

UNIVERZA V LJUBLJANI

EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**UVAJANJE TEHNOLOGIJE RFID V PROCES ODVOZA
ODPADKOV**

Ljubljana, marec 2011

MATJAŽ KLOPČIČ

IZJAVA

Študent/ka _____ izjavljam, da sem avtor/ica tega diplomskega dela, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom _____, in da dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne _____ Podpis: _____

KAZALO VSEBINE

UVOD.....	1
1 OSNOVNI POJMI.....	2
2 ODPADKI IN RAVNANJE Z NJIMI.....	3
2.1 Razvrstitev odpadkov	6
2.2 Zakonodaja in pristojnosti Agencije Republike Slovenije za okolje.....	8
3 RAZVOJ PRISTOPA K OBVLADOVANJU TOKOV ODPADKOV	9
3.1 Rumene vreče	10
3.2 Kompostiranje	12
3.3 Podzemne zbiralnice.....	13
4 RFID SISTEMI	15
4.1 Delovanje RFID sistemov	15
4.2 Pasivne RFID tehnologije.....	17
4.2.1 Pasivni LF RFID (tehnični podatki)	18
4.2.2 Pasivni HF RFID (tehnični podatki).....	19
4.2.3 Pasivni UHF RFID (tehnični podatki).....	20
5 OPREMA, POTREBNA ZA IMPLEMENTACIJO RFID	20
5.1 RFID čipi in nalepke za zabojnike	21
5.2 Oprema na komunalnih vozilih	22
6 POMEN RFID TEHNOLOGIJE PRI ODVOZU ODPADKOV	24
6.1 Trenutni sistem ravnanja z odpadki.....	25
6.2 Ravnanje z odpadki ob uporabi tehnologije RFID	26
7 IMPLEMENTACIJA RFID TEHNOLOGIJE V KOMUNALI TRBOVLJE.....	28
7.1 Sodobni sistemi, usmerjeni v obvladovanje odpadkov	29
7.1.1 Center za ravnanje z odpadki Zasavje	30
7.2 Faze vzpostavitve sistema za identifikacijo zabojnikov z RFID čipi.....	31
7.2.1 Opremljanje zabojnikov	31
7.2.2 Opremljanje vozila	32
7.2.3 Implementacija informacijskega sistema v podjetju	33
7.2.4 Proces zbiranja podatkov in spreminjanje v informacije.....	33
7.3 Količina zbranih odpadkov in stroški odlaganja	34
7.4 Zaračunavanje odvoza smeti po obstoječem in predlaganem načinu.....	35
7.4.1 Dosedanji izračun cene odvoza smeti.....	35
7.4.2 Izračun odvoza in odlaganja odpadkov pri uporabi RFID tehnologije	36
7.5 Stroški in koristi uvedbe RFID tehnologije.....	36
7.5.1 Finančna analiza	36
7.5.2 Ekonomska analiza	41
7.5.3 Analiza občutljivosti in tveganja	43
SKLEP	43
LITERATURA IN VIRI.....	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Količina komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji in EU-27	5
Slika 2: Količine predelanih in odstranjenih odpadkov glede na načine ravnanja.....	6
Slika 3: Sestava komunalnih odpadkov	7
Slika 4: Razvoj zbiranja komunalnih odpadkov	9
Slika 5: Embalaža, ki gre v rumeno vrečo	11
Slika 6: Zaboječek za biološke odpadke	13
Slika 7: Podzemne zbiralnice v Ljubljani	13
Slika 8: Sistem komunikacije FDX.....	18
Slika 9: Sistem komunikacije HDX	19
Slika 10: Vsebina ter oblika podatkov čip nalepke	21
Slika 11: Pasivni RFID čip.....	22
Slika 12: Opremljeno smetarsko vozilo z avtomatsko roko za praznjenje zabojnikov.....	23
Slika 13: Oprema v vozilu za pošiljanje podatkov v bazo	24
Slika 14: Ravnanje z odpadki brez tehnologije RFID	25
Slika 15: Avtomatizacija procesa zbiranja odpadkov z RFID	27
Slika 16: Vgradni prostor antene in čitalca, vozilo opremljeno s sistemom RFID in kontejner, ki ima RFID čip.....	28
Slika 17: Oprema vozila.....	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava rezultatov različnih načinov ločenega zbiranja odpadkov	10
Tabela 2: Količina ločeno zbranih embalažnih odpadkov	34
Tabela 3: Postavke v računu odvoza smeti	35
Tabela 4: Količina in volumen zabojnikov	37
Tabela 5: Stroški nabave RFID tehnologije v Javnem podjetju Komunala Trbovlje d.o.o.	38
Tabela 6: Predvideno znižanje stroškov odlaganja odpadkov ob uvedbi RFID	40
Tabela 7: Diskontirana sedanja vrednost stroškov investicije	41
Tabela 8: Finančna interna stopnja donosnosti investicije ob 15% povečanju ločevanja...	41

UVOD

Upravljanje z odpadki bo v tem stoletju gotovo eden izmed pomembnih vidikov v razvoju naše družbe. Ker se svet vrti vedno hitreje, se spreminja tudi narava izdelkov, ki jih proizvajamo. Vse več je odpadkov, ki niso podvrženi naravnemu procesu razpadanja, vse več je umetnih in škodljivih odpadkov, ki se nabirajo in kar nekako nočejo izginiti. In ker lahko država oziroma občina sama le do določene mere poskrbi za izvajanje okoljske politike, je treba v obvladovanje tokov odpadkov vključiti tudi posameznika, kajpak z ekonomsko spodbudo za ločevanje odpadkov in njihovo nadaljnjo reciklažo. Z razvojem tehnologij, ki se lahko aplicirajo tudi na izbranem področju, se pojavljajo tudi novi načini ravnanja z odpadki.

Ena izmed tehnologij je tudi radiofrekvenčno identificiranje (v nadaljevanju RFID) tehnologija, ki je v razvitem svetu že precej sprejeta in že prinaša zelene učinke. Ta omogoča, da se odvoz obračuna glede na količino ustvarjenih odpadkov, kar preko finančne motivacije poveča ločevanje odpadkov na nivoju gospodinjstva in je tudi najučinkovitejši način reševanja problema.

Tehnologija v našem času prodira na vsa področja, tudi tja, kjer si je mogoče ne bi predstavljali. Proces ravnanja z odpadki je bil dolgo časa statičen in njegov razvoj zapostavljen. Vendar pa je neizbežno, da se tudi v ta proces vključi strokovno znanje s področja informatike in okoljske problematike.

Ravnanje z odpadki postaja vse bolj pomemben del družbene zavesti, saj se vse bolj zavedamo, da je za vzdržnost našega načina življenja potrebna tudi vzdržnost okolja, v katerem živimo. Problem sedanje družbe na tem področju je zelo slaba izraba virov, ki jih imamo na voljo, tako da večina materialnih virov konča na smetišču, čeprav je njihova vrednost še precejšnja, njihova cena pa nižja od primarnih materialnih virov.

Zato je treba doseči, da se iz komunalnih odpadkov izloči uporabne surovine in se jih ponovno vrne v proizvodni proces. To bi drastično zmanjšalo količino odloženih odpadkov in s tem zmanjšalo pritisk na okolje. Način, preko katerega lahko to dosežemo, je v uporabi RFID tehnologije pri procesu odvoza odpadkov, saj ta omogoča zaračunavanje odvoza na način "plačaj, kolikor odložiš", kar se je v praksi že izkazalo kot učinkovit način motivacije za ločevanje uporabnih surovin od odpadkov.

Tema te naloge je izbrana z namenom, da preučim spremembe, ki se dogajajo na področju ravnanja z odpadki. Ker so naša komunalna podjetja zaradi precej visokih investicijskih stroškov skeptična glede smiselnosti novih tehnologij in ker obstaja o njih zelo malo strokovne literature v slovenščini, želim s to nalogo omogočiti boljše razumevanje prednosti in pasti, ki jih te tehnologije prinašajo. Želim preučiti področje ravnanja z

odpadki ter načine zbiranja odpadkov po metodi "plačaj, kolikor odložiš" ter analizirati obstoječe stanje na tem področju v Sloveniji.

Cilj te naloge je predstaviti način prehoda iz sedanjega stanja v sistem informatiziranega pobiranja odpadkov na primeru Javnega podjetja Komunala Trbovlje, torej, kako implementirati radiofrekvenčno tehnologijo v sistem "plačaj, kolikor odložiš". Prikazati želim, na kakšen način ta tehnologija dosega rezultate, ter ugotoviti, ali je investicija v to tehnologijo upravičena.

1 OSNOVNI POJMI

Za jasno razumevanje pojmov, ki se najpogosteje uporabljajo pri ravnanju z odpadki, si oglejmo nekaj definicij.

Odpadek (Pravilnik o ravnanju z odpadki, Ur. l. RS, št. 84/1998) je vsaka snov ali predmet, razvrščen v eno od skupin odpadkov po **Klasifikacijskem seznamu odpadkov**, ki ga lastnik ali imetnik ne more ali ne želi uporabiti sam, ga ne potrebuje, ga moti ali mu škodi in ga zato zavrže, namerava ali mora zavreči. Med odpadke ne spadajo: snovi, ki se izpuščajo z odpadnimi plini v zrak, in snovi, ki se odvajajo z odpadnimi vodami neposredno v vode ali v kanalizacijo.

Klasifikacijski seznam odpadkov (Pravilnik o ravnanju z odpadki, Ur. l. RS, št. 84/1998) je seznam odpadkov, tako nevarnih kot nenevarnih, razvrščenih po ustreznih skupinah predvsem glede na izvor nastanka odpadka. Vsak odpadek ima poleg natančno opredeljenega imena vpisano še ustrezno klasifikacijsko številko odpadka.

Predelava odpadkov (Pravilnik o ravnanju z odpadki, Ur. l. RS, št. 84/1998) je namenjena koristni uporabi odpadkov ali njihovih sestavin in zajema predvsem reciklažo odpadkov za predelavo v surovine in ponovno uporabo odpadkov, uporabo odpadkov kot gorivo v kurilni napravi ali industrijski peči in uporabo odpadkov za pridobivanje goriva. Sežiganje komunalnih in drugih odpadkov s toplotno obdelavo zaradi njihovega odstranjevanja ni predelava odpadkov.

Odstranjevanje odpadkov (Pravilnik o ravnanju z odpadki, Ur. l. RS, št. 84/1998) je namenjeno končni oskrbi odpadkov, ki jih ni mogoče predelati, in zajema predvsem različne postopke obdelave odpadkov in odlaganje odpadkov.

Gospodarjenje z odpadki (Statistični urad Republike Slovenije, 2006, v nadaljevanju SURS) zajema preprečevanje in zmanjševanje nastajanja odpadkov ter njihovih škodljivih vplivov na okolje in ravnanje z odpadki.

Ločeno zbrane frakcije odpadkov (SURS, 2006) so različne vrste odpadkov, ki se zbirajo ločeno, na določenih zbirnih mestih, v posebnih zabojnikih (kontejnerjih), namenjenih samo eni vrsti odpadkov, npr. za biomaso, papir, za steklovino ipd.

Zbirni center (Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki, Ur. l. RS, št. 21/2001) je pokrit ali nepokrit prostor, urejen in opremljen za ločeno zbiranje in začasno hranjenje vseh vrst ločenih frakcij, kjer povzročitelji komunalnih odpadkov iz širše okolice izvajalcu javne službe prepuščajo te frakcije in kosovne odpadke. Zbirni center je lahko hkrati urejen tudi kot zbiralnica nevarnih frakcij.

Ekološki otoki (Ekološki otok, 2010) so skupine smetnjakov za ločeno zbiranje odpadkov. Namenjeni so zbiranju odpadkov, ki se jih lahko reciklira. To so raznovrstne embalaže in papirni odpadki. Zbrane odpadke komunalno podjetje odpelje v zbirni center. Tam odpadke še enkrat pregledajo, ali jih je mogoče reciklirati. Odpadke, ki jih lahko reciklirajo, odpeljejo v centre za recikliranje. Odpadke, ki se jih ne da reciklirati, odpeljejo na deponijo.

2 ODPADKI IN RAVNANJE Z NJIMI

Opadki so gotovo zelo pereč okoljski problem. Pri proizvodnji izdelkov, pa naj bo to plastenka, pločevinka ali avtomobil, se porabljajo naravni viri. V trenutku, ko tak izdelek za nas postane odpadek, in ga odvržemo, hkrati zavržemo določene naravne vire. Velik del odpadkov vsebuje tudi nevarne snovi, ki lahko predstavljajo tveganje za okolje in zdravje ljudi. To pa prispeva k okoljskemu pritisku na naš planet. Glavna cilja politike ravnanja z odpadki sta zato zmanjšanje škodljivih vplivov nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi na zdravje ljudi in okolje ter zmanjšanje uporabe virov in spodbujanje praktične uporabe ustreznega ravnanja z odpadki. Zato je pomembno ločevati odpadke že na izvoru (tam, kjer nastanejo) in s tem prispevati k njihovi pripravi za ponovno uporabo, recikliranje ali drugo vrsto predelave.

Ko namreč izdelek postane odpadek, začne zanj veljati zakonodaja s področja ravnanja z odpadki. V Sloveniji na tem področju sledimo temeljnim evropskim usmeritvam, ki kot prednostni vrstni red zakonodaje in politike preprečevanja nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi uporablja hierarhijo ravnanja z odpadki (Ministrstvo za okolje in prostor - Odpadki, 2010, v nadaljevanju MOP,), in sicer:

- preprečevanje nastajanja odpadkov,
- priprava odpadkov za ponovno uporabo,
- recikliranje,
- druga predelava (npr. energetska predelava),

- odstranjevanje (npr. sežig in odlaganje).

Na področju ravnanja z odpadki sta poleg okoljskega pomembna tudi ekonomski in socialni vidik. V skladu s ciljem EU naj bi le-ta postala "družba recikliranja", ki se poskuša izogibati nastajanju odpadkov in uporablja odpadke kot vir. Zato so potrebni določeni ukrepi za zagotavljanje ločevanja odpadkov na izvoru ter zbiranja in recikliranja določenih tokov odpadkov. Zaradi poenostavitve predelave ali za izboljšanje možnosti za predelavo je treba odpadke pred oddajo v predelavo zbirati ločeno, če je tehnično in okoljsko izvedljivo in to ne povzroča prevelikih stroškov.

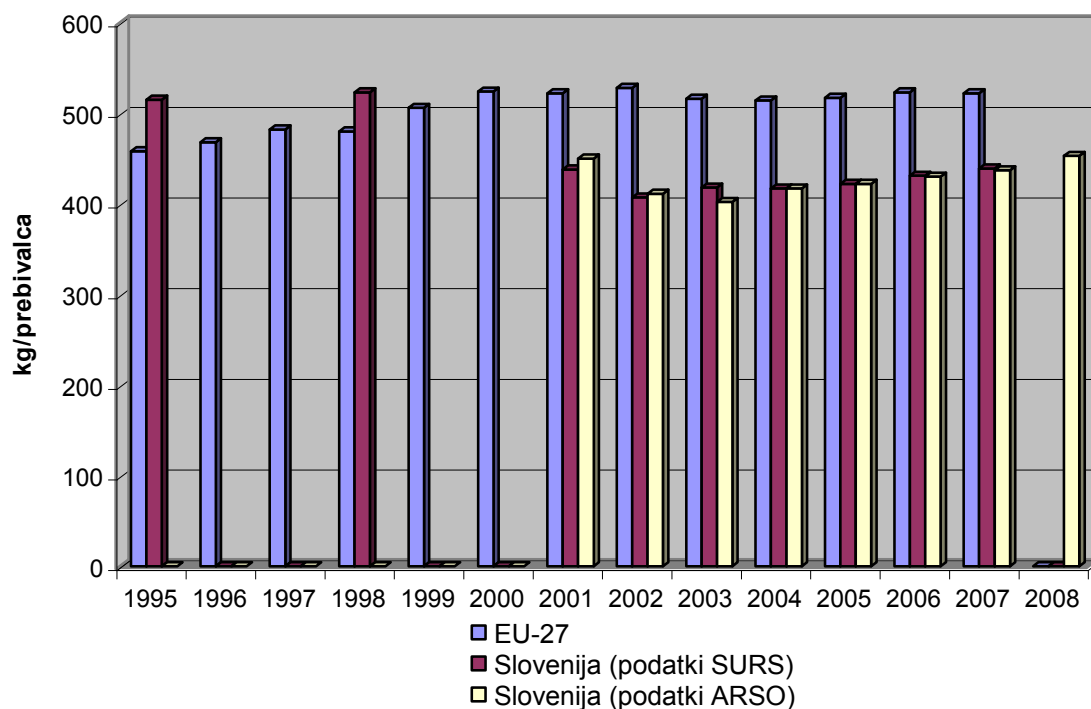
Predpisi na področju ravnanja z odpadki (MOP - Odpadki, 2010) temeljijo na Zakonu o varstvu okolja in zahtevah evropske zakonodaje na tem področju. Tako so v Uredbi o ravnanju z odpadki določena osnova pravila ravnanja z odpadki, v posameznih predpisih pa je urejeno ravnanje s posamezno vrsto odpadka (npr. odpadna embalaža, odpadne baterije in akumulatorji, odpadna električna in elektronska oprema, izrabljena motorna vozila ali pa predpisi obravnavajo postopke obdelave odpadkov (npr. sežig, odlaganje). Zelo pomemben zakonodajni del ureja tudi čezmejne pošiljke odpadkov in ima podlago v Baselski konvenciji. V okviru vključevanja Slovenije v Organizacijo za ekonomsko sodelovanje in razvoj bo v prihodnje potrebno upoštevati tudi obvezujoče dogovore glede ravnanja z odpadki, ki nastajajo v okviru te organizacije.

