

Предмет
**ЕНЕРГЕТСКИ
ПОТЕНЦИЈАЛ
ОТПАДА**



Мастер струковне студије: УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ

Предавање 3

ЕНЕРГЕТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТПАДА





Кључни параметри отпада за пројектовање термичких процеса су:

- **ХЕМИЈСКИ САСТАВ ОТПАДА**
- **МОРФОЛОШКИ (ФИЗИЧКИ) САСТАВ ОТПАДА**
- **ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТПАДА**

ХЕМИЈСКИ САСТАВ ОТПАДА

Анализе хемијског састава отпада, најчешће се односе на одређивање кључних елемената:

угљеника, водоника, кисеоника, азота и сумпора.

Детаљније анализе, поред наведених, подразумевају одређивање и других елемената попут фосфора, алуминијума, гвожђа, калцијума и других

Када се хемијски састав отпада анализира у погледу његовог енергетског потенцијала, онда се може рећи да се он (као и друга горива) састоји из

горивог и негоривог дела (баласта).

Гориви део чине угљеник (C), водоник (H) и сумпор (S).

Негориви део чине примесе као што су кисеоник (O) и азот (N), као и баласт.

Баласт се састоји из минералних примеса (А) и воде (влаге) (W).

Минералне материје (примесе) у процесу сагоревања стварају пепео.

Минералне примесе и вода нису елементи, али се условно узимају у елементарној анализи и чине такозвани спољни баласт.

Ако се узорак горива посматра као целина (100%), његов састав се може представити као збир процентуалног учешћа појединих елемената:

$$\mathbf{C+H+S+O+N+W+A=100\%}$$

Или као збир горивог и негоривог дела

**ОТПАД (ГОРИВО)=
ГОРИВИ ДЕО (C+N+S) + ПРИМЕСЕ (O+N) + БАЛАСТ (A+W)**

УГЉЕНИК

Најважнија компонента горива јер његовим сагоревањем настаје највећи део топлоте (угљеник је и највише заступљена компонента).

Што је садржај угљеника већи утолико је топлотна моћ горива већа!!!

Он се у гориву налази у слободном стању (C_{isp}) или везан (C_{fix}), у облику сложених органских једињења са кисеоником, азотом и сумпором.

Сагоревањем 1 кг угљеника ослобађа се **34 МЈ топлоте.**

ВОДОНИК

Друга по важности компонента горива.

Сагоревањем 1кг водоника ослобађа се приближно 140 МЈ топлоте па је његов удео у укупно произведеној топлоти веома битан.

У гориву га има **вишеструко мање него угљеника.**

СУМПОР

Сумпор се у гориву налази у виду **горивог (гориви сумпор) и негоривог (везаног) сумпора који остаје у пепелу након сагоревања.**

Иако се сагоревањем сумпора ослобађа топлота (1 кг сумпора ослобађа приближно 9,3 МЈ топлоте), **његово присуство** у гориву је **непожељно** јер изазива корозију, а продукти сагоревања су еколошки веома штетни (киселе кише).

У гориву се одређују три врсте сумпора:

- укупан сумпор, S_u
- гориви сумпор, S_g
- везани сумпор (сумпор у пепелу), S_v .

КИСЕОНИК

Кисеоник није горив елемент, већ се сагоревање одвија захваљујући њему (сагоревање је хемијска реакција сједињавања неког елемента с кисеоником).

У чврстим горивима се јавља у везаном стању, а у течним и гасовитим горивима га практично нема.

Присуство кисеоника смањује потребу за кисеоником из ваздуха, али „заузима“ место горивим компонентама, тако да улази у тзв. **унутрашњи баласт!**

АЗОТ

Азот се јавља у облику сложених органских једињења и има га веома мало (до 2%) у чврстим и течним горивима, а у већој мери у произведеним гасовитим горивима.

Током сагоревања се понаша инертно и заједно са кисеоником чини унутрашњи баласт.

ВЛАГА

Заједно са минералним примесима, чини тзв. спољни баласт горива и као таква је непожељна у гориву.

Влага **умањује топлотну моћ горива јер се за њено испаравање троши део топлоте настао сагоревањем горива.**

Поред тога, она својим присуством отежава паљење, успорава сагоревање, повећава трошкове транспорта и отежава манипулацију.

МИНЕРАЛНЕ МАТЕРИЈЕ

Представљају спољни баласт горива.

**Њихово присуство смањује садржај сагорљивих састојака горива,
смањујући на тај начин његову топлотну моћ!!!**

Осим тога, оне **погоршавају услове паљења у ложишту.**

После сагоревања, пепео настао из минералних материја може да **изазива зашљакивање грејних површина.**

Поред тога, честице летећег пепела **абразивно делују на метал** смањујући век трајања котловских елемената.

Минералне примесе највећим делом (до 98%) чине **силикати** (углавном алумо-силикати), **оксиди метала**, **сулфиди** (углавном сулфид гвожђа-пирит, FeS_2) и **карбонати** (калцијума, магнезијума и гвожђа).

Током процеса сагоревања минералне примесе пролазе кроз различите фазе комплексних трансформација што коначно резултира појавом материје која се назива пепео.

То значи да **пепео представља остатак полазне материје током процеса сагоревања и после завршетак свих трансформација које се дешавају на повишеним температурама.**

Пепео се, дакле, **квалитативно разликује од минералних примеса, али и квантитативно** услед губитака конституционе воде, угљен-диоксида из карбоната, сумпор-диоксида услед оксидације пирита и других трансформација.

Удео хемијских елемената за различите врсте отпада (у табели су дефинисане и калоријска вредност, влага и пепео)

Parametar	Komunalni otpad	Opasan otpad	Kanalizacioni mulj
Kalorijska vrednost (MJ/k)	Zavisi od područja i kreće se od 3 do 12	1-42	Oko 2
Voda (%)	15-40	0-100	3-97
Pepeo	20-35	0-100	1-60
Ugljenik (% c.m.)	18-40	5-99	30-35
Vodik (% c.m.)	1-5	1-20	2-5
Azot (% c.m.)	0,2-1,5	0-15	1-4
Kiseonik (% c.m.)	15-22	/	10-25
Sumpor (% c.m.)	0,1-0,5	/	0,2-1,5

ТЕХНИЧКА АНАЛИЗА ОТПАДА КАО ГОРИВА

Техничком анализом отпада као горива, одређују се особине важне за његову примену током процеса сагоревања.

Из тог разлога је од значаја, раздвојити у отпаду, **гориви од негоривог дела.**

Техничка анализа се заснива на **термичком разлагању масе горива при чему се добијају испарљиве и неиспарљиве материје.**

У испарљиве материје спадају:

- **Гориве материје:** Волатили Vol % (испарљиви-слободни угљеник-Cisp, водоник-H и условно кисеоник и азот (O+N))
- **Негориве материје:** Влага

САСТОЈАК	УДЕО ВОЛАТИЛА (%)
ХРАНА	7-15
НОВИНСКИ ПАПИР	94
КАНЦЕЛАРИЈСКИ ПАПИР	96
КАРТОН	94
БАШТЕНСКИ ОТПАД	50-90

У неиспарљиве материје спадају:

▪ **Гориве материје:** Гориви (фиксни) угљеник - C_{fix} (%) и Сумпор слободни - S_{sl} (%)

▪ **Негориве материје:** Сумпор везани - S_v (%) и Минералне материје – A (%)

За термичке третмане отпада, топлотна моћ је најважнија
карактеристика отпада!

Топлотна моћ се изражава у kJ/kg или MJ/kg .

ТОПЛОТНА МОЋ ОТПАДА КАО ГОРИВА

Топлотна моћ горива се дефинише као **однос ослобођене количине топлоте при потпуном сагоревању горива и количине горива из које је топлота ослобођена:**

$$H = Q / m$$

H- топлотна моћ (kJ/kg)

Q- количина ослобођене топлоте (kJ)

m- маса горива (kg)

Влага умањује топлотну моћ горива јер се за њено испаравање троши део топлоте настао сагоревањем горива.

Сходно томе, разликујемо

- доњу топлотну моћ (H_d)
- горњу топлотну моћ (H_g)

Доња топлотна моћ (Hd)

енергија која се ослобађа након потпуног сагоревања горива (отпада) при чему вода напушта процес у стању паре (водена пара).

Потпуно сагоревање подразумева потпуну оксидацију угљеника до CO_2 , водоника до H_2O и сумпора до SO_2 , при чему не долази до оксидације азота.

