

**UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA**

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA EKONOMSKIH UČINKOV SPREMEMBE
NAČINA RAVNANJA Z ODPADKI S SIMULACIJO**

Ljubljana, november 2006

Miloš Kravos

IZJAVA

Študent Miloš Kravos izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Tomaža Turka in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 4. 11. 2006

Podpis: _____

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 PROBLEMATIKA MAGISTRSKEGA DELA.....	1
1.2 NAMEN MAGISTRSKEGA DELA	1
1.3 CILJ MAGISTRSKEGA DELA.....	2
1.4 METODE DELA.....	2
2 PREGLED MODELOV RAVNANJA Z ODPADKI.....	3
2.1 KRATKA ZGODOVINA RAZVOJA ODLOČITVENIH MODELOV	3
2.2 ODLOČITVENI MODELI	4
2.2.1 Analiza stroškov in koristi.....	4
2.2.2 LCA metoda	5
2.2.3 Večparametrsko odločanje	7
3 PREDSTAVITEV SIMULACIJSKIH PROJEKTOV	11
3.1 OSNOVE SIMULACIJE	11
3.1.1 Vrste simulacij.....	11
3.1.2 Statistične metode v simulaciji.....	12
3.1.3 Verjetnostne porazdelitve.....	12
3.2 PREGLED SIMULACIJSKIH PROJEKTOV.....	13
3.2.1 Faze v projektu simulacije.....	13
3.2.2 Modeliranje	14
3.2.3 Časovne točke v simulaciji.....	15
3.2.4 Komuniciranje plana	15
3.3 SIMULACIJSKA ORODJA	16
3.3.1 Kriteriji za izbor primernega orodja.....	16
3.3.2 Orodje GoldSim	17
3.4 GRADNJA KONCEPTUALNEGA MODELA	18
4 MODEL RAVNANJA S KOMUNALNIMI ODPADKI	19
4.1 MODEL ODVOZA KOMUNALNIH ODPADKOV	19
4.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z odpadki.....	20
4.1.2 Število in velikost zabojnikov	21
4.1.3 Zbirne in transportne poti.....	22
4.1.4 Finančni kazalnik EVA (Economic Value Added).....	23
4.1.5 Finančni kazalnik ROE (Return Of Equity).....	24
4.1.6 Shema konceptualnega modela ravnanja z odpadki.....	24

4.1.7 Shema konceptualnega modela odvoza komunalnih odpadkov	25
4.1.8 Parametri modela odvoza komunalnih odpadkov	25
4.1.9 Rezultati modela odvoza komunalnih odpadkov	28
4.2 MODEL ODLAGALIŠČA NENEVARNIH KOMUNALNIH ODPADKOV	30
4.2.1 Okoljska zakonodaja za odlagališča odpadkov	30
4.2.2 Odlagališče odpadkov	31
4.2.3 Porazdelitev mase odpadkov	32
4.2.4 Konceptualni model odlagališča odpadkov	35
4.2.5 Konceptualni model odlagališča komunalnih odpadkov	35
4.2.6 Parametri modela odlagališča komunalnih odpadkov	36
4.2.7 Rezultati modela odlagališča komunalnih odpadkov	37
5 MODEL RAVNANJA Z LOČENO ZBRANIMI FRAKCIJAMI	40
5.1 MODEL ODVOZA LOČENO ZBRANIH FRAKCIJ	41
5.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z ločenim zbiranjem odpadkov	42
5.1.2 Zbiranje in prevoz odpadkov	42
5.1.3 Shema konceptualnega modela odvoza ločeno zbranih frakcij	44
5.1.4 Parametri modela ločeno zbranih frakcij	45
5.1.5 Rezultati modela odvoza ločeno zbranih frakcij	47
5.2 MODEL ODLAGALIŠČA Z ZBIRNIM CENTROM LOČENO ZBRANIH FRAKCIJ ..	50
5.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z ločenim zbiranjem odpadkov	51
5.1.2 Konceptualni model odlagališča z zbirnim centrom ločeno zbranih frakcij	51
5.1.3 Konceptualni model frakcije papirja na zbirnem centru	52
5.1.4 Parametri modela odlagališča ločeno zbranih frakcij	53
5.1.5 Rezultati modela odlagališča ločeno zbranih frakcij	54
5.1.7 Zapiranje odlagališča odpadkov	57
6 REGIJSKI MODEL RAVNANJA Z ODPADKI	59
6.1 MODEL PRETOVORNIH POSTAJ	60
6.1.1 Pretovorne postaje	60
6.1.2 Konceptualni model pretovornih postaj	62
6.1.3 Parametri modela pretovornih postaj	63
6.1.4 Rezultati modela pretovornih postaj	63
6.2 MODEL SEŽIGALNIC ODPADKOV	66
6.2.1 Sežigalnice	67
6.2.2 Konceptualni model sežigalnice odpadkov	67

6.2.3 Parametri modela sežigalnice odpadkov	68
6.2.4 Rezultati modela sežigalnice odpadkov	69
7 MODEL RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE	73
7.1 OSNOVE RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE	74
7.2 MODEL RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE	76
7.2.1 Konceptualni model ravnanja z odpadki na nivoju države	76
7.2.2 Parametri modela ravnanja z odpadki na nivoju države	76
7.2.3 Rezultati modela ravnanja z odpadki na nivoju države.....	78
8 ZAKLJUČEK.....	80
9 LITERATURA IN VIRI	82
10 PRILOGE	89

KAZALO SLIK

Slika 1: Faze v simulacijskem projektu.....	14
Slika 2: Simulacijsko modeliranje.....	15
Slika 3: Konceptualni model odpadkov	24
Slika 4: Konceptualni model odvoza komunalnih odpadkov.....	25
Slika 5: Skupni stroški komunalnega odvoza	29
Slika 6: Kazalnik EVA za odvoz komunalnih odpadkov.....	29
Slika 7: Kazalnik ROE za odvoz komunalnih odpadkov	30
Slika 8: Histogram mase odpadkov.....	33
Slika 9: Kumulativa porazdelitvenih funkcij mase odpadkov	34
Slika 10: Odstopanje porazdelitvenih funkcij mase odpadkov	34
Slika 11: Konceptualni model odlagališča odpadkov	35
Slika 12: Konceptualni model komunalnih odpadkov na odlagališču	36
Slika 13: Količina komunalnih odpadkov na odlagališču	38
Slika 14: Skupni stroški, prihodki in koristi komunalnih odpadkov na odlagališču.....	38
Slika 15: Kazalnik EVA za odlagališče komunalnih odpadkov	39
Slika 16: Kazalnik ROE za odlagališče komunalnih odpadkov.....	39
Slika 17: Konceptualni model odvoza ločeno zbranih frakcij	44
Slika 18: Primerjava stroškov ločevanja odpadkov	47
Slika 19: Primerjava prihodkov ločenega zbiranja odpadkov.....	48
Slika 20: Primerjava koristi ločeno zbranih frakcij.....	48
Slika 21: Primerjava kazalnika EVA za ločevanje odpadkov.....	49
Slika 22: Primerjava kazalnika ROE za ločevanje odpadkov	49
Slika 23: Konceptualni model zbirnega centra z odlagališčem.....	51
Slika 24: Konceptualni model frakcije papirja na zbirnem centru.....	52
Slika 25: Primerjava stroškov ločevanja odpadkov na odlagališču	54
Slika 26: Primerjava prihodkov ločevanja odpadkov na odlagališču	55
Slika 27: Primerjava koristi ločevanja odpadkov na odlagališču.....	56
Slika 28: Primerjava kazalnika EVA za ločevanje odpadkov na odlagališču.....	56
Slika 29: Primerjava ROE za ločevanje odpadkov na odlagališču	57
Slika 30: Stroški zapiranja odlagališča odpadkov.....	58
Slika 31: Stroški zapiranja odlagališča na enoto odpadkov	59
Slika 32: Konceptualni model pretovornih postaj.....	62
Slika 33: Primerjava stroškov pretovorne postaje.....	63

Slika 34: Primerjava prihodkov pretovornih postaj	64
Slika 35: Povprečni stroški pretovornih postaj	65
Slika 36: Kazalnik EVA pretovornih postaj	65
Slika 37: Kazalnik ROE pretovornih postaj	66
Slika 38: Konceptualni model sežigalnice	68
Slika 39: Primerjava stroškov sežigalnice	70
Slika 40: Primerjava prihodkov elektrike odpadkov	71
Slika 41: Primerjava koristi sežiga odpadkov	71
Slika 42: Kazalnik EVA pri sežigu odpadkov	72
Slika 43: Kazalnik ROE pri sežigu odpadkov	73
Slika 44: Nivoji ravnanja z odpadki	75
Slika 45: Konceptualni model prebivalcev	76
Slika 46: Masa odpadkov na nivoju države	78
Slika 47: Prihodki izločenih ločeno zbranih frakcij na nacionalnem nivoju	79
Slika 48: Stroški in koristi ločenega zbiranja odpadkov na nacionalnem nivoju	79

KAZALO TABEL

Tabela 1: Parametri delovnih sredstev za odvoz komunalnih odpadkov	27
Tabela 2: Cenik delovnih sredstev	27
Tabela 3: Nabavna vrednost in stopnja amortizacije kontejnerjev za komunalne odpadke.....	27
Tabela 4: Sezonski faktor	28
Tabela 5: Parametri delovnih sredstev za odlagališče komunalnih odpadkov	37
Tabela 6: Parametri delovnih sredstev za odvoz frakcij	45
Tabela 7: Kompozicija in cenik odpadkov	46
Tabela 8: Cenik delovnih sredstev	46
Tabela 9: Nabavna vrednost kontejnerja	46
Tabela 10: Parametri delovnih sredstev odlagališča frakcij	53
Tabela 11: Cenik zasipa in takse odlaganja odpadkov	53
Tabela 12: Parametri odpadkov pri sežigu	69
Tabela 13: Napoved izločitvenega potenciala odpadkov	77

1 UVOD

1.1 PROBLEMATIKA MAGISTRSKEGA DELA

Odpadki so nov fenomen sodobne družbe (Björklund, 2004). Vedno so bili odpadki posledica načina življenja ljudi. Ko so se ljudje selili iz kraja v kraj in živeli nomadsko življenje, jih ni zanimalo, kaj so pustili za seboj. Šele, ko so se ljudje stalno naseljevali v neki pokrajini, se je pojavila potreba po upravljanju z odpadki, saj je bilo potrebno vzdrževati primeren nivo higijene in se znebiti odpadkov, ki so nastajali. Odpadki so bili reciklirani na naraven način za obogatitev rodovitne zemlje. Prebivalci mesta so bili primorani upravljati z lastnimi odpadki. Znebili so se jih tako, da so jih metali v luknje ali pa jih enostavno odlagali na ulicah ali v rekah. S pojavom transporta odpadkov se je prebivalcem ponudila možnost, da so odpadke odvažali iz mesta in so tako ohranili čistejše mesto.

Ob začetku razvoja ravnanja z odpadki so odpadke samo kompostirali in jih prodajali kot gnojilo. Industrijska revolucija je prinesla možnost zbiranja in recikliranja odpadkov, preostali del odpadkov pa so zasuli ali sežgali. V začetku dvajsetega stoletja se je količina odpadkov povečala, vendar se je kompozicija odpadkov tako spremenila, da jih je bilo zmeraj težje reciklirati in ponovno uporabiti. Glavni cilj ponovne izrabe odpadkov se je preusmeril na cilj znebiti se odpadkov, tako da so jih zasipali na odlagališčih ali pa so jih sežigali v sežigalnicah.

Odpadki so vedno vzbujali veliko pozornost, saj so zelo vidni. Problematika odpadkov je okoljski problem, vendar se okoljska ozaveščenost in zavest dvigujeta. Strategije upravljanja z odpadki so se premaknile iz izoliranih otokov na gledanje odpadkov, ki so integrirani v različnih sektorjih družbe.

Uradno stališče Evropske unije (EU) do problema upravljanja z odpadki je zbrano v vodilih v t.i. hierarhije odpadkov (Eriksson et al., 2005) v naslednjih točkah:

1. Preventiva odpadkov.
2. Ponovna uporaba izdelkov.
3. Recikliranje materialov.
4. Ponovna izraba energije.
5. Končno odlaganje.

Vodila izgledajo atraktivna in praktična, vendar ne slonijo na trdnih znanstvenih temeljih. Po izgradnji hierarhije je bilo izvedenih veliko študij na to temo.

1.2 NAMEN MAGISTRSKEGA DELA

Namen naloge je preveriti tezo, da vpeljava ločenega zbiranja odpadkov poveča stroške poslovanja podjetja.

Eden pomembnejših vidikov, ki ga bomo obravnavali, je stroškovni vidik. Analizirali bomo stroške, ki nastajajo pri ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami. Preučevali bomo tudi operativni in ekološki vidik recikliranja odpadkov, ker vpliva na ekonomski vidik ravnanja z odpadki.

Najprej bomo preučili najenostavnejši sistem, ki se nanaša samo na komunalne odpadke, kar nastopa v primeru, če odpadkov ne ločujemo. Sistem ene vrste odpadkov bomo razširili v sistem, ki se ukvarja z več vrstami odpadkov. Posplošen sistem za ravnanje z različnimi sekundarnimi surovinami bomo primerjali z enostavnim sistemom zbiranja komunalnih odpadkov. Sistem ravnanja s komunalnimi odpadki in sekundarnimi surovinami bomo posplošili na regijo ter preučevali pomen in optimalno velikost regije. Več regijskih sistemov bomo združili v enovit in celovit sistem ravnanja tako s komunalnimi odpadki kot ločeno zbranimi frakcijami na nacionalnem nivoju.

V nalogi bomo torej pokazali, da vpeljava ločenega zbiranja odpadkov zahteva od udeležencev sistema dodatne investicije in operativno organizacijo, da se sistem recikliranja odpadkov vpelje na nekem geografskem področju, s čimer zmanjšamo obremenitev okolja iz ekološkega vidika.

1.3 CILJ MAGISTRSKEGA DELA

Cilj dela je priti do spoznanj, da vpeljava ločenega zbiranja odpadkov na nekem geografskem področju vpliva na udeležence sistema iz stroškovnega, ekološkega in operativnega vidika. Pomagali si bomo z oblikovanjem zveznega simulacijskega modela, ki ga lahko uporabijo tudi drugi. Iz stroškovnega vidika bomo prišli do ugotovitve, da se stroški povečajo, vendar se povečajo tudi prihodki z racionalno predelavo recikliranih odpadkov. Iz ekološkega stališča bomo videli, da z reciklažo odpadkov manj obremenjujemo okolje kot če odpadkov ne ločujemo, kar težje ocenimo s stroški. Sam sistem ločeno zbranih frakcij iz operativnega vidika pa je dosti bolj kompliciran in zahteven za vpeljat in vzdrževati kot pri komunalnih odpadkih, saj zahteva več operativnega dela od vseh udeležencev sistema, kar bom ocenil s stroški.

1.4 METODE DELA

Metode dela, ki jih bom pri izdelavi magistrskega dela uporabil, temeljijo predvsem na projektih simulacije. Pri le-teh je pomembna projektna metodologija, ki je prilagojena za simulacije. Faze projekta zajemajo definicijo problema, gradnjo modela, verifikacijo z validacijo in eksperimentiranje z modelom. Definicija problema je opis problematike, ki jo bo model obravnaval. Na podlagi zgrajenega konceptualnega modela bom zgradil računalniško simulacijo. Model bo črpal podatke iz podatkovne baze. Verifikacija z validacijo bo potrdila, da sistem dela tisto, kar je bilo zahtevano. Z zgrajenim modelom bom eksperimentiral različne scenarije in izvajal kaj – če analizo. Vsak sistem, ki ga bom modeliral, bo šel skozi vse štiri faze simulacijskega projekta.

Pri izbiri metodološkega dela se bom naslonil na strokovno literaturo tujih in domačih avtorjev s področja modeliranja sistemov za ravnanje z odpadki, projektih simulacije in statističnih metod. V delo bom vključil teoretična in praktična znanja iz obravnavanih področij. V svojo nalogo bom vključil tudi znanja, pridobljena v okviru študija na magistrskem programu ter znanja pridobljena v pogovorih z različnimi strokovnjaki obravnavanega področja in informacije pridobljene iz objavljenih in internih virov podjetij.

Magistrsko nalogo bom razdelil na sedem poglavij. V prvem delu bom povzel ključne modele, rezultate in ugotovitve iz odločitvenih modelov, ki se pojavljajo v strokovni literaturi in podal smernice oblikovanja modelov v nadaljevanju. Predstavljena bo tudi metodologija, ki jo bom uporabil pri izdelavi simulacijskega projekta. Navedel bom tudi osnove diskretnih simulacij in statističnih metod, ki jih bom uporabil pri izdelavi simulacijskih modelov. Najprej bom zgradil simulacijski model za komunalne odpadke, ki je najbolj preprost model in nam bo služil kot osnova za izgradnjo modela ločenega zbiranja odpadkov. Model ločeno zbranih frakcij je razširjen model komunalnih odpadkov, tako da obravnavamo vsako frakcijo procesa recikliranja odpadkov posebej v modelu, kar skupaj tvori celoto. Model za ravnanje s komunalnimi odpadki in model za ravnanje z ločenim zbiranjem odpadkov bom razširil na ravnanje z odpadki v celotni regiji. Zadnji model, ki ga bom zgradil bo preučeval ravnanje z odpadki na nacionalnem nivoju, ki zajema ravnanje z več regijami hkrati.

V delu bom uporabil tudi izrazoslovje, ki je značilno za podjetje in panogo. Kasneje, v samem magistrskem delu, ob gradnji modela, bom opredelil posamezne izraze, ki nastopajo v modelu (npr. smetarka, frakcija...).

2 PREGLED MODELOV RAVNANJA Z ODPADKI

Večina modelov ravnanja z odpadki je odločitvenih (A.J. Morrissey, 2004), ki smo jih razdelili v tri kategorije za potrebe pregleda modelov. Model je predstavitev objekta, sistema ali ideja, ki je predstavljena na malo drugačen način kot v realnem svetu. Prva skupina odločitvenih modelov temelji na analizi stroškov in koristi. Druga skupina temelji na LCA (angl. life cycle assessment) metodi. Tretja skupina temelji na večkriterijskih odločitvenih modelih.

2.1 KRATKA ZGODOVINA RAZVOJA ODLOČITVENIH MODELOV

Modeliranje ravnanja z odpadki ni nova ideja (A.J. Morrissey, 2004). Prvi modeli ravnanja z odpadki so bili optimizacijski modeli, ki so se ukvarjali z določenimi specifičnimi deli modela, npr. optimizacijo transportnih poti. Slabost prvotnih modelov je bila, da niso bili primerni za dolgoročno planiranje.

V osemdesetih letih so obravnavali so modelirali ravnanje z odpadki na sistemskem nivoju. To pomeni, da so modeli obravnavali razmerja med faktorji in niso obravnavali faktorjev ločeno.

Cilj modelov je bila minimizacija stroškov ravnanja z odpadki. Osredotočili so se samo na odpadke, ki so bili generirani.

V devetdesetih letih so modeli vključevali recikliranje in ostale metode ravnanja z odpadki, ki so bile vključene v večino modelov, ki so bili razviti za dolgoročno planiranje upravljanja z odpadki. Ti modeli vključujejo integrirano ravnanje z odpadki, saj se oddaljujejo od odlagališč odpadkov. Osredotočili so se predvsem na življenjski cikel ravnanja z odpadki.

Večina modelov je preučevala ekonomski in ekološki vidik ravnanja z odpadki, le redki pa sociološki vidik. Odločitveni model za ravnanje z odpadki je prepričljiv, če je ekološko učinkovit, ekonomsko zanesljiv in če je sociološko sprejet.

2.2 ODLOČITVENI MODELI

Večino modelov za ravnanje z odpadki lahko razdelimo v tri skupine (A.J. Morrissey, 2004). V prvi skupini so modeli, ki so osnovani na analizi stroškov in koristi. Druga skupina so modeli, ki temeljijo na LCA metodi. Tretja skupina so modeli, ki uporabljajo večkriterijsko tehniko. Obstajajo tudi modeli, ki jih ne moremo klasificirati v samo eno od treh skupin, vendar so izjeme in jih v našem pregledu ne bomo predstavili (A.J. Morrissey, 2004).

2.2.1 Analiza stroškov in koristi

Analiza stroškov in koristi omogoča podporo odločanju, da analiziramo pozitivne in negativne učinke različnih scenarijev iz ekonomskega vidika (A.J. Morrissey, 2004). Učinke, ki nimajo direktnih ekonomskih količin, je potrebno pretvoriti v ekonomske merljive količine. Torej je potrebno potroške opredeliti s stroški. Ekološki vidik lahko merimo na več načinov. Lahko ocenimo stroške, da se izognemo negativnim učinkom ali da ocenimo, koliko so prebivalci pripravljeni plačati za ekološko izboljšavo. Sociološki vidik lahko ocenimo na podoben način. Na koncu analize izberemo scenarij, ki ima največje koristi in najmanjše stroške (Tajnikar, 2003, str. 421-428). To je tudi najbolj zaželen scenarij.

S pomočjo analize stroškov in koristi so preučevali različne scenarije omejevanja odlaganja neobdelanih gradbenih¹ odpadkov na odlagališče (Wang et al., 2004). Model za sistemsko analizo je bil razvit s pomočjo preglednice, s katero so raziskovali stroške in dohodke, koristi in stroške politike omejevanja neobdelanih gradbenih odpadkov, ki bi ga imela politika omejevanja odlaganja gradbenih odpadkov na naročnike in izvajalce gradbenih del. S pomočjo simulacije so ugotovili dejavnike, ki so omejevali recikliranje določenih odpadkov in promovirali določene cikle recikliranja in omejevanja odlaganja odpadkov z namenom izboljševanja stroškovno učinkovitega ravnanja z odpadki.

¹ Brez gradbenih odpadkov.

Dejstvo je, da industrijski odpadki manjšajo dobiček podjetij, kar se da lepo prikazati z uporabo metode koristi in stroškov. Izračunani so bili pravi stroški odpadkov, ki nastajajo v industriji za podjetja. Prikazani so tudi načini, kako lahko podjetja povečajo recikliranje nastajajočih odpadkov in njihovo ponovno uporabo z namenom povečanja dobička podjetja (Stenis, 2003).

Bila je narejena tudi študija koristi in stroškov za vpeljavo standarda ISO 14001 v podjetja (Bansal et al., 2002). Ta študija pokaže pogoje pod katerimi bo podjetje najučinkoviteje vpeljala internacionalni standard za sisteme upravljanja z okoljem, ki je bil predstavljen septembra 1996. Študija razvije orodje, s katerim pokaže, da hitro prilagajanje institucionalnim pritiskom ohranja tesna razmerja z vlagatelji, ki lahko odločilno pomagajo podjetju v prihodnosti.

Bila je izvedena študija o alternativnih politikah ravnanja z odpadki s pomočjo analize stroškov in koristi (Goddard, 1995). Avtor navaja, da politika cen ravnanja z odpadki ni pravilno določena iz strani mestnih oblasti in državne oblasti. Študija kaže, da se odlagališče obravnava kot javna dobrina, saj cena odlaganja odpadkov ne vsebuje stroškov zaprtja odlagališča in z okoljsko dajatvijo za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov (v nadaljevanju taksa, glej ZVO Ur.l.RS 39/06) se subvencionira ceno odlagališč, saj se investicije v odlagališča vračajo s pobiranjem takse. Ugotavljajo tudi, da cena redkih surovin, ki bi jih lahko pridobili z recikliranjem, sploh ni upoštevana iz strani mestne in državne oblasti. Skratka, cena ravnanja z odpadki ni pravilno posredovana gospodinjstvom, ki so povzročitelji nastajanja odpadkov, kjer prihaja do razhajanja. Avtor ugotavlja, da se pojavlja kriza v politiki ravnanja z odpadki zaradi napačne cenovne politike, ki jo vpeljuje oblast in ne upošteva stanja na trgu, ki se obnaša tržno. Pojavljata se dve krizi. Prva kriza je vpeljava taks, s katero investiramo v odlagališče prekomerno. Druga kriza je previsoka cena ločenega zbiranja odpadkov. Krizi povzročata, da je ekonomično ugodneje zasipati odpadke kot jih ponovno uporabiti in s tem se količina osnovnih surovin manjša.

Industrijske odpadke je potrebno obravnavati v poslovno-ekonomskih izrazih tako kot običajne izdelke (Stenis et al., 2003). Upoštevati je potrebno načelo onesnaževalec-plača, ki ga je potrebno vključiti v notranje ocene znotraj podjetja, kjer se upošteva dejanske stroške, ki jih povzročajo odpadki podjetju. Študija kaže, da je potrebno zniževati količino generiranih odpadkov iz industrije, saj odpadki znižujejo dobiček podjetja.

2.2.2 LCA metoda

LCA (angl. Life Cycle Assessment) metoda je metoda, s katero preučujemo ekološki vidik in potencialne učinke na življenjski cikel na materiale skozi produkcijo, uporabo in končno odlaganje (A.J. Morrissey, 2004). Najprej se je LCA metodo uporabljalo za študijo nadomestljivosti ene snovi z drugo, nadomestno (npr. primerjava uporabe stekla s plastiko za steklenice pijače).

Namen uporabe LCA metode pri ravnanju z odpadki je primerjava med različnimi alternativami procesa toka izdelka. LCA metoda je celovit pristop, ki nudi smernice za opazovane izdelke ali storitve skozi celoten življenjski cikel. LCA metoda je sestavljena iz štirih korakov, ki so podrobneje predstavljeni v standardu ISO 14041(1998), ISO 14042(2000) in ISO 14043(2000).

Med LCA metode spada ORWARE model, ki je simulacijski model za ravnanje z odpadki (Eriksson et al., 2002). ORWARE je računalniški model, ki se ga uporablja za izračun pretoka snovi, okoljskih vplivov in stroškov ravnanja z odpadki. Orodje omogoča simulacijo organskih in neorganskih frakcij komunalnih odpadkov. Model je sestavljen iz več podmodelov, kjer vsak model opisuje proces realnega sistema ravnanja z odpadki. Vsi podmodeli sestavljajo celoten sistem ravnanja z odpadki, ki ga uporabljamo za modeliranje sistema ravnanja z odpadki za mesto, regijo ali državo.

Aplikacija ORWARE modela je zelo močna na področju ravnanja z odpadki. Z uporabo kvantitativne metode z uporabo ORWARE orodja je bila narejena študija alternativnih tehničnih sistemov v povezavi z ravnanjem z odpadki za proizvodnjo in uporabo goriva v vozilih (Assefa et al., 2005). Študija ugotavlja, da je najboljši scenarij, da se biorazgradljive odpadke anaerobno razkrajajo, da dobimo bioplin, ki ga pretvorimo v vodik, ki se ga uporablja v vozilih z gorivnimi celicami, ostanek sežigamo.

Z uporabo ORWARE modela so zgradili simulacijski model za upravljanje z organskimi odpadki v urbanih področjih (Dalemo et al., 1997). Model nudi razumljiv pogled na ekološke učinke, uporabo obrata in iztržek energije za ta kompleksen in širok model. Z ORWARE modelom so proučevali vpliv različnih sistemov ravnanja z odpadno vodo v kanalizaciji in ločevanje urina na izvoru (Sonesson et al., 1997). Rezultat študije simulacije je ugotovitev, da je separacija trdnih odpadkov na izvoru, ki ji sledi biološki postopek, koristna za recikliranje fosforja in koristna iz vidika okoljskih učinkov.

Z uporabo LCA metode in primerjave stroškov so bili narejeni različni modeli ravnanja z odpadki (Beigl et al., 2003). Modeli so uporabljali količine odpadkov, ki jih ustvarjajo gospodinjstva v določenih predelih Avstrije in Nemčije. Rezultati vključujejo analize ekoloških učinkov in primerjave stroškov za skupen sistem ravnanja z odpadki za sisteme ravnanja s posameznimi frakcijami odpadkov (papir, plastika, embalaža in steklo).

Razvit je bil model z uporabo LCA metode z uporabo LCC metodologije, ki ima finančno in ekološko komponento (Reich, 2005). Model prikazuje priložnosti in omejitve uporabe ekonomske komponente z uporabo LCA metode pri preučevanju modelov ravnanja z odpadki v mestnih občinah. Metodologija olajša analizo sistemov ravnanja z odpadki, vendar ostaja problem, ker se modeli ravnanja z odpadki razlikujejo od obstoječih ekonomskih sistemov.

2.2.3 Večparametrsko odločanje

Večparametrsko odločanje se je v zadnjih dveh desetletjih razvilo v samostojno vedo (A.J. Morrissey, 2004). Bistvo večkriterijskega odločanja je, da vzamemo v študijo več samostojnih parametrov, ki so si velikokrat konfliktne na večdimenzionalen način. V primerjavi z enoparametrskim odločanjem, so odločitveni modeli z uporabo več kriterijev bolj robustni in nudijo boljšo podlago za odločitve. Večkriterijsko odločanje omogoča spoznavanje problema in alternativ iz več zornih kotov, s čimer dosežemo kvalitetnejše odločitve. Običajen pristop je, da izberemo več alternativ, ki jih ocenimo v skladu s kriteriji, ki so pomembni pri odločanju za model, ki ga razvijamo kot podporo odločanju. Rezultat je lestvica alternativ. Izbira kriterijev za gradnjo odločitvenega modela je odvisna od ciljev modela.

S pomočjo odločitvenega modela so preučevali optimalne nivoje recikliranja in odlaganja odpadkov za Helsinke na Finskem (Anni Huhtala, 1997). Zgrajen je bil odločitveni model za planiranje odlaganja odpadkov na ekonomsko učinkovit način z upoštevanjem, da so viri v pomanjkanju. Dinamični optimizacijski model za ravnanje z odpadki je upošteval ekonomske in ekološke koristi in stroške povezane z vsakim načinom odlaganja. S pomočjo simulacije so pokazali, da doseganje 50 % recikliranja je tako ekonomsko kot ekološko opravičljivo za mestne občine.

Delež recikliranja in ponovne uporabe papirja so preučevali s pomočjo ekonometričnega modela med različnimi državami, ki so se razlikovale po različnih politikah ravnanja z odpadnim papirjem (Berglund et al., 2003). Glavna hipoteza preučevanja je bila, da so nivoji recikliranja in ponovne uporabe odpadnega papirja odvisni od ekonomskih vplivov, predvsem od gostote prebivalstva in sestave konkurence, ki so določeni z dolgoročno ponudbo in povpraševanjem na trgu odpadnega papirja. Rezultat raziskave kaže, da imajo bogatejše države večji nivo ločeno zbranega papirja in večji nivo ponovne uporabe recikliranega papirja kot revnejše države, kar je odvisno od cen ravnanja z odpadnim papirjem, dohodki iz naslova ravnanja z odpadnim papirjem, od povpraševanja po surovinah in poseljenostjo območja. Pri izgradnji modela so upoštevali, da prebivalstvo primarno zanimajo ekonomske koristi ločenega zbiranja odpadkov in ne samo delež ločevanja in ponovne uporabe papirja.

Optimalne deleže odlaganja in recikliranja odpadkov so raziskovali tudi z dinamičnim modelom, ki predlaga, da se optimalni program recikliranja odpadkov spreminja glede na razpoložljivost odlagališč odpadkov in glede na začetni prihodek (Highfill, 2001). Bogatejše mestne občine vpeljejo ločeno zbiranje odpadkov prej kot revnejše mestne občine. Torej mora biti nacionalna in regijska vlada previdna pri upoštevanju razlik med mestnimi občinami ko sprejema zakonodajo na področju ločeno zbranih frakcij.

Narejen je bil tudi poskus harmonizacije recikliranja papirja na internacionalnem nivoju z namenom, da se zagotovi enake pogoje konkurence med različnimi državami na področju reciklaže odpadnega papirja (Huhtala et al., 2001). S preslikavo administrativnih elementov v

takse in subvencije je odločitveni model pokazal na skrite stroške harmonizacije trga odpadnega papirja z željo po dosegu popolne konkurence na internacionalnem nivoju.

Za nemško področje je bil razvit simulacijski projekt za analizo toka plastike od proizvodnje do njene uporabe z izračunom tekoče in bodoče odpadne plastike iz ekonomskega vidika (Patel et al., 1998). Brez učinkovitega načina ravnanja z odpadno embalažo se bo količina odpadne embalaže povečala z upoštevanjem, da je naravna razgradnja plastike dolgotrajna.

Na področju ravnanja z odpadki je bil razvit model z namenom podpore pri odločanju o razvoju sežigalnice, odlaganja, ravnanja in reciklaže odpadkov (Costi et al., 2003). Glavni cilj modela je planiranje ravnanja z odpadki, ki definira tok odpadkov v reciklažo ali na odlagališče, pri čemer predlaga optimalno število, vrsto in razporeditev aktivnih obratov. Model upošteva vse ekonomske stroške, ki se nanašajo na tehnične elemente, normative in ekološke učinke.

Za področje Anglije je bil razvit teoretični model, ki obravnava deleže in kompozicijo odpadkov in raziskuje optimalne kombinacije tehnologij za ravnanje in odlaganje odpadkov na ekonomsko in ekološko bolj učinkovit način (Daskalopoulos, 1998). Presenetljivo je, da so ugotovili, da je iz ekonomskega vidika dobičkonosnejše odpadke odlagati na odlagališče, ker je ceneje kot recikliranje odpadkov. Priporočilo je, da je potrebno stimulirati ločeno zbiranje odpadkov z večanjem ozaveščenosti ljudi, predvsem s finančno vpeljavo taks in stimulacij za ločeno zbiranje odpadkov.

S pomočjo hevrističnega linearnega programiranja je bil razvit model za podporo odločitvi o optimalni legi odlagališča odpadkov in optimalnega toka odpadkov, tako da se stroške minimizira (Cheng et al., 2003). Večkriterijski odločitveni modeli so tudi največkrat uporabljena metoda za iskanje optimalne lege in velikosti odlagališča odpadkov.

S pomočjo linearnega programiranja v okviru omejenih priložnosti je bil razvit odločitveni model za preučevanje in dolgoročno planiranje ravnanja z odpadki (Huang et al., 2001). Model je v pomoč pri preučevanju različnih tipov ravnanja z odpadki in odgovarja na vprašanja časa, prostora in velikosti aktivnosti ravnanja z odpadki z upoštevanjem negotovosti.

Modeli za napovedovanje ravnanja z odpadki v prihodnosti so bili tudi razviti (Karavezyris et al., 2002). Model upošteva demografske lastnosti, zmožnosti in stroške ponovne uporabe materialov, sheme ravnanja in odlaganja odpadkov, okoljski vpliv in zakonodajo. Vsi naštet elementi so vključeni v dinamični model, ki služi kot osnova za dolgoročno napovedovanje ravnanja z odpadki s pomočjo simulacije.

Na področju ravnanja s kompostiranjem je bil razvit ekspertni sistem BESTCOMP za podporo pri odločanju lokalnih oblasti v Sri Lanki (Jayawardhana et al., 2003). Ta ekspertni sistem je osredotočen na obnašanje fizičnih, kemijskih in bioloških procesov pri kompostiranju bioloških odpadkov, ki je ena večjih komponent pri ravnanju z odpadki. Cilj modela je nudenje boljše

podpore pri planiranju ravnanja z odpadki in nudenje izobraževanja lokalnih oblasti s pomočjo informacijskih tehnologij.

Planiranje ravnanja z odpadki je možno tudi s pomočjo geografskih večkriterijskih odločitvenih modelov, ki omogočajo planiranje ravnanja z odpadki v prostoru z uporabo geografskega informacijskega sistema (Marianne L. MacDonald, 1997). Model omogoča, da preverimo več scenarijev planiranja ravnanja z odpadki, v katerem preučujemo planiranje zbiranja odpadkov in transportnih poti.

Za podporo dolgoročnemu strateškemu načrtovanju je bil razvit odločitveni model, ki primerja različne konkurenčne strategije ravnanja z odpadki (Chambal et al., 2003).

SWIM model je prvi integralni sistem, ki je bil razvit za podporo odločanju sistemov ravnanja z odpadki. Modeliranje je narejeno s simulacijo, ki modelira sisteme zbiranja odpadkov z uporabo determinističnih in stohastičnih modelov (Wang, 2001).

Pri preučevanju različnih gospodinjstev je potrebno upoštevati različne cene taks za obremenjevanje okolja, različne deleže recikliranja in oddaljenost gospodinjstev od odlagališča odpadkov (Ferrara, 2002). Razvit je bil odločitveni model, ki nudi optimalno in izvedljivo politiko zagotavljanja storitev zbiranja odpadkov različnim gospodinjstvom.

S preučevanjem odpadkov v gospodinjstvih so se ukvarjali tudi na Švedskem (Sterner et al., 1999). Vpeljali so obračun odpadkov, tako da so stimulirali recikliranje odpadkov. Ugotovili so, da ljudi najbolj motivira recikliranje odpadkov, če je to razvidno kot prihranek na računu za odpadke.

Primerjava različnih sprejetih modelov ravnanja z odpadki iz ekonomskega in ekološkega vidika je bila narejena z izgradnjo modelov na konkretnih primerih (Daskalopoulos, 1997).

Na Norveškem je bil razvit makroekonomski model za napovedovanje odpadkov, ki bodo generirani v proizvodnih podjetjih (Ibenholt, 2003). Glavni namen makroekonomskega modela je ocenitev količine odpadkov in trenda večanja odpadkov v proizvodni industriji na Norveškem, ki kaže da se bo količina industrijskih odpadkov povečala.

Programi za recikliranje odpadkov so vedno bolj aktualni tako na nacionalnem nivoju kot lokalnem nivoju, ker se količina odpadkov večja, odlagališča odpadkov se zapirajo in javnost se upira gradnji sežigalnic (Chang et al., 1995). Avtor predlaga privatizacijo in centralizacijo ponovne uporabe materialov, kjer je potrebno upoštevati stroške vzpostavitve in operativne stroške delovanja strategij ravnanja z odpadki z namenom ponovne uporabe surovin. Rezultate analize lahko s pridobim izkoristimo za napovedovanje investicij in politik ravnanja z recikliranjem surovin. Centralizirana ravnanja z odpadki se v prihodnosti močno spodbuja zaradi ekonomske obsega izgradnje in operativnih stroškov.

Narejena je bila simulacija dolgoročnega pozitivnega učinka na odlagališče odpadkov, če se za prekrivanje uporabi organske snovi kot npr. gozdna zemlja (Bozkurt et al., 2000). Uporaba organske prekrivne zemlje v primerjavi z anorganskim slojem prekrivanja na odlagališču odpadkov kaže, da se z uporabo gozdne zemlje količina kisika, ki se vsrka v odlagališče poveča, kar drastično podaljša življenjsko dobo odlagališča. Kisik pospešuje biorazgradnjo. Če ga ni dovolj, nastaja biomasa.

Tok materiala in sistem energije (npr. ogrevanje) je bil proučevan s pomočjo modela linearnega programiranja IEA-MARKAL (Cosmi et al., 2000). Ocenjena je bila izvedljivost uporabe modela na področju ravnanja z odpadki za ocenitev ekološkega vpliva tehnologij za ravnanje z odpadki v kontekstu celotnega proizvodnega sistema. Preučevali so tudi povezave med tarifami, tehnologijami odlaganja odpadkov in zračnimi izpusti. Avtor ugotavlja, da je trenutna višina taks ugodnejša za odlaganje odpadkov na odlagališča odpadkov kot za uporabo alternativnih tehnologij ravnanja z odpadki. Z modelom so preučevali, kako dviganje cene takse vzpodbuja alternativna ravnanja z odpadki kot pa odlaganje odpadkov, kar je ekonomsko najbolj učinkovito in ekološko najmanj obremenjujoče za okolje.

