar kontejnera i neprestano prate uvjete i okolnosti u kojima se proizvodi prevoze. Time se osigurava da su proizvodi pod odgovarajućim uvjetima tijekom čitavog putovanja, omogućujući precizno praćenje i brzo reagiranje ako se nešto dogodi izvan predviđenih parametara. Na primjer, osjetljivi proizvodi koji zahtijevaju posebne uvjete skladištenja ili transporta, kao što su lijekovi ili prehrambeni proizvodi, mogu biti praćeni kako bi se osiguralo da su očuvani od proizvodnje do isporuke.

Međutim, ovi koncepti nisu bez izazova. Jedan od glavnih nedostataka je potreba za napajanjem uređaja baterijom, što povećava cijenu i čini tehnologiju složenijom za održavanje. Također, trajanje baterije može biti ograničeno, posebno u uvjetima ekstremnih temperatura koje zahtijevaju dodatnu energiju. Kako bi ove tehnologije postale održive i praktične, ključno je napredovati u tehnologiji izrade baterija. Cilj je stvoriti dugotrajne baterije koje mogu podnijeti ekstremne temperaturene uvjete i koje se mogu reciklirati ili postati biorazgradive kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš.

Iako još uvijek u razvoju, ovakve tehnologije imaju potencijal da značajno unaprijede povratnu logistiku, osiguravajući bolje praćenje i upravljanje proizvodima te smanjujući rizike i gubitke tijekom transporta i distribucije.

#### **4.4. Korištenje aplikacija u povratnoj logistici**

S obzirom na visoku razinu informatičke pismenosti i rastući trend korištenja aplikacija i programa kako bi se olakšao svakodnevni život, sve je više računalnih rješenja koja imaju potencijal doprinosa povratnoj logistici. Mobilne aplikacije postaju sve popularnije kao način za poboljšanje procesa povratne logistike.

Primjer takve aplikacije je "Yo-Waste", koja omogućava korisnicima prikupljanje i odvoz otpada ili materijala za recikliranje. Aplikacija funkcionira putem partnerskih poduzeća koja pružaju usluge prikupljanja otpada. Korisnik putem aplikacije može odabrati volumen i vrstu otpada koje treba prikupiti, a zatim aplikacija koristi algoritme kako bi procijenila cijenu odvoza. Nakon toga, partnersko poduzeće potvrđuje cijenu i obavlja prikupljanje. [45]

Usporedbom Yo-Waste aplikacije s predloženim rješenjem u ovom radu pokazuju se razlike i prednosti oba pristupa. Yo-Waste aplikacija surađuje samo s provjerenim partnerskim poduzećima, čime se osigurava kvaliteta usluge, ali istovremeno ograničava dostupnost usluge na područja gdje partneri djeluju. Prednost ove aplikacije je brza procjena cijene koja je vidljiva korisniku odmah. S druge strane, aplikacija predložena u ovom radu ovisi o korisnicima i njihovim oglasima za potreban odvoz. To može biti i prednost jer omogućuje korisnicima da dobiju ponude od više poduzeća i sami odaberu najprikladniju opciju. Osim toga, predložena aplikacija ima potencijal za veću fleksibilnost i dostupnost na širem geografskom području, budući da ne ovisi o partnerskim tvrtkama. Omogućuje korisnicima da sami donose odluke i pregovaraju s različitim ponuđačima usluge. Iako Yo-Waste aplikacija nudi integrirano rješenje, predložena aplikacija povezuje korisnike i poduzeća, olakšavajući komunikaciju i pregovore, dok ostavlja provedbu i pridržavanje dogovora korisnicima i poduzećima.

## **5. RJEŠENJE U OBLIKU APLIKACIJE**

Nova web aplikacija je razvijena kako bi se suočila s kompleksnošću procesa povratne logistike i izazovima pronalaženja odgovarajućih suradnika. Cilj ove aplikacije je povezati fizičke i pravne osobe koje trebaju uslugu odvoza otpada s poduzećima koja nude takvu uslugu. Glavni fokus aplikacije je olakšati prvi korak u procesu povratne logistike - pronalaženje pouzdanog partnera za suradnju.

Kroz ovu aplikaciju, korisnicima je omogućeno da objave svoje potrebe za odvozom otpada ili materijala. To mogu biti kako fizičke osobe koje se žele riješiti otpada, tako i pravne osobe koje imaju veće količine otpada ili materijala za recikliranje. Na drugoj strani, poduzeća koja pružaju usluge odvoza otpada mogu pregledati oglase korisnika i ponuditi svoje usluge.

Aplikacija omogućuje transparentnost i konkurenciju među različitim ponuđačima usluge odvoza. Korisnici mogu pregledati različite ponude i odabrati onu koja im najviše odgovara, bilo po cijeni ili uslugama. Na taj način, korisnicima se pruža mogućnost da sami donesu informiranu odluku o tome s kim će surađivati.

### **5.1. Definiranje zahtjeva za aplikaciju**

Za uspješno ostvarivanje aplikacije, važno je definirati njezine zahtjeve. Prvi i osnovni zahtjev jest brzo učitavanje stranica, pri čemu se pridržava vremenskog okvira od pet sekundi, u skladu sa suvremenim standardima web-aplikacija. Većina funkcionalnosti aplikacije mora se izvršiti unutar tog vremenskog okvira. Nadalje, potrebno je spriječiti učitavanje potpuno novih stranica nakon početnog učitavanja kako bi se osigurala fluidnost korisničkog sučelja i iskustva, izbjegavajući „pojavu“ bijelog ekrana. Svaki element s kojim korisnik može interagirati treba biti jasno istaknut na web-aplikaciji. Također, svaka interakcija korisnika treba biti popraćena određenom reakcijom web-aplikacije kako bi korisnik u svakom trenutku bio upućen u to što se događa na stranici. Aplikacija treba omogućiti prikaz dviju vrsta oglasa: oglasa za odvoz i oglasa za prikupljanje. Anonimnim korisnicima treba dopustiti pregled oglasa, otvaranje pojedinih oglasa i pregled osnovnih informacija o njima. Nadalje, aplikacija treba podržavati odabir broja oglasa koji će se prikazati na stranici te sortiranje oglasa prema odabranim kriterijima. Anonimni korisnici trebaju imati mogućnost prijave i registracije. Prijavljeni korisnici trebaju moći stvarati nove oglase, uređivati i brisati postojeće oglase te davati ponude na oglase drugih korisnika koji traže odvoz otpada. Također, trebali bi moći pregledavati ponude na vlastitim oglasima za odvoz otpada.

Korisnicima treba omogućiti odabir između svijetle i tamne teme prema njihovim željama. Te postavke trebaju biti spremljene i automatski primijenjene prilikom svakog sljedećeg korištenja aplikacije.

## **5.2. Korištene tehnologije u izradi web aplikacije**

Tijekom razvoja web aplikacije, odabrane su tehnologije i alati koji su bili usmjereni prema web okruženju. Pristup razvoju usredotočio se na skalabilnost i mogućnost budućeg proširenja na različite platforme, te su prema tome birane tehnologije koje, iako nešto zahtjevnije, nude veću fleksibilnost i kvalitetu izvedbe. Sve te tehnologije i alati usklađeni su kako bi se stvorila cjelovita web aplikacija koja je spremna za korisnike, a istovremeno je prilagodljiva za buduće promjene i proširenja. Osim toga, implementirana je podrška za razne vrste preglednika kako bi se osigurala kompatibilnost s različitim okruženjima u kojima korisnici mogu pristupiti aplikaciji. U nastavku se nalazi pregled odabranih tehnologija korištenih za izradu web aplikacije.

### **5.2.1. Programski jezik PHP: Hypertext Preprocessor**

PHP (Hypertext Preprocessor) je otvoreni programski skriptni jezik često korišten na web poslužiteljima za dinamičko generiranje web stranica. Rasmus Lerdorf ga je razvio 1995. godine. PHP generira HTML kod web stranica, omogućujući konzistentno prikazivanje neovisno o korisničkom pregledniku ili operativnom sustavu. Iako je prvenstveno dizajniran za pozadinske funkcionalnosti web stranica, PHP je napredovao i prilagodio se rastućim potrebama zajednice. Njegova kompatibilnost s prethodnim verzijama omogućuje očuvanje funkcionalnosti aplikacija tijekom nadogradnji, iako to može rezultirati složenijom sintaksom. PHP je podržan mnogim razvojnim okruženjima, uključujući Symfony, koji je korišten pri izradi web aplikacije koristeći PHP verziju 8.1.5. [46, str. 12]

### **5.2.2. Relacijska baza podataka My Structured Query Language**

MySQL (My Structured Query Language) je popularan sustav za upravljanje relacijskim bazama podataka otvorenog koda. Razvoj je započeo 1995. godine, a danas ostaje ključan za izradu web baza podataka. MySQL se ne bavi fizičkim pohranjivanjem podataka, već se usredotočuje na njihov logički opis. Sadrži bazu podataka koja definira podatke, tablice za predstavljanje objekata i attribute koji opisuju te objekte. Korištena je verzija 8 MySQL-a za web aplikaciju. MySQL nudi pouzdanost i učinkovitost, prilagođen je internetskoj uporabi i ima veliku zajednicu korisnika koja potiče njegov razvoj. [46, str. 112]

### **5.2.3. Razvojni okvir Symfony**

Symfony je PHP razvojni okvir za web aplikacije, prvi put objavljen 2005. godine. Korištena je verzija 6.1.2. Symfony-a u ovom projektu. Glavna svrha Symfony-a je pojednostaviti razvoj i održavanje web stranica eliminirajući ponavljajuće zadatke. Temelji se na modularnoj strukturi, omogućavajući dodavanje modula prema potrebi. To omogućava efikasan razvoj i lakše održavanje aplikacija. Prednosti Symfony-a uključuju veliku korisničku zajednicu, redovita ažuriranja i primjenu MVC paradigme za kvalitetan kod. Međutim, inicijalni razvoj i učenje mogu zahtijevati više vremena u usporedbi s drugim okvirima. [47]