Sistemske in razvojne naloge na področju ravnanja z odpadki, ki se izvajajo v sektorju, se nanašajo na (MOP - Odpadki, 2010):

- sistemske rešitve na področju ravnanja z odpadki,
- pripravo normativnih aktov in operativnih programov s področja ravnanja z odpadki in sistemsko spremljanje njihovega izvajanja,
- sodelovanje v procesih oblikovanja evropske zakonodaje in pripravo ter zastopanje stališč Slovenije na mednarodnem nivoju,
- sodelovanje z drugimi resorji.

V Sloveniji (Agencija Republike Slovenije za okolje - Komunalni odpadki, 2010, v nadaljevanju ARSO) letno ustvarimo okoli 450 kilogramov komunalnih odpadkov na prebivalca (glej Sliko 1); v to količino so všteti tako odpadki iz gospodinjstev kot tudi tisti iz industrijske predelave in storitvenih dejavnosti. Ti komunalni odpadki v Sloveniji predstavljajo več kot 82 % vseh odpadkov.

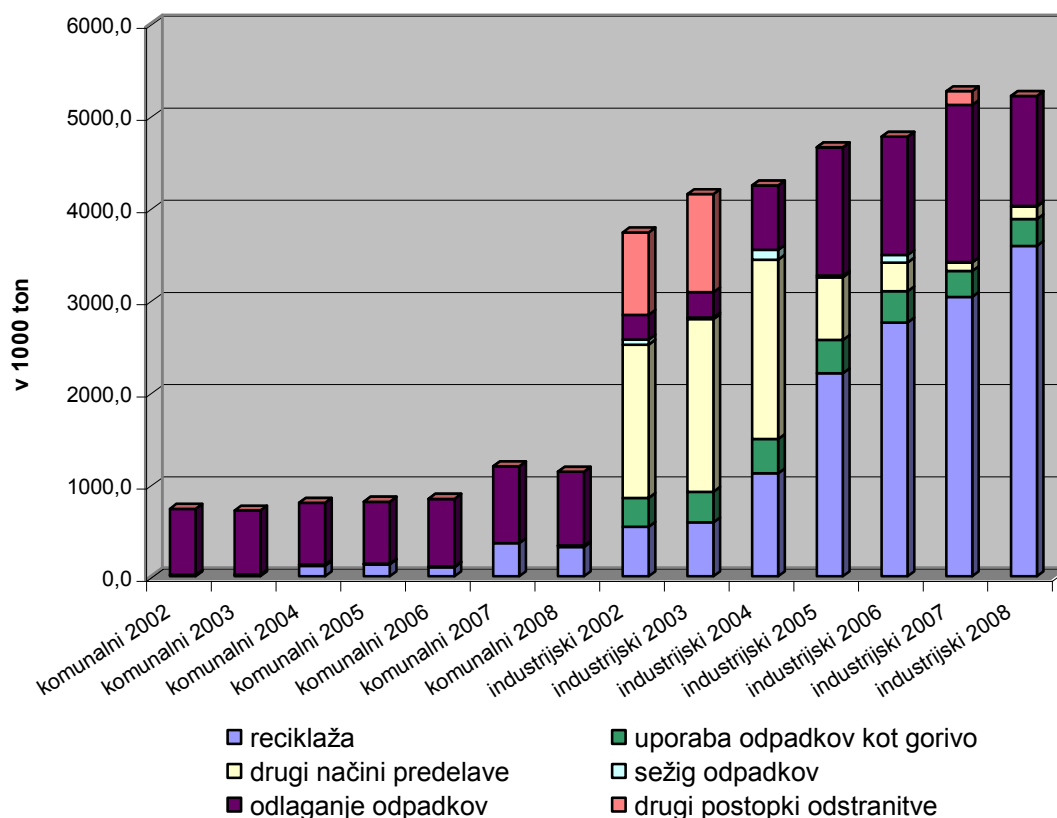
Slika 1: Količina komunalnih odpadkov na prebivalca v Sloveniji in EU-27



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje - Komunalni odpadki, 2010.

Naša država se je v dogovarjanjih z evropskimi ustanovami obvezala, da bo do leta 2007 ločeno zbrala okrog 60 % komunalnih odpadkov in tudi poskrbela, da bodo koristno predelani. Seveda je nujno, da pri tem sodelujejo tudi posamezniki. Medtem ko smo leta 2002 ločili le 2,3% komunalnih odpadkov iz gospodinjstev, pa smo leta 2008 ločili že 29% odpadkov. Ekološka osveščenost in določeni ukrepi s strani države in lokalnih skupnosti torej le žanjejo določene uspehe, vendar pa so naši cilji precej višji in je treba ustvariti dodatno motivacijo. Na drugi strani je industrija že leta 2002 v predelavo poslala 67,3% odpadkov, leta 2008 pa že celo 77 odstotkov (glej Sliko 2).

Slika 2: Količine predelanih in odstranjenih odpadkov glede na načine ravnanja



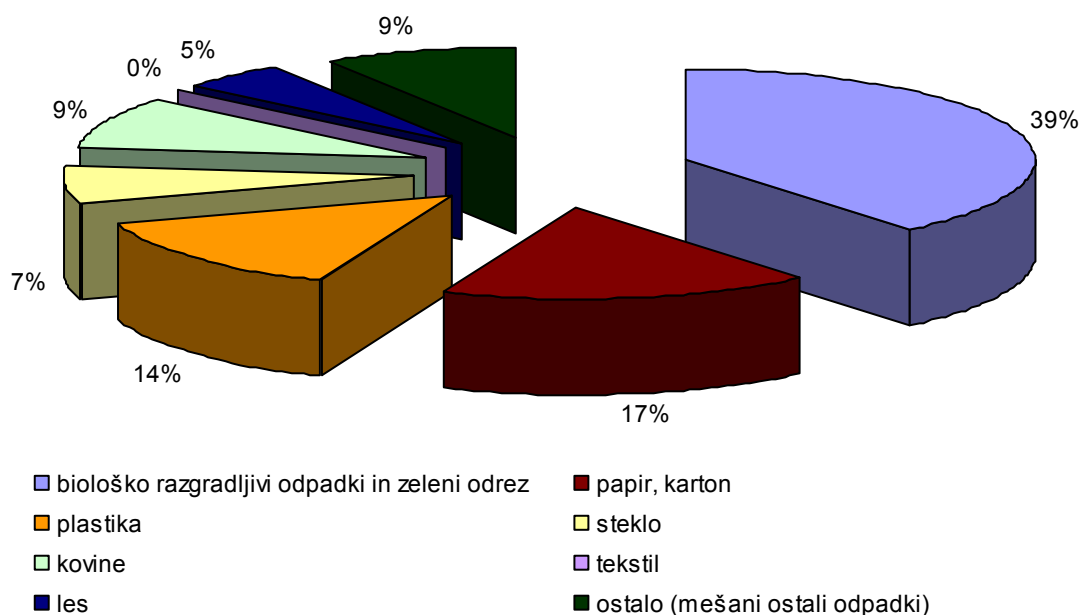
Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje - Ravnanje z odpadki, 2010.

2.1 Razvrstitev odpadkov

Najpogosteje pa odpadke razdelimo v spodaj predstavljene kategorije, ki se pojavljajo tudi v državnih statistikah, saj je pri ravnanju z odpadki bistven proces njihovega zbiranja in predelave ali odlaganja.

Komunalni odpadki (SURS, 2006) so lahko gospodinjski, tem po sestavi podobni, kosovni odpadki, odpadki z živilskih trgov in od čiščenja ulic, ločeno zbrane frakcije ipd., ki nastajajo v proizvodnih in storitvenih dejavnostih, v bivalnem okolju ter na površinah in objektih v javni rabi in so pretežno trdni ter po svoji sestavi raznovrstni (glej Sliko 3). Zaradi razpršenosti virov njihovega nastanka in njihove količine pri viru nastanka se ravnanje z njimi zagotavlja na krajevni ravni. Večinoma jih odstranjujejo komunalna podjetja ali druga podjetja, ki skrbijo za zbiranje, sortiranje, predelavo, sežiganje, odlaganje in druge načine odstranjevanja tovrstnih odpadkov.

Slika 3: Sestava komunalnih odpadkov



Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, Poročilo o stanju okolja, 2002.

Kosovnih odpadkov (SURs, 2006) zaradi njihove teže, velikosti ali prostornine ni mogoče odvažati tako pogosto kot gospodinjskih ali njim po sestavi podobnih odpadkov; odvažajo se v občasnih zbiralnih akcijah nekajkrat na leto. Kosovne odpadke najpogosteje tvorijo naslednje sestavine: biomasa rastlinskega in živalskega izvora, ostanki papirja in lepenke, steklenina, odpadki umetnih mas in gumija, kovinski odpadki, ostanki živil ter druge organske in anorganske ali mineralne snovi. Postopki, ki jih največkrat uporabljamo pri ravnanju s temi odpadki, so sežiganje, kompostiranje, reciklaža in odlaganje.

Inertni odpadki (SURs, 2006) so odpadki, ki niso razgradljivi, ne zgorijo, se fizikalno, kemično ali biološko bistveno ne spremenijo in ki v stiku z drugimi snovmi niso škodljivi za zdravje in ne obremenjujejo okolja. To so odpadki, ki jih je mogoče brez posebne obdelave uporabiti za zasilje, pri izdelavi cest, oz. jih je dovoljeno odložiti na komunalna odlagališča. Gre za razne žindre, odpadke ob podiranju stavb, odpadni gradbeni material, izkopni material ...

Nevarni odpadki (Pravilnik o ravnanju z odpadki, Ur. l. RS, št. 84/1998) so odpadki, ki imajo eno nevarno lastnost ali več. Med nevarne odpadke štejemo npr.: odpadna olja, okside, soli, kisline, luge, koncentrate, odpadke organskih topil, barve, lake, smole, agrokemijske in farmacevtske preparate, specialne odpadke iz bolnišnic ter druge nevarne odpadke organskega ali anorganskega izvora.

2.2 Zakonodaja in pristojnosti Agencije Republike Slovenije za okolje

Ravnanje z odpadki zajema zbiranje, prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov, vključno s kontrolo tega ravnanja.

Predpisi na področju ravnanja z odpadki (ARSO - Varstvo okolja, 2010) so večinoma sprejeti na osnovi Zakona o varstvu okolja. Okvirni oziroma osnovni predpis, ki ureja področje odpadkov, je Pravilnik o ravnanju z odpadki. Tega dopolnjujejo tri hčerinske skupine predpisov. V prvo skupino sodijo predpisi, ki obravnavajo posamezne vrste odpadkov (npr.: ravnanje z odpadnimi olji, embalažo in odpadno embalažo, baterijami) in v drugo skupino sodijo predpisi, ki obravnavajo objekte in naprave za ravnanje z odpadki (odlaganje, sežiganje). Tretjo skupino predpisov oblikujejo predpisi o prekomernem prehodu odpadkov.

Pristojnosti Agencije RS za okolje na področju ravnanja z odpadki so predvsem (ARSO - Varstvo okolja, 2010):

- Izdajanje upravnih aktov (dovoljenj, potrdil, pooblastil) na osnovi predpisov o ravnanju z odpadki:
 - kot pomoč strankam, ki zaprošajo za pridobitev različnih dovoljenj, potrdil, pooblastil, Agencija RS za okolje pripravlja obrazce, ki so na voljo na spletnih straneh. Prav tako Agencija RS za okolje pripravlja pojasnila določenih poglavij v zakonodaji s področja ravnanja z odpadki, ki so tudi na voljo na spletnih straneh;
 - v pristojnost Agencije RS za okolje sodi izdajanje odločb o odmeri in oprostitvi plačila takse zaradi odlaganja odpadkov.
- Vodenje evidenc
Agencija RS za okolje na podlagi izdanih upravnih aktov in določil zakonodaje s področja ravnanja z odpadki vodi različne evidence, kot npr. evidenco predelovalcev, odstranjevalcev odpadkov, zbiralcev, prevoznikov, posrednikov pri ravnanju z odpadki, evidenco dobaviteljev baterij in akumulatorjev. Vzpostavljene evidence se osvežijo na spletni strani enkrat mesečno, enkrat letno pa se objavijo v Uradnem list RS.
- Zbiranje in urejanje podatkov o ravnanju z odpadki
Na podlagi zakonodaje o ravnanju z odpadki so zavezanci dolžni enkrat letno (do 31. marca) poročati o ravnanju z odpadki v preteklem koledarskem letu. Na spletni strani so dosegljivi obrazci za primere, ko so ti predpisani. Prav tako Agencija RS za okolje objavlja na spletnih straneh podatke o ravnanju z odpadki. Podatki so zbrani na osnovi prejetih poročil o ravnanju z odpadki.

3 RAZVOJ PRISTOPA K OBVLADOVANJU TOKOV ODPADKOV

Ravnanje z odpadki je bilo dolgo časa sinonim za njihovo zbiranje in odlaganje. Kot lahko razberemo iz spodnje slike (glej Sliko 4), se je razvoj gibal le v smeri različnih posod za zbiranje odpadkov. Razvoj zbiranja komunalnih odpadkov je tako najprej prinesel kovinske zabojnike. Za njimi so prišle na trg plastične vrečke, namenjene nošenju odpadkov do zabojnika, kmalu za njimi pa so se razvili zabojniki iz umetnih mas ter hkrati tudi zabojniki za ločenih frakcij odpadkov, kot so ekološki otoki.

Ker se količina ustvarjenih odpadkov s časom povečuje, je razvoj pripeljal do tehnologije sledenja zabojnikom. RFID tehnologija, ki se je že uspešno uveljavila na nekaterih drugih področjih, je postala tako izpopolnjena, da jo je mogoče namestiti na obstoječe zabojnike. Razvoj zabojnikov se kaže tudi na estetski ravni, saj so zaradi želje po lepšem videzu okolja nastale tudi različne oblike zabojnikov. V velikih mestih, kjer je prostora malo, pa so se razvile podzemne zbiralnice odpadkov, kjer je viden le zgornji del, skozi katerega se odpadki odlagajo.

Slika 4: Razvoj zbiranja komunalnih odpadkov



Vir: EKO plus d.o.o. - Ljubljana is introducing a system for managing flow of household waste, 2010.

Uratarič (2008, str. 48-49) pravi, da so investicije v takšne rešitve gotovo zelo dobrodošle, še posebej v starih mestnih jedrih, kjer je prostor na ulicah že sam po sebi zelo omejen. Investicije pri takšnih rešitvah pa so visoke, saj zahtevajo tako gradbene posege in predstavitev infrastrukturnih naprav ter nabavo posebnih podzemnih zabojnikov in posebnega vozila za avtomatsko praznjenje le-teh. Vseeno lahko ugotovimo, da pobiranje smeti v naših mestih deluje. Ko se sprehodimo po spletnih straneh, lahko ugotovimo, da

tudi ponudnikov smetnjakov oz. različnih zabojnikov v Sloveniji ne manjka. Na voljo je zelo veliko zabojnikov različne kakovosti in oblik. Dejstvo pa je, da moramo nabaviti takšne, ki ustrezajo zahtevam lokalnega pobiralca smeti, torej takšne, ki jih pobiralec s svojimi vozili lahko prazni.