Obstaja več vrst nivojev ločevanja odpadkov glede na geografsko lego (Fehr et al., 2002). Najslabši primer je, da odpadke sploh ne ločujemo, kar je trenutno stanje v Braziliji. V Evropi je razširjeno ločeno zbiranje po sestavi surovine. Za Brazilijo je bila izvedena študija, ki predlaga, da se odpadke ločuje po namenu uporabe, torej na “mokre” odpadke, ki jih je potrebno kompostirati in na “suhe” odpadke, ki jih ni potrebno kompostirati in se lahko surovine ponovno uporabi v proizvodnih procesih industrije. Avtor tudi ugotavlja, da je odpadke po namenu uporabe lažje ločevati za gospodinjstva, saj ne zahteva poznavanja sestave odpadkov.

Planiranje regijske strategije ravnanja z odpadki je kritičen korak. Za optimizacijo strategije ravnanja z odpadki potrebujemo znanja na področju alternativnih metod tehnologij ravnanja z odpadki, ekonomske in ekološke stroške, ki so povezani z alternativami in njena aplikativnost v proučevani regiji. Za potrebe prijaznejše uporabe kompleksnih optimizacijskih problemov na področju planiranja in ravnanja z odpadki je bil razvit računalniški uporabniški vmesnik (Abou Najm et al., 2003).

Za regiji San Francisco in Kalifornijo je bil predstavljen nov pristop okoljskega modeliranja z dvonivojskim modelom programiranja (Amouzegar et al., 2001). Odločitveni model za strateško planiranje regijskega modela odpadkov ocenjuje več scenarijev iz ekonomskega in ekološkega vidika. Kvantitativni model lahko ocenjuje ekonomske in ekološke vplive več zbirnih centrov in več lokacij odlagališč odpadkov v primerjavi z enim mestom zbirnega centra in odlagališča odpadkov in uporabe alternativnih poti znotraj rajonov. Model ocenjuje tudi taksiranje “umazanih” tokov odpadka, s čimer se vzpodbuja minimizacija odpadkov na izvoru.

3 PREDSTAVITEV SIMULACIJSKIH PROJEKTOV

3.1 OSNOVE SIMULACIJE

Računalniška simulacija vključuje eksperimentiranje na računalniško osnovanem modelu nekega sistema (Pidd, 1998). Model je največkrat uporabljen za eksperimentiranje učinkov različnih politik po načelu “poskusi in popravi”. Tisti scenarij, ki prinese najboljše rezultate, se ga implementira v realnem svetu.

Vsekakor simulacija ni “zdravilo za vse bolezni”. Zelo veliko časa vzame, da iz simulacije dobimo koristne rezultate. Na nek način je simulacija zadnji način, kako rešimo problem, če noben drug pristop ni dovolj dober. Določene probleme lahko rešimo samo s simulacijo, kar je priročno tudi v upravljalški znanosti.

Prednosti simulacije so naslednje (Pidd, 1998):

- Stroški: simulacija je cenejša kot eksperimentiranje na realnih sistemih.
- Čas: Izgradnja simulacija traja dalj časa, vendar eksperimentiranje daljših obdobj iz realnega sveta se v računalniški simulaciji izvedejo lahko v nekaj sekundah.
- Reprodukcijska: V realnem svetu je težko ponoviti natančno isti eksperiment. Računalniške simulacije so natančno ponovljive.
- Varnost: Simulacija omogoča ocenitev ekstremnih situacij, ki morda v realnosti sploh niso izvedljive.
- Zakonitost: S simulacijo lahko preverimo učinke, ki jih povzroči sprememba zakonodaje.

3.1.1 Vrste simulacij

Zgodovinsko gledano se simulacije delijo na tiste, ki uporabljajo diskretne spremembe in tiste, ki dopuščajo, da se spremenljivke spreminjajo zvezno (Pidd, 1998). Pri diskretnih simulacijah so spremenljivke aktualne samo takrat, kadar se spremeni stanje v sistemu. Pri simulacijah, ki dopuščajo zvezne spremembe, se spremenljivke spreminjajo zvezno z napredovanjem same simulacije. V znanosti o upravljanju se največkrat uporabljajo diskretne simulacije. Zvezne simulacije se največkrat uporablja pri modeliranju ekonomskih sistemov.

V pričujočem delu uporabljamo zvezne simulacije, saj analiziramo ekonomske učinke spremembe načina ravnanja z odpadki za različne modelirane sisteme. Za simulacijo transportnih sistemov je najprimernejša diskretna simulacija (Banks, 1998). Za podrobnejšo simulacijo transporta komunalnih odpadkov je primernejša diskretna simulacija, saj opazujemo spremembe stanj sistema (Kravos, 2004).

3.1.2 Statistične metode v simulaciji

Obstaja veliko statističnih metod, ki jih lahko uporabimo pri analiziranju simulacijskih modelov (Banks, 1998). Vsaka študija simulacijskega modela je sestavljena iz več korakov in sicer zbiranja podatkov, kodiranja in verifikacije, validacije modela, eksperimentalnega načrtovanja, analize izhodnih podatkov in implementacije. Analiza vhodnih podatkov je modeliranje vhodnih podatkov simulacije z namenom ustvarjanja razumljivega modela, tako da izpolnimo pričakovanja in cilje simulacijskega projekta. Primer analize vhodnih podatkov je podan v nadaljevanju, kjer iščemo verjetno porazdelitev, ki se najboljše ujema z dnevno stehtanimi masami odpadkov.

Analiza izhodnih podatkov (Banks, 1998, str. 225) vključuje statistične metode za izračun intervalov zaupanja, ki jih uporabimo pri meritvah zmogljivosti sistema iz izhodnih podatkov. Če so vhodni podatki, ki poganjajo procese simulacije, potem so tudi izhodni podatki naključni in rezultati posameznih izvajanj simulacije so ocene meritev učinkovitosti simulacije. Izhodi simulacije niso neodvisni in opazovanja niso identično porazdeljena, kar žal pomeni, da klasične statistične tehnike niso direktno uporabne za analizo simulacijskih izhodov.

Simulacijske eksperimente običajno izvajamo tako, da primerjamo dva ali več modelov med seboj. Ko primerjamo končno število in majhno količino modelov med seboj, uporabljamo statistične metode razvrščanja (angl. ranking) in izbiranja z večkratnim primerjanjem modelov. Cilj primerjave modelov (Banks, 1998, str. 274) je lahko združevanje modelov s podobno učinkovitostjo in eliminiranje očitnih, manjvrednih igralcev (angl. screening problems). Iskanje sistema z najmanjšo ali največjo učinkovitostjo imenujemo problem izbire najboljšega. Modele lahko primerjamo tudi na način, da iščemo najboljši sistem, kjer njegova učinkovitost presega vnaprej izbran in fiksen standard učinkovitosti. Prav tako lahko primerjamo tudi alternativne sisteme s trenutnim sistemom. Modele lahko primerjamo tudi z iskanjem parametrov linearnega modela, ki ponazarjajo razlike med sistemi.

Simulacija logistike in transportnih sistemov ima vedno večji pomen v visoko razvitih industrijskih deželah za prevoz tovorov in potnikov. Ločimo pet vrst prevoza tovora in potnikov: avtomobilski prevoz, železnice, letalski prevoz, ladijski prevoz in cevovodni transport (Banks, 1998, str. 571). V okviru simulacije transporta je potrebno upoštevati vmesnike povezav med kupci, dobavitelji, proizvodno in servisno dejavnostjo. Načrtovanje, analiza in upravljanje logističnih in transportnih sistemov se izvaja z uporabo tehnike diskretno-dogodkovne simulacije.

3.1.3 Verjetnostne porazdelitve

Pri gradnji simulacijskih modelov sem uporabil normalno, log-normalno, trikotno in diskretno verjetnostno porazdelitev (Kleijnen et al., 1992) za modeliranje vhodnih podatkov simulacije. V nadaljevanju je vsaka izmed uporabljenih verjetnostnih porazdelitev na kratko opisana.

Normalna verjetnostna porazdelitev je določena s srednjo vrednostjo (μ) in standardno deviacijo (σ). Linearna normalna distribucija je določena v obliki zvonca, ki je centrirana okrog srednje vrednosti s polovično dolžino za štiri dolžine standardne deviacije. Napaka ali negotovost je lahko manjša ali večja od srednje vrednosti. Negotovost povprečne vrednosti je pogosto predstavljena z normalno distribucijo. Primer uporabe normalne verjetnostne porazdelitve je modeliranje mase odpadkov, ki jo dnevno proizvedejo prebivalci na nekem geografskem področju.

Log-normalna verjetnostna porazdelitev je porazdelitev, ki se jo uporablja za opis količine, pri čemer je funkcija logaritma vrednosti normalno porazdeljena. Običajna uporaba log-normalne porazdelitve je za predstavitev fizičnih količin, ki morajo biti nenegativne in pozitivno ukrivljene. Log-normalna porazdelitev je opredeljena s srednjo vrednostjo in standardno deviacijo. V našem konkretnem primeru jo uporabljamo za poskus predstavitve vhodnih količin odpadkov, ki se dnevno ustvarijo.

Trikotna verjetnostna porazdelitev je določena s tremi parametri, ki so: najmanjša vrednost, najbolj verjetna vrednost in največja vrednost. Primer uporabe trikotne verjetnostne porazdelitve je pri modeliranju vhodnih parametrov hitrosti vozila.

Diskretna porazdelitev omogoča, da določimo verjetnost nastopa diskretnega parametra. Vsaki diskretni vrednosti je prirejen diskretni parameter. Nastop diskretnega parametra je določen z neko verjetnostjo nastopa. Vsota vseh verjetnosti mora biti 1. Diskretno porazdelitev običajno uporabljamo v primeru, ko imamo manjše število diskretnih parametrov, ki prikazujejo možnost nastopa določenega pogoja. Primer uporabe diskretne porazdelitve je pri določanju verjetnosti nastopa določene vrste in velikosti zabojnika na nekem kontejnerskem mestu.

V nadaljevanju so predstavljene verjetnostne porazdelitve opisane na konkretnih primerih uporabe znotraj simulacijskega modela.

3.2 PREGLED SIMULACIJSKIH PROJEKTOV

Tako kot za vsako projektno delo je tudi za simulacijo ključnega pomena vodenje projekta, izdelan načrt in komuniciranje podrobnosti ekipi (Robinson, 1994). Za uspešno izvedbo simulacijskega projekta je potrebno poznavati osnove simulacije in izbiro pravih virov. Potrebno je dobro poznati ključne faze v študiju simulacije. Upoštevati je treba tudi, da se projekt simulacije zaključi v predvidenih časovnih in finančnih okvirih.

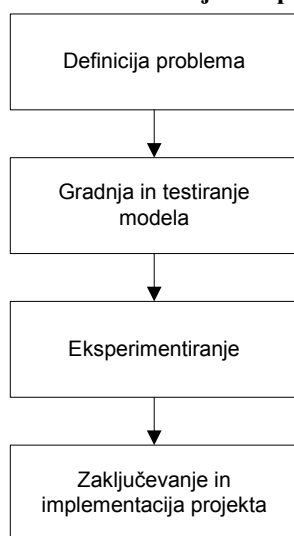
3.2.1 Faze v projektu simulacije

V projektu simulacije so štiri glavne faze (Robinson, 1994). Prva faza je definicija problema, kjer gre za razumevanje problema in oblikovanje pristopa k reševanju. Druga faza je gradnja

modela in testiranje, kjer je potrebno model zgraditi in testirati z namenom, da model predstavlja realni svet pravilno. Pri tretja fazi eksperimentiranja je potrebno testirati predlagane metode za doseg ciljev projekta in analizirati rezultate. Med eksperimentiranjem se analizirajo nove ideje in izvaja se nadaljne eksperimente. Zadnja faza je zaključek projekta in implementacija, kjer simulacijski projekt zaključimo z implementacijo.

Na spodnji sliki so grafično predstavljene faze v simulacijskem projektu.

Slika 1: Faze v simulacijskem projektu



Vir: Robinson, 2004, str. 29

Proces izvedbe simulacijskega projekta je iterativen, saj se ne izvajajo vedno samo te štiri faze od zgoraj navzdol, ampak se lahko vračamo tudi na prejšnje korake. Celoten proces lahko večkrat ponovimo.

3.2.2 Modeliranje

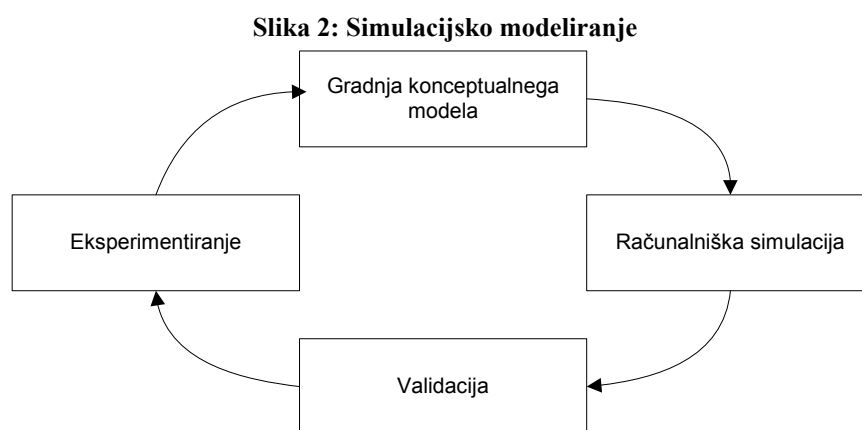
Eden izmed najbolj ključnih delov simulacijskega projekta je postopek modeliranja, ki je običajno sestavljen iz štirih nalog (Pidd, 1998). Prva naloga je gradnja konceptualnega modela. Analitik poskuša zajeti ključne funkcionalnosti sistema, ki ga modeliramo. Ključna sta dva faktorja: metoda, ki jo uporabimo pri simulaciji in eksperimentalni okvir, ki določa množico pogojev, ki so uporabljeni znotraj simulacijskega modela.

V drugem koraku naredimo računalniško implementacijo v predhodni fazi zgrajenega konceptualnega modela. Obstajajo programski paketi, ki so namenjeni za simulacije kot je npr. GoldSim, ki sem ga uporabil v nalogi. Lahko pa si tudi sami sprogramiramo model v poljubnem programskem jeziku, pri čemer so dobrodošle knjižnice s funkcijami, ki so specifične za simulacijo. V primeru programiranja modela je priporočljiv trifazni model A-B-C (Pidd, 1998).

Tretja naloga je validacija modela. Validacija je proces, ko izvajalec in naročnik potrdita, da je model pravilen.

Četrta naloga je proces eksperimentiranja, kjer uporabo modela definiramo kot eksperimentiranje modela. Model smo zgradili z namenom, da lahko izvajamo eksperimente na njem. Računalniške simulacije nam olajšajo eksperimentiranje simulacijskega modela.

Na spodnji sliki so predstavljene naloge simulacijskega modeliranja in njen potek.



Vir: Pidd, 1998, str. 31

3.2.3 Časovne točke v simulaciji

Težko je določiti čas za izvedbo simulacijskega projekta. Izkušnje kažejo, da tipičen projekt simulacije traja med enim do dveh mesecev za izvedbo (Robinson, 1994).

Splošne smernice, ki jih je potrebno upoštevati pri času izvedbe simulacijskega projekta (Robinson, 1994) so: velikost modela, kompleksnost modela in čas eksperimentiranja. Večino časa se izvaja izgradnja modela in eksperimentiranje. Vsekakor sta pomembna tudi definicija problema in dokončanje projekta.

3.2.4 Komuniciranje plana

Pomembno je, da se izvaja komunikacija med projektno skupino in izbranimi ravnatelji (Robinson, 1994). Predvsem je potrebno, da se predstavi in sprejme faze projekta simulacije in določi časovne okvire. Nujno je, da se določi realna pričakovanja udeležencev v simulacijskem projektu, kaj lahko pričakujejo od samega projekta simulacije.

Izkušnje kažejo, da ljudje nestrpno pričakujejo zgodnje rezultate, kar ni napačno, vendar ne smemo postaviti niti preveč optimističnih niti preveč pesimističnih časovnih okvirov izvedbe simulacijskega projekta.

Med izvajanjem projekta je potrebno redno revidirati rezultate simulacijskega projekta in stalno komunicirati napredovanje projekta. Previdnost je potrebna, da se izognemo neuspešnosti projekta. Bolje je, da obvestimo naročnike projekta, da bodo rezultati projekta zamujali kot da poskušamo to prikriti.

3.3 SIMULACIJSKA ORODJA

3.3.1 Kriteriji za izbor primernega orodja

V idealnem svetu bi bilo možno sproducirati seznam vseh možnih opcij pri implementaciji simulacije na računalniku (Pidd, 1998). Seznam najboljših izdelkov za simulacije ni smiselno izdelati zaradi več razlogov. Prvi je ta, da se izdelki na trgu nenehno spreminjajo. Drugi razlog je, da ima večina uporabnikov računalniških simulacij svoje posebnosti pri izbiri izdelka in tretji je, da so nekatere opcije simulacijskih aplikacij primerna za specifična področja.

V simulacijskem orodju modeliramo obnašanje sistema kot množico logičnih akcij, ki povzročajo prehod sistema v določena stanja. Simulacijski jezik mora omogočati čim lažjo formulacijo systemske logike in njenih rezultatov stanj. Sodobna simulacijska orodja spodbujajo, da uporabnik razmišlja o samem problemu in ne o tehnikah programiranja. Idealni program je program, ki je opis nalog, ki jih samo simulacijsko orodje poskuša čim optimalneje izvesti. Uporablja se programske jezike, ki so problemsko-orientirani. Uporabnik lahko sam napiše program ali pa uporabi vizualno interaktivno modeliranje sistema kot je to možno npr. z orodjem GoldSim.

Ključno vlogo pri izbiri programskega paketa za implementacijo simulacijskega modela in izvajanje simulacije ima tip področja uporabe. Večina načrtovalcev poskuša ustvariti izdelke, ki so splošno uporabni, vendar se v praksi izkaže, da težko dosežejo ta cilj. Napačno razmišljanje je, da obstaja en izdelek, ki je primeren za vse tipe proizvodnje ali storitvene dejavnosti. Seveda se lahko izdelek, ki je namenjen določenemu področju, uporablja tudi zunaj domene, za katero je bil izdelan. Rutinske simulacije so najhitreje narejene z uporabo simulacijskih orodij, saj je pisanje lastnih simulacij časovno zelo potratno in se uporablja samo v skrajnosti, če ne obstaja primernega, že narejenega simulacijskega orodja.

Pri izbiri simulacijskega orodja je potrebno upoštevati tudi pričakovanja končnega uporabnika. Če simulacijo izvaja uporabnik, potem je ključnega pomena, da je aplikacija prijazna do uporabnika. Pomembno je tudi, ali se simulacijo izvede samo nekajkrat ali se jo izvaja večkrat, za daljša časovna področja. Proizvajalci simulacijskih orodij ponujajo dražje razvojne verzije paketov (npr. GoldSim) in cenejše pakete, ki so namenjeni samo izvajanju simulacijskih modelov (npr. GoldSim Player).

Zavedati se je potrebno, da je pri izbiri simulacijskega paketa pomembna tudi podpora izdelku tako iz strani uporabnika znotraj podjetja kot iz strani prodajalca. Pri planiranju nakupa simulacijskega orodja je potrebna standardizacija in konsistentnost v želji po minimiziranju stroškov lastništva programske opreme. Simulacijska orodja zasedajo tržno nišo v programski industriji, saj se prodajajo v majhnih nakladah. Pravo podporo lahko ponujajo le nekateri distributerji simulacijskih paketov, kar je za nekatere organizacije zelo pomembno za dolgoročne investicije v simulacijske projekte.

Nenazadnje je pri izbiri simulacijskega paketa pomembna tudi cena. Nobene garancije ni, da so najdražji izdelki bolj primerni za simulacijske projekte kot cenejši. Nabavna cena je edini element pri nakupu simulacijskega programa. Če z dražjim izdelkom dramatično zmanjšamo čas razvoja in implementacije pravilne simulacije, potem je mogoče vredno plačati za izdelek višjo ceno. Večina ponudnikov dražjih izdelkov lahko prikaže praktično uporabo sposobnosti simulacijskega paketa, ki ga ponujajo. Pri nakupu simulacijskega paketa je potrebno upoštevati tudi stroške vzdrževanja simulacijskega orodja, kjer vsa podjetja ne potrebujejo obsežno podporo.

3.3.2 Orodje GoldSim

GoldSim je orodje za dinamično, verjetnostno simulacijo. Simulacija je definirana kot proces izgradnje modela obstoječega ali predlaganega sistema z namenom identificirati in razumeti faktorje, ki nadzorujejo sistem in lahko tudi za napovedovanje obnašanje sistema v prihodnosti. Simuliramo lahko vsak model, ki ga lahko kvantitativno opišemo z uporabo matematičnih enačb ali pravil. Cilj modeliranja sistema s simulacijo je razumevanje različnih načinov razvoja sistema, za načrtovanje finančnih in ekoloških performans ter za določitev, kako lahko vplivamo na izhod sistema.

Metodologija GoldSim orodja je načrtovana z namenom podpore širokega spektra aktivnosti planiranja in aktivnosti za podporo odločanju, od strateškega nivoja vse do podrobnejšega operativnega nivoja. Cilj GoldSim metodologije je večanje moči ljudi, ki se odločajo, da izberejo pravilno strategijo, ki jim ponuja največjo uspešnost simulacijskega projekta.

Metodologija GoldSim ima več ključnih komponent in metodologij. Potrebno je definiranti jasne cilje. V naslednji fazi sledi dekompozicija modela, integracija posameznih delov sistema v celoten sistem. Uporablja se pristop od zgoraj navzdol, kjer celoten problem razdelimo na več manjših in vsakega izmed teh manjših delov rešujemo posamezno, kar naredi model lažje obvladljiv. Pri izgradnji modela se pojavljajo negotovosti, ki jih lahko eksplicitno predstavimo v modelu. Orodje GoldSim omogoča izvajanje računalniških simulacij, ki so dinamične.

Rezultate modela je potrebno komunicirati naročniku. Orodje GoldSim je močna in fleksibilna platforma za vizualizacijo in numerično simuliranje poljubnega sistema. Simulacijsko okolje je

grafično in objektno-orientirano. Simulacija je lahko močno orodje za razumevanje in upravljanje kompleksnih sistemov.

Simulacijsko ogrodje GoldSim nudi veliko prednosti uporabniku. Orodje GoldSim je prijazno za uporabnika in uporablja grafično okolje. Orodje GoldSim je zelo fleksibilno, saj ga lahko uporabimo za najrazličnejše vrste sistemov. Eksplicitno lahko predstavimo negotovost v procesih, parametrih in prihodnjih dogodkih. Orodje je razširljivo z možnostjo povezovanja z zunanjimi programi in specializiranimi knjižnicami ali preglednicami direktno znotraj GoldSim modela. Orodje GoldSim olajša izgradnjo predstavitev modela.

Načrtovalcem sistema nudi orodje GoldSim veliko prednosti. Omogoča ocenjevanje alternativnih strategij, identificiranje in upravljanje s tveganjem, maksimiziranje finančnih performans in zagovor izbrane strategije pred občinstvom.

Orodje GoldSim nam omogoča ocenjevanje alternativnih strategij brez potrebe, da bi eksperimentirali na realnem sistemu. Na realnem sistemu so lahko stroški eksperimentiranja ekstremno visoki. Zgodi se lahko, da je eksperimentiranje na realnem sistemu lahko časovno zelo potratno. V skrajnem primeru se lahko tudi zgodi, da je eksperimentiranje na realnem sistemu nemogoče izvesti.

Če povzamemo, je glede na zgoraj navedene kriterije orodje GoldSim primerno za izdelavo simulacijskih modelov v pričujočem delu, ker zelo dobro pokriva področje ekonomskih in finančnih simulacij in je hkrati splošno orodje za najrazličnejša področja uporabe. Primerno je za izvajanje zveznih simulacij, hkrati ima podporo tudi za diskretne simulacije. Orodje GoldSim je prijazno za uporabnika in hkrati nudi močno podporo pri razširljivosti z možnostjo povezave na zbirke podatkov in lastne programske komponente, kar je primerno za zahtevnejše uporabnike. Iz cenovnega vidika je izdelek med najcenejšimi primerljivimi, za izvajanje simulacij nudijo brezplačno različico aplikacije. In nenazadnje je podpora izdelku podprta z nadgradnjami aplikacije, nudijo tudi izobraževanja in prirejajo redna srečanja uporabnikov.

3.4 GRADNJA KONCEPTUALNEGA MODELA

Pri izdelavi simulacijskih modelov sem uporabljal prej navedeno metodologijo in smernice. Bistveno je razumevanje poslovanja komunalnega podjetja, ki je podrobneje razloženo v literaturi, iz katere smo črpali konkretne podatke za izgradnjo modela (Kravos, 2002).

Najpomembnejši del pri izdelavi simulacije je konceptualni model. Gradnja dobrega konceptualnega modela vključuje fazo analize, katere rezultat je dekompozicija sistema. Dekompozicija sistema opisuje povezave med podsistemi, ki definirajo ključne komponente sistema, razmerja in odnose med komponentami in mehanizme povratnih informacij. Tipični rezultat dekompozicije je diagram odvisnosti (angl. influence diagram), ki prikazuje konceptualno sliko sistema, njegove glavne komponente in interakcije med njimi.

4 MODEL RAVNANJA S KOMUNALNIMI ODPADKI

Odpadki so tema, ki jo potrošniško usmerjena družba skoraj ne zaznava in praktično nima vrednosti pri potrošnikih. Dejstvo je, da vse človeške aktivnosti ustvarjajo odpadke. Komunalni odpadki nastajo pri pridobivanju surovin, v procesu proizvodnje in pri uporabi izdelkov. Velika količina odpadkov nastaja v kmetijstvu in pri rudarjenju. Posamezniki, podjetja in okoljske organizacije imajo odgovornost iskati možnosti minimiziranja ustvarjanja odpadkov, kontrolirati škodljive emisije odpadkov, reciklirati material in vire energije iz tokov odpadkov in odlagati odpadke na način, da se zaščiti zdravje človeka in minimizira degradacijo okolja (Rhyner et al., 1995).

Študij procesov znotraj sistema ravnanja z odpadki vključuje znanstvene, tehnične in ekološke vidike. Znanstveni koncepti so potrebni za razumevanje delovanja procesa ravnanja in upravljanja z odpadki in razumevanje vplivov na okolje zaradi odlaganja in disperzije odpadkov. Razumevanje znanstvenih in tehničnih znanj ni dovolj za vzpostavitev učinkovite politike ravnanja z odpadki, za kar so potrebna še znanja iz socioloških znanosti, vključujoč ekonomijo, politično znanost in pravna znanja.

Problemi povezani z ravnanjem z odpadki so visoko na seznamu okoljski zadev za javnost, predvsem v visoko razvitih državah. V zadnjih letih se je po svetu zgodilo veliko nesreč, ki so dvignile skrb javnosti za okoljsko problematiko. Kljub povečanju zaščite varovanja in izboljšanju kvalitete okolja, še ostaja veliko izzivov na področju ravnanja z odpadki. Potrebno bo narediti strateške odločitve in težke izbire z namenom vzdrževanja in obnavljanja zdravja ekosistema iz strani posameznikov, podjetij, industrije in državnih institucij. Svetovno prebivalstvo se nenehne povečuje. Ocenjuje se, da bo do leta 2025 globalna populacija dosegla število od 8 do 10 milijard ljudi (Rhyner et al., 1995). Torej bodo ključne odločitve, ki bodo izboljšale prakse ravnanja z odpadki in vodile k racionalni izrabi naravnih virov.

4.1 MODEL ODVOZA KOMUNALNIH ODPADKOV

Problem ravnanja z odpadki je obstajal že odkar je človek prešel iz lovca in nabiralca v skupnost, kjer so se ljudje stalno naseljevali na nekem območju. V stalno naseljenih skupnostih je bila primarna skrb pri ravnanju z odpadki nadležnost odpadkov in potencialni vpliv odpadkov na zdravje naseljencev. Tehnološke inovacije pri gradnji hiš so omogočile odstranitev odpadkov od direktnega stika z ljudmi, kar se je najprej pojavilo v Indiji, Egiptu in Kitajski v tretjem in drugem stoletju pred našim štetjem. Prva odlagališča odpadkov so nastala v Atenah petsto let pred našim štetjem. Industrijska revolucija s kopičenjem množic prebivalstva v večjih mestih je problem ravnanja z odpadki eskalirala. Potrebni so bili kolektivni pristopi pri razvoju storitev za zdravstvene ukrepe. Pozno devetnajsto in zgodnje dvajseto stoletje je bilo priča vpeljavi več vrstam mestnih storitev za reševanje higijenske problematike mesta. Pojavile so se storitve zbiranja odpadkov, čiščenja ulic in upravljanja z odpadnimi vodami.

4.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z odpadki

Eno najslabše urejenih področij varstva okolja v Sloveniji je bila normativna ureditev ravnanja z odpadki. Odpadki so pomemben vir onesnaževanja in ogrožanja vseh sestavin okolja. Celovit sistem ravnanja z odpadki je urejal Zakon o ravnanju z odpadki (Kovačič, 2001) (Uradni list SRS, št. 8/78). V tem zakonu je bila vpeljana zaveza, da je potrebno preprečevati in omejevati nastajanje odpadkov, skrbeti za ponovno uporabo odpadkov ter da je potrebno z odpadki ravnati smotrno, neškodljivo in primerno okolju. Zakon je obravnaval vse vrste odpadkov, razen radioaktivnih ter odpadkov iz vojne industrije.

Temelje nove ureditve ravnanja z odpadki je postavil leta 1998 sprejet Pravilnik o ravnanju z odpadki (Ur.l.RS št. 84/98) kot osnovni predpis o ravnanju z odpadki (Kovačič, 1999). Pristop do odpadkov se je obogatil s sprejetjem cele vrste predpisov, ki so nastali zaradi potrebe po doseganju ciljev glede ravnanja z odpadki. Predpisal je zmanjšanje nastajanja nevarnostnega potenciala odpadkov na izvoru, povečanje snovne in energetske izrabe odpadkov ter zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, vzpostavitev učinkovitega sistema ravnanja z odpadki in postopna odprava starih bremen. Upoštevana je bila tudi zakonodaja Evropske unije, saj se Slovenija z odločitvijo, da se vključi v EU zavezala, da bo prevzela in uveljavila njeno zakonodajo tudi na področju ravnanja z odpadki.

Temeljna načela ravnanja z odpadki (Kovačič, 2001) so reševanje problematike v izvoru, načelo preventive, ločeno zajemanje snovnih tokov odpadkov, načelo vračanja naravi, racionalnost in postopnost vzpostavitve mreže objektov in naprav, ki so namenjene ravnanju z odpadki, racionalnost ravnanja s prostorom, varovanje naravnih in kulturnih vrednot, načelo inertizacije odloženih odpadkov, saniranje neurejenih odlagališč in starih bremen. Z uveljavitvijo teh načel se bodo lahko v slovenskem prostoru udejanjila temeljna načela iz zakona o varstvu okolja, preprečila nastajanje novih okoljskih bremen za prihodnje generacije in dosegla zaželeno cilje.

Odpadki so naša stvarnost in z njihovim negativnim učinkom se moramo soočiti ter ga čim bolje reševati. Predpisi, ki so nastali na državni ravni, kakor tudi tisti, ki so nastali v lokalnih institucijah, skušajo ustvarjati obvladljive sisteme ravnanja z odpadki, ki pa brez realne podpore in ustvarjanja ekološke zavesti prebivalstva ne bodo dosegli svojega cilja.

Pravilnik o ravnanju z odpadki (Ur.l.RS 84/98) je glavni predpis, ki okvirno ureja način ravnanja z odpadki (Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01, 13/03). Pravilnik definira vrste odpadkov s klasifikacijskim seznamom odpadkov. Predelava odpadkov je eden izmed načinov ravnanja z odpadki, ki velja za najbolj primeren in ustrezen način ravnanja z odpadki z vidika koristne uporabe in zmanjšanja odpadkov ter varstva okolja. Mešanje med seboj različnih skupin nevarnih odpadkov ali nevarnih in nenevarnih odpadkov ni dovoljeno niti zbiralcem niti predelovalcem niti odstranjevalcem odpadkov. Pravilnik določa, da začasno skladiščenje odpadkov je skladiščenje odpadkov zaradi ustreznega zbiranja na kraju njihovega nastajanja pred zagotovitvijo predelave ali odstranitve. Odpadki, ki se zbirajo, prevažajo ali skladiščijo, morajo biti pakirani tako, da niso mogoči škodljivi vplivi na okolje.

Pravilnik neposredno ne ureja prevoza nevarnih odpadkov, ampak se usmerja na predpis, ki ureja prevoz nevarnih snovi. Prevoznik odpadkov je oseba, ki skladno s predpisi opravlja dejavnost prevažanja odpadkov drugih imetnikov. Imetnik odpadkov je lahko povzročitelj odpadkov ali oseba, ki ima odpadke v posesti. Povzročitelj odpadkov je oseba, katere dejavnost ali delovanje povzroča nastajanje odpadkov in vsaka oseba, ki opravlja mešanje odpadkov ali druge predhodne postopke, ki spreminjajo lastnosti ali sestavo teh odpadkov. Uvoznik odpadkov (enako velja za večje povzročitelje odpadkov) mora zagotoviti, da pošiljko odpadkov, ki se jo uvaža v območje Republike Slovenije, spremlja evidenčni list o ravnanju z odpadki do odstranjevalca ali predelovalca odpadkov. Zbiralec odpadkov je oseba, ki v skladu s predpisi kot dejavnost opravlja zbiranje določene vrste odpadkov.

Za predelavo odpadkov je značilno, da je namenjena koristni uporabi odpadkov ali njihovih sestavin in zajema predvsem reciklažo odpadkov za predelavo v surovine in vnovično uporabo odpadkov ter uporabo odpadkov kot gorivo v kurilni napravi ali industrijski peči ali uporabo odpadkov za pridobivanje goriva. Odstranjevalec odpadkov je oseba, ki odstranjuje odpadke ne glede na to, ali je njihov povzročitelj ali pa odstranjuje odpadke za druge imetnike. Posrednik je oseba, ki skladno s predpisi opravlja posredništvo pri zagotavljanju predelave ali odstranjevanja odpadkov drugih imetnikov.

Pravilnik definira tudi javne službe na področju ravnanja z odpadki. Javne službe na področju ravnanja z odpadki spadajo med gospodarske javne službe. Z gospodarskimi javnimi službami se v skladu z določili Zakona o gospodarskih javnih službah (Uradni list RS, št.32/93 in ZVO Ur.l.RS 39/06-149. člen) zagotavljajo materialne javne dobrine kot proizvodi in storitve, katerih trajno in nemoteno proizvajanje v javnem interesu zagotavlja Republika Slovenija oziroma občina ali druga lokalna skupnost zaradi zadovoljevanja javnih potreb, kadar in kolikor jih ni mogoče zagotavljati na trgu. Pravilnik tudi ureja vodenje evidenc oseb, ki se ukvarjajo z ravnanjem z odpadki.

4.1.2 Število in velikost zabojnikov

V uporabi je veliko vrst posod za zbiranjem komunalnih odpadkov in frakcij. Posode se razlikujejo po obliki, velikosti, sestavi materialov in sami zasnovi. Posode so last uporabnikov ali se štejejo v osnovna sredstva pooblaščenih podjetij, ki so izvajalci dejavnosti zbiranja in odvoza komunalnih odpadkov.

Na območju, kjer zbiramo odpadke, je potrebno namestiti določeno število zabojnikov ustreznega volumna. Število zabojnikov in velikost zabojnikov je odvisno od števila prebivalcev na območju, pogostosti odvoza odpadkov, vrste odpadkov, količine odpadkov za vsako vrsto odpadka posebej in dejavnosti, ki se izvaja na območju (stanovanja, poslovni prostori, kmetijska zemljišča...).

Potrebno število zabojnikov določene prostornine lahko izračunamo po naslednjem obrazcu (Zore, 1994, str. 21):

$$N_v = \frac{P * q}{p * V}, \text{ kjer je}$$

N_v ... število posod določene prostornine,

P ... število prebivalcev,

p število praznenj na leto za posamezno vrsto posod,

V ... volumen posode.

Pogostost praznenja posod je priporočljiva dvakrat tedensko v poseljenih območjih, da preprečimo neprijetne vonjave.

4.1.3 Zbirne in transportne poti

Odvoz komunalnih odpadkov in ločeno zbranih frakcij je osrednji element v sistemu gospodarjenja z odpadki. Problemi zbirnih in transportnih poti spadajo med najtežje probleme pri načrtovanju in optimizaciji gospodarjenja z odpadki (Zore, 1994). Osnovni cilj določanja zbirnih in transportnih poti je zniževanje stroškov in povečevanje učinkovitosti delovne sile in delovnih strojev.

Pri preučevanju raznih scenarijev zbiranja in odvoza odpadkov je potrebno upoštevati več kriterijev. Potrebno je upoštevati stroške odvoza od nastajanja do odstranjevanja odpadkov. Oddaljenost zbirnih centrov od končnega odlaganja odpadkov za komunalne odpadke oziroma oddaljenost predelovalnih centrov za ločeno zbrane frakcije vpliva na izbiro scenarija. Potrebno je definirati vrste zbirnih vozil in opreme ter upoštevati še konceptualne zasnove odvoza odpadkov, značilnosti zbirnih območij, predvsem prometno ureditev. Na preučevanje scenarijev vpliva tudi učinkovitost osebja, ki izvaja dejavnost zbiranja in odvoza odpadkov in ekološka ozaveščenost povzročiteljev odpadkov (Kovačič, 1999).

Za vsako vrsto odvoza (kontejnerski, kontejnerski z dodatnih kontejnerjem, klasični način zbiranja, prekatni odvoz za ločeno zbrane frakcije) je potrebno izvesti analizo. Kontejnerski odvoz (Zore, 1994) je odvoz odpadkov, kjer posebno vozilo natovori kontejner iz zbirnega mesta, ga odpelje na odlagališče odpadkov, sprazni kontejner in ga odpelje nazaj na isto zbirno mesto. Postopek se ponovi za vsako zbirno mesto. Kontejnerski način odvoza je značilen za odvoz kosovnih odpadkov. Za odvoz ločeno zbranih frakcij ni značilen.

Kontejnerski odvoz z dodatnim kontejnerjem (Zore, 1994) je odvoz, kjer posebno vozilo pripelje na lokacijo prvega kontejnerja prazen kontejner, ga odloži, polne odpelje na odlagališče odpadkov, ga sprazni in prazni kontejner odpelje iz odlagališča na lokacijo naslednjega kontejnerja. Za vsako zbirno mesto se postopek ponovi. Kontejnerski odvoz z dodatnim kontejnerjem se uporablja večinoma za odvoz kosovnih odpadkov. Od kontejnerskega odvoza brez dodatnega kontejnerja se razlikuje po tem, da je opravljena razdalja krajša in s tem se

zmanjšajo stroški odvoza. Po drugi strani pri odvozu z dodatnim kontejnerjem potrebno imeti dodaten kontejner, ki rahlo poveča stroške odvoza. Praktičen primer je zbiranje z žerjavom, ki je primerno tudi za roll, kjer se ocenjuje, da trije 5 m³ kontejnerji zapolnijo 14 m³ kontejner na žerjavu (Likon et al., 2003).