Горња топлотна моћ (Hg)

енергија која се, такође, ослобађа након **потпуног сагоревања**, међутим, **вода остаје након процеса сагоревања у свом течном стању**.

Ова вредност изражава теоретски **максимално ослобађање енергије из горива**.

Разлика између H_g и H_d је енергија потребна да воду из процеса преведе из течног у парно стање!!!

У већини система за сагоревање отпада, вода напушта постројење у стању паре.

ОДРЕЂИВАЊЕ ТОПЛОТНЕ МОЋИ ОТПАДА КАО ГОРИВА

Отпад, као потенцијално гориво је, по својим карактеристикама, **врло хетероген** и знатно се разликује од конвенционалних фосилних горива.

Израчунавање топлотне моћи (калоријске вредности) комуналног отпада је сложен процес за који је врло важно да се **одреди репрезентативни узорци за анализу**, са могућим варијацијама које могу да утичу на крајњи резултат.

Због великих разлика у саставу отпада међу врстама отпада и варијацијама током времена, **није лако извадити репрезентативни узорак** у циљу добијања поуздане процене просечне топлотне моћи.

Одређивање топлотне моћи отпада, **најтачније би се одредило тестирањем у неком постојећем постројењу за енергетски третман, мерењима топлотних моћи за сваку фракцију у отпаду (помоћу калориметра).**

Поступак се одвија тако што **позната маса отпада сагорева, уз присуство кисеоника.**

Количина енергије, ослобођена током сагоревања, одређује се на основу повећања температуре у калориметру.

Пошто у пракси, најчешће, није могуће извршити испитивање директним путем, користе се методе за процену тих карактеристика, односно врши се **израчунавање топлотне моћи према одговарајућим једначинама!**

За најчешће коришћене ј-не за
**израчунавање топлотне моћи, по
правилу, је потребно познавати
садржај пепела, влаге и гориве
материје у отпаду!!!**

Овај начин карактерисања отпада као горива подразумева да се (на основу влажног отпада) утврде следећи садржаји у отпаду, при одређеним условима:

- **A: садржај пепела** (типично 10-25% након спаљивања на нпр. 550°C)
- **W: садржај влаге у отпаду** (типично 15-35% при сушењу на 105°C)
- **V: удео запаљиве чврсте фракције** (масени удео горивих састојака тј. угљеник +волатили)

Напомена:

У литератури се садржај горивих материја у отпаду или тзв. запаљивост често обележава и словом Ц (енг. *combustible*).

Ове запаљиве материје могу да се добију као разлика између сувих чврстих материја и садржаја пепела (обично 40-65%).

Masena osnova	% Otpada	Osnove frakcija				Kalorična vrednost	
		Vlaga W (%)	Cvrste materije (%)	Pepeo A (%)	Zapaljivo st (%)	Hg kJ/kg	Hd kJ/kg
Hrana i organski otpad	45,0	66	34	13,3	20,7	17.000	1.912
Plastika	23,1	29	71	7,8	63,2	33.000	20.144
Tekstil	3,5	33	67	4,0	63,0	20.000	11.789
Papir i karton	12,0	47	53	5,6	47,4	16.000	6.440
Koža i guma	1,4	11	89	25,8	63,2	23.000	14.265
Drvo	8,0	35	65	5,2	59,8	17.000	9.310
Metali	4,1	6	94	94,0	0,0	0	-147

Staklo	1,3	3	97	97,0	0,0	0	-73
Inertni materijali	1,0	10	90	90,0	0,0	0	-245
Fine čestice	0,6	32	68	45,6	22,4	15.000	2.584
Ukupno - prosek	100,0	46,7	53,3	10,2	43,1		7.650

Vrsta otpada	SASTOJCI (% m/m)			
	Vlaga	Volatili	Ugljik	Ne- gorivi dio (pepeo)
Hrana miješana	70	21	3,6	5,0
Masnoće	2	95	2,5	0,2
Voće	79	16	4,0	0,7
Meso	39	56	1,8	3,1
Papir razni	10,2	76	8,4	5,4
Novine	6	81	11,5	1,4
Karton	5,2	77	12,3	5,0
Plastika razna	0,2	96	2	2
Polietilen	0,2	98	<1,0	1,2
Polistiren	0,2	99	0,7	0,5
Poliuretan	0,2	87	8,3	4,4
PVC	0,2	87	10,8	2,1
Tekstili razni	10	66	17,5	6,5
Vrtni otpad	60	30	9,5	0,5
Drvo razno	20	68	11,3	0,6
Metali				~100
Staklo				~100
Otpad iz domaćinstva	15-40	40-60	4-15	10-30
Otpad iz kancelarija	10-30			

Izvor: Gerard Klei

ВАЖНО:

Влага смањује енергетску вредност (топлотну моћ) отпада!

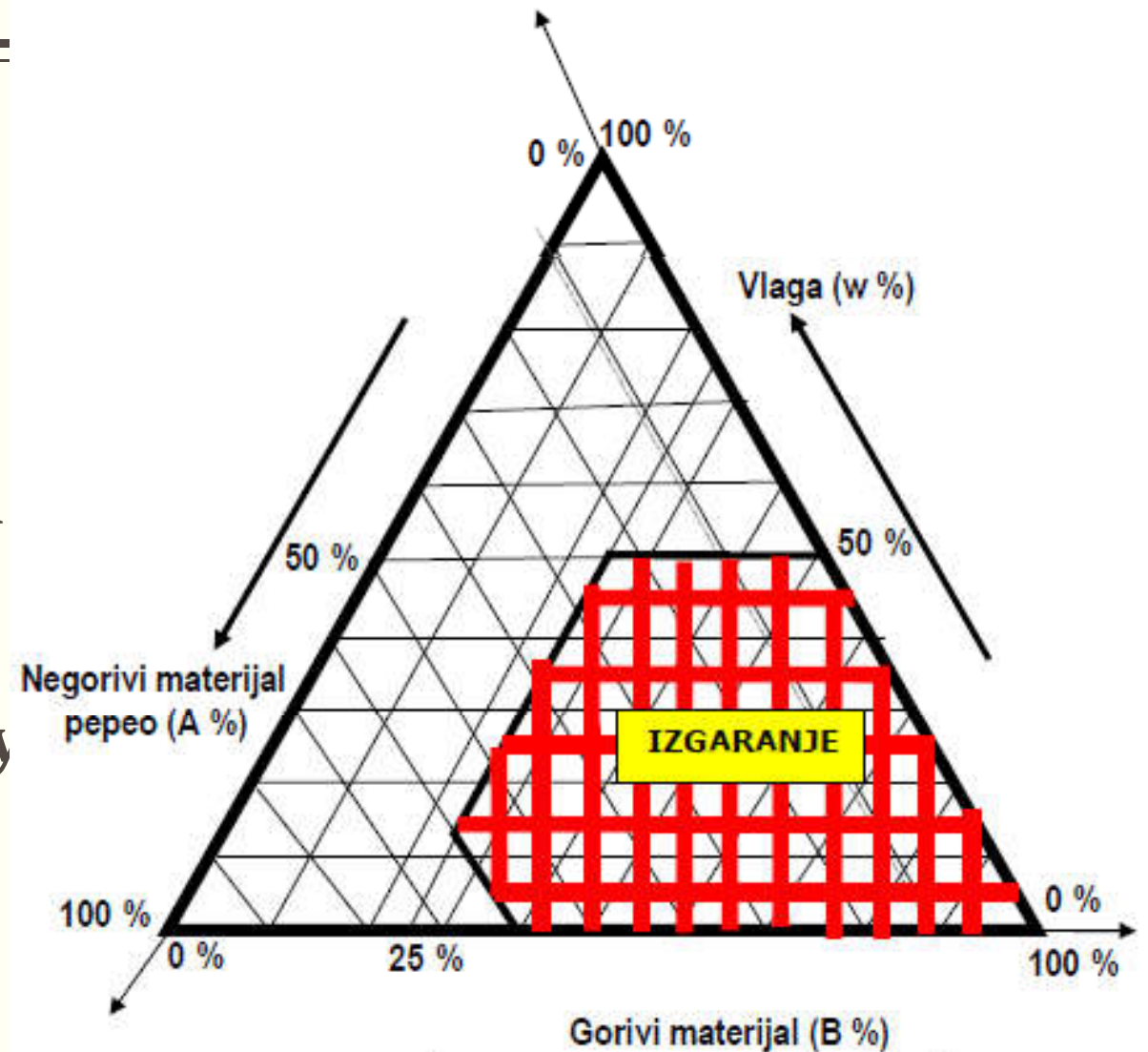
Садржај угљеника и волатилних састојака чине гориви дио материјала, повећавају његову топлотну моћ и утичу на састав и количину димних гасова сагоревања!

