

# Fizičke, hemijske i biološke osobine otpada



# Fizičke osobine otpada

Fizičke osobine otpada koje su značajne su:

- Specifična masa (gustina)
- Sadržaj vlage
- Veličina komponenata otpada
- Maksimalni kapacitet otpada za vodu
- Poroznost kompaktiranog otpada



# Specifična masa (gustina)

Specifična masa se definiše kao masa materijala po jedinici zapremine ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Specifična masa otpada može se odnositi na otpad iz kontejnera, nekompaktiran ili kompaktiran i zato se obavezno navodi na šta se odnosi navedena vrednost specifične mase.

Specifična masa je jedan od osnovnih parametara za proračun:

- veličine potrebnog prostora za deponovanje čvrstog otpada,
- broj i veličinu kontejnera,
- broj i tip transportnih sredstava,
- mehanizaciju za rad na deponijama.



# Specifična masa pojedinih komponenti otpada

Tip otpada	Specifična masa (kg/m <sup>3</sup> )	
	Opseg	Prosečna vrednost
Bio-otpad	130 – 480	290
Papir	40 – 130	90
Karton	40 – 80	50
Plastika	40 – 130	60
Tekstil	40 – 100	60
Guma	100 – 200	130
Koža	100 – 260	160
Baštenski otpad	60 – 230	100
Drvo	130 – 320	240
Staklo	160 – 480	200
Aluminijum	60 – 240	160
Drugi metali	130 – 1100	320





# Sadržaj vlage u pojedinim komponentama otpada

Tip otpada	Sadržaj vlage, maseni udeo (%)	
	Opseg	Prosečna vrednost
Ostaci hrane	50 – 80	70
Papir	4 – 10	6
Karton	4 – 8	5
Plastika	1 – 4	2
Tekstil	6 – 15	10
Guma	1 – 4	2
Koža	8 – 12	10
Baštenski otpad	30 – 80	70
Staklo	1 – 4	2
Aluminijum	2 – 4	2



# Veličina komponenata otpada

Važan parametar kod analize iskorišćenja materijala, posebno kod primene mehaničkih sredstava, kao što su magnetni separatori.

Veličina komponenata otpada može se izraziti kao:

$$S_c = l \quad S_c = \left( \frac{l + w}{2} \right) \quad S_c = \left( \frac{l + w + h}{3} \right)$$

$$S_c = (l \cdot w)^{1/2} \quad S_c = (l \cdot w \cdot h)^{1/3}$$



$S_c$  – veličina komponente (mm)

$l$  – dužina (mm)

$w$  – širina (mm)

$h$  – visina (mm)

# Maksimalni kapacitet otpada za vodu

Maksimalni kapacitet otpada za vodu predstavlja ukupnu količinu vlage koja može biti zadržana u uzorku otpadnog materijala pod dejstvom gravitacione sile.

Ovo je važan parametar kod određivanja nastajanja procednih voda na deponiji.

Višak vode koji nije zadržan od strane otpadnog materijala (kada se pređe kapacitet) oslobađa se kao procedna voda.

Maksimalni kapacitet otpada za vodu zavisi od stepena razlaganja otpada i primenjenog pritiska.

Kapacitet nekomprimovanog mešanog otpada kreće se od 50 do 60 %.



# Propustljivost kompaktiranog otpada

Propustljivost kompaktiranog otpada je važna fizička osobina koja određuje kretanje tečnosti i gasova na deponiji.

Koeficijent permeabilnosti (propustljivosti) se izražava kao:

$$K = Cd^2 \frac{\gamma}{\mu} = k \frac{\gamma}{\mu}$$

Unutrašnja permeabilnost zavisi od osobina materijala: veličine pora, uvijenost, specifične površine i poroznosti.



K – koeficijent permeabilnosti

C – bezdimenziona konstanta ili faktor oblika

d – prosečna veličina pora

$\gamma$  – specifična masa vode

$\mu$  – dinamički viskozitet vode

k – unutrašnja permeabilnost (propustljivost)

# Hemijske osobine otpada

Hemijske osobine otpada značajno utiču na količinu energije koja se dobija iz otpada, karakteristike i sastav produkata sagorevanja, kao i izbor sistema za kontrolu emisije gasova.

Najbitnije osobine otpada koje se utvrđuju:

- ❖ Sadržaj gorivih i negorivih komponenti otpada (približna analiza)
- ❖ Hemijski sastav otpada (potpuna analiza)
- ❖ Energetska vrednost otpada
- ❖ Tačka omekšavanja pepela



# Sadržaj komponenti otpada (približna analiza)

Približnom analizom utvrđuju se **gorive** i **negorive** komponente otpada:

- Sadržaj vlage
- Sadržaj isparljivih gorivih komponenata (volatila)
- Sadržaj vezanog ugljenika
- Sadržaj pepela

Nedostatak ove analize je u tome da utvrđivanjem ovih komponenti nije moguće utvrditi produkte sagorevanja.