Klasični način zbiranja in odvoza odpadkov je način, kjer zbirno vozilo potuje po zbirnih območjih in prazni kontejnerje. Ko je vozilo polno, odpelje zbrane odpadke na odlagališče odpadkov. Ko se vozilo izprazni, se vrne na naslednje zbirno mesto, kjer nadaljuje z zbiranjem in odvozom odpadkov. Primerno je za odvoz komunalnih odpadkov in ločeno zbranih frakcij.

Pri določanju dopustnih rešitev je potrebno upoštevati omejitve, ki veljajo. Dopustno rešitev omejuje obstoječa politika izvajanja dejavnosti, ki je zakonsko določena s predpisi. Pomembna omejitev je najmanjši nivo oskrbe, ki je odvisen od lokacije zbirnih posod in frekvence odvoza. Nenazadnje je omejitveni kriterij tudi tehnična omejitev za delovanje sistema, kar je odvisno od vrste vozil, od delovnih ekip, razdelitve območij, načina zbiranja odpadkov in vrste odpadkov. Za vsako zbirno območje je potrebno upoštevati navedene kriterije in omejitve. Praktičen primer je zbiranje in odvoz odpadkov pri roll vozilih z uporabo prekatov, s katerimi dosežemo zbiranje več frakcij naenkrat (Likon et al., 2003). Upoštevati je potrebno neke najmanjše nivoje nudenja storitev povzročiteljem odpadkov.

4.1.4 Finančni kazalnik EVA (Economic Value Added)

EVA (angl. Economic Value Added) je finančni kazalnik, ki se osredotoča na učinkovitost upravljanja v izbranem letu (Brigham, 2001, str. 58). Osnovna formula sledi v nadaljevanju.

$EVA = NOPAT - (\text{After tax dollar cost of capital used to support operations})$, kjer NOPAT pomeni Net operating profit after taxes.

$EVA = EBIT(1 - \text{Corporate tax rate}) - (\text{Operating capital})(\text{After-tax percentage cost of capital})$, kjer EBIT pomeni Earnings before interest and taxes (EBIT, or operating income).

EVA je ocena realne poslovne vrednosti dobička za leto in se precej razlikuje od računovodskega dobička. EVA predstavlja preostanek prihodka, ki ostane po stroških celotnega kapitala, vključno s kapitalskimi pravicami. Kapitalske pravice je oportuniteta, da bi lahko vlagatelj investiral sredstva nekam drugam, namesto da priskrbi kapital podjetju. Kapitalska pravica je povrnitev sredstev, ki bi jo lahko vlagatelj zaslužil z vlaganjem drugam z enako stopnjo tveganja. Ta strošek je oportunitetni strošek in ne računovodski strošek.

Ko se izračunava EVA ne odštevamo amortizacije. Amortizacija je strošek in se ga odšteje, ko se določa neto prihodke in kazalnik EVA. Kalkulacija predpostavlja, da je realni strošek amortizacije osnovnih sredstev podjetja enak amortizaciji, ki se uporablja v računovodstvu.

EVA je dober kazatelj do kakšne mere je podjetje dodalo vrednost investiciji vlagatelja v podjetje. Ravnatelji, ki se osredotočajo na EVA, delujejo na način, ki je konsistenten z maksimiziranjem investicij vlagatelja. EVA se lahko izračunava za posamezne oddelke in za podjetje kot celoto. EVA se vedno več uporablja za določanje uspešnosti ravnateljev tako na nivoju posameznih oddelkov kot na nivoju celotnega podjetja.

4.1.5 Finančni kazalnik ROE (Return Of Equity)

Najbolj pomembno računovodsko razmerje za merjenje razmerja dobička je razmerje med neto prihodki in skupnimi pravicami, ki se imenuje ROE (angl. Return Of Equity). Osnovni obrazec (Brigham, 2001, str. 101) je naslednji:

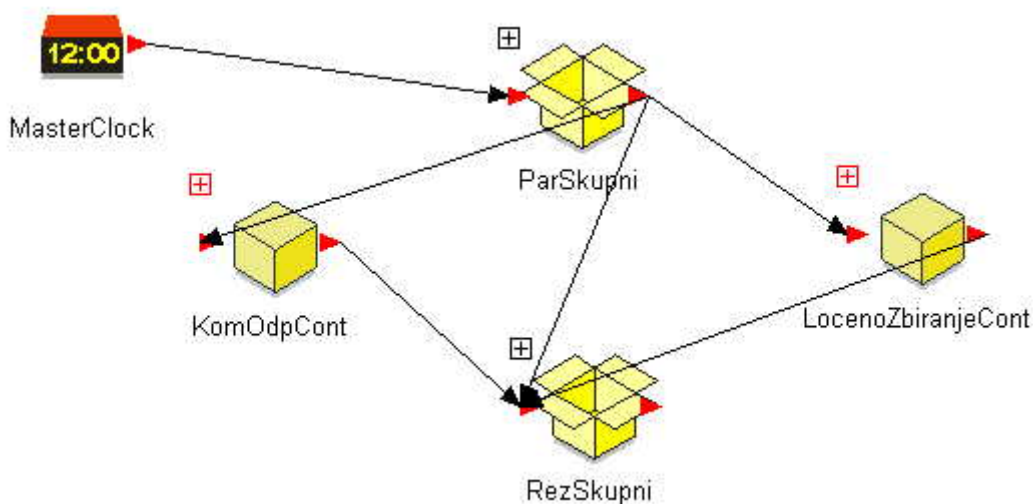
$$ROE = \frac{\text{Neto_prihodki}}{\text{Skupne_pravice}} [\%].$$

ROE pove, koliko se vlagatelju povrne investicija v podjetje iz računovodskega stališča. Industrijsko povprečje je cca 15%.

4.1.6 Shema konceptualnega modela ravnanja z odpadki

Konceptualni model odpadkov je sestavljen iz dveh podmodelov, ki so hkrati modeli. Prvi model je model komunalnih odpadkov, drugi model je model za ločeno zbrane frakcije. Oba modela imata skupne parametre, primerjava modelov je zajeta v rezultatih.

Slika 3: Konceptualni model odpadkov

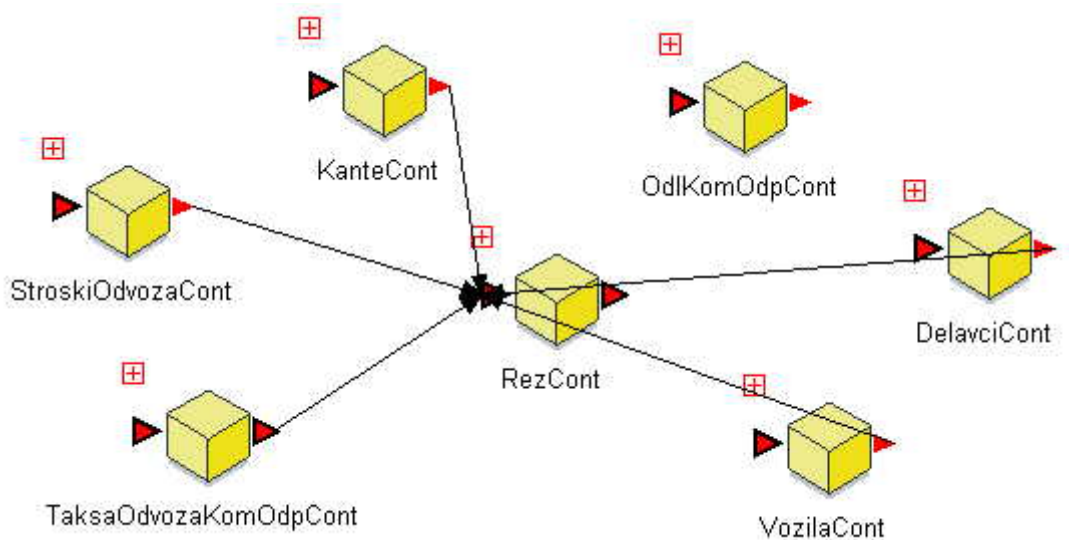


Vir: Lastni izračuni

4.1.7 Shema konceptualnega modela odvoza komunalnih odpadkov

Eden izmed podmodelov konceptualnega modela odpadkov je model odvoza komunalnih odpadkov, ki je sestavljen iz več delov. Model obravnava odlagališče komunalnih odpadkov, kjer je potrebno upoštevati zasip in takso na odlagališču odloženih odpadkov. Odvoz komunalnih odpadkov izvajajo delavci z delovnimi stroji. Pri opravljanju odvoza se praznijo zabojniki, ki so različnih velikosti.

Slika 4: Konceptualni model odvoza komunalnih odpadkov



Vir: Lastni izračuni

4.1.8 Parametri modela odvoza komunalnih odpadkov

Parametri modela zajemajo ekonomske in neekonomske parametre. Ekonomski parametri, ki se upoštevajo v modelu, je nabavna vrednost vozila, cena za prevožen kilometer, cena takse za odlaganje odpadkov, cenik prodaje odpadkov na kg, urna postavka delovne sile, urna postavka delovnih sredstev, cena enote zasipa komunalnih odpadkov, nabavna vrednost kontejnerja in cena enote goriva.

Cenik komunalnih storitev najdemo na Statističnem uradu Republike Slovenije v »Indeksu cen na drobno«. Cene komunalnih storitev najdemo tudi v študiji, ki jo je izvajal Zavod za zdravstveno varstvo Celje za Goriško regijo leta 2003. Seveda lahko cene komunalnih storitev pridobimo direktno od strokovnjakov na komunalnem področju v pogovorih in sestankih z njimi.

Med ekonomske parametre uvrščamo tudi parametre, ki so potrebni za finačna kazalnika EVA in ROE. Za izračun finančnega kazalnika EVA se uporablja znesek kapitala, stopnja stroška kapitala in stopnja davka. Za izračun finančnega kazalnika ROE se uporablja znesek kapitala in povprečna donosnost, s katero ga primerjamo.

Za podjetje Snaga je ključnega pomena dejavnost zbiranja, odvoza in odlaganja odpadkov, ki so v letu 2002 ustvarile 92,3 % celotnih prihodkov podjetja. Študija kaže, da izračunana »korigirana povprečna slovenska cena« za zbiranje, odvoz in odlaganje odpadkov iz gospodinjstev brez takse znaša 2338,17 SIT/m³, kar je za 85 % več od primerljive cene v Snagi (Tajnikar et al., 2003).

Neekonomski parametri, ki se uporabljajo znotraj modela je količina vseh odpadkov, ki se dnevno ustvarijo, dnevni delovni čas, število kontejnerjev dnevno, prevožena pot dnevno v kilometrih, sezonski faktor (Tabela 1), dnevni faktor, stopnja amortizacije vozil, stopnja amortizacije kontejnerjev, število delavcev, število vozil dnevno in poraba goriva med vožnjo v litrih.

Komunalni odpadki so sestavljeni iz papirja in kartona, stekla in keramike, kovin, umetnih mas, gume in kože, tekstila, lesa, slame in kosti, organskih odpadkov (ostanki hrane) in inertnih odpadkov. Količina in sestava komunalnih odpadkov se spreminja z geografsko lego, saj v mestih ustvari prebivalec dnevno več odpadkov kot prebivalec podeželja. Na podeželju so boljše uporabljene metode predelave odpadkov kot je npr. kompostiranje odpadkov (Likon et al., 2003). Odvisna je tudi od klimatskih razmer, kulturnih navad, izobrazbene strukture, socialnih pogojev življenja in sezonskih vplivov (Tabela 4). Razviti svet, ki predstavlja 15 % svetovnega prebivalstva in v katerega štejemo tudi Slovenijo, uporabi 80 % letno proizvedene energije in 80 % letne porabe surovin, kar predstavlja več kot 60 % globalnega onesnaževanja okolja (Škafar, 2005, str. 17).

V razvitem svetu proizvede človek dnevno od 1 do 3 kg komunalnih odpadkov. V Sloveniji ustvarja prebivalec dnevno približno 1,7 kg komunalnih odpadkov dnevno, kar jo uvršča med srednje razvite države (Škafar, 2005, str. 15). Komunalna podjetja, ki so v fazi organizacijskega in funkcionalnega preoblikovanja in prilagajanja zakonskih zahtevam skrbijo za odvoz in ravnanje z odpadki. V redni odvoz odpadkov je vključenih več kot 80 % prebivalcev, kar še ne dosega cilja 100 % vključenosti (Škafar, 2005, str. 28).

V Sloveniji je bilo leta 2002 v redni odvoz vključenih 1.820.193 prebivalcev oziroma 93 % prebivalcev, ki so po ocenah ustvarili 300 kg komunalnih odpadkov letno na prebivalca, kar znaša 550.000 t komunalnih odpadkov letno (ARSO, maj 2002). Statistični urad Republike Slovenije navaja, da je bilo leta 2004 v javni odvoz odpadkov vključenih 94 % prebivalcev, kar je 1.873.992 prebivalcev in je bilo zbranih 648.000 ton odpadkov, kar znaša 1,1 kg dnevno na prebivalca oziroma 1,0 kg dnevno na prebivalca, če upoštevamo celotno populacijo, tudi tiste, ki niso vključeni v sistem javnega odvoza (Statistični urad RS, 7.3.2006).

Za vsako vrsto delovnega sredstva (Tabela 1), ki se uporablja za odvoz komunalnih odpadkov, je navedena nabavna vrednost vozila, amortizacijska doba za vsako vrsto vozila, poraba goriva za dano vrsto vozila med vožnjo in med čakanjem, ko vozilo čaka na mestu, da se sprazni ali ko vozilo čaka, da se ga sprazni.

Tabela 1: Parametri delovnih sredstev za odvoz komunalnih odpadkov

Delovno sredstvo	Nabavna vrednost [SIT]	Število let	Poraba goriva med vožnjo [l/km]	Poraba goriva med čakanjem [litrov/uro]
Kontejnerski odvoz	17.000.000,00	5	0,25	10
Kontejnerski odvoz z dodatnim kontejnerjem	22.000.000,00	5	0,25	10
Klasični odvoz ²	27.000.000,00	5	0,35	15

Vir: Lastni izračuni

Za vsako vrsto delavca in za vsako vrsto delovnega stroja je navedena prodajna cena za opravljeno uro dela (Tabela 2).

Tabela 2: Cenik delovnih sredstev

Element	Cenik [SIT/uro]
Voznik kontejnerskega odvoza	3.000,00
Spremljevalec kontejnerskega odvoza	2.000,00
Voznik klasičnega odvoza	3.000,00
Spremljevalec klasičnega odvoza	2.000,00
Vozilo za kontejnerski odvoz	7.800,00
Vozilo za klasični odvoz	9.600,00

Vir: Lastni izračuni

Za vsako vrsto posode, ki se uporablja za odvoz komunalnih odpadkov, je navedena nabavna vrednost enega zabojnika in amortizacijska doba posode (Tabela 3).

Tabela 3: Nabavna vrednost in stopnja amortizacije kontejnerjev za komunalne odpadke

Tip posode	Nabavna vrednost [SIT]	Stopnja amortizacije [let]
Kosovni	175.000,00	5
Klasični	45.000,00	5

Vir: Lastni izračuni

Posebnost pri odvozu odpadkov je sezonski faktor, ki pove odstopanje mase produciranih in zbranih odpadkov glede na sezonska nihanja. Vrsta in količina odpadkov, ki jih proizvedemo v Sloveniji, je odvisna tudi od sezonskega faktorja (Škafar, 2005, str. 20). Dejstvo je, da se količina odpadkov bistveno spreminja med celotnim letom. Tipično največ odpadkov nastaja v

² Velja za smetarko.

toplejših mesecih, kadar je največ aktivnosti po vrtovih, pri gradnji objektov, izboljšavi domovanja in čistilnih akcij. Količina odpadkov se zmanjša v zimskih mesecih, saj se nivo aktivnosti zmanjša (Rhyner et al., 1995, str. 48-50). V simulaciji se uporablja sezonski faktor za vsak mesec posebej (Tabela 4).

Tabela 4: Sezonski faktor

Mesec	Sezonski faktor
Januar	0,8
Februar	0,8
Marec	1,0
April	1,2
Maj	1,2
Junij	1,0
Julij	1,0
Avgust	1,0
September	1,2
Oktober	1,2
November	1,0
December	0,8

Vir: Lastni izračuni

4.1.9 Rezultati modela odvoza komunalnih odpadkov

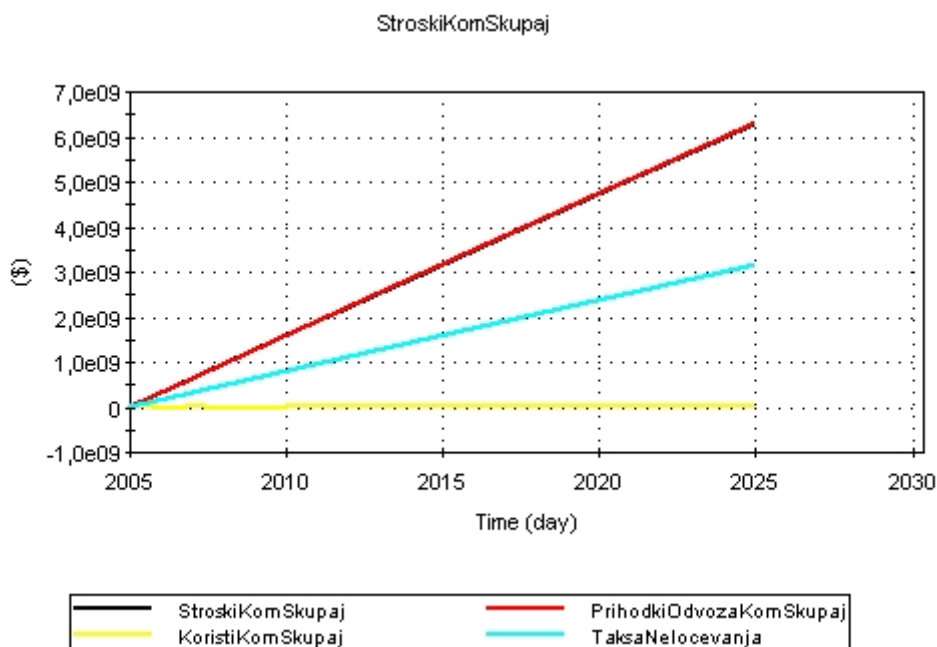
Simulacijo odvoza komunalnih odpadkov se je izvajalo za obdobje dvajsetih let od začetka leta 2005 do konca leta 2024. Opazovali smo stroške odvoza komunalnih odpadkov, finančni kazalnik EVA in finančni kazalnik ROE za odvoz komunalnih odpadkov. Prihodkov od prodaje zbranih komunalnih odpadkov ni, saj komunalne odpadke ne prodajamo. Edini vir prihodka za komunalne odpadke je financiranje iz sistema javnega odvoza komunalnih odpadkov, kjer komunalna podjetja uporabljajo sistem fakturiranja smetarine za financiranje opravljanja dejavnosti javnega odvoza komunalnih odpadkov (Kravos, 2002).

Stroški komunalnih odpadkov zajemajo vse stroške, ki nastajajo pri odvozu komunalnih odpadkov (Slika 5). Upošteva se stroške vseh delavcev, ki so zaposleni v sistemu javnega odvoza komunalnih odpadkov. Pri opravljanju odvoza je potrebno upoštevati tudi stroške uporabe vozil in njihovo amortizacijo. Običajno je lastnik posod komunalno podjetje, ki opravlja službo odvoza odpadkov, zato je potrebno v stroških odvoza upoštevati vsaj še amortizacijo kontejnerjev.

Med prihodke odvoza štejem prihodke odvoza komunalnih odpadkov brez prihodkov takse, ki je obračunana za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja komunalnih odpadkov na odlagališču. Stroški odvoza in takse za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov obremenjujejo povzročitelje odpadkov. Takso se odvaja državi, ki se vrne občinam za investiranje v okoljske

projekte. V našem modelu ne štejemo med prihodke takso, niti se jo ne upošteva pri ločenem zbiranju odpadkov, čeprav je vir sredstev za projekt vzpostavitve ločenega zbiranja odpadkov. Iz slike je razvidno, da komunalno podjetje posluje z majhnim dobičkom, saj so prihodki za malenkost višji od stroškov.

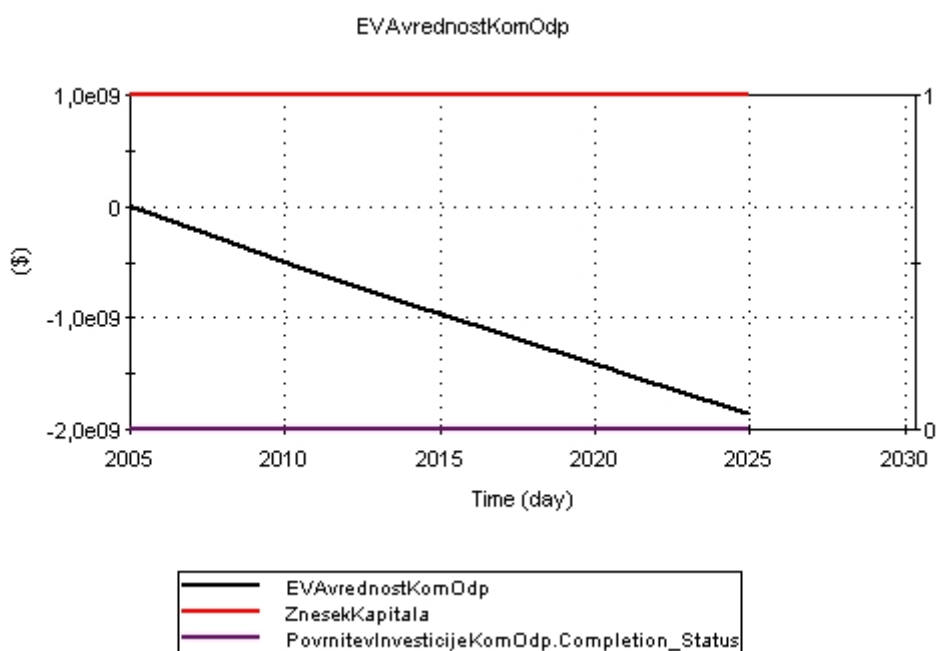
Slika 5: Skupni stroški komunalnega odvoza



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik EVA upošteva ekonomske koristi odvoza komunalnih odpadkov kot zneskovno vrednost, ki ga enostavno izračunamo kot razliko med prihodki in stroški odvoza (Slika 6). Razvidno je, da se investicija nikoli ne povrne glede na vloženi kapital.

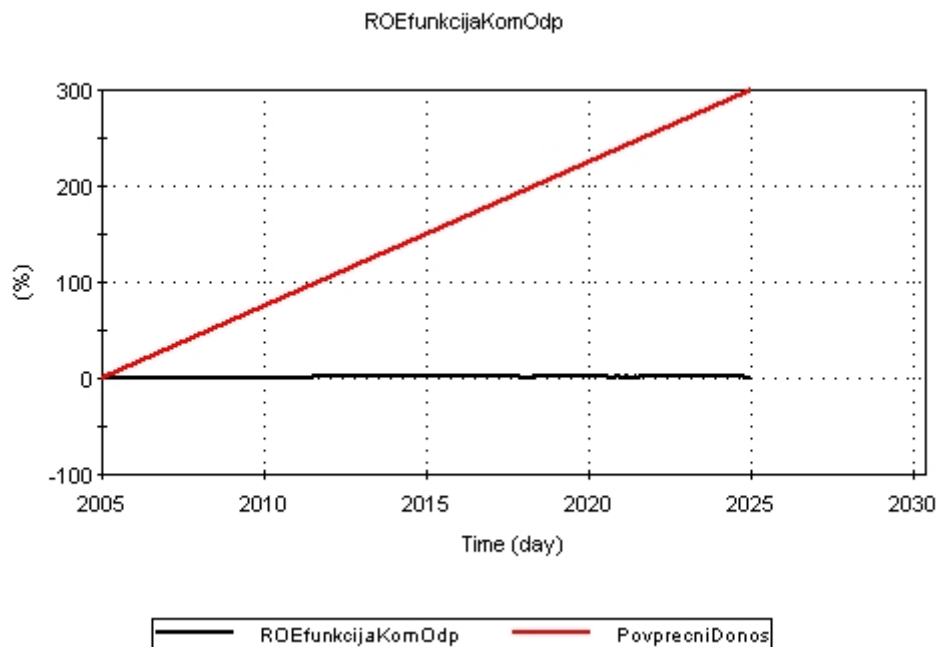
Slika 6: Kazalnik EVA za odvoz komunalnih odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik ROE prikazuje procentualno vrednost koristi odvoza komunalnih odpadkov glede na vloženi kapital (Slika 7). Razvidno je, da je kazalnik ROE za odvoz komunalnih odpadkov precej pod pričakovano povprečno donosnost in dosega zelo majhne donose.

Slika 7: Kazalnik ROE za odvoz komunalnih odpadkov



Vir: Lastni izračuni

4.2 MODEL ODLAGALIŠČA NENEVARNIH KOMUNALNIH ODPADKOV

Kljub vpeljavi storitev zbiranja odpadkov na koncu devetnajstega in začetku dvajsetega stoletja, so metode odlaganja odpadkov ostale nerazvite (Rhyner et al., 1995). Prvotno odlaganje odpadkov je vključevalo neločeno razkladanje odpadkov na mestna odlagališča, običajno na zemljišča in občasno v rečne struge. V redkih primerih se je odpadke uporabljalo za polnenje cestnih temeljev in železniških nasipov. Redko se je dogajalo, da so organske odpadke uporabili kot gnojilo ali za krmo živali. Prve kanalizacije se je vpeljevalo za zbiranje in prenos odpadne vode, vendar so imele pomanjkljivost, da se jih ni čistilo in so se direktno zlivale v najbližje reke in potoke.

4.2.1 Okoljska zakonodaja za odlagališča odpadkov

Pravilnik o ravnanju z odpadki (Kovačič, 2001) je glavni predpis, ki okvirno ureja način ravnanja z odpadki (Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01). Najpomembnejši predpis (Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih odpadkov Ur.l.RS št. 32/06), ki določa obvezna ravnanja in druge pogoje za odlaganje odpadkov ter pogoje in ukrepe v zvezi z načrtovanjem, gradnjo,

obratovanjem in zapiranjem odlagališč odpadkov ter po njihovem zaprtju, je Pravilnik o odlaganju odpadkov (Kovačič, 2001).

Uredba o taksi za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov (Kovačič, 2001) (Uradni list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99, 56/99, 22/00, 70/01, 129/04, 68/05, 18/06) določa višino, način obračunavanja, odmere in plačevanje takse za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov na odlagališčih odpadkov ter merila za znižanje in oprostitvev plačevanja takse. Trajno skladiščenje odpadkov spada med načine odstranjevanja odpadkov.

Mulj izvira iz komunalnih čistilnih naprav in industrijskih odplak. Iz vidika stroškov predstavlja mulj vse večje težave. Veljavne evropske direktive določajo, da bo v naslednjih letih prepovedano odlaganje mulja na odlagališče odpadkov, kar je bila najpreprostejša in najcenejša rešitev predelave komunalnega mulja. Obstaja več tehnologij predelave komunalnega mulja, pri čemer je izbira tehnologije odvisna od ocene stroškov in okoljskih vplivov uporabe izbrane tehnologije predelave mulja (Kortnik et al., 2005, str. 40-51). Ena od rešitev je, da papirniški mulj uporabimo za sanacijo odlagališč odpadkov tudi v Sloveniji, tako da uporabimo papirniški mulj za tesnilno plast pri končnem prekrivanju odpadkov (Kortnik et al., 2005, str. 71-82). Kljub prednostim je uporaba papirniškega mulja za sanacijo odlagališč v nasprotju z EU in slovensko zakonodajo. Zakonodaja je najbolj naklonjena termičnem ravnanju z muljem, kjer se ocenjuje stroške na 40 EUR na tono mokrega mulja (Kortnik et al., 2005, str. 62-70).

4.2.2 Odlagališče odpadkov

Odlaganje odpadkov služi namenu, da se izolira prebivalce od zdravstvenih problemov, ki nastanejo zaradi razgradnje odpadkov in neprijetnimi problemi kot so mrčes, prenašalci bakterij, neprijetne vonjave in onesnaževanjem (Rhyner et al., 1995). Odlagališča odpadkov so se običajno nahajala na robu mesta. Moderna odlagališča odpadkov se nahajajo na območjih, ki so izbrana in načrtovana, tako da njihovo obratovanje minimizira vpliv na okolje. Komunalne odpadke se odlaga v zaprtih predelih, ki se raztezajo po tankih plasteh, kompaktira se jih, da zasedajo čim manjši prostor in se jih prekriva vsak delovni dan.

Odlagališča so pomembna komponenta sistema ravnanja z odpadki. Količino materiala, ki se odlaga, se lahko zmanjša z naporom zmanjšanja količine odpadkov, z recikliranjem, sežigom in kompostiranjem. Kljub vsem ukrepom in naporom za zmanjševanje količine odpadkov, je potrebno vedno določeno količino odpadkov odlagati, kar je neizogibno in vsak, ki ima izkušnje z ravnanjem z odpadki, to ve. Po vsej Evropi in drugod po svetu (Rhyner et al., 1995) je najpogostejši način znebitve se odpadkov z odlaganjem odpadkov na odlagališče odpadkov.

Število odlagališč se manjša zaradi več razlogov. Zapirajo se odlagališča odpadkov, ki ne dosegajo trenutno standarde načrtovanja in obratovanja. To so predvsem starejša odlagališča. Odpiranje novih odlagališč je veliko težje. Stroški načrtovanja, izgradnje in obratovanja odlagališča, monitoringa plinov in izcednih vod večajo same stroške vzdrževanja in obratovanja

odlagališč, zato so običajno nova odlagališča večja, manj jih je in pokrivajo potrebe celotnih regij.

Gradnji novih odlagališč odpadkov najbolj nasprotuje sama javnost. Ljudje nasprotujejo odlagališčem odpadkov zaradi neprijetnih emisij, estetike in okoljskih razlogov. Običajno lokacij, ki bi bile primerne za gradnjo odlagališč odpadkov, ne primanjkuje. Gradnjo odlagališč odpadkov zmanjšuje tudi zmeraj bolj stroga okoljska zakonodaja, zato je skupnost spodbujena k iskanju zmanjšanja količine odpadkov, recikliranju in drugim učinkovitejšim alternativam ravnanja z odpadki.

4.2.3 Porazdelitev mase odpadkov

Eden od pglavitnih razlogov za uporabo simulacije namesto sistema iz realnega sveta je ta, da je sistem iz realnega sveta preveč kompliciran za preučevanje z uporabo modeliranja stohastičnih procesov. Največji vir kompleksnosti se nahaja v komponentah, ki "vodijo" model in so vhod v logiko modela. Vsak vhod simulacijskega modela ima sorodni vhod tako v realnem sistemu kot v simulacijskem programu. Primer naključnih vhodov modela je tudi v našem primeru dnevna masa vseh odpadkov, ki ga komunalno podjetje dnevno prepelje. Cilj modeliranja vhodov simulacije je ta, da priskrbi model, ki je smiseln (Jerry Banks, 1998).

Najtežji vidik pri modeliranju vhodov simulacije je ta, da najdemo podatke, ki so zahtevane kakovosti, da imamo dovolj veliko količino podatkov in raznolikost, da lahko izvedemo primerno analizo. Velikokrat se zgodi, da v vsaki množici podatkov, ki jo dobimo, obstajajo motnje podatkov, ki povečajo dvome v pravilnost podatkov, ki jih dobimo iz zgodovinskih podatkov. Čeprav so vzorci podatkov najboljše, kar lahko dobimo za uporabo v modelu, jih ne smemo jemati preveč resno. Želimo si robustno strategijo ocenitve zgodovinskih podatkov v modelu, saj ne želimo popolnoma zaupati ekstremno "čistim" vzorcem podatkov. Praktičen nasvet je, da je potrebno zbrati vzorec med 100 in 200 vrednosti, ki so primerne natančnosti in vključujejo različna časovna obdobja z različnimi obnašanji podatkov.

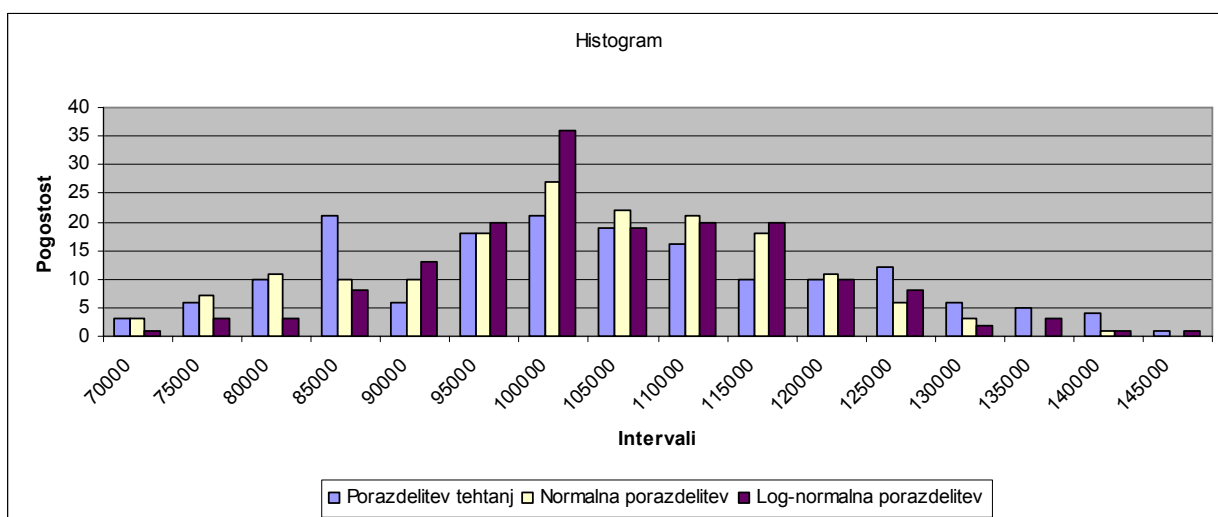
Podatki o tehtanju odpadkov so zbrani od začetka leta 2001 do konca leta 2005 v informacijskem sistemu komunalnega podjetja (Kravos, 2002). Poizvedba, ki sem jo uporabil pri iskanju porazdelitev ima, 168 vzorcev in se nahaja v prilogi B. Dneve sem številčil zaporedno po naraščajočem datumu. V prilogi A so zbrana tehtanja odpadkov po dnevih.

Z uporabo porazdelitev poskušamo čimbolj natančno predstaviti realne podatke, tako da se porazdelitev čimbolj ujema z množico zbranih vzorcev podatkov. Parametre porazdelitve spreminjamo v želji, da bi se čimbolj ujemala z realnimi podatki. Ko določimo vse parametre porazdelitve, lahko primerjamo porazdelitve z vzorčnimi zgodovinskimi podatki. Vzorec tehtanj bomo v nadaljevanju primerjali z normalno in log-normalno porazdelitvijo in poskušali ugotoviti s hevrističnimi metodami, katera porazdelitev se najbolj ujema z vzorcem tehtanj. Povprečje mase odpadkov je 100804 kg dnevno. Pri normalni porazdelitvi bomo preučevali povprečje

100804 kg dnevno s standardno deviacijo 15000 kg dnevno. Pri log-normalni porazdelitvi smo vzeli povprečno vrednost 100804 kg dnevno s standardno deviacijo 13000 kg dnevno. V prilogi A se nahajajo količine odpadkov, ki jih bomo uporabili v nadaljevanju.

Čeprav so zbrani vzorci podatkov najboljši dokaz, ki ga imamo, mogoče to ni najbolj zanesljiv dokaz. Vedno je dobro narediti dober histogram, da spoznamo bolj natančno obliko podatkov. Histogrami so tudi dobra osnova pri primerjanju in ocenjevanju kvalitete ujemanja zgodovinskih podatkov z željeno porazdelitvijo. Uporaba histogramov je umetnost in ne znanost. Uporaba raznih hevrističnih pravil nas ne vodi vedno v najboljši histogram. Najtežji korak pri ustvarjanju histograma je najti pravi interval. Predlaga se več iteracij pri določanju začetne točke, spreminjanjem širine intervala in določanjem števila intervalov, tako da pokrijemo vse podatke. Priporočamo uporabo znanja naključnosti podatkov, kjer izločimo nesmiselne ali nerealne vrednosti. Dober histogram je relativen koncept, vendar v splošnem je histogram dober, če vsebuje gladke prehode gostote med intervali, tako da lahko oblikujemo enotno funkcijo gostote. Na spodnji sliki (Slika 8) je prikazan primer blokastega diagrama, ki vsebuje 16 intervalov 70000 kg in 145000 kg.

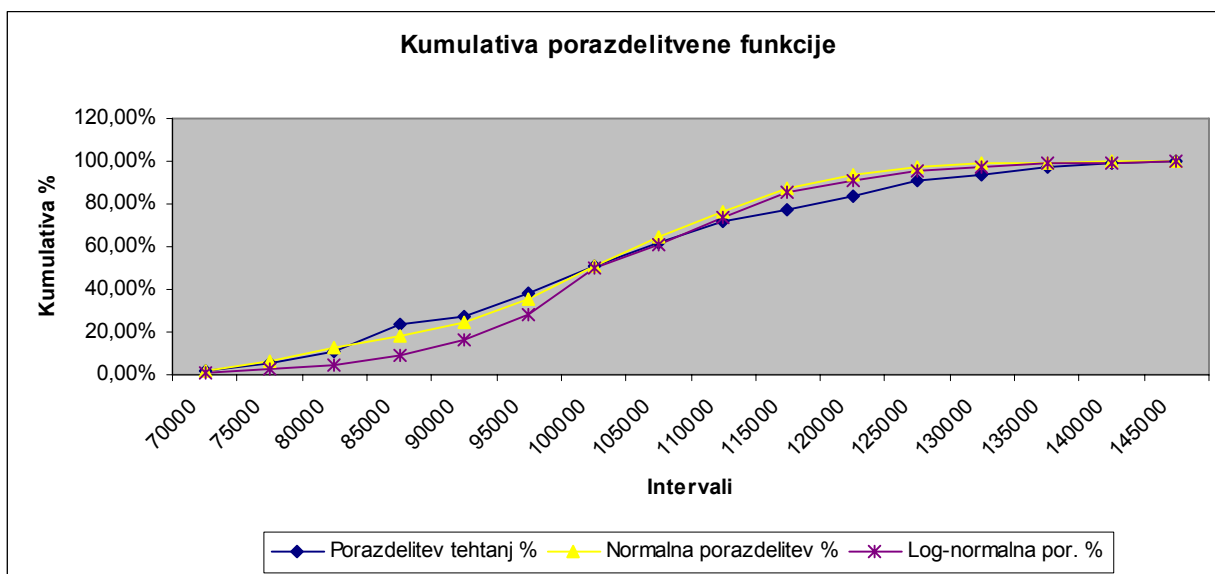
Slika 8: Histogram mase odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Zgornji histogram prikazuje oceno gostot porazdelitvenih funkcij z izmerjenimi podatki. To so intuitivni grafi, ki se jih najprej uporabi. Pomanjkljivost histogramov je ta, da enostavne spremembe v konfiguraciji histograma lahko drastično spremeni izgled grafa in posledično se lahko drastično spremeni tudi interpretacija primerne ujemanja porazdelitve. Veliko hevrističnih metod izhaja iz primerjave vzorca in ujemajoče porazdelitvene funkcije. Spodnja slika (Slika 9) prikazuje empirično kumulativno porazdelitveno funkcijo v primerjavi s kumulativno porazdelitvenih funkcij, ki smo jih izbrali izmed standardnih porazdelitev (normalna in log-normalna porazdelitev). Običajno imajo standardne porazdelitve obliko črke S. Iz grafa je razvidno, da se normalna porazdelitev bolje ujema s porazdelitvijo tehtanj kot log-normalna porazdelitev.

