

**KVALITATIVNO-KVANTITATIVNI
PARAMETARI ČVRSTOG OTPADA**

**QUALITY AND QUANTITY PARAMETERS
OF SOLID WASTE**

**V.prof.dr. Jovan Sredojević
Mašinski fakultet u Zenici**

Ključne riječi: čvrsti otpad; podjela i sastav čvrstog otpada; masa, zapremina, gustina, vlažnost i toplotna moć čvrstog otpada, uzorokovanje i priprema reprezentativnog uzorka čvrstog otpada.

REZIME

U ovom radu, prikazana je indentifikacija i određivanje osnovnih parametara čvrstog otpada: podjela i sastav; masa, zapremina i gustina; vlažnost i toplotna moć te uzorkovanje, obrada i formiranje reprezentativnog uzorka. Pravilnim uzorkovanjem, obradom i formiranjem reprezentativnog uzorka omogućuje se vjerodostojno utvrđivanje osnovnih parametara čvrstog otpada. Na osnovu tih parametara vrši se planiranje, izvođenje i kontrola radova na ponovnom iskorištavanju ili konačnom deponovanju čvrstog otpada.

1. UVOD

Privredne i komunalne infrastrukture proizvode velike količine raznih otpadnih materijala i sekundarnih sirovina, koji spadaju u kategoriju čvrstog otpada. Svaka privredna i komunalna infrastruktura predstavlja složen sistem, sa više proizvodnih (tehnogenih) odnosno komunalnih jedinica, koje sa okolnom životnom sredinom formira kvalitativno novi kompleksan ekotehnogeni sistem. Savremene strategije u zbrinjavanju čvrstog otpada podrazumijevaju njihovo prikupljanje i obradu za ponovno iskorištavanje ili konačno odlaganje. Za planiranje, izvođenje i kontrolu tih radova potrebno je poznavati osnovne parametre čvrstog otpada: sastav, masa, zapremina, gustina, vlažnost, toplotna moć i dr. Sastav čvrstog otpada, a samim tim i njegovi osnovni parametri variraju u veoma širokim granicama, pri čemu važno mjesto zauzima privredna i komunalna djelatnost, veličina područja prikupljanja, godišnje doba, socijalna struktura stanovništva i niz drugih uticajnih faktora. Utvrđivanje tih osnovnih parametara moguće je samo laboratorijskim i drugim ispitivanjem reprezentativnog uzorka čvrstog otpada. Utvrđivanje metodologije uzimanja, obrade i formiranja reprezentativnog uzorka i metodologije određivanja osnovnih parametara čvrstog otpada je cilj ovog rada.

2. PODJELA OTPADA

U sklopu raznolike čovjekove aktivnosti nastaju razne vrste otpada. Podjela otpada preme vrstama izvršena je po više metodologija. Jedna od prihvatljivijih metodologija podjele otpada za nivo privredne i infrastrukturne razvijenosti Bosne i Hercegovine je prema mjestu nastanka i data je u tabeli 1[1].

