

# MOGUĆNOSTI PRIMENE METODE KRETANJA MATERIJALA U UNAPREĐENJU SISTEMA UPRAVLJANJA KOMUNALNIM OTPADOM GRADA KRAGUJEVCA

## APPLICATION METHODS POSSIBILITY OF MATERIAL MOTION IN IMPROVEMENT OF SOLID WASTE MANAGEMENT IN CITY OF KRAGUJEVAC

prof. Nebojša Jovičić<sup>1)</sup>, Radosav Vulović<sup>2)</sup>, Dušan Đurić<sup>3)</sup>

**Rezime:** Sve izraženi problemi u oblasti zaštite životne sredine, odnosno tendencije ka održivom upravljanju otpadom usloveli su da se razvije više metoda, kao posebnim alatima koji se koriste pri donošenju odluka. Jedan od ovih alata je i Analiza kretanja materijala (Material Flow Analysis - MFA). Razmatranjem primene MFA, odnosno pozitivnih praksi i rezultata u svetu, u radu je dat kratak pregled primene metode kroz tri slučaja: Beč, Damask, Daka, sa posebnim osvrtima, na mogućnost implementacije na grad Kragujevac u cilju unapredjenja sistema upravljanja komunalnim otadom.

**Ključne reči:** Upravljanje otpadom, Metoda kretanja materijala, Sistem upravljanja

**Summary:** All expressed problems in the field of environmental protection, and the tendency towards sustainable waste management have given to develop several methods, as well as special tools that are used in decision-making. One of these tools is the analysis of the movement of materials (Material Flow Analysis - IPA). Considering the application of MFA, and positive practice and performance in the world, this paper gives a brief overview of the application methods in three cases: Vienna, Damascus, Dhaka, with special review on possibility of implementation of the city of Kragujevac in order to improve waste management system.

**Key words:** Waste Management Method of movement of materials management system

### 1. UVOD

Model predstavlja objekat, sistem ili ideju koji u većoj ili manjoj meri predstavlja realnu sliku, i najčešće se koristi kao alat pri donošenju odluka uz upotrebu odgovarajućih metoda kao što su: procena rizika, procena uticaja na životnu sredinu, cost-benefit analiza, mulikritetijumsko donošenje odluka, analiza životnog ciklusa...[1]. Većina definisanih modela koji se danas koriste u svetu uzima kao pretpostavku da su sve opcije, odnosno kriterijumi na osnovu kojih se donosi odluka već poznati, i da je najvažniji korak u procesu u stvari eliminacija alternativa. Vrsta alata, odnosno metod koji će se koristiti zavisi od konkretne odluke ali i od onih koji odluku donose.

Opšta ili bolje rečeno osnovna podela modela u upravljanju otpadom može se izvršiti na osnovu

metoda koje koriste i to na: modele optimizacije i tzv. modele "kompromisa" [2]. Kod prve grupe modela, modela optimizacije, pretpostavlja se da se različiti ciljevi nekog rešenja mogu izraziti zajedničkim imeniocem ili jedinstvenom mernom skalom, gde se gubitak u jednom cilju direktno preslikava na dobitak u drugom. Optimizacijski modeli uključuju cost – benefit analizu [3], kao procenu trenutne vrednosti iskazanu, najčešće, kroz novčanu vrednost. Za razliku od modela optimizacije, modeli "kompromisa", odnosno oni koji koriste kompromizirajuće modele, kao pretpostavku uzimaju da donosioc odluke ima ograničeno znanje u odnosu na situaciju za koju se ta odluka odnosi i zasnivaju se na Simon-ovom (1976. god.) konceptu "ograničene racionalnosti" [4]. Ovakvi modeli zasnovani na principu da svako održivo rešenje mora biti izraženo kao kompromis između različitih prioriteta, dok se neslaganje

1) Prof. Nebojša Jovičić, Mašinski fakultet Kragujevac, mail: njovicic@ept.kg.ac.rs

2) Radosav Vulović, dipl. maš. ing., Gradska uprava Kragujevac, mail: vulence@gmail.com

3) Dušan Đurić, Mašinski fakultet Kragujevac, student doktorskih studija, ddjuric@ept.kg.ac.rs

između stvarnih rezultata i očekivanja “pokrivaju” jedno sa drugim u zavisnosti od definisanih prioritetnih vrednosti. Svaka alternativa se ocenjuje u odnosu na više prioriteta, tako da je željena alternativa ona koje u skladu sa najviše prioriteta.