Негориви састојци отпада чине пепео. Што је већи удео негоривих састојака, мања је енергетска вредност материјала!

Познајући величине A , B и W може се утврдити да ли **отпад може сагорити без помоћног горива!!!**

У ту сврху користи се **Танеров дијаграм** (Tanner's diagram).

Ако се подаци налазе у сенчењу
(влага $W < 50\%$, pepeo $A < 60\%$, гориви
материјал $B > 25\%$), указује на то да **за
процес сагоревања не треба
помоћно гориво**
(сматра се подесним за претварање у
енергију)!



Обично горња топлотна моћ комуналног отпада износи око 20MJ/kg , а доња иде од око **12 MJ/kg, у богатим, економски развијеним земљама**, до просечно **3-5 MJ / кг, у слабије развијеним земљама.**

Иако је тежња да се сагорева отпад велике топлотне моћи, пораст вредности доње топлотне моћи, може изазвати проблеме у изграђеним постројењима за сагоревање!

Однос топлотних моћи неких горива и комуналног отпада

Топлотна моћ комуналног отпада у Аустрији је већа од топлотне моћи лигнита и скоро достиже топлотну моћ дрвета.

CALORIFIC VALUES OF SELECTED FUELS

Fuel	Calorific Value (MJ/kg)
Natural gas	36-50
Diesel	46
Black coal, various types	29-32.7
Lignite briquettes	21
Refuse derived fuel, in Germany	13-23
Wood	15
Crude lignite	10
Residual waste, unsorted, in Austria	8-12
Residual waste, unsorted, in China	3.5-5



МЕТОДЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ТОПЛОТНЕ МОЋИ ОТПАДА

Метод 1.

Вредност доње топлотне моћи, израчунава се из информација о запаљивим чврстим материјама (V) и садржају влаге (W) комбинованог отпада, користећи процењену вредност топлотне моћи запаљиве материје H_{bvp} (без воде и пепела) (у енглеској литератури H_{awf} где је awf = ash and water free).

$$H_d = V * H_{bvp} - 2445 * W \quad (\text{kJ/kg})$$

где је:

V – масени удео горивих састојака (угљеник + волатили) (kg/kg)

H_{bvp} - топлотна моћ отпада без влаге и пепела (kJ/kg)

W - масени удео влаге (kg/kg).

(2445 кJ/кг је латентна топлота испаравања воде)

Уз претпоставку да комунални отпад **не садржи одређену доминантну фракцију са веома ниском или високом калоричном вредношћу** (нпр. полиетиленску пластику), вредност $H_{впр}$ се може узети 20.000 кЈ/кг, чиме претходна једначина постаје:

$$H_d = 20.000 * B - 2445 * W$$

(кЈ/кг)

Прецизнији метод је да се **посебно посматрају све фракције** (органски отпад, пластика, папир и картон, инертни део итд.) **и да се утврди удео пепела, запаљиве фракције и влаге за сваку од њих.**

Доња топлотна моћ за сваку категорију отпада се може одредити лабораторијским путем или на основу већ постојећих литературних података. На основу добијених података, одређује се просечна доња топлотна моћ за целокупни отпад.

Извор: World Bank, 1999.

Example of heating value calculation		Fraction basis				Heating values	
Material fractions in wet waste	% of waste	Moisture W (%)	Solids TS (%)	Ash A (%)	Comb. solids C (%)	H_{wet} (kJ/kg)	H_{low} (kJ/kg)
Food and organic waste	45.0	66	34	13.3	20.7	17 000	1912
Plastics	23.1	29	71	7.8	63.2	33 000	20 144
Textiles	3.5	33	67	4.0	63.0	20 000	11 789
Paper and cardboard	12.0	47	53	5.6	47.4	16 000	6440
Leather and rubber	1.4	11	89	25.8	63.2	23 000	14 265
Wood	8.0	35	65	5.2	59.8	17 000	9310
Metals	4.1	6	94	94.0	0.0	0	-147
Glass	1.3	3	97	97.0	0.0	0	-73
Inerts	1.0	10	90	90.0	0.0	0	-245
Fines	0.6	32	68	45.6	22.4	15 000	2584
Weighted average	100.0	46.7	53.3	10.2	43.1		7650

H_{wet} : The ash and water free heating value expresses the lower heating value of the combustible fraction (combustible solids measured as ignition loss of dry sample).

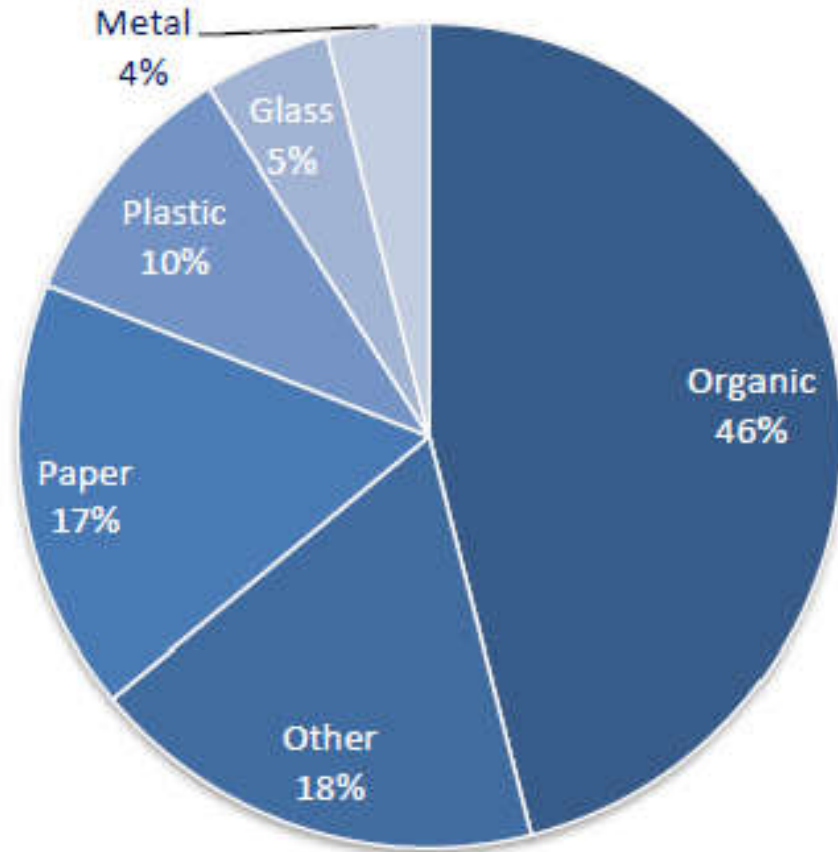
Masena osnova	% Otpada	Osnove frakcija				Kalorična vrednost	
		Vlaga W (%)	Cvrste materije (%)	Pepeo A (%)	Zapaljivo st (%)	Hg kJ/kg	Hd kJ/kg
Hrana i organski otpad	45,0	66	34	13,3	20,7	17.000	1.912
Plastika	23,1	29	71	7,8	63,2	33.000	20.144
Tekstil	3,5	33	67	4,0	63,0	20.000	11.789
Papir i karton	12,0	47	53	5,6	47,4	16.000	6.440
Koža i guma	1,4	11	89	25,8	63,2	23.000	14.265
Drvo	8,0	35	65	5,2	59,8	17.000	9.310
Metali	4,1	6	94	94,0	0,0	0	-147

Staklo	1,3	3	97	97,0	0,0	0	-73
Inertni materijali	1,0	10	90	90,0	0,0	0	-245
Fine čestice	0,6	32	68	45,6	22,4	15.000	2.584
Ukupno - prosek	100,0	46,7	53,3	10,2	43,1		7.650