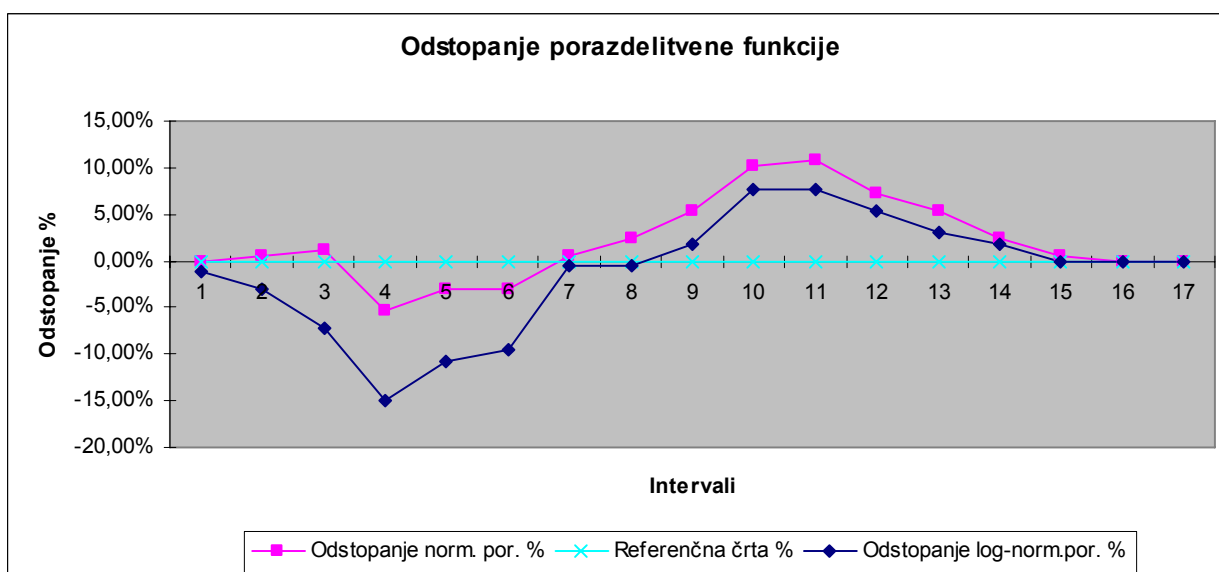
Slika 9: Kumulativa porazdelitvenih funkcij mase odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Iz grafa kumulative porazdelitvenih funkcij izhajajo več alternativnih hevrističnih grafov. Ena izmed enostavnih hevrističnih metod je metoda, ki prikazuje razliko med empirično in kumulativno verjetnostjo modela pri vsaki točki opazovanja. Te razlike včasih imenujemo tudi napake. Referenčna črta je zelo uporabna, saj prikazuje razliko nič. V splošnem, bolj kot je graf bližje referenčni črti, boljša je kvaliteta ujemanja porazdelitve z realnim svetom. Iz spodnjega grafa (Slika 10) je razvidno, da se normalna porazdelitev bolje ujema z realnimi podatki kot log-normalna porazdelitev. Spodaj prikazan graf je eden izmed najboljših hevrističnih metod, saj najbolj nazorno prikazuje relativni in absolutni vidik kvalitete ujemanja porazdelitvene funkcije s porazdelitvijo vzorca podatkov iz zgodovinskih podatkov realnega sveta.

Slika 10: Odstopanje porazdelitvenih funkcij mase odpadkov



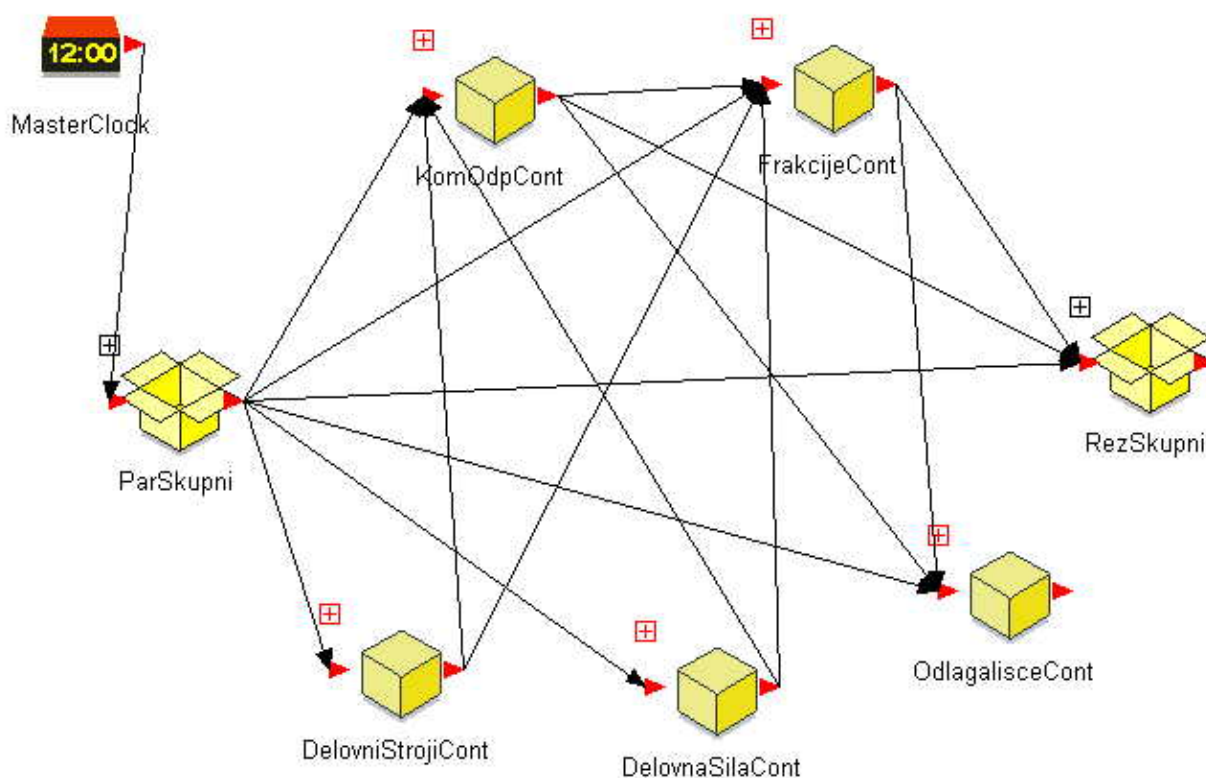
Vir: Lastni izračuni

Na podlagi uporabljenih hevrističnih metod sem ugotovil, da se normalna porazdelitev s povprečno vrednostjo 100804 kg dnevno in standardnim odklonom 15000 kg najboljše ujema s tehtanimi odpadki, ki smo jo uporabili v naših simulacijskih modelih ravnanja z odpadki. Poleg navedenih hevrističnih metod lahko uporabljamo statistične teste, ki jih v pričujočem delu ne bomo preučevali, saj presegajo temo, ki jo obravnavam.

4.2.4 Konceptualni model odlagališča odpadkov

Model odlagališča odpadkov je sestavljen iz dveh modelov (Slika 11). Prvi model je model odlagališče komunalnih odpadkov. Drugi model je model ločenega zbiranja frakcij. Pri obeh modelih upoštevamo poleg odpadkov še delovne stroje in delovno silo, ki je udeležena v obeh sistemih. V okviru dogajanja na odlagališču odpadkov sem preučeval stroške zapiranja odlagališča.

Slika 11: Konceptualni model odlagališča odpadkov

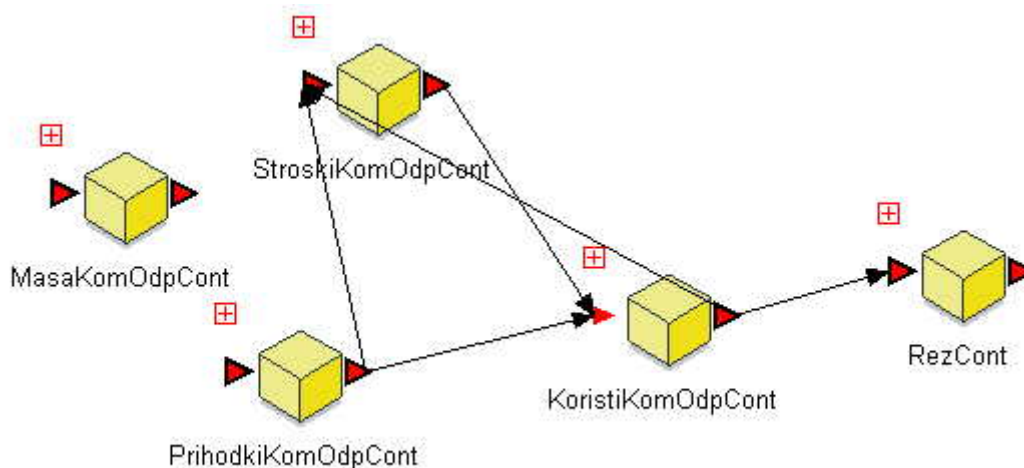


Vir: Lastni izračuni

4.2.5 Konceptualni model odlagališča komunalnih odpadkov

V okviru modela komunalnih odpadkov preučujemo količine odpadkov, kjer nastopajo samo komunalni odpadki. Na odlagališču komunalnih odpadkov upoštevamo stroške delovne sile, delovnih strojev in stroške takse zaradi odlaganja komunalnih odpadkov na odlagališču (Slika 12). Med prihodke štejemo prihodke komunalnih odpadkov, ki jih ni. Rezultati so prikazani grafično.

Slika 12: Konceptualni model komunalnih odpadkov na odlagališču



Vir: Lastni izračuni

4.2.6 Parametri modela odlagališča komunalnih odpadkov

Parametre modela odlagališča komunalnih odpadkov delimo na ekonomske in neekonomske parametre. Med ekonomske parametre spada cena enota zasipa odpadkov, cena takse za odlaganje odpadkov, cenik prodaje enote odpadkov, urna postavka delovne sile in delovnih strojev, nabavna vrednost vozila.

Med ekonomske parametre uvrščamo tudi parametre, ki so potrebni za finačna kazalnika EVA in ROE. Za izračun finančnega kazalnika EVA se uporablja znesek kapitala, stopnja stroška kapitala in stopnja davka. Za izračun finančnega kazalnika ROE se uporablja znesek kapitala in povprečno donosnost, s katero ga primerjamo.

Izračuni stroškovne cene odlaganja za javno komunalno podjetje Snaga kažejo, da bi morala biti cena v povprečju na ravni 18.973 SIT na tono odloženih odpadkov, ki vključuje oportunitetne stroške zemljišča in pokrivanje bodočih stroškov za zaprtje odlagališča s sistemom dolgoročnih rezervacij (Tajnikar et al., 2003).

Neekonomski parametri, ki nastopajo v modelu, so dnevna količina odpadkov, sezonski faktor, dnevni faktor, dnevno število vozil, dnevni delovni čas, stopnja amortizacije vozila in poraba goriva med čakanjem v litrih.

Na odlagališču odpadkov se uporablja specializirane delovne stroje, kjer je za vsako vrsto delovnega stroja navedena njegova nabavna vrednost in amortizacijska doba (Tabela 5) ter osebje, ki upravlja z delovnim sredstvom.

Tabela 5: Parametri delovnih sredstev za odlagališče komunalnih odpadkov

Delovno sredstvo	Nabavna vrednost [SIT]	Stopnja amortizacije [let]	Število zaposlenih
Kompaktor	75.000.000,00	5	1
Rovokopač	12.000.000,00	5	1
Čistilna naprava	120.000.000,00	5	0
Tehtnica	12.000.000,00	5	0 ³
Kompostarna	120.000.000,00	7	3
Drobilec	45.000.000,00	7	1
Skladišče vzorcev	12.000.000,00	5	0

Vir: Lastni izračuni

Sedanja cena storitev javne gospodarske službe ravnanja z odpadki je sestavljena iz stroškov zbiranja in prevoza odpadkov ter stroškov deponiranja komunalnih odpadkov. Na odlagališču odpadkov se seveda upošteva le stroške odlaganja odpadkov. Stroški odlaganja komunalnih odpadkov po vrsti stroška so sestavljeni iz naslednjih stroškov: neposredni stroški, posredni proizvodjalni stroški in splošni stroški, ki skupaj oblikujejo dobiček podjetja (Kralj, 2000).

Neposredni stroški so stroški električne energije, strošek pogonskega goriva, drugi stroški materiala, stroški storitev, strošek dela, neposredni stroški prodaje in drugi neposredni stroški. V posredne proizvodjalne stroške spada amortizacija, investicijsko vzdrževanje in drugi posredni proizvodjalni stroški. V skupino splošnih stroškov uvrščamo posredne stroške nabave, posredne stroške uprave, posredne stroške prodaje in posredne stroške obresti. V simulaciji ne delimo stroške po računovodskem sistemu, vendar jih večina upoštevamo tako kot je opisano v zgoraj navedenih parametrih simulacije odlagališča odpadkov.

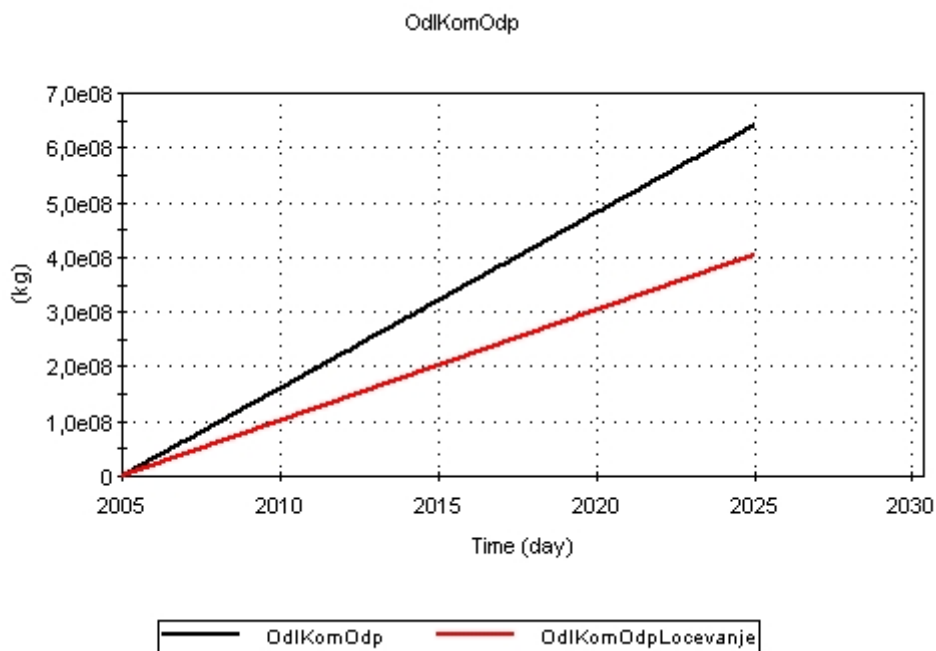
4.2.7 Rezultati modela odlagališča komunalnih odpadkov

Simulacijo za odlagališče komunalnih odpadkov izvajamo za obdobje dvajsetih let od začetka leta 2005 do konca leta 2024. V okviru simulacije preučujemo gibanje količine odpadkov na odlagališču in stroške odlaganja odpadkov na odlagališču. S pomočjo finančnega kazalnika EVA in finančnega kazalnika ROE ugotovljamo, če se je investicija povrnila.

Količina komunalnih odpadkov na odlagališču odpadkov se spreminja glede na sezonska nihanja (Slika 13). Na grafu je prikazana tudi količina komunalnih odpadkov, če vpeljemo sistem ločenega zbiranja odpadkov, kar bo razloženo v nadaljevanju.

³ V primeru, da imamo avtomatsko tehtnico.

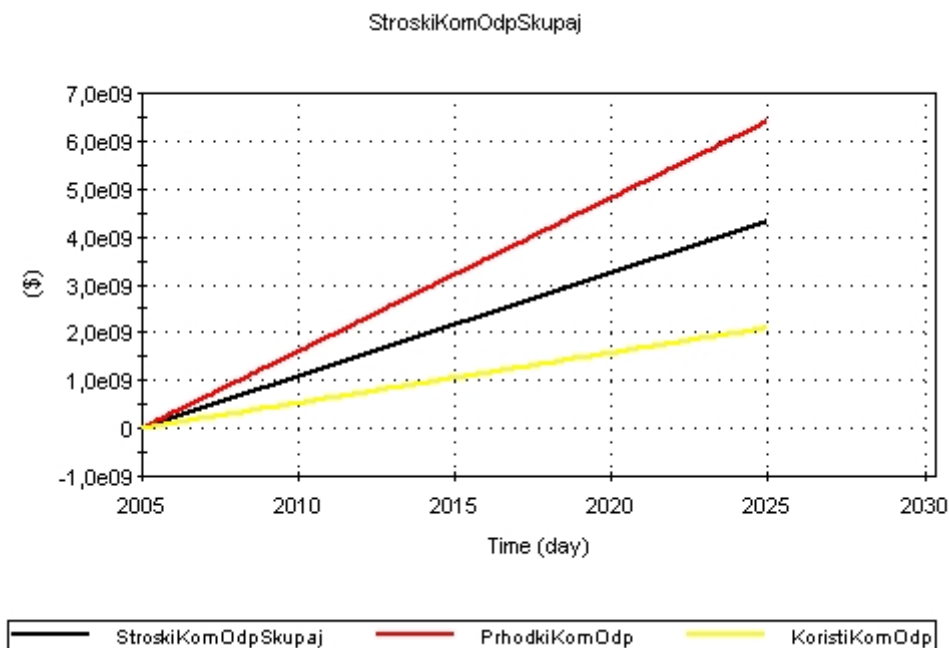
Slika 13: Količina komunalnih odpadkov na odlagališču



Vir: Lastni izračuni

Iz količine odpadkov sledi preučevanje stroškov, prihodkov in koristi na odlagališču komunalnih odpadkov (Slika 14). Stroški odlaganja komunalnih odpadkov na odlagališču odpadkov so sestavljeni iz stroškov dela in amortizacije delovnih strojev. Prihodki na odlagališču odpadkov so sestavljeni iz prihodkov zaradi zasipa odpadkov in takse obremenjevanja okolja zaradi odlaganja odpadkov na odlagališču. Upoštevamo scenarij, da za investicije in obratovanje odlagališča ostane samo prihodek iz naslova zasipa, taksa odpadkov se odvede državi.

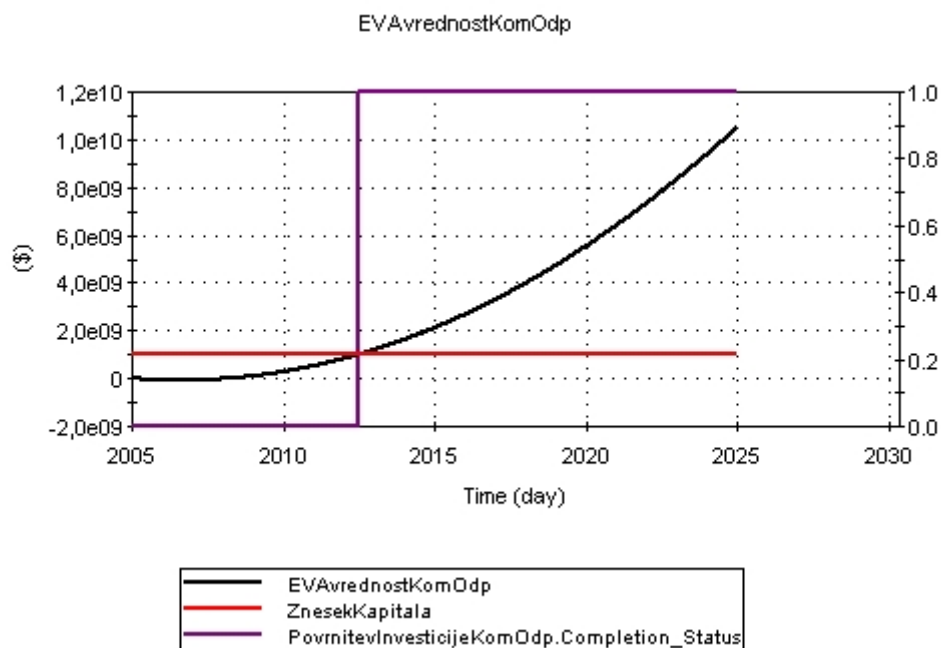
Slika 14: Skupni stroški, prihodki in koristi komunalnih odpadkov na odlagališču



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik EVA na odlagališču komunalnih odpadkov kaže, da se investicija vrednostno povrne v petih letih (Slika 15).

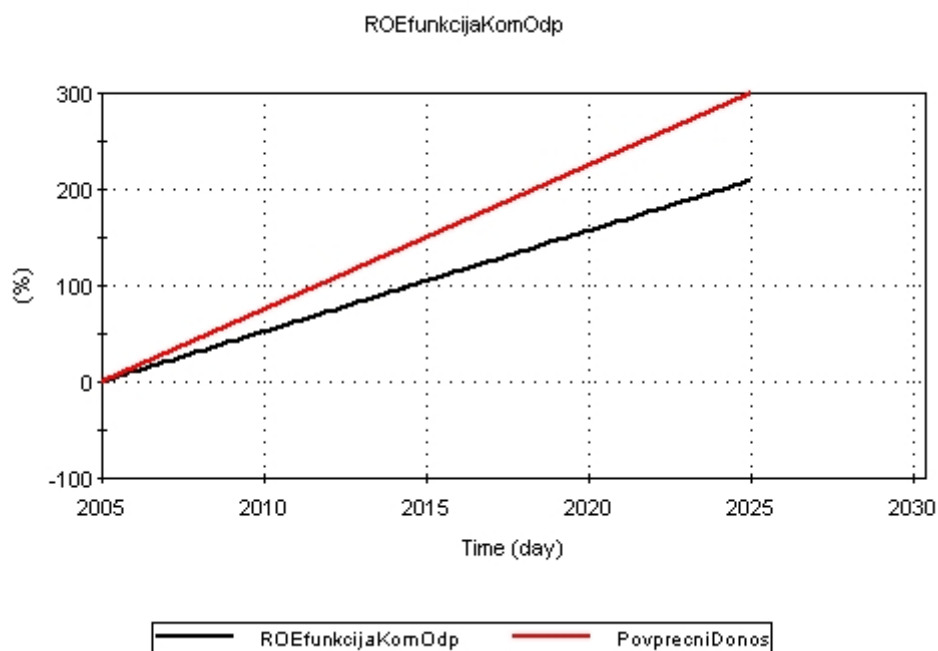
Slika 15: Kazalnik EVA za odlagališče komunalnih odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik ROE kaže, da je investicija v odlagališče odpadkov nad povprečnim pričakovanim donosom (Slika 16).

Slika 16: Kazalnik ROE za odlagališče komunalnih odpadkov



Vir: Lastni izračuni

5 MODEL RAVNANJA Z LOČENO ZBRANIMI FRAKCIJAMI

Z ekonomskih razvojem se je v dvajsetem stoletju v razvitih državah po svetu bistveno spremenila količina in sestava komunalnih odpadkov. V toku odpadkov se je povečal delež papirja, plastike, stekla, kovin in ostalih materialov sodobne družbe v primerjavi s pepelom in biološkimi odpadki, katerih delež zajema manjši del komunalnih odpadkov. V sedemdesetih letih se je izoblikoval spremenjen pogled na ravnanje z odpadki, ki se ne omejuje samo na človeško zdravje, ampak poudarja širši kontekst zdravja ekosistema. Ekološka posledica je, da so naravni viri izčrpani, potrebuje se ohranitev naravnih virov. Tesna komponenta upravljanja z odpadki in planiranja je ponovna izraba naravnih surovin.

Sprememba v naravi odpadkov in želja po obnovitvi virov v toku odpadkov je stimulirala razvoj novih tehnologij in procesov ravnanja z odpadki. Odlagališča odpadkov niso več odprta odlagališča, ampak so skrbno inženirsko načrtovana. Trenutni pristopi pri ravnanju z odpadki vključuje tudi minimiziranje odpadkov. Koncept minimiziranja odpadkov pomaga zmanjšati količino odpadkov, ki vstopi v tok odpadkov z izboljšavo načrtovanja izdelkov in procesov proizvodnje.

Pomembno karakterizacijo družbe je možno narediti s preiskovanjem, kaj meče stran (Rhyner et al., 1995). Veliko artefaktov, ki so jih arheologi uporabljali za preučevanje preteklih civilizacij, so pridobili iz starih in starodavnih odlagališč. Na podlagi dokazov iz pridobljenih orodij in materialov je mogoče dobiti vpogled v družbene aktivnosti kot so lov, ribarjenje, kmetijstvo in v vsakdanje življenje takratnih ljudi. Informacije iz teh študij starodavnih ljudstev so shranjene v računalniški bazi podatkov in vključujejo informacije o nakupovalnih navadah prebivalcev, deležev papirja, stekla in pločevink, ki so se reciklirale, količino nevarnih odpadkov v odvvrženih odpadkih gospodinjstev in količinah užitnih odpadkov, ki so bila odvržena stran.

Celovito ravnanje z odpadki je sestavljeno iz množice elementov, katerih izbira je hierarhično urejena na zmanjšanje količine in toksičnosti odpadkov, ponovno izrabo materiala, recikliranje, kompostiranje, sežig s ponovno uporabo energije, odlaganjem in sežig brez ponovne uporabe energije. Z uporabo tega pristopa na linearen način je potrebno vložiti največ truda v redukcijo materiala, ki vstopi v tok odpadkov. Ko enkrat materiali vstopijo v tok odpadkov, je prva prioriteta k ponovni uporabi materialov ali recikliranje z namenom njihove uporabe pri proizvodnji novih izdelkov. Zadnje sredstvo v sili je odlaganje brez ponovne izrabe materiala ali energije.

Nekateri ljudje verjamejo, da je napačno obravnavati celovito ravnanje z odpadki kot hierarhijo izbir. Celovito ravnanje z odpadki ne sme biti strogo hierarhično in linearno, ampak mora biti fleksibilno in vključevati redukcijo/minimizacijo odpadkov, recikliranje, procesiranje (sežig, kompostiranje) in odlaganje (odlagališče) na optimalen način z minimiziranjem stroškov in negativnih okoljskih vplivov. To je odličen princip, ki se ga je priporočljivo držati pri planiranju strategije ravnanja z odpadki.

5.1 MODEL ODVOZA LOČENO ZBRANIH FRAKCIJ

Natančne projekcije količin in kompozicij odpadkov so bistvene pri učinkovitem ekonomskem planiranju transporta, predelave in odlaganja odpadkov. Te ocene uporabljajo načrtovalci za določitev tipa, velikosti, načrta in lokacije objektov, prevoz odpadkov od izvora do objektov, osebnih potreb, zahtevane opreme, potenciala recikliranja komponent toka odpadkov in za razumevanje okoljskih vplivov na alternativne obdelave in odlaganja odpadkov.

Prvi korak pri analizi lokalnega ravnanja z odpadki je ocena količine in sestave odpadkov. Na območjih, kjer se je v preteklosti že preučevalo ali zgradilo objekte za ravnanje z odpadki kot so sežigalnice, predelovalni obrati, odlagališča, je planiranje natančnejše zaradi zanesljivejših podatkov o količinah odpadkov. Če nimamo na razpolago konkretnih podatkov o količinah odpadkov, potem je ocena pričakovanih količin bolj sporna (Rhyner et al., 1995).

V definicijo komunalnih odpadkov niso vključeni industrijski odpadki, odpadno blato, gradbeni odpadki, odpadni avtomobili, kmetijski odpadki in odpadki iz rudarstva. Komunalni odpadki so sestavljeni iz trdnih in netrdnih odpadkov, iz embalaž, ostankov hrane, odpadkov zelenic in vrtov, iz mešanih organskih in anorganskih odpadkov, iz gospodinjskih, komercialnih, institucionalnih in industrijskih virov.

Gospodinske odpadke ustvarjajo gospodinjstva in druga stanovanjska bivališča. Komercialne odpadke izvirajo iz prodaj na debelo in drobno in storitvenih aktivnosti mestne skupnosti. Institucionalne odpadke proizvajajo šole, bolnišnice in državne ustanove. Industrijski odpadki vključujejo primarno odpadke, ki se ustvarjajo znotraj pisarn in administracij in ne vključujejo odpadkov, ki nastajajo pri proizvodnih procesih.

Povečanje proizvedene količine odpadkov je odvisno od povečanja populacije in povečanju generiranja na prebivalca. Čeprav se je količina papirja povečala, je delež papirja v komunalnih odpadkih ostal skoraj nespremenjen. Povečala se je količina odpadne plastike, povečal se je tudi delež v komunalnih odpadkih. Povišanje generiranja odpadkov na prebivalca lahko pripišemo uporabi embalaž in izdelkov za enkratno uporabo, ki so bolj praktični, kar je tesno povezano s hitrim tempom življenja in povečano blaginjo (Rhyner et al, 1995).

Količina odpadkov, ki jo ustvarjajo gospodinjstva, je odvisna od več faktorjev. Odvisna je od vrste gospodinjstva (npr. ena družina, apartma), velikosti gospodinjstva, vrste nastanitve, podeželska gospodinjstva v primerjavi z mestnimi gospodinjstvi, socioekonomskimi faktorji in sezono leta. Z večanjem velikosti gospodinjstva se poveča tudi količina odpadkov, zmanjša se količina odpadkov na prebivalca. Podeželska gospodinjstva ustvarijo okrog četrtno manj odpadkov kot mestna gospodinjstva. Večjo količino odpadkov na prebivalca ustvarijo gospodinjstva v apartmajih in večdružinskih stanovanjih.

5.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z ločenim zbiranjem odpadkov

Pravilnik o ravnanju z odpadki (Kovačič, 2001) je glavni predpis, ki okvirno ureja način ravnanja z odpadki (Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01). Pravilnik definira vrste odpadkov s klasifikacijskim seznamom odpadkov. Z odredbo o oskrbovalnem standardu ravnanja z ločenimi frakcijami komunalnih odpadkov (Uradni list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99) in odredbo o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki (Uradni list RS, št. 21/01) se ureja ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami.

Pravilnik o ravnanju z odpadnimi olji (Kovačič, 2001) (Uradni list RS, št. 85/98) določa obvezna ravnanja z odpadnimi olji ter druge pogoje za zbiranje, ponovno uporabo ali odstranjevanje odpadnih olj in obveznosti ter omejitve pri prodaji motornih olj. Pravilnik določa tudi ravnanje z odpadnimi baterijami in akumulatorji (Uradni list RS, št. 104/00). Prav tako pravilnik definira ravnanje z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS, št. 84/2006). Pravilnik odpadke v zdravstvu opredeljuje z navodilom o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene dejavnosti (Kovačič, 2001 in Uradni list RS, št. 37/04).

5.1.2 Zbiranje in prevoz odpadkov

V oddelkih javnih služb je bila vedno ena največjih aktivnosti zbiranje odpadkov in prevoz odpadkov do odlagalnih ali predelovalnih območij. Lokalne javne službe niso vedno edini zbiralec odpadkov. Smetar je vedno obstajal, v zadnjih desetletjih se je razvil v podjetnika, katerega posel je pobiranje smeti. Razvila so se podjetja, katerih glavni posel je zbiranje in transport odpadkov. Ta podjetja so odgovorna za pobiranje večine komercialnih, institucionalnih in industrijskih odpadkov. Gospodinjiski odpadki še vedno ostajajo domena javnih služb⁴ ravnanja z odpadki, ki jih upravljajo lokalne mestne skupnosti.

Transport odpadkov je eden od najpomembnejših tem pri zbiranju odpadkov v mestnih skupnosti, saj je tudi najdražji del celotnega sistema ravnanja z odpadki. V zadnjih desetletjih obsega prevoz odpadkov od dve tretjini do tri četrtine vseh stroškov v sistemih ravnanja z odpadki. V zadnjem obdobju se stroški transporta odpadkov počasi povečujejo, medtem ko smo priča strmemu naraščanju stroškov odlaganja odpadkov. Kljub temu ostaja zbiranje odpadkov najdražja komponenta v celotnem sistemu ravnanja z odpadki (Rhyner et al., 1995).

Do pred nedavnim so vsi komunalni odpadki šli na isto mesto, kjer se je nahajalo odlagališče, in je bilo ravnanje z odpadki centralizirano. Učinkovitost zbiranja odpadkov je bila odvisna od izbire najprimernejših vozil, načrtovanja usklajenih in enako obremenjenih rajonov (Kravos et al., 2002) in izbire najprimernejše posadke. S pojavom recikliranja in kompostiranja odpadkov je bilo potrebno različne odpadke prepeljati na različne lokacije. Zbirni sistemi postajajo vedno

⁴ Javni odvoz odpadkov spada med javne dobrine (Tajnikar, 2003, str. 377-384).

kompleksnejši. Cilj skupnosti je recikliranje odpadkov, medtem ko je cilj posrednikov maksimiziranje količin materialov z namenom zmanjšanja zbiralnih stroškov.

Potrebno je razviti integrirano strategijo zbiranja odpadkov, ki mora upoštevati več ciljev pri načrtovanju celovitega zbiralnega sistema odpadkov. Sistem mora izpolnjevati politične, higienske in zakonske zahteve z najmanjšimi možnimi stroški. Izoblikovati mora primerna poslovna razmerja med zasebnim in javnim sektorjem. Biti mora fleksibilen, da se sprotno prilagaja spremenjenim zahtevam in podpirati mora doseganje redukcije količin odpadkov.

Večina skupnosti nudi enkrat do dvakrat tedenski odvoz odpadkov. Najbolj pogosto je tedensko odvažanje odpadkov, vendar v toplejših krajih je priporočljiveje odvažati dvakrat tedensko zaradi neprijetnih vonjav (Rhyner et al., 1995). Z večanjem frekvence odvoza, se produktivnost zbiranja odpadkov na tono odpadkov zmanjša, ker se zbere manjša količina odpadkov v dani časovni periodi, torej se povečajo stroški zbiranja odpadkov. Ocenjuje se, da povečanje odvoza iz enkrat na dvakrat tedensko poveča stroške zbiranja ekipe in strojev za 50 %.

Običajno so v uporabi tri vrste zabojnikov pri zbiranju in prevozu odpadkov s svojimi prednostmi in slabostmi (Rhyner et al., 1995). Kovinske posode so primerne za uporabo in shranjevanje odpadkov, saj ohranja vire in jih ščiti pred roparskimi živalmi. Po drugi strani so vrečke občutljive na razpoke, katerih vsebina je relativno preprost plen za živali z ostrimi zobmi in kremplji. Vrečke nudijo prednost posadki, ki zbira odpadke, saj se jih hitro zagradi in vrže v zbiralno vozilo brez potrebe, da se vrne prazen zabojnik nazaj na kontejnersko mesto. Študije so pokazale, da se z uporabo vrečk produktivnost sistema zbiranja odpadkov poveča.

Kontejnerji, ki se uporablja za zbiranje odpadkov, so velike plastične kante, običajno so nameščene na kolescih. Posadka jih lahko ročno prepelje do zbiralnega vozila, ki se sprazni s pomočjo mehanskega dvigala. Kontejnerji imajo prednost, da zmanjšajo napor in poškodbe posadke, ki zbira odpadke. Z uvajanjem zbiranja recikliranih odpadkov se je začelo pogosteje uporabljati kontejnerje. Slabost kontejnerjev je večji kapitalski strošek in potreba po zbiralnih vozilih s posebnimi nalagalnimi mehanizmi in operativne težave zaradi fizičnih pregrad in stopnic.

Opadke se običajno zbira s kompaktorskimi vozili, ki so opremljeni z nalagalnimi na zadku, na strani ali spredaj na vozilu. Tovornjake se lahko nalaga ročno ali z dvigali za avtomatsko nalaganje. Kompaktorska vozila imajo hidravlično opremo za stiskanje odpadkov, s čimer se poveča tovarno zmogljivost, saj lahko zmanjšajo volumen odpadkov do petkrat. Z uvajanjem recikliranja odpadkov se vedno bolj uporablja tovarnjake, ki imajo posebne predele ali kombinacijo tovarnjaka za reciklirane odpadke in komunalne odpadke.

Manjša kot je kapaciteta vozila, več tovorov je potrebnih v delovnem dnevu od rajona do odlagališča. Stroški dela predstavljajo precejšen del proračuna, zato čas, ki ga delovna skupina potroši na vožnji izven kontejnerskih mest in ekoloških otokov, zmanjšajo produktivnost. Veliki stroški dela silijo k čim manj številni posadki kot je možno, kjer se je število članov ekipe

zmanjšalo iz tri na enega. Zbiralna vozila z dvižnim sistemom na desni strani lahko upravlja le en človek.

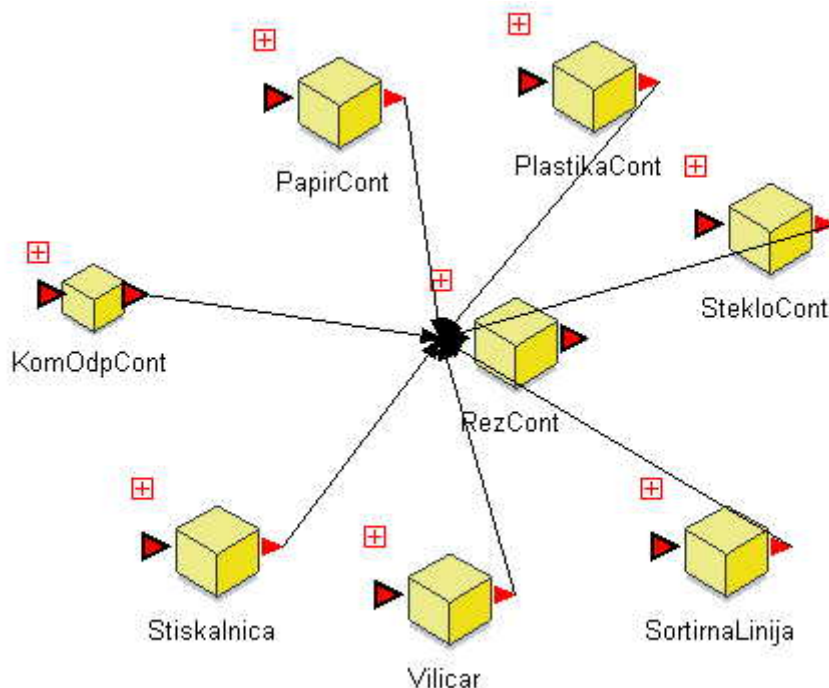
Ko se načrtuje sistem zbiranja recikliranih odpadkov, je potrebno upoštevati več ključnih vprašanj (Rhyner et al., 1995). Potrebno je opredeliti, kdo je odgovoren za sortiranje odpadkov, izbrati določene vrste zabojnikov in primerne vrste vozil za zbiranje odpadkov, ki se jih odvažajo po določenem urniku. Izobraževanje in promocija za udeležence zbiranja odpadkov je tudi zelo pomembna. Potrebno je zagotoviti sredstva financiranja in pri tem upoštevati tržne razmere in katere materiale se splača zbirati na nekem območju.

