



SEPARACIJA KOMUNALNOG OTPADA U NOVOM SADU - ISKUSTVA I PREPORUKE

SEPARATION OF MUNICIPAL WASTE IN NOVI SAD - EXPERIENCE AND RECOMANDATIONS

Zvonko Nježić¹⁾, dr Janko Hodolič²⁾, dr Miodrag Stević³⁾

Rezime: Analizom postrojenja za separaciju otpada date su osnove za poboljšanje rada postojećeg postrojenja sa kritičkim osvrtom na rezultate morfoloških ispitivanja sastava otpada i mogućnosti izdvajanja iz njega kvalitetnih sekundarnih sirovina za reciklažu. U ovom radu su date preporuke sa vrednostima sa kojima treba ući u izradu studija izvodljivosti za neka buduća postrojenja za separaciju otpada.

Ključne reči: separacija, reciklaža, morfološki sastav otpada

Summary: Analysis of plant for separation of waste provides basics for improving of present functioning of plant with critical review at results morphology examination of waste composition and feasible separation quality secondary raw materials for recycling. This paper presents recommendations and values for input in feasibility study for some future plants for separation of waste.

Key words: separation, recycling, morphology waste composition

1. UVOD

U opštem slučaju reciklaža se može okarakterisati kao korišćenje proizvodnih, prerađivih i potrošnih otpada, materija i energije u izvornom ili promenjenom obliku bez obzira na mesto i vreme nastanka i njegovu primenu [5].

Kanal sistema reciklaže koristi četvorostepeni proces:

1. sakupljanje otpadnog materijala za reciklažu i njegova isporuka,
2. prerađu materijala u sekundarni sirovi materijal (sirovinu),
3. korišćenje sekundarnog materijala za proizvodnju novih proizvoda,
4. vraćanje proizvoda na tržište.

Proces reciklaže ne može biti uspešan bez efikasnog sistema reverzne i povratne logistike. Najčešće reciklirani materijali su: metal, staklo, guma, aluminijum, papir, karton i PET ambalaža-plastične boce. Reciklažom se [3]:

1. štede prirodni izvori primarnih sirovina i energije,

2. smanjuje količina štetnih materija koje se emituju u životnu sredinu.

2. SEPARACIJA OTPADA U NOVOM SADU

Pre sprovođenja ovog projekta pristupilo se brojnim analizama morfološkog sastava otpada i na osnovu dobijenih rezultata tehnokonomskih analiza izvodljivosti pristupilo se izgradnji postrojenja. Izgradnjom ovog postrojenja se postiglo:

- **Smanjenje otpada koji je potrebno deponovati** - izdvajanjem reciklabilnih komponenti otpada (papira, plastike, stakla i metala) smanjena je zapremina otpada koji se deponuje,
- **Duži vek deponije** - postrojenje poseduje presu za sabijanje otpada, koja za 5 - 10 puta smanjuje prvobitnu zapreminu otpada. Ovim sabijanjem postiže se ušteda deponijskog prostora,
- **Pozitivni ekološki efekti** - prestanak degradacije vode, vazduha i zemljišta,

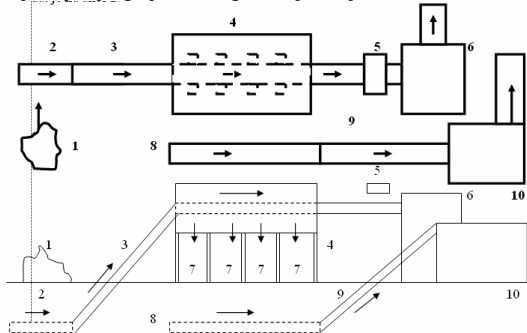
1) Dipl. inž Zvonko Nježić, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel ++38121 450-366, Fax: ++3821 458-133, e-mail: zvonjenje@uns.ns.ac.yu

2) Prof. Dr Janko Hodolič, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel ++38121 450-366, Fax: ++3821 458-133, e-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu

3) Dr Miodrag Stević, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel ++38121 450-366, Fax: ++3821 454-495, e-mail: miodrags@uns.ns.ac.yu

predstavlja značajan pomak u očuvanju životne sredine.

Otpad koji pristigne na gradsku deponiju upućuje se na separaciju ili na deponovanje, u zavisnosti sa kojih lokacija je dopremljen. Šematski prikaz postrojenja dat je na slici 1., uz objašnjenje pojedinih pozicija koje slede:



Slika 1 - Šematski prikaz postrojenja za separaciju otpada [2].