### **5.2.4. Prezentacijski jezik HyperText Markup Language**

HTML (HyperText Markup Language) je jezik za prikaz web stranica, označava se ekstenzijama \*.html ili \*.htm. Prva verzija datira iz 1993., ali se brzo razvijala kako bi podržala rastuće potrebe weba. HTML5, najnovija inačica, objavljena je 2008. s naprednim značajkama. HTML koristi oznake za definiranje i prikazivanje sadržaja na webu, omogućujući konzistentno prikazivanje na različitim preglednicima. Prednosti HTML-a uključuju jednostavnost, ali izrada web stranica zahtijeva znatno programiranje. Za interaktivnost i složenije funkcionalnosti često se kombinira s drugim jezicima poput CSS-a za stilizaciju i JavaScript-a za dinamične elemente. [48, str. 12]

### **5.2.5. Stilski jezik Cascading Style Sheets**

CSS (Cascading Style Sheets) je jezik za definiranje stilova u web dizajnu, razvijen 1996. za odvajanje izgleda HTML dokumenata od njihove strukture. Ovaj jezik, čije se datoteke označavaju s \*.css, omogućuje precizno oblikovanje i raspored elemenata na web stranicama. Umjesto da se stilovi definiraju izravno u HTML kodu, koristi se odvojen CSS kod, što olakšava upravljanje i održavanje web stranica. Trenutačna verzija, CSS3, prilagođava se potrebama korisnika i tehnologiji. Prednosti uključuju jednostavnost učenja i brzu primjenu za web dizajnere, ali razlike u interpretaciji pravila među preglednicima mogu rezultirati sitnim varijacijama u izgledu stranica. [48, str. 12]

### **5.2.6 Programski jezik JavaScript**

JavaScript je skriptni jezik za web programiranje, stvoren 1995. godine od strane Brendana Eich. Koristi se za dinamičko oblikovanje i interakciju na web stranicama. Standardiziran je prema ECMA-262 standardu. JavaScript omogućuje web stranicama reagiranje na korisničke akcije poput promjene sadržaja, animacija i formi. To ga čini ključnim za moderni web razvoj. Ima



prednosti kao što su brzo izvođenje na korisničkom računalu, jednostavnost upotrebe i sposobnost kombiniranja s drugim jezicima. Nedostatak je u različitim interpretacijama među web preglednicima. Ovaj jezik je osnovni alat za interaktivne web aplikacije i ključan za suvremeno web iskustvo. [48, str. 13]

### **5.2.7. Programska biblioteka ReactJS**

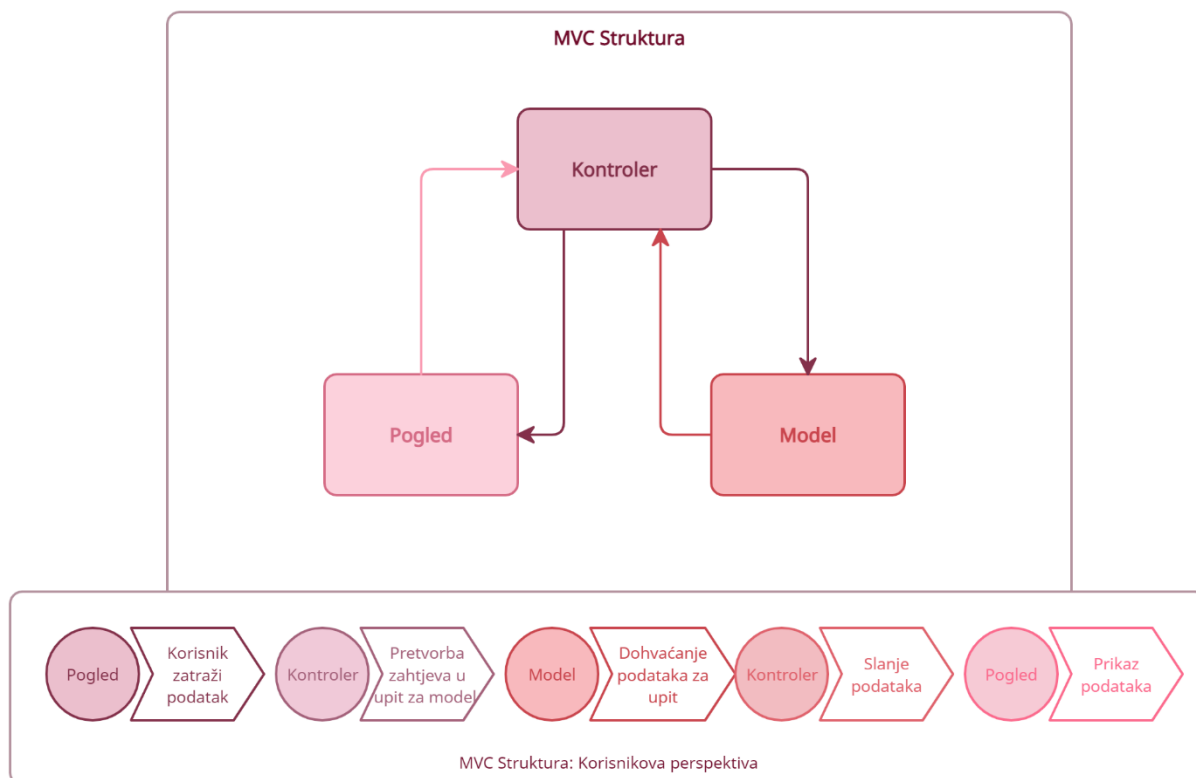
ReactJS je JavaScript biblioteka za izradu ponovno iskoristivih korisničkih sučelja, ističući se u razvoju jednostraničnih aplikacija koje omogućuju brzu promjenu sadržaja bez osvježavanja cijele stranice. Koristi XML-slične oznake (JSX) za jednostavniji razvoj, iako JSX nije standardni JavaScript. Nedostatak može biti nedovoljna i nejasna dokumentacija, što može otežati učenje. ReactJS je popularan zbog svoje komponentne arhitekture, čime se olakšava razvoj i održavanje kompleksnih aplikacija. Također je podržan od strane velike zajednice i ima mnogo dodataka za proširenje funkcionalnosti. ReactJS omogućava kontinuiranu interakciju s korisnicima, što ga čini ključnim alatom za moderni web razvoj. [49]

## **5.3. Prijedlog rješenja**

U sljedećem segmentu ovog rada, analizirat će se sama aplikacija i istražiti njezine osnovne karakteristike i funkcionalnosti. Glavni cilj ove aplikacije je demonstrirati kako se može poticati povratna logistika i olakšati proces pronalaženja poduzeća koja pružaju usluge odvoza otpada. Aplikacija se fokusira na rješavanje problema povezanih s organizacijom i pronalaskom usluga odvoza otpada. Ovdje će se istražiti ključne aspekte aplikacije.

### **5.3.1. Struktura aplikacije**

Ova web aplikacija koristi strukturu zasnovanu na Model-View-Controller (MVC) arhitekturi, koja je uobičajena za razvoj web aplikacija. Pomoću ove arhitekture, aplikacija je organizirana na način koji olakšava razdvajanje logike, prezentacije i podataka.



**Slika 5.1.** MVC struktura web aplikacije

Slika 5.1. prikazuje strukturu aplikacije, gdje korisnik interagira s aplikacijom putem "Pogled" komponente. Ova komponenta služi za prikaz sadržaja korisnicima i omogućuje interakciju s njima, kao što je pregledavanje oglasa ili objavljivanje novih.

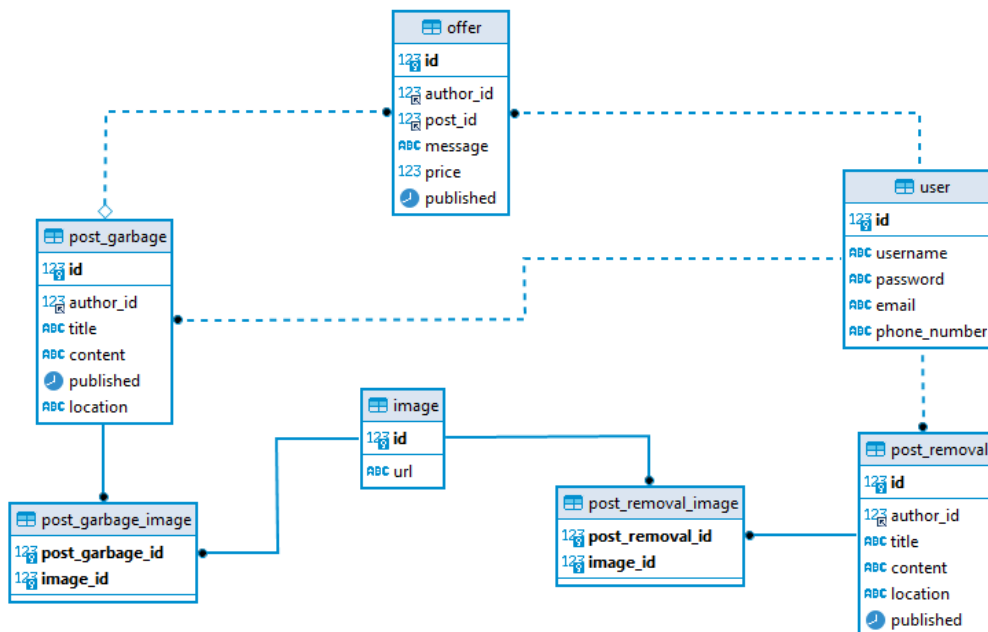
Kada korisnik zatraži određene podatke ili akcije, zahtjev se prenosi "Kontroler" komponenti. Uloga kontrolera je obrada zahtjeva te odlučivanje o daljnjem toku akcije. U kontekstu ove aplikacije, ulogu kontrolera preuzima Symfony razvojni okvir, koji upravlja korisničkim zahtjevima te koordinira s modelima za dobavljanje potrebnih podataka.

"Model" komponenta odgovorna je za poslovnu logiku i pristup podacima. Unutar ove aplikacije, Symfony okvir sadržava dio poslovne logike, dok pristup podacima osigurava MySQL baza podataka.