5.1.3 Shema konceptualnega modela odvoza ločeno zbranih frakcij

Eden izmed modelov odvoza odpadkov je model odvoza ločeno zbranih frakcij (Slika 17), ki obravnava hkrati odvoz komunalnih odpadkov in frakcij, ki zmanjšujejo količino komunalnih odpadkov glede na model odvoza komunalnih odpadkov, saj je količina vseh odpadkov, ki se dnevno producira, enaka. Pri odvozu komunalnih odpadkov se upošteva učinke zmanjšane količine odpadkov za količino frakcij, saj odpadke ločujemo.

V našem modelu preučujemo frakcije papirja, stekla in plastike, ki se jih zbira na izvoru ločeno. Za vsako vrsto frakcije veljajo svoja pravila, zato je vsaka frakcija posebej obravnavana. Za potrebe ločevanja že zbranih odpadkov upoštevamo tudi nakup sortirne linije, stiskalnice in viličarja za optimalnejšo reciklažo.

Slika 17: Konceptualni model odvoza ločeno zbranih frakcij



Vir: Lastni izračuni

5.1.4 Parametri modela ločeno zbranih frakcij

Parametri modela zajemajo ekonomske in neekonomske parametre. Ekonomski parametri, ki se upoštevajo v modelu, so nabavna vrednost vozila, cena za prevožen kilometer, cena takse za odlaganje odpadkov, cenik prodaje odpadkov na kg, urna postavka delovne sile in delovnih sredstev, cena enote zasipa komunalnih odpadkov, nabavna vrednost kontejnerja in cena enote goriva. Med ekonomske parametre uvrščamo tudi parametre, ki so potrebni za izračun finančnega kazalnika EVA in finančnega kazalnika ROE.

Neekonomske parametri, ki se jih uporablja znotraj modela, so količina vseh odpadkov dnevno, dnevni delovni čas, število kontejnerjev dnevno, prevožena pot dnevno v kilometrih, sezonski faktor (Tabela 4), dnevni faktor, delež kompozicije odpadkov, stopnja amortizacije vozil, stopnja amortizacije kontejnerjev, število delavcev, število vozil dnevno in poraba goriva med vožnjo v litrih.

Za vsako vrsto delovnega sredstva je navedena nabavna vrednost vozila in stopnja amortizacije vozila (Tabela 6). Za vsako vrsto vozila se vodi tudi poraba goriva med vožnjo in porabo goriva med čakanjem, ko vozilo stoji pri miru in čaka na praznenje kontejnerjev ali ko čaka vozilo na postopek tehtanja in praznenja na odlagališču. Naj poudarimo, da ni potrebno nabaviti svojega vozila za vsako frakcijo, ampak v idealnem primeru lahko nabavimo eno vozilo za vse frakcije. V praksi se največkrat uporablja eno vozilo za dve frakciji (Likon et al., 2003).

Tabela 6: Parametri delovnih sredstev za odvoz frakcij

Delovno sredstvo	Nabavna vrednost [SIT]	Stopnja amortizacije [let]	Poraba goriva med vožnjo [litrov/km]	Poraba goriva med čakanjem [litrov/uro]
Roll papir	25.000.000,00	5	0,40	12
Roll steklo	25.000.000,00	5	0,40	12
Roll plastika	25.000.000,00	5	0,40	12
Roll prekat	25.000.000,00	5	0,40	12
Stiskalnica	27.000.000,00	7	/	/
Viličar	8.000.000,00	5	/	/
Sortirna linija	80.000.000,00	7	/	/

Vir: Lastni izračuni

Celotna masa odpadkov je sestavljena iz več vrst odpadkov, ki se prodajajo po določeni ceni (Tabela 7). Pri ločenem zbiranju odpadkov so odpadki sestavljeni iz komunalnih odpadkov in posameznih frakcij. V našem primeru so frakcije papir, steklo in plastika. Komunalnih odpadkov ne prodajamo, ampak jih odlagamo na odlagališču nenevarnih odpadkov. Za prihodke odvoza komunalnih odpadkov se šteje odvoz odpadkov, ki se ga zaračunava povzročiteljem odpadkov.

Posamezno vrsto frakcije lahko prodamo na trgu, ki predstavlja dodaten vir zaslužka za zbiratelja odpadkov.

Tabela 7: Kompozicija in cenik odpadkov

Tip odpadka	Delež [%]	Cenik [SIT/kg]
Komunalni	55	0,00
Papir	22	12,5
Steklo	7	1,5
Plastika	16	8,9
Pločevinke ⁵	/	26,0

Vir: Lastni izračuni

Pri ločenem zbiranju odpadkov potrebujemo dodatne vrste vozil, saj se za ločeno zbiranje uporablja drugačno vrsto posod, katere lahko pobiramo le s specializiranimi vozili. Vsako vrsto vozila lahko vozi le za to usposobljena oseba, ki ima določeno urno postavko. Poleg voznika in po potrebi spremljevalca, se za vsako vrsto vozila zaračunava ura po veljavnem ceniku (Tabela 8).

Tabela 8: Cenik delovnih sredstev

Element	Cenik [SIT/uro]
Voznik roll vozila	3.000,00
Spremljevalec roll vozila	2.000,00
Vozilo roll	10.800,00
Vozilo roll s prekatom	11.200,00

Vir: Lastni izračuni

Za ločeno zbiranje odpadkov se lahko uporablja enak tip posod kot za komunalne odpadke, vendar je večja učinkovitost zbiranja, če uporabljamo za vsako frakcijo posebej specializirane posode. Za vsako vrsto je navedena nabavna vrednost ene enote posode določene velikosti in njena stopnja amortizacije (Tabela 9).

Tabela 9: Nabavna vrednost kontejnerja

Tip posode	Nabavna vrednost [SIT]	Stopnja amortizacije [let]
Papir (1,8 m3)	135.000,00	5
Steklo (1,8 m3)	135.000,00	5
Plastika (1,8 m3)	135.000,00	5
Pločevinke (1,8 m3) ⁶	135.000,00	5

Vir: Lastni izračuni

⁵ Drobne kovinske predmete ne upoštevamo v modelu.

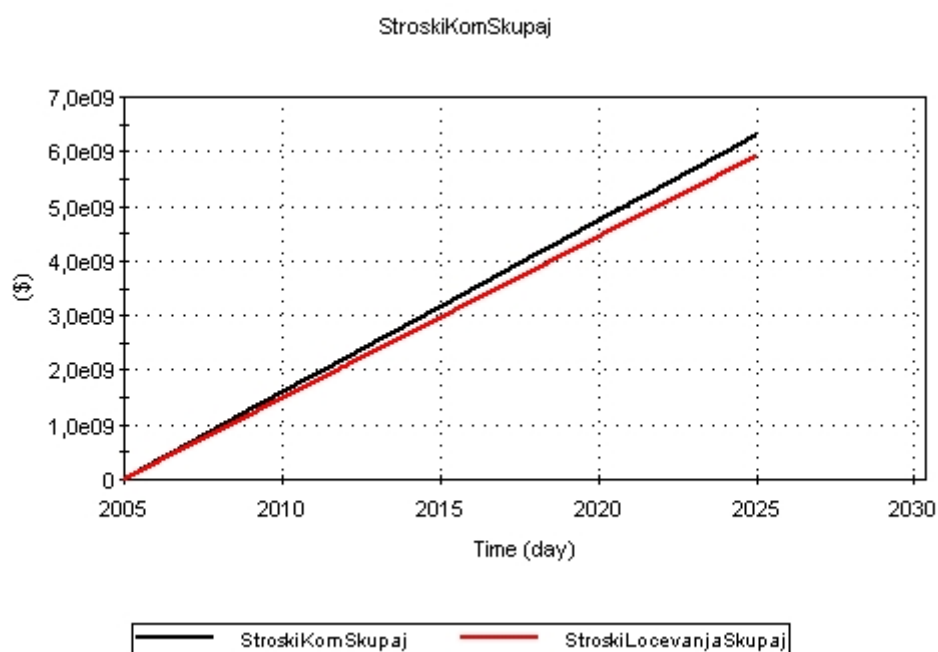
⁶ Kontejnerji za pločevinke ne nastopajo v modelu, kar je predlog za razširitev modela.

5.1.5 Rezultati modela odvoza ločeno zbranih frakcij

Odvoz ločeno zbranih frakcij sem ravno tako kot model odvoza komunalnih odpadkov opazoval v obdobju dvajsetih let od začetka leta 2005 do konca leta 2024. Primerjal sem stroške, prihodke in ekonomske koristi ločevanja odpadkov s stroški, prihodki in ekonomskimi koristmi brez ločevanja pri odvozu komunalnih odpadkov. Primerjal sem tudi finančni kazalnik EVA in finančni kazalnik ROE za ločeno zbiranje odpadkov z vrednostjo kazalnikov pred uvedbo ločenega zbiranja odpadkov.

Stroški ločenega zbiranja odpadkov zajemajo stroške komunalnih odpadkov, frakcije papirja, stekla in papirja (Slika 18). Med stroške posameznih vrst odpadkov uvrščamo amortizacijo posod, amortizacijo vozila in stroške obratovanja vozila. Med stroške prištevamo tudi amortizacijo sortirne linije, stiskalnice in viličarja, kar pri javnem odvozu samo komunalnih odpadkov ni nastopalo. Pri ločenem zbiranju odpadkov je delavcev manj kot pri klasičnem odvozu odpadkov zaradi same tehnike zbiranja odpadkov, ki je pri ločenem zbiranju optimalnejša.

Slika 18: Primerjava stroškov ločevanja odpadkov

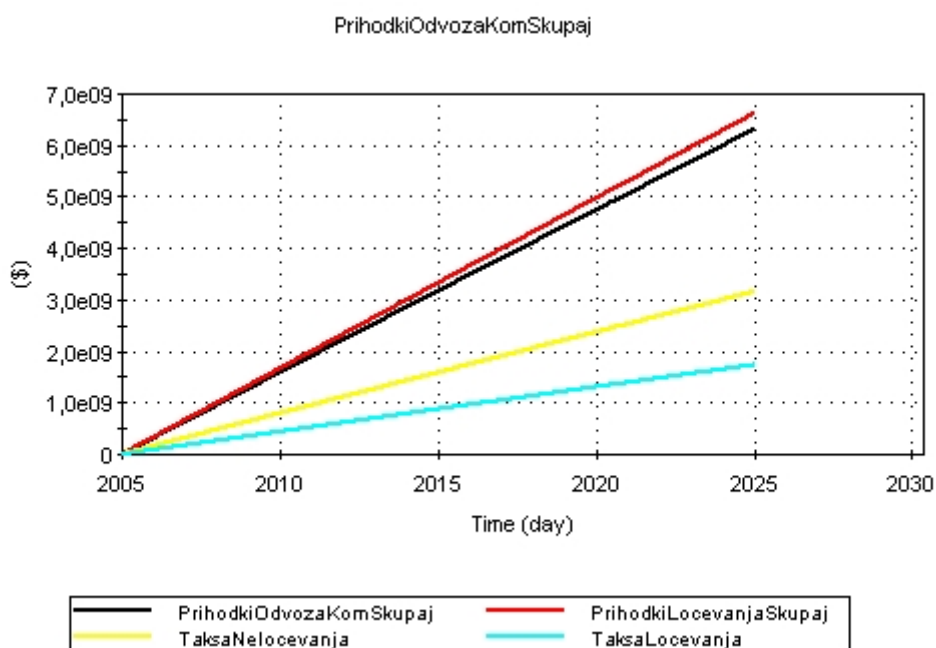


Vir: Lastni izračuni

Med prihodke ločenega zbiranja odpadkov štejemo prihodke frakcije papirja, stekla in plastike (Slika 19). Poleg prihodkov frakcij prištevamo še prihodke zaradi odvoza brez takse zaradi obremenjevanja okolja s komunalnimi odpadki. Razvidno je, da so skupni prihodki ločenega zbiranja odpadkov večji od prihodkov odvoza komunalnih odpadkov brez ločevanja frakcij, ker so prihodki iz naslova prodaje frakcij večji od prihodkov s komunalnimi odpadki, saj smo v modelu upoštevali scenarij, da komunalno podjetje ne obrži takse za okoljsko investicijo vpeljave sistema ločenega zbiranja odpadkov. Taksa pri ločenem zbiranju odpadkov je seveda

manjša kot pri javnem odvozu samo komunalnih odpadkov, ker zmanjšamo količino komunalnih odpadkov že ob izvoru, s čimer podaljšamo življenjsko dobo odlagališča odpadkov.

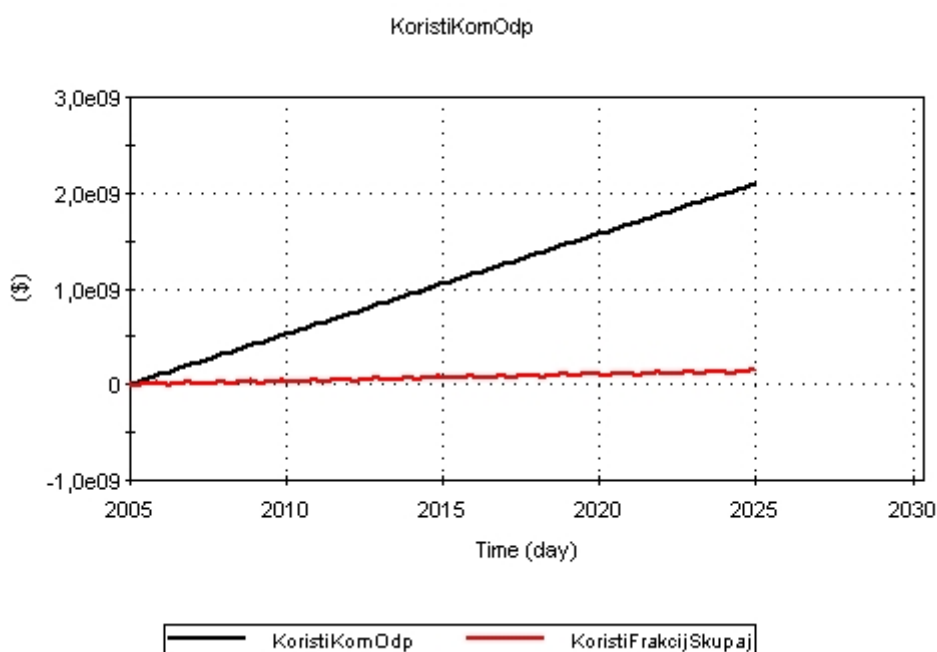
Slika 19: Primerjava prihodkov ločenega zbiranja odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Ekonomске koristi ločenega zbiranja odpadkov v primerjavi z neločevanjem odpadkov se izračuna kot razlika med prihodki in stroški sistema zbiranja (Slika 20). Razvidno je, da so ekonomske koristi pri sistemu ločenega zbiranja odpadkov močno večje kot pri sistemu brez ločevanja.

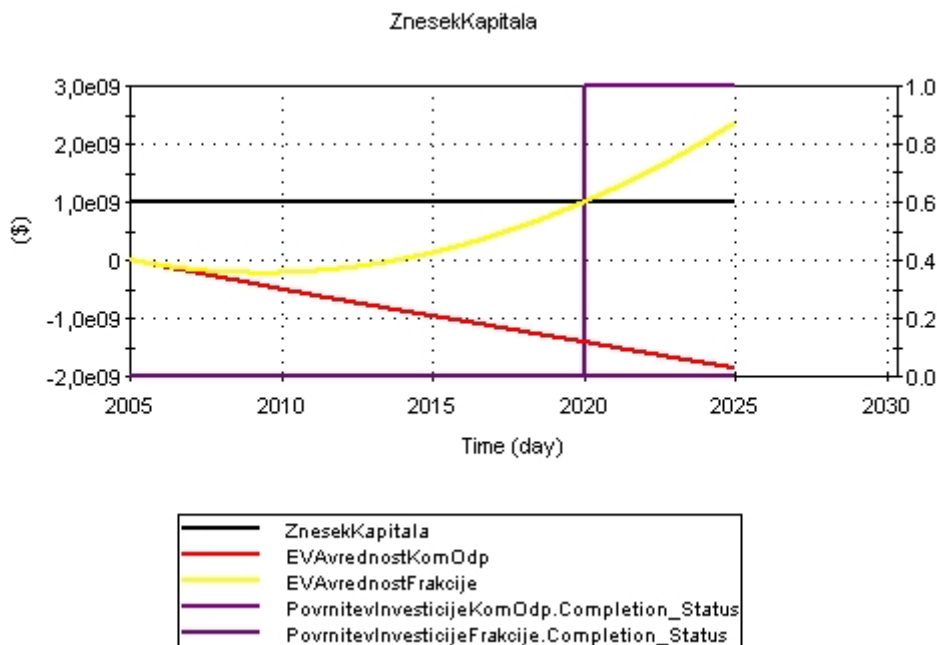
Slika 20: Primerjava koristi ločeno zbranih frakcij



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik EVA kaže, da se investicija v sistem ločenega zbiranja odpadkov povrne precej hitreje kot sistem zbiranja komunalnih odpadkov brez ločevanja (Slika 21). V kratkoročnem obdobju po vpeljavi ločenega zbiranja odpadkov na izvoru je povrnitev investicije negativna, obrestuje se šele v dolgoročnem obdobju, v našem primeru v obdobju petnajstih let.

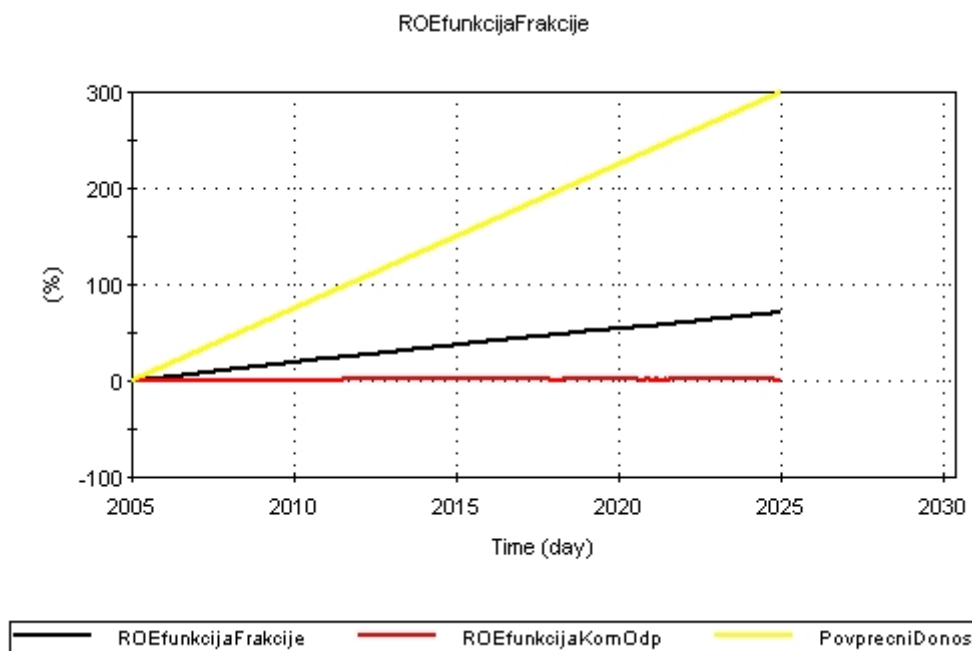
Slika 21: Primerjava kazalnika EVA za ločevanje odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik ROE kaže, da je donos ločenega zbiranja odpadkov večji od donosa zbiranja komunalnih odpadkov brez ločevanja, vendar manjši od povprečnega pričakovanega donosa (Slika 22). Investicija v sistem ločenega zbiranja frakcij se povrne v dolgoročnem obdobju.

Slika 22: Primerjava kazalnika ROE za ločevanje odpadkov



Vir: Lastni izračuni

5.2 MODEL ODLAGALIŠČA Z ZBIRNIM CENTROM LOČENO ZBRANIH FRAKCIJ

Z ločenim zbiranjem odpadkov v izvoru lahko za več kot 60 % zmanjšamo količino odpadkov, ki se odlaga na odlagališču odpadkov. Teh 60 % zajema 40 % bioloških odpadkov, 10 % starega papirja, 5 % stekla in okrog 5 % kosovnih odpadkov. Ostalih 40 % odpadkov predstavljajo vsi tisti odpadki, ki jih ni mogoče predelati ali drugače ponovno uporabiti (npr. s kompostiranjem). S ponovnim sortiranjem odpadkov v zbirnem centru lahko zmanjšamo delež odpadkov, ki se odlaga iz 30 % na 10 % (Škafar, 2005, str. 40, str. 72).

Z ločenim zbiranjem odpadkov podaljšujemo življenjsko dobo odlagališča odpadkov in hkrati razbremenjujemo okolje. V skladu s predpisi morajo imeti občine urejene zbirne centre (Uredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami, Ur.l. RS, št. 21, 23.3.2001).

Zadnji proces pri odstranjevanju odpadkov je deponiranje ali odlaganje odpadkov na primerno urejenih mestih. Odpadke je potrebno, preden jih odlagamo na odlagališče, obdelati, predelati, materialno in snovno izrabiti. Način predelave in obdelave odpadkov je odvisen od materialne in snovne izrabe odpadkov, ki mora biti maksimalna, od vrste in lastnosti odpadkov in cene postopka. Odpadke lahko končno odlagamo na površino zemlje, ki velja za najstarejši postopek odlaganja za nenevarne ali komunalne odpadke, v oceane ali v opuščene rudnike (Škafar, 2005, str. 125).

Naj omenim, da je bil razvit model za optimalno načrtovanje reciklažnega sistema ravnanja z odpadki s pomočjo metodologije linearnega programiranja za mesto v Grčiji (Diamadopoulos, 1995). Model upošteva vse stroške, ki so diskontirani na trenutno vrednost. Ekonomske koristi vključujejo prihodke iz naslova prodaje recikliranih odpadkov in tako podaljšamo življenjsko dobo odlagališča. Model je bil apliciran za celotno mesto za recikliranje papirja, stekla, pločevink in organskih odpadkov. Študija ugotavlja, da recikliranje odpadkov prinaša bistvene prihranke pri stroških ravnanja z odpadki in hkrati podaljša življenjsko dobo odlagališča odpadkov.

Naj omenim še pilotski projekt za recikliranje odpadkov v mestu na Kitajskem (Hu et al., 1998). Recikliranje je sistematizirano s kombiniranjem strojne opreme (angl. hardware), programske opreme (angl. software) in razumske opreme (angl. mindware). Med strojno opremo spadajo tehnološke inovacije glede ravnanja z odpadki. V programsko opremo uvrščamo institucionalne reforme, ki vladno odgovornost prenesejo na deljeno odgovornost med prebivalci, podjetji in vlado. Razumska oprema pomeni prilagajanje obnašanja, ki je skladno z okoljem. Študija ugotavlja, da kombinacija sestavin pri recikliranju, ki jih razvija ta projekt, prinaša bistvene ekološke in ekonomske dobrobiti.

5.1.1 Okoljska zakonodaja ravnanja z ločenim zbiranjem odpadkov

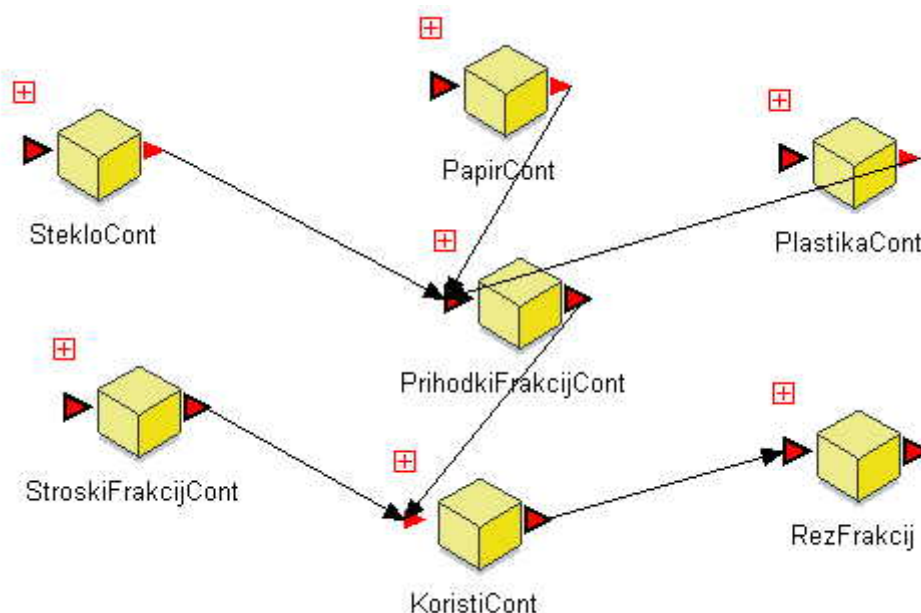
Pravilnik o ravnanju z odpadki (Kovačič, 2001) je glavni predpis, ki okvirno ureja način ravnanja z odpadki (Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01). Najpomembnejši predpis (Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih Ur.l.RS, št. 32/06), ki določa obvezna ravnanja in druge pogoje za odlaganje odpadkov ter pogoje in ukrepe v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, obratovanjem in zapiranjem odlagališč odpadkov ter po njihovem zaprtju, je Pravilnik o odlaganju odpadkov (Kovačič, 2001).

Uredba o taksi za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov (Kovačič, 2001) (Uradni list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99, 56/99, 22/00, 70/01, 129/04, 68/05, 18/06) določa višino, način obračunavanja, odmere in plačevanje takse za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov na odlagališčih odpadkov ter merila za znižanje in oprostitvev plačevanja takse.

5.1.2 Konceptualni model odlagališča z zbirnim centrom ločeno zbranih frakcij

Model odlagališča ločeno zbranih frakcij obravnava posamezne vrste frakcij, v našem primeru frakcije papirja, stekla in plastike (Slika 23). V okviru modela ločevanja odpadkov preučujemo kombinacije scenarija, kjer odpadke ločujemo, ločeno zbranih frakcij ne zasujemo in jih raje prodamo. V okviru različnih scenarijev upoštevamo tudi zmanjšano količino komunalnih odpadkov, ki jo je potrebno zasuti na odlagališču odpadkov.

Slika 23: Konceptualni model zbirnega centra z odlagališčem

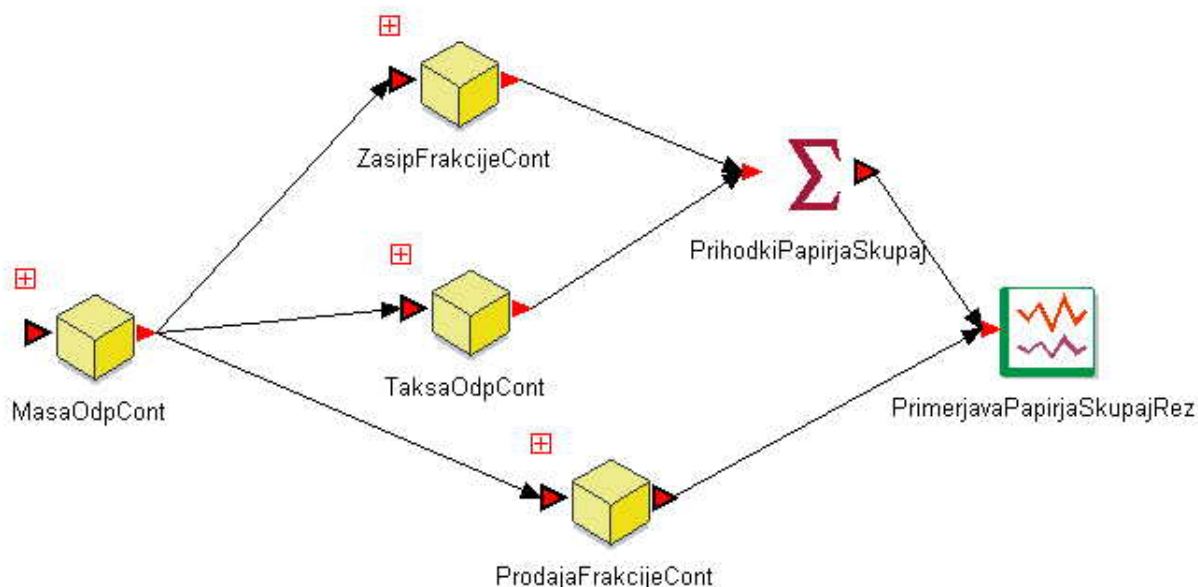


Vir: Lastni izračuni

5.1.3 Konceptualni model frakcije papirja na zbirnem centru

V okviru modela odlagališča ločeno zbranih frakcij modeliramo vsako frakcijo posebej (Slika 24). Za vsako frakcijo preučujemo količino posamezne frakcije, prihodke zasipa in takse zaradi odlaganja frakcije. V okviru scenarija zasipa frakcij delno upoštevamo prihodke takse zaradi odlaganja frakcije. V okviru scenarija prodaje frakcij se upošteva samo prihodke frakcije zaradi prodaje le-te na trgu surovin.

Slika 24: Konceptualni model frakcije papirja na zbirnem centru



Vir: Lastni izračuni

V okviru frakcije papirja velja omeniti koncept razširjene proizvajalčeve odgovornosti (RPO), ki je koncept, ki pravi, da okoljski stroški postanejo del celotnega stroška produkta ob uveljavljanju Pravilnika o ravnanju z odpadno embalažo. Koncept je pomenil zmanjševanje količine odpadkov za odlaganje, kjer se soočamo s čedalje večjim pomanjkanjem postora za odlaganje odpadkov in je bistveno prispeval k zmanjšanju porabe energije in naravnih virov s pospeševanjem recikliranja.

Iz strani industrije je bil v tem času ustanovljen sistem “Zelene točke” za ravnanje z embalažo, ki nastaja v gospodinjstvih. Za ravnanje z odpadno embalažo, ki nastaja v gospodarstvu, se je industrija organizirala, ustanovila in financirala sisteme, ki zagotavljajo cilje pri zbiranju in predelavi odpadne embalaže. Zakonodaja je dopuščala slovenskim podjetjem ustanovitev skupne družbe SLOPAK d.o.o. za ravnanje z odpadno embalažo, na katero je industrija prenesla svoje obveznosti v zvezi z ravnanjem z odpadno embalažo.

V Nemčiji je bila ustanovljena družba INTERSEROH (Kortnik et al., 2006, str. 59-71), ki uveljavlja koncepte RPO v Sloveniji na področju ravnanja z odpadno embalažo, odpadne električne in elektronske opreme in drugimi produkti za celovito nudenje storitev podjetjem v

Sloveniji, ki so zavezanci po področni zakonodaji. Največje količine odpadne embalaže v Sloveniji zbere poslovni sistem Mercator d. d. (Avčin Tržan et al., 2005, str. 84-87).

5.1.4 Parametri modela odlagališča ločeno zbranih frakcij

Parametri modela odlagališča ločeno zbranih frakcij se delijo na ekonomske in neekonomske. Med ekonomske parametre spadata tudi finančna kazalnika EVA in ROE. Poleg parametrov modela odlagališča komunalnih odpadkov se uporablja še parametre, ki se nanašajo na ločeno zbrane frakcije.

Za ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami na odlagališču potrebujemo še dodatne delovne stroje in prostore (Tabela 10) ter osebje, ki upravlja z delovnimi stroji. Za vsako vrsto delovnega sredstva in prostora je navedena nabavna vrednost in stopnja amortizacije delovnega sredstva in prostora.

Tabela 10: Parametri delovnih sredstev odlagališča frakcij

Delovno sredstvo	Nabavna vrednost [SIT]	Stopnja amortizacije [let]	Število zaposlenih
Sortirna linija	80.000.000,00	7	8
Stiskalnica	27.000.000,00	7	1
Viličar	8.000.000,00	5	1

Vir: Lastni izračuni

Za vsako vrsto odpadka veljajo drugi parametri (Tabela 11). Za vsako vrsto je naveden strošek enote zasipa frakcije, ki je prihodek odlagališča odpadkov. Poleg zasipa je naveden še strošek takse enote odpadka zaradi obremenjevanja okolja pri odlaganju odpadka na odlagališče odpadkov. Takso štejemo kot prihodek odlagališča, kar je najbolj optimističen scenarij, če država potrdi investiranje v samo odlagališče kot okoljski projekt, za katerega je namenjena zbrana taksa. Že nekaj časa je okoljska dajatev namenjena investiranju v zbirne centre za ločeno zbrane frakcije, iz zadnje uredbe se da razbrati, da naj bi se okoljsko dajatev investiralo v sežigalnico komunalnih odpadkov, ki bo delovala v okviru javne državne službe v okviru države (Ur.l.RS št. 18/06). Natančnejši izračun cenika zasipa in takse odlaganja odpadkov je možen z uporabo podatkov iz Uradnega lista št. 68/05.

Tabela 11: Cenik zasipa in takse odlaganja odpadkov

Tip odpadka	Zasip [SIT/kg]	Taksa [SIT/kg]
Komunalni odpadki	10	5,00
Papir	10	14,45
Steklo	10	1,02
Plastika	10	1,02

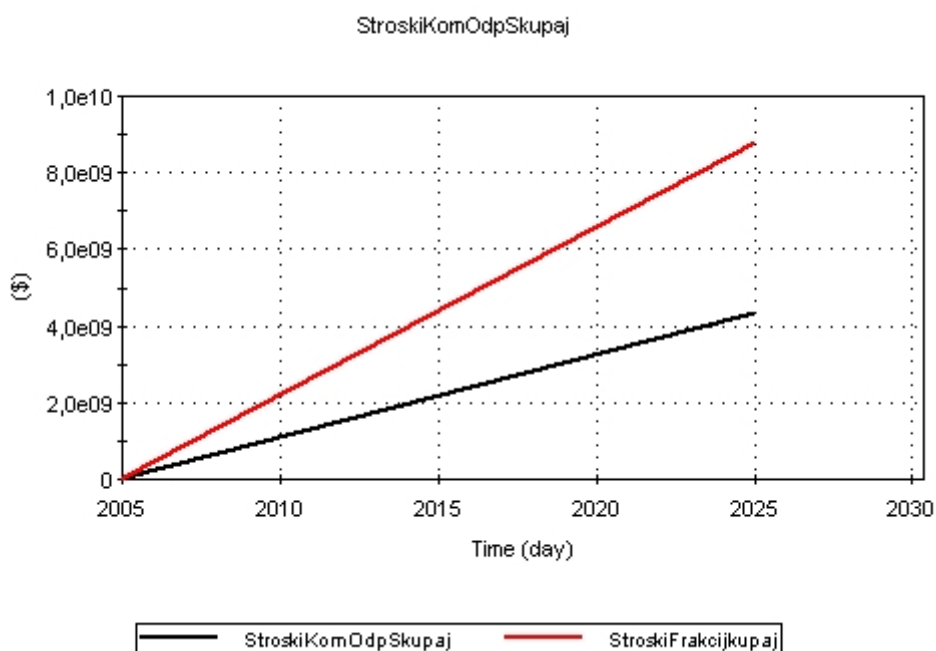
Vir: Lastni izračuni

5.1.5 Rezultati modela odlagališča ločeno zbranih frakcij

Simulacijsko obdobje odlagališča, kjer se odpadki zbirajo ločeno, obsega obdobje dvajsetih let od začetka leta 2005 do konca leta 2024. Pri simulaciji opazujemo stroške, prihodke in koristi na odlagališču odpadkov. Opazujemo tudi gibanje finančnih kazalnikov EVA in ROE z namenom ugotavljanja povrnitve stroškov in donosnosti vloženega kapitala.

Stroški v primeru ločevanja odpadkov so večji kot v primeru neločevanja (Slika 25), ker je v primeru ločenega zbiranja odpadkov potrebno investirati v nakup specializiranih vozil za odvoz ločeno zbranih frakcij, potrebno je investirati v nakup namenskih delovnih strojev (npr. sortirna linija) za zbiranje ločeno zbranih frakcij. Med stroški se upoštevajo stroški delovne sile in delovnih strojev.

Slika 25: Primerjava stroškov ločevanja odpadkov na odlagališču



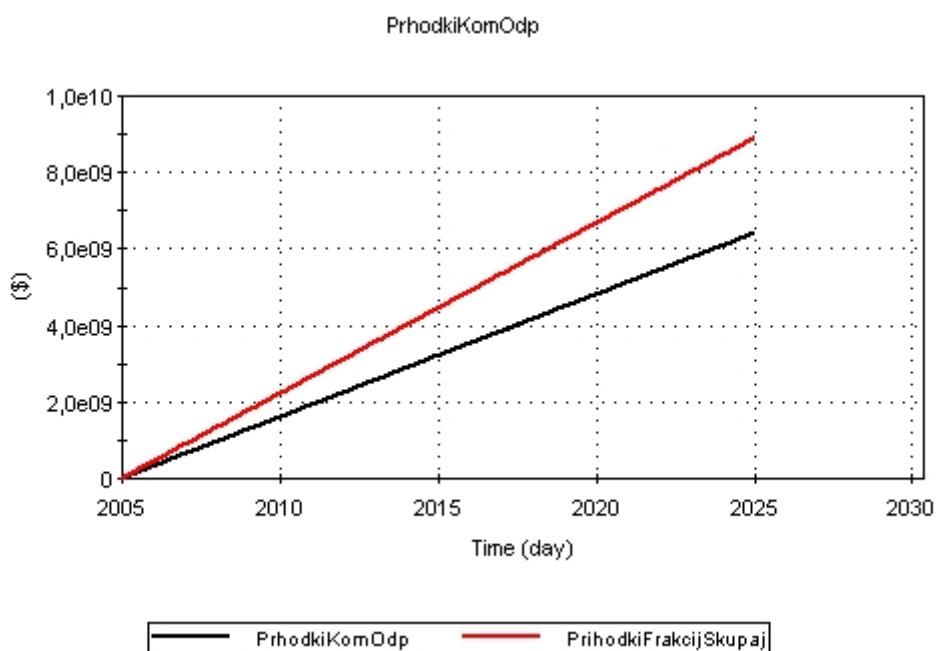
Vir: Lastni izračuni

Primerjava prilivov za odlagališče brez ločevanja in za odlagališče z zbirnim centrom z ločenim zbiranjem odpadkov na izvoru kaže, da so prihodki ločevanja večji kot če odpadkov ne ločujemo (Slika 26). Prihodki ločenega zasipa frakcij ne vključujejo stroškov zasipa z okoljsko dajatvijo odlagališča. Običajno država povrne občini okoljsko dajatev za namene vzpostavitve zbirnega centra ločeno zbranih frakcij. Iz vmesnih rezultatov simulacijskega modela je razvidno, da je dobičkonosnejše odpadke odlagati na odlagališču kot pa prodajati.