1. Otpad koji je spreman za dalji tretman – separaciju. Pre nego što ode na prijemnu transportnu traku (2) iz otpada se izdvajaju svi kabasti materijali: metalne šipke, sajle, komadi šteta, bela tehnika, komadi keramike, . . .
2. Prijemna transportna traka ukopana u zemlji. Nakon izdvajanja kabastog materijala otpad se radnim mašinama nagura u prijemnu transportnu traku.
3. Transportna traka za „uvođenje” otpada u sortirnicu.
4. Sortirnica, manualno izdvajanje sekundarnih sirovina iz otpada
5. Elektromagnet za izdvajanje metala
6. „Velika presa” za presovanje „škart” otpada koji ide dalje na deponovanje
7. Boksovi gde se privremeno deponuju sekundarne sirovine dok se ne nakupi dovoljna količina spremna za baliranje. Sekundarne sirovine dospevaju u boksove tako što se u patosu sortirnice nalaze otvori kroz koje radnici izdvajaju pojedine sirovine. Prvi boks je za papir, drugi karton, treći najlon, četvrti PET ambalaža i peti aluminijum.
8. Prijemna traka za sekundarne sirovine. Pre dolaska sirovina na traku vrši se kontrola o „zaprjanosti” sirovina.
9. Transportna traka sekundarnih sirovina za odvođenje u „malu presu” za baliranje sekundarnih sirovina.
10. „Mala presa” za baliranje sekundarnih sirovina.

U okviru postrojenja nalazi se i privremeno skladište sekundarnih sirovina odnosno veliki plato iza postrojenja za utovar sekundarnih sirovina. Kataloški kapacitet linije za selekciju je

15-20 tona/sat. Uzimajući u obzir da postrojenje radi u dve smene, kroz postrojenje dnevno „prođe” oko 170 tona otpada a na separaciji otpada radi 20 radnika po smeni. Nakon deponovanja „nekorisnog” otpada tretman postupanja sa baliranim otpadom je isti kao i sa otpadom u rastresitom stanju. Takođe su isti i procesi koji se javljaju a jedan od najnepoželjnijih je izdvajanje metana. Povećanje koncentracije metana u vazduhu smanjuje sposobnost hlađenja zemljine površine, prouzrokujući efekat staklene bašte i globalnog zagrevanja i tako direktno utiče na klimatske promene. Ono što nas najviše interesuje je metan koji nastaje deponovanjem, koji se godinama taloži u zemlji, ostaje zarobljen i prouzrokuje paljenje deponije i permanentno zagađenje zemljišta i atmosfere.

U cilju oslobađanja metana koriste se tzv. biotrnovi, putem kojih dolazi do emisije metana u vazduh. Jedan od načina da se iskoristi metan iz otpada je tzv. otplinjavanje.

3. EKONOMSKI EFEKTI RADA POSTROJENJA ZA SEPARACIJU KOMUNALNOG OTPADA U NOVOM SADU

Na osnovu morfološke analize količine i strukture otpada koji se odlaze na gradskoj deponiji (dnevne količine otpada, prosečne količine deponovanog otpada, struktura otpada) došlo se do sledećih rezultata:

Sirovina	Težinsko učešće	Zapreminsko učešće
Papir i karton	14	20
Staklo	2	2
Plastika	12	35
Metali	2	2
Guma	1	1
Organski otpad	64	36
Tekstil	2	2
Ostalo	3	2
UKUPNO	100%	100%

Tabela 1 - Morfološki sastav otpada na gradskoj deponiji [2].

Za morfološku analizu koristio se otpad iz različitih delova grada, i to: **Limani** (samo zgrade sa marketima – kolektivno stanovanje), **Podbara** (mešano individualni i kolektivni vid stanovanja) i **Telep** (samo individualni tip stanovanja). Količine koje su uzorkovane su oko 10 tona otpada.

Pošto se sekundarne sirovine otkupljuju na osnovu težinskog učešća za dalju analizu koristeće se samo maseno učešće. Izračunavanjem preuzetih

obaveza mesečna rata na osnovu otplate postrojenja na 5 godina iznosi oko 15.000 evra. Naredna analiza treba da utvrdi dali je moguće dostići ovaj nivo. Takođe treba napomenuti da se cene sekundarnih sirovina menjaju i zavise od

mnogih faktora. Dijapazon cena je takođe veliki i zavisi od mnogih faktora, imamo da je u 2005. godini cena papira od 2 – 8 dinara/kg (prosečno 60 evra po toni) itd.