Pregledom današnjih modela u upravljanju otpadom uočava se da se oni mogu podeliti na tri kategorije: one koji se zasnivaju na cost-benefit analizi, one koji su zasnovani na analizi životnog ciklusa (life cycle analysis)[5], i one koji se zasnivaju na korišćenju multikriterijumskih tehnika za donošenje odluke kao što su npr. AHP ili ELECTRE [6].

## 2. METOD ANALIZE KRETANJA MATERIJALA

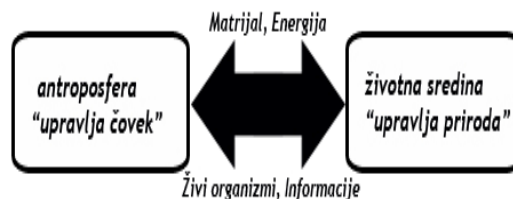
Jedan od modela koji se koriste u upravljanju otpadom, i koji u suštini predstavlja jedan od koraka u analizi životnog ciklusa proizvoda (Life Cycle Analysis) je i Analiza kretanja materijala (MFA – Material Flow Analysis) [7] koja, kao alat, omogućava sistematsko praćenje tokova i zaliha materijala, u okvirima definisanog sistema, u prostoru i vremenu. Ona povezuje izvore, putanje, korisnike, procese...

Primenjujući Zakon o održanju mase, rezultati ove metode se mogu kontrolisati ili pratiti upoređivanjem ulaza sa izlazom, upoređivanjem zaliha ali i upoređivanjem rezultata pojedinih procesa. Baš ova karakteristika čini ovu metodu široko primenjivom i popularnom, kao alatom koji se koristi pri donošenju odluka u upravljanju otpadom, resursima ili životnom sredinom.

Menjajući ulaze, izlaze, procese, tokovi materijala postaju lakše uočljivi, pa je lako odrediti i njihove izvore. Rastur ili akumulacija materijala se lako vide, na vreme, kako bi se preduzele odgovarajuće mere u zavisnosti od potreba ili namene. Takođe, uticaj neznatnih promena u kratkoročnom periodu postaje jasan, kao i eventualne posledice koje mogu nastati u dugoročnom periodu.

Antropogeni sistem [8] sačinjava više tokova i zaliha jednog ili više materijala. Energija, prostor, informacije, vreme, socioekonomski parametri, takođe, moraju biti sadržani u antroposferi, kako

bi rezultati dobijeni primenom ove metode bili što relevantniji. Zbog toga, veoma često, se rezultati ove metode uparaju sa rezultatima dobijenih analizom energije, ekonomije, planiranja...



**Slika 1. Razmena između dva antropogena sistema**

Pojam „materijal“ obuhvata i materiju i dobra. Dobra se definišu kao jedan ili mešavina materija čija ekonomska vrednost je određena tržištem. Ta vrednost može biti pozitivna (auto, gorivo...) ili negativna (generisani otpad, toksične materije, emisija gasova u atmosferu...). Mora se naglasiti da pojam „dobra“ u MFA se razlikuje od onog koji se koristi u ekonomiji gde „dobra“ označavaju nematerijalne stvari, kao što su energija, usluge, informacije... Termin „dobro“ u MFA predstavljen je isključivo materijalnim.

*Proces* je definisan kroz transport, transformaciju ili skladištenje materijala. Transport može biti prirodan (kretanje otpada u reci), ili veštački (kretanje gasa u gasovodu). Analogno, transformacija može biti prirodna ili veštačka, kao i skladištenje (priroda sedimentacija nasuprot odlaganju otpada, npr.).

*Zalihe* (skladišta), predstavljanju rezerve materijala (mase) u okvirima analiziranog sistema koji imaju određenu fizičku veličinu – kilogram. Zalihe mogu biti stalne, ili promenljive, mogu se uvećavati (akumulacija) ili smanjivati (rastur).

Procesi su međusobno povezani tokovima (masa kroz jedinicu vremena) ili fluksevima (masa kroz jedinicu vremena po površini). Tokovi/fluksevi van okvira sistema označeni su uvozom, odnosno izvozom. Tokovi/fluksevi materijala koji ulaze u proces označeni su kao ulaz, odnosno oni koji izlaze iz njega kao izlaz.