Vendar pa za sledenje zabojnikov ter obvladovanje toka odpadkov ni dovolj le čip na zabojniku oz. vgrajena tehnologija v podzemnih zbiralnicah. Nove tehnologije zajemajo tudi posodobitev komunalnih vozil, ki se uporabljajo za praznjenje teh zabojnikov. Takšna posodobitev zajema vgradnjo bralnih anten in tehtalnih naprav, ki omogočajo tehtanje odloženih odpadkov med praznjenjem zabojnikov. Te podatke je potrebno prenesti v računalniški sistem podjetja, kjer lahko njihova uporaba prinese popoln nadzor nad opravljenim delom, odpadki in infrastrukturo podjetja na terenu. Tak način obvladovanja odpadkov pa potrebuje tudi servisno osebje, ki zagotovi, da ne prihaja do večjih težav v sistemu ter pri prenosu podatkov.

3.1 Rumene vreče

Kojnik (2009, str. 26) pravi, da dosedanje analize ločenega zbiranja odpadkov kažejo na skromno učinkovitost zdajšnjega sistema. Osemnajst slovenskih občin pa je naredilo nekaj več in je zbiranje odpadkov, ki se jih da reciklirati, nadgradilo s tako imenovanim sistemom od vrat do vrat (angleško "door to door") oziroma z zbiranjem odpadne komunalne embalaže z rumeno vrečko. Sistem je sicer še v povojih, saj so ga v mnogih občinah šele začeli izvajati, vendar se je izkazal kot odlična rešitev, zlasti v redko poseljenih občinah. Količine ločeno zbranih frakcij na posameznega prebivalca so se namreč povečale tudi do šestkrat (glej Tabelo 1).

Tabela 1: Primerjava rezultatov različnih načinov ločenega zbiranja odpadkov

NAČIN LOČENEGA ZBIRANJA	% nečistoč	Povprečna letna zbrana masa na osebo (kg)	Ocena letnih stroškov v € na gospodinjstvo
Sistem zbiralic (ekološki otoki)	30-40	11-18	1 zbiralnica= 5600 €. Če jo uporablja 105 gospodinjstev (=400 ljudi), je strošek postavitve zbiralnice na gospodinjstvo 53 €.
Sistem "rumena vreča"	10-15	35-40	30 rumenih vreč = $0,14 \text{ €} * 30 =$ 4,2€/gospodinjstvo letno

Vir: H. Kojnik, Rumene vrečke na pohodu?, 2009, str. 26.

Kojnik (2009, str. 27) pravi, da za odvoz rumenih vrečk ni potrebno kupiti novih specialnih vozil, ker se vreče odvažajo s klasičnimi smetarskimi vozili, izmenično z mešanimi

komunalnimi odpadki; torej en teden rumene vreče, naslednji teden odpadna embalaža, kar predstavlja enake stroške, kot če bi zbirali le mešane komunalne odpadke. Z izmeničnim sistemom zbiranja se prepolovi število odvozov za mešane komunalne odpadke. Ko gospodinjstva rumene vreče napolnijo, le-te postavijo na odjemno mesto na dan odvoza, kot je razvidno iz urnika. Za sortiranje v sortirnici je potrebno zaposliti novo delovno silo, ker je potrebno sortirati različne vrste embalaž; npr. najmanj 6 vrst plastike, kovine, papir, sestavljeno embalažo itd., kar omogoča vključenost teh surovin v snovno reciklažo. Za sortiranje na liniji je optimalno, če sortira vsaj 12 delavcev in delavk. Nakup vrečk je vključen v ceno storitve, letno predstavlja ta strošek okoli 4,2 € / gospodinjstvo (cena vključuje 3 - 4 vreče mesečno in dvakrat mesečni odvoz).

Pirš (2007, str. 4) pravi, da sistem "rumena vreča" omogoča, da gospodinjstva prejmejo določeno število (od 2 do 4 mesečno) rumenih prosojnih vreč s trakom, volumen od 50 l do 100 l, in navodilo za zbiranje odpadne embalaže z urnikom odvoza. Cena ravnanja z odpadno embalažo je vključena v ceno ravnanja z odpadki in omogoča stimulativen pristop za maksimalno razvrščanje odpadne embalaže, ki predstavlja 65 % vseh odpadkov iz skupine komunalnim in njim podobnim odpadkom. Gospodinjstva v rumeno vrečo odlagajo vso odpadno embalažo (glej Sliko 5), razen stekla, skupaj.

Slika 5: Embalaža, ki gre v rumeno vrečo



Vir: B. Pirš, Uvedba sistema "door to door" kot nadgradnja sistema ločenega zbiranja odpadkov - koncept minimalizacije odpadkov z uvedbo sistema "rumena vreča" in sheme "PAYT", 2007, str. 5.

Med prednosti, ki se kažejo pri zbiranju embalažnih odpadkov v rumene vreče, sodi sledeče (Pirš, 2007, str. 7):

- embalaža se v veliki meri od ostalih mešanih odpadkov loči pri viru nastanka, kar posledično pomeni manjšo količino mešanih odpadkov, ki jih je težko ločiti oziroma so s tem povezani stroški, zato se veliko odloži na odlagališča;
- rumene vreče, v katerih je zbrana odpadna embalaža, lahko gospodinjstva le odložijo na odjemno mesto, kar je za uporabnika bolj funkcionalno kot odlaganje embalaže ločeno po sestavi;
- močno se zmanjša količina odpadkov, ki jih je treba odložiti na odlagališču in so povezani z visokimi stroški, ki se bodo v prihodnosti zaradi strogih predpisov še povečali;
- uporaba rumene vreče je z ekonomskega vidika gospodinjstva bolj upravičena od zbiranja na ekoloških otokih;
- odvoz rumenih vreč in upravljanje z njimi je ekonomsko bolj učinkovito, saj ne prihaja do velikih infrastrukturnih stroškov, kot naprimer pri podzemnih zbiralnicah;
- omogoča posamezniku, da prispeva k varovanju okolja.

Slabosti sistema se pokažejo predvsem v dejstvu, da tako zbrani odpadki niso ločeni po frakcijah kot na ekološkem otoku, zato jih je potrebno po odvozu ponovno ločiti, kar zahteva dodatno delovno silo in s tem stroške. Vreče so v primerjavi z ekološkimi otoki bolj občutljive na vplive okolja, kar povzroča večjo nečistočo v okolici zbirnih mest, poleg tega pa se v njih ne zbira stekla. To pomeni, da kljub uporabi rumenih vreč še vedno obstaja potreba po ekoloških otokih, kamor se odlaga steklo, tako da sistem rumenih vreč ni samostojen sistem za zbiranje ločenih frakcij odpadkov.

3.2 Kompostiranje

Približno tretjina vseh odpadkov povprečnega gospodinjstva je bioloških, torej večinoma ostankov hrane. Ti nikakor ne sodijo na odlagališča, zaradi organskega onesnaževanja pa jih tudi ne smemo odvreči kar v naravi. Če so gnijoči odpadki v vrečah z drugimi smetmi, so ene in druge smeti neuporabne. Mlinčki v kuhinjskih koritih, s katerimi se biološke odpadke odplakne v odtok, so pri nas že prepovedani, saj močno onesnažujejo okolje.

Komunalna podjetja v Sloveniji bodo v kratkem morala uvesti tudi obvezno ločeno zbiranje kompostnih odpadkov in njihovo predelavo. Biološko razgradljive odpadke (ostanki hrane, olupki od sadja in zelenjave ...) zbiramo v vedru ali skledi s pokrovom (glej Sliko 6), ki jo po potrebi odnesemo na kompostni kup, če imamo to možnost. Lahko pa jih zbiramo v namenski papirnati ali škrobnih vreči, pod pogojem, da odpadki niso preveč mokri in jih kasneje skupaj z vrečo odnesemo na kompostni kup.

Slika 6: Zaboječek za biološke odpadke



Vir: M. Vozel, Čez leto dni bomo tudi v Sloveniji dobili prve smetnjake z vgrajenimi čipi, 2008, str. 1.

3.3 Podzemne zbiralnice

Podzemni kontejnerji (glej Sliko 7) za odlaganje bioloških odpadkov ter preostanka komunalnih odpadkov imajo omejen dostop z identifikacijsko kartico. To pomeni, da sistem ponovno omogoča merjenje količin odpadkov, ki jih posamezno gospodinjstvo odda v določenem časovnem obdobju. Celoten sistem je podprt z računalniško aplikacijo, ki omogoča, da vsako gospodinjstvo plača po dejanski količini odloženih odpadkov. Več sekundarnih surovin kot bo posamezno gospodinjstvo izločilo iz toka povzročenih odpadkov, manj bo preostanka komunalnih odpadkov in manjši bo račun za ravnanje s preostankom komunalnih odpadkov. Na ta način je vsako gospodinjstvo stimulirano k ločevanju odpadkov na izvoru.

Slika 7: Podzemne zbiralnice v Ljubljani



Vir: Javno podjetje Snaga d.o.o., Podzemne zbiralnice za odpadke v ožjem centru mesta Ljubljane, 2008, str.1.

Podzemne zbiralnice pomenijo alternativo navadnim zabojnikom za smeti. Njihov namen je predvsem razbremeniti prostorsko stisko mestnih središč. Tu je namreč prostor omejen zaradi gostote prebivalstva, zato v takšnih središčih prihaja do problemov pri praznjenju zabojnikov in je potreba po iskanju novih rešitev toliko večja. Za postavitev podzemnih zbiralnic v takšnih središčih obstaja še cela vrsta razlogov (Javno podjetje Snaga d.o.o., 2008, str. 2):

- ker je prostor v mestnih središčih zelo omejen in so posledično tam postavljeni zabojniki z manjšim volumnom, prihaja do potrebe po njihovem vsakodnevnem praznjenju;
- ločeni zabojniki za odlaganje embalažnih odpadkov, tako imenovani ekološki otoki in navadni zabojniki za mešane komunalne odpadke zahtevajo postavitev na mestnih površinah, kar povzroča visoke oportunitetne stroške, saj teh površin v velikih mestih primanjkuje;
- velika zgoščenost prebivalstva pomeni tudi večje število zabojnikov, kar pušča negativne estetske posledice na urejenost mesta;
- gost promet v mestnih središčih otežuje praznjenje obstoječih zabojnikov za komunalne odpadke, hkrati pa njihovo praznjenje dodatno ovira promet v ozkih ulicah;
- estetski izgled velikega števila običajnih zabojnikov za komunalne odpadke in zabojnikov za ločene frakcije se ne more kosati z izgledom podzemnih zbiralnic, katerih večji del je lociran pod površjem ulice. Očem je viden le zgornji del, skozi katerega se odlagajo odpadki, ta pa je estetsko oblikovan in je v velikosti običajnega zabojnika za odpadke;
- podzemne zbiralnice imajo v primerjavi s klasičnimi zabojniki mnogo večjo prostornino, saj ena sama zbiralnica sprejme 5.000 l odpadkov, kar predstavlja okrog 15 običajnih zabojnikov;
- zaradi podzemne hrambe odpadkov so neprijetne vonjave manjši problem;
- odlaganje odpadkov v podzemno zbiralnico ne povzroča toliko hrupa;
- ker se loputa, skozi katero se odlagajo odpadki, nanaša nižje kot pri običajnih zabojnikih, imajo osebe s težavami gibanja (upokojenci, invalidi) olajšan dostop do odlagališča;
- v primerjavi z običajnimi zabojniki pomenijo podzemne zbiralnice izboljšavo pri varnosti prometa, saj so ti pogosto postavljeni ob cestnem prometu;
- zbiralnice pomenijo spodbudo za večjo okoljsko ozaveščenost;
- nad običajnimi plastičnimi zabojniki, ki so premični, se velikokrat znašajo vandali (zažiganje, prevračanje ...).

4 RFID SISTEMI

Uporaba RFID oziroma radiofrekvenčno identifikacijskih sistemov pri obvladovanju tokov odpadkov trenutno predstavlja vrh tehnološkega razvoja na tem področju. Tehnologija se že nekaj časa uporablja na raznih področjih v organizaciji in logistiki, z leti pa je dozorela in bo verjetno postala del našega vsakdanjika.

Med koristi uporabe RFID sistema spadajo (Falken secure networks d.d., 2010, str. 1):

- cenejše, hitrejše in bolj natančno beleženje podatkov brez potrebe po ročnem vnosu,
- izdajanje računov strankam je hitrejše in bolj natančno,
- omogoča občinam nadzor nad delovanjem podizvajalcev,
- visoka stopnja kontrole in sledenja pri ravnanju z nevarnimi ali kako drugače občutljivimi odpadki.

RFID tehnologija je po principu zelo podobna črtnim kodam, ki jih dobro poznamo predvsem s trgovinskih izdelkov, kjer omogočajo elektronsko registracijo izdelka. Vendar pa ima uporaba črtne kode precejšnjo slabost, koda mora biti namreč v vidnem polju in v neposredni bližini čitalca. Ta problem pa rešuje RFID tehnologija, ki omogoča identifikacijo na večji razdalji in skozi večino trdnih materialov. Prav to pa je tisto, kar potrebujemo pri ravnanju z odpadki.

Prednosti RFID tehnologije pred drugimi tehnologijami (Radiofrekvenčna identifikacija, 2010):

- hitrost zajema podatkov,
- ni potrebe po vidnem polju,
- večja zaščita podatkov,
- dolga življenjska doba.

Seveda pa obstajajo različne RFID tehnologije, od katerih ima vsaka svoje prednosti in slabosti.

4.1 Delovanje RFID sistemov

Ta tehnologija omogoča prenos podatkov preko radijskih valov. Vse se začne z oddajnikom, ki se namesto črtne kode uporablja za identifikacijo, v našem primeru smetnjaka. Ta oddajnik vsebuje integrirano vezje, kjer se hranijo podatki, ki omogočajo identifikacijo, hkrati pa to vezje deluje tudi kot radio oddajnik ter na ta način komunicira z

vozilom za odpadke ali pa preko njega direktno z glavnim strežnikom, kjer se zbirajo in obdelujejo podatki.

Oddajnik je zelo trpežen (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 3) in je odporen na vse vplive okolja, ki se pojavljajo pri ravnanju z odpadki. Obdan je s trpežno plastiko ali posodo in pritrjen na posodo za odpadke. RFID čitalec in antena, ki sta integrirana v vozilo za odpadke in povezana z glavnim strežnikom, prebereta oddajnikovo unikatno serijsko številko, medtem ko se zabojnik prazni. Ta unikatna serijska številke se lahko poveže s časom/datumom, tipom zabojnika, težo in informacijami o stranki, vse to pa se pošlje preko brezžične povezave direktno do strežnika, se shrani v čitalcu ali v glavnem spominu na samem vozilu, tako da se kasneje prenese v centralni sistem za upravljanje z odpadki.

Oddajniki se lahko uporabijo tudi za identifikacijo samih vozil odpadkov, da se tako avtomatizira prevoz ali operacije na odlagališču. Na vozilu nameščen oddajnik se identificira, ko zapelje čez stacionarno anteno, kadar vozilo prispe ali zapusti poslopje. Za razliko od črtnih kod, ki za branje potrebujejo direktno vidno povezavo in se zlahka poškodujejo, RFID oddajniki tega ne potrebujejo, poleg tega pa so zelo odporni in se kot taki lahko uporabijo kot trajna oblika identifikacije, ki je superiorna črtnim kodam v tej aplikaciji.

Uporaba RFID sistema za identifikacijo posod za odpadke in vozil prav tako prinaša koristi v avtomatizaciji zbiranja odpadkov, upravljanju z zabojniki in pri potrditvi opravljene storitve. Poleg tega se lahko podatki uporabijo za optimizacijo poti tovornjakov.

Sistem ravnanja z odpadki, ki temelji na tovarnjakih in RFID sistemu, v primerjavi s sistemom brez RFID racionalizira vznožne naloge in proces obračunavanja storitve. Zaradi teh razlogov je RFID tehnologija pametna investicija za profesionalno ravnanje z odpadki.