Nakon što kontroler dobije potrebne podatke od modela, ti podaci se prosljeđuju "View" komponenti. ReactJS preuzima ulogu "View" komponente u ovoj aplikaciji. On prima podatke poslane od strane Symfony okvira i generira odgovarajuće korisničko sučelje za prikaz korisnicima.

Ova struktura omogućuje jasno razdvajanje odgovornosti između različitih komponenata aplikacije, što olakšava razvoj, održavanje i skaliranje aplikacije u skladu sa stručnim standardima.

### 5.3.1. Baza podataka



Slika 5.2. ER dijagram korištene baze podataka

Slika 5.2. prikazuje strukturu baze podataka u MySQL-u kroz ER (*entity - relation*) dijagram. Dijagram jasno prikazuje entitete i njihove odnose u bazi podataka. Glavni entiteti su "user", "post\_removal", "post\_garbage", "offer" te "image". Svaki entitet predstavlja određenu tablicu unutar baze podataka.

Tablica "user" sadrži atribute koji se odnose na korisnika, kao što su korisničko ime, kriptirana lozinka, elektronička pošta te mobilni broj. Ovo omogućava identifikaciju i autentikaciju korisnika.

Tablice "post\_removal" i "post\_garbage" predstavljaju objave ili oglase. "post\_removal" se koristi kada korisnik nudi uslugu odvoza otpada, dok "post\_garbage" predstavlja objavu u kojoj korisnik traži uslugu odvoza otpada. Odnos između korisnika i njegovih objava ostvaren je preko stranog ključa "author\_id" unutar ovih tablica.

Tablica "offer" služi za pohranu ponuda koje korisnici koji nude uslugu odvoza mogu dati za svaku objavu u kojoj je potreban odvoz (tablica "post\_garbage"). Svaka ponuda je vezana za određenog korisnika i određenu objavu za odvoz, što je omogućeno stranim ključevima "author\_id" i "post\_id".

Tablica "image" se koristi za pohranu URL-ova slika. Budući da se same slike ne pohranjuju u bazu podataka, već na serveru radi bolje dostupnosti i smanjenja opterećenja baze, ova tablica sadrži URL-ove slika. Postoje zasebne tablice "post\_garbage\_image" i "post\_removal\_image" za pohranu slika vezanih uz određene objave. Ovakva struktura omogućava relaciju više-na-više između objava i slika.

### **5.3.2. Rad s podacima**

Aplikacija je jasno strukturirana u dva osnovna dijela: dio za rad s podacima i dio za vizualni prikaz podataka korisniku. Rad s podacima, osim putem baze podataka, ostvaren je kroz korištenje PHP programskog jezika i Symfony razvojnog okvira, koji koristi PHP.

Za komunikaciju između ta dva dijela, koristi se mehanizam *Application Programming Interfacea* (API), što omogućuje dvosmjernu komunikaciju između različitih sustava putem definiranih protokola. Konkretno, koristi se *Representational State Transfer API* (REST API), koji pruža set standardiziranih funkcija kao što su GET, POST, PUT, DELETE i druge, kako bi se omogućio pristup podacima na poslužitelju putem Hypertext Transfer Protocola (HTTP).

Definirani su protokoli kojima će se podatci razmjenjivati, te je također važno da oblik podataka bude standardiziran kako bi bio čitljiv i za računalne sustave i za ljude. U tu svrhu koristi se JavaScript Object Notation (JSON) format, koji pruža jasnu i preciznu strukturu za opisivanje podataka u tekstualnom obliku. Ovo omogućava dosljedno i efikasno prenošenje podataka između dijelova aplikacije.

```

1  {
2    "id": 35,
3    "title": "Potreban odvoz starog papira",
4    "content": "Potreban je odvoz otprilike 500kg starog papira. Sami papir je zapakiran i spreman za odvoz",
5    "location": "Osijek, Osječko-baranjska županija",
6    "published": {
7      "date": "2022-09-08 12:54:52.000000",
8      "timezone_type": 3,
9      "timezone": "Europe/Berlin"
10   },
11   "images": [
12     {
13       "id": 277,
14       "url": "62b9e974cb361538708834.jpg"
15     },
16     {
17       "id": 278,
18       "url": "62fa754cdf0f1571296678.jpg"
19     }
20   ],
21   "author": {
22     "id": 26,
23     "username": "osjecanin1",
24     "phoneNumber": "0953438934",
25     "email": "osjecanin1@gmail.com"
26   }
27 }

```

**Slika 5.3.** Primjer JSON odgovora

Slika 5.3. prikazuje primjer JSON formata koji se generira prilikom korištenja REST API poziva za slanje podataka. Podatci se također šalju koristeći isti JSON format, ali s dodatnom razlikom. Za bilo koju operaciju slanja podataka, korisnik mora biti prijavljen u sustav, a prilikom prijave generira se *JSON web token* (JWT) prema standardu RFC 7519.

JWT koristi kriptografiju javnog i privatnog ključa kako bi osigurao sigurnost i integritet podataka. Struktura JWT-a sastoji se od tri dijela koja su razdvojena točkom. Prvi dio definira korišteni enkripcijski algoritam, drugi dio sadrži kriptirane podatke, a treći dio predstavlja digitalni potpis koji jamči autentičnost podataka.

U cijelom ovom procesu korištena su Symfony i programski jezik PHP kako bi se omogućile sve navedene funkcionalnosti, uključujući obradu podataka putem REST API poziva, generiranje i provjeru JWT tokena te osiguravanje sigurne komunikacije između korisnika i aplikacije.

### 5.3.3. Vizualni dio aplikacije

Vizualni aspekt, odnosno korisničko sučelje aplikacije, izvedeno je primjenom HTML, CSS, JavaScript i ReactJS tehnologija. ReactJS integrira HTML, CSS i JavaScript unutar sebe, stvarajući gotovo nerazdvojivu vezu među njima. Ova tehnologija omogućuje konstrukciju jednostraničnih aplikacija, što znači da korisnik nakon prvog učitavanja ne mora ponovno učitavati

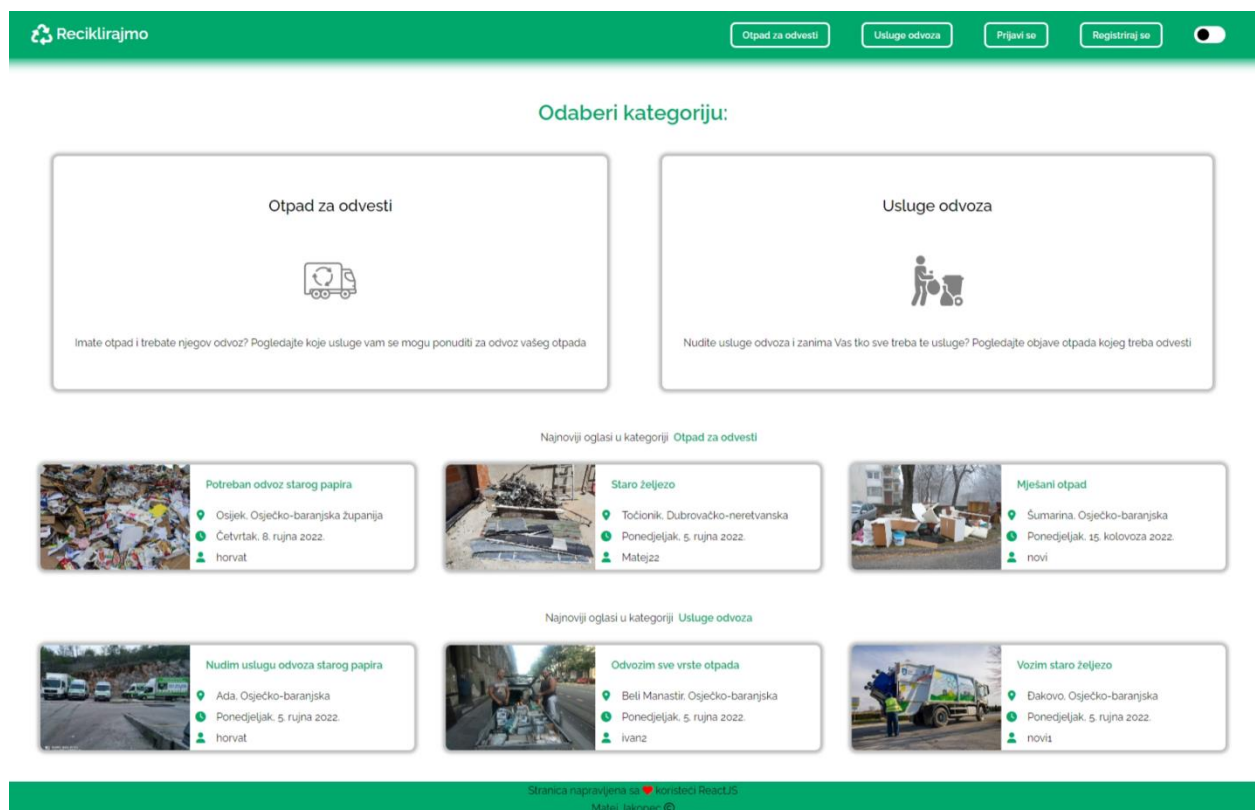
aplikaciju, već samo komponente koje su nužne. Ovime se postiže fluidnost aplikacije, dopuštajući preciznu kontrolu nad sadržajem koji korisnik vidi ili ne vidi.

U ovoj arhitekturi, HTML se koristi isključivo za prikazivanje korisniku vidljivog sadržaja. Pomoću CSS-a se dodaju stilovi, što omogućuje prilagodbu izgleda stranice i njenog identiteta. S upotrebom JavaScripta postiže se dinamičnost aplikacije, gdje aplikacija može pratiti i reagirati na različita stanja i događaje, te prikazivati određene dijelove prema tim uvjetima. Cijeli taj proces je olakšan i omogućen kroz korištenje ReactJS tehnologije.

## 6. FUNKCIONALNOSTI APLIKACIJE

Svrha ovog poglavlja je prezentirati korisničko sučelje i obuhvatiti raznolike načine na koje korisnici mogu koristiti aplikaciju. U daljnjem tekstu bit će detaljno razmatrane različite mogućnosti koje aplikacija nudi te će biti opisane njene funkcionalnosti na temelju specifičnih korisničkih interakcija.