Vrsta otpada	SASTOJCI (% m/m)			
	Vlaga	Volatili	Ugljik	Ne- gorivi dio (pepeo)
Hrana miješana	70	21	3,6	5,0
Masnoće	2	95	2,5	0,2
Voće	79	16	4,0	0,7
Meso	39	56	1,8	3,1
Papir razni	10,2	76	8,4	5,4
Novine	6	81	11,5	1,4
Karton	5,2	77	12,3	5,0
Plastika razna	0,2	96	2	2
Polietilen	0,2	98	<1,0	1,2
Polistiren	0,2	99	0,7	0,5
Poliuretan	0,2	87	8,3	4,4
PVC	0,2	87	10,8	2,1
Tekstili razni	10	66	17,5	6,5
Vrtni otpad	60	30	9,5	0,5
Drvo razno	20	68	11,3	0,6
Metali				~100
Staklo				~100
Otpad iz domaćinstva	15-40	40-60	4-15	10-30
Otpad iz kancelarija	10-30			

Izvor: Gerard Klei

COMPOSITION OF GLOBAL MSW



Source: Hoornweg & Bhada-Tata (2012)

Fraction

Net Calorific Value (MJ/kg)

Paper 16

Organic material 4

Plastics 35

Glass 0

Metals 0

Textiles 19

Other materials 11

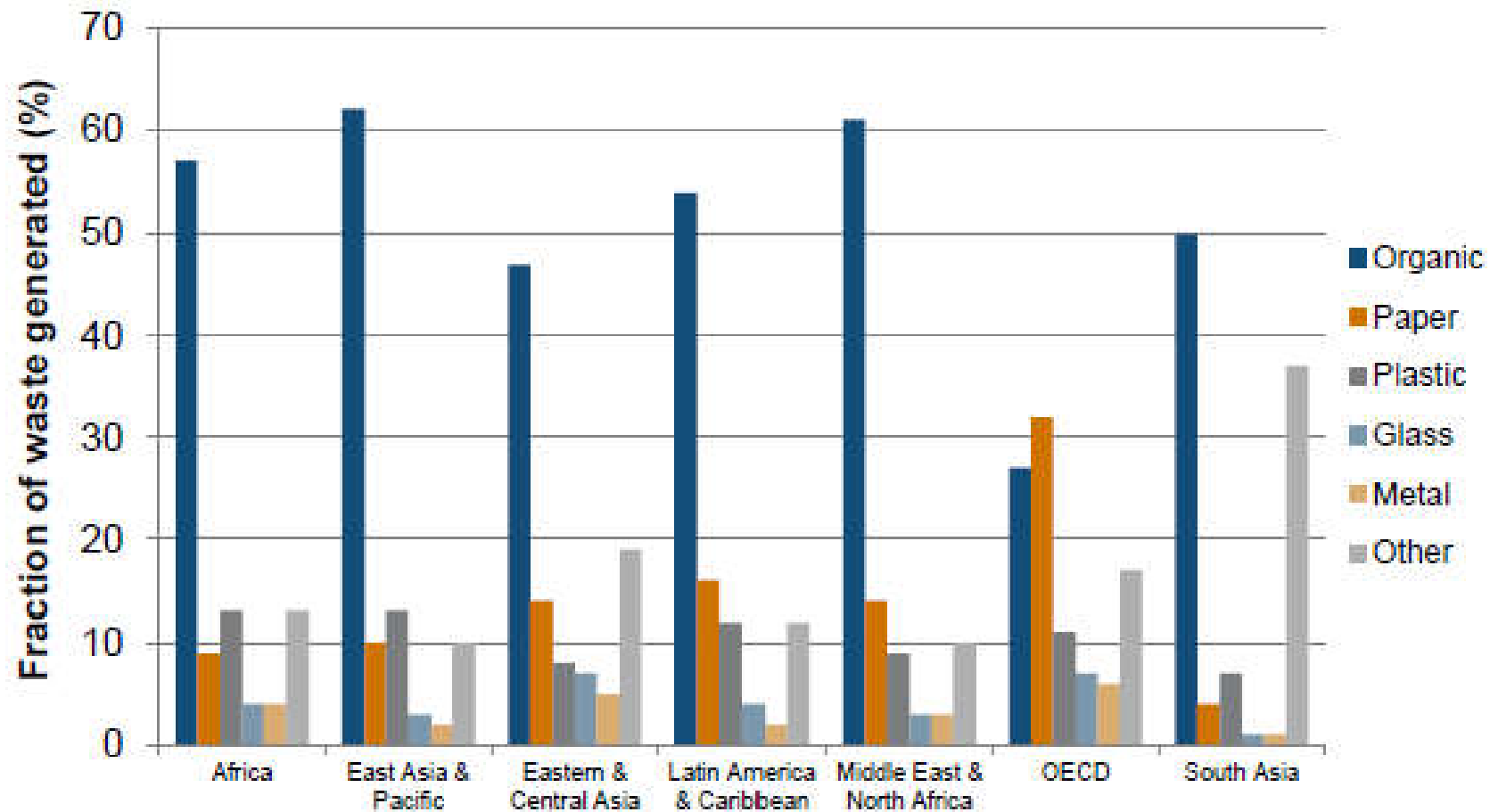
Source: ISWA (2013)

НАПОМЕНА:

У литератури (Г.Вујић: Управљање отпадом у земљама у развоју), могу се наћи и подаци који дају шире границе топлотне моћи за поједине врсте отпада:

- папир 11,6 до 18,6 (МЈ/кг)
- картон 14 до 17,5 (МЈ/кг)
- пластика 28 до 37,2 (МЈ/кг)
- текстил 15 до 19 (МЈ/кг)
- кожа 15 до 19,8 (МЈ/кг)
- гума 21 до 28 (МЈ/кг)
- органски 3,5 до 18 (МЈ/кг)

COMPOSITION OF SOLID WASTE IN 2012, BY REGION



Source: Hoomweg&Bhada-Tata (2012)

Метод 2.

Топлотна моћ се може одредити и на темељу елементарне анализе, односно из познатих масених удела (кг/кг):

- угљеника (m_C),
- водоника (m_H),
- кисеоника (m_O),
- сумпора (m_S),
- азота (m_N),
- влаге (m_W),
- пепела (m_A).

-
-
- Доња топлотна моћ

$$H_d = 34000 m_C + 120000 \left(m_H - \frac{m_o}{8} \right) + 10500 m_S - 2500 m_w \quad (\text{kJ/kg})$$

- Горња топлотна моћ

$$H_g = 34000 m_C + 142500 \left(m_H - \frac{m_o}{8} \right) + 10500 m_S \quad (\text{kJ/kg})$$

- Разлика између горње и доње топлотне моћи

$$H_g - H_d = 2500 (m_w + 9m_H) \quad (\text{kJ/kg})$$

Хемијска анализа типичног комуналног отпада

Sastojak	Масени удео у сувом узорку (% m/m)					
	угљеник	водоник	кисеоник	азот	сумпор	пепео
Hrana	48	6	38	2,5	0,5	5
Papir i karton	43,5	6	44	0,3	0,2	6
Plastika	60	7	23	-	-	10
Staklo	0,5	0,1	0,4	do 0.1	-	99
Metali	5	0,6	4,3	0,1	-	90
Tekstil	55	7	30	5	0,2	3
Prašina / prljavština	26	3	2	0,5	0,2	68

Izvor: Gerard Kiely, Environmental Engineering, Mc Graw-Hill Int. Edition

Варијанта 2 метода 2.

Топлотна моћ се може одредити и на темељу елементарне анализе, односно из познатих масених удела (кг/кг) сваке фракције у отпаду и познатих топлотних моћи тих фракција.