Sistemi radiofrekvenčne identifikacije se običajno delijo po načinu napajanja, ki ga ima oddajnik na zabojniku. To napajanje je lahko aktivno oziroma samostojno ali pa pasivno. Drug način delitve pa se nanaša na prenos informacij med čitalcem ter oddajnikom, kjer se prvi sistem imenuje induktivni, drugi sistem pa elektromagnetni. Osnove teh načinov delovanja so naslednje (Radiofrekvenčna identifikacija, 2010):

- **Aktivni oddajniki** imajo poleg vezja montirano baterijo, ki omogoča samostojno delovanje oddajnika. S tem se stroški proizvodnje in vzdrževanja takšnih oddajnikov močno povečajo, hkrati pa je večja tudi dimenzija. Vendar pa samostojno napajanje prinaša svoje prednosti, ki se kažejo v močnejšem signalu oddajnika, kar pomeni večje območje delovanja in večjo zanesljivost pri uporabi v zahtevnem okolju.

- **Pasivni oddajniki** poleg vezja ne vsebujejo lastnega napajanja, ampak energijo za svoje operacije pridobivajo preko induciranja antene čitalca. Antena v oddajniku ustvari električni signal, kar mu omogoči, da začne delovati in odgovarjati na ukaze čitalca. Ker pri teh oddajnikih ni potrebe po bateriji, to s sabo prinaša precej nižje stroške vzdrževanja in proizvodnje, hkrati pa odvisnost od napajanja preko antene čitalca pomeni manjši obseg delovanja in večji vpliv okolja na delovanje.
- **Induktivni sistem** komuniciranja med čitalcem in oddajnikom deluje na osnovi magnetne indukcije. Sistem deluje tako, da prva tuljava, ki je pod napetostjo, ustvarja magnetno polje. V drugi tuljavi, ki je v njeni bližini, se takšno magnetno polje preko procesa indukcije prevede v napetost na njenih priključkih. Sporazumevanje med oddajnikom in čitalcem je omogočeno le, ko sta si antena in oddajnik zelo blizu (1/6 valovne dolžine), kar uvršča sisteme z induktivnim napajanjem v območje delovanja manj kot pol metra, to območje pa se zmanjšuje z višanjem frekvence, saj imajo te krajšo valovno dolžino. Povratna informacija oddajnika nazaj k čitalcu pa poteka v obliki bremenske modulacije.
- **Elektromagnetni sistem** uporablja za komunikacijo med čitalcem in oddajnikom elektromagnetno valovanje. Antena čitalca oddaja valovanje, ki pride do oddajnika, kjer se odbije nazaj, ta odboj pa se izkorišča za prenašanje informacij. Ko valovanje antene prebudi oddajnik, njegova napetost postane odvisna od podatkov, ki jih prenaša, tako da frekvenca oddajnika niha. Odbiti signal, ki pride nazaj do antene čitalca, je zato spremenjen, sprememba pa odraža podatke, ki jih je posredoval oddajnik.

Za uporabo pri obvladovanju tokov odpadkov (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 3) je globalno sprejeta pasivna RFID tehnologija, ki deluje na treh frekvencah: nizki frekvenci (angl. *low frequency*, v nadaljevanju LF), visoki frekvenci (angl. *high frequency*, v nadaljevanju HF) in ultra visoki frekvenci (angl. *ultra high frequency*, v nadaljevanju UHF). To je v odvisnosti od države, kjer se tehnologija uporablja. Na primer v Združenih državah Amerike (v nadaljevanju ZDA) ima nadzor *Federal Communications Commission*, v Evropi pa *European Telecommunications Standards Institute*. Te agencije določijo frekvence, ki naj bi se uporabljale. V ZDA je tako na primer LF=134.2kHz, HF=13.56MHz, UHF=902-928 MHz. Te agencije določajo tudi druge stvari pri teh frekvencah, na primer moč oddajanja, dovoljena odstopanja od predpisane frekvence ter testiranja.

4.2 Pasivne RFID tehnologije

Pasivni RFID oddajniki (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 4) so popolnoma odvisni od energije, ki jo oddaja antena čitalca. LF in HF sistem čitalca uporablja magnetno polje za prenos energije. UHF sistem čitalca pa uporablja električno polje za napajanje oddajnika.

Uporabniške izkušnje kažejo, da imata LF in HF sistem zelo definirano in nadzorovano območje branja, medtem ko UHF, čeprav ima daljši doseg, nima nadzora nad področjem branja (velikost niha).

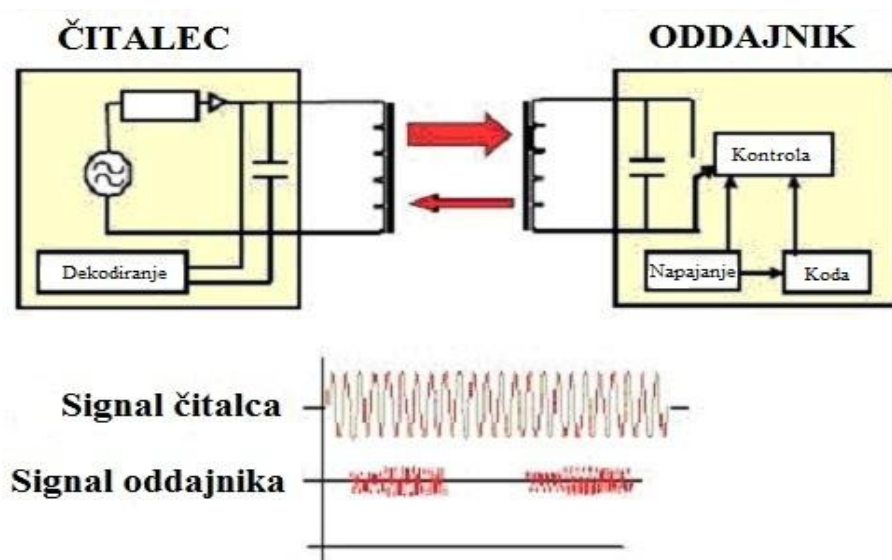
To je prva pomembna razlika, ki ima implikacije za upravljanje z odpadki, saj upravljanje v osnovi potrebuje 100% zanesljivost potrditve opravljene storitve. LF in HF zagotavljata manjše a zanesljivo bralno območje, UHF pa večji doseg branja a manjšo zanesljivost.

4.2.1 Pasivni LF RFID (tehnični podatki)

Moč se prenaša na oddajnik (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 4) preko magnetnega polja izmeničnega toka, ki ga proizvaja čitalec skupaj z anteno, to polje pa ima frekvenco 134.3 kHz. Ko se dovolj energije prenese, je oddajnik sposoben odgovarjati na navodila čitalca. Čitalec (glej Sliko 8) pošilja navodila oddajniku preko modulacije napajalnega polja, oddajnik pa odgovarja na dva možna načina, odvisno od tipa oddajnika. Obstajata dva tipa, ki ustrezata ISO standardom. Prvi se imenuje polni dvosmernik (angl. *full duplex*, v nadaljevanju FDX), drugi pa polovični dvosmerik (angl. *half duplex*, v nadaljevanju HDX). Čeprav oba ustrezata ISO standardu, so prisotne ključne razlike med sistemoma, zato je pri HDX tehnologiji delovanje dvakrat hitrejše.

FDX sistem dobi povratni signal na frekvenci 134 kHz in zato uporablja amplitudno modulacijo (v nadaljevanju AM).

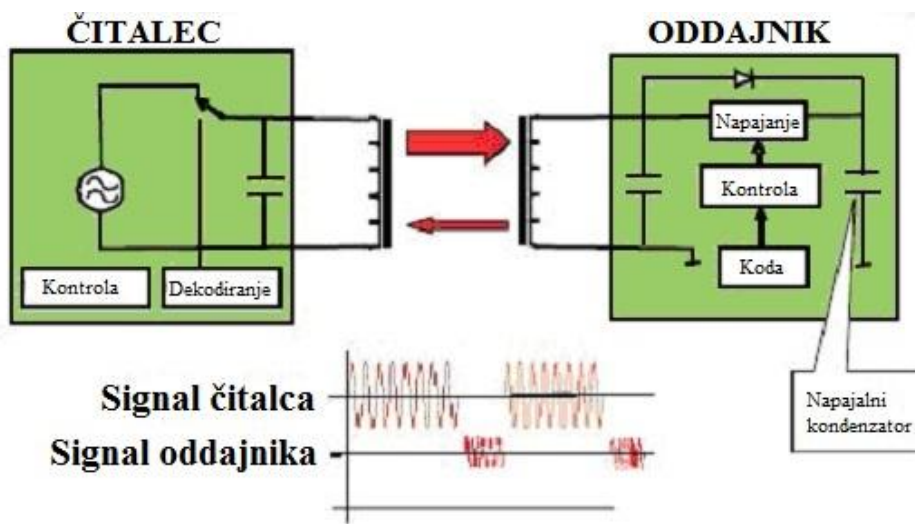
Slika 8: Sistem komunikacije FDX



Vir: J. Wyatt & J.A. Gouldbourne, *RFID Technology Selection for Waste Management Applications*, 2009, str. 4.

Pri HDX sistemu pa podatki potujejo samo v eno stran naenkrat (glej Sliko 9). Shranjena energija v oddajnikovem kondenzatorju se uporabi za pošiljanje povratnih informacij preko frekvenčne modulacije (v nadaljevanju FM).

Slika 9: Sistem komunikacije HDX



Vir: J. Wyatt & J.A. Gouldbourne, *RFID Technology Selection for Waste Management Applications*, 2009, str. 5.

FM sistem razlikuje med signali oddajnikov tako, da se priključi na najmočnejši signal, je bolj imun na šume iz okolja kot AM. AM sistem pa se lažje implementira.

Končni rezultat teh tehničnih razlik je, da ima FDX (AM) sistem zelo zapleten čitalec, ki mora ločevati podatke od шумov v okolju, medtem ko je HDX (FM) sistem mnogo preprostejši, hkrati pa deluje bolje, kar se pozna v območju branja (približno 2x FDX). To je približno tako kot pri radiu, FM ima mnogo boljši signal, ki ga prisotni AM signal ne ovira.

4.2.2 Pasivni HF RFID (tehnični podatki)

Moč se prenaša na oddajnik (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 6) preko AC magnetnega polja, ki ga proizvaja čitalec s svojo anteno. To magnetno polje deluje na frekvenci 13.56 MHz. Ko oddajnik dobi dovolj energije, lahko odgovarja na komande čitalca. Te se pošiljajo preko modulacije napajalnega polja, kjer se položaj posameznega pulza primerja z referenčnim, razlika pa se prevede v bit informacije. Oddajniki, ki nimajo lastnega napajanja, se lahko napajajo na razdalji do enega metra od čitalca, ki lahko oddaja moč le v mejah, dovoljenih v predpisih.

Oddajnik (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 6) odgovori le v primeru, ko prejme dovoljeno navodilo, ki izbere določen oddajnik izmed možnih mnogih v območju branja. To je možno zaradi specifične identifikacijske številke, ki jo ima vsak oddajnik. Oddajnik odgovarja čitalcu tako, da pobere več ali manj energije iz polja, hkrati pa ustvarja enega ali dva podnosilca podatkov na 424 ali 484kHz. Ta se lahko vklopita ali izklopita ter tako prenašata podatke v Manchesterski kodi, ki jo lahko čitalec zazna. Tako se moč in komunikacija prenašata med čitalcem in oddajnikom. Fleksibilnost povezave, ki omogoča izbiro dveh podnosilcev komunikacije, hkrati pa uporablja počasen ali hitri pretok podatkov, je tisto, kar omogoča sistemu, da odgovarja različnim zahtevam uporabe.

4.2.3 Pasivni UHF RFID (tehnični podatki)

Moč se prenaša na oddajnik (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 8) preko AC električnega polja, ki ga ustvarja antena bralca na frekvenci 915 MHz (v ZDA). V nasprotju z LF in HF pri UHF ni globalne standarizacije frekvenc, niti moči oddajanja. Pri UHF so možne daljše razdalje sprejemanja. Gostota podatkov je večja, vendar signali ne potujejo čez materiale tako kot pri nižjih frekvencah. Medtem ko lahko odboji signala povečajo območje branja, to postane nedefinirano.

Ko oddajnik prejme dovolj energije (Wyatt & Gouldbourne, 2009, str. 9), lahko odgovarja na ukaze čitalca. Ta pošlje komande preko moduliranja polja moči in z uporabo modulacijskega sistema imenovanega "*amplitude shift key*" z impulznim intervalom kodiranja, kjer se podatki prenesejo na oddajnik s pulziranjem nosilnega valovanja ob različnih časovnih intervalih, ki predstavljajo 0 in 1 v bitnem sistemu. Oddajnik uporablja modulacijo "šum v ozadju" (angl. *backscatter*) za odgovarjanje čitalcu. To stori preko spreminjanja odbojnega koeficienta svoje antene od popolnega sprejema, kjer se radiofrekvenčni signal absorbira, pa do popolnega odboja, kjer se radiofrekvenčni signal v celoti odbije. Energija se tako odbija v obratni smeri od prvotnih valov električnega polja.

Analogija je radarski sistem. Radar odda valove energije proti tarči, ta pa odbije valove energije nazaj. Količina odbite energije je odvisna od velikosti odbojne površine na tarči, ki je izpostavljena valovom. Večja površina pomeni več odbite energije. Pri radarju se velikost tarče kaže v količini odbitega signala, pri pasivnem UHF RFID pa lahko oddajnik odboj maksimira (digitalna 1) ali odpravi (digitalna 0).

5 OPREMA, POTREBNA ZA IMPLEMENTACIJO RFID

Za uporabo pasivnih sistemov pri sledenju zabojsnikom potrebujemo naslednje komponente (Wyatt, 2008, str. 5):

- RFID oddajnik oziroma čip na zabojniku,
- nalepko s podatki o čipu in lastniku zabojnika,
- identifikacijsko opremo in tehtalno napravo za komunalno vozilo,
- komunikacijsko in programsko opremo.

5.1 RFID čipi in nalepke za zabojnike

RFID čip oziroma pasivni oddajnik je majhno tiskano vezje, ki se vgradi v zabojnik za smeti. Ti čipi se med seboj razlikujejo predvsem po obliki, saj je le-ta odvisna od načina montaže in oblike zabojnika. Pri kovinskih zabojnikih se oddajnik privije na sprednjo stran, plastični zabojniki pa imajo na sprednji strani posebno mesto, ki je predvideno ravno za namestitev teh oddajnikov.

Poleg oddajnika se na zabojnik montira tudi nalepka s podatki (glej Sliko 10), ki vsebuje dodatne informacije o zabojniku. O tem, katere informacije so prisotne na nalepki, odloča samo podjetje, ki izvaja odvoz. Ti podatki so običajno namenjeni identifikaciji zabojnikov s strani zaposlenih ob dostavi zabojnika ali ob kasnejšem vzdrževanju. Na tej nalepki se zato običajno znajdejo naslednji podatki (EKO plus d.o.o., b.l.):

- logotip podjetja, ki upravlja z zabojnikom,
- referenčna številka nalepke oziroma zabojnika,
- serijska številka čipa, ki ga predstavlja nalepka,
- črtna koda (sestavljena iz številke posode in številke čipa ter ostalih poljubnih podatkov),
- prostornina posode,
- vrsta odpadka.

Slika 10: Vsebina ter oblika podatkov čip nalepke



Vir: EKO plus d.o.o., Izdelava čip nalepke za zabojnike, b.l., str. 2.

RFID čip (glej Sliko 11) kot tudi nalepka sta odporna na vplive okolja, kar je ključna zahteva pri namestitvi, saj so zabojniki za odpadke ponavadi shranjeni zunaj in so izpostavljeni mnogim različnim vplivom. RFID čip je tudi odporen na udarce, za branje podatkov pa ni potrebno, da napravo vidimo, saj naprava avtomatično zazna in izbere možno metodo. Zaradi sposobnosti RFID, da priskrbi edinstveno neponovljivo serijsko številko za vsakega uporabnika ali gospodinjstvo, pa je vsakega uporabnika čisto lahko vključiti v sistem zaračunavanja in upravljanja z odpadki. Glavne zahteve, ki naj jih izpolnjujeta čip in nalepka, so torej (EKO plus d.o.o., b.l.):

- neobčutljivost na sončno sevanje, strupene in ostale snovi, ki se znajdejo med odpadki,
- odpornost na fizične poškodbe,
- odpornost na vlago,
- odpornost na temperaturne razlike in zanesljivost delovanja pri ekstremnih temperaturah,
- dimenzije morajo biti primerne za uporabo pri ravnanju z odpadki,
- tisk mora biti odporen na vplive okolja in črne barve,
- zaradi lažjega branja so obarvane belo.