*Sistem* je definisan kao set tokova materijala, zaliha i procesa u okvirima definisanih granica. Najjednostavniji sistem, sačinjen je samo od

jednog procesa. Granice sistema određuju su vremenom i prostorom. Mogu sadržati geografske granice (region) ili veštačke (granice parcele jednog domaćinstva, npr.).

Kao dodatak osnovnim terminima potrebnim za primenu MFA, uvodi se termin „aktivnost“ koji se mora uzeti u obzir, naročito pri analizi novih, modernih antropogenih procesa i sistema. Aktivnost se definiše, kao set tokova, zaliha i procesa više materijala potrebnih kako bi se zadovoljile osnovne ljudske potrebe, npr. hranjenje, stanovanje, transport, komunikacija. Analiziranjem kretanja materijala usko povezanih sa određenom aktivnošću omogućava rani uvid u kretanje materijala i eventualne probleme koji mogu nastati, kao što su primera radi, preterana akumulacija ili rastur.

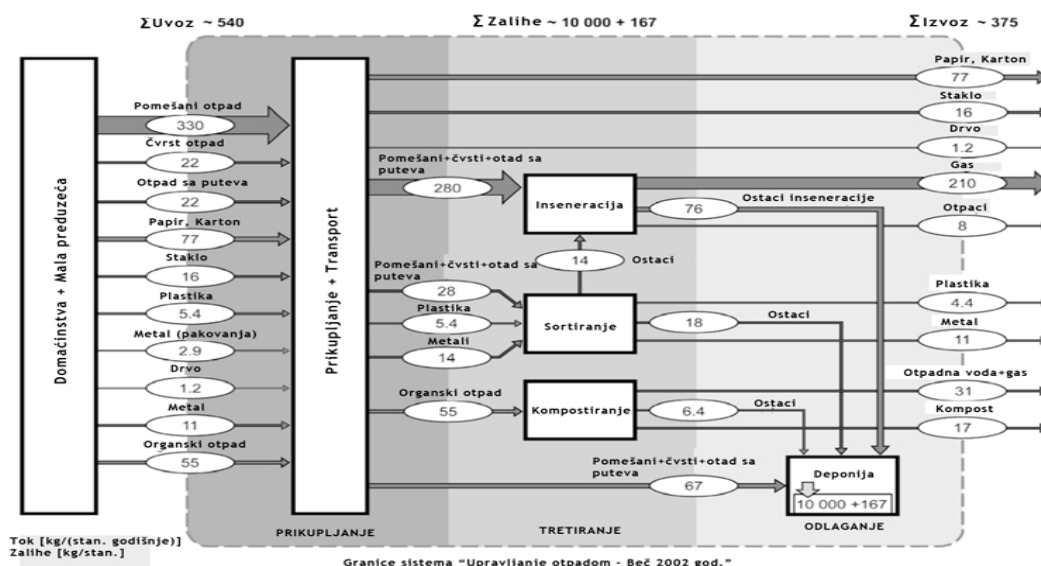
Na osnovu navedenog može se reći da MFA predstavlja alat koji se koristi ili će se koristiti za analizu postojećih u smislu poboljšanja karakteristika, ili kreiranje novih efikasnijih sistema.

### 3. MFA METODA KORIŠĆENJEM SOFTVERSKOG PAKETA „STAN“

Software-ski paket “STAN” [subSTance flow ANalysis] [9] je relativno novi paket koji podržava

Praćeno je kretanje materijala (otpada) u granicama domaćinstava i malih preduzeća, odnosno tokovi “domaćinstvo + malo preduzeće”, “prikupljanje + transport”, “tretiranje + deponija”. Pri ovome uljučeni su pokazatelji: odnos ukupnih

**Slika 2. Upravljanje otpadom u Beču**



analizu kretanja materijala (MFA) u skladu austrijskim standardom ÖNORM S 2096.

Nakon kreiranja grafičkog modela na osnovu pre-definisanih komponenti (tokovi, procesi, podsistemi, granice sistema, polja za unos teksta), poznatih podataka (maseni tokovi, zalihe, koncentracije) unetih u odgovarajućim fizičkim veličinama u željenom periodu, rezultat se prikazuje u vidu “Sankey”-evih strelica [10] (širina strelice proporcionalna je vrednosti). Rezultat se može štampati ili izvesti u drugi grafički format.