Пример

Одредити доњу топлотну вредност и укупну енергију садржану у 1,2 милиона тона комуналног отпада, којег чине:

- отпаци хране 35%,
 - папир 30%,
 - картон 5%,
 - пластика 6%,
- крпе (текстил) 8%,
 - стакло 8%
 - метал 4%,
- остало негориво 4%

Укупно 100%

Vrsta otpada	Vlaga	Volatili	Ugljik	Ne-gorivi dio (pepeo)	Prirodni uzorak
					Donja toplinska vrijednost (H_d)
Hrana miješana	70	21	3,6	5,0	4,2
Masnoće	2	95	2,5	0,2	37,4
Voće	79	16	4,0	0,7	4,0
Meso	39	56	1,8	3,1	17,6
Papir razni	10,2	76	8,4	5,4	15,7
Novine	6	81	11,5	1,4	18,5
Karton	5,2	77	12,3	5,0	26,2
Plastika razna	0,2	96	2	2	32,7
Polietilen	0,2	98	<1,0	1,2	43,4
Polistiren	0,2	99	0,7	0,5	38,0
Poliuretan	0,2	87	8,3	4,4	26,0
PVC	0,2	87	10,8	2,1	22,5
Tekstili razni	10	66	17,5	6,5	18,3
Vrtni otpad	60	30	9,5	0,5	6,0
Drvo razno	20	68	11,3	0,6	15,4
Metali				~100	nema
Staklo				~100	nema
Otpad iz domaćinstva	15-40	40-60	4-15	10-30	10-12
Otpad iz kancelarija	10-30				11-13

Izvor: Gerard Kieley, Environmental

SASTOJAK	MASENI UDEO (% m/m)	DONJA TOPL.MOĆ (MJ/kg)	ENERGIJA (MJ/kg)
<i>Hrana</i>	35	4,2	1,47
<i>Papir</i>	30	15,7	4,71
<i>Karton</i>	5	26,2	1,31
<i>Plastika</i>	6	32,7	1,96
<i>Krpe (tekstil)</i>	8	18,3	1,46
<i>Staklo</i>	8	0	0
<i>Metal</i>	4	0	0
<i>Ostalo negorivo</i>	4	0	0
<i>Ukupno</i>	100	-	$H_d = 10,92$

Доња топлотна моћ износи 10,92 MJ/kg.

Укупна енергија садржана у 1,2 милиона тона отпада:

$$E = M \times H_d = 1,2 \times 10^6 \times 10,92 = 13,1 \times 10^6 \text{ MJ.}$$

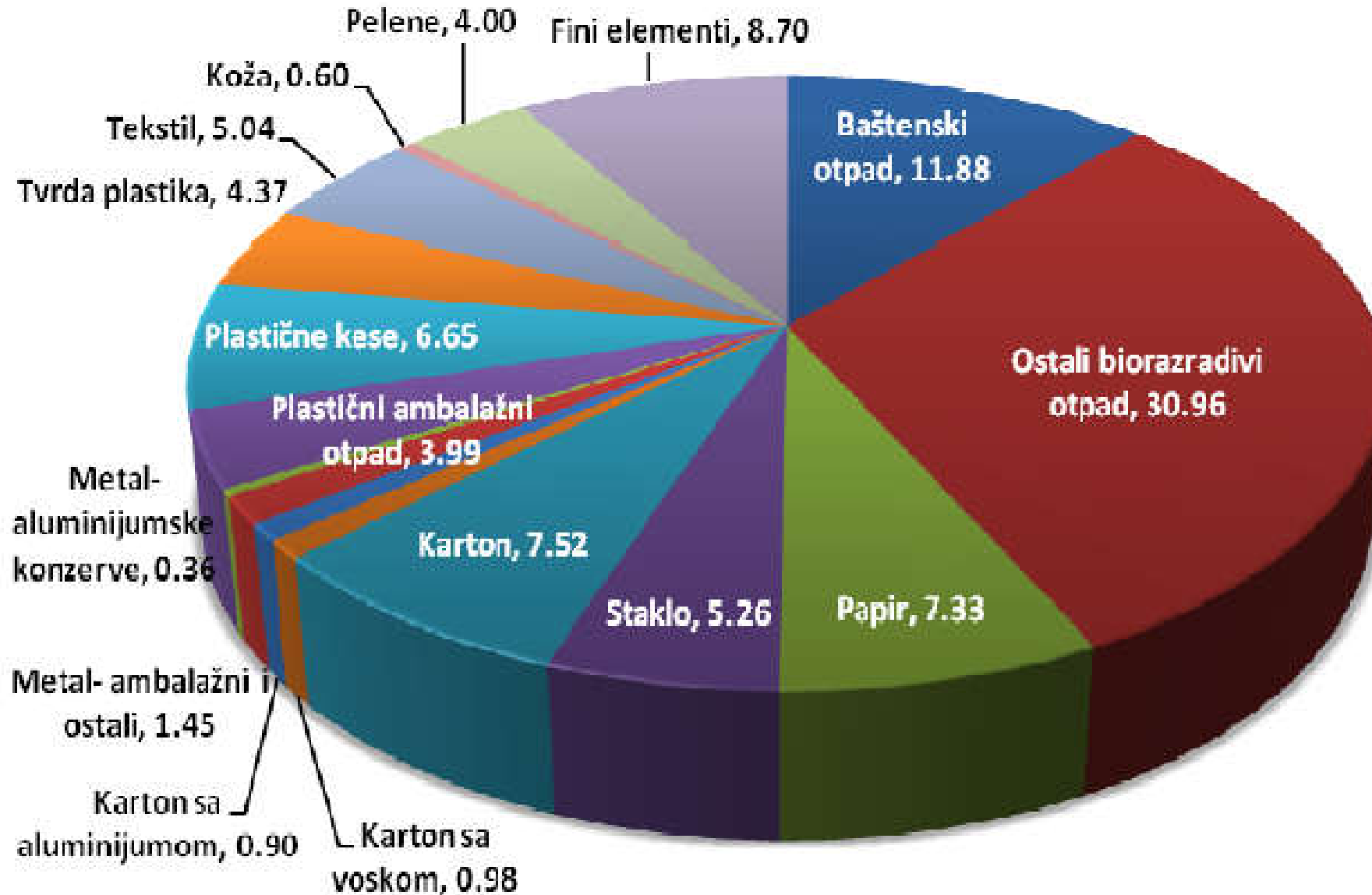
То је еквивалентно око 327.500 t ложивог уља!!!

Задатак– пример Србија

Одредити доњу топлотну моћ и укупну енергију у kWh (GWh), садржану у 2,4 милиона тона комуналног отпада, колико се годишње генерише у Србији.

$$1\text{kWh}=3,6\text{MJ}$$

Просечни морфолошки састав – РС



Masena osnova	% Otpada	Osnove frakcija				Kalorična vrednost	
		Vlaga W (%)	Cvrste materije (%)	Pepeo A (%)	Zapaljivo st (%)	Hg kJ/kg	Hd kJ/kg
Hrana i organski otpad	45,0	66	34	13,3	20,7	17.000	1.912
Plastika	23,1	29	71	7,8	63,2	33.000	20.144
Tekstil	3,5	33	67	4,0	63,0	20.000	11.789
Papir i karton	12,0	47	53	5,6	47,4	16.000	6.440
Koža i guma	1,4	11	89	25,8	63,2	23.000	14.265
Drvo	8,0	35	65	5,2	59,8	17.000	9.310
Metali	4,1	6	94	94,0	0,0	0	-147

Staklo	1,3	3	97	97,0	0,0	0	-73
Inertni materijali	1,0	10	90	90,0	0,0	0	-245
Fine čestice	0,6	32	68	45,6	22,4	15.000	2.584
Ukupno - prosek	100,0	46,7	53,3	10,2	43,1		7.650