### 6.1. Početna stranica



Slika 6.1. ER dijagram korištene baze podataka

Na slici 6.1. prikazan je izgled početne stranice za korisnike koji nisu prijavljeni u sustav. Navigacijski okvir na vrhu stranice sadrži naziv web mjesta, opciju za navigaciju do oglasa, mogućnost prijave i registracije te mogućnost izbora između tamne i svijetle teme. Navigacijski okvir i podnožje su konzistentni na svim stranicama kako bi omogućili jednostavnu navigaciju i pristup informacijama.

Na središnjem dijelu početne stranice korisnik ima mogućnost odabira vrste oglasa koju želi pregledavati. Također, tu se nalazi i kratak pregled najnovijih oglasa iz tih dviju kategorija. Ovaj pregled omogućuje korisniku brz i učinkovit način da sazna jesu li se pojavili novi oglasi. Važno je napomenuti da su svi elementi suptilno interaktivni - kada korisnik pomiče pokazivač miša iznad njih, elementi reagiraju naglašavanjem, što korisniku daje vizualni podražaj da će interakcija s tim elementom izazvati određenu akciju.

Ovaj dizajn pruža korisniku jasne vizualne upute, olakšava navigaciju i omogućuje brz pristup traženim informacijama, čime se stvara ugodno i intuitivno korisničko iskustvo.

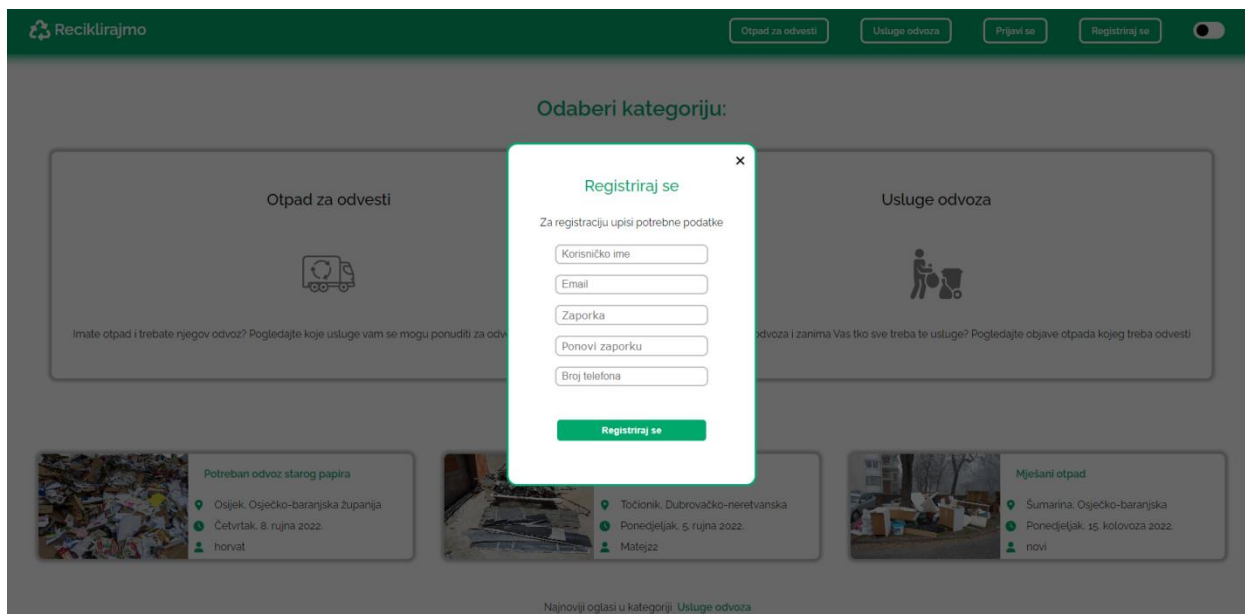
## **6.2. Registracija korisnika**

Nakon što korisnik pritisne tipku "Registriraj se", otvara se dijaloški okvir koji pruža korisniku mogućnost da unese potrebne podatke za registraciju. Korisniku se traži da unese relevantne informacije, kao što su korisničko ime, lozinka, elektronička pošta i mobilni broj. Nakon što korisnik unese te podatke, ima opciju odabira tipke "Registriraj se" kako bi potvrdio svoju registraciju.

Nakon pritiska na tipku "Registriraj se", sustav provjerava unesene podatke kako bi osigurao njihovu točnost i ispravnost. Ukoliko su svi uneseni podaci valjani, dijaloški okvir za registraciju se zatvara, a korisniku se omogućava prijava u sustav koristeći upravo kreirani korisnički račun.

Na slici 6.2. prikazan je izgled dijaloškog okvira za registraciju korisnika. Dijaloški okvir sadrži polja za unos korisničkog imena, lozinke, elektroničke pošte i mobilnog broja. Osim toga, tu se nalaze i opcije za odustajanje od registracije ili za potvrdu registracije. Kroz ovakav korak korisniku se pruža jasna i strukturirana forma za unos svojih podataka, čime se olakšava proces registracije i stvara pozitivno korisničko iskustvo.





Slika 6.2. Dijaloški okvir za registraciju korisnika

### 6.3. Prijava korisnika

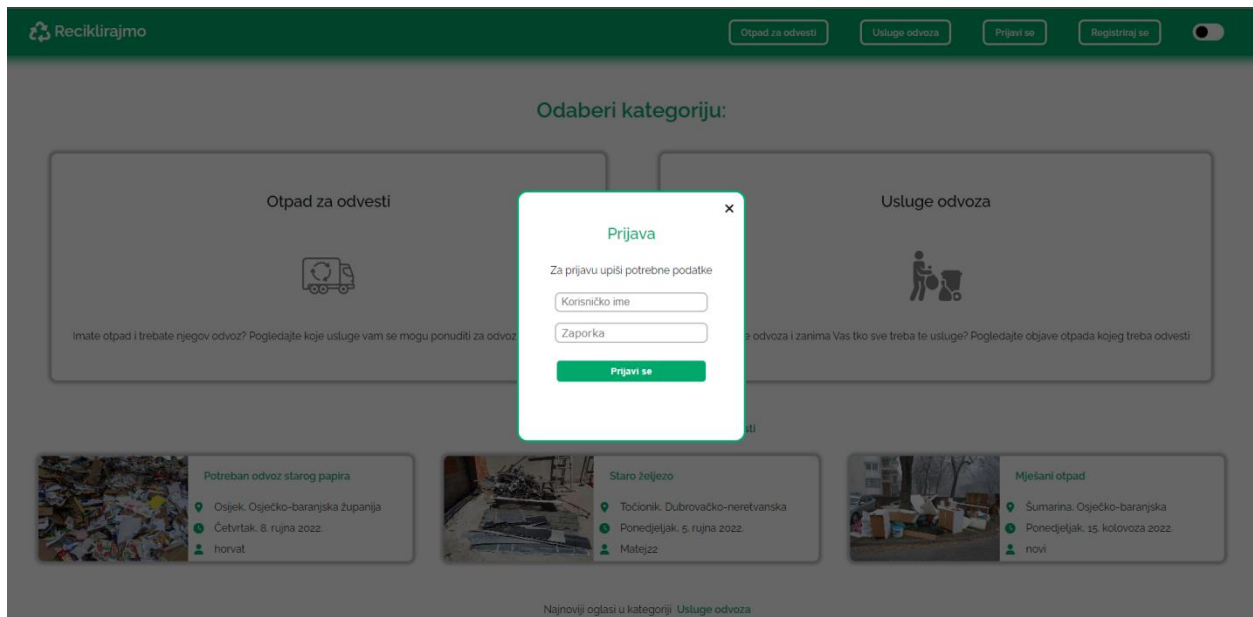
Kada korisnik pritisne tipku "Prijavi se", otvara se dijaloški okvir za prijavu. U ovom dijaloškom okviru korisnik ima mogućnost unijeti svoje korisničko ime i lozinku kako bi se autentificirao na sustavu. Ako korisnik unese ispravne podatke za prijavu, nakon pritiska na tipku "Prijavi se", izgled navigacijske trake se mijenja.

Nakon uspješne prijave, korisnikovo korisničko ime zamjenjuje opcije "Prijavi se" i "Registriraj se" u navigacijskoj traci. Umjesto tih opcija, korisnik vidi svoje korisničko ime, koje je sada povezano s njegovim korisničkim profilom. Pored korisničkog imena, korisnik također ima opciju za odjavu s trenutnog korisničkog računa.

Važno je napomenuti da se koristi *JSON web token* (JWT) token za autentifikaciju korisnika. Ovaj token omogućuje korisnicima da budu prijavljeni na sustav nakon prve prijave sve dok je token važeći, što je ograničeno na 60 minuta. Ukoliko korisnik ostane na stranici i nakon isteka tog vremenskog perioda, sustav će ga automatski odjaviti, te će korisnik ponovno morati unijeti svoje podatke za prijavu.

Na slici 6.3. prikazan je izgled dijaloškog okvira za prijavu korisnika. U dijaloškom okviru se nalaze polja za unos korisničkog imena i lozinke, kao i opcije za prijavu i odustajanje od prijave.

Kroz ovakav proces korisnicima se pruža jednostavan i siguran način za pristup aplikaciji uz osiguranje privatnosti i sigurnosti.