# Sadržaj vlage

**Sadržaj vlage** utvrđuje se merenjem otpada pre i posle sušenja otpada, pri čemu se otpad suši na temperaturi od 105 °C, 1 sat.

Vlaga predstavlja negorivi deo otpada i nepoželjna je komponenta otpada, jer povećava težinu otpada, a troši se energija na njeno isparavanje.

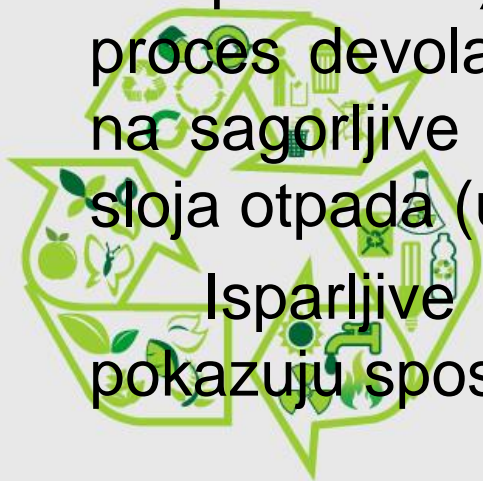


# Sadržaj isparljivih gorivih komponenata (volatila)

**Sadržaj isparljivih gorivih komponenata (volatila)** ukazuje na ponašanje otpada u procesu sagorevanja. Sadržaj volatila utvrđuje se na osnovu smanjenja težine otpada nakon zapaljenja na 950 °C tokom 7 minuta u odsustvu kiseonika.

Pri zagrevanju otpada prvo isparava gruba i higroskopska vlaga (koju čini nesagorljivi deo isparljivih komponenata), a zatim sa porastom temperature započinje proces devolatilizacije. Pri devolatilizaciji otpad se razlaže na sagorljive gasovite komponente koje sagorevaju iznad sloja otpada (u ložnom prostoru) i čvrst ostatak.

Isparljive gorive komponente su poželjni deo otpada i pokazuju sposobnost sagorevanja otpada.



# Sadržaj vezanog ugljenika

**Sadržaj vezanog ugljenika** predstavlja gorivi ostatak otpada nakon isparavanja volatila. Otpadu sa visokim procentom vezanog ugljenika treba više vremena sa potpuno sagori.

Sadržaj vezanog ugljenika određuje se spaljivanjem uzorka nakon određivanja isparljivih materija na vazduhu na temperaturi od 750 °C u toku pola časa.



# Sadržaj pepela

**Sadržaj pepela** je takođe negorivi deo otpada koji potiče od mineralnih sastojaka u otpadu i, kao i vlaga, sadržaj pepela utiče na povećanje težine otpada bez dobijanja toplote, već suprotno, pepeo se sobom odnosi određenu količinu toplote.

Prilikom sagorevanja otpada, a u zavisnosti od sastava mineralnih komponenata, moguće je njihovo razlaganje i topljenje.



# Sadržaj komponenti otpada

Prosečan sadržaj komponenti u pojedinim vrstama otpada (% težine):

Vrsta otpada	Vlaga	Volatili	Vezani ugljenik	Pepeo
Ostaci hrane	70,0	21,4	3,6	5,0
Papir	10,2	75,9	8,4	5,4
Plastika	0,2	95,8	2,0	2,0
Dvorišni otpad	60,0	42,3	7,3	0,4
Staklo	2,0	-	-	96-99
Kućni otpad	21,0	52,0	7,0	20,0



# Hemijski sastav otpada

Hemijskom analizom utvrđuje se ***procentualni udeo hemijskih elemenata***:

- Ugljenika (C)
- Vodonika (H)
- Sumpora (S)
- Kiseonika (O)
- Azota (N)
- Pepela
- Halogenih elemenata



Hemijska analiza predstavlja analizu elemenata od kojih je sastavljen otpad. Rezultati ove analize koriste se za određivanje hemijskog sastava organskog dela komunalnog čvrstog otpada.

Ovakva analiza je značajna za:

- procenu pogodnosti otpada kao goriva,
- procenu produkata sagorevanja,
- definisanje odgovarajuće mešavine materijala od kojih se sastoji otpad, radi dobijanja odgovarajućeg odnosa hranjivih materija, pri biološkim tretmanima otpada, kao što je kompostiranje.



Komunalni čvrst otpad se najvećim delom sastoji od **ugljenika, vodonika i kiseonika**, ali se u njegovom sastavu mogu naći i manji sadržaji sumpora i azota, koji su izazivači kiselih kiša.