TABELA 1. PODJELA OTPADA PREMA MJESTU NASTANKA

- **Otpad iz domaćinstava:** U ovu grupu otpada spadaju otpadi nastali u domaćinstvima, hotelima, zanatskim radnjama i ustanovama. Oni su isti po sastavu, ali se razlikuju po procentualnom učešću pojedinih materijala. Taj otpad se sastoji uglavnom od sledećih materijala: *otpaci od hrane; papir; tekstil; ambalaža (karton, drvo, metal, plastika i sl.); pepeo i drugi produkti sagorijevanja; staklo, porculan i keramika i kabasti otpaci (odbačeni namještaj, razni sanduci, bijela tehnika i sl.).*
- **Otpad sa ulica i drugih javnih površina:** Ovaj otpad nastaje nakon pranja i čišćenja ulica, parkova, obala rijeka, jezera i drugih javnih površina. U njegov sastav uglavnom ulaze sledeći materijali: *posipni materijali; prašina od trošenja kolovoza; mulj i drugi nataloženi materijali iz uličnih slivnika te papir, opušci, prašina i sl.*
- **Industrijski otpad:** Industrijski otpad nastaje u industrijskim pogonima u procesu proizvodnje i malim zanatskim radnjama. Njihov sastav zavisi od vrste proizvodnje i primijenjene tehnologije. Veći dio ovog otpada se ponovo vraća u proces proizvodnje, pa se taj dio ne tretira kao otpad, dok se preostali dio tretira kao otpad i uglavnom se sastoji od: *papira; piljevine; kože; gume; pijesaka za oblikovanje u livarstvu; plastike; keramike; stakla; metala; tekstila; šljake i pepela; te ulja i masti.*
- **Specijalni otpad:** Specijalni ili posebni otpad obuhvata široku paletu otpada, koji su zbog njihovog sastava, oblika i količine posebno opasni po okolinu. Ovi otpaci se pojavljuju u značajnim količinama u svim sredinama, bez obzira na dostignuti nivo razvoja te sredine. U grupu specijalnih otpada spadaju: *bolnički i sanitarni otpad; otpaci uginulih životinja; talozi boja i lakova; otrovni otpaci; istrošene baterije; radioaktivni i eksplozivni otpaci; zapaljivi materijali; otpaci od galvanizacije i elektrolize; otpaci od masovnog uzgoja i prerade stoke; otpadni muljevi i talozi iz različitih uređaja za prečišćavanje otpadnih voda, naročito industrijskih voda te specifični otpaci iz proizvodnje i potrošnje, koji sadrže veće koncentracije opasnih materija.*
- **Gradski tekući otpad**
- **Industrijski tekući otpad**

Međutim, najobuhvatniji sistem klasifikacije otpada izvršen je po Evropskom katalogu otpada, koji je sačinjen saglasno Odluci 75/442/EEC i Direktivi 94/3/EC. Taj sistem se sastoji od tri liste otpada i to:

- Lista otpada prema djelatnostima koje ga generiraju (Kod „1“ označen sa dva broja, sa 20 osnovnih industrijskih grana) (tabela 2.),
- Lista otpada prema procesu, podprocesu ili mjestu nastanka (Kod „1+2“ označen sa četiri cifre, sa 114 lokacija),
- Lista otpada prema vrsti otpada (Kod „1+2+3“ označen sa šest cifri, sa 700 kategorija otpada). U ovoj listi dodatno je definisan opasan otpad (295 kategorija) koji je potrebno nadzirati saglasno klasifikaciji otpada prema Bazelskoj konvenciji i klasifikaciji otpada prema UN klasi.