Primenom metode analize kretanja materijala, odnosno tumačenjem rezultata dobijenih ovim software-skog paketa “STAN”, pokušano je da se odrede prioriteta u upravljanju otpadom u zemljama u razvoju. U tu svrhu posmatrana su tri grada: Beč (Austrija)[11]-kao reprezentativni uzorak, Damask (Sirija) [12] i Daka (Bangledeš) [13] – kao primeri gradova iz nerazvijenih područja. Izabrani gradovi se međusobno razlikuju po svim ekonomskim parametrima, ali i količini generisanog otpada po glavi stanovnika i vrsti.

Osnovi kriterijumi, izabrani za poredjenje bili su svakako ekonomski parametri, ali i indikatori koji ukazuju na stepen dostignuća ciljeva u upravljanju otpadom (zaštita zdravlja, zaštita životne sredine, očuvanje resursa i dr.).

troškova za upravljanje otpadom u odnosu na bruto dohodak regiona, procenat stanovništva koji je u direktnom kontaktu sa smećem, emisija azota u atmosferu, procenat otpada koji se reciklira i itd.

Upoređujući Beč, kao grad iz razvijene

zemlje sa naprednom tehnologijom kako u oblasti tretiranja otpada, tako i u upravljanju sa 2 grada iz manje razvijenih zemalja lako se može uvideti da već postignuti ciljevi u Beču, koji su mnogo ispred onih u Damasku i Beču, sa odgovarajućim strategijama, jednostavno nisu primenjivi, posebno

ako se ima u vidu ekonomska sposobnost navedih gradova.

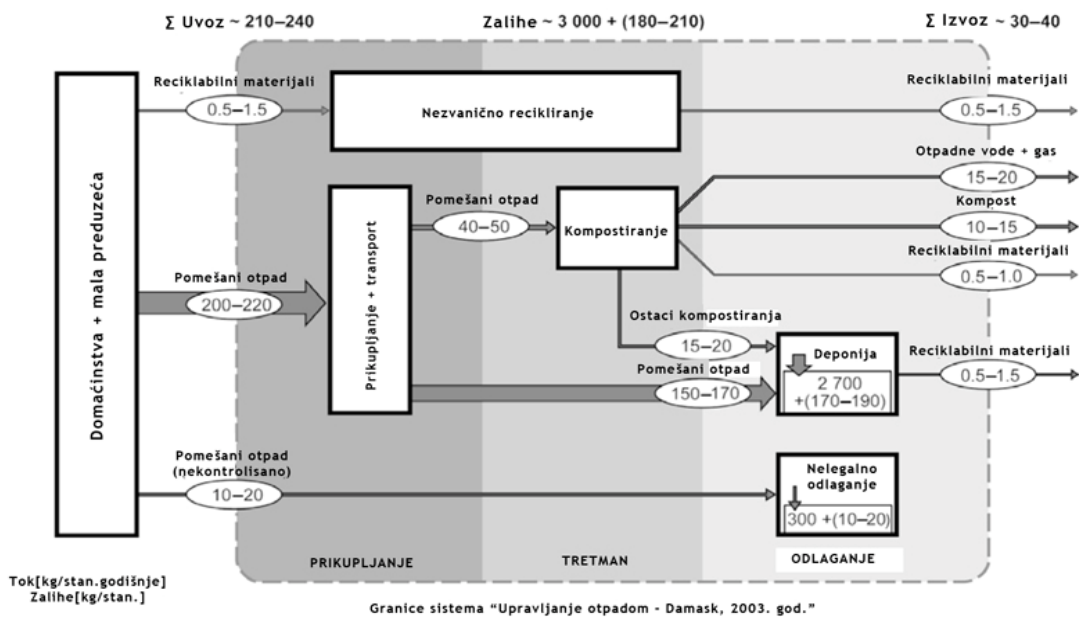
U Beču (Austrija), godišnja količina otpada koji se generiše po glavi stanovnika iznosi 540kg, i sadrži više frakcija koje se odvajaju i prikupljanju posebno.