Slika 11: Pasivni RFID čip



Vir: C. Binder & S. Domnitcheva, When Waste Becomes Intelligent, 2004, str. 2.

5.2 Oprema na komunalnih vozilih

Oprema komunalnih vozil za odvoz odpadkov prav tako potrebuje nadgradnjo. Sem spada predvsem oprema (glej Sliko 12), ki omogoča prepoznavanje in tehtanje zabojnikov z RFID oddajniki ter komunikacijska oprema, preko katere poteka prenos podatkov od vozila do baze podatkov na sedežu podjetja. Ta prenos podatkov je takojšen in poteka vzporedno s procesom odvoza odpadkov. Nadgradnja torej v grobem zajema (Vigrad d.o.o., 2010):

- čitalec ali program za komuniciranje z oddajnikom v vozilu ter antena, nameščena poleg roke za praznjenje zabojnikov,
- *Global Positioning System* (v nadaljevanju GPS) za beleženje časa in lokacije,
- tehnologija *General Packet Radio Service* (v nadaljevanju GPRS) za prenos podatkov v osrednjo aplikacijo za sledenje zabojnikom na sedežu podjetja,
- dinamična tehtnica, ki omogoča avtomatsko tehtanje količine odpadkov med samim praznjenjem.

Glavne lastnosti, ki jih mora imeti oprema za komunalno vozilo, pa so (EKO plus d.o.o., 2008):

- prepoznavanje edinstvene identifikacijske številke oddajnika med praznjenjem, tudi pri praznjenju dveh zabojnikov naenkrat;
- zaznavanje zabojnika, ki ni zabeležen v bazi podatkov in posledična prekinitev praznjenja;
- beleženje GPS lokacije in časa praznjenja ločeno za vsak zabojnik;
- kjer je v opremo vključena tudi tehtnica, mora biti ta zanesljiva in sposobna natančno delovati kljub negativnim vplivom okolja;
- montaža te opreme mora biti enostavna.

V opremo vozila lahko vključimo tudi dinamično tehtnico, ki poleg identifikacije omogoča tudi tehtanje polnega in izpraznjenega zabojnika. To tehtanje je popolnoma avtomatsko in ne zahteva nikakršnega posega s strani komunalnega delavca (glej Sliko 12). Dinamična tehtnica stehta zabojnik med dvigom in nato zopet med spustom zabojnika ter na tak način izračuna razliko, ki predstavlja težo odloženih odpadkov. Ta teža se doda podatkom o zabojniku, ki so pridobljeni s čipa, in tako oblikuje informacijo za potrebe zaračunavanja storitve.

Slika 12: Opremljeno smetarsko vozilo z avtomatsko roko za praznjenje zabojnikov



Vir: HID global d.d., *RFID Solutions for Waste Management*, 2010, str. 2.

Ko so vse te informacije o identifikaciji in teži zabojnika znane, je bistvenega pomena, da je oprema komunalnega vozila zmožna pošiljanja podatkov v bazo podatkov ali računalniško aplikacijo (glej Sliko 13), preko katere lahko podjetje sledi zabojnikom. Ta programska oprema je običajno nameščena na sedežu podjetja. Ker je celoten proces voden računalniško, je skoraj nemogoče, da se kakšen podatek izgubi, saj je izločen človeški faktor. Za prenos podatkov se uporablja GPRS standard ali pa spominska kartica, namenjena varnostnemu arhiviranju.

Slika 13: Oprema v vozilu za pošiljanje podatkov v bazo



Vir: J. L. Canterbury, Pay As You Throw - Lessons Learned About Unit Pricing of Municipal Solid Waste, 1994, str. 21.

Sistem za sledenje zabojnikom prinaša komunalnemu podjetju veliko prednosti, med katerimi so najpomembnejše (EKO plus d.o.o., 2008):

- zaračunavanje odvoza odpadkov po količini odloženih odpadkov,
- nadzor nad zabojniki, ki jih ima komunalno podjetje na terenu,
- izločitev neevidentiranih zabojnikov,
- ekonomičnost poslovanja in zniževanje stroškov,
- nadzor nad opravljenim delom,
- zmanjšanje števila napak zaradi izključitve človeškega faktorja.

6 POMEN RFID TEHNOLOGIJE PRI ODVOZU ODPADKOV

Večina ljudi nikoli ne razmišlja o tem, kaj se zgodi z odpadki, potem ko jih zavržejo. Tisti, ki se z ravnanjem z odpadki ukvarjajo, pa imajo velik interes za to, da vedo, kaj se z odpadki dogaja. Naj bodo to podatki o tem, kateri odpadki se odvažajo, kolikšna je njihova količina, kam gredo ali od kod so prišli. Vsi ti podatki tvorijo pomembne informacije, brez katerih bodo komunalna podjetja v bližnji prihodnosti težko shajala.

Prednosti RFID sistema za identifikacijo zabojnikov za odpadke in vozil prinašajo koristi v avtomatizaciji zbiranja in odvoza odpadkov ter upravljanju s kontejnerji. Med praznjenjem zabojnikov prihaja do interakcije med oddajnikom in anteno vozila, zato je storitev evidentirana na licu mesta. Poleg tega se lahko podatki uporabijo za optimizacijo poti smetarskih vozil.

Takšen sistem upravljanja z infrastrukturo za odvoz odpadkov z veliko mero avtomatizacije izloči človeške napake in omogoča zaposlenim, da se posvetijo ostalim zadolžitvam. Ob uporabi tehtalne naprave na vozilu pa je omogočen nov način zaračunavanja, ki stroške odvoza in odlaganja pravičneje razdeli med uporabnike storitve.

6.1 Trenutni sistem ravnanja z odpadki

Običajno evidentiranje zbranih odpadkov oziroma beleženje opravljene storitve poteka ročno, za kar je odgovoren voznik komunalnega vozila (glej Sliko 14). Čeprav nekatera komunalna podjetja že uporabljajo GPS naprave za pridobitev časovnih informacij o odvozu odpadkov, pa še vedno ostaja problem glede natančne identifikacije opravljene storitve. Pri ročnem zbiranju podatkov prihaja do tega, da se številke narobe zapišejo, narobe preberejo, postanejo zabrisane ali pa se podatek v celoti izgubi. Prav tako pa ročna identifikacija ovira voznika in njegovo ekipo pri opravljanju njihove primarne zadolžitve, torej vožnje in pobiranja odpadkov. Zato prihaja do napak, ki sprožajo nejevoljo strank in dodatne stroške v zvezi z njihovo odpravo.

Slika 14: Ravnanje z odpadki brez tehnologije RFID



Vir: J. Wyatt, *Maximizing Waste Management Efficiency through the Use of RFID*, 2008, str. 2.

Dosedanji programi (Wyatt, 2008, str. 2) oziroma sistemi odvoza odpadkov so v veliki meri nepravični do uporabnikov storitve, saj ne upoštevajo odložene količine odpadkov

posameznega gospodinjstva. Ponavadi se odpadki iz gospodinjstev pobirajo enkrat na teden, ti odpadki pa se na odlagališču stehtajo. Iz skupnih stroškov odvoza in odlaganja ter zabeležene količine odloženih odpadkov se izračuna povprečna cena, ki se zaračuna gospodinjstvu kot pavšal in nima neposredne zveze z odloženo količino odpadkov dotičnega gospodinjstva.

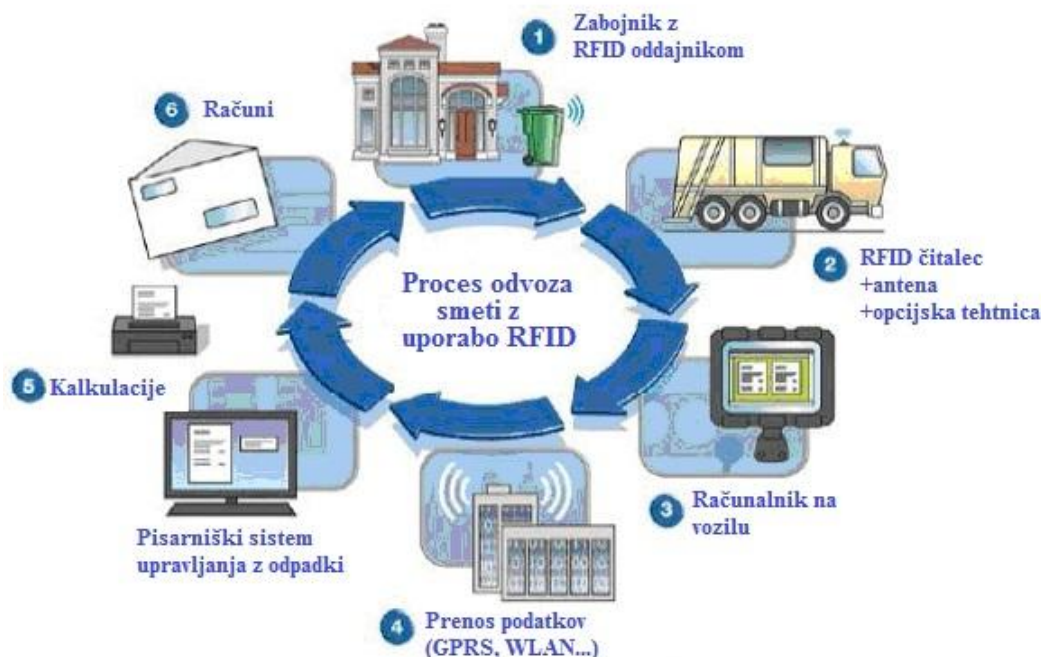
Takšna nepravičnost zaračunavanja pa ima negativne posledice na ekološko ozaveščenost prebivalstva, saj ne obstaja nikakršna spodbuda, ki bi vodila k manjši proizvodnji odloženih odpadkov. Zaradi tega razloga in vse ostrejša zakonodaja se komunalna podjetja zanimajo za nove sisteme upravljanja z odpadki, ki temeljijo na dejansko odloženi količini odpadkov, vendar se večina zaenkrat boji visokih stroškov investicij, ki jih ti sistemi prinašajo.

6.2 Ravnanje z odpadki ob uporabi tehnologije RFID

Za boljšo predstavo (Wyatt, 2008, str. 3), kako lahko RFID tehnologija izboljša učinkovitost ravnanja z odpadki, je bistveno, da poznamo slabosti sedanjega procesa, ki se kažejo v trenutnih metodah zbiranja odpadkov, ter način zaračunavanja. Bistvo RFID tehnologije ni le v izboljšanju operacij pri upravljanju z odpadki, ampak RFID sistem ponudi možnost, da skupnosti izboljšajo ravnanje z okoljem. Najbolj pa uporabo RFID, kot rešitev za učinkovito vzpostavitev nemotenega toka ravnanja z odpadki, potrebujejo podjetja, ki se ukvarjajo z odvažanjem odpadkov. Ta podjetja zanimajo predvsem elementi, kot so čas (npr. do lokacije, od lokacije in na lokaciji postavitve zabojnika), stroški Ti so za komunalna podjetja pomembni zaradi zagotovitve primerne načina zbiranja in odvoza odpadkov.

Posamezne komponente RFID so del povezanega sistema, ki je vgrajen v vozilo. Komponente osnovnega sistema (glej Sliko 15) so nadzornik čitalca RFID z ekranom, ki kaže stanje in je nameščen pri vozniku na armaturni plošči vozila, RFID antena, pritrjena zraven naprave za praznjenje zabojnikov, in RFID oddajniki, ki so vgrajeni v zabojnik za odpadke. Podatke, ki jih pridobi RFID, se lahko avtomatično prenese iz nadzornega sistema na določeni strežnik preko brezžične naprave ali preko drugih povezovalnih načinov. Proces prenašanja podatkov se avtomatično začne, ko vozilo pride v območje zabojnika. Ta proces pa je popolnoma avtomatiziran in ne zahteva posredovanja voznika vozila.

Slika 15: Avtomatizacija procesa zbiranja odpadkov z RFID



Vir: J. Wyatt, *Maximizing Waste Management Efficiency through the Use of RFID*, 2008, str. 4.

Oddajnik (Wyatt, 2008, str. 5), ki je pritrjen na zabojnik, je edinstven identifikator. V večini primerov je čip zaščiten (kar pomeni, da je zavarovan pred vdori v sistem), podatki pa so skriti v RFID čipu in dostopni le določenim osebam. Prednost tega čipa je njegova zanesljivost in kvaliteta, saj ga je potrebno, če sploh, le občasno vzdrževati. Če je čitalec, ki bere podatke s čipa, primerno nameščen, ga je prav tako potrebno le občasno vzdrževati. Antena, ki je povezana s čitalcem, ustvari magnetno polje ali "bralno cono", v katero mora vstopiti čip, da lahko z njega preberemo podatke ali mu pišemo.

Identiteta vsakega čipa (Abdoli, 2009, str. 448) se prenese na čitalec (v vozilu), ki ima enako frekvenco in vsebuje enak protokol označevanja. Antena deluje kot komunikacijski kanal med čipom in bralnikom, prenese pa lahko podatke tako s stranskega kot s sprednjega dela. Dizajn in namestitev antene sta ključna, ko gre za natančnost in območje, ki ga pokriva. Za dovajanje energije v čip antena dobiva energijo preko signala v čitalcu, nato pa antena pošlje dalje podatke, ki jih je prejela od čitalca. Čitalec je del opreme, ki bere in pošilja podatke v čipe, ki so z njim usklajeni.

Točna lokacija čipa se določi preko komunikacije med čipom in čitalcem. Ti podatki se prenesejo na strežnik preko računalniške mreže. Zaradi tega je pomembno, da se frekvenci čipa in čitalca ujemata. Trenutno so na voljo štirje tipi čitalcev (Abdoli, 2009, str. 449):

- ročni,

- vgrajen na vozilo,
- nadzorni,
- hibridni.

Prvi trije tipi čitalca lahko berejo podatke le iz aktivnih čipov, medtem ko zadnji tip lahko bere podatke iz aktivnih ali pasivnih čipov, in sicer preko preklopnega mehanizma.

RFID sistem za zbiranje in odvoz odpadkov predstavlja enostaven in avtomatičen način tehtanja odpadkov na mestu med samim pobiranjem odpadkov. Vozila so opremljena s tehtnicami, da stehtajo smetnjak, gospodinjstvo, kateremu ta smetnjak pripada, pa prepoznajo preko RFID čipa, ki je na njem. RFID antena in čitalec na vozilu (glej Sliko 16) prepoznata čip na smetnjaku, ko se položi na tehtnico na vozilu.

Slika 16: Vgradni prostor antene in čitalca, vozilo opremljeno s sistemom RFID in kontejner, ki ima RFID čip



Vir: J. Wyatt, *Maximizing Waste Management Efficiency through the Use of RFID*, 2008, str. 5.

Sistem "plačaj, kolikor odložiš" je ponekod že prinesel določene ugodnosti, kot so zmanjšanje količine odloženih odpadkov, povečanje recikliranja, itd. Po tem sistemu uporabniki plačajo različne cene, ki se določijo glede na to, koliko odpadkov proizvedejo in ne po vnaprej določenem pavšalu, kar je bila temeljna kritika dosedanjih načinov zbiranja in odvoza odpadkov. RFID tehnologija prav tako nadomesti današnji proces ročnega beleženja zbiranja odpadkov, pri katerem je velika verjetnost za nastanek napak. Z RFID sistemom so pridobljeni podatki natančni in zanesljivi, zaradi česar pa zaposleni vsak dan porabijo manj časa za preverjanje podatkov in imajo tako več časa za izboljšanje učinkovitosti na terenu.

7 IMPLEMENTACIJA RFID TEHNOLOGIJE V KOMUNALI TRBOVLJE

Komunala Trbovlje d.o.o. je javno podjetje, ki je bilo leta 1997 preoblikovano v družbo z omejeno odgovornostjo, z edinim lastnikom Občino Trbovlje. Vloga in namen Komunale v Občini Trbovlje je opravljanje gospodarskih javnih služb ter ostalih dejavnosti, ki služijo

njihovemu racionalnejšemu in kvalitetnejšemu izvajanju. Komunala trajno vzpodbuja občane, da se oblikuje in dviga komunalna kultura.