TABELA 2. KLASIFIKACIJA OTPADA PREMA DJELATNOSTIMA KOJE GA GENERIRAJU

Kod „1“	Vrsta otpada
01	Otpad koji nastaje istraživanjem i eksploatacijom rudnika i kamenoloma i daljom pripremom i preradom ruda
02	Otpad iz primarne poljoprivrede, vrtlarstva, lova, ribolova, vodenih kultura, pripreme i prerade hrane
03	Otpad iz prerade drveta, proizvodnje papira, kartona, celuloze, ploča i namještaja
04	Otpad iz kožarske i tekstilne industrije
05	Otpad iz prerade nafte, prečišćavanja prirodnog plina i pirolitičke obrade uglja
06	Otpad iz anorganskih hemijskih procesa
07	Otpad iz organskih hemijskih procesa
08	Otpad iz proizvodnje, prerade, prodaje i primjene premaza (boje, lakovi i staklasti emajl), ljepila, sredstva za brtvljenje i štamparskih boja
09	Otpad iz fotografske industrije
10	Anorganski otpad iz termičkih procesa
11	Anorganski otpad koji sadrži metale, a potiče od obrade i zaštite metala i hidrometalurgije obojenih metala
12	Otpad od mehaničkog oblikovanja i površinske obrade metala i plastike
13	Otpadna ulja, masti i voskovi
14	Otpad od organskih materija koje se koriste kao rastvarači
15	Ambalaža, adsorbensi, materijali za upijanje, filterski materijali i zaštitna odjeća koja nije specificirana na drugi način
16	Otpad koji nije specificiran na drugom mjestu u sistemu klasifikacije otpada
17	Gradevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući otpad od izgradnje puteva)
18	Otpad koji nastaje kod zdravstvene zaštite ljudi i životinja ili srodnih istraživanja (osim otpada iz domaćinstava i restorana koji ne potiče iz neposredne zdravstvene zaštite)
19	Otpad iz uredaja za obradu otpada, gradskih otpadnih voda i uredaja za pripremu pitke vode
20	Komunalni otpad (komunalni otpad i sličan otpad koji potiče iz industrije, zanatskih pogona, trgovine, ugostiteljstva i ustanova, uključujući odvojeno prikupljeni otpadni materijal)

3. SASTAV OTPADA

Pod sastavom čvrstog otpada podrazumijeva se sadržaj pojedinih materijala u ukupnoj masi tog otpada izražen u procentima. Sastav otpada ima dinamički karakter, pošto je podložan stalnim promjenama u zavisnosti od veličine prostora skupljanja, godišnjeg doba, socijalne strukture stanovništva te vrste privredne djelatnosti i niza drugih uticajnih faktora. U tabeli 3. prikazan je prosječni sastav komunalnog otpada u razvijenim i nerazvijenim zemljama [2], a u tabeli 4 prosječni sastav otpada iz domaćinstava u SR Njemačkoj i USA [3].

TABELA 3. PROSJEČNI SASTAV KRUTOG OTPADA IZ DOMAĆINSTAVA

Vrsta materijala	Razvijenost države	
	Razvijene	Nerazvijene
Količina otpada po stanovniku, kg/dan	0,8-2,2	0,3-1,0
Nasipna gustina, kg/m ³	100-200	200-500
Toplotna moć, kJ/kg	8.000-12.000	3.000-10.000
Sastav, % maseni		
Papir, karton	20-40	1-30
Staklo, keramika	4-10	1-10
Metali	3-13	1-5
Plastika	4-10	1-8
Koža, guma	1-5	1-5
Drvo, kosti, slama	1-5	1-5
Tekstil	2-5	1-10
Biootpad	20-50	40-85
Opasni otpad	,5-3	0,5-1,0
Razni inertni otpad	1-20	1-40
Veličina komada(>50 mm, %)		

TABELA 4. PROSJEČNI SADRŽAJ MATERIJALA U OTPADU IZ DOMAĆINSTAVA, % MASE

Vrsta materijala	SR Njemačka	USA
Papir, karton	28	45
Staklo	9	9
Metali:	5	9
- magnetični	4,5	7,5
- nemagnetični	0,5	1,5
Plastične mase	4	1
Organski otpad	35	23

4. KOLIČINA OTPADA

Količina otpada za poznatu oblast sakupljanja utvrđuje se preko mase otpada. Masa otpada se utvrđuje vaganjem punih i praznih vozila koja transportuju taj otpad. Količina otpada u godini utvrđuje se formulom:

$$q_o = 52 \cdot \sum n_i \cdot z_i \cdot m_i, \text{ kg/god} \quad (1)$$

gdje je:

q_o – količina otpada u godini, kg/god

n_i - broj vozila i – tog tipa

z_i – broj vožnji i – tog tipa vozila u sedmici

m_i - masa otpada u i -tom vozilu, kg

Specifična godišnja proizvodnja otpada po stanovniku određuje se po formuli:

$$q_{sp} = \frac{q_o}{n_{st}}, [\text{kg} / \text{st} \cdot \text{god.}] \quad (2)$$

gdje je:

n_{st} - broj stanovnika u oblasti sakupljanja otpada

5. ZAPREMINA I GUSTINA OTPADA

Količina q_o , zapremina V_o i nasipna gustina otpada ρ_o , povezane su odnosom:

$$q_o = V_o \cdot \rho_o \quad (3)$$

Zapremina otpada V_o određuje se analogno formuli (1):

$$V_o = 52 \cdot \sum n_{s,i} \cdot z_{s,i} \cdot V_{s,i}, \text{ m}^3 / \text{god.} \quad (4)$$

gdje je :

$n_{s,i}$ - broj vozila i – tog tipa u j -toj sedmici

$z_{s,i}$ – broj vožnji i – tog tipa vozila u j – toj sedmici

$V_{s,i}$ - zapremina otpada u i -tom vozilu u j – toj sedmici, m^3

Zapremina otpada zbog različite kompresibilnosti nema konstantnu vrijednost. Zbog te osobine razlikuju se sledeće gustine otpada:

- Čista gustina otpada ρ_c - masa čvrste supstance otpada bez pora u jedinici zapremine,
- Prostorna gustina ρ_p - masa čvrste supstance otpada u jedinici zapremine uključujući i pore u otpadu,

- *Nasipna gustina* ρ_n – masa čvrste supstance otpada u jedinici zapremine posude za sakupljanje uključujući i pore u otpadu,
- *Zbijena gustina otpada* ρ_z – masa čvrste supstance otpada u jedinici zapremine nakon određenog zbijanja u transportu, pri istresanju i pretovaru i sl. (zbog dinamičkih sila zbijanja šupljine u otpadu se popunjavaju odnosno otpad se zbija – smanjuje se zapremina otpada).

Nasipna gustina ρ_n se utvrđuje statičkom procjenom za različite oblasti sa specifičnom proizvodnjom po stanovniku, koja iznosi 10 do 30 l/sedmici [4]. Prosječne vrijednosti nasipne gustoće nekih vrsta otpadnih materijala prikazane su u tabeli 5.

TABELA 5. PROSJEČNE VRIJEDNOSTI NASIPNE GUSTINE OTPADNIH MATERIJALA

Vrsta materijala	Nasipna gustina ρ_n kg/ m ³	Vrsta materijala	Nasipna gustina ρ_n , kg/ m ³
Papir	220	Organski otpad iz vrtova	210
Papir za pakovanje	100	Organski kuhinjski otpad	240
Drvo, masivno	110	Inertni otpad	280
Fe metali	450	Otpad sa građevina	930
Metali nemagnetični	30	Otpad iz radionica	1.020
Metalne trake	10	Kabasti otpad	240
Staklo, ravno	320	Otpad sličan kućnom	160
Staklo, šuplje	510	Otpad iz štamparija	210
Plastične mase, folije	160	Otpad od renoviranja stana	70
Plastične mase, vreće	170	Otpad fine granulacije, a _{max} < 8 mm	990
Vještačke mase, stiropor	10	Otpad srednje granulacije, a = - 60 + 8 mm	360

Takođe, nasipna gustina otpada zavisi od njegovog sastava i za otpad sa povećanim sadržajem inertnih materijala iznosi:

$$\rho_n = 0,316 - 0,105 \cdot \frac{V_o}{n_{st}}, [t / m^3] \quad (5)$$

Nakon istresanja otpada iz posuda u kojima se sakuplja u bunker vozila dolazi do zbijanja otpada koji se izražava stepenom zbijenosti:

$$\varepsilon = \frac{a}{\rho_o} \cdot 100 \approx 2 - 4 \quad (6)$$

gdje je:

a – koeficijent iskorištenja vozila

$$a = \frac{m_i}{V_i \cdot 100} \quad (7)$$

gdje je pak:

V_i – zapremina vozila, m³

Količina, zapremina i nasipna gustina otpada pojsniće se na primjeru sakupljanja otpada iz oblasti sa 150.000 stanovnika. U toj oblasti sedmično se prazni 11.000 kanti po 50 i 23.000 kanti po 110 litara. Kolika je zapremina, nasipna gustina i količina otpada? Koliko vozila je potrebno sa zapreminom prijemnog bunkera od 13 m³, ako se vozila dva puta dnevno prazne i pri tom se ostvaruje 10 vožnji po vozilu u sedmici? Stepem zbijenosti otpada je $\varepsilon = 3$.

Zadati parametri: $n_{st} = 150.000$; $n_{s,1} = 11.000$; $n_{s,2} = 23.000$; $V_{s,1} = 0,05m^3$; $V_{s,2} = 0,11m^3$; $\varepsilon = 3$; $z_i = 10$; $V_i = 13 m^3$.

Proračun:

Godišnja proizvodnja otpada prema (4) iznosi:

$$V_o = 52 (11.000 \cdot 0,05 + 23.000 \cdot 0,11) = 160.160 \text{ m}^3/\text{god.}$$

Nasipna gustina otpada u kantama, prema (5) iznosi:

$$\rho_o^n = 0,316 - 0,105 \cdot \frac{160.160}{150.000} = 0,2t / m^3$$

Godišnja proizvodnja otpada prema (3) iznosi:

$$q_o = 0,2 \cdot 160.160 = 32.032t / \text{god}$$

Godišnja specifična proizvodnja otpada po stanovniku prema (2) iznosi:

$$q_o^{sp} = \frac{32.032.000}{150.000} = 213,6kg / st \cdot \text{god}$$

Količina otpada m_i koja se transportuje jednim vozilom iznosi:

$$m_i = V_i \cdot \varepsilon \cdot \rho_o^n = 13 \cdot 3 \cdot 0,2 = 7,8t$$

Potrebni broj vozila n_i za transport ukupnih količina otpada prema (1) iznosi:

$$n_i = \frac{m_o}{52 \cdot z_i \cdot m_i} = \frac{32.000}{52 \cdot 10 \cdot 7,8} = 7,9 \Rightarrow 8$$

Potrebno je osam vozila za transport otpad sa dva pražnjenja u danu. Vozila u rezervi nisu uzeta u obzir.

6. VLAŽNOST ČVRSTOG OTPADA

Vlažnost čvrstog w (vlaga) otpada određuje se odnosom mase vode u otpadu prema masi osušenog otpada, odnosno njegovih čvrstih sastojaka. Relativna vlažnost w_r otpada određuje se odnosom mase vode prema masi vlažnog otpada.. Vlažnost čvrstog otpada koja odgovara najvećoj gustini otpadakovog zbijanja naziva se optimalna vlažnost w_o .

$$w = \frac{m_v}{m_o} \cdot 100, \% \quad (8)$$

$$w = \frac{m_v}{m} \cdot 100, \% \quad (9)$$

gdje je:

m_v - masa vode u uzorku ($m_v = m - m_o$), kg

m - masa vlažnog uzorka, kg

m_o - masa uzorka nakon sušenja u periodu od 24 satana temperaturi od 105°C do 110°C, kg

7. TOPLOTNA MOĆ OTPADA

Za ocjenu mogućnosti korištenja otpada kao goriva, služi gornja toplotna moć H_g , koja se može odrediti empirijskom korelacijom [5]:

$$H_g = 523 \cdot w_{GI}^{0,77}, [kJ / kg]$$

gdje je:

H_g – gornja toplotna moć otpada, kJ/kg

w_{GI} – gubitak nakon žarenja, % mase

Za proračun bilansa postrojenja za sagorijevanje otpada koristi se donja toplotna moć otpada H_d , koja se razlikuje od gornje za temperaturu isparavanja vode iz otpada i zagrijavanje inertnog dijela na teperaturu sagorijevanja:

$$H_d = H_g \cdot \frac{100 - (w_I + w_W)}{100 - w_{WH}} - 24,5 \cdot w_W, [kJ / kg]$$

gdje je:

H_d – donja toplotna moć otpada, kJ/kg

w_I – sadržaj inertnog materijala u otpadu, % mase

w_W – sadržaj grube vlage u otpadu, % mase

w_{WH} – sadržaj vezane hidroskopske vlage u otpadu, % mase

Ako je poznat sastav otpada, donja toplotna moć se određuje po formuli:

$$H_d = 34,0 \cdot w_C + 101,6 \cdot w_H + 6,3 \cdot w_N + 19,1 \cdot w_S - 9,8 \cdot w_O - 2,5 \cdot w_W, [kJ / kg]$$

gdje je: w_C , w_H , w_N , w_S i w_O – sadržaj ugljika, vodika, azota, sumpora i kiseonika u otpadu, % mase.

U tabeli 6. prikazane se vrijednosti donje toplotne moći pojedinih materijala kao i za prosječni sadržaj otpada iz domaćinstava. Poznato je da papir, karton, i plastične mase imaju znatne vrijednosti toplotne moći. Smanjenjem sadržaja vlažnosti, stakla, metalnih dijelova i inertnih mineralnih materijala u otpadu dolazi do povećanja toplotne moći otpada.

Povećanjem materijala za pakovanje u otpadu, može se očekivati da se donja toplotna moć otpada poveća do oko 12.500 kJ/kg. Povećanje toplotne moći postiže se i sortiranjem i obradom otpada.

TABELA 6. PROSJEČNI SASTAV OTPADA IZ DOMAĆINSTAVA I NJIHOVE TOPLOTNE MOĆI

Grupa materijala	Maseni udio, %	Vlažnost, %	Sadržaj pepela,%	Toplotna moć H _d , kJ/kg	Toplotna moć u masi	
					kJ/kg otpada	%
Papir, Karton *	25	10	15	15.100	3.775	44
Plasticne mase **	6	1	5	39.800	2.388	28
Drvo, guma, tekstil i sl.	5	20	20	16.800	840	10
Vlazni organski otpadi (kuhunjski otpadi)	25	80	20	3.350	840	10
Filni otpadi (< 8 mm)	15	15	60	3.350	503	6
Anorganski otpadi (metali, mineralni inertni)	20	< 1	100	-	-	-
Nesortirni otpad	4	5	40	4.200	168	2
	100					100
Otpad iz domaćinstava: ukupno		26	41		8.514	

* Grupa materijala: Papir i karton	Maseni udio, %	Toplotna moć, kJ/kg	** Grupa materijala: Plastične mase	Maseni udio, %	Toplotna moć, kJ/kg
Novinski papir	45	16.800	PVC	13,4	18.840
Časopisi	30	11.800	PS	17,7	35.600
Karton	20	14.700	PE, PP	65,1	45.700
Ostalo (valoviti larton i sl.)	5	21.000	Ostalo	3,8	31.400

8. FORMIRANJE REPREZENTATIVNOG UZORKA ČVRSTOG OTPADA

Utvrđivanje osnovnih parametara čvrstog otpada vrši se laboratorijskim ispitivanjem reprezentativnog uzorka. Formiranje reprezentativnog uzorka čvrstog otpada vrši se uzorkovanjem i naknadnom obradom uzetih uzoraka. Broj i masa pojedinačnih uzoraka zavisi od vrste, sastava, mjesta uzimanja, načina transporta i drugih uticajnih faktora (tabela 7. i 8.).