Sirovina	Težinsko učešće %	Moguće izdvojiti Tona	Očekivano izdvojiti tona	Prodajna cena €/toni	Prihodi €
Papir i karton	14	898	224,5 (25%)	60	13.470
Staklo	2	128	6,4 (5%)	35	220
Plastika	12	769	38,25 (5%)	63	2.400
Metali	2	128	57,6 (45%)	150	8.640
UKUPNO	30%				24.730

Tabela 2 - Mogući mesečni finansijski efekti [2].

Analizom je ustanovljeno da je moguće ostvariti finansijsku dobit prodajom sekundarnih sirovina i pored otplaćivanja kreditnih obaveza u prvih 5 godina. Pored pretpostavke od 20% iskorišćenja, takođe u proračun eventualne dobiti treba uključiti i količine otpada iz industrije, kao i količine otpada od lica koja sama dovoze otpad na deponiju. Procentualno izražavanje mogućeg korisnog izdvajanja dobijeno je iskustveno tokom morfološke analize otpada.

Izračunavanje uštede deponijskog prostora je jednostavno ako se zna cena koštanja izgradnje novog uređenog i sanitarnog deponijskog prostora. Cena izgradnje savremene deponije varira u zavisnosti od terena. Za područje Novog Sada cena izgradnje savremene i sanitarne deponije sa potrebnim aktivnostima za pravilno deponovanje

se kreće oko 20 €/m². Na osnovu sprovedenih analiza i merenja baliranog nekorisnog otpada došlo se do srednje specifične mase od 1,5 t/bali (usvojena srednja specifična masa rastresitog otpada u Novom Sadu je 0.2 t/m³). Dimenzije baliranog nekorisnog otpada su 1.2 x 1.0 x 1.1, odnosno 1,32 m³. Ova racunica pokazuje da je specifična težina baliranog nekorisnog otpada oko 1,2 t/m³. Sabijanjem katapilom dobija se specifična masa od 0,4 t/m³. Efekat je ušteda deponijskog prostora 3 puta.

Ako se pretpostavi da se mesečno deponuje 7.000 tona komunalnog otpada, odnosno 84.000 tona godišnje tj. 840.000 tona za 10 godina lako je izračunati potreban deponijski prostor za eksploataciju od 10 godina (dozvoljena visina deponovanja u Novom Sadu 7 m).

$$\frac{840.000 \text{ t} / 10 \text{ god}}{0,4 \text{ t/m}^3} = 2.100.000 \text{ m}^3 / 10 \text{ god} = 1000\text{m} \times 300\text{m} \times 7\text{m}$$

Za deponovanje od 10 god. potrebno je 30 ha, odnosno (300.000m² x 20 €/m²) oko 6 miliona evra za izgradnju deponije. Iz svega navedenog se vidi da je ušteda deponijskog prostora oko 4 miliona evra za 10 godina, odnosno 400.000 evra godišnje tj. oko 35.000 evra mesečno (oko 3 miliona dinara). Pošto se za deponovanje nekoristi katapilar učinak je još veći.

Uzimajući sve osnovne analize u obzir dolazi se do računice od oko 60.000 evra (oko 5 miliona

dinara) mesečno koje postrojenje ostvaruje svojim radom.

3.1 Očekivani troškovi postrojenja za separaciju otpada

Izračunavanje troškova je očekivana procedura prilikom izvođenja studije opravdanosti izgradnje postrojenja. Uzimaju se osnovni troškovi koji bitno mogu da utiču na krajnji finansijski efekat. Ovom prilikom uzeće se cene do kojih se došlo na osnovu razgovora sa zaposlenima u JKP Čistoća. Dato na mesečnom nivou [2].

Plate zaposlenih (60 x 40.000 din)	2.400.000	din.
Troškovi struje	300.000	din.
Troškovi vode	200.000	din.
Troškovi materijala i alata (balir-žica, ulja, maziva, goriva)	1.000.000	din.
Amortizacija	500.000	din.
Održavanje	100.000	din.
UKUPNO	55.000	€
	≈ 4.500.000	din.