Z izvajanjem gospodarskih javnih služb občanom omogočamo osnovne komunalne potrebe, izboljšujemo njihovo počutje in skrbimo za lepši izgled mesta. Obvezne lokalne javne službe, ki se izvajajo v okviru podjetja, so (Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o., 2009):

- oskrba s pitno vodo,
- odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih in padavinskih voda,
- ravnanje s komunalnimi odpadki,
- odlaganje ostankov komunalnih odpadkov,
- javna snaga in čiščenje javnih površin,
- urejanje lokalnih cest,
- urejanje javnih poti, površin za pešce in zelenih površin,
- urejanje ulic, trgov in nekategoriziranih cest v mestu in naseljih, ki niso razvrščene med magistralne in regionalne ceste.

Izbirne lokalne javne službe, ki se izvajajo v okviru podjetja, pa so še:

- urejanje pokopališča in oddajanje prostorov za grobove v najem,
- pogrebne storitve,
- urejanje in vzdrževanje tržnic,
- oskrba s toplotno energijo iz lokalnega omrežja, ki zajema proizvodnjo in distribucijo toplotne energije,
- soproizvodnja.

Poleg naštetih dejavnosti izvaja podjetje tudi naloge na podlagi javnih pooblastil Občine Trbovlje in druge dopolnilne dejavnosti.

7.1 Sodobni sistemi, usmerjeni v obvladovanje odpadkov

Z gospodarsko rastjo se večja poraba naravnih virov (ARSO - Komunalni odpadki, 2010) in posledično se proizvede večje količine odpadkov. To je še posebej vidno v gospodinjstvih, kjer se v zadnjih letih, zaradi razvoja potrošništva in izboljšane kupne moči prebivalstva, proizvede vedno večje količine odpadkov. Ravnanje s komunalnimi odpadki je v Sloveniji v pristojnosti lokalnih skupnosti, saj se večji del odvija na medobčinskem nivoju, v bližnji prihodnosti pa se bo odvijalo na nivoju pokrajin.

Varno izkoriščanje in predelovanje odpadkov ter okolju prijazno odlaganje lahko v Sloveniji uresničujemo z izgradnjo sodobnih regijskih centrov za ravnanje z odpadki, v katerih odpadke zbirajo in razvrščajo.

Bistven del strategije ravnanja z odpadki predstavlja zmanjševanje količine odloženih odpadkov preko povečanja ponovne uporabe ali toplotne obdelave primernih odpadkov. Pomembno je tudi ločeno odlaganje bioloških odpadkov, ki predstavljajo velik delež znotraj komunalnih odpadkov, poleg tega pa so primerni za biološko obdelavo oziroma predelavo v kompost.

7.1.1 Center za ravnanje z odpadki Zasavje

Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. izvaja samo zbiranje in odvoz odpadkov in jih odvažna na deponijo Unično, deponiranje oz. odlaganje odpadkov pa izvaja Center za ravnanje z odpadki Zasavje d.o.o. (v nadaljevanju CEROZ). Hrastnik, ki upravlja z deponijo Unično na Dolu pri Hrastniku. V podjetju bodo začeli graditi drugo fazo, in sicer sortirnico, kompostarno z mehansko-biološko obdelavo, tretje odlagalno polje, dovozno cesto Marno–Unično ter obrat v Trbovljah za predelavo inertnih odpadkov.

Kojnik (2010, str. 24) pravi, da bo v drugi fazi zrasla sortirnica s kapaciteto 25.000 ton. V njej bodo sortirali mešane komunalne odpadke. Najprej bodo odpadki speljani skozi sito in magnetno linijo, nato pa jih bodo še ročno presortirali. V zasavski kompostarni bo mogoče obdelati 3000 ton biološko razgradljivih odpadkov, v objektu za mehansko-biološko obdelavo pa bo prostora za 6000 ton odpadkov. Z razširitvijo odlagališča Unično s tretjim odlagalnim poljem v velikosti 250.000 kubičnih metrov pa bo skupaj prostora za od 400.000 do 500.000 kubičnih metrov.

Območje zasavskih občin (Trbovlje, Hrastnik, Zagorje, Litija, Radeče) je bilo eno prvih, ki je načrtovalo skupni program ravnanja z odpadki (ARSO, 2002, str. 20), vendar skupnega programa občine niso naredile, ampak so skušale sanirati svoja odlagališča in reševati problem komunalnih odpadkov vsaka zase. Letno nastane v vseh petih občinah okrog 22.000 ton odpadkov, upravljanje z njimi pa je že zaradi dislociranosti nastanka in topografskih značilnosti območja zahtevno. Kaže, da so možne lokacije ustrezne do te mere, da je z vidika vlaganj treba natančneje analizirati variante obdelave, npr. biološko razgradljivih in zelenih odpadkov na večjih lokacijah in centralno na eni lokaciji. Opazna so prizadevanja, da bi se problematika ravnanja z odpadki reševala skupno, vendar predvidoma le za posamezne skupine odpadkov.

Kojnik (2010, str. 24) pravi, da bodo s tehnološko dopolnitvijo obstoječega regijskega centra z napravami za obdelavo odpadkov sodobno in primerno rešili problematiko odstranjevanja odpadkov za vseh 65.000 prebivalcev. Leta 2003 so te občine podpisale

medobčinsko pogodbo o gradnji in obratovanju medobčinskega centra za ravnanje z odpadki, leta 2005 pa tudi družbeno pogodbo o ustanovitvi javnega podjetja CEROZ, d.o.o. Občine Litija, Zagorje, Trbovlje, Hrastnik in Radeče, podpisnice medobčinske pogodbe, so tako postale družbenice CEROZ-a v skladu z deleži, določenimi na podlagi medobčinske pogodbe. Javno podjetje CEROZ tako od junija 2005 naprej upravlja regijsko odlagališče Unično, v njem pa je osem zaposlenih.

7.2 Faze vzpostavitve sistema za identifikacijo zabojnikov z RFID čipi

7.2.1 Opremljanje zabojnikov

Za vzpostavitev RFID tehnologije za sledenje zabojnikov, ki so opremljeni z oddajniki, potrebujemo ekipo zaposlenih in pa plan opremljanja in razdeljevanja zabojnikov. Sistem lahko vzpostavimo na dva načina:

- dostavljanje novih zabojnikov, ki že imajo integrirane oddajnike,
- ločeno nabavljene RFID oddajnike se montira na že obstoječe zabojnike.

V Javnem podjetju Komunala Trbovlje d.o.o. ni smiselno, da kupujejo nove zabojnike za odpadke z vgrajenimi čipi, ampak bodo izvajali montažo teh na zabojnike, ki jih imajo dovolj. Komunalna podjetja ponavadi montažo oddajnikov na zabojnike prepustijo podjetju z usposobljenim osebjem, vendar pa enostavnost montaže omogoča tudi lastno montažo. Bolj zahtevna pa je montaža opreme na vozilo in sama integracija sistemov, kjer se ti povežejo v operativno tehnologijo.

Pred začetkom operacije moramo oceniti obseg projekta, oziroma koliko zabojnikov je potrebno opremiti z RFID oddajniki. Ko poznamo natančno število in lokacijo zabojnikov, se pričnejo naslednje faze za vzpostavitev sistema:

- **Izdelava baze podatkov** s strani Javnega podjetja Komunala Trbovlje. Podjetje v bazo vnese vse zabojnike, ki jih je potrebno na lokaciji opremiti z RFID čipi;
- **Predaja baze podatkov** Javnega podjetja Komunala Trbovlje podjetju, ki bo izvajalo montažo čipov;
- **Planiranje montiranja.** Izvajalec ali naročnik razdeli območje montiranja na manjša področja. Določi se dnevni plan montaže čipov, izvajalci se nato razdelijo po prej določenih območjih, kjer so zadolženi za montiranje in kontrolo delovanja čipov;
- **Priprava potrebnih dokumentov.** Ti dokumenti so:
 - intervencijski list (lista podatkov, ki povezuje podatke na zabojnikih s podatki v bazi),
 - evidenca montaže (pokaže, koliko čipov moramo imeti s seboj na določen dan),

- evidenca lokacij (pokaže, na katerih ulicah bomo montirali čipe na zabojnike);
- **Priprava nalepk** s podatki o zabojniku in pripadajočem gospodinjstvu, ki jih dobimo v prej pripravljeni bazi podatkov. To ponavadi stori podjetje, ki čipe montira;
- **Obveščanje naročnikov**, da se bodo na njihove zabojnike montirali RFID oddajniki. Običajno se gospodinjstva prosi, da so na dan montaže zabojniki postavljeni na dostopno mesto, da lahko izvajalci nemoteno opravijo svoje delo. To obveščanje lahko na podlagi izvirne baze podatkov o zabojskih opravi podjetje, ki v imenu Javnega podjetja Komunala Trbovlje izvaja montažo;
- **Montaža oddajnikov** je bistvo celotne izvedbe projekta, pri čemer se običajni zabojniki za smeti opremijo s čipi. Te se na železne zabojnike privije, plastični zabojniki pa imajo ponavadi za to prilagojeno mesto. Poleg čipa se na zabojsnik namesti tudi nalepka s pisnimi podatki in črtno kodo, ki služi prepoznavanju zabojsnika v primeru okvare oddajnika. V intervencijski list se nato opravljena montaža zabeleži;
- **Prenos podatkov s terena v bazo.** Tukaj povežemo podatke, ki se nahajajo v čipu in na zabojsniku s podatki v bazi podatkov, tako da se le-ti ujemajo. Vsako gospodinjstvo se poveže z identifikacijsko številko čipa, ki se nahaja na njihovem zabojsniku, za kar se uporabi intervencijski list;
- **Predaja baze podatkov** komunalnemu podjetju s strani izvajalca montaže ter nato prenos v informacijski sistem oziroma RFID aplikacijo Javnega podjetja Komunala Trbovlje. Po opravljenih fazah so zabojsniki pripravljeni za avtomatično identifikacijo.

7.2.2 Opremljanje vozila

Opremljanje vozila poteka po naslednjem postopku:

- Na vozilo se namesti **identifikacijska naprava** za branje čipov, sestavljena iz čitalca in antene, ki oddaja signal do oddajnika. Podjetje s tem dobi vpogled v identifikacijo zabojsnikov;
- Vsa vozila se opremi s **tehtalno napravo**. Ta je nameščena na zadnjem delu komunalnega vozila, kjer pri izpraznitvi stehta posamezen zabojsnik. Teža odpadkov se izračuna kot razlika med težo zabojsnika pred izpraznitvijo in po izpraznitvi;
- Vozila se opremi z **GPS sistemom**. S tem sistemom se zapišejo časi za vsako praznjenje zabojsnika, zapišejo se koordinate poti in izračun optimalnih poti;
- Vozila se opremi z **opremo za pošiljanje podatkov** v bazo. Podatkovno datoteko, ki se ustvari, imenujemo datoteka s podatki o praznjenjih, s katero je možno slediti zabojsnikom. Omogočen je takojšen vpogled v podatke v računalniški aplikaciji in hitra analiza napak. Podatki se lahko v podjetje prenašajo preko GPRS-a ali preko spominske kartice.

7.2.3 Implementacija informacijskega sistema v podjetju

Implementacija informacijskega sistema poteka takole:

- **Namestitev osrednje aplikacije** za obdelavo podatkov v podjetju,
- **Namestitev GPRS povezave** med podjetjem in vozilom,
- **Izobraževanje zaposlenih** o delovanju in uporabi informacijskega sistema.

7.2.4 Proces zbiranja podatkov in spreminjanje v informacije

Proces ustvarjanja informacij je sestavljen iz treh elementov:

- **Upravljanje z opremo na komunalnem vozilu.** Ko se zabojnik ob praznjenju približa anteni čitalca na vozilu, ta prepozna unikatno identifikacijsko številko oddajnika. Programska oprema poveže to številko s podatki iz baze podatkov in podatki, pridobljenimi z GPS napravo, tako da pridobimo celotno informacijo o praznjenju zabojnika in njegovem lastniku. Pri uporabi tehtnice za odpadke se poleg tega avtomatsko stehta zabojnik med dvigovanjem in spuščanjem na mehanizmu za praznjenje, kjer kot razliko dobimo težo odloženih odpadkov. To so vsi podatki, ki jih komunalno podjetje potrebuje za učinkovito sledenje tokovom odpadkov in izstavljanje računov;
- **Prenos podatkov.** Vsi podatki, ki se pridobijo s pomočjo opreme komunalnega vozila in oddajnika na zabojniku samemu vozniku ne pomenijo veliko. Podatke je treba posredovati v osrednjo aplikacijo za upravljanje tokov odpadkov, ki se običajno nahaja na sedežu komunalnega podjetja. Za ta namen obstajata dve opciji, prva je prenos podatkov na spominski kartici po končanem praznjenju zabojnikov, druga pa je takojšen prenos podatkov v osrednjo aplikacijo preko GPRS naprave, ki se kot integralni del sistema montira na vozilo. Pri uporabi te opcije se podatki pošljejo vsakih nekaj praznjenj, zato imajo zaposleni, ki so zadolženi za nadzor operacij in izdajanje računov, takojšen vpogled v opravljeno storitev in lahko na podlagi tega v primeru težav tudi hitro odreagirajo, kar podjetju prihrani čas in denar;
- **Baza podatkov in poizvedbe.** Ko se podatki s terena zabeležijo v bazi podatkov, so na voljo vsem uporabnikom, ki imajo do njih odobren dostop. Pridobljene podatke lahko nato s pomočjo analitičnih orodij uporabimo za analize, razna poročila ter za zaračunavanje uporabnikom storitve oziroma gospodinjstvom glede na odloženo količino odpadkov. V tej datoteki so shranjeni vsi bistveni podatki o času, lokaciji in količini odpeljanih odpadkov, kar omogoča popoln nadzor nad operacijami odvoza in so zato reklamacije strank takoj preverljive.

7.3 Količina zbranih odpadkov in stroški odlaganja

Ekološke otoke imamo v Trbovljah od jeseni 2002 (Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o., 2009), torej že devet let. V občini jih je nameščenih 87, vsako leto dodajo vsaj pet novih, zato zberejo vsako leto več ločenih odpadkov, ki jih oddajo direktno na Surovino, poslovna enota Trbovlje in so vključeni v Slopakovo shemo ločeno zbranih odpadkov.

Od pomladi 2005 dalje (Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o., 2009) so v rumenih zbiralnikih poleg pločevink pričeli zbirati tudi tetrapake, ki se ločijo naknadno. Spodaj so prikazane (glej Tabelo 2) zbrane količine embalažnih odpadkov za obdobje 2004 – 2008. Vsako leto zberejo največ papirja, kartona in stekla. V letu 2008 je opaziti občuten porast celotne količine zbrane embalaže. Povprečna letna količina zbrane embalaže na prebivalca v letu 2008 je v občini znašala 21,6 kg, kar je rahlo nad slovenskim povprečjem. 360 kg odpadkov na prebivalca pa je bilo odloženih na odlagališče. V letu 2008 so na regijsko odlagališče Unično skupno odložili 6.569.960 kg mešanih komunalnih odpadkov.

Tabela 2: Količina ločeno zbranih embalažnih odpadkov

Vrsta odpadka	Zbrana količina (kg)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Papir in karton	123.180	141.220	160.140	198.425	265.567
Steklo	46.260	49.020	65.260	62.040	72.220
Plastenke	28.040	24.440	28.500	34.620	41.760
Pločevinke, tetrapaki	4.060	8.540	9.600	13.540	15.440
Skupaj	201.540	223.220	263.500	308.625	394.987

Vir: Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o., Letno poročilo podjetja Komunala Trbovlje d.o.o., 2009, str. 25.

Cena za tono odloženih mešanih odpadkov na regijskem odlagališču Unično (Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. - Obrazložitev postavk na računu, 2010) je naslednje:

- odlaganje mešanih komunalnih odpadkov: 45,74 EUR/t,
- okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov na odlagališčih (taksa); 17,27 EUR/t

Skupna cena za tono odloženih komunalnih odpadkov skupno znaša 63,01 €. V letu 2008 je torej Javno podjetje Komunala Trbovlje iz tega naslova z ločitvijo in ponovno uporabo 395 ton odpadkov prihranilo 24.889 €.

7.4 Zaračunavanje odvoza smeti po obstoječem in predlaganem načinu

Da bi razumeli pomen RFID tehnologije za obračun cene odvoza in odlaganja smeti ter njen vpliv na količino odloženih mešanih odpadkov, si je treba ogledati sedanji način obračunavanja, na kakšen način naj bi se ta spremenil ter kakšne posledice te spremembe prinašajo.