Komunalnih odpadkov ne moremo prodati, ampak jih lahko samo zasujemo na odlagališču oziroma jih lahko kompostiramo, kar poskušamo čimbolj zmanjšati z uvedbo ustreznih ukrepov. Pred odlaganjem odpadkov je obvezna predelava oziroma obdelava komunalnih odpadkov (npr.

drobljenje), ki jo morajo vsi izvajalci upoštevati najkasneje do okvirnega roka, ki je mesec oktober leta 2007 (Ur.l.RS št. 32/06).

Slika 26: Primerjava prihodkov ločevanja odpadkov na odlagališču

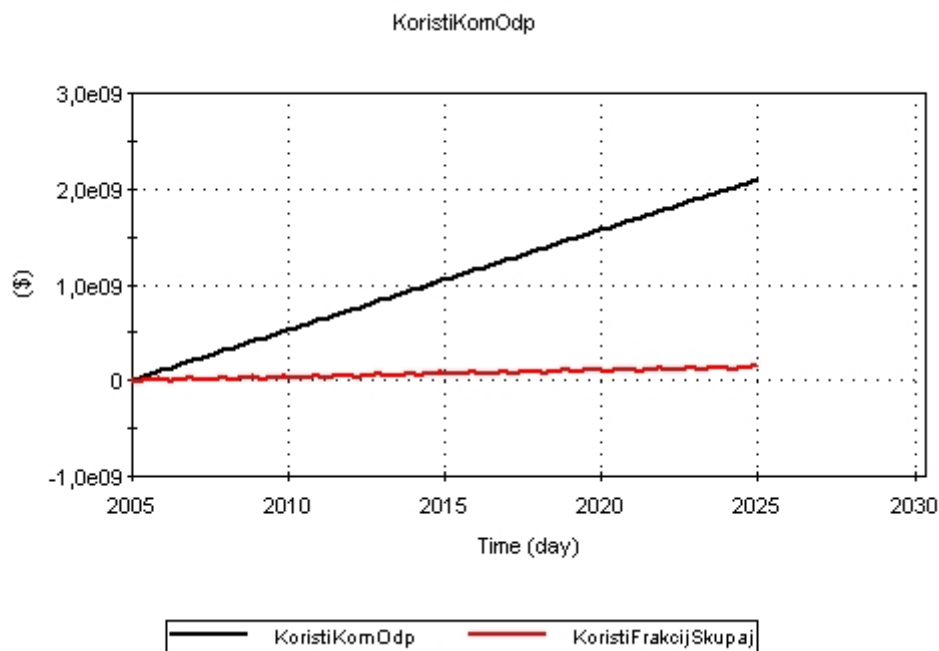


Vir: Lastni izračuni

Primerjava koristi različnih scenarijev na odlagališču kaže, da so koristi ločenega zasipa manjše od neločevanja frakcij (Slika 27), ker imamo z ločevanjem odpadkov na odlagališču večje stroške. Ločevanje na izvoru je cenejše kot ločevanju na odlagališču, saj ne bi bilo potrebno imeti sortirne linije, kar bi zmanjšalo stroške ločevanja od stroškov neločevanja, ker pa so prihodki ločevanja večji od prihodkov neločevanja, bi bilo v tem primeru ločevanje učinkoviteje kot neločevanje.

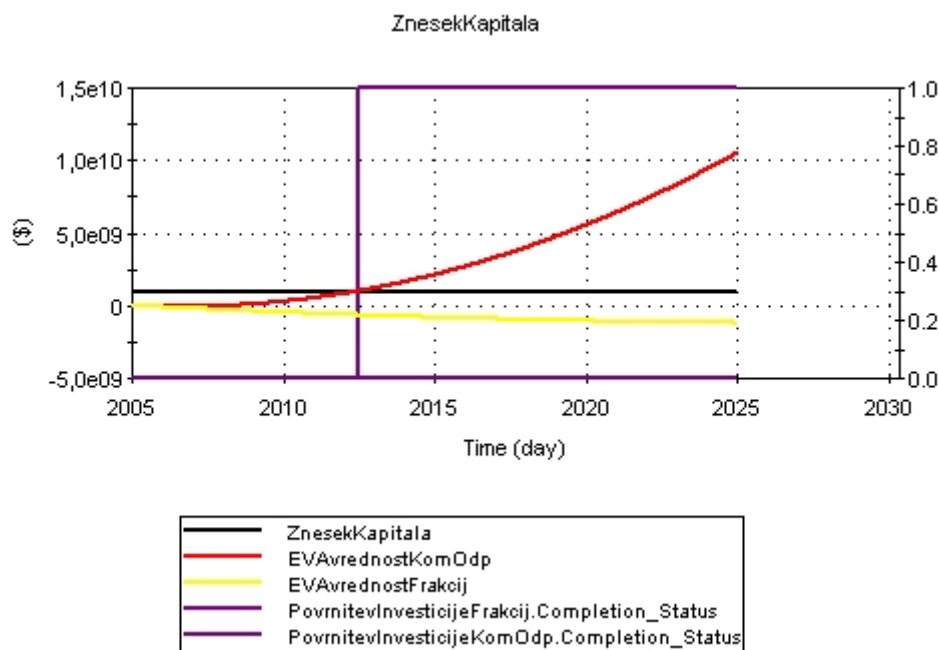
Opozoriti velja, da država z novo okoljsko zakonodajo prisili udeležence v sistemu ravnanja z odpadki k ukrepom, ki zmanjšajo količino končno odloženih odpadkov na odlagališču nenevarnih odpadkov. Ravnanje, ki stremi k čimvečjemu zasipanju odpadkov na odlagališču z namenom doseganja kratkoročnih dobičkov podjetja, je nezakonito.

Slika 27: Primerjava koristi ločevanja odpadkov na odlagališču



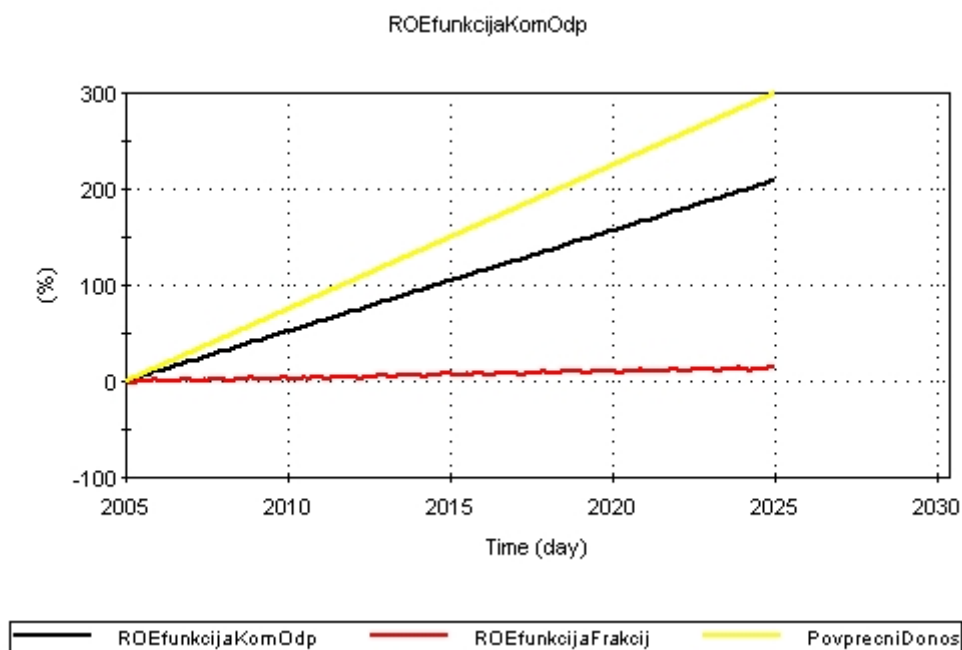
Finančni kazalnik EVA za odlagališče kaže, da se investicija hitreje povrne v odlagališče, kjer frakcij ne ločujemo (Slika 28).

Slika 28: Primerjava kazalnika EVA za ločevanje odpadkov na odlagališču



Finančni kazalnik ROE za odlagališče kaže, da so vsi scenariji pod povprečnim pričakovanim donosom, najslabši kazalnik ROE ima pričakovano ločevanje odpadkov (Slika 29).

Slika 29: Primerjava ROE za ločevanje odpadkov na odlagališču



Vir: Lastni izračuni

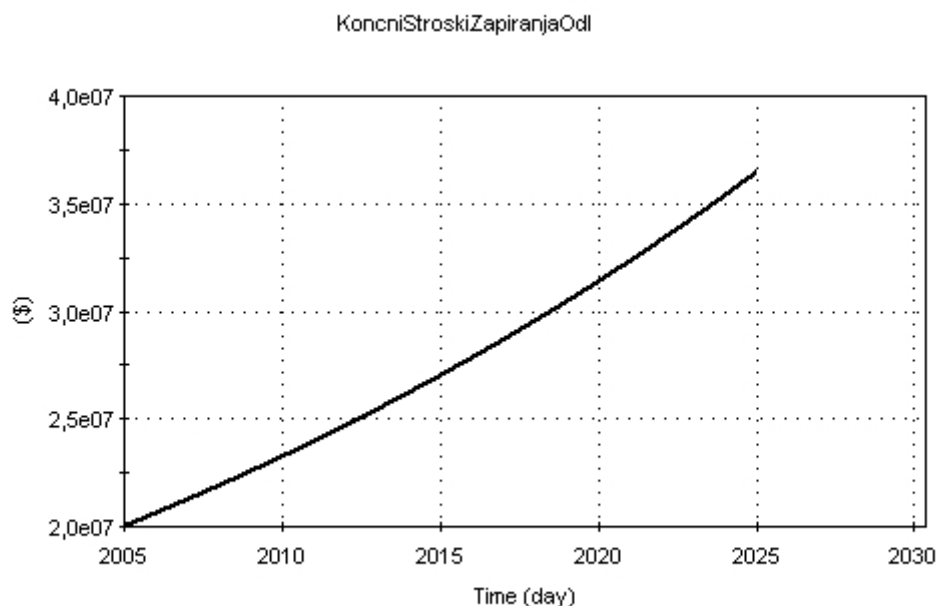
5.1.7 Zapiranje odlagališča odpadkov

Ko odlagališče doseže polno kapaciteto in ko ne sprejema več odpadkov, je potrebno nanesti še zadnji prekrivni sloj, da se minimizira vdiranje vlage in delovanje erozije. To najučinkoviteje dosežemo z vegetacijskim slojem, še posebej so primerna drevesa, ki počasi rastejo, ker niso tako občutljiva na občasna pomanjkanja vlage kot hitro rastoča drevesa (Rhyner et al., 1995).

Odlagališča odpadkov proizvajajo izcedne vode in pline še veliko let po njihovem zaprtju. Zato je potrebno načrtovati plan vzdrževanja odlagališča, ki vključuje monitoring izcednih voda in plinov. Dolgoročno zapiranje odlagališča odpadkov in njegovo vzdrževanje po zaprtju, ki lahko traja tudi več desetletij po zaprtju odlagališča, prinaša občutne finančne zadolžitve lastnikom odlagališč.

Nekateri lastniki odlagališč odpadkov so se izognili tem stroškom tako, da so zapustili območje ali so prijavili bankrot. Zaradi navedenih razlogov so lastniki dolžni zagotoviti finančna sredstva za zaprtje odlagališča in vzdrževanje po zaprtju z garancijo že med samim obratovanjem odlagališča. V nadaljevanju si bomo ogledali izračun stroškov zaprtja odlagališča in stroške po zaprtju odlagališča. Na spodnji sliki (Slika 30) je vidno, da se stroški zapiranja odlagališča dolgoročno večajo zaradi inflacije.

Slika 30: Stroški zapiranja odlagališča odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Finančna sredstva, ki so potrebna za zaprtje odlagališča izračunamo po naslednjem postopku (Rhyner et al., 1995). Predpostavimo, da so stroški zapiranja odlagališča (C) na letni ravni. Predpostavimo še, da je letna stopnja inflacije (f) konstantna skozi celoten življenjski cikel objekta. Strošek zapiranja odlagališča na koncu prvega leta je $C(1+f)$, strošek zapiranja odlagališča na koncu drugega leta je $C(1+f)^2$ in tako naprej. Strošek zapiranja odlagališča po SL letih ob koncu obratovalnega cikla je $A_c = C(1+f)^{SL}$. Vsota vseh letnih zneskov je znesek, ki je potreben za zapiranje odlagališča.

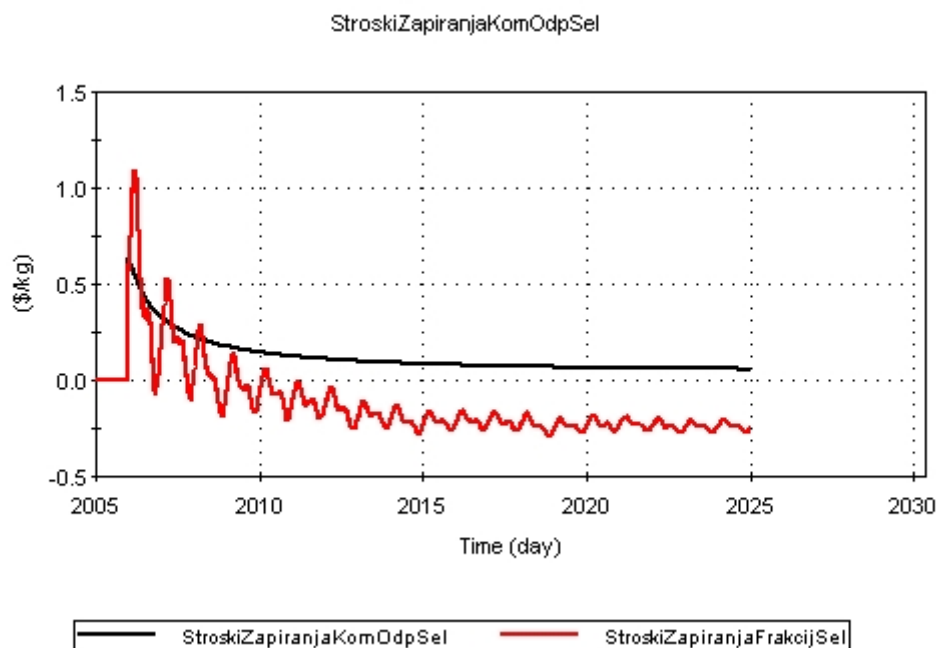
Vsako leto je potrebno izračunani znesek plačevati na varčevalni račun. Znesek, ki ga je potrebno letno plačevati (P) na varčevalni račun, izračunamo po naslednjem obrazcu

$$P = \frac{A_c \cdot i}{(1+i)^{SL} - 1}, \text{ kjer je } i \text{ letna obrestna mera. Strošek na enoto mase odpadkov dobimo tako, da}$$

strošek zapiranja odlagališča delimo s celotno maso odpadkov, ki se v celotnem obratovalnem obdobju objekta odlaga in zasuje na odlagališču odpadkov.

Iz spodnje slike (Slika 31) je razvidno, da z ločenim zbiranjem odpadkov podaljšamo življenjski cikel obratovanja odlagališča, ker se zmanjša količina odloženih odpadkov in se povečajo prihodki zaradi prodaje ločeno zbranih frakcij.

Slika 31: Stroški zapiranja odlagališča na enoto odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Pri zapiranju odlagališča odpadkov so se izdatki večali v krajšem časovnem obdobju. Po drugi strani pa stroški po zapiranju odlagališča zahtevajo serijo letnih izdatkov za potrebe monitoringa in vzdrževanja območja, monitoringa plina in popravljalni ukrepi čez daljše časovno obdobje. Potrebno je zagotoviti dovolj sredstev za te izdatke med aktivnim življenjskim obdobjem kraja.

Možno je uporabiti tudi scenarij, kjer upoštevamo stroške po zaprtju odlagališča s povečano ceno zasipa v višini cca. 1 SIT/kg in cca. 1 SIT/kg za druge nepredvidene stroške kot je npr. odškodnina krajanom, kar je možna izboljšava izdelanega simulacijskega modela (Likon et al., 2003).

6 REGIJSKI MODEL RAVNANJA Z ODPADKI

Regionalizacija (Zore, 1994) je postopek členitve neke geografske celote na manjše enote po določenih kriterijih. Sistemi gospodarjenja z odpadki zahtevajo vedno večja vlaganja, zato se postopno prehaja na reševanje problema na regionalnih nivojih. Izkušnje kažejo, da vzpostavitev velikih oskrbovalnih sistemov zahteva visoka vlaganja in imajo visoke obratovalne stroške, vendar veliko manjše kot seštevek stroškov več manjših sistemov.

Izkušnje razvitega zahodnega sveta kažejo, da je regionalna razdelitev področja eden izmed pomembnih izhodišč vsakega načrtovanja gospodarjenja z odpadki. Na nacionalni ravni mora biti gospodarjenje z odpadki povezano v urejen sistem. Upoštevati je potrebno tudi, da

regionalizacija zahteva poenotenje sistema ravnanja z odpadki znotraj posameznih regij, delno pa celo na nacionalnem nivoju. Regionalizacija zahteva oblikovanje celovitih konceptov ravnanja z odpadki.

Pri opredelitvi regije se upošteva predvsem stroške. Za pretovorne postaje je značilno, da je pri večji količini odpadkov končna dispozicija stroškovno ugodnejša. Za sežigalnice ravno tako velja, da mora biti oskrbovalno zaledje čim večje in časovno dolgoročna naložba, da postane stroškovno upravičena.

6.1 MODEL PRETOVORNIH POSTAJ

Odpadki se običajno prevažajo iz zbirnih področij na odlagališča z zbirnim vozilom. Včasih so razdalje do odlagališča tako velike, da ekipe potrošijo velik del časa nekoristno od njihovih osnovnih nalog zbiranja. Produktivnost delovnih ekip se tako zmanjša. V takih primerih je bolje zgraditi pretovorno postajo, na katero lahko zbirna vozila dovažajo odpadke na večja transportna vozila za daljše razdalje do odlagališča. Večja transportna vozila prevažajo odpadke do odlagališča v velikih količinah na stroškovno učinkovit način, ker je delo od voznika edino zahtevano delo (Rhyner et al., 1995).

6.1.1 Pretovorne postaje

Pretovorne postaje so terminali, kjer se zbirna vozila izpraznijo in se vrnejo k zbiranju odpadkov, medtem ko večja vozila odpeljejo odpadke od terminala do končne dispozicije (Zore, 1994). S pretovornimi postajami se zmanjšajo stroški odvoza odpadkov od nastanka odpadkov do končne dispozicije, kjer se odpadki predelajo ali odstranijo. Stroški odvoza z večanjem razdalje od nastanka do odlaganja odpadkov zelo hitro naraščajo. Produktivnost delovne ekipe se manjša, saj se večja neproduktiven čas, ki ga ekipa porabi za odvoz odpadkov na vedno večji razdalji.

Prednost pretovornih postaj je v povečanju produktivnosti zbirnih vozil (Zore, 1994). Najbolj razširjena oblika odvoza od pretovornih postaj do končne dispozicije je s cestnimi vozili. Možnost je tudi uporabljati železniški transport, ki je cenejši od cestnega, v gosteje naseljenih predelih. Pričakuje se večanje pomena železniškega transporta pred cestnim z ujetjem novih tehnologij zbiranja in predelave odpadkov, ki se bodo obravnavale na nivoju celotne regije in kasneje razširilo na gospodarjenje z odpadki na nivoju celotne države.

Vprašanje ekonomske učinkovitosti je odvisno od razdalje med območjem, kjer se generira odpadke in lokacijo odlagališča odpadkov. Eksperti predlagajo, da je pretovorno postajo težko opravičiti, če niso razdalje vsaj v rangu od 6 do 24 kilometrov. Preden se vpelje pretovorno postajo, je potrebno opraviti natančne analize, v katerih primerjamo stroške direktnega prevoza na odlagališče odpadkov s prevozom večjih količin naenkrat s pretovorno postajo. V točki

sekanja obeh krivulj je razdalja, kjer je stroškovno upravičeno vpeljati pretovorno postajo (Rhyner et al., 1995).

Celotni stroški pretovorne postaje so dominirani s fiksnimi stroški pretovorne postaje. Primerjalna prednost operativnih stroškov transporta v večjih količinah v primerjavi z direktnim prevozom je v dejstvu, da krivulja stroškov raste počasneje kot slednja, saj se spreminja število dnevnih potovanj za vsako vozilo. Kot pomoč pri planiranju pretovornih postaj obstajajo matematični modeli za določitev optimalne lokacije pretovorne postaje v primerjavi z direktnim prevozom od izvora nastajanja do končne lokacije predelave odpadkov in samega odlaganja odpadkov (Rhyner et al., 1995). Modelom je skupno, da so osnovani na predpostavki, da so stroški transporta proporcionalni s prevoženo razdaljo.

Pretovorne postaje kažejo dobrobiti, ki jih analiza stroškov in koristi ne pokažejo jasno (Rhyner et al., 1995). Prednost je v povečani fleksibilnosti izbire odlagališča, zmanjšani stroški vzdrževanja vozil za zbiranje odpadkov, povečani operativni učinkovitosti na odlagališču in dodatne priložnosti za ponovno izrabo recikliranih odpadkov. Operativna učinkovitost na odlagališču se poveča z uporabo večjih vozil za pretovorne postaje, s katerimi se zmanjša promet na odlagališču. Cestne povezave na odlagališču je veliko težje vzdrževati, ker se razprostirajo po celotnem delovnem območju odlagališča.

Najpreprostejše pretovorne postaje so tovarnjaki z žerjavom za nalaganje. Druga oblika je odlagalna postaja, kjer zbirna vozila odlagajo odpadke direktno v prikolice, ki so odprte na vrhu. Veliko pretovornih postaj je opremljenih s stacionarno opremo za stiskanje odpadkov z namenom večkratnega zmanjšanja volumna odpadkov, da se poveča produktivnost. Pretovorne postaje so tipično razmeščene na območjih, ki jih lahko uporabljamo za industrijske namene in se nahajajo blizu večjih avtocestnih povezav. Za določitev primerne velikosti pretovorne postaje je potrebno pridobiti natančne informacije o trenutnih in bodočih količinah odpadkov znotraj območja, ki se ga oskrbuje (Rhyner et al., 1995).

Pretovorne postaje delimo v več skupin glede na načine pretovarjanja odpadkov (Zore, 1994). Pretovorne postaje z direktnim pretovorom so tiste, kjer se odpadki iz zbirnih vozil direktno praznijo v vozila, ki te odpadke prepeljejo na končno dispozicijo. Pri pretovornih postajah z začasnim shranjevanjem se odpadki iz zbirnih vozil praznijo na prostoru za začasno shranjevanje. V kombinaciji obeh vrst pretovornih postaj se direktno pretovarjanje in začasno shranjevanje uporabljata sočasno, kar je zlasti primerno pri ločenem zbiranju odpadkov, kjer se odpadke sortira po frakcijah.

Za pretovorne postaje se običajno uporablja cestni prevoz. Uporablja se tudi železniško povezavo in ladijske prevoze za namene pretovorne postaje. Tovornjake se običajno uporablja za prevoze, ki presegajo 50 m³ odpadkov, kar znaša od 18 do 23 ton odpadkov. Ti tovarnjaki so težji od običajnih, ker so ojačani za potrebe kompaktiranja odpadkov. Tovornjaki, ki ne omogočajo kompaktiranja odpadkov, so lažji in so pogosto odprti na vrhu.

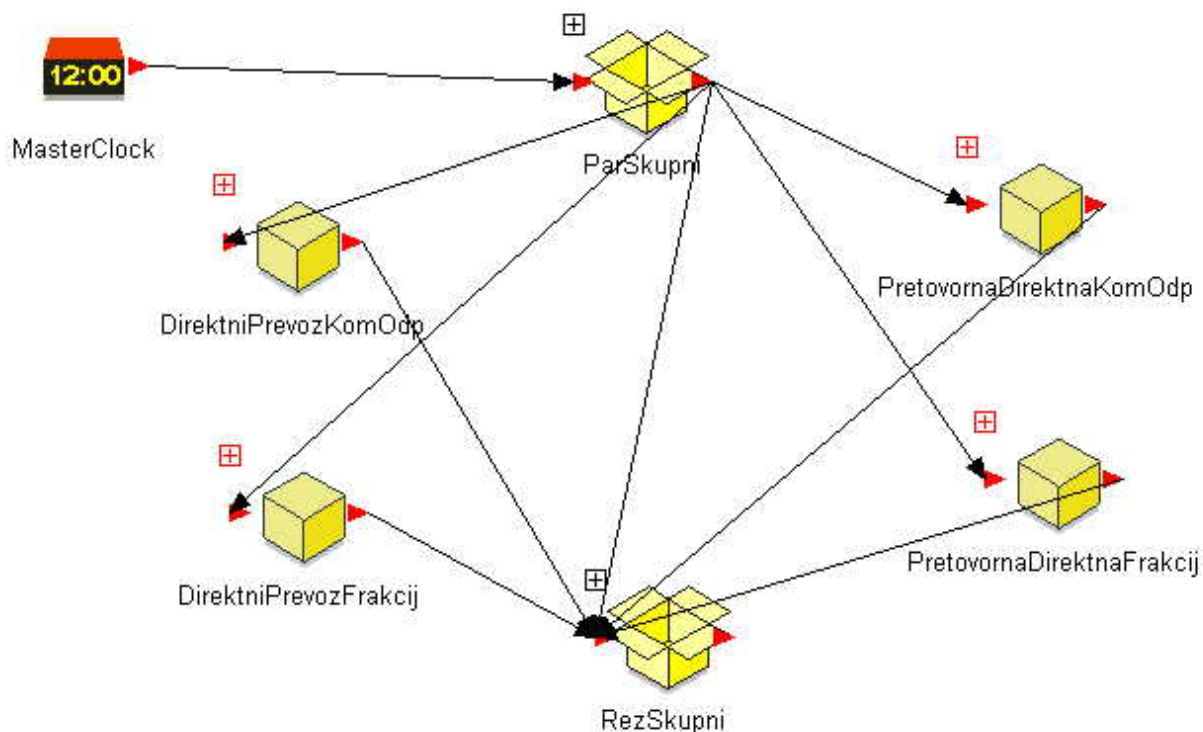
Z večanjem razdalje postaja železniški prevoz vedno bolj pogost, kar je ekonomsko privlačno pri razdaljah, ki so daljše od 80 kilometrov do odlagališča. Vagon vlaka omogoča natovarjanje od 80 do 90 ton odpadkov. Stroški izgradnje železnic so večji od cestnih za pretovarjanje primerljive količine odpadkov, ker imajo železnice dodatne stroške za izgradnjo tirnic in posebne opreme, ki je potrebna za natovarjanje železniških vagonov (Rhyner et al., 1995).

6.1.2 Konceptualni model pretovornih postaj

Pri konceptualnem modelu pretovornih postaj sem se osredotočil na modeliranje direktnega prevoza, ki sem ga primerjal z modelom direktne pretovorne postaje (Slika 32). Pri direktnem prevozu se ne uporablja pretovorne postaje, saj vsa vozila voznega parka vozijo odpadke direktno do končnega mesta odlaganja. Pri direktni pretovorni postaji preučujemo učinkovitost pretovorne postaje v odvisnosti od spreminjajoče razdalje do končnega mesta nadaljne obdelave odpadkov. Vsem modelom so skupni določeni parametri in primerjava učinkovitosti obeh modelov je povzeta v skupnih rezultatih.

Za model direktnega prevoza in model direktne pretovorne postaje sem opazoval dva scenarija. V prvem scenariju odpadkov ne ločujemo in se odvaža samo komunalne odpadke. V drugem scenariju preučujemo vpliv vpeljave ločenega zbiranja odpadkov.

Slika 32: Konceptualni model pretovornih postaj



Vir: Lastni izračuni

6.1.3 Parametri modela pretovornih postaj

Parametri simulacije pretovornih postaj se delijo na ekonomske in neekonomske. Ekonomski parametri simulacije so cena goriva, cena prevoženega kilometra, nabavna vrednost vozila, nabavna vrednost pretovorne postaje, cenik odvoza in cenik prodaje odpadkov. Med ekonomske parametre spadata tudi finančna kazalnika EVA in ROE.

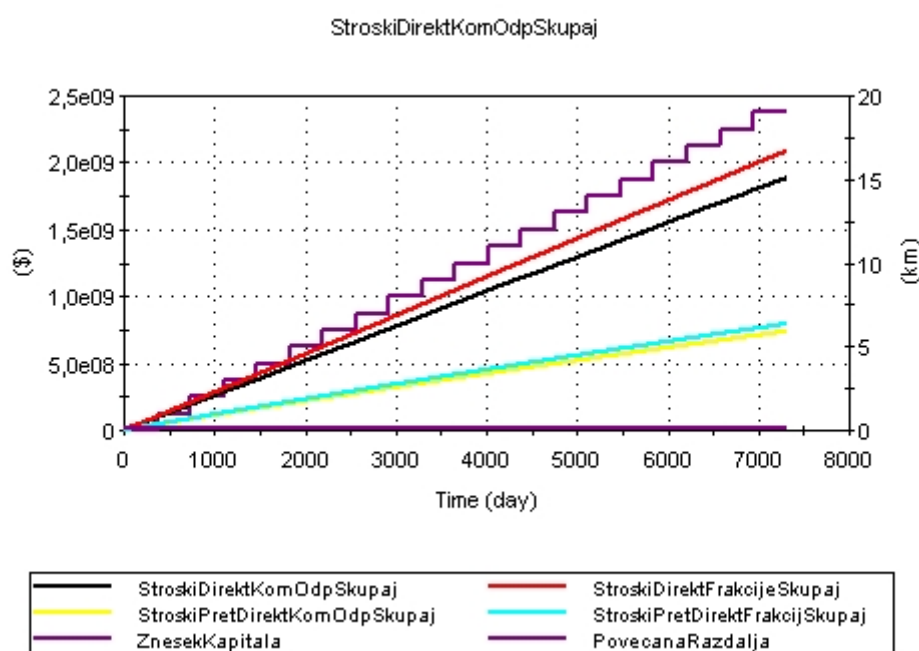
Neekonomske parametri so razdalja, delež kompozicije odpadkov, dnevni faktor, dnevna masa odpadkov, nosilnost pretovorne postaje, poraba goriva med vožnjo v litrih, dnevno število vozil, stopnja amortizacije vozil, stopnja amortizacije pretovorne postaje in delež povečanja stroškov uporabe premičnih prekatov v pretovornih postajah.

6.1.4 Rezultati modela pretovornih postaj

Simulacija pretovornih postaj se izvaja za obdobje dvajsetih let, kjer upoštevamo število dni od začetka leta 2005 do konca leta 2024. V okviru simulacije opazujemo gibanje skupnih stroškov, skupnih prihodkov, povprečnih stroškov ter finančna kazalnika ROE in EVA.

Primerjava skupnih stroškov kaže, da so največji stroški zabeleženi pri direktnem prevozu brez uporabe pretovornih postaj (Slika 33). Iz grafa je razvidno, da so stroški ločenega zbiranja odpadkov večji kot pri odvozu samo komunalnih odpadkov tako za direktni prevoz kot za prevoz z uporabo pretovornih postaj.

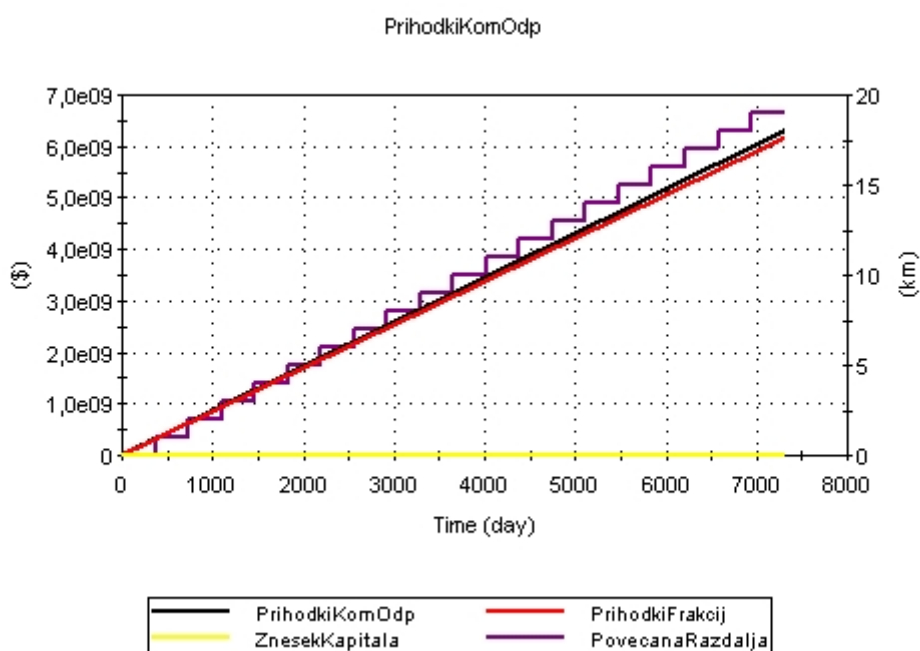
Slika 33: Primerjava stroškov pretovorne postaje



Vir: Lastni izračuni

Pri primerjavi prihodkov se primerja prihodke komunalnih odpadkov brez ločevanja in prihodke, ki jih dobimo, če frakcije ločujemo in vsako posebej prodamo, pri čemer zmanjšani količini komunalnih odpadkov še vedno zaračunavamo stroške odvoza končnim povzročiteljem odpadkov. Iz grafa (Slika 34) je razvidno, da so prihodki ločeno zbranih frakcij rahlo manjši od prihodkov brez ločenega zbiranja odpadkov, kjer odvažamo samo komunalne odpadke.

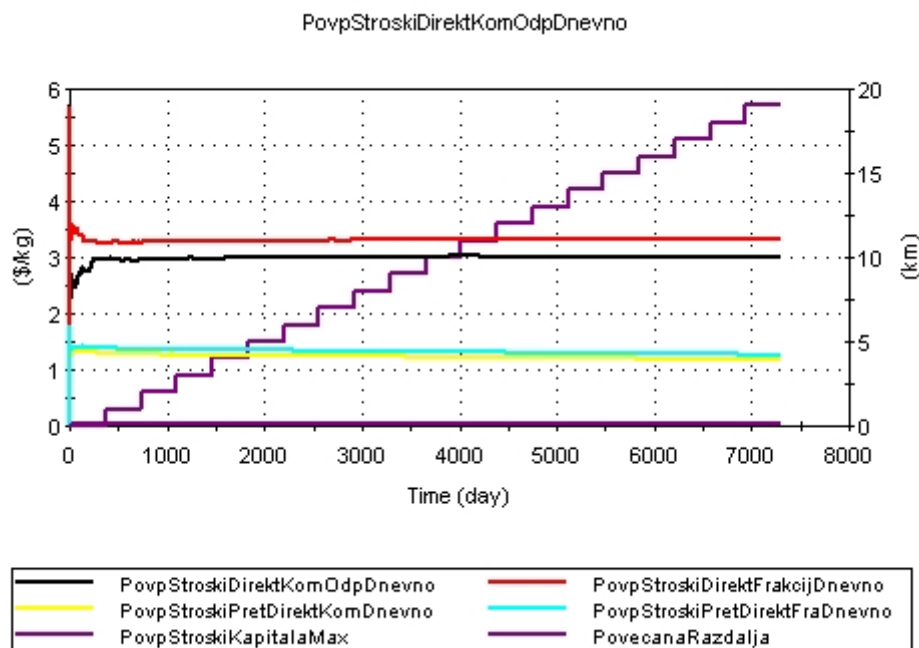
Slika 34: Primerjava prihodkov pretovornih postaj



Vir: Lastni izračuni

Primerjava povprečnih stroškov prevoza na enoto odpadka oziroma ločeno zbrane frakcije kaže, da so povprečni stroški direktnega prevoza večji kot pri uporabi direktnih pretovornih postaj (Slika 35). Iz grafa je tudi razvidno, da so povprečni stroški pri uporabi direktnih pretovornih postaj vedno veliko manjši kot pri direktnem prevozu.

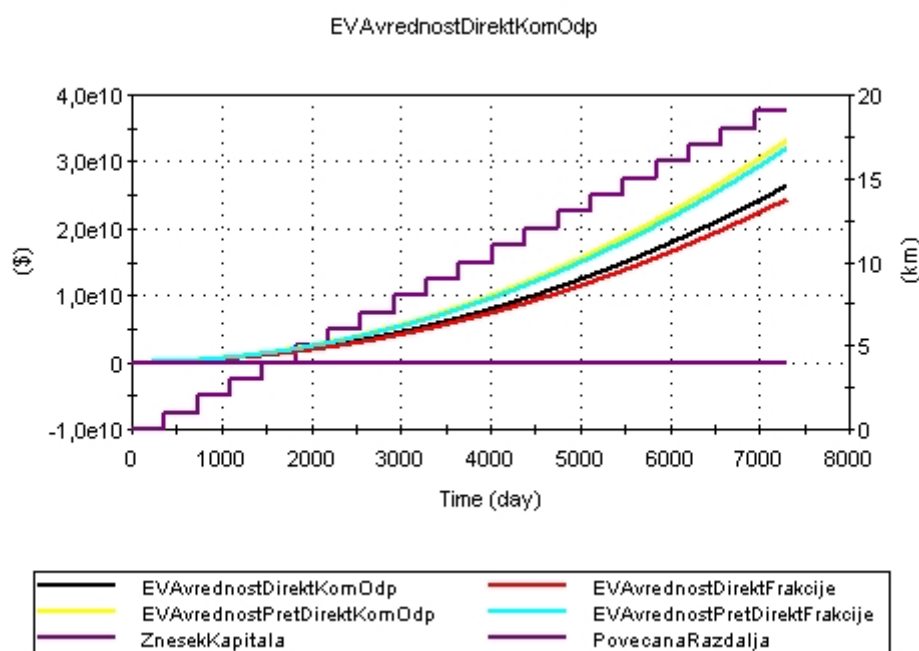
Slika 35: Povprečni stroški pretovornih postaj



Vir: Lastni izračuni

Primerjava finančnega kazalnika EVA za različne vrste prevozov kaže, da je vrednost kazalnika EVA največja pri direktnih pretovornih postajah (Slika 36). Iz grafa je razvidno, da je vrednost kazalnika EVA pri enaki vrsti prevoza za ločeno zbrane frakcije manjša kot, če odvažamo samo komunalne odpadke brez ločevanja, saj so prihodki pri ločeno zbranih frakcij manjši kot pri komunalnih odpadkih in hkrati so stroški pri ločeno zbranih frakcijah večji kot pri komunalnih odpadkih.