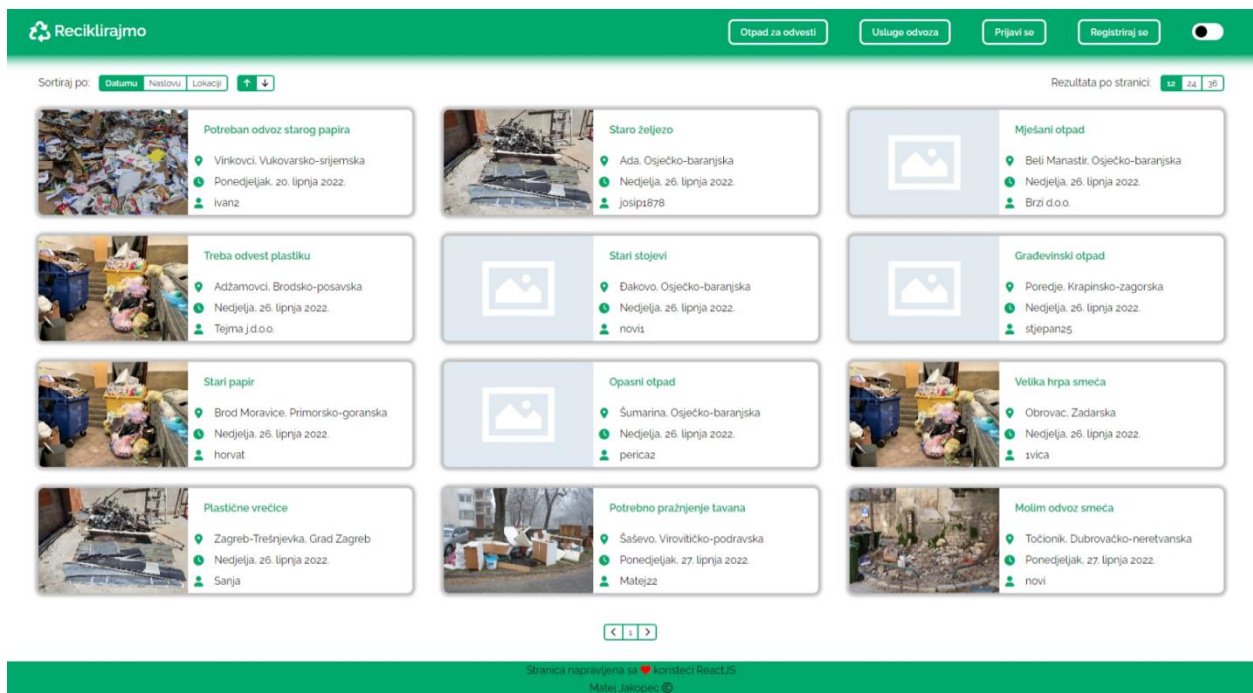
**Slika 6.3.** Dijaloški okvir za prijavu korisnika

## 6.4. Lista oglasa

Prilikom odabira opcije "Otpad za odvesti" ili "Usluge odvoza", aplikacija prikazuje popis svih oglasa izabrane kategorije. Ovaj popis omogućuje korisnicima da pregledavaju dostupne oglase za odvoz otpada ili usluge odvoza. Osim toga, korisnicima je omogućeno sortiranje oglasa uzlazno ili silazno po datumu stvaranja, nazivu ili mjestu. Također, korisnik može odabrati koliko oglasa će se prikazati na jednoj stranici, birajući između opcija 12, 24 ili 36 oglasa.

Na dnu liste oglasa postoji mogućnost prolaska kroz stranice kako bi korisnik mogao vidjeti sve dostupne oglase. U situacijama gdje uz oglas nije pridodana slika, prikazuje se siva ikona slike kako bi se naglasilo da nema priloženih slika uz taj oglas. Ovaj vizualni indikator pomaže korisnicima da brzo prepoznaju oglase koji nemaju slike te da se bolje orijentiraju pri pregledavanju oglasa.

Slika 6.4. prikazuje izgled stranice za prikaz liste oglasa, gdje korisnik može jasno vidjeti oglase sortirane prema odabranim parametrima, odabrati broj oglasa koji se prikazuje na stranici te koristiti navigaciju kako bi istražio više oglasa. Ovaj dizajn omogućuje korisnicima da učinkovito pregledavaju i pretražuju dostupne oglase prema svojim preferencijama.



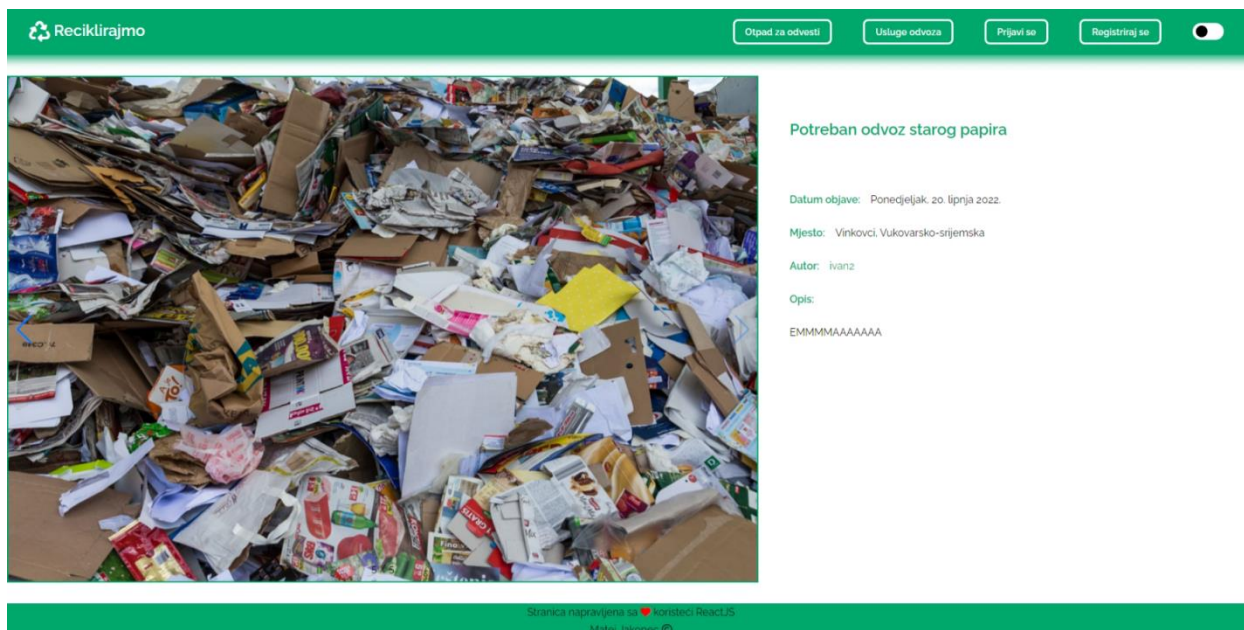
Slika 6.4. Lista oglasa otpada za odvesti

## 6.5. Individualni oglas

Kada korisnik odabere određeni oglas, ulazi u detaljne informacije o tom oglasu. Na ovoj stranici prikazuju se dodatni detalji o samom oglasu, pružajući korisniku sve potrebne informacije kako bi donio informirane odluke. Ukoliko je korisnik prijavljen, omogućuje mu se da ponudi svoje usluge za oglase "Otpad za odvesti" drugim korisnicima. Također, ako je korisnik prijavljen i oglas pripada njemu, ima mogućnost pregleda svih ponuda koje su stigle za taj oglas.

Osim toga, na ovoj stranici korisnik može pregledati sve slike koje su priložene uz oglas, pritiskom na strelice koje se nalaze sa svake strane slike. Međutim, ako nisu postavljene slike uz oglas, prikazuje se siva ikona slike kako bi se ukazalo na nedostatak slika.

Slika 6.5. prikazuje izgled stranice za prikaz pojedinog oglasa. Na ovom primjeru može se uočiti kako su detaljno prikazane sve relevantne informacije o odabranom oglasu, te kako se omogućuje korisnicima da pregledavaju slike koje su priložene uz oglas.



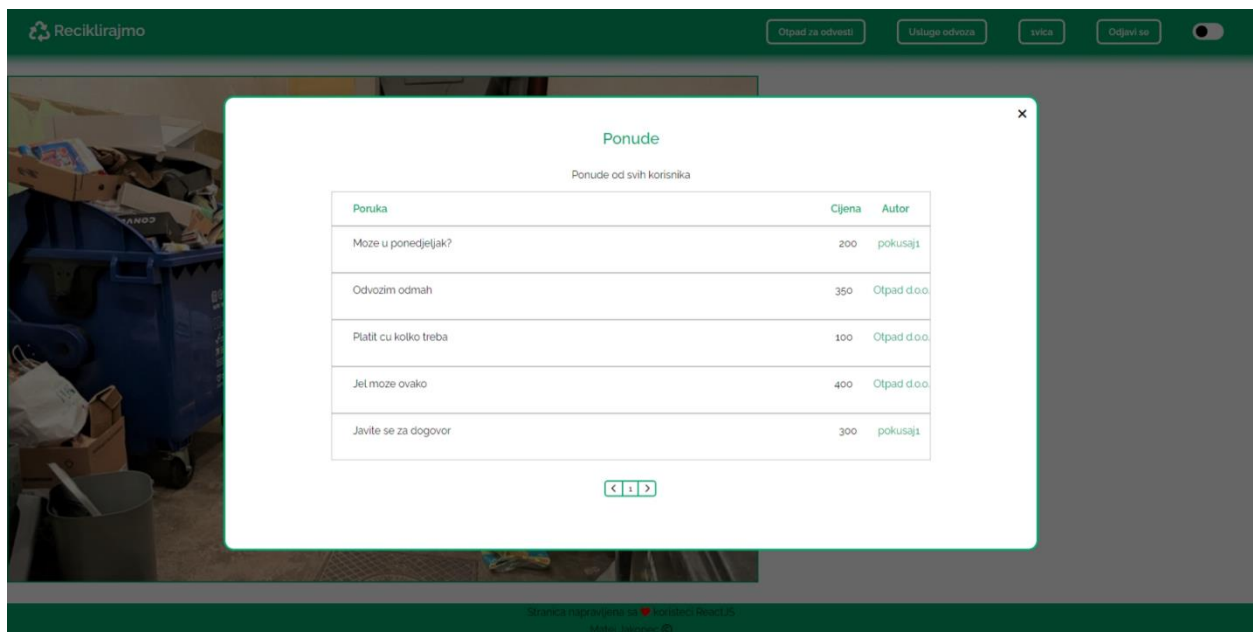
**Slika 6.5.** Primjer individualnog oglasa