Ukoliko se pogleda slika 2., jasno se mogu uočiti načini tretiranja otpada, vrste, izlazi... 50% otpada iz domaćinstva tretira se u inseneratorima, oko 40% se reciklira, dok se samo 10% odlaže,

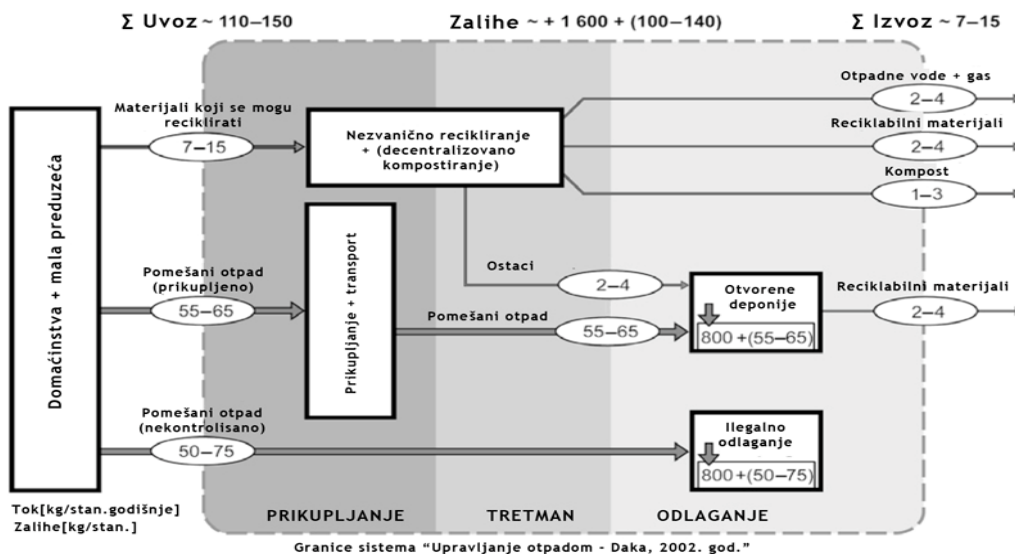
direktno, na deponiju. Ukupni troškovi obrade otpada iznose oko 200€ po toni ili 106€ po glavi stanovnika na godišnjem nivou, što odgovara učešću od 0,40% bruto društvenog proizvoda.

U Damasku (Sirija), koji ima oko 2.5 miliona stanovnika, sav otpad se skuplja bez prethodnog ili naknadnog odvajanja i odlaže na deponiju. Generisani otpad po glavi stanovnika iznosi 230kg godišnje. Više od 90% stanovništva pokriveno je uslugom prikupljanja otpada. Ostatak od 10%, živi u perifernim delovima grada gde ne postoji ovaj vid usluge.

U Daki (Bangledeš), živi oko 10 miliona stanovnika, manje od 50% stanovništva pokriveno je uslugom prikupljanja otpada, sa godišnjim generisanjem od 110-150kg po glavi stanovnika. Polovina generisanog otpada se direktno odlaže ili spaljuje na otvorenim ložištima. Ovakav način (ne)tretiranja u direktnoj je vezi sa lošim stanjem javnog zdravlja (loša higijena, epidemije, respiratorne bolesti...).



Slika 3. Analiza kretanja materijala u sistemu upravljanja otpadom, Damask, 2003. god.



**Sika 4.** Analiza kretanja materijala u sistemu upravljanja otpadom, Daka, 2002. god.

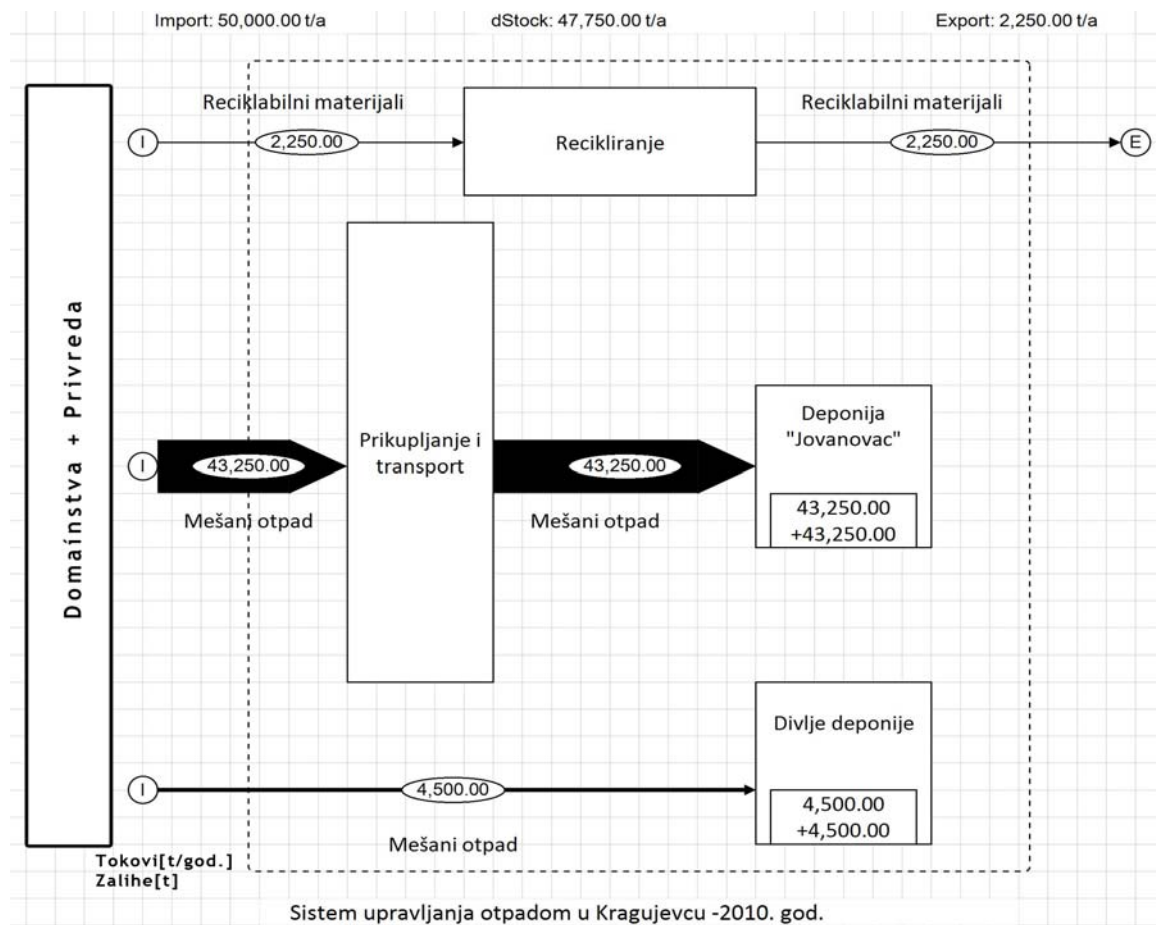
Na osnovu razmatranih slučajeva može se doći do zaključka da primena prevencije stvaranja otpada, recikliranje ili nekih drugih naprednijih tehnologija tretiranja, za regione koji troše na upravljanje otpadom od 1-10€ godišnje po glavi stanovnika i nije tako dobra strategija [14].

U ovim i njima sličnim regionima poboljšanje sistema prikupljanja otpada (potpuno prikupljanje, unapređenje postojećih deponija...) pokazalo se ne samo kao najbolje u smislu unprednje jednog od glavnih ciljeva u upravljanju otpadom (poboljšanje javnog zdravlja), već i kao ekonomski najisplativije. Koncepti, koji se primenjuju u napredno razvijenim zemljama kakva je Austrija (inseneracija, recikliranje, mehaničko tretiranje...) jednostavno su neprihvatljivi za one zemlje kod kojih stanovništvo ne može ili ne izdvaja više od 10€ na upravljanje otpadom godišnje po glavi

stanovnika. Upoređujući dobijene rezultate primenom MFA metode, odgovarajuće ekonomske faktore, pre svega ekonomski potencijal, sa strategijma upravljanja otpadom i ciljevima zaključuje se da se manje razvijene zemlje moraju orjentisati pre svega na poboljšanje upravljanja otpadom koje se tiče javnog zdravlja, a tek nakon postizanja tog cilja i na napredne strategije i tehnologije (reciklaža, separacija, inseneracija...).

#### 4. KRAGUJEVAC

Sistemom upravljanja otpadom u Kragujevcu obuhvaćeno je oko 90% stanovništva. Otpad se prikuplja i transporuje na sanitarnu deponiju u Jovanovcu. Ostatak, odnosno 10% stanovništva koji nisu pokriveni uslugom prikupljanja otpadom, odlaže ga na divljim deponijama.



Slika 5. Analiza kretanjama materijala u sistemu upravljanja otpadom – Kragujevac 2010. god.

Imajući u vidu trenutni ekonomski potencijal, kako stanovništva, tako i privrede u Kragujevcu, odnosno izdvajanja na upravljanje otpadom, koje u proseku iznosi oko 6€ godišnje po glavi stanovnika, svakako nisu, u ovom trenutku, dovoljni za primenu naprednih tehnologija i sistema za upravljanje otpadom. Sa druge strane, mala iskorišćenost resursa, pre svega u vidu recikliranja (2250 t/godišnje), kao i količine otpada koji se odlaže na divlje deponije (4500 t/godišnje) jasno ukazuje da unapređenje sistema upravljanja u gradu Kragujevcu, treba biti orijentisano, u 2 pravca: poboljšanje kvaliteta usluge u smislu pokrivenosti, i uvođenje jednostavnih sistema recikliranjama materijala kojim bi bila pokrivena veća količina otpada koji se tretira.

## 5. ZAKLJUČAK

Ukoliko iskoristimo analize, rezultate i preporuke dobijene primenom MFA metode u svetu, za različite scenarije, i izvršimo njihovu analognu primenu na sisteme koji su danas prisutni

ne samo u Kragujevcu, već i u regionu Šumadije, odnosno Srbije, imajući pri tome u vidu jedan od osnovnih ciljeva u upravljanju otpadom (**zaštita javnog zdravlja, odnosno smanjenje broja stanovnika koji su u direktnom kontaktu sa otpadom**) možemo na relativno jednostavan način videti koji su koraci neophodni za efikasno i efektivno kreiranje/modifikaciju sistema upravljanja otpadom. Naravno, ne sme se reći da napredne tehnike kao što su reciklaža ili inseneracija nisu potrebne, ali u ovom trenutku kada je ekonomski potencijal nedovoljan, kada je izdvajanje godišnje po glavi stanovnika za upravljanje otpadom manje od 10€, treba svakako razmisliti prvo o primeni jednostavnijih tehnologija, a tek kada se steknu uslovi i o naprednim.

## LITERATURA

- [1] Baetz, B.W., Neebe, A.W., 1994. A planning model for the development of waste material

recycling programmes. Journal of the  
Operational Research Society

ISWA World Environment Congress and  
Exhibition 2006 'Waste Site Stories'

- [2] Daskalopoulos, E., Badr, O., Probert, S.D.,  
1998. An integrated approach to municipal  
solid waste management. Resources, Con-  
servation and Recycling
- [3] A. Boardman, D. Greenberg, A. Vining, D.  
Weimer, 2006., Cost Benefit Analysis:  
Concepts and Practice (3rd Edition)
- [4] H.A. Simon, Reprinted, 1982., Models of  
Bounded Rationality, Volume 1, Economic  
Analysis and Public Policy, Cambridge, Mass.,  
MIT Press
- [5] D.F. Ciambro, 1997., Environmental Life  
Cycle Analysis
- [6] Mousseau, V., Slowinski, R., Zielniewicz, P.,  
2000. A User-oriented implementation of the  
ELECTRE-TRI method integrating preference  
elicitation support. Computers and Operations  
Research
- [7] H. Rechberger, 2003., Practical Handbook of  
Material Flow Analysis
- [8] Baccini, P. & Brunner, P.H. 1991.,  
Metabolism of the Anthroposphere
- [9] O.Cencic, H. Rechberger, 2008., material flow  
analysis with software STAN
- [10] IEEE Symposium on Information  
Visualization (Infovis 05), USA, 2005.,  
Proceedings
- [11] MA48, 2002., Waste Management Concept of  
the City of Vienna, Magistratsabteilung 48
- [12] A. Alboukhari, 2004., General Cleanliness  
Services in Damascus, Damascus
- [13] I. Enayetulla, A.H.M.M. Sinha, S.S.A Khan,  
2005., Urban Solid Waste Management  
Scenario of Bangladesh: Problems and  
Prospects
- [14] P.H. Brunner, J. Fellner, 2006., From 1 to 10  
to 100 €/person and year –uniform waste  
solutions for everyone? In: Proceedings of the