Iz svega gore navedenog dolazi se do zaključka da se postrojenje nalazi na ivici ekonomske opravdanosti, ali sa aspekta očuvanja životne sredine doprinos je nemerljiv (izdvajanje plastike, najlona itd.). Kada se analizira isplativost nekog postrojenja, obično se ne uzima u obzir ekološka isplativost, a ona je u slučaju Novog Sada daleko značajnija.

Prednosti ovog postrojenja u odnosu na ostale načine uklanjanja otpada:

- u odnosu na spaljivanje višestruko manja cena opreme,
- nema emisije štetnih gasova,
- u pitanju je čista bezotpadna tehnologija,
- jednostavnost upravljanja procesom,
- povratak sirovina u proces proizvodnje,
- relativno jednostavan proces redukcije otpada koji se deponuje.

4. PREDSTAVLJANJE REZULTATA SEPARACIJE OTPADA 2004. GODINE

Postrojenje u Novom Sadu radi dovoljno dugo da se rezultai iz predhodne analize mogu uporediti sa rezultatima dobijenim u praksi.

Ove količine variraju iz meseca u mesec. Na tu činjenicu utiču mnogi faktori (ispravnost postrojenja, ispravnost radnih mašina, godišnje

doba itd.). Prilikom predstavljanja rezultata uzimaće se prosečna vrednost izdvojenih sekundarnih sirovina. Istovremeno će se dobijeni rezultai upoređivati sa predhodnom analizom opravdanosti izgradnje postrojenja, tabela 2. Uporedna analiza biće predstavljena u tabeli 3.

Iz tabele 3 vidi se da je najveći gubitak postignut na papiru što je i očekivano. Cena papira varira od 2 – 8 dinara po kilogramu, odnosno 23,5 - 95€/t. Papir koji se izdvaja iz komunalnog otpada je veoma zaprljan tako da je cena njegovog koštanja obično minimalna. Za dobijanje kvalitetnijeg papira potrebno je uvesti primarnu selekciju. Ostvarene količine izdvojenih sekundarnih sirovina (5%) su za 17 % manje od očekivanih što predpostavlja da u predhodnoj analizi treba ubuduće vršiti korekcije.

Vrednosti sa kojima treba ulaziti u proračunavanje očekivanih rezultata su sledeće [2]:

- **Papir i karton** 21 % od izračunate količine na osnovu morfološkog sastava
- **Staklo** ne vršiti proračune zbog nebitnih rezultata, proračun raditi za *Al*
- **Plastika** 4,3 % od izračunate količine na osnovu morfološkog sastava
- **Metal** 35 % od izračunate količine na osnovu morfološkog sastava

Sirovina	2004 [t/mes]	Očekivano [t/mes]	Ostvareno [€/mes]	Očekivano [€/mes]	Finansijski efekat
PAPIR	120	224,5	3.000	13.470	- 9.595
KARTON	70		875		
PET ambalaža	27	38,25	1.600	2.400	- 440
PLASTIKA	3		110		
NAJLON	3		250		
METAL	45	57,6	6.750	8.640	- 1.890
STAKLO	3	6,4	105	220	- 115
UKUPNO	271	326,75	12.690	24.730	- 12.040

Tabela 3.: Uporedni podaci iz predhodne analize i stanja u 2004. godini [2].

5. ZAKLJUČAK

Kako je opredeljenje razvijenog sveta usmereno na vraćanje otpada u upotrebnii ciklus (recycling), potez u kom se i Novi Sad opredelio za reciklažno postrojenje je hvatanje koraka za razvijenima i stvaranje uslova za čistije i zdravije okruženje.

U našim uslovima, sledeći svetska iskustva i preporuke, strategija razvoja nesporno treba da omogući postizanje dva osnovna cilja:

1. smanjenje otpada na mestu nastajanja, što podrazumeva i promenu ponašanja privrede i stanovništva, ali i uvođenje

reciklaže u integralni sistem tretmana komunalnog otpada i

2. bezbedno odlaganje otpada što podrazumeva rekultivaciju i zatvaranje postojećih deponija i izgradnju uređenih sanitarnih deponija.

Način izdvajanja korisnih sastojaka iz gradskog (opštinskog) komunalnog otpada tehnološki može da bude različit i da zahteva viši ili niži nivo prerade. Međutim, da li u reciklažu ići i koji nivo tehnologije izabrati, zavisi pre svega od toga kakva je mogućnost plasmana izdvojenih sirovina i po kojoj ceni se oni mogu prodavati.