## 6.6. Ponude

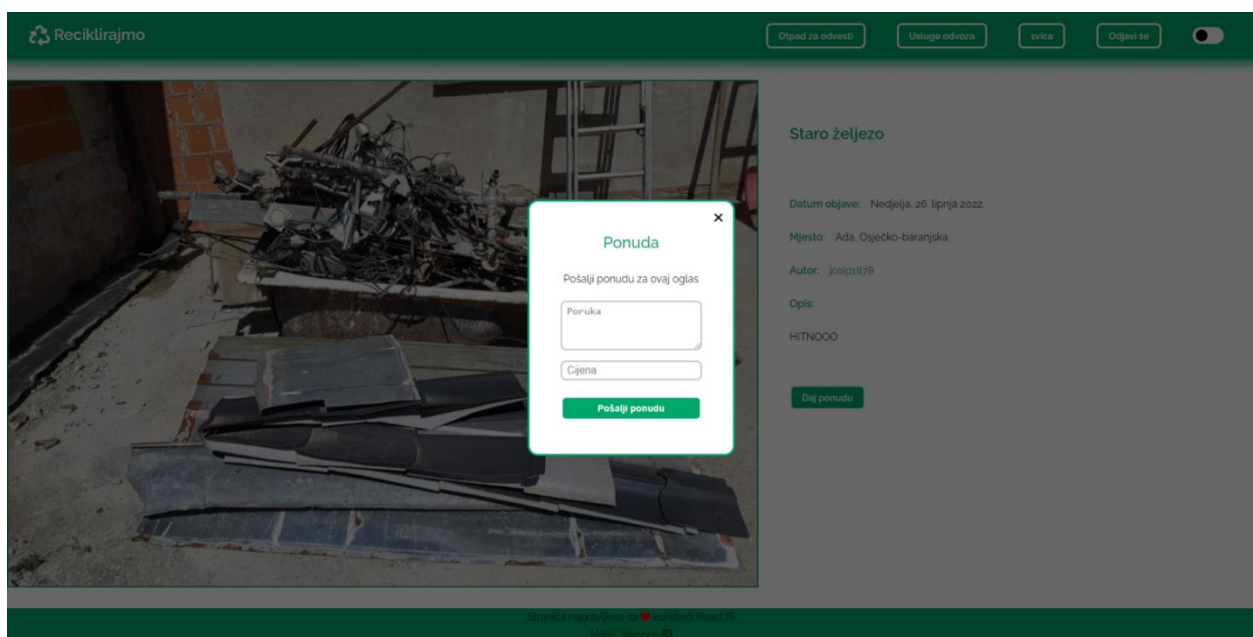
Dio aplikacije koji se odnosi na upravljanje ponudama dodatno obogaćuje korisničko iskustvo. Kao što je prethodno opisano, prijavljeni korisnici imaju mogućnost dati ponude ili pregledati ponude na vlastitim oglasima. Detaljnije, kada korisnik odabere opciju "Daj ponudu" na svom oglasu, otvara se dijaloški okvir u kojem korisnik unosi poruku i cijenu za svoju ponudu.

Osim toga, pritiskom na opciju "Vidi ponudu" otvara se dijaloški okvir u kojem se prikazuju sve ponude koje su stigle od drugih korisnika za taj oglas. Ovdje je omogućen prikaz pet ponuda odjednom, a ukoliko ima više ponuda, korisnik može navigirati kroz stranice sa ponudama. Također, pritiskom na korisničko ime pored svake ponude, korisnik se vodi na stranicu tog korisnika.

Slika 6.6. prikazuje izgled dijaloškog okvira za pregled svih ponuda koje je korisnik primio na određeni oglas. Na primjeru se može vidjeti kako su ponude prikazane s cijenama i porukama korisnika. S druge strane, slika 6.7. prikazuje izgled dijaloškog okvira za slanje ponude drugom korisniku. Ovdje korisnik unosi poruku i cijenu svoje ponude te ju šalje korisniku koji je objavio oglas. Ove funkcionalnosti doprinose dinamičnosti interakcije između korisnika i olakšavaju proces pregovaranja i komunikacije.



**Slika 6.6.** Dijaloški okvir za prikaz ponuda



**Slika 6.7.** Dijaloški okvir za slanje ponude

## 6.7. Korisnička stranica drugog korisnika

Na korisničkoj stranici drugog korisnika pruža se uvid u osnovne informacije o tom korisniku, čime se omogućuje lakša komunikacija i kontakt. Na toj stranici se prikazuje ime korisnika te

njegov broj telefona, koji je dostupan za kontakt. Međutim, elektronička adresa korisnika ostaje sakrivena od ostalih korisnika, pružajući dodatni sloj privatnosti.

Ispod ovih osnovnih informacija, prikazuju se i tri zadnja oglasa iz svake kategorije koje je korisnik objavio. To omogućuje drugim korisnicima da brzo pregledaju oglase koje je taj korisnik postavio. Također, korisnicima se pruža opcija "Prikaži više" pored svake kategorije. Pritiskom na ovu opciju, korisnik se preusmjerava na stranicu koja prikazuje sve oglase tog korisnika iz odabrane kategorije. Ova funkcionalnost olakšava korisnicima da dublje istraže ponudu tog korisnika i pronađu oglase koji ih posebno zanimaju.

Ovaj pristup korisničkim stranicama omogućuje bolje upoznavanje s drugim korisnicima i njihovom ponudom te olakšava proces kontakta i suradnje među korisnicima aplikacije.

## **6.8. Korisnička stranica vlastitog korisnika**

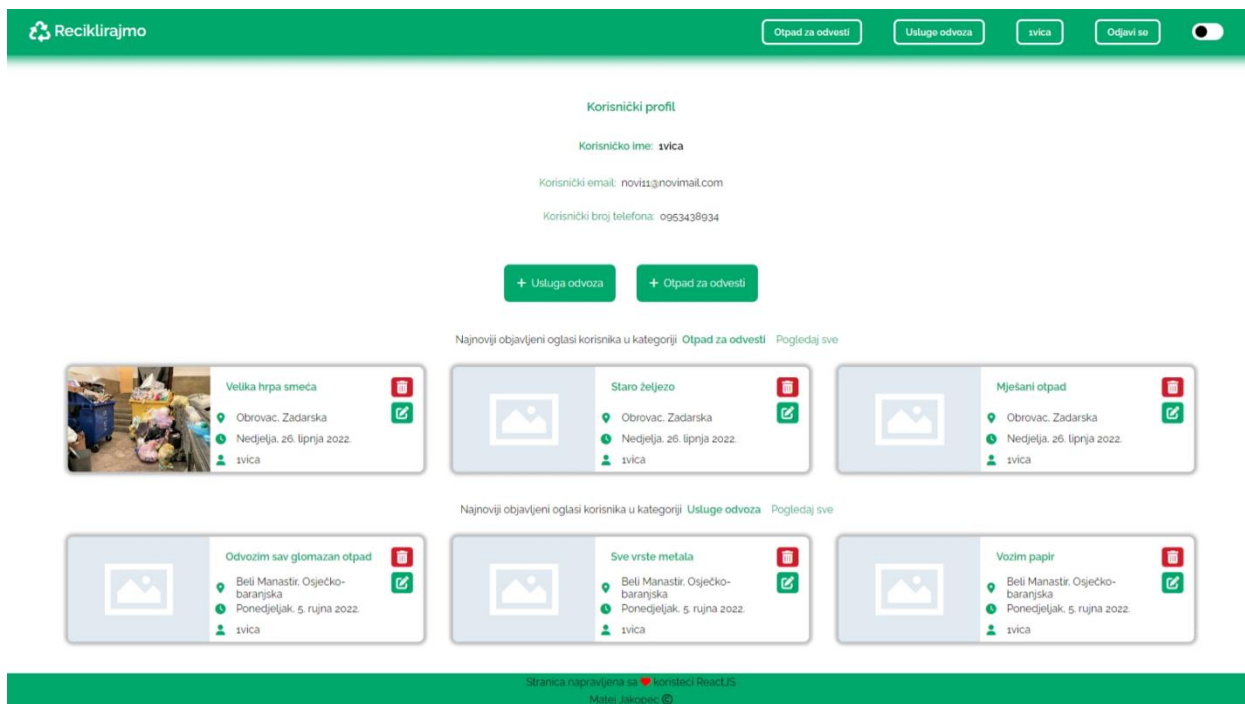
Korisnička stranica vlastitog korisnika rezervirana je isključivo za prijavljenog korisnika te pruža sveobuhvatan uvid u informacije o tom korisniku, kao i u njegove objavljene oglase. Ovdje se korisnicima omogućuje potpuna kontrola nad vlastitim sadržajem i aktivnostima na platformi.

Na ovoj stranici prikazuju se sve relevantne informacije o korisniku, uključujući ime, kontakt detalje i dodatne informacije koje korisnik želi podijeliti. Također, prikazuju se oglasi koje je taj korisnik objavio. Korisnik ima mogućnost dodavanja novih oglasa u određene kategorije, što olakšava proces postavljanja novih ponuda ili usluga.

Jedna od ključnih funkcionalnosti ove stranice je mogućnost uređivanja i brisanja vlastitih oglasa. Korisnik može ažurirati informacije o svojim oglasima ili ih izbrisati prema vlastitim potrebama. To omogućuje korisnicima da održavaju svoje oglase ažuriranim i relevantnim za trenutačnu ponudu ili potrebe.

Na slici 6.8 prikazuje se korisnička stranica vlastitog korisnika koja pruža sve alate i mogućnosti koje su potrebne za upravljanje vlastitim profilom i objavljenim oglasima, čime se olakšava interakcija s platformom i omogućuje korisnicima potpunu kontrolu nad svojim sadržajem.





Slika 6.8. Korisnički profil

## 6.9. Izrada novog oglasa

Korisnicima se omogućuje stvaranje potpuno novih oglasa putem posebne stranice za izradu oglasa. Prilikom izrade oglasa, korisnici trebaju unijeti relevantne podatke kako bi precizno opisali svoju ponudu ili potrebu.