7.4.1 Dosedanji izračun cene odvoza smeti

Cena odvoza smeti je sestavljena iz treh elementov, to so zbiranje ter odvoz, omrežnina in odlaganje (glej Tabelo 3). Trenutno so cene enake tako za gospodinjstva, industrijo in ustanove, tako da lahko izračun ponazorimo kar na primeru gospodinjstev. Cena za kilogram odloženih mešanih odpadkov je torej 0,1842 €/kg, kar je 184,2 €/t, okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov na odlagališčih (taksa) pa znaša 0,01727 €/kg ali 17,27 €/t. Končna cena za kilogram odpadkov, ki jo plačajo gospodinjstva, je torej $0,1842 \text{ €} + 0,01727 \text{ €} = 0,20147 \text{ €}$. Pri tem je treba poudariti, da se zbranih mešanih odpadkov ne tehta, pač pa se preračun dela na naslednji način.

Tabela 3: Postavke v računu odvoza smeti

Odpadki (zbiranje in odvoz)	[€/kg]		
postavka	cena	ddv 8,50%	cena z ddv
Gospodinjstvo	0,1178	0,0100	0,1278
Industrija	0,1178	0,0100	0,1278
Ustanove	0,1178	0,0100	0,1278
Odpadki (omrežnina)	[€/kg]		
postavka	cena	ddv 8,50%	cena z ddv
Gospodinjstvo	0,0063	0,0005	0,0068
Industrija	0,0063	0,0005	0,0068
Ustanove	0,0063	0,0005	0,0068
Odpadki (odlaganje)	[€/kg]		
postavka	cena	ddv 8,50%	cena z ddv
Gospodinjstvo	0,0457	0,0039	0,0496
Industrija	0,0457	0,0039	0,0496
Ustanove	0,0457	0,0039	0,0496

Vir: Javno podjetje Komunala Trbovlje - Cenik osnovnih komunalnih dejavnosti, 2010.

Analiza je pokazala (Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. - Obrazložitev postavk na računu, 2010), da v trboveljski občini povprečen povzročitelj odpadkov ustvari 200 l (0,2 m³) mešanih komunalnih odpadkov/mesec. Po nekajletnem tehtanju odpadkov pred

odlaganjem so prišli do izračuna, da 1 m³ odpadkov povprečno tehta 127,65 kg. To pomeni, da ustvari povprečen povzročitelj odpadkov $127,65 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m}^3 = 25,53 \text{ kg}$ na mesec. Gospodinjstva torej ne plačajo po dejanski teži odloženih odpadkov, pač pa se izračun pripravi tako, da se število članov gospodinjstva pomnoži s 25,53 kg. Tako je cena za gospodinjstva vsak mesec enaka in ne ponuja nobene spodbude k ločevanju uporabnih sekundarnih surovin od mešanih odpadkov. Zakon to sicer določa, vendar se brez kontrole ali spodbude ne izvaja dosledno. Gospodinjstva torej plačajo za vsakega člana 5,14 € za odvoz in odlaganje odpadkov.

7.4.2 Izračun odvoza in odlaganja odpadkov pri uporabi RFID tehnologije

Ker so po Pravilniku o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja postavke in cene za odvoz ter odlaganje odpadkov izražene v kilogramih, to za nas pomeni lažjo ponazoritev novega načina zaračunavanja.

Ker RFID tehnologija s seboj prinaša informacijski sistem, kjer je vsak zabojnik za smeti individualno identificiran in ob izpraznitvi stehšan, postane izračun cene odvoza in odlaganja odpadkov nekoliko drugačen. Tu pride predvsem do delitve na gospodinjstva v individualnih stanovanjskih objektih in na tista v večstanovanjskih objektih. Pri gospodinjstvih v individualnih objektih je proces zaračunavanja precej enostaven, saj imajo ta svoje zabojnike za smeti in je količino odloženih komunalnih odpadkov precej enostavno pripisati določenemu plačniku. Drugače pa je pri večstanovanjskih objektih, kjer imajo zaradi prostorske stiske gospodinjstva skupne zabojnike za smeti, tako da je treba tu količino zbranih smeti sorazmerno razdeliti med število gospodinjstev, ki zabojnike za smeti uporabljajo. Ker pa se odloženi odpadki med odvozom vseeno tehtajo, to pomeni, da je cena odvoza in odlaganja smeti fleksibilna in se spreminja preprosto sorazmerno z njihovo količino.

7.5 Stroški in koristi uvedbe RFID tehnologije

7.5.1 Finančna analiza

V občini Trbovlje stanuje približno 18.100 prebivalcev (Medvešek Crnkovič, 2010), kjer 1.700 gospodinjstev živi v individualnih objektih, 5.400 gospodinjstev pa živi v večstanovanjskih objektih. Različne potrebe uporabnikov storitev Javnega podjetja Komunala Trbovlje pomenijo različne velikosti zabojnikov za smeti, njihovo število v trboveljski občini pa je prikazano v spodnji tabeli (glej Tabelo 4). Zaradi velikega deleža individualnih gospodinjstev ima največji delež posod manjši volumen.

Tabela 4: Količina in volumen zabojnikov

volumen (litri)	število posod
120	500
240	1.000
660	280
1.100	420
4.700	35
SKUPAJ	2.235

Vir: V. Medvešek Crnovič, Komunalna infrastruktura podjetja Komunala Trbovlje d.o.o., 2010.

Po podatkih podjetja Vigrad d.o.o. (2010), ki je na našem področju edini ponudnik tovrstnih proizvodov, je cena (vključno z DDV) in vsebina posameznih paketov opreme naslednja:

- **Oprema za zabojnik:**
 - oddajnik tipa HDX (ferrit antena) - 2,30 € / enoto,
 - oddajnik tipa FDX (coil antena) - 2,10 € / enoto.
- **Oprema za vozilo:**
 - računalnik v voznikovi kabini,
 - identifikacijski računalnik (glej Sliko 17) oz. enota za identifikacijo na stresalnem sistemu,
 - antene, ki ne prihajajo v stik z zabojniki, kar zagotavlja daljšo življenjsko dobo (samo pri HDX oddajnikih - ferrit antena), drugače so antene na zobeh stresalnika, kjer prihajajo v stik s samimi zabojniki in jih je potrebno menjavati,
 - medij za prenos podatkov do računalnika,
 - sonični senzorji za zaznavanje zabojnikov.

Cena opreme znaša 14.820,00 €.

Slika 17: Oprema vozila



Vir: Vigrad d.o.o., Cenik opreme za radiofrekvenčno identifikacijo podjetja Vigrad d.o.o., 2010, str. 1.

- **Možnost prenosa preko GPRS signala :**
 - antena planTec GSM/GPRS,
 - povezava z računalnikom,
 - modem,
 - programska oprema za računalnik v kabini.

Cena opreme znaša 1.307,00 €.
- **Možnost GPS sistema in sledenja kamiona:**
 - GPS sprejemnik,
 - programska oprema za računalnik v kabini – GPS funkcija.

Cena opreme znaša 515,00 €.
- **Program v pisarni, potreben za GPRS sistem.**

Cena programa znaša 3.023,00 €.
- **Dinamična tehtnica** - omogoča nemoteno tehtanje zabojnikov pri samem praznjenju:
 - Dinamična tehtnica za 1 stresalnik,

Cena enojne tehtnice znaša 25.800,00 €.

 - Dinamična tehtnica za 2 stresalnika.

Cena dvojne tehtnice znaša 30.500,00 €.

Sistem tehtanja je drag zaradi tega, ker so potrebne posebne dinamične tehtnice s pospeševalniki, ki omogočajo tehtanje brez upočasnitve procesa pobiranja smeti. Zato je tudi v tujini zelo majhen odstotek uporabe tehtanja v primerjavi s samo identifikacijo, ki se je kar uveljavila.

Javno podjetje Komunala Trbovlje ima v uporabi dve vozili za odvoz mešanih komunalnih odpadkov z dvojno tehtnico, kar bi predstavljalo precejšnjo obremenitev njihovega proračuna. Če predpostavimo, da se podjetje odloči za uvedbo celotnega sistema RFID tehnologije skupaj s tehtnico in čipi HDX (večja zanesljivost, daljša življenjska doba), potem so stroški, ki se pojavijo ob nakupu opreme naslednji:

Tabela 5: Stroški nabave RFID tehnologije v Javnem podjetju Komunala Trbovlje d.o.o.

Oprema zabojnikov (HDX čipi)	$2,3 \text{ €} * 2.235 = 5.140 \text{ €}$
Oprema za vozilo (2 vozili)	$2 * 14.820 \text{ €} = 29.640 \text{ €}$
Prenos podatkov preko GPRS (2 vozili)	$2 * 1.307 \text{ €} = 2.614 \text{ €}$
GPS in sledenje kamiona (2 vozili)	$2 * 515 \text{ €} = 1.030 \text{ €}$
Program v pisarni	3.023 €
Dinamična tehtnica (2 vozili, dvojni stresalnik)	$2 * 30.500 \text{ €} = 61.000 \text{ €}$
SKUPAJ	102.447 €

Skupni materialni stroški uvedbe sistema (glej Tabelo 5) so torej za takšno majhno komunalno podjetje precejšnji, zato bi bilo potrebno preučiti možnosti sofinanciranja projekta preko regijske razvojnih pomoči ali s pomočjo evropskih sredstev. Dodatni stroški se lahko pojavijo z vzdrževanjem opreme in z izobraževanjem zaposlenih v uporabi nove tehnologije, vendar so ti v primerjavi z višino investicije zanemarljivi. Ocenjena vrednost teh stroškov znaša 1% vrednosti investicije v opremo letno.

Zbrane količine ločenih odpadkov Javnega podjetja Komunala Trbovlje prevzema podjetje Slopak d.o.o., in sicer brezplačno, tako da iz tega naslova nimajo prihodkov, imajo pa stroške v zvezi s pobiranjem teh odpadkov. Če bi lahko te odpadke prodajalo, bi lahko ustvarilo dodaten vir dohodka za pokritje investicije v RFID. Ker pa je to podjetje javno in se kot takšno ne sme ukvarjati s pridobitno dejavnostjo, so finančne koristi uvedbe tehnologije RFID omejene predvsem na zmanjšanje količine odpadkov, odloženih na regijsko deponijo Unično.

Finančni prilivi za pokritje investicije bi tako lahko nastali le s povečanjem cene za kg pobranih mešanih komunalnih odpadkov. Odvoz oziroma zbiranje ločenih odpadkov se namreč ne zaračunava direktno, ampak se financira iz ostalih prihodkov. Ker pa bi višja cena spodbudila manjšo količino odvzanih mešanih komunalnih odpadkov, bi povprečni znesek, ki ga plača gospodinjstvo za odvoz odpadkov, lahko ostal enak. Tako bi največje breme investicije prevzela gospodinjstva, ki odložijo največ odpadkov, gospodinjstva, ki svoje odpadke vestno ločujejo, pa bi bila nagrajena z nižjim računom za storitev.

uvedba RFID "plačaj, kolikor odložiš" $\Rightarrow$ manj odloženih mešanih odpadkov

$\Downarrow$

*povečanje cene storitve $\Rightarrow$ v povprečju ista višina izdanih računov
sredstva za pokritje investicije*

Razumno je predvidevati, da ima sistem "plačaj, kolikor odložiš" pozitivno korelacijo s povečanjem količine ločenih odpadkov ter posledično manjšim deležem mešanih komunalnih odpadkov v celotni masi pobranih odpadkov. Ob zgoraj navedenih predpostavkah, kjer povprečna višina izdanih računov ostane na istem nivoju in diskontni stopnji 5 % (glej Tabelo 6), ter upoštevani ekonomski dobi investicije 10 let, lahko finančne koristi investicije v RFID tehnologijo prikažemo s tabelo.

Tabela 6: Predvideno znižanje stroškov odlaganja odpadkov ob uvedbi RFID

Leto	2011	2012	2013	2014	2015
1.1. Ločeni embalažni odpadki [kg]	623.086	736.313	870.115	1.028.231	1.215.080
1.2. Ločeni embalažni odpadki (10% povečanje) [kg]	685.395	809.944	957.126	1.131.054	1.336.588
1.3. Ločeni embalažni odpadki (15% povečanje) [kg]	716.549	846.760	1.000.632	1.182.466	1.397.342
2.1. Odloženi komunalni odpadki [kg]	6.649.097	6.613.911	6.558.149	6.478.073	6.369.264
2.2. Odloženi komunalni odpadki (pri 1.2.) [kg]	6.586.789	6.540.280	6.471.137	6.375.250	6.247.756
2.3. Odloženi komunalni odpadki (pri 1.3.) [kg]	6.555.634	6.503.464	6.427.632	6.323.838	6.187.002
3. Odpadki skupaj (1+2) [kg]	7.272.184	7.350.224	7.428.264	7.506.304	7.584.344
4.1. Prihranek pri 1.1. (cena odlaganja za kg*1.1.)	39.261 €	46.395 €	54.826 €	64.789 €	76.562 €
4.2. Prihranek pri 1.2. (cena odlaganja za kg*1.2.)	43.187 €	51.035 €	60.309 €	71.268 €	84.218 €
4.3. Prihranek pri 1.3. (cena odlaganja za kg*1.3.)	45.150 €	53.354 €	63.050 €	74.507 €	88.046 €
5.1. Razlika pri 1.2. (4.2.-4.1.)	3.926 €	4.640 €	5.483 €	6.479 €	7.656 €
5.2. Razlika pri 1.3. (4.3.-4.1.)	5.889 €	6.959 €	8.224 €	9.718 €	11.484 €
6. Diskontni faktor (5% diskontna stopnja)	100,0%	95,2%	90,7%	86,4%	82,3%
6.1. Diskontirana razlika pri 1.2. (5.1.*6.)	3.926 €	4.419 €	4.973 €	5.597 €	6.299 €
6.2. Diskontirana razlika pri 1.3. (5.2.*6.)	5.889 €	6.628 €	7.459 €	8.395 €	9.448 €
7.1. Povečanje cene za nespremenjen povprečni račun gospodinjstva pri 1.2.	0,95 %	1,13 %	1,34 %	1,61 %	1,94 %
7.1. Povečanje cene za nespremenjen povprečni račun gospodinjstva pri 1.3.	1,43 %	1,70 %	2,03 %	2,44 %	2,95 %
Leto	2016	2017	2018	2019	2020
1.1. Ločeni embalažni odpadki [kg]	1.435.882	1.696.809	2.005.151	2.369.524	2.800.111
1.2. Ločeni embalažni odpadki (10% povečanje) [kg]	1.579.471	1.866.490	2.205.666	2.606.477	3.080.123
1.3. Ločeni embalažni odpadki (15% povečanje) [kg]	1.651.265	1.951.330	2.305.924	2.724.953	3.220.128
2.1. Odloženi komunalni odpadki [kg]	6.226.501	6.043.614	5.813.312	5.526.979	5.174.432
2.2. Odloženi komunalni odpadki (pri 1.2.) [kg]	6.082.913	5.873.933	5.612.797	5.290.026	4.894.420
2.3. Odloženi komunalni odpadki (pri 1.3.) [kg]	6.011.119	5.789.093	5.512.540	5.171.550	4.754.415
3. Odpadki skupaj (1+2) [kg]	7.662.383	7.740.423	7.818.463	7.896.503	7.974.543
4.1. Prihranek pri 1.1. (cena odlaganja za kg*1.1.)	90.475 €	106.916 €	126.345 €	149.304 €	176.435 €
4.2. Prihranek pri 1.2. (cena odlaganja za kg*1.2.)	99.522 €	117.608 €	138.979 €	164.234 €	194.079 €
4.3. Prihranek pri 1.3. (cena odlaganja za kg*1.3.)	104.046 €	122.953 €	145.296 €	171.699 €	202.900 €
5.1. Razlika pri 1.2. (4.2.-4.1.)	9.047 €	10.692 €	12.634 €	14.930 €	17.644 €
5.2. Razlika pri 1.3. (4.3.-4.1.)	13.571 €	16.037 €	18.952 €	22.396 €	26.465 €
6. Diskontni faktor (5% diskontna stopnja)	78,4%	74,6%	71,1%	67,7%	64,5%
6.1. Diskontirana razlika pri 1.2. (5.1.*6.)	7.089 €	7.978 €	8.979 €	10.105 €	11.373 €
6.2. Diskontirana razlika pri 1.3. (5.2.*6.)	10.633 €	11.967 €	13.469 €	15.158 €	17.060 €
7.1. Povečanje cene za nespremenjen povprečni račun gospodinjstva pri 1.2.	2,36 %	2,89 %	3,57 %	4,48 %	5,72 %
7.1. Povečanje cene za nespremenjen povprečni račun gospodinjstva pri 1.3.	3,58 %	4,40 %	5,46 %	6,87 %	8,83 %

Napoved za prihodnje vrednosti količine ločenih embalažnih odpadkov v zgornji tabeli je pridobljena z rastočim trendom, vrednosti skupne količine odpadkov pa sledijo linearnemu trendu. Iz podatkov je razvidno, da že 10% povečanje zbrane količine ločenih odpadkov v desetih letih pomeni precejšnje prihranke sredstev, ki bi jih Javno podjetje Komunala

Trbovlje moralo plačati za odlaganje odpadkov na regijskem odlagališču Unično. Sedanja vrednost teh prihrankov bi ob 15% povečanju količine ločenih embalažnih odpadkov v desetih letih znašala že 106.107€. Zgornja tabela prikazuje tudi dvig cene odvoza mešanih komunalnih odpadkov, ki ob povečanem ločevanju omogoča isto raven povprečnega računa gospodinjstva.