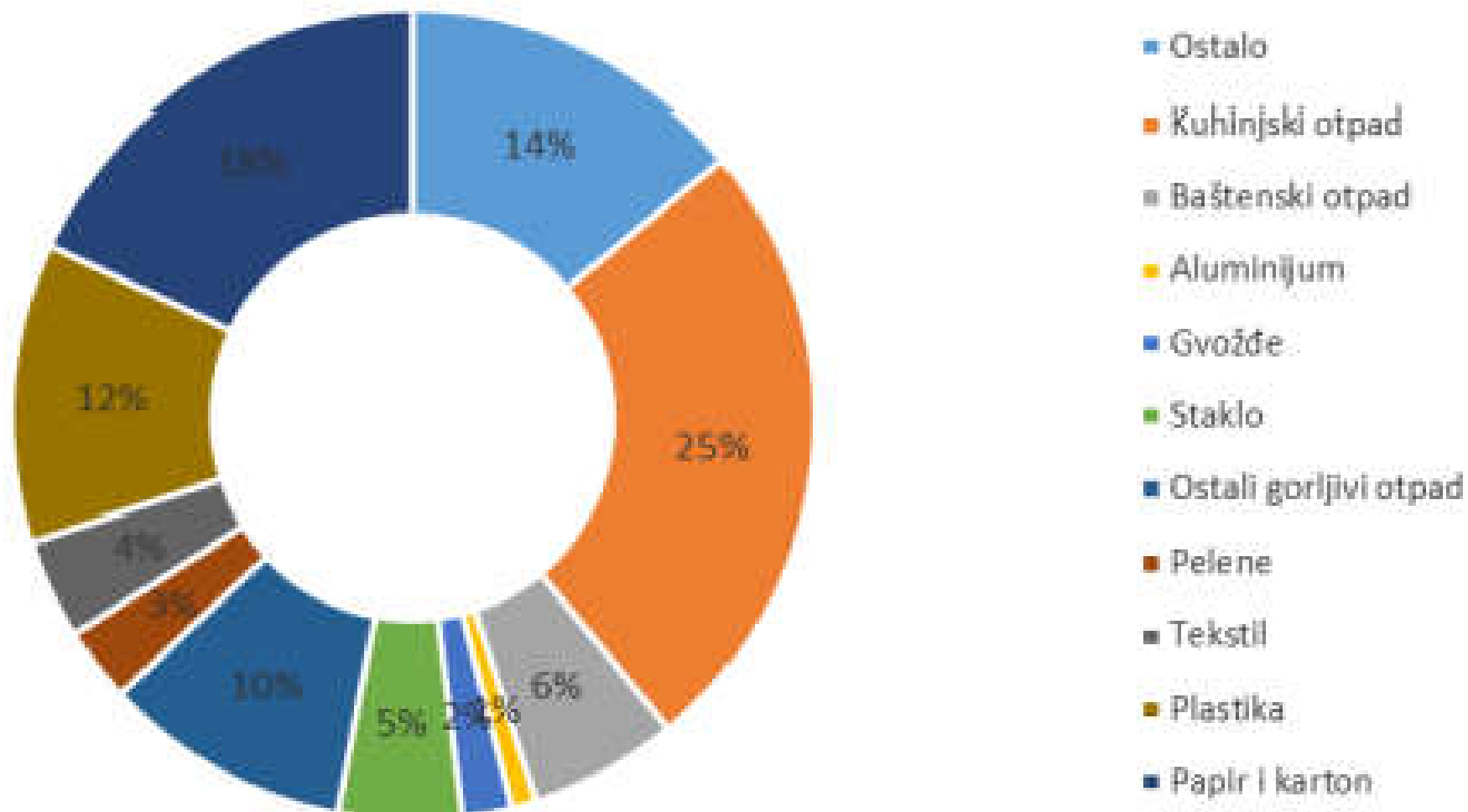
**Baštenski otpad
2.800 kJ/kg**

GORIVA FRAKCIJA	MASENI UDEO (%)	DONJA TOPLOTNA MOC (MJ/kg)	ENERGIJA (MJ/kg)
UKUPNO			Hd= _____

Задатак– пример ЕУ

Одредити доњу топлотну моћ и укупну енергију садржану у 250 милиона тона комуналног отпада, колико се годишње генерише у Србији.

Просечни морфолошки састав – ЕУ



Masena osnova	% Otpada	Osnove frakcija				Kalorična vrednost	
		Vlaga W (%)	Cvrste materije (%)	Pepeo A (%)	Zapaljivo st (%)	Hg kJ/kg	Hd kJ/kg
Hrana i organski otpad	45,0	66	34	13,3	20,7	17.000	1.912
Plastika	23,1	29	71	7,8	63,2	33.000	20.144
Tekstil	3,5	33	67	4,0	63,0	20.000	11.789
Papir i karton	12,0	47	53	5,6	47,4	16.000	6.440
Koža i guma	1,4	11	89	25,8	63,2	23.000	14.265
Drvo	8,0	35	65	5,2	59,8	17.000	9.310
Metali	4,1	6	94	94,0	0,0	0	-147

Staklo	1,3	3	97	97,0	0,0	0	-73
Inertni materijali	1,0	10	90	90,0	0,0	0	-245
Fine čestice	0,6	32	68	45,6	22,4	15.000	2.584
Ukupno - prosek	100,0	46,7	53,3	10,2	43,1		7.650

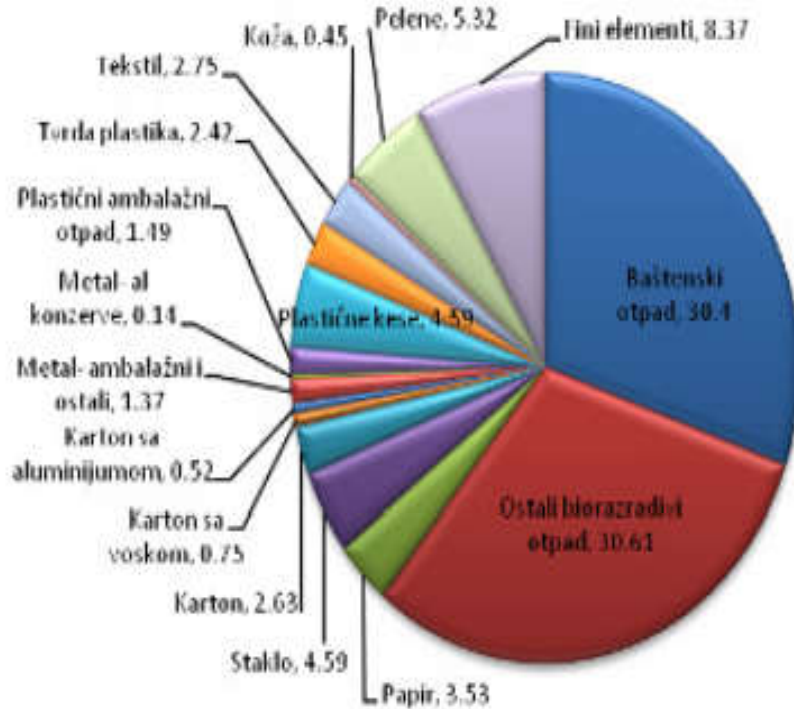
Извор: World Bank, 1999.

Example of heating value calculation		Fraction basis				Heating values	
Material fractions in wet waste	% of waste	Moisture W (%)	Solids TS (%)	Ash A (%)	Comb. solids C (%)	H_{wet} (kJ/kg)	H_{low} (kJ/kg)
Food and organic waste	45.0	66	34	13.3	20.7	17 000	1912
Plastics	23.1	29	71	7.8	63.2	33 000	20 144
Textiles	3.5	33	67	4.0	63.0	20 000	11 789
Paper and cardboard	12.0	47	53	5.6	47.4	16 000	6440
Leather and rubber	1.4	11	89	25.8	63.2	23 000	14 265
Wood	8.0	35	65	5.2	59.8	17 000	9310
Metals	4.1	6	94	94.0	0.0	0	-147
Glass	1.3	3	97	97.0	0.0	0	-73
Inerts	1.0	10	90	90.0	0.0	0	-245
Fines	0.6	32	68	45.6	22.4	15 000	2584
Weighted average	100.0	46.7	53.3	10.2	43.1		7650

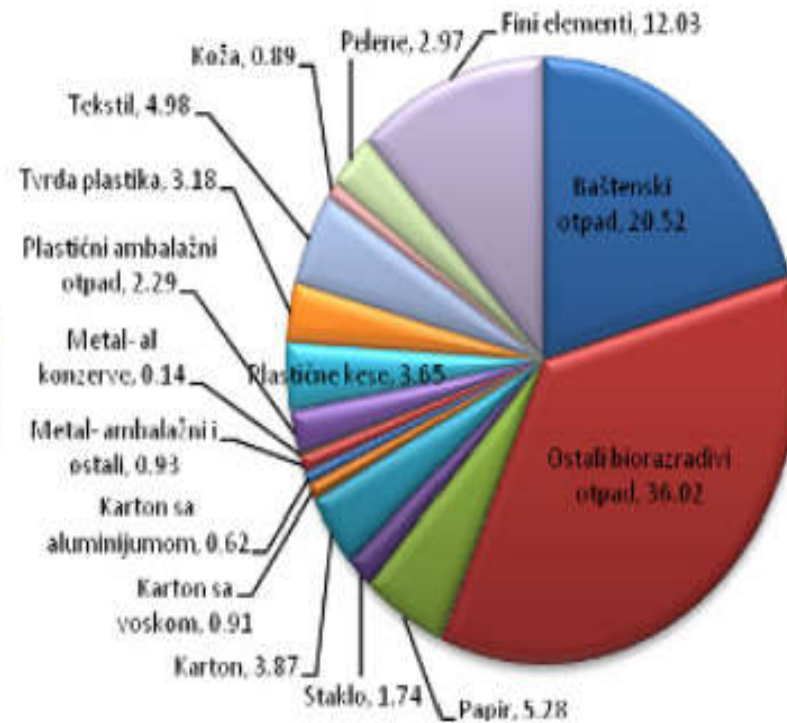
H_{wet} : The ash and water free heating value expresses the lower heating value of the combustible fraction (combustible solids measured as ignition loss of dry sample).