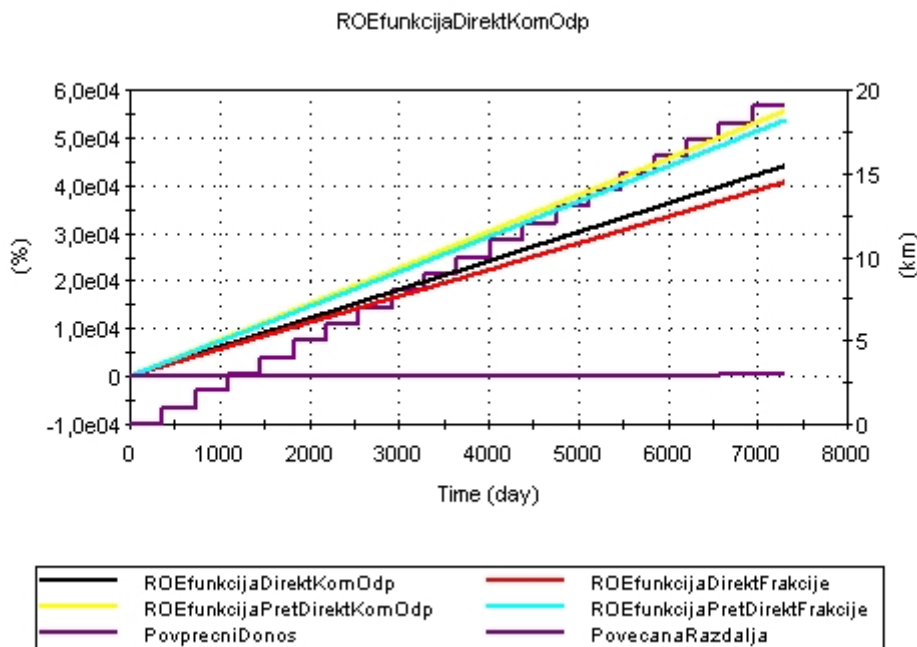
Slika 36: Kazalnik EVA pretovornih postaj



Vir: Lastni izračuni

Primerjava finančnega kazalnika ROE za različne vrste prevozov kaže podobno kot pri kazalniku EVA, da se najhitreje povrne investicija, ki uporablja pretovorne postaje in se ne izvaja odvoz ločeno zbranih frakcij (Slika 37).

Slika 37: Kazalnik ROE pretovornih postaj



Vir: Lastni izračuni

6.2 MODEL SEŽIGALNIC ODPADKOV

Ko se je začelo spoznavati pomanjkljivosti odlaganja odpadkov, se je zanimanje povečalo za nove oblike upravljanja z odpadki. Največji interes je bil na kremaciji ali sežigu odpadkov. Prva sistematična sežigalnica odpadkov je bila narejena v Angliji leta 1870 (Rhyner et al., 1995). Po vzoru Anglije se je po vsej Evropi začelo graditi večje število sežigalnic. Po krajšem času so se gradile sežigalnice tudi v ZDA. Večina sežigalnic se je gradilo, tako da se je impulzivno privzelo Evropsko tehnologijo in večino od prvotnih sežigalnic se je opustilo po nekaj letih kot neuspešen poskus.

V dvajsetem stoletju je ekonomski razvoj v zahodnih državah in mnogih drugih prinesel bistvene spremembe v kvantiteti in kompoziciji odpadkov. Pepel iz sežigalnic, ki so uporabljale za sežig premog, je predstavljal velik delež komunalnih odpadkov v prvem delu stoletja. S prihodom sežigalnic, ki so uporabljale za gorivo naravni plin in nafto, je pepel predstavljal le majhno frakcijo toka komunalnih odpadkov (Rhyner et al., 1995).

6.2.1 Sežigalnice

Sežig je izgorevanje odpadkov na kontroliran način z namenom uničevanja ali transformacije odpadkov v manj nevarne odpadke, pri čemer se prostornina odpadkov zmanjša (Cheremisinoff, 2003). Uporablja se za odstranjevanje širokega spektra odpadkov, vključno z mešanimi komunalnimi odpadki, zdravstvenimi odpadki in določenimi tipi industrijskih odpadkov. Spada med alternativne strategije ravnanja z odpadki. Običajno je druga najpogostejša metoda uporabljena za ravnanje z odpadki takoj za odlaganjem odpadkov na odlagališču.

Pravilnik o ravnanju z odpadki (Kovačič, 2001) je glavni predpis, ki okvirno ureja način ravnanja z odpadki (Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01), uporabo odpadkov kot gorivo v primeru, če obremenjujejo okolje manj od drugih načinov predelave.

V nadaljevanju so povzete bistvene prednosti in slabosti iz stališča "life-cycle".

Uporaba tehnologije sežiga odpadkov ima več prednosti. Pri sežigu odpadkov prihaja do redukcije volumna in mase odpadkov, predvsem odpadkov, ki so večji in imajo visoko kurilno vrednost. Volumen odpadkov se lahko zmanjša tudi do 90 %, masa odpadkov se lahko zmanjša največ do 75%. Z zmanjševanjem volumna in mase odpadkov dosežemo, da je potrebno manjšo količino odpadkov odlagati na odlagališču odpadkov.

Pri sežigu se uničijo nekateri odpadki, tako da so sežgani odpadki bolj primerni za končno odlaganje kot nesežgani odpadki. Uničijo organske komponente bioloških odpadkov, ki sicer generirajo pline pri odlaganju na odlagališču. Sežig odpadkov je ponovna uporaba energije iz organskih odpadkov. Tu prihaja do nadomeščanja fosilnih goriv za generiranje energije s pozitivnimi ekološkimi učinki.

Kljub prednostim ima sežiganje odpadkov tudi nekatere slabosti. Začetna investicija v sežigalnico je zelo visoka, kar povzroča visoke stroške in daljšo dobo odplačevanja sežigalnice v primerjavi z odlaganjem odpadkov na odlagališče. Sežig proizvaja določeno količino odpadkov, ki jo je potrebno v vsakem primeru odlagati na odlagališče. Sežig odpadkov je načrtovan na podlagi kurilne moči odpadkov. Recikliranje odpadkov in zmanjševanje količine nastajanja odpadkov zmanjšuje celotno kurilno moč odpadkov, kar zmanjšuje performanse sežigalnice. Sežig odpadkov povzroča onesnaževanje ozračja zaradi sežiga odpadkov.

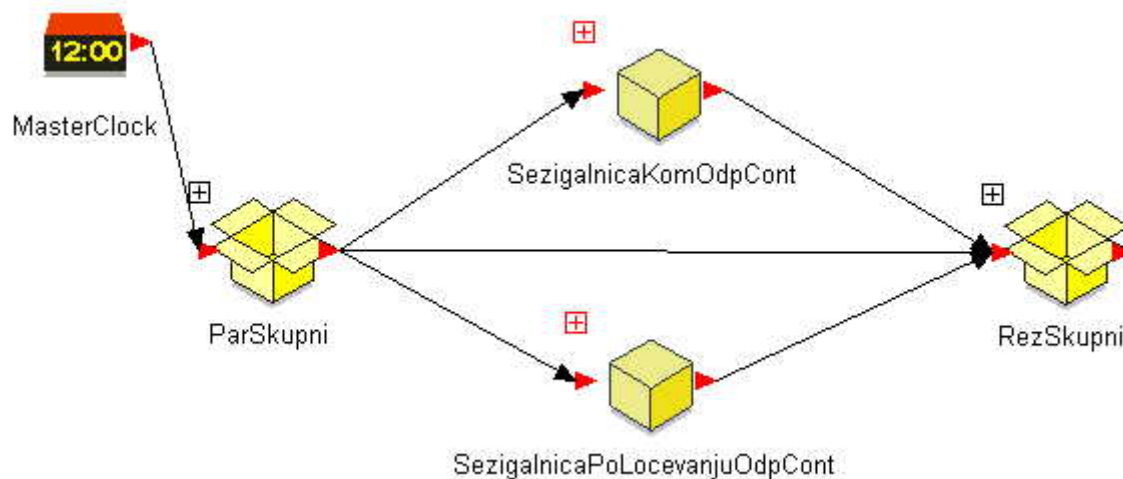
6.2.2 Konceptualni model sežigalnice odpadkov

Konceptualni model sežigalnice odpadkov (Slika 38) preučuje dva scenarija⁷. Prvi scenarij je scenarij, kjer odpadkov ne ločujemo in sežigamo samo komunalne odpadke. Drugi scenarij je

⁷ Model ne upošteva prodajo toplotne energije za potrebe ogrevanja, kar je možna razširitev simulacije.

scenarij, kjer odpadke zbiramo ločeno, sežigamo samo preostanek komunalnih odpadkov. Na odlagališče odpadkov je potrebno odlagati le del ostankov sežganih odpadkov. V drugem scenariju lahko ločeno zbrane frakcije prodamo vsako posebej na trgu.

Slika 38: Konceptualni model sežigalnice



Vir: Lastni izračuni

6.2.3 Parametri modela sežigalnice odpadkov

Parametri simulacije sežigalnice se delijo na ekonomske in neekonomske. Ekonomski parametri so cena električne energije, cena zasipa odpadkov, cena takse odpadkov in cenik odpadkov. Cena pasovne električne energije⁸ znaša 9.356 SIT/kwh, trapezna 14.970 SIT/kwh, evrotrapezna 14.909 SIT/kwh, nočna 6.592 SIT/kwh in evronočna 6.394 SIT/kwh (Borzen, 2006).

Strošek upravljanja z eno tono sežganih odpadkov, vključno z vsemi stroški projekta znaša od 200\$ do \$1000 na tono odpadkov (Cheremisinoff, 2003, str. 62). Med ekonomske parametre spadata tudi finančna kazalnika EVA in ROE.

Neekonomske parametri so dnevna masa odpadkov, delež kompozicije odpadkov, masni delež sestave odpadkov, kurilna moč odpadkov, izkoristek energije⁹, faktor redukcije mase odpadkov po sežigu, faktor redukcije prostornine odpadkov po sežigu, sezonski faktor (Tabela 4) in dnevni faktor. Za vsako vrsto odpadka je naveden masni delež in kurilna moč navedenega vrsta odpadka (Tabela 12).

⁸ Cena pasovne električne energije je glavna komponenta cene električne energije v simulaciji.

⁹ V simulaciji upoštevam zelo visok izkoristek energije, da dosežem pozitivno donosnost sežigalnice.

Tabela 12: Parametri odpadkov pri sežigu

Tip odpadka	Masni delež [%]	Kurilna moč [MJ/kg]
Papir	37,8	17,7
Steklo	9,0	0,0
Plastika	4,6	33,5
Tekstil	3,3	32,5
Guma in usnje	2,2	23,5
Les	3,0	20,0
Biološki	14,2	15,1
Vrtni	14,6	17
Železo	8,2	0,0
Razni anorganski	3,1	0,0

Vir: Cheremisinoff, 2003, str. 42

Slovenija bo zaradi svojega razvoja v naslednjih letih prešla v fazo, v kateri se že sedaj nahajata Avstrija in Nemčija. V teh državah je odlaganje neobdelanih odpadkov prepovedano in zaradi visoke obdavčitve gospodarsko nezanimivo. Ločeno zbiranje odpadkov s ponovno uporabo surovin je že doseglo svoje viške. Zaradi navedenih razlogov postaja termično izkoriščanje mešanih odpadkov vedno bolj aktualno.

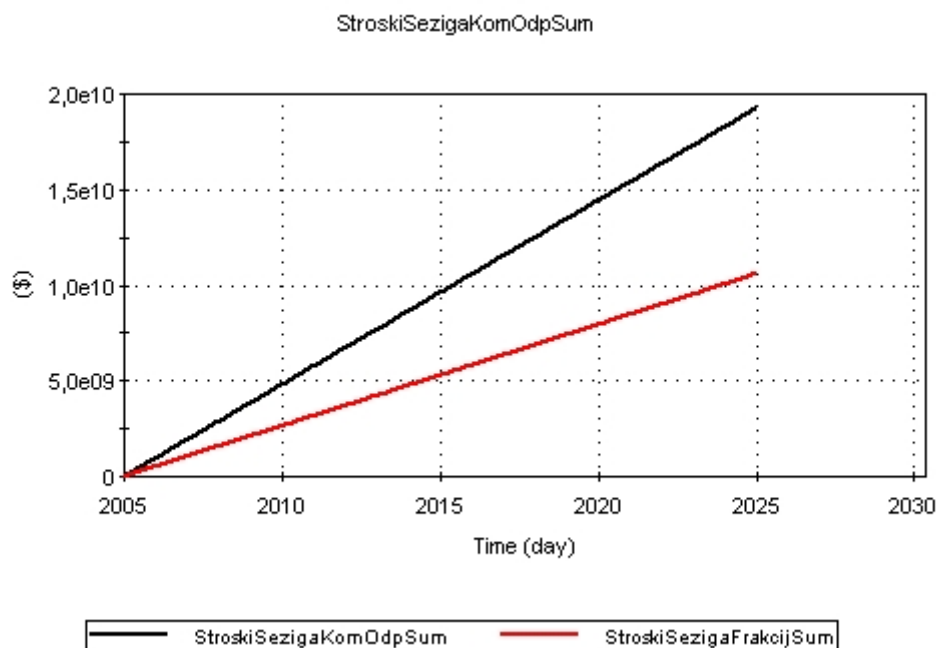
V gospodinskih odpadkih se nahaja okrog tretjine materialov, ki imajo kurilno vrednost. Najboljša kurilna frakcija, ki je mešanica plastike in zveznih materialov, znaša okrog 15%. Odpadke je potrebno ločevati z mehanskim postopkom, da nastane primerno nadomestno gorivo, ki ga lahko uporabimo kot sosežig v cementarnah, v vrtljivih pečeh, železarnah in toplarnah (Kortnik et al., 2006, str. 100-109). Uporaba nadomestnih goriv predstavlja ekonomsko vprašanje preživetja predvsem za cementno industrijo, ki je pod zelo velikim stroškovnim pritiskom zaradi naraščajočih cen fosilnih goriv (premog, zemeljski plin, CO₂).

6.2.4 Rezultati modela sežigalnice odpadkov

Simulacija sežigalnice odpadkov se izvaja za obdobje dvajsetih let od začetka leta 2005 do konca leta 2024. Osredotočil sem se na primerjavo stroškov odlaganja odpadkov pred in po sežigu, na same stroške sežiga odpadkov brez ločenega zbiranja odpadkov in po vpeljavi ločenega zbiranja odpadkov, na primerjavo prihodkov elektrike za posamezne vrste odpadkov, na primerjavo prihodkov in samih koristi sežiga in na finančna kazalnika EVA in ROE pri sežigu odpadkov.

Primerjava stroškov sežigalnice prikazuje stroške odlaganja odpadkov in stroške sežiga odpadkov (Slika 39). Iz grafa je razvidno, da se po sežigu odpadkov stroški odlaganja odpadkov na odlagališču zmanjšajo, del sežganih odpadkov je še vedno potrebno odlagati na odlagališču. Stroški sežiga z vpeljavo ločenega zbiranja odpadkov se zmanjšajo, ker se z ločevanjem manjša količina komunalnih odpadkov, ki se jih lahko sežiga.

Slika 39: Primerjava stroškov sežigalnice



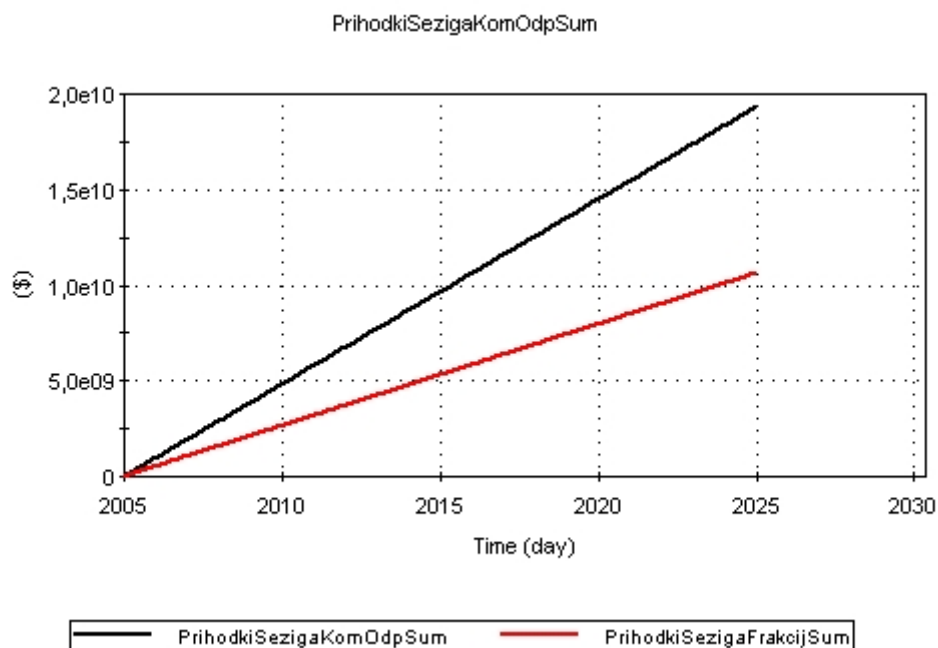
Vir: Lastni izračuni

Večja količina odpadkov, ki je na razpolago za sežig, več električne energije lahko prodamo na trgu (Slika 40). Po ločenem zbiranju odpadkov se količina odpadkov zmanjša, hkrati se zmanjša količina električne energije, ki jo lahko prodamo na trgu, saj je frakcije papirja po ločenem zbiranju odpadkov manj.

Največ toplotne energije da papir¹⁰, ki nosi tudi največji delež prihodkov iz naslova sežiga odpadkov. Poleg tega, da ima največjo kurilno moč, se ga da na trgu prodati z največjo ceno izmed vseh prikazanih frakcij. Steklo, železo, razni anorganski odpadki in preostanek komunalnih odpadov sploh nimajo kurilne moči, ne oddajajo toplote in ni prihodkov.

¹⁰ Plastika je kot nafta, če je suha (Likon et al., 2003).

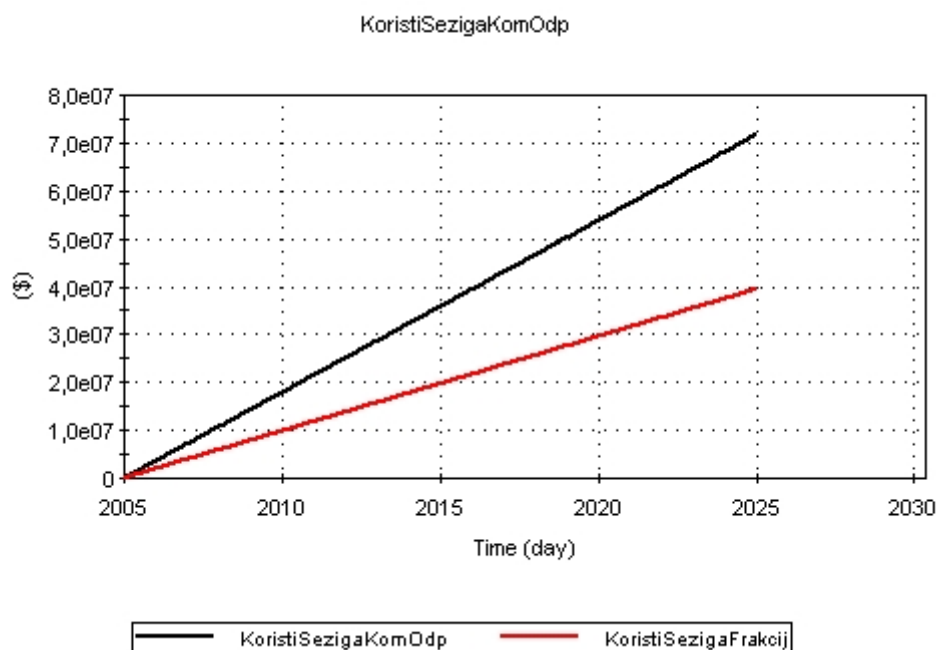
Slika 40: Primerjava prihodkov elektrike odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Spodnja slika (Slika 41) prikazuje ekonomske koristi sežiga odpadkov. Pri primerjavi koristi je razvidno, da več sežganih odpadkov prinaša več ekonomskih koristi. Poleg tega je treba manj odpadkov odlagati na odlagališču, kar zmanjša stroške odlaganja. Ekonomske koristi sežiga odpadkov v povezavi s prodajo ločeno zbranih frakcij prinaša dolgoročno pozitivne koristi.

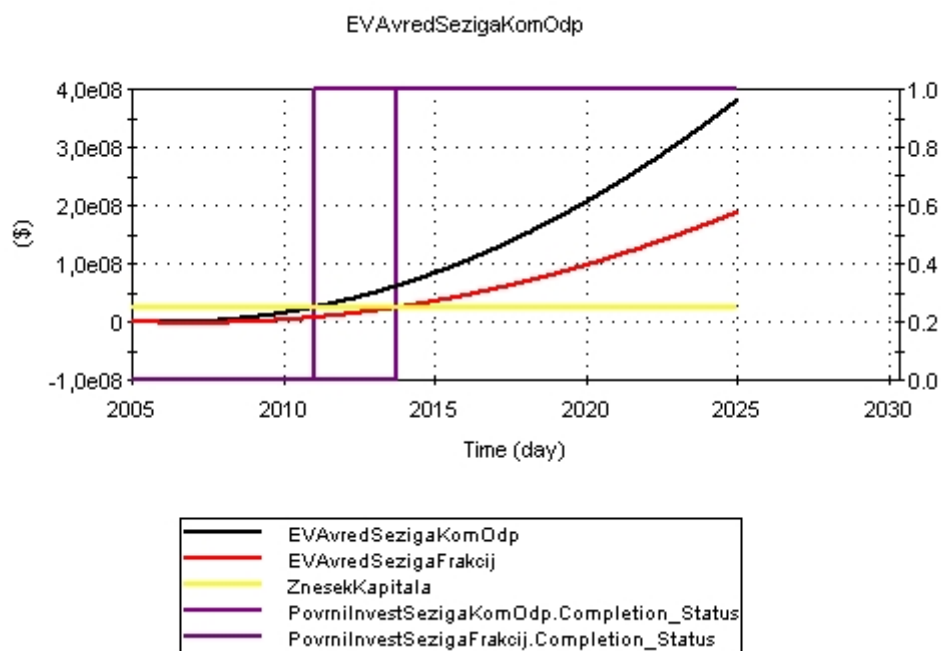
Slika 41: Primerjava koristi sežiga odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Pri primerjavi finančnega kazalnika EVA (Slika 42) je razvidno, da je vrednost kazalnika EVA nad vloženim zneskom kapitala v primeru ločevanja in neločevanja odpadkov, kjer večja količina sežganih odpadkov pomeni, da lahko prodamo več električne energije na trgu in hkrati se zmanjša stroškovna obremenitev odlagališča odpadkov.

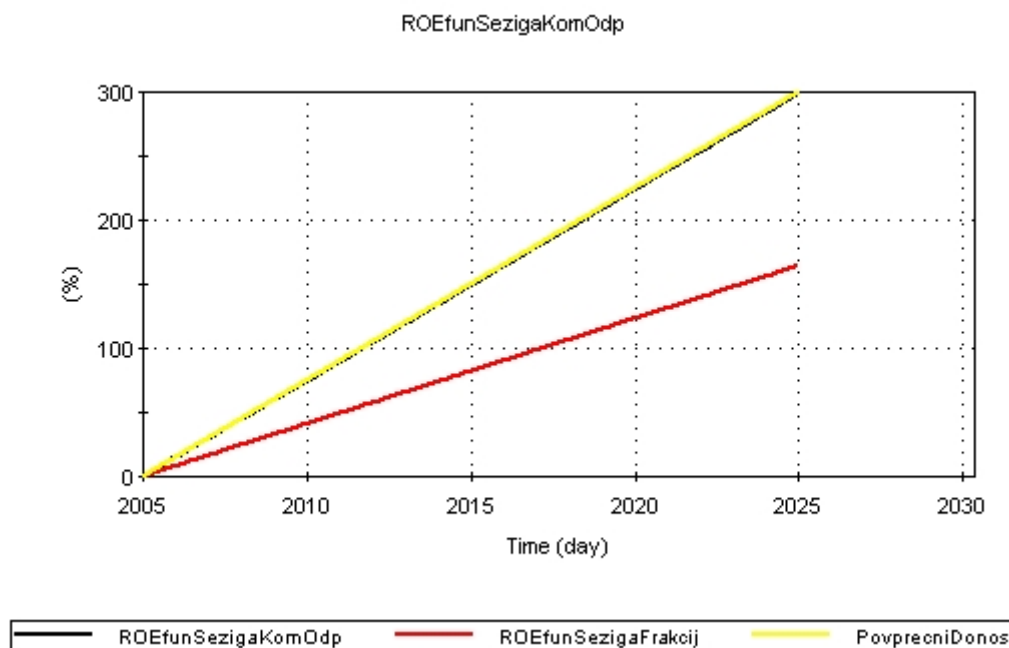
Slika 42: Kazalnik EVA pri sežigu odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Finančni kazalnik ROE dosega nadpovprečno donosnost v primeru ločevanja in neločevanja odpadkov podobno kot pri kazalniku EVA (Slika 43). Investicija naj bi se po nekaterih ocenah povrnila v osmih letih (Likon et al., 2003).

Slika 43: Kazalnik ROE pri sežigu odpadkov



Vir: Lastni izračuni

Nenazadnje naj omenimo študijo ekonomskega vrednotenja eksternalij sežiganja in odlaganja odpadkov (Kortnik et al., 2006, str. 119-131), ki je pokazala, da sežiganje odpadkov povzroča večjo škodo okolju kot odlaganje odpadkov, saj so stroški sežiganja odpadkov v dobro tehnološko opremljeni sežigalnici večji od zastarele tehnologije odlaganja. Taksa za odlaganje odpadkov znaša v Sloveniji 20 EUR na tono odloženih odpadkov, kar priporoča študija, za boljše tehnološko opremljena odlagališča bi lahko bila nižja, za sežiganje odpadkov pa bi morala biti višja. Neto zunanje koristi zaradi pridobivanja električne in toplotne energije pokažejo nekoliko boljšo sliko v korist sežiganja. Mednarodne študije kažejo, da sežiganje odpadkov zahteva večje investicijske stroške kot odlaganje, kar ne odtehta niti neto eksternih koristi.

7 MODEL RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE

Področje odpadkov je eno slabše rešenih vprašanja varstva okolja (NPVO, 2005). Področje se je sistemsko uredilo z vzpostavitvijo prepoznavnega pravnega reda, kar je ustvarilo pozitivne trende pri ravnanju z vsemi vrstami odpadkov. Na osnovi Zakona o varstvu okolja se je začelo po letu 1998 intenzivnejše uveljavljanje novejših zakonodaj.

Pravilnik o ravnanju z odpadki je okvirni in osnovni predpis, ki ureja področje odpadkov. Dopolnjujeta ga dve hčerinski skupini predpisov. Prva skupina predpisov obravnava posamezne

vrste odpadkov. Druga vrsta predpisov obravnava zahteve po posameznih dovoljenjih in pogoje o obratovanju naprav za ravnanje z odpadki.

Strateške usmeritve za ravnanje z odpadki v Sloveniji iz sredine devetdesetih let so opredelile štiri glavne skupine odpadkov: komunalni in njim podobni odpadki, gradbeni odpadki, odpadki iz rudarstva in energetike ter industrijski odpadki. Novejša klasifikacija odpadkov razporeja odpadke po viru nastanka v dvajset klasifikacijskih skupin, kjer se vsaka skupina deli na nevarne in nenevarne odpadke. Pravila ravnanja s posameznimi vrstami odpadkov urejajo izvršilni predpisi, ki jim sledijo operativni programi ravnanja, ki določajo konkretne ukrepe in stroške izvajanja.

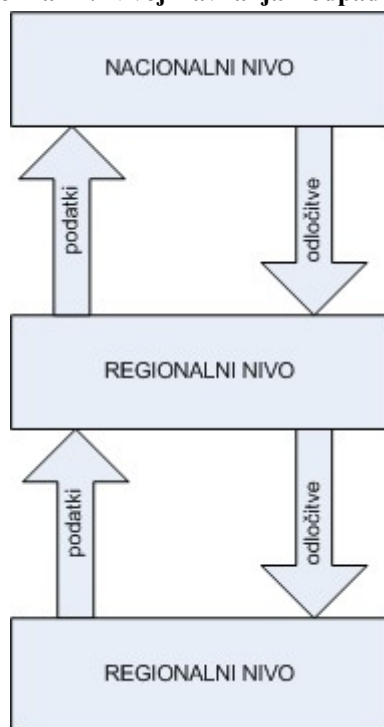
Nacionalni program varstva okolja v Sloveniji za področje odpadkov in industrijskega onesnaževanja je jasno usmerjen k čim večji ponovni uporabi in predelavi odpadkov. Na osnovi analize stroškov in koristi (angl. cost-benefit) je potrebno definirati optimalne deleže uporabe in predelave odpadkov. Z integracijo proizvodnih in porabniških vzorcev in navad, življenjskih navad, tehnoloških izboljšav, ekonomskimi ukrepi, aktivnostmi in demografskimi spremembami, je potrebno doseči zmanjševanje količin odpadkov. Vse to so generalni cilji in usmeritve, ki so skupni vsem operativnim programom ravnanja z odpadki. Del nacionalnega programa varstva okolja za področje odpadkov v obdobju do leta 2008 zajema 12 programov (NPVO, 2005, str. 85).

7.1 OSNOVE RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE

Oblikovanje koncepta gospodarjenja z odpadki je pomemben del v vsakem načrtovanju gospodarjenja z odpadki (Zore, 1994). Za vsak sklop sestavnih elementov koncepta uporabljamo različne kriterije, vsem sklopom so skupni imenovalci stroški. Običajno nobeden od sklopov ni samostojen, ampak so sklopi med seboj funkcijsko povezani in soodvisni. Ravnanje z odpadki je interdisciplinarno, saj je vezano na spoznanja drugih ved in znanstvenih disciplin. Izbira metodologije za oblikovanje koncepta ravnanja z odpadki je odvisna od količin odpadkov, značilnosti prostora, socialne strukture prebivalstva in ostalih parametrov.

Ločimo tri nivoje ravnanja z odpadki, so pa možni tudi vmesni nivoji (Zore, 1994). Na nacionalnem nivoju se določajo splošne usmeritve pri zasnovi koncepta ravnanja z odpadki, ki se nanašajo na regije. Na regionalnem nivoju je izpostavljen koncept uvajanja pretovornih postaj. Na lokalnem nivoju se racionalizira zbirne poti vozil, število in vrsto zbirnih posod. Na lokalnem nivoju se ugotavlja dejanske stroške in koristi vpeljanega načina ravnanja z odpadki, kar je osnova za izvajanje analize koristi in stroškov tudi na višjih nivojih (Tajnikar, 2001).

Slika 44: Nivoji ravnanja z odpadki



Vir: Zore, 1994, str. 96

Pri gradnji koncepta nastopata dva toka. Prvi je tok podatkov od “spodaj navzgor” in pomeni sestavljanje elementov v koncept. Tok podatkov imenujemo tudi operativni ali tehnično – tehnološki. Drugi tok je tok odločitev od “zgoraj navzdol”, ki daje splošne usmeritve in je zavezujoč za vse nižje nivoje. Tok odločitev o novih tehnologijah zbiranja, odvoza in odlaganja odpadkov je “politično” naravnan.

Za podporo odločanju in operativnem izvajanju koncepta ravnanja z odpadki je potrebno zgraditi ustrezne informacijske baze podatkov, ki se delijo v dve skupini (Zore, 1994). Prva se nanaša na podatkovne baze o odpadkih samih (količine, struktra, lastnosti...). Druga skupina so ostale podatkovne baze, ki se nanašajo na temeljne ekonomske kazalce, značilnosti oskrbovanih področij in podobno. V obe skupini spadajo geografski informacijski sistemi (GIS), ki se jih uporablja v celotnem komunalnem gospodarstvu. Skrbnik teh baz podatkov je Ministrstvo za okolje in prostor (oznaka MOP) oziroma Agencija Republike Slovenije za okolje (oznaka ARSO) in Statistični urad republike Slovenije.

Brez ustreznih informacijskih sistemov je praktično nemogoče oblikovati koncept ravnanja z odpadki. Brez primernih podatkov je zelo težko oblikovati enotna izhodišča in merila za koncept ravnanja z odpadki na nacionalnem, regijskem in lokalnem nivoju. Skratka, potrebno je zgraditi informacijski sistem za celovito podporo poslovanju komunalnega podjetja in podjetjem, ki poslujejo s samimi odpadki (Kravos, 2002).

Za prenos konceptov ravnanja z odpadki v komunalno prakso in njihovo implementacijo je potrebna tudi ustrezna zakonodaja, ki je del samega koncepta. Odločitve o znižanju količin

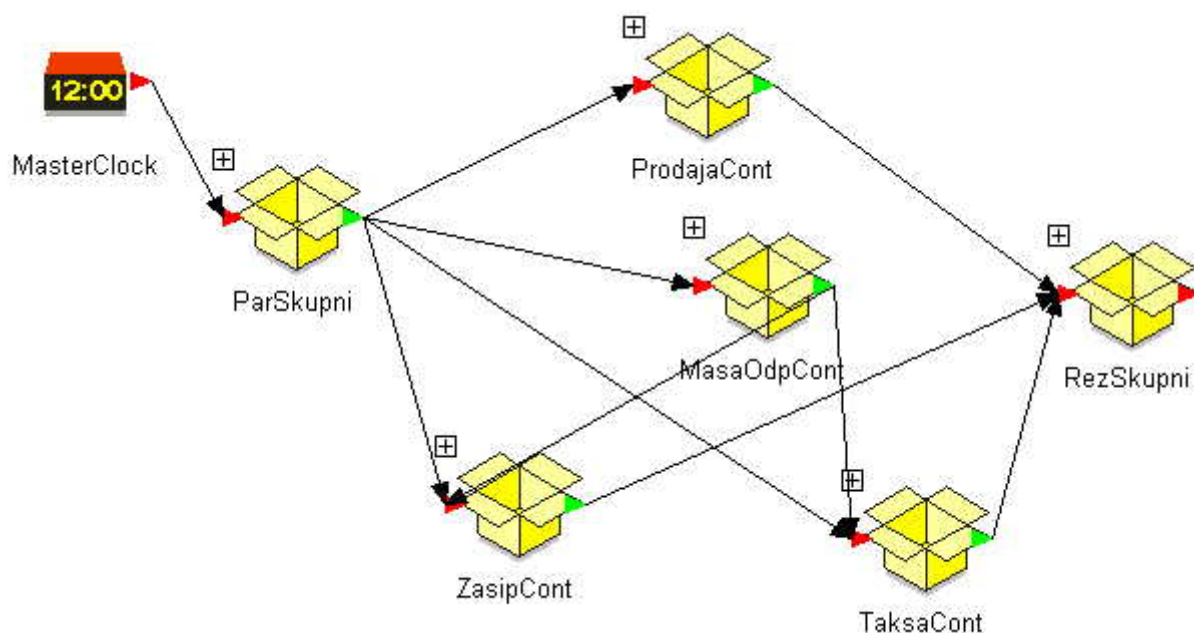
odpadkov, o ločenem zbiranju frakcij, o uvajanju pretovornih postaj, o izgradnji sežigalnice in načrtovanju odlagališč so uspešne le, če je odločitev sprejeta na nacionalnem nivoju.

7.2 MODEL RAVNANJA Z ODPADKI NA NIVOJU DRŽAVE

7.2.1 Konceptualni model ravnanja z odpadki na nivoju države

Konceptualni model ravnanja z odpadki na nivoju države (Slika 45) modelira obnašanje prebivalcev glede na stopnjo ločenega zbiranja odpadkov po letih.

Slika 45: Konceptualni model prebivalcev



Vir: Lastni izračuni

7.2.2 Parametri modela ravnanja z odpadki na nivoju države

Parametri nacionalnega modela prebivalcev se delijo na ekonomske in neekonomske parametre. Med ekonomske parametre spadajo cenik zasipa odpadkov, cenik takse odpadkov in cenik odpadkov. Med neekonomske parametre spadajo količina komunalnih odpadkov, izločitveni potencial odpadkov po letih (Tabela 13), delež gospodinjskih odpadkov, delež industrijskih odpadkov, sestava gospodinjskih odpadkov in sestava industrijskih odpadkov, količina bioloških odpadkov ter odstotek bioloških odpadkov.

Tabela 13: Napoved izločitvenega potenciala odpadkov

Tip odpadka	Obdobje do leta 2008 [ton/leto]	Obdobje do leta 2015 [ton/leto]
Papir	50	100
Steklo	18	35
Plastika	36	71
Biološki	107	213
Kovine	12	23
Les	13	25
Kosovni	40	80

Vir: ARSO, 2005, str. 35

Ločeno zbrane frakcije predstavljajo potencial za njihovo snovno izrabo. Cilj je s čim nižjimi stroški pripraviti material za snovno izrabo, zato se vzpostavlja ekološke otoke na čim učinkovitejši način. Za snovno izrabo je primeren le tisti material, ki izpolnjuje tehnične, okoljske in ekonomske kriterije. Po ekonomski logiki je mogoče izrabiti bistveno manj frakcij odpadkov kot v tehničnem smislu. V praksi se izkaže, da je mogoče zbrati le del nastalih ločeno zbranih frakcij, ki jih je potrebno nadalje še očistiti in pripraviti uporabne za njihovo snovno izrabo.

Ocenjuje se, da je z ločenim zbiranjem odpadkov (ARSO, 2005) v kratkoročnem obdobju do leta 2008 mogoče doseči 278.000 ton odpadkov letno. V srednjeročnem obdobju do leta 2013 se ocenjuje, da je mogoče z ločenim zbiranjem odpadkov zbrati okoli 550.000 ton ločeno zbranih frakcij na letnem nivoju (65 % vseh količin odpadkov). V dolgoročnem obdobju je mogoče doseči izločanje okrog 680.000 ton ločeno zbranih frakcij na letnem nivoju (80 % vseh količin odpadkov).

Po izkušnjah iz razvitih držav članic EU se ocenjeni ciljni izločitveni potencial doseže v obdobju od 10 do 15 let, saj višji odstotki izločanja rezultirajo v precej večjih stroških. V Sloveniji je mogoče doseči dobro polovico izločanja ločeno zbranih frakcij v naslednjih osmih letih, kar je po izkušnjah sodeč zgornja dosegljiva meja, zato so potrebni dodatni ukrepi za doseganje predpisanih količin.

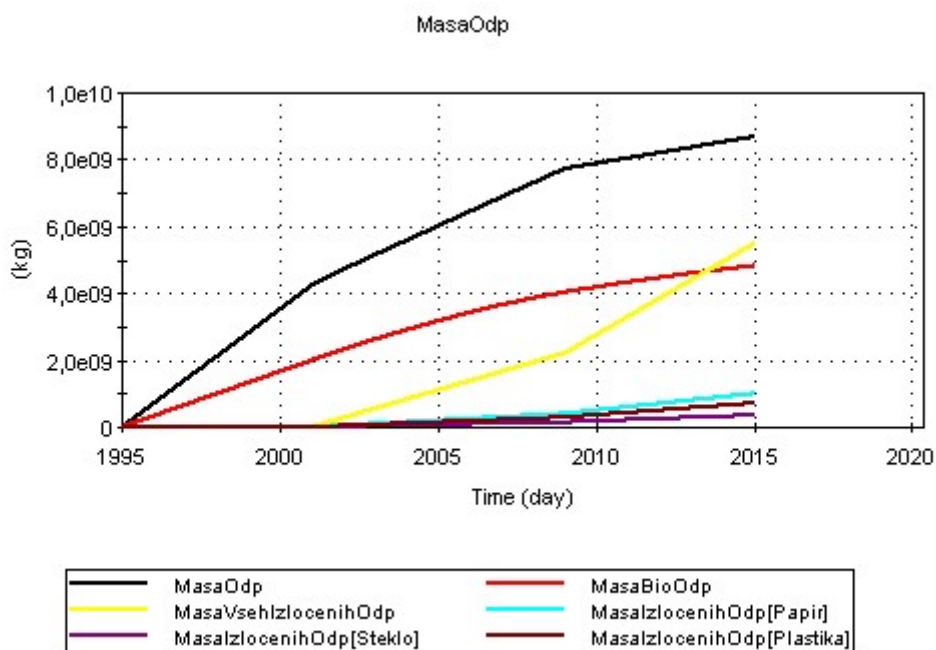
Narejena je bila primerjalna študija sistemov ravnanja z odpadki za 11 različnih vodilnih mest v Evropi (Wilson, 2001). Študija jemlje v kontekst dolgoročno planiranje. Raziskuje in analizira ekonomske, socialne, politične, okoljske, zakonodajne in tehnične faktorje specifičnih programov. Opazovana je bila tranzicija na upravljanje mestnih virov pri ravnanju z odpadki. Rezultati študije so ključni gonilniki (angl. system drivers), ki pripomorejo k učinkovitejši praksi na področju ravnanja z odpadki. Naloga načrtovalcev strategij upravljanja z odpadki je optimizacija toka virov znotraj velikih mestnih sistemov.