Tabela 7: Diskontirana sedanja vrednost stroškov investicije

Leto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.1. Investicija v opremo	102.447 €									
1.2. Vzdrževanje in izobraževanje	1.024 €	976 €	929 €	885 €	843 €	803 €	764 €	728 €	693 €	660 €
1. Celotni stroški investicije	103.471 €	976 €	929 €	885 €	843 €	803 €	764 €	728 €	693 €	660 €

Največji delež stroškov investicije v tehnologijo RFID (glej Tabelo 7) predstavlja nabava opreme za tovornjake in zabojnike ter programske opreme. Zaradi njihove visoke cene je izobraževanje zaposlenih in vzdrževanje relativno majhen strošek, ki pa ga ne gre zanemariti. Skupna sedanja vrednost stroškov investicije tako znaša 110.753€.

Tabela 8: Finančna interna stopnja donosnosti investicije ob 15% povečanju ločevanja

Leto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.1. Prihodki zaradi podražitve storitve	5.889 €	6.628 €	7.459 €	8.395 €	9.448 €	10.633 €	11.967 €	13.469 €	15.158 €	17.060 €
1. Skupaj prilivi	5.889 €	6.628 €	7.459 €	8.395 €	9.448 €	10.633 €	11.967 €	13.469 €	15.158 €	17.060 €
2.1. Investicijski stroški	102.447 €									
2.2. Stroški vzdrževanja in izobraževanja	1.024 €	976 €	929 €	885 €	843 €	803 €	764 €	728 €	693 €	660 €
2. Skupaj odlivi	103.471 €	976 €	929 €	885 €	843 €	803 €	764 €	728 €	693 €	660 €
3. Neto denarni tok (1.-2.)	-97.582 €	5.652 €	6.530 €	7.510 €	8.605 €	9.831 €	11.203 €	12.741 €	14.465 €	16.399 €
4. Finančna neto sedanja vrednost investicije	-4.646 €									
5. Finančna interna stopnja donosnosti investicije	-4,20%									

Ob podanih predpostavkah lahko torej ugotovimo, da že 15% povečanje ločevanja odpadkov s svojimi prihodki v obdobju investicije 10 let skoraj pokrije stroške investicije (glej Tabelo 8). Finančna neto sedanja vrednost investicije tako znaša le -4.646€ ob -4.2% finančni interni stopnji donosa. Upoštevati pa je treba, da ima investicija tudi močan pozitiven vpliv na logistiko upravljanja s smetmi, torej manjšo porabo časa in večjo zanesljivost poslovanja.

7.5.2 Ekonomska analiza

Da bi rešili problem z ročnim zbiranjem podatkov, RFID bralni in tipalni sistem, ki je nameščen na vozilo, bere in prenaša unikatne serijske številke zabojnikov. Te serijske

številke, ki jih razbere računalniški sistem na vozilu, pa dajo operacijam odvoza smeti in zaposlenim 100 % natančne podatke.

Avtomatizacija izloči breme odgovornosti voznika, tako da se lahko osredotoči na najpomembnejši del svoje službe, torej na varno in skoncentrirano vožnjo po poti. Nazadnje pa, kot je bilo že prej omenjeno, se podjetja, ki se ukvarjajo z odvažanjem smeti, poslužujejo GPS tehnologije in s tem so podatki na čipih in drugi podatki 100 % preverljivi.

Ne samo, da se izboljšuje posel upravljanja z odpadki zaradi RFID, ampak RFID tehnologije služijo tudi kot pobudnik za spremembe v načinu, kako se strankam zaračunava komunalne storitve. Pojavljajo se novi modeli zaračunavanja, ki pa znotraj mestnih občin dobivajo zagon, ko se zavejo vseh ugodnosti, ki jih ponujajo novi modeli upravljanja z odpadki.

Vse spremembe in interes za upravljanje z odpadki pri mnogih ustanovah (kot so mestne uprave, podjetja, ki se ukvarjajo z odvažanjem odpadkov in okoljevarstvene ustanove) pa naredijo vlogo RFID tehnologije še toliko bolj pomembno. RFID ponuja rešitev, ki se nanaša na vsak sestavni del verige posebej in da vsakemu členu razlog, da začne uporabljati izboljšave pri upravljanju s smetmi.

Uvedba te tehnologije oziroma sistema upravljanja z odpadki nam omogoča, da spremenimo sedANJI način zaračunavanja storitve, ki je nepravilčen, saj ne nagrajuje gospodinjstev, ki odpadke ločujejo, ampak morajo ta gospodinjstva plačevati višje račune zaradi okoljske neozaveščenosti drugih uporabnikov storitve. Novi način zaračunavanja prinaša pravično porazdelitev ustvarjenih stroškov glede na količino odloženih odpadkov posameznih gospodinjstev in njihovo vestnost pri ločevanju embalažnih in bioloških odpadkov. Na ta način se lahko tudi stroški investicije v RFID prenesejo na gospodinjstva sorazmerno s količino ustvarjenih odpadkov. Rezultat teh sprememb je, da prisilijo prebivalstvo v drugačen način razmišljanja v zvezi s pretiranim onesnaževanjem okolja in odlaganjem odpadkov. Njihov odnos se namreč neposredno izraža na izdanem računu komunalnega podjetja in tako imajo uporabniki storitve možnost, da so za svoje družbeno koristno dejanje nagrajeni.

Ta investicija torej spodbuja ekološko ozaveščenost prebivalstva, kar je pomembno tudi za druge vidike ravnanja z okoljem. Njene koristi niso le v zmanjšani količini odloženih odpadkov in ponovni uporabi neobnovljivih virov, ampak se kažejo v spremembi samega odnosa prebivalstva do okolja. To se odraža v celi vrsti drugih družbenih koristi s področja zdravja in tehnološkega razvoja, zato lahko ocenimo, da je ekonomska interna stopnja donosnosti investicije pozitivna.

7.5.3 Analiza občutljivosti in tveganja

Z analizo občutljivosti in tveganja ugotavljamo, kateri elementi načrtovane investicije so kritični. Parametre, katerih sprememba najbolj vpliva na ekonomsko ali finančno stopnjo donosa pri investiciji v RFID tehnologijo, so naslednji:

- sprememba diskontne stopnje na 7%,
- manjši učinki novega načina zaračunavanja na ločevanje (povečanje za 10%),
- povečanje stroškov izobraževanja in vzdrževanja za 50%,
- povečanje odlaganja smeti v naravi.

Preizkus vpliva sprememb navedenih spremenljivk na interno stopnjo donosa kaže, da investicija ni močno občutljiva na spremembo diskontne stopnje, kljub temu, da je večina odlivov v začetnem obdobju. Prav tako stroški vzdrževanja in izobraževanja zaradi svojega nizkega deleža v celotni strukturi stroškov nimajo bistvenega vpliva. Večji vpliv na finančno interno stopnjo donosnosti pa se pokaže pri manjšem povečanju predvidenega ločevanja komunalnih odpadkov, zato je treba temu parametru posvetiti veliko pozornosti ob izvedbi projekta. Tveganje za ekonomsko interno stopnjo donosnosti pa se pojavlja tudi zaradi verjetnosti, da bodo gospodinjstva, ki ustvarijo veliko odpadkov, poslej te odlagala v okolje. Tu je zato pomembno ozaveščanje prebivalstva.

SKLEP

Na začetku tretjega tisočletja se človeštvo ukvarja predvsem z dvema velikima problemoma. Prvi je energetska kriza in iskanje novih obnovljivih virov ter njihovo izkoriščanje, drugi pa je sprememba načina ravnanja z okoljem.

Družba se nagiba k čim boljšemu izkoriščanju naravnih virov in čim manjšemu onesnaževanju okolja z odpadki, ki imajo še uporabno vrednost, predvsem kot sekundarne surovine. Zato prihaja v zadnjem obdobju do velikega poudarka na ločevanju odpadkov čim bliže izvora, kjer se te surovine najbolj čisto in ekonomično ločijo. Ker je na vseh področjih prav nova tehnologija gonilo razvoja, prihaja tudi pri ravnanju z odpadki, kjer je bila situacija dolgo statična, do sprememb. Tehnologija, ki je največkrat omenjena v zvezi s to problematiko, pa je prav radio-frekvenčna identifikacijska tehnologija. Ta uvaja v proces ravnanja z odpadki informatizacijo, ki omogoča nove načine obračunavanja odvoza in odlaganja odpadkov. Ti načini delujejo po principu "plačaj, kolikor odložiš", kar ustvari finančno motivacijo za večje ločevanje sekundarnih surovin iz mešanih gospodinjstvih odpadkov.

RFID tehnologija torej na eni strani pomaga komunalnim podjetjem, da imajo popoln nadzor nad opravljanjem storitve, na drugi strani pa finančno motivira povzročitelje

odpadkov, da se obnašajo bolj racionalno in izločijo iz komunalnih odpadkov čim več uporabnih surovin, kar posledično vodi k manjšemu onesnaževanju. Z uveljavitvijo te tehnologije bi se Slovenija postavila med najbolj razvite države na tem področju ter veliko lažje dosegla in celo presegla cilje Evropske unije.

LITERATURA IN VIRI

1. Abdoli, S. (2009). *RFID application in municipal solid waste management system*. Najdeno 20. novembra 2010 na spletnem naslovu http://www.sid.ir/en/viewssid/j_pdf/108220090314.pdf
2. Agencija Republike Slovenije za okolje. (2002). *Poročilo o stanju okolja*. Najdeno 27. novembra 2010 na spletnem naslovu <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/PSO2002.html>
3. Agencija Republike Slovenije za okolje - Varstvo okolja. Najdeno 3. novembra 2010 na spletnem naslovu <http://www.arso.gov.si/varstvo20okolja/odpadki/>
4. Agencija Republike Slovenije za okolje - Ravnanje z odpadki. Najdeno 4. novembra 2010 na spletnem naslovu http://kazalci.arso.gov.si/data=indicator&ind_id=237
5. Agencija Republike Slovenije za okolje - Komunalni odpadki. Najdeno 2. decembra 2010 na spletnem naslovu http://kazalci.arso.gov.si/data=indicator&ind_id=190
6. Binder, C., & Domnitcheva, S. (2004). *When waste becomes intelligent*. Najdeno 3. decembra 2010 na spletnem naslovu http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/domnitch_SETAC-ISIE2003_intelligent-waste.pdf
7. Canterbury, J. L. (1994). *Pay As You Throw - Lessons Learned About Unit Pricing of Municipal Solid Waste*. Najdeno 2. decembra 2010 na spletnem naslovu <http://www.p2pays.org/ref/02/01914.pdf>
8. EKO plus d.o.o. (b.l.). *Izdelava čip nalepke za zabojnike*. Najdeno 12. novembra 2010 na spletnem naslovu http://www.ekoplus.biz/dinamic/editor/3b8c4_izdelava_cip_nalepke_za_zabojnike.pdf
9. EKO plus d.o.o. (2008). *Sistem za sledenje zabojnikov in vozil podjetja EKO plus d.o.o.* Štore: EKO plus d.o.o.
10. EKO plus d.o.o. - Ljubljana is introducing a system for managing flow of household waste. Najdeno 19. oktobra 2010 na spletnem naslovu http://www.ekoplus.biz/dinamic/editor/58462_SEE_OGLASNA_PRILOGA_16.pdf
11. *Ekološki otok*. Najdeno 27. oktobra 2010 na spletnem naslovu http://sl.wikipedia.org/wiki/Ekološki_otok
12. Falken secure networks d.d. (2010). *RFID for the business of waste management*. Najdeno 1. decembra 2010 na spletnem naslovu http://www.falkensecurenetworks.com/PDFs/0818_RFID_for_the_Business_of_Waste_Management.pdf
13. HID global d.d. (2010). *RFID Solutions for Waste Management*. Najdeno 17. novembra 2010 na spletnem naslovu http://www.hidglobal.com/documents/il_waste_mngt_broch_en.pdf
14. Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. (2009). *Letno poročilo podjetja Komunala Trbovlje d.o.o.* Trbovlje: Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o.

15. Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. - *Obrazložitev postavk na računu*. Najdeno 2. decembra 2010 na spletnem naslovu http://www.komunala-trbovlje.si/obvestila.php?status=SHOW_OBV&id=334
16. Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o. - *Cenik osnovnih komunalnih dejavnosti*. Najdeno 4. decembra 2010 na spletnem naslovu http://www.komunala-trbovlje.si/cenik.php?status=CENIK_SHOW&id=201004071220269415
17. Javno podjetje Snaga d.o.o. (2008). *Podzemne zbiralnice za odpadke v ožjem centru mesta Ljubljana*. Najdeno 25. oktobra 2010 na spletnem naslovu http://www.jh-lj.si/upload/doc/2101_Podzemne_zbiralnice_za_odpadke_v_ozjem_centru_mesta_Ljubljane.pdf
18. Kojnik, H. (2009). Rumene vrečke na pohodu? *Embalaža-okolje-logistika*, 9(42), 26-27.
19. Kojnik, H. (2010). Že zdaj z najnižjo ceno za odlaganje odpadkov. *Embalaža-okolje-logistika*, 10(49), 24.
20. Medvešek Crnkovič, V. (2010). *Komunalna infrastruktura podjetja Komunala Trbovlje d.o.o.* Trbovlje: Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o.
21. Ministrstvo z okolje in prostor - *Odpadki*. Najdeno 3. novembra 2010 na spletnem naslovu http://www.mop.gov.si/delovna_podrocja/direktorat_za_okolje/sektor_za_okolje_in_podnebne_spremembe/odpadki/
22. Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki. *Uradni list RS* št. 21/2001.
23. Pirš, B. (2007). *Uvedba sistema "door to door" kot nadgradnja sistema ločenega zbiranja odpadkov – koncept minimalizacije odpadkov z uvedbo sistema "rumena vreča" in sheme "PAYT"*. Ljubljana: International Conference "Waste Management, Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development.
24. Pravilnik o ravnanju z odpadki. *Uradni list RS* št. 84/1998.
25. *Radiofrekvenčna identifikacija*. Najdeno 4. novembra 2010 na spletnem naslovu http://sl.wikipedia.org/wiki/Radio_Frequency_Identification
26. Statistični urad Republike Slovenije. (2006). *Vprašalnik o zbranih komunalnih odpadkih*. Najdeno 26. oktobra 2010 na spletnem naslovu http://www.stat.si/doc/pub/mg_3-06.pdf
27. Uratarič, N. (2008). Da naše ulice ne bodo ulice smetnjakov. *Ekolist, revija o okolju*, 8(5), 46-48.
28. Vigrad d.o.o. (2010). *Cenik opreme za radiofrekvenčno identifikacijo podjetja Vigrad d.o.o.* Celje: Vigrad d.o.o.
29. Vozel, M. (2008). Čez leto dni bomo tudi v Sloveniji dobili prve smetnjake z vgrajenimi čipi. *Finance*, 8(12), 1.
30. Wyatt, J. (2008). *Maximizing waste management efficiency through the use of RFID*. Najdeno 9. novembra 2010 na spletnem naslovu http://www.ti.com/rfid/docs/RFID_WasteManagementWhitePaper.pdf

31. Wyatt, J., & Gouldbourne, J.A. (2009). *RFID technology selection for waste management applications*. Najdeno 9. novembra 2010 na spletnem naslovu <http://focus.ti.com/lit/an/scba026/scba026.pdf>