Osnovni podaci oglasa uključuju naziv oglasa i detaljan opis ponude ili potrebe. Nakon toga, korisnik bira mjesto vezano za odvoz otpada ili mjesto iz kojeg se vrši odvoz. Ovdje se nudi mogućnost pretraživanja i odabira između svih dostupnih mjesta u Republici Hrvatskoj. Ovaj korak osigurava preciznu lokaciju oglasa i olakšava korisnicima da pronađu relevantne ponude ili potraže uslugu u svojoj blizini.

Jedna od ključnih mogućnosti prilikom izrade oglasa je dodavanje slika koje će pratiti taj oglas. Korisnik može izabrati odgovarajuće slike koje dodatno pomažu u vizualnom prikazu ponude ili potrebe. Ovdje se korisnicima nudi fleksibilnost u odabiru slika koje će najbolje predstaviti njihov oglas.

Sve navedene korake korisnik može vidjeti na primjeru izgleda stranice za izradu novog oglasa prikazanom na slici 6.9.

The screenshot shows a web interface for creating an advertisement. At the top, there is a green navigation bar with the logo 'Reciklirajmo' and several buttons: 'Otpad za odvesti', 'Usluge odvoza', 'sviça', 'Odjavi se', and a dark mode toggle. The main content area is titled 'Kreiraj oglas gdje nudite uslugu odvoza otpada'. Below the title, there is a prompt: 'Popunite sva polja kako biste uspješno objavili oglas'. The form consists of several sections: 'Naslov oglasa:' with a text input field containing 'Naslov'; 'Opis oglasa:' with a larger text area containing 'Opis'; 'Odaberi lokaciju:' with a dropdown menu showing 'Select...' and a sub-label 'Odabrana lokacija: Ada, Osječko-baranjska'; 'Odaberi slike:' with three buttons: 'Odabir datoteka', 'Niste odabrali nijednu datoteku', and 'Pošalji sliku'. Below these buttons, there is a note: 'Nakon odabira slika, a prije objave oglasa kliknuti na Pošalji sliku'. At the bottom of the form is a large green button labeled 'Objavi oglas'. The footer of the page is green and contains the text: 'Stranica napravljena sa ❤️ koristeći React JS' and 'Matej Jakšec ©'.

Slika 6.9. Izrada novog oglasa

## 6.10. Tamna/svijetla tema

Na desnom dijelu navigacijske trake korisnik ima opciju za odabir teme, koja se može prebaciti između tamne i svijetle varijante. Ova funkcionalnost omogućuje korisnicima prilagodbu izgleda aplikacije prema njihovim preferencijama.

Izbor teme ima dvostruku svrhu. Prvo, omogućuje korisnicima da prilagode vizualni doživljaj aplikacije prema okolini u kojoj se nalaze. Na primjer, u uvjetima smanjenog osvjetljenja ili noću, korisnik može prebaciti na tamnu temu kako bi smanjio naprezanje očiju i povećao udobnost korištenja.

Drugo, omogućuje korisnicima da personaliziraju sučelje prema vlastitim estetskim preferencijama. Neki korisnici vole svjetlije teme, dok drugi preferiraju tamnije. Ova opcija omogućuje korisnicima da odaberu temu koja im najbolje odgovara.

Na taj način, funkcija prebacivanja teme na desnom dijelu navigacijske trake doprinosi boljem iskustvu korisnika, prilagodbi aplikacije njihovim potrebama i poboljšanju udobnosti korištenja u različitim uvjetima.



## 7. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada detaljno je istražena i obrađena tema povratne logistike, njezinih različitih faza i aspekata. Počevši od osnovnih komponenti povratne logistike kao što su doprema, pohrana, usmjeravanje, popravak, obnova, ponovno procesiranje, ponovna proizvodnja, ponovno korištenje i uporaba, analiziran je cjelokupan ciklus obrade i upravljanja otpadom. Nadalje, istražen je zakonodavni okvir povratne logistike u Republici Hrvatskoj. Analizirani su relevantni zakoni, odredbe i pravilnici koji utječu na upravljanje otpadom i povratnu logistiku. Ovaj pregled omogućio je dublje razumijevanje regulatornog okvira koji oblikuje i usmjerava praksu povratne logistike. U radu je također istaknut ekonomski aspekt povratne logistike. Naglašeno je da održiv pristup upravljanju otpadom može imati pozitivan utjecaj na troškove i profitabilnost poslovanja. Detaljno su opisani načini, procesi i zahtjevi za recikliranje različitih vrsta otpada kao što su plastika, tekstil, papir, staklo te električki i elektronički otpad. Prikazani su primjeri dobre prakse povratne logistike iz Republike Hrvatske i drugih zemalja, što pruža širi uvid u raznolikost implementacija ovog koncepta diljem svijeta. Posebno je istaknut utjecaj informacijsko-komunikacijske tehnologije na povratnu logistiku, a analizirane su različite tehnologije kao što su jednodimenzionalni barkodovi (EAN13 i GS1-128), dvodimenzionalni barkodovi (QR, matrica podataka i PDF417) te RFID čitači (aktivni, pasivni i polu-aktivni). Uspoređene su dvije aplikacije, Yo-Waste i aplikacija koja je razvijena u okviru ovog rada, kako bi se razmotrile mogućnosti primjene takvih tehnologija u praksi. Kao praktičan doprinos, razvijena je web aplikacija koja ima za cilj olakšati povratnu logistiku povezujući proizvođače otpada s poduzećima koja pružaju usluge odvoza. Prikazane su korištene tehnologije i detaljan pregled funkcionalnosti same aplikacije. Kroz sve navedene aspekte, ovaj rad pokušava pružiti cjelovit i sveobuhvatan pregled povratne logistike, njene važnosti, regulatornog okvira, ekonomske koristi, tehnoloških aspekata i praktičnih primjera. U kontekstu budućeg razvoja aplikacije, postoji nekoliko ključnih aspekata koji bi se mogli razmotriti kako bi se unaprijedilo korisničko iskustvo i funkcionalnost. Prvo, s obzirom na rastuću popularnost mobilnih platformi, razmatranje izrade mobilne verzije aplikacije bila bi značajna prednost. Mobilna aplikacija omogućila bi korisnicima da pristupaju aplikaciji putem svojih mobilnih uređaja, omogućujući im da brže i praktičnije koriste aplikaciju dok su na terenu. Specifične značajke mobilnih uređaja, kao što su GPS, kamera i senzori dodirnih zaslona, mogu se iskoristiti kako bi se olakšalo unošenje informacija i praćenje procesa povratne logistike. Također, razmatranje dodatnih funkcionalnosti poput opcije za sortiranje po tipu otpada može poboljšati korisničko iskustvo. Ovo bi korisnicima omogućilo brže i preciznije pretraživanje

oglasa prema njihovim potrebama i interesima, što bi doprinijelo većoj učinkovitosti i praktičnosti korištenja aplikacije. S obzirom na temu povratne logistike, daljnje istraživanje može se proširiti na teren posjetom lokalnim poduzećima koja se bave povratnom logistikom. Proučavanje njihovih procesa i praksi može pružiti dublji uvid u stvarne izazove i mogućnosti u tom području. Ovo istraživanje također može uključivati identificiranje prilika za poboljšanje postojećih procesa ili razvoj inovativnih rješenja koja bi mogla imati pozitivan utjecaj na industriju povratne logistike. U konačnici, daljnji razvoj i istraživanje ovog područja mogli bi doprinijeti sveobuhvatnijem razumijevanju povratne logistike te potencijalu za inovacije koje mogu pridonijeti održivijem i učinkovitijem gospodarenju otpadom.

## LITERATURA

- [1] M., Vrgoč, Njuškalo: Innovative digital marketplace improving your quality of life [online], Njuškalo d.o.o., Zagreb, 2023, dostupno na: <https://about.njuskalo.hr/> [28.9.2023.]
- [2] E., Preljević, Indeks oglasi: Oglašavanje [online], Indeks promocija d.o.o., Zagreb, 2023, dostupno na: <https://www.index.hr/oglas/> [28.9.2023.]
- [3] J., Buckmaster, Craigslist: About Craigslist [online], Craigslist, Inc., San Francisco, 2023, dostupno na: <https://auburn.craigslist.org/> [28.9.2023.]
- [4] D., Liu, Facebook marketplace: Marketplace olakšava otkrivanje, kupnju i prodaju dobara lokalno ili dostavom [online], Meta Platforms, Inc., Menlo Park, 2023, dostupno na: <https://www.facebook.com/marketplace/learn-more/> [28.9.2023.]
- [5] J., Iannone, Ebay Classifieds: Selling with Classified Ads [online], eBay Inc., San Jose, 2023, dostupno na: <https://www.ebay.com/help/selling/listings/listing-tips/selling-classified-ads?id=4167> [28.9.2023.]
- [6] J., Fish, My Waste Management: My WM mobile app [online], WM Intellectual Property Holdings, L.L.C., Houston, 2023, dostupno na: <https://www.wm.com/us/en/my-wm-mobile-app> [11.9.2023.]
- [7] S., Foye, Waste applications: Customer Portal [online], Waste Applications Ltd., Norcross, 2018, dostupno na: <https://www.wasteapplications.com/index.php/customer-portal/> [11.9.2023.]
- [8] N., Morris, Sustainability Reporting: Insights into the true cost of managing your waste [online], Rubicon Technologies Inc., Austin, 2023, dostupno na: <https://www.rubicon.com/sustainability-reporting/> [11.9.2023.]
- [9] G., Lettieri, Services: Reliable + sustainable waste removal services [online], RTS Holding Inc., Delaware, 2023, dostupno na: <https://www.rts.com/services/full-service/> [11.9.2023.]
- [10] L., Thomas, Trashparency: Removing waste (and most of the fine print) [online], Dumpster on Demand LLC, Indianapolis, 2019, dostupno na: <https://www.dumpster-on-demand.com/> [11.9.2023.]
- [11] Lj., Krpan, M., Furjan, R., Maršanić, Potencijali logistike povrata u maloprodaji, Tehnički glasnik, br. 8, sv.2, str. 182-191, rujan 2014