**Sumpor** se može naći u građevinskom otpadu (gipsanim pločama) i u otpadu iz dvorišta.

**Azot** se nalazi u ostacima hrane, travi i tekstilu (vuni i najlonu).

**Pepeo** je ostatak koji ostaje posle sagorevanja i prevashodno je neorganski. Pepeo ima značajan uticaj na okolinu i ljudsko zdravlje.



# Hemijski sastav otpada

Vrsta otpada	Procenat težine (suv otpad)					
	Ugljenik	Vodonik	Kiseonik	Azot	Sumpor	Pepeo
Ostaci hrane	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papir	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Tekstil	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Koža	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Dvorišni otpad	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Drvo	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
Guma	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Plastika	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Staklo	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metal	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5



# Energetska vrednost otpada (toplotna moć otpada)

**Toplotna moć** je količina toplote koja se oslobodi pri potpunom sagorevanju jedinice mase otpada.

Poznavanje toplotne moći otpada je važan podatak za procenu mogućnosti iskorišćenja otpada kao goriva za dobijanje energije.

Vrednost toplotne moći čvrstog komunalnog otpada u pojedinim slučajevima veća je od toplotne moći niskokaloričnih goriva koja se danas koriste u termoenergetskim postrojenjima.



# Određivanje toplotne moći otpada

Toplotna moć otpada može se odrediti:

1. Pomoću kalorimetrijske bombe
2. Proračunom

Postupak pomoću kalorimetrijske bombe podrazumeva spaljivanje prašenog uzorka u zatvorenoj posudi pod pritiskom u adijabatskim uslovima i sa viškom kiseonika.

Proračunom se može odrediti toplotna moć za pojedine otpade ili uzorak poznatog sastava:



$$Q_g \text{ (kJ / kg)} = 377C + 1.428(H - O / 8) + 95S + 23N$$

C, O, H, S i N – maseni udeli u vlažnom uzorku ugljenika, vodonika, kiseonika, sumpora i azota u otpadu

# Energetska vrednost otpada

Vrsta otpada	Gornja toplotna moć (kJ/kg)	
	Opseg	Prosečna vrednost
Ostaci hrane	3500 – 7500	4650
Papir	12000 – 18600	16750
Plastika	28000 – 37000	32500
Tekstil	15000 – 18600	17500
Guma	20000 – 28000	23300
Koža	15000 – 19800	17500
Otpad iz dvorišta	2300 – 18600	6500
Drvo	16000 – 19800	18600
Staklo	100 – 230	140
Metal	230 - 1000	600



# Tačka omekšavanja pepela

Tačka omekšavanja pepela je temperatura na kojoj pepeo nastao sagorevanjem otpada stvara šljaku.

Tipična temperatura omekšavanja pepela iznosi 1100 – 1200 °C.

Ova temperatura značajna je kod procesa sagorevanja otpada.



# Biološke osobine otpada

Osim plastike, gume i kože, organska frakcija otpada može se klasifikovati na sledeći način:

1. Sastojci rastvorljivi u vodi (šećer, skrob, amino kiseline i razne organske kiseline)
2. Hemiceluloza (produkat kondenzacije šećera sa 5 i 6 atoma ugljenika)
3. Celuloza (produkat kondenzacije glukoze)
4. Ulja, masti (estri alkohola i viših masnih kiselina)
5. Lignin (polimer aromatičnim prstenom sa metoksil grupom  $-OCH_3$ )
6. Lignoceluloza (kombinacija lignina i celuloze)
7. Proteini (lanci amino kiselina)



# Biorazgradivost organske komponente otpada

Sadržaj isparljivih materija (volatila) određen žarenjem na 550 °C tokom dva sata je često mera biorazgradivosti organske frakcije otpada. Upotreba ovog parametra obično dovodi do grešaka, jer se neki organski sastojci brzo razlažu na 550 °C, ali su slabo biorazgradivi (novine i neki delovi biljaka). Alternativno se može, sadržaj lignina koristiti za procenu udela biorazgradive frakcije.

Otpad sa većim sadržajem lignina je znatno slabije biorazgradiv.

Zbog praktičnih razloga, organski sastojci otpada se dela na:

- Brzo razgradive
- Sporo razgradive.



# Sadržaj biorazgradive komponente otpada

Komponenta	Isparljive materije (%)	Sadržaj lignina (%)	Udeo biorazgradive frekcije
Otpaci od hrane	7 – 15	0,4	0,82
Novinski papir	94,0	21,9	0,22
Kancelarijski papir	96,4	0,4	0,82
Karton	94,0	12,9	0,47
Otpad iz dvorišta	50 – 90	4,1	0,72