Indjija

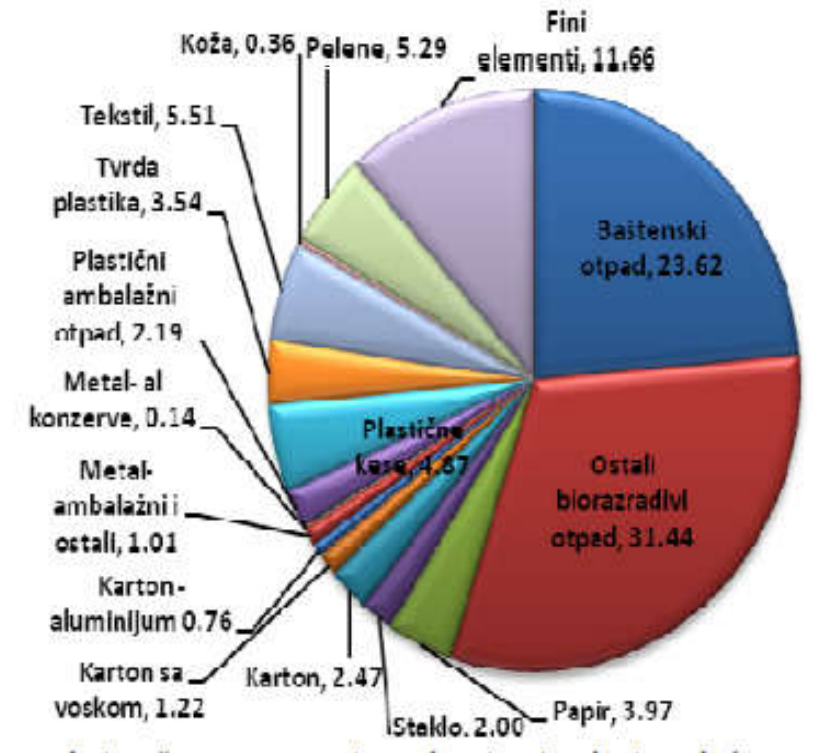
Letnja analiza



Zimska analiza

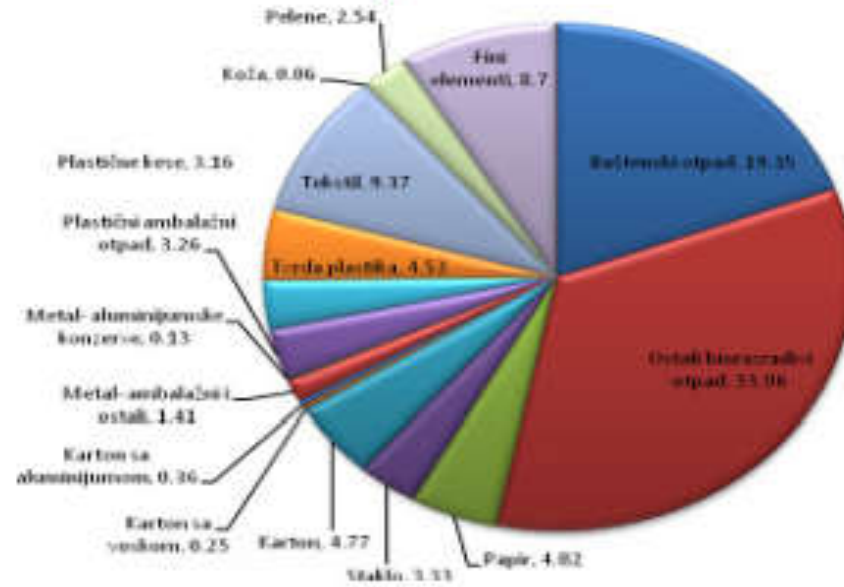


Prolećna analiza

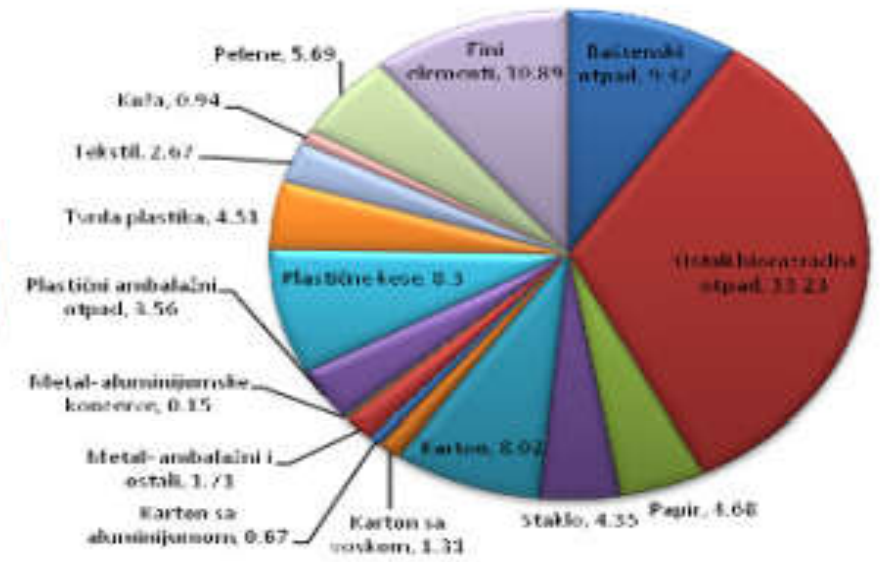


Sabac

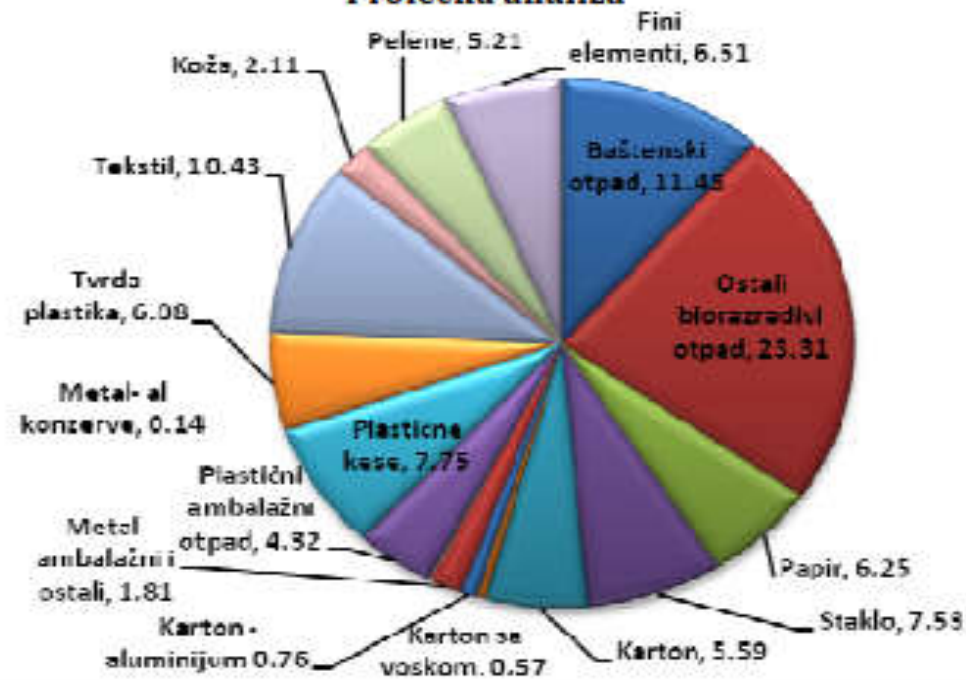
Letnja analiza



Zimska analiza

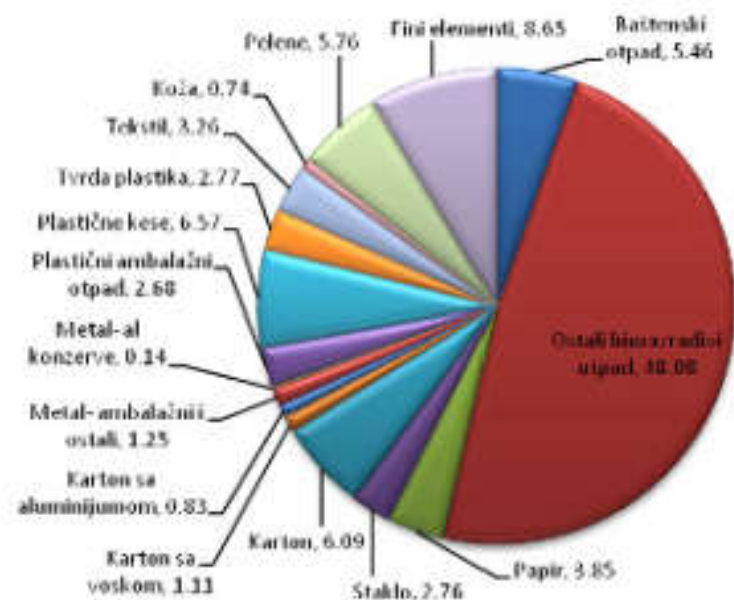