- [12] D., Regodić, Logistika, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010
- [13] M., de Brito, R., Dekker, A Framework for Reverse Logistics, Springer, Rotterdam, 2004
- [14] W., Wang, Y., Liu, Y., Wei, Research on Management Strategies of Reverse Logistics in E-Commerce Environments, LISS 2012: Proceedings of 2nd International Conference on Logistics, Informatics and Service Science, sv. 1, str. 321-326, Berlin, 2013
- [15] V., Mladinec, Gospodarenje otpadom: Oporaba [online], Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Zagreb, 2022, dostupno na: <https://www.fzoeu.hr/hr/oporaba-8391/8391> [18.8.2022.]
- [16] S., Sristava, R., Sristava, Managing product returns for reverse logistics, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management br. 7, sv. 36, str. 524 – 546, svibanj 2006
- [17] D., Tomašić et al., Upravljanje zalihama u povratnoj logistici – analiza postprodaje u autoindustriji u RH, Tehnički vjesnik, br. 20, sv.3, str. 541-547, kolovoz 2013
- [18] D., Slaven, Zakoni i propisi: Zakoni i propisi iz područja gospodarenja otpadom [online], Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, 2022, dostupno na: [https://mingor.gov.hr/?id=7593&pregled=1&datum=Mon%20Feb%2015%202021%2015:54:11%20GMT+0100%20\(srednjoeuropsko%20standardno%20vrijeme](https://mingor.gov.hr/?id=7593&pregled=1&datum=Mon%20Feb%2015%202021%2015:54:11%20GMT+0100%20(srednjoeuropsko%20standardno%20vrijeme) [28.6.2022.]
- [19] Z., Tomčić, Propisi: Propisi iz područja zaštite okoliša i gospodarenja otpadom [online], Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Zagreb, 2022, dostupno na: <https://www.fzoeu.hr/hr/propisi-iz-podrucja-zastite-okolisa-i-gospodarenja-otpadom/8203> [28.6.2022.]
- [20] M., Karić, Ekonomski učinci povratne logistike u djelatnosti održavanja, 15. međunarodno savjetovanje, sv. 1, str. 11-20, Opatija, 2009.
- [21] F., Wakefield, Recycling Statistics: Top 25 Recycling Facts and Statistics for 2022 [online], EcoWatch, 2022, dostupno na: <https://www.ecowatch.com/recycling-stats.html> [9.9.2023.]
- [22] H., Pöttering, Okoliš: Otpad i recikliranje [online], Europska komisija, Luxembourg, 2022, dostupno na: [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling\\_hr](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling_hr) [28.8.2022.]
- [23] J., Jouyet, Život u EU: Činjenice i podaci o životu u Europskoj uniji [online], Europska komisija, Luxembourg, 2022, dostupno na: [https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/life-eu\\_hr](https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/life-eu_hr) [29.8.2022.]

- [24] L., Ylä-Mononen, Indicators: Waste recycling in Europe [online], European Economic Area, Copenhagen, 2022, dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/ims/waste-recycling-in-europe> [29.8.2022.]
- [25] J., Sandahl, Publications: Waste Prevention [online], European Environmental Bureau, Bruxelles, 2022, dostupno na: <https://eeb.org/work-areas/resource-efficiency/waste-recycling/> [29.8.2022.]
- [26] Lj., Krehula, Recikliranje plastičnog otpada, Zaštita okoliša, br. 64, sv. 1, str. 7-8, listopad 2015
- [27] M., Krzyk, J., Panjan, D., Drev, Postupci recikliranja tekstilnog otpada, Tekstil br. 63, sv. 9, str. 306-313, veljača 2014.
- [28] U., Yilmaz, A., Tutus., S., Sonmez, An Overview of the Waste Paper Recycling System, Forestry and Aquaculture Sciences, br. 1, sv. 1, str. 49-65, studeni 2021
- [29] T. D., Dyer, Glass Recycling. Handbook of Recycling, Division of Civil Engineering, br. 14, sv. 1, str. 191–209, ožujak 2014
- [30] S., Abdelbasir, S., Hassan, A., Kamel, R., El-Nasr, Status of electronic waste recycling techniques: a review. Environmental Science and Pollution Research, Springer Nature br.25, sv.17, str. 16533–16547, travanj 2018
- [31] E., Puntarić, Đ., Požgaj, Ž., Korica, L., Gumhalter Malić, M., Kušević – Vukšić, V., Bulat, J., Kufrin, Izvješće o komunalnom otpadu za 2021. godinu, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zagreb, 2022.
- [32] J., Kinobe, G., Gebresenbet, B., Vinneras, Reverse Logistics Related to Waste Management with Emphasis on Developing Countries—A Review Paper, Journal of Environmental Science and Engineering br.1, sv.1, str. 1104-1118, svibanj 2012
- [33] S., Nylund, Reverse Logistics and Green Logistics A comparison between Wärtsilä and IKEA, International Business, br.1, sv. 1, str. 62-64, srpanj 2012
- [34] S., Genchev, Reverse logistics program design: A company study, Business Horizons br.52, sv.1, str. 139-148, kolovoz 2009
- [35] S., Amin, H., Wu, G., Karaphillis, A perspective on the reverse logistics of plastic pallets in Canada, Journal of Remanufacturing br.8, sv. 1, str. 153–174, listopad 2018

- [36] A., Voloder, Održivi razvoj: Bioraznolikost [online], Cemex d.o.o., Kaštel Sućurac, 2023, dostupno na: <https://www.cemex.hr/bioraznolikost> [14.9.2023.]
- [37] A., Škalko, Nestle u zajednici: Rad na budućnosti bez otpada [online], Nestlé Adriatic d.o.o., Zagreb, 2020, dostupno na: <https://www.nestle.hr/nestle-u-zajednici/rad-na-buducnosti-bez-otpada> [14.9.2023.]
- [38] S., Hong-ying, The Application of Barcode Technology in Logistics and Warehouse Management, First International Workshop on Education Technology and Computer Science, sv.1, str. 698-703, Peking, 2009
- [39] H., Pichler, Opći korisnički priručnik Vodič za korisnike kroz najvažnije GS1 standarde za identifikaciju i crtične kodove, GS1 Croatia, Zagreb, 2020.
- [40] K., Guenter, Software: Barcode Software, Label Printing, Reporting and Data Acquisition Apps [online], TEC-IT Datenverarbeitung GmbH, Steyr, 2023, dostupno na: <https://www.tec-it.com/en/software/Default.aspx> [14.9.2023.]
- [41] B., Li, Barcode: Barcode generator and reader API [online], Aspose Pty Ltd , Lane Cove, 2023, dostupno na: <https://products.aspose.com/barcode/net/> [14.9.2023.]
- [42] C.K.M., Lee, T.M., Chan, Development of RFID-based Reverse Logistics System, Expert Systems with Applications br. 36, sv.1, str. 9299–9307, studeni 2009
- [43] G., Robins, The Case for Multi-Tag RFID Systems, Conference on Wireless Algorithms, SAD, sv.1, str. 22-27, New York, 2007
- [44] Y., Choi, H., Ha, H., Park, H., Kim, K., NamGung, The RFID Effectiveness Statistical Analysis Tool (RESAT) for Comparing RFID and Barcode in Logistics Operations, International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, sv. 310, str. 611–618, Daejeon 2012
- [45] M., Tumusiime, Yo-Waste: Building Zero Waste Communities, one city at a time [online], Yo-Waste Limited, Kampala, 2022, dostupno na: <https://yowasteapp.com/> [25.9.2022.]
- [46] E., Mujadžević, Uvod u PHP i MySQL, Srece, Zagreb, 2007
- [47] F., Potencier, Symfony: Documentation [online], Sensio, Asnières-sur-seine Cedex, 2022 dostupno na: <https://symfony.com/doc/current/index.html> [29.6.2022.]

[48] J.N., Robbins, Learning Web Design – a beginner's guide to HTML, CSS, JavaScript, and web graphics, Littlechair, Kanada, 2012

[49] S., Aggarwal et al., Modern Web-Development using ReactJS, International Journal of Recent Research Aspects br. 5, sv. 1, str. 133-137, ožujak 2018.

## SAŽETAK

U radu je sustavno analizirana povratna logistika kao ključna komponenta održivog poslovanja. Istražena su njezina važnost, zakonodavni okvir te ekonomska implikacija. Proučene su metode recikliranja materijala, primjeri iz raznih zemalja te uloga informacijsko-komunikacijske tehnologije. Na kraju je prezentiran koncept web aplikacije za olakšavanje komunikacije unutar industrije povratne logistike.

Ključne riječi: povezivanje, povratna logistika, ReactJS, recikliranje, Symfony



## **ABSTRACT**

### **The importance of reverse logistics and the role of Information and Communication Technology in its processes**

This paper systematically examines reverse logistics as a crucial component of sustainable business practices. Its significance, legislative framework, and economic implications are explored. Recycling methods, case examples from various countries, and the role of information and communication technology are studied. Lastly, a conceptual web application is presented to facilitate communication within the reverse logistics industry. This paper provides a comprehensive overview and research to stimulate further development and innovation in this important field.

Keywords: connectivity, ReactJS, recycling, return logistics, Symfony

## ŽIVOTOPIS

Matej Jakopec rođen je 18. kolovoza 2000. godine u Osijeku. Osnovnoškolsko obrazovanje završio je u Osnovnoj školi Šećerana, dok je srednjoškolsko obrazovanje stekao pohađajući Opću gimnaziju Beli Manastir. Tijekom tog razdoblja, razvio je strast prema računalnim programima i sustavima, što se može vidjeti kroz njegovo sudjelovanje na brojnim natjecanjima iz predmeta Informatika. Također je redovito sudjelovao na Zimskim školama informatike u Osijeku. Zbog svoje strasti prema području informatike, Matej se odlučio upisati na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, smjer računarstvo, na kojem trenutno studira. Tema njegovog završnog rada odražava njegovu želju da spoji teoriju i praktične primjene te da doprinese rastućim izazovima u području recikliranja i povratne logistike.

Matej Jakopec

A handwritten signature in blue ink, reading 'Jakopec', is written over a horizontal line.