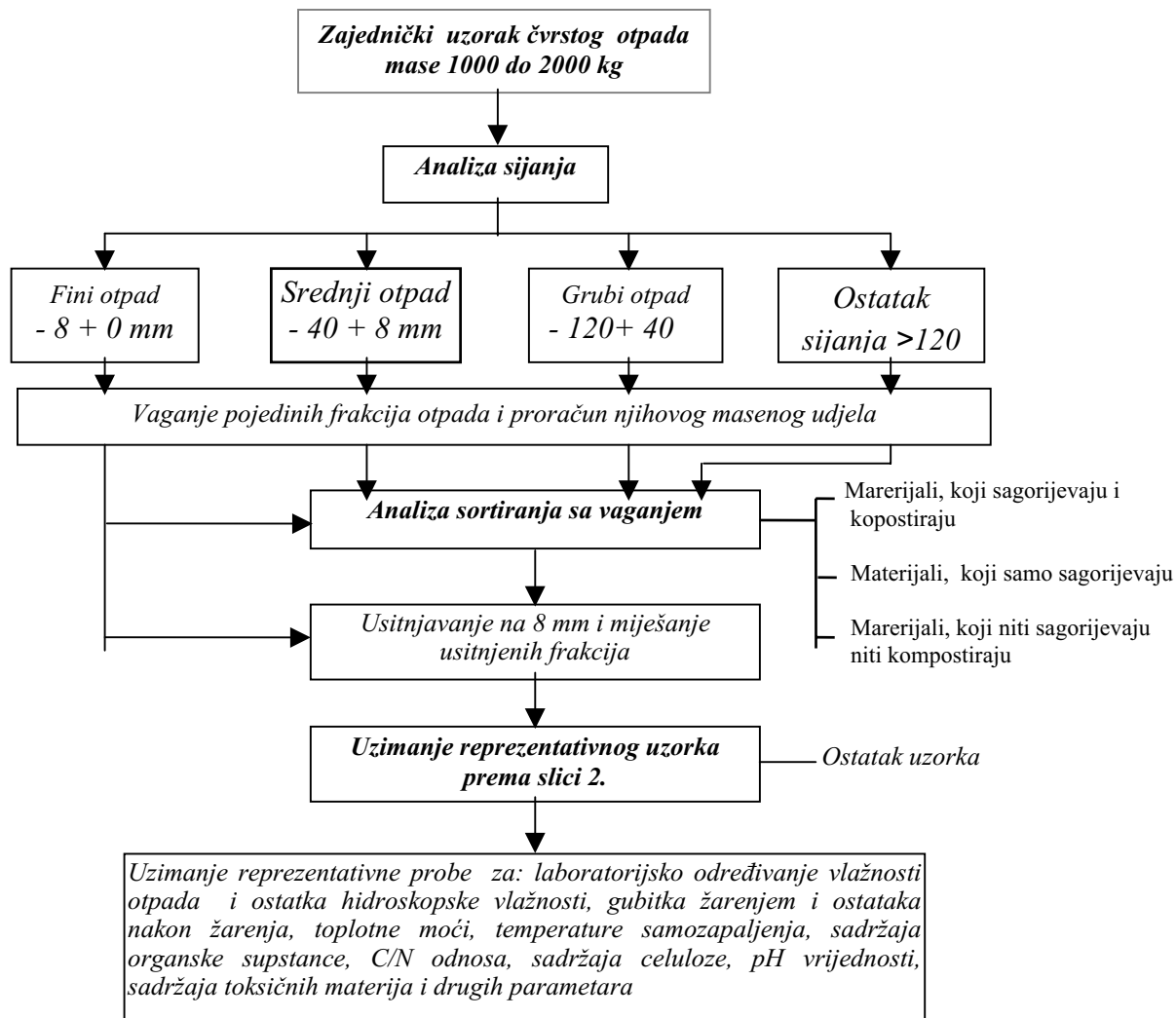
TABELA 7. MINIMALNI BROJ POJEDINAČNIH UZORAKA