Prolećna analiza

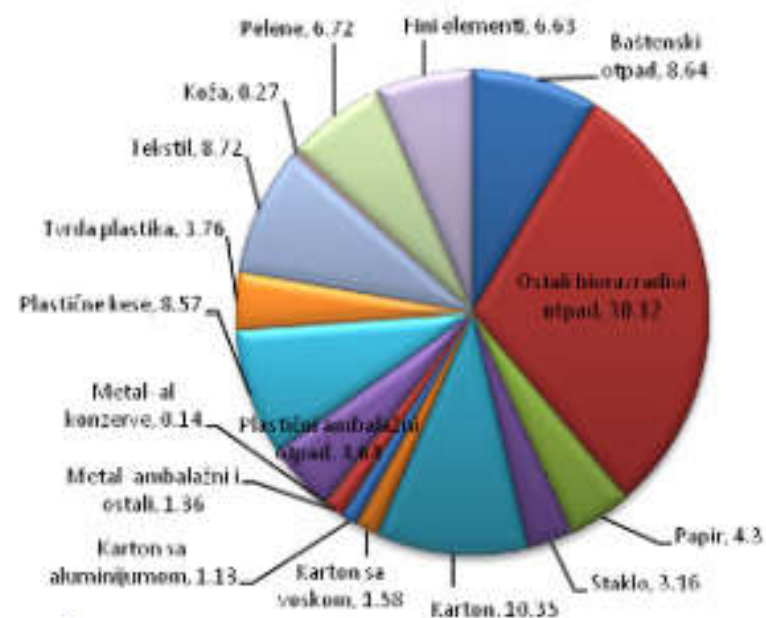


Bor

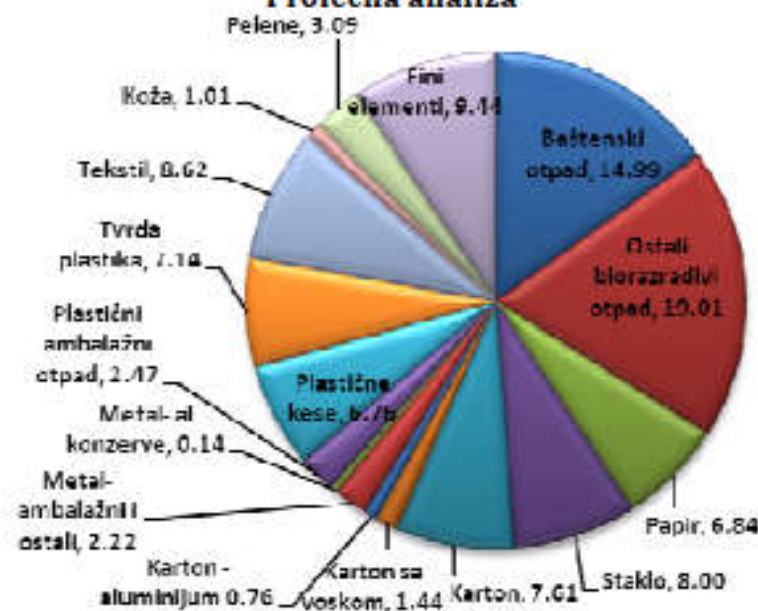
Letnja analiza



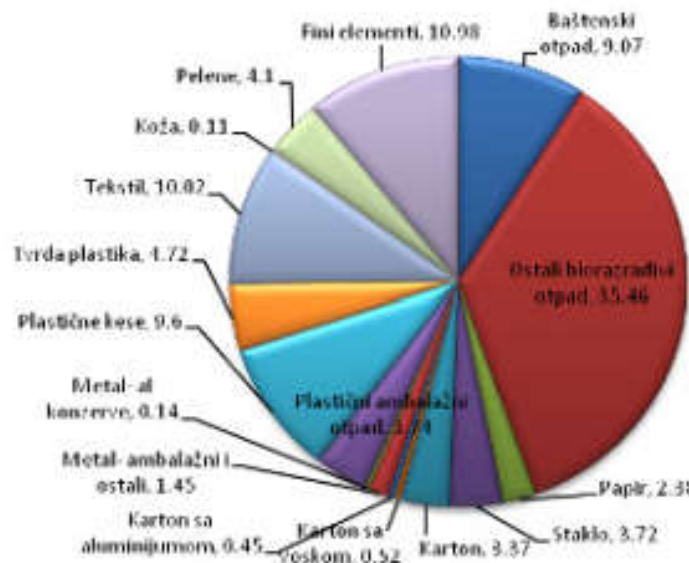
Zimska analiza



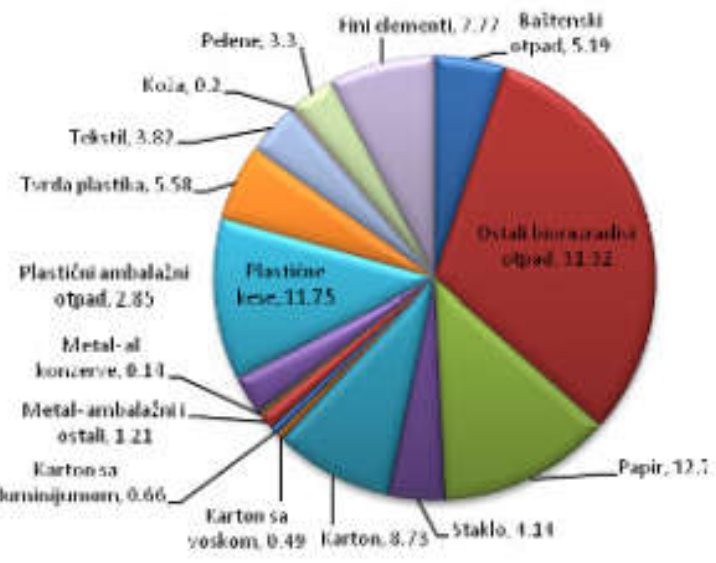
Prolećna analiza



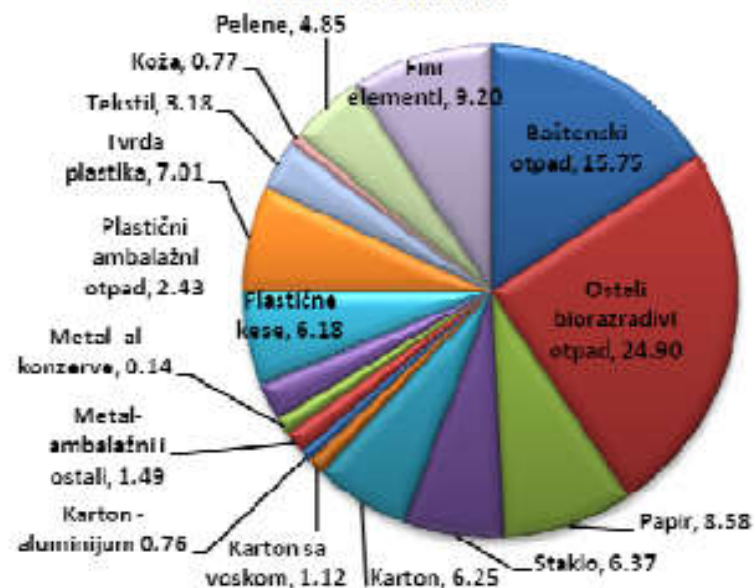
Letnja analiza