7.2.3 Rezultati modela ravnanja z odpadki na nivoju države

Simulacijski model ravnanja z odpadki na nivoju države za obdobje dvajsetih let od začetka leta 1995 do konca leta 2014. Z večanjem ločevanja odpadkov po posameznih frakcijah se količina odpadkov, ki končajo na odlagališču, zmanjša, povečajo se prihodki iz naslova prodaje ločeno zbranih frakcij. V okviru simulacije preučujemo napovedano gibanje ločenega zbiranja odpadkov iz stroškovnega vidika in iz vidika koristi ločenega zbiranja odpadkov dolgoročno za področje Slovenije do leta 2015. Največ napora je vloženega v strategijo zmanjševanja nastajanja in odlaganja bioloških odpadkov, kar v simulacijskem modelu obravnavamo kot svojo vrsto odpadka.

Na spodnji sliki (Slika 46) je razvidno, da se količina proizvedenih komunalnih odpadkov manjša, manjša se tudi količina biorazgradljivih odpadkov, ki jih je potrebno zmanjšati, kar je določeno tudi v strategiji ravnanja z odpadki za celotno Slovenijo. Naj omenim, da je bila za biorazgradljive odpadke narejena analiza ekoloških in ekonomskih vplivov, ki zmanjšuje količino biorazgradljivih odpadkov z njihovo uporabo v kmetijstvu (Sonesson, 2000). Po drugi strani se večja količina izločenih frakcij, kar pomeni, da se količina odpadkov, ki se odlaga na odlagališču odpadkov, zmanjša, kar posledično pomeni, da se stroški odlaganja zmanjšajo, poveča se blaginja prebivalstva z vestnim ločevanjem odpadkov po posameznih frakcijah.

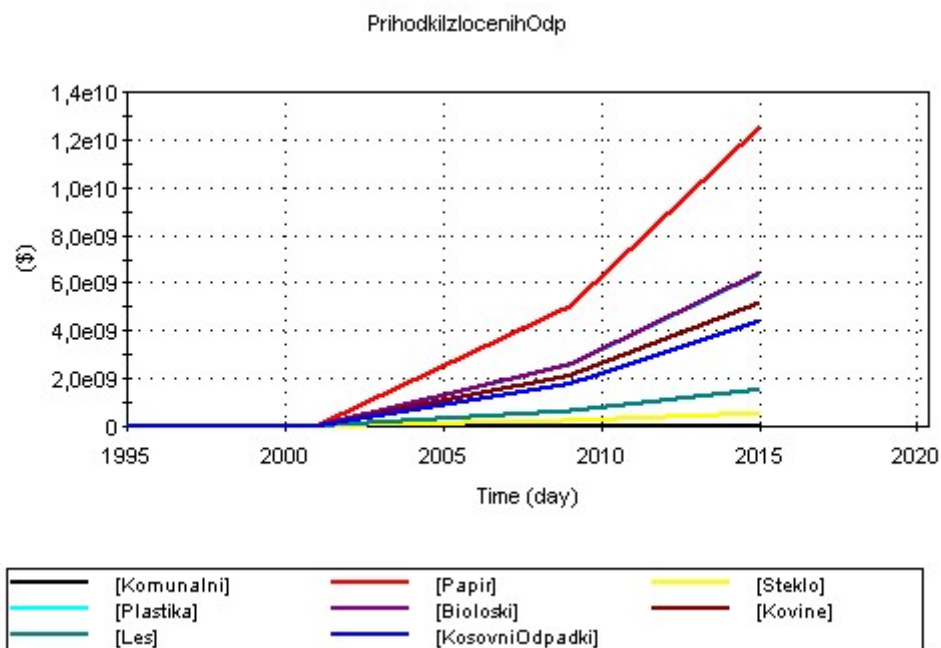
Slika 46: Masa odpadkov na nivoju države



Vir: Lastni izračuni

Iz spodnje slike (Slika 47) je moč razbrati, da se z večanjem deleža ločeno zbranih frakcij večajo prihodki podjetij na področju ravnanja z odpadki zaradi večanja prihodkov iz naslova prodaje ločeno zbranih frakcij. Najbolj dobičkonosna surovina iz izločenih frakcij je papir, za katero obstajajo veliki apetiti na nacionalnem nivoju.

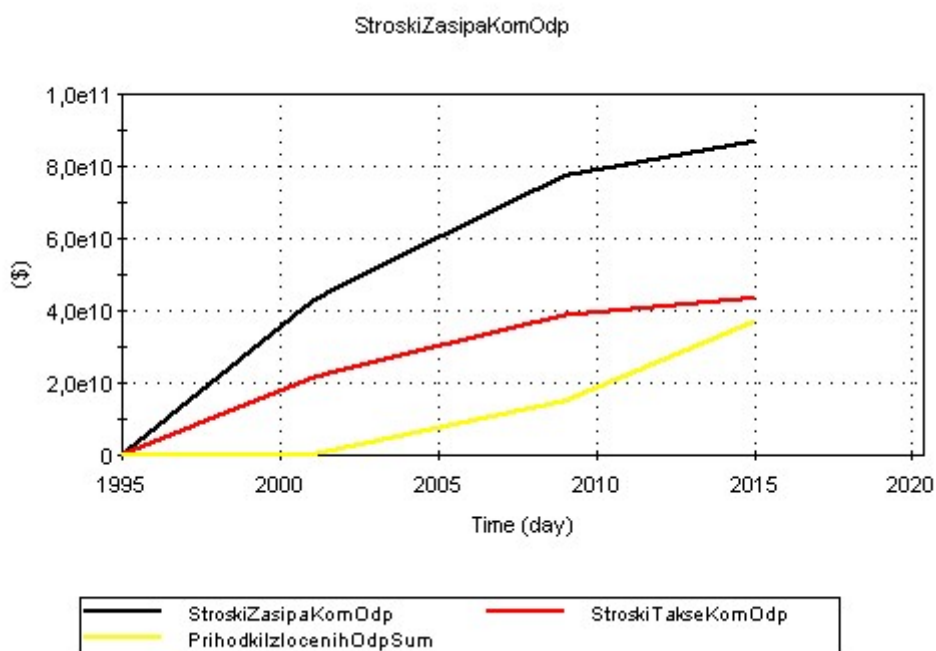
Slika 47: Prihodki izločenih ločeno zbranih frakcij na nacionalnem nivoju



Vir: Lastni izračuni

Spodnja slika (Slika 48) prikazuje primerjavo stroškov in koristi ločenega zbiranja odpadkov v dolgoročnem obdobju na nacionalnem nivoju. Razvidno je, da se količina izločenih odpadkov veča, kar povzroča, da se manjšajo stroški zbiranja odpadkov in takse iz naslova odlaganja odpadkov na odlagališču odpadkov kot način odstranjevanja odpadkov. Dolgoročno se odlaganje odpadkov kot način odstranjevanja odpadkov nadomešča z vpeljevanjem recikliranja odpadkov na nacionalnem nivoju, ki se veča.

Slika 48: Stroški in koristi ločenega zbiranja odpadkov na nacionalnem nivoju



Vir: Lastni izračuni

8 ZAKLJUČEK

Namen naloge je bil preveriti tezo, da vpeljava ločenega zbiranja odpadkov poveča stroške poslovanja komunalnega podjetja. Narejenih je bilo več simulacijskih modelov, da bi podprli ali zavrnilo to tezo. Za vsak model je bil zgrajen simulacijski model pred vpeljavo ločenega zbiranja odpadkov in po vpeljavi ločenega zbiranja odpadkov na izvoru in z naknadnim ločevanjem v zbirnih centrih. Simulacijski model pred vpeljavo ločenega zbiranja odpadkov je obsegal javni odvoz samo za komunalne odpadke. Simulacijski model po vpeljavi ločenega zbiranja odpadkov je vseboval poleg odvoza komunalnih odpadkov še ločeno zbrane frakcije, kjer smo se v našem primeru osredotočili na najpogostejše frakcije, ki so papir, steklo in plastika.

Pri vsakem modelu sem preučeval vpliv posameznih parametrov modela na rezultate, kjer sem se osredotočil na analizo ekonomskih učinkov vpeljave ločenega zbiranja odpadkov. Za vsako varianto simulacijskega modela so bili pokazani stroški, prihodki in ekonomske koristi vpeljave določenega scenarija. Pri ekonomskem vidiku sem si pomagal s finančnima kazalnikoma EVA in ROE, ki sta pokazala učinkovitost investicije. Modeli so bili ustvarjeni na lokalnem nivoju, za regijsko območje in na državni ravni.

Primerjava modela odvoza odpadkov za komunalne odpadke v primerjavi z modelom, kjer se ločeno zbira frakcije v javnem odvozu odpadkov kaže, da so stroški ločenega zbiranja odpadkov manjši kot pri zbiranju samo komunalnih odpadkov zaradi učinkovitejšega zbiranja odpadkov. Po drugi strani so prihodki večji pri ločenem zbiranju odpadkov, saj dodatne prihodke zbere komunalno podjetje s prodajo ločeno zbranih frakcij, hkrati stroškovno razbremeni prebivalce z manjšo takso in tako poveča njihovo blaginjo. Torej je razvidno, da so ekonomske koristi pri ločenem zbiranju večje kot pri odvozu samo komunalnih odpadkov. Tudi finančna kazalnika EVA in ROE kažeta, da se investicije povrne najhitreje pri ločenem zbiranju odpadkov. Rezultati simulacije nakazujejo, da bi bilo potrebno dvigniti cene komunalnih storitev pri komunalnih podjetjih, ki ne izvajajo ločenega zbiranja odpadkov, kar je pri omejevanju rasti indeksa ravni cen na drobno težko dosegljivo. Torej je edina rešitev za dolgoročno preživetje in rast komunalnih podjetij v iskanju dodatnih prihodkov z vpeljavo ločenega zbiranja in odvoza frakcij že na izvoru.

Primerjava modela odlagališča odpadkov, kjer se odlagajo komunalni odpadki in nima zbirnega centra v primerjavi z odlagališčem, kjer se izvaja ločevanje odpadkov v zbirnem centru in se odlaga zmanjšan delež komunalnih odpadkov kaže, da so stroški zbirnega centra večji za odlagališča, ki ga ima kot za tisto, ki ločevanja pred odlaganjem ne izvaja. Po drugi strani se s prodajo ločeno zbranih frakcij poveča tudi prihodek podjetja, vendar za manj kot se povečajo stroški. Ekonomske koristi zbirnega centra so tako manjše kot če ga komunalno podjetje nima. Tudi finančna kazalnika EVA in ROE zelo nazorno kažeta, da se investicija v ločevanje odpadkov v zbirnih centrih povrne le dolgoročno. Po drugi strani ločeno zbiranje odpadkov podaljša življenjsko dobo odlagališča in stroški zaprtja odlagališča odpadkov so manjši, kar je razvidno iz ekonomske analize zapiranja odlagališča.

Primerjava modela pretovornih postaj z direktnim prevozom od izvora do odlagališča odpadkov brez uporabe pretovorne postaje kaže, da so stroški veliko večji za komunalno podjetje, ki ne uporablja pretovornih postaj. Stroški direktnega prevoza z večanjem razdalje od izvora do odlagališča odpadkov še hitreje rastejo. Z uporabo pretovorne postaje se tako kot pri odvozu komunalnih odpadkov kot pri ločenem zbiranju odpadkov stroški prevoza zmanjšajo, saj nalogo prevoza odpadkov od vmesne postaje do odlagališča odpadkov izvaja večje vozilo, ki v krajšem času z manj delavci prepelje naenkrat večjo količino odpadkov kot večje število manjših vozil. Večji stroški so pri vpeljavi ločenega zbiranja odpadkov, saj ločeno zbiranje odpadkov predstavlja večji logistični izziv za podjetje iz ekonomskega in organizacijskega vidika, kar kažeta tudi graf ekonomske koristi in finančna kazalnika EVA in ROE.

Primerjava med modelom sežigalnice, kjer se sežiga komunalne odpadke in kjer se sežiga komunalne odpadke brez ločeno zbranih frakcij kaže, da so stroški sežiga manjši pri ločenem zbiranju odpadkov, ker je manj odpadkov za sežigati, če jih ločujemo, pri enaki populaciji. Pri gradnji sežigalnice je potrebno upoštevati, da imamo zadostno količino odpadkov za sežig, zato je potrebno predhodno opraviti temeljito študijo ekonomske upravičenosti sežigalnice na nekem področju. Iz manjše količine odpadkov za sežig sledijo tudi manjši prihodki, manjše ekonomske koristi in tudi finančna kazalnika EVA in ROE kažeta, da ločeno zbiranje odpadkov zmanjša upravičenost gradnje sežigalnice. Po drugi strani ločeno zbiranje odpadkov poveča prihodke podjetja. Če nadomestimo masni izpad odpadkov in pripeljemo na sežig odpadke iz drugih območij, je upravičenost investicije v gradnjo sežigalnice večja in hitreje se povrne investicija v sežigalnico.

Z upoštevanjem napovedi gibanja količine in sestave odpadkov pri opazovanju modela odpadkov na državnem nivoju je vidno, da se količina vseh ustvarjenih odpadkov manjša. Po drugi strani se večja delež izločenih odpadkov, ki se ne odlaga več na odlagališču, ampak se ga koristneje ponovno uporabi. Razvidno je, da se manjša količina komunalnih odpadkov, večja pa se količina ločeno zbranih frakcij. Izmed vseh frakcij prevladujeta po prihodkih papir in lepenka, kar je spodbudilo industrijo, da so ustanovile družbe za ravnanje z odpadno embalažo. Vedno manj je tudi odpadkov, ki spadajo v plačevanje okoljske dajatve za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov, kar pomeni, da je priporočljivo, da komunalna podjetja pohitijo z vpeljavo ločenega zbiranja odpadkov, saj se bodo zaostrole državne investicije v komunalna podjetja za vpeljavo ločevanja odpadkov, kar zmanjša možnost preživetja komunalnega podjetja.

Iz rezultatov simulacijskih modelov je razvidno, da se stroški poslovanja komunalnega podjetja z vpeljavo ločenega zbiranja odpadkov običajno povečajo, povečajo se tudi prihodki podjetja iz naslova prodaje frakcij. V komunalna podjetja, ki ne bodo vlagala sredstva v razvoj ločenega zbiranja in odvoza odpadkov, se bo stekalo manj finančnih sredstev, saj bodo manj zanimiva za vlagatelje. Državne institucije z bolj pregledno, učinkovitejšo in strožjo zakonodajo in družba, ki stremi h kakovostnejšemu bivanju, sili komunalna podjetja in podjetja, ki delujejo na področju ravnanja z odpadki, da vpeljejo sistem ločenega zbiranja odpadkov s ciljem zmanjšanja stroškov poslovanja in po dolgoročnem preživetju ter rasti podjetij v panogi ravnanja z odpadki.

9 LITERATURA IN VIRI

LITERATURA

1. Amouzegar Mahyar, Moshirvaziri Khosrow: Strategic management decision support system: An analysis of the environmental policy issues. *Environmental Modeling and Assessment* 6, 2001. str. 297–306.
2. Assefa Getachew, Björklund Anna, Eriksson Ola, Frostell Björn: ORWARE: an aid to environmental technology chain assessment. *Journal of Cleaner Production* 13, 2005. str. 265–274.
3. Avčin Tržan Barbara, Bizjak Milan, Britovšek Zvone, Bukanovsky Aleksander, Divjak Natalija, Ekart Janez, Fece Vilma, Ferlin Jure, Gorišek Meta, Kamin Tanja, Kavkler Lučka, Kerstein Aleksander, Lah Avguštin, Leban Janja, Leskošek Milka, Letnik Mojca, Mavrič Vitomir, Nanut Emil, Podlipnik Bernarda, Podobnik Janez, Samec Niko, Slapnik Andreja, Suhadolnik Gjura Nada, Šrot Bojan, Vovk Marinka: Zbornik “(Ne)učinkovit sistem ravnanja z odpadki v lokalnih skupnostih (evropski cilji predelave in reciklaže odpadkov)”, Celje, 2005.
4. Banks Jerry: Handbook of simulation : principles, methodology, advances, applications, and practice. New York, Engineering & Management Press, a division of the Institute of Industrial Engineers : J. Wiley & Sons, 1998. 849 str.
5. Bansal Pratima, Bogner William: Deciding on ISO 14001: Economics, Institutions, and Context. *Long Range Planning* 35, 2002. str. 269-290.
6. Beigl Peter, Salhofer Stefan: Comparison of ecological effects and costs of communal waste management systems. *Resources, Conservation and Recycling* 41, 2004. str. 83–102.
7. Berglund Christer, Söderholm Patrik: An Econometric Analysis of Global Waste Paper Recovery and Utilization. *Environmental and Resource Economics* 26, 2003. str. 429–456.
8. Brigham Eugene: Fundamentals of financial management. 9th edition. Forth Worth : Harcourt College, 2001. 959 str.
9. Carlsson Reich Marcus: Economic assessment of municipal waste management systems—case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC). *Journal of Cleaner Production* 13, 2005. str. 253–263.
10. Chang Ni-Bin, Wang Fei Sufan: The development of material recovery facilities in the United States: status and cost structure analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 13, 1995. str. 115-128.
11. Cheremisinoff Nicholas: Handbook of solid waste management and waste minimization technologies. Butterworth-Heinemann, 2003. 477 str.
12. Cosmi Carmelina, Cuomo Vincenzo, Macchiato Maria, Mangiamele Lisa, Masi Salvatore, Salvia Monica: Waste management modeling by MARKAL model: A case study for Basilicata Region. *Environmental Modeling and Assessment* 5, 2000. str. 19–27.
13. Costi Patrizia, Minciardi Ricardo, Robba Michela, Rovatti Mauro, Sacile Roberto: An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. *Waste Management* 24, 2004. str. 277–295.

14. Dalemo Magnus, Sonesson Ulf, Björklund Anna, Mingarini Karin, Frostell Björn, Jönsson Hans, Nybrant Thomas, Sundqvist Jan-Olov, Thyselius Lenart: ORWARE – A simulation model for organic waste handling systems. Part 1: Model description. *Resources, conservation and Recycling* 21, 1997. str. 17-37.
15. Daskalopoulos Marios, Badr Ossama, Probert Stephen: Economic and Environmental Evaluations of Waste Treatment and Disposal Technologies for Municipal Solid Waste. *Applied Energy*, Vol. 58, No. 4, str. 209–255, 1997.
16. Daskalopoulos Marios, Badr Ossama, Probert Stephen: An integrated approach to municipal solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling* 24, 1998. str. 33–50.
17. Diamadopoulos Evan, Koutsantonakis Y., Zaglara V.: Optimal design of municipal solid waste recycling systems. *Resources, Conservation and Recycling* 14, 1995. str. 21-34.
18. Eriksson Ola, Reich Carlsson, Frostell Björn, Björklund Anna, Assefa Getachew, Sundqvist Jan-Olov, Granath Jessica, Baky Andras, Thyselius Lenart: Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal of Cleaner Production* 13, 2005. str. 241–252.
19. Eriksson Ola, Frostell Björn, Björklund Anna, Assefa Getachew, Sundqvist Jan-Olov, Granath Jessica, Carlsson Marcus, Baky Andras, Thyselius Lenart: ORWARE – A simulation tool for waste management, 2002.
20. Ferrara Ida: Differential Provision of Solid Waste Collection Services in the Presence of Heterogeneous Households. *Environmental and Resource Economics* 20, 2003. str. 211–226.
21. Goddard Haynes: The benefits and costs of alternative solid waste management policies. *Resources, Conservation and Recycling* 13, 1995. str. 183-213.
22. Highfill Jannett, Mcasey Michael: Landfilling Versus “Backstop” Recycling When Income Is Growing. *Environmental and Resource Economics* 19, 2001. str. 37–52.
23. Hu Dan, Wang Rusong, Yan Jingsong, Xu Cheng, Wang Yinbing: A pilot ecological engineering project for municipal solid waste reduction, disinfection, regeneration and industrialization in Guanghan City, China. *Ecological Engineering* 11, 1998. str. 129–138
24. Huang Gordon, Sae-Lim Nuttawut, Liu L. and Chen Zhi: An interval-parameter fuzzy-stochastic programming approach for municipal solid waste management and planning. *Environmental Modeling and Assessment* 6, 2001. str. 271–283.
25. Huang Gordon, Sae-Lim Nuttawut, Chen Zhi and Liu L.: Long-term planning of waste management system in the City of Regina – An integrated inexact optimization approach. *Environmental Modeling and Assessment* 6, 2001. str. 285–296.
26. Huhtala Anni: A Post-Consumer Waste Management Model for Determining Optimal Levels of Recycling and Landfilling . *Environmental and Resource Economics* 10, 1997. str. 301–314.
27. Huhtala Anni, Samakovlis Eva: Does International Harmonization of Environmental Policy Instruments Make Economic Sense? The Case of Paper Recycling in Europe. *Environmental and Resource Economics* 21, 2002. str. 261–286.
28. Ibenholt Karin: Material Accounting in a Macroeconomic Framework. Forecast of Waste Generated in Manufacturing Industries in Norway. *Environmental and Resource Economics* 26, 2003. str. 227–248.

29. Karavezyris Vassilios, Timpe Klaus-Peter, Marzi Ruth: Application of system dynamics and fuzzy logic to forecasting of municipal solid waste. *Mathematics and Computers in Simulation* 60, 2002. str. 149–158.
30. Kleijnen Jack, Van Groenendaal Willem: *Simulation: A statistical perspective*. John Wiley & Sons. England, 1992. 241 str.
31. Kortnik Jože, Bajzelj Uroš, Vovk Marinka, Hrast Klementina, Grilc Viktor, Ivanc Marijan, Černec Franc, Ekart Janez, Podlipnik Bernarda, Marc Dušan: Zbornik 6. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo “Gospodarjenje z odpadki – Tehnologije ravnanja z biorazgradljivimi odpadki”, Ljubljana, 22. september 2005.
32. Kortnik Jože, Bajzelj Uroš, Vovk Marinka, Hrast Klementina, Leskošek Milka, Grilc Viktor, Ivanc Marijan, Černec Franc, Ekart Janez, Podlipnik Bernarda, Marc Dušan: Zbornik 7. strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo “Gospodarjenje z odpadki – Priprava in obdelava odpadkov”, Celje, 31. avgust 2006.
33. Kovačič Viler Adrijana: *Varstvo okolja in upravni postopki*. Ljubljana: Gospodarski vestnik, 1999. 167-202 str.
34. Kovačič Viler Adrijana: *Ravnanje z odpadki*. Ljubljana: GV Založba, 2001. 453 str.
35. Kralj Neda: *Vpliv zbiranja sekundarnih surovin na končno ceno odlaganja komunalnih odpadkov*. Ekonomska fakulteta. Ljubljana, november 2000. Diplomsko delo, 42 str.
36. Kravos Miloš: *Informacijski sistem komunalnega podjetja*. Fakulteta za računalništvo in informatika. Ljubljana, 2002. Diplomaska naloga, 123 str.
37. Kravos Miloš: *Simulacija prevoza v komunalnem podjetju*. Ekonomska fakulteta. Ljubljana, 2004. Seminarska naloga, 39 str.
38. Leban Janja, Peterman Marjana, Jakin Stojan, Kravos Damjan, Avčin Barbara: *Ločeno zbiranje odpadkov*. Vrhnika, 21. november 2002. Zbornik predavanj, 79 str.
39. MacDonald Marianne: *A multi-attribute spatial decision support system for solid waste planning*. Elsevier Science Ltd, 1997. 17 str.
40. Morrissey Anne, Browne Jim: *Waste management models and their application to sustainable waste management*. *Waste Management* 24, 2004. str. 297–308.
41. Najm Majdi Abou, El-Fadel Mutasem: *Computer-based interface for an integrated solid waste management optimization model*. *Environmental Modelling & Software* 19, 2004. str. 1151–1164.
42. Patel Martin, Jochem Eberhard, Radgen Peter, Worrell Ernst: *Plastics streams in Germany—an analysis of production, consumption and waste generation*. *Resources, Conservation and Recycling* 24, 1998. str. 191–215.
43. Pidd Michael: *Computer simulation in management science*. Fourth Edition. University of Lancaster. John Wiley & Sons. England, 1998. 279 str.
44. Rhyner Charles, Schwartz Leander, Wenger Robert, Kohrell Mary: *Waste management and resource recovery*. CRC Press, Inc. Florida, 1995.
45. Robinson Stewart: *Successful simulation: A practical approach to simulation projects*. McGraw-Hill Book Company Corporation. England, 1994. 246 str.
46. Sonesson Ulf, Dalemo Magnus, Mingarini Karin, Jönsson Hans: *ORWARE – A simulation model for organic waste handling systems. Part 2: Case study and simulation results*. *Resources, conservation and Recycling* 21, 1997. str. 17-37.

47. Sonesson Ulf, Björklund Anna, Carlsson Marcus, Dalemo Magnus: Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste. *Resources, Conservation and Recycling* 28, 2000. str. 29–53.
48. Stenis Jan, Hogland William: The polluter-pays principle and its environmental consequences for industrial waste management. 9 str.
49. Sterner Thomas, Bartelings Heleen: Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of Waste Disposal, Recycling and Composting. *Environmental and Resource Economics* 13, 1999. str. 473–491.
50. Škafar Branko: Odpadki. Murska Sobota, 2005. 143 str.
51. Tajnikar Maks: Mikroekonomija s poglavji iz teorije cen. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 2003. 469 str.
52. Tajnikar Maks, Marc Mojca, Peljhan Darja, Došenovič Petra, Zorić Jelena: Cene storitev v javnem sektorju Snaga, d.o.o., z vidika njegove rasti in razmer v sektorju ter na trgu, Ljubljana: Inštitut za javni sektor ekonomske fakultete, 2003. 6 str.
53. Uršič Andrej, Eržen Ivan, Tekavčič Marija, Samec Niko, Ekart Janez: Študija upravičenosti in izvedljivosti za projekt regijski sistem ravnanja z odpadki v goriški statistični regiji. Zavod za zdravstveno varstvo, Celje, junij 2003.
54. Wang Fei Sufan, Richardson Anthony, Roddick Felicity: SWIM – a computer model for solid waste integrated management. *Computer, Environment and Urban Systems*, Vol. 20, No. 4/5, str. 233-246, 1996.
55. Wang Fei Sufan: Deterministic and stochastic simulations for solid waste collection systems – A SWIM approach, *Environmental Modeling and Assessment*, str. 249-260, 2001.
56. Wang James, Touran Ali, Christoforou Christoforos, Fadlalla Hatim: A systems analysis tool for construction and demolition wastes management. Elsevier, 2004. 9 str.
57. Wilson Elizabeth Joan, McDougall Forbes, Willmore Jane: Euro-trash: searching Europe for a more sustainable approach to waste management. *Resources, Conservation and Recycling* 31, 2001. str. 327–346.
58. Zore Jani: Večkriterijski vidiki gospodarjenja s komunalnimi odpadki. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana, 1994. Doktorska disertacija, 112 str.

VIRI

1. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor (ARSO): Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin biorazgradljivih odpadkov, <http://www.arso.gov.si>, 14.4.2005.
2. Beukering van Pieter: International trade, recycling and the environment. http://130.37.129.100/english/o_o/instituten/IVM/envirofacts/waste.pdf, 28.4.2004.
3. Björklund Anna: Environmental systems analysis of waste management – Experiences of the ORWARE model. <http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/bjorklund001208.pdf>, 28.4.2004
4. Borzen, organizator trga z električno energijo, d.o.o., <http://www.borzen.si>, Ljubljana, 2.4.2006.
5. Change in Municipal Solid Waste Composition. <http://www.pepps.fsu.edu/safe/pdf/wst2.pdf>, 15.11.2004

6. Evropsko in okoljsko informacijsko in opazovalno omrežje EIONET v Sloveniji.
<http://eionet-si.arso.gov.si>, 14.5.2005
7. GoldSim: Orodje za simulacije. <http://www.goldsim.com>, 29.4.2004
8. Interni podatki komunalnega podjetja.
9. Leban Janja, Peterman Marjana, Jakin Stojan, Kravos Damjan, Avčin Barbara: Ločeno zbiranje odpadkov. Vrhnika, 21. november 2002. Zbornik predavanj, 79 str.
10. Likon Marko, Kravos Kravos Damjan, Miloš: Vzpostavitev regijskega sistema ravnanja z odpadki. Ljubljana, 22. januar 2003. Strokovni seminar, 98 str.
11. Nacionalni program varstva okolja (NPVO): Resolucija o nacionalnem varstvu okolja,
http://www.umanotera.org/upload/files/npvo_2005.pdf, Ljubljana, 2005.
12. Odredba o oskrbovalnem standardu ravnanja z ločenimi frakcijami komunalnih odpadkov. Uradni list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99.
13. Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki. Uradni list RS, št. 21/01.
14. Ola Eriksson: Environmental and economic assessment of Swedish municipal solid waste management in a systems perspective.
<http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/eriksson030605.pdf>, 28.4.2004.
15. Pogovori in sestanki s strokovnjaki na komunalnem področju.
16. Pravilnik o oblikovanju cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja. Uradni list RS, št. 128/04.
17. Pravilnik o odlaganju odpadkov. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih odpadkov Ur.l.RS št. 32/06.
18. Pravilnik o predelavi biološko razgradljivih odpadkov v kompost. Uradni list RS, št. 42/04.
19. Pravilnik o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Uradni list RS, št. 104/00.
20. Pravilnik o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 84/98, 45/00, 20/01.
21. Pravilnik o ravnanju z odpadnimi jedilnimi olji in mastmi. Uradni list RS, št. 42/04.
22. Pravilnik o ravnanju z odpadnimi olji. Uradni list RS, št. 85/98.
23. Pravilnik o ravnanju z organskimi kuhinjskimi odpadki. Uradni list RS, št. 37/04.
24. Pravilnik o sežiganju odpadkov. Uradni list RS, št. 32/00.
25. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 45/00.
26. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 20/01.
27. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o ravnanju z odpadki. Uradni list RS, št. 13/03.
28. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o sežiganju odpadkov. Uradni list RS, št. 53/01.
29. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o sežiganju odpadkov. Ur. l. RS, št. 81/02.
30. Pravilnik o spremembi pravilnika o oblikovanju cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja. Uradni list RS, št. 56/05.
31. Statistični urad Republike Slovenije, <http://www.stat.si>, 1.10.2006.
32. Uredba o dopolnitvah Uredbe o načinu opravljanja obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja odpadkov. Uradni list RS, št. 106/05.

33. Uredba o načinu opravljanja obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov. Uradni list RS, št. 106/05.
34. Uredba o načinu opravljanja obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov. Uradni list RS, št. 123/04.
35. Uredba o oblikovanju cen komunalnih storitev. Uradni list RS, št. 45/05.
36. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Uradni list RS, št. 32/06.
37. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov. Uradni list RS, št. 129/04.
38. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov – čistopis. Uradni list RS, št. 129/04, 68/05.
39. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže. Uradni list RS, št. 32/06.
40. Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Uradni list RS, št. 84/06.
41. Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odlaganja odpadkov. Uradni list RS, št. 28/06.
42. Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže. Uradni list RS, št. 65/06.
43. Uredba o taksi za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov. Uradni list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99, 56/99, 22/00.
44. What a waste: Solid waste management in Asia.
<http://www.worldbank.org/urban/publicat/whatawaste.pdf>, 15.11.2004.
45. Zakon o varstvu okolja – uradno prečiščeno besedilo (ZVO-1-UPB1). Uradni list RS, št. 39/06.
46. Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS, št. 41/04.
47. Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS, št. 32/93.

10 PRILOGE

Priloga A: Masa odpadkov po dnevih

Dan	Tehtanje [kg]	Normalna porazdelitev [kg]	Log-normalna porazdelitev [kg]
1	57.930	113.960	125.010
2	72.880	88.821	122.600
3	85.000	110.890	95.397
4	101.890	86.004	110.840
5	82.230	106.660	97.659
6	72.900	70.449	130.960
7	82.130	88.050	89.876
8	84.600	106.900	101.300
9	111.410	114.180	112.380
10	104.620	94.790	94.895
11	90.860	95.007	100.930
12	72.970	121.290	89.294
13	79.400	95.202	115.770
14	107.890	94.503	117.010
15	87.560	69.497	114.620
16	79.620	113.850	98.898
17	68.730	112.280	112.160
18	92.860	117.520	95.004
19	114.300	80.945	105.050
20	84.640	79.099	116.280
21	81.360	89.684	105.900
22	80.150	92.538	108.060
23	86.520	97.934	110.080
24	115.580	107.000	83.201
25	103.760	83.678	88.547
26	82.500	83.635	97.062
27	94.170	91.543	98.764
28	105.020	98.033	96.697
29	119.090	91.085	98.081
30	111.900	78.803	95.187
31	77.070	101.720	101.330
32	82.080	99.473	91.649
33	113.730	106.050	97.847
34	98.610	112.660	143.110
35	105.910	100.650	93.846
36	78.120	95.496	98.521
37	79.400	92.126	123.020
38	124.610	115.140	96.519
39	122.930	80.413	92.124
40	107.560	105.390	78.150
41	83.510	99.594	97.012
42	90.380	109.420	100.390
43	121.310	97.898	121.330

44	102.230	105.350	97.555
45	109.950	78.144	111.690
46	94.790	98.394	113.150
47	102.490	120.980	100.850
48	127.840	92.098	99.956
49	84.940	107.320	100.190
50	104.230	129.940	93.054
51	74.410	99.665	112.070
52	97.310	94.128	93.572
53	131.500	109.620	108.680
54	102.570	114.050	82.217
55	90.360	95.187	116.880
56	76.060	72.907	90.860
57	101.390	93.865	98.938
58	104.070	92.094	112.140
59	82.200	113.490	80.601
60	94.120	110.720	91.410
61	74.770	98.886	99.677
62	90.630	125.340	106.980
63	62.800	96.780	93.330
64	86.000	107.710	116.240
65	89.810	97.322	92.715
66	78.860	67.057	87.771
67	99.350	97.305	90.736
68	130.720	104.340	95.049
69	101.780	135.600	70.656
70	81.860	99.124	115.140
71	83.440	108.330	97.132
72	100.380	76.034	96.112
73	108.330	111.370	92.272
74	104.450	103.910	91.759
75	72.620	101.440	108.030
76	78.420	87.277	101.470
77	92.380	97.519	123.970
78	115.280	76.560	97.003
79	81.020	93.248	97.824
80	91.820	111.380	113.430
81	90.870	109.680	115.550
82	119.650	118.500	74.514
83	126.060	76.378	96.833
84	108.520	75.750	103.030
85	81.980	117.350	99.777
86	108.850	103.170	106.510
87	133.472	83.207	132.610
88	101.990	83.202	81.700
89	105.250	98.749	98.025
90	95.970	78.807	106.150
91	108.570	110.110	116.580
92	122.160	100.420	100.660
93	124.330	106.930	95.358

94	103.240	116.190	134.720
95	83.130	120.150	86.492
96	84.490	97.921	120.390
97	134.490	98.756	73.537
98	116.340	100.110	102.050
99	103.480	111.620	101.990
100	83.920	87.417	86.745
101	122.770	95.397	106.070
102	127.870	118.330	93.156
103	103.420	110.820	81.752
104	112.960	117.070	100.570
105	76.852	103.760	136.620
106	98.340	121.900	112.220
107	136.000	90.984	82.923
108	84.030	79.950	105.460
109	96.490	104.340	86.746
110	77.080	105.760	95.498
111	96.460	104.100	93.796
112	128.970	70.555	112.240
113	121.802	89.819	113.870
114	99.480	84.747	113.160
115	91.080	102.400	96.207
116	103.410	95.511	93.685
117	112.410	103.080	103.450
118	90.630	93.544	122.630
119	80.490	120.800	88.670
120	96.240	84.784	105.790
121	92.320	84.377	116.940
122	117.670	118.220	111.050
123	110.700	107.340	107.470
124	99.350	92.269	108.010
125	119.420	107.980	111.340
126	136.530	123.560	97.625
127	109.280	66.844	88.051
128	99.040	100.870	104.900
129	110.260	105.940	107.780
130	126.690	89.574	97.908
131	137.430	99.974	122.090
132	105.180	103.960	102.100
133	91.560	100.080	108.610
134	106.460	109.360	110.780
135	97.620	115.690	110.470
136	120.570	110.000	95.186
137	86.680	102.260	90.384
138	91.800	112.790	95.084
139	86.430	118.810	78.030
140	103.770	92.733	105.790
141	123.290	91.881	113.750
142	104.030	109.190	87.803
143	93.930	84.331	90.680

144	98.170	72.487	112.500
145	95.740	86.159	118.770
146	135.030	98.365	99.423
147	105.160	77.870	79.493
148	105.220	90.662	106.230
149	99.040	95.341	86.882
150	97.380	87.897	90.641
151	113.790	109.620	88.776
152	122.320	93.738	88.948
153	97.170	128.680	96.589
154	115.290	112.150	108.850
155	140.270	115.000	122.010
156	110.320	101.930	104.790
157	128.340	74.219	101.390
158	99.880	74.070	83.897
159	115.300	70.578	96.113
160	95.200	119.050	67.525
161	99.770	103.500	104.800
162	97.290	100.910	106.590
163	92.780	97.382	125.960
164	133.680	79.555	80.018
165	106.400	104.940	99.159
166	118.300	95.462	90.199
167	122.300	101.550	105.940
168	122.510	111.390	102.200

Vir: Lastni izračuni

Priloga B: Poizvedba za tehtanje odpadkov

```
"SELECT vaga.datum, Sum(vaga!teza_polno_vozilo-  
    vaga!teza_prazno_vozilo) AS MasaOdpadek  
FROM tip_odpadek INNER JOIN vaga ON tip_odpadek.id_tip_odpadek =  
    vaga.id_tip_odpadek  
WHERE (((vaga.id_smer_tehtanje)=1) AND  
    ((Left([tip_odpadek].[id2_tip_odpadek],2))="20") AND  
    ((vaga.datum) Between #1/1/2002# And #8/30/2002#)  
AND ((Weekday([vaga].[datum]))>=2  
And (Weekday([vaga].[datum]))<=6))  
GROUP BY vaga.datum  
HAVING (((Sum([vaga].[teza_polno_vozilo]-  
    [vaga].[teza_prazno_vozilo]))<160000  
And (Sum([vaga].[teza_polno_vozilo]-  
    [vaga].[teza_prazno_vozilo]))>50000))  
ORDER BY vaga.datum"
```

Vir: Lastni izračuni