Max. veličina zrna otpada	Minimalni broj pojedinačnih uzoraka					
	sa pokretne trake		iz vozila	iz privremene deponije		
	< 50 t	> 50 t		< 50 t	50 - 150 t	> 150 t
< 20 mm	5	1 na 10 t	3 na vozilo	5	1 na 10 t	15
> 20 mm	3	3 na 50 t		3	3 na 50 t	8

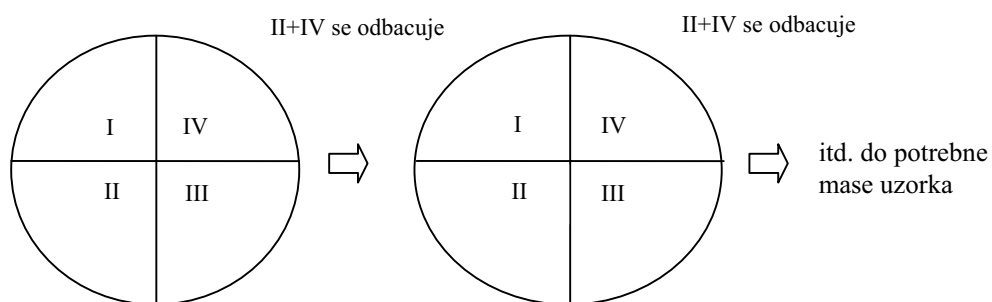
TABELA 8. MINIMALNA MASA POJEDINAČNOG UZORKA

Max. veličina zrna otpada	Minimalna masa pojedinačnog uzorka iz	
	homogenog otpada, kg	heterogenog otpada, kg
- 120 mm	50,00	100,00
- 120 + 30 mm	10,00	30,00
- 30 + 10 mm	1,00	1,50
- 3 + 0 mm	0,15	0,15

Uzeti uzorci čvrstog otpada formiraju zajednički uzorak, čija masa treba da iznosi 1.000 do 2.000 kg. Tako formirani zajednički uzorak čvrstog otpada se obrađuje po šemi datoj na slici 1. Uzimanje reprezentativnog uzorka iz obrađenog zajedničkog uzorka vrši se ručnim ili automatskim četvrtanjem prema slici 2.



SLIKA 1. ŠEMA OBRADRE REPREZENTATIVNOG UZORKA ČVRSTOG OTPADA



SLIKA 2. ŠEMA SKRAĆIVANJA DO POTREBNE MASE REPREZENTATIVNOG UZORKA

9. LITERATURA

- [1] Ćosić Dž.: Nastajanje, vrste i količine otpada, II Godišnja konferencija "Strategija gospodarenja krutim otpadom u Bosni i Hercegovini", Sarajevo, 2000.
- [2] Potočnik V.: Obrada komunalnog otpada. Svjetska iskustva, Zagreb, 1997.
- [3] Tabasan, O.: Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Berlin: E.-Schmidt-Verlag, 1996.
- [4] Sattler, K., Emberger J.,: Behandlung fester Abfälle, Vogel-Bushverlag, Wuetzburg, 1995.
- [5] Shin K.C.: Wasswr, Luft und Betrib 20, Nr.7, S.373-375, 1976.
- [6] Sredojević J.: Priprema krutog otpada za iskorištavanje i deponovanje, II Godišnja konferencija "Strategija gospodarenja krutim otpadom u Bosni i Hercegovini", Sarajevo, 2000.
- [7] Sredojević J.: Osnovne smjernice za izgradnju i iskorištavanje uređenih deponija krutog otpada, Časopis Mašinstvo br.2, Mašinski fakultet u Zenici, 2001.
- [8] Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu: Englesko-bosanski rječnik Termina okolišnog inženjeringa", Sarajevo, 2000.
- [9] Kumpf, W., Mass, K., und Straub, H.: Müll- und Abfallbeseitigung (Müll-Handbuch). Berlin: E.-Schmidt-Verlag, 1992.