Iz gradskog komunalnog otpada ima smisla

izdvajati samo ono što tržište može da primi pošto se u suprotnom zatvara krug i takve sirovine ponovo postaju otpad. Tu je i osnovni problem svih manje razvijenih zemalja, među koje spada i naša zemlja, zato što je u njima po pravilu nerazvijeno tržište sekundarnih sirovina. Ukoliko se proceni da je plasman pojedinih reciklabilnih materijala moguć dolazimo do druge prepreke: skupe investicije za reciklažu u postrojenjima visoke tehnologije ili visoki troškovi transporta sa niskom tehnologijom. Treća prepreka može biti nedostatak ekonomskih podsticaja i olakšica kod proizvodnje reciklabilnih materijala, i jake društvene kampanje koja bi se morala voditi na nacionalnom nivou.

Kod nas je nevolja u tome što se svi slažu u tome da na pitanju tretmana otpada treba ozbiljno raditi, postoji i solidna državna regulativa, ali za konkretne korake kao da se nema dovoljno motiva zbog čega je najčešći ishod prenošenje investicija u narednu godinu. To nije slučaj sa visoko razvijenim zemljama, odnosno sa zemljama koje su uspele da na najracionalniji način upravljaju otpadom. Primera radi u SAD reciklira se oko 25 % celokupnog otpada, a u Novom Sadu oko 5 %. Na svakih 10.000 tona recikliranog otpada otvori se 32,7 radnih mesta dok se odlaganjem iste količine otpada na sanitarnoj deponiji bez reciklaže otvara samo 6,5 radnih mesta.

Uštede je moguće postići po dva osnova:

1. očuvanje životne sredine, zaštita voda, vazduha i zemlje, zaštita i očuvanje materijalnih resursa, smanjenje potreba za velikim prostorom za deponovanje i
2. uštede kada se počinje sa reciklažom:
 - uštede na investiciji kroz opredeljenje za postrojenje za reciklažu niske tehnologije koji je apsolutno adaptivan našim uslovima
 - uštede na troškovima radne snage kroz angažovanje već zaposlenih radnika
 - uštede na transportu kroz odabir i obezbeđenje komunikativnih lokacija
 - uštede pri otkupu i prodaje kroz regionalno povezivanje geografski bliskih naselja

Razvijanje svesti o potrebi zaštite i očuvanja životne sredine najpre kod zaposlenih u toj delatnosti, a zatim i kod celokupnog stanovništva

doprineće da se u budućnosti niko ne odnosi neodgovorno prema sredini u kojoj živi, jer zdravlje i opstanak planete, na kojoj boravimo, zavisi samo od naše ljubavi prema njoj.

LITERATURA

- [1]. Nježić Z.; *Analiza postrojenja za separaciju otpada i ocena opravdanosti izgradnje novih*; Specijalistički rad; Fakultet tehničkih nauka, Inženjerstvo zaštite životne sredine, Novi Sad 2005.
- [2]. ----: *Interno glasilo JKP "Čistoća" Novi Sad i glasilo strukovnog udruženja komunalnih preduzeća Srbije "KOMDEL"*. Takođe, korišćeni su i podaci dobijeni u razgovoru sa radnicima i rukovodiocima JKP "Čistoća" Novi Sad.
- [3]. ----: *Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja EU*, Vlada Republike Srbije, Republika Srbija, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Beograd, 2003.
- [4]. ----: *Pravilnik o kriterijumima za određivanje lokacije i uređenje deponija otpadnih materija*, Sl. gl. RS broj 54/1992.
- [5]. Hodolič, J.; Badida, M.; Majerik, M.; Šebo, D.: *Mašinstvo u inženjerstvu zaštite životne sredine*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
- [6]. Žegarac, D.; Hodolič, J.; Stević M.: *Sistemi za smanjenje emisije čvrstih čestica iz postrojenja za proizvodnju asfaltne mešavine*, Festival kvaliteta, Kragujevac, 2005.
- [7]. Hodolič, J.; Budak, I.; Lomen, I.: *Projektovanje proizvoda sa aspekta ocene životnog ciklusa proizvoda (LCA)*, Festival kvaliteta, Kragujevac, 2003.
- [8]. ----: <http://www.cistocans.co.yu/2005>.
- [9]. ----: <http://www.epa.gov/garbage/recycle.htm/2006>.
- [10]. ----: <http://www.epa.gov/garbage/reduce.htm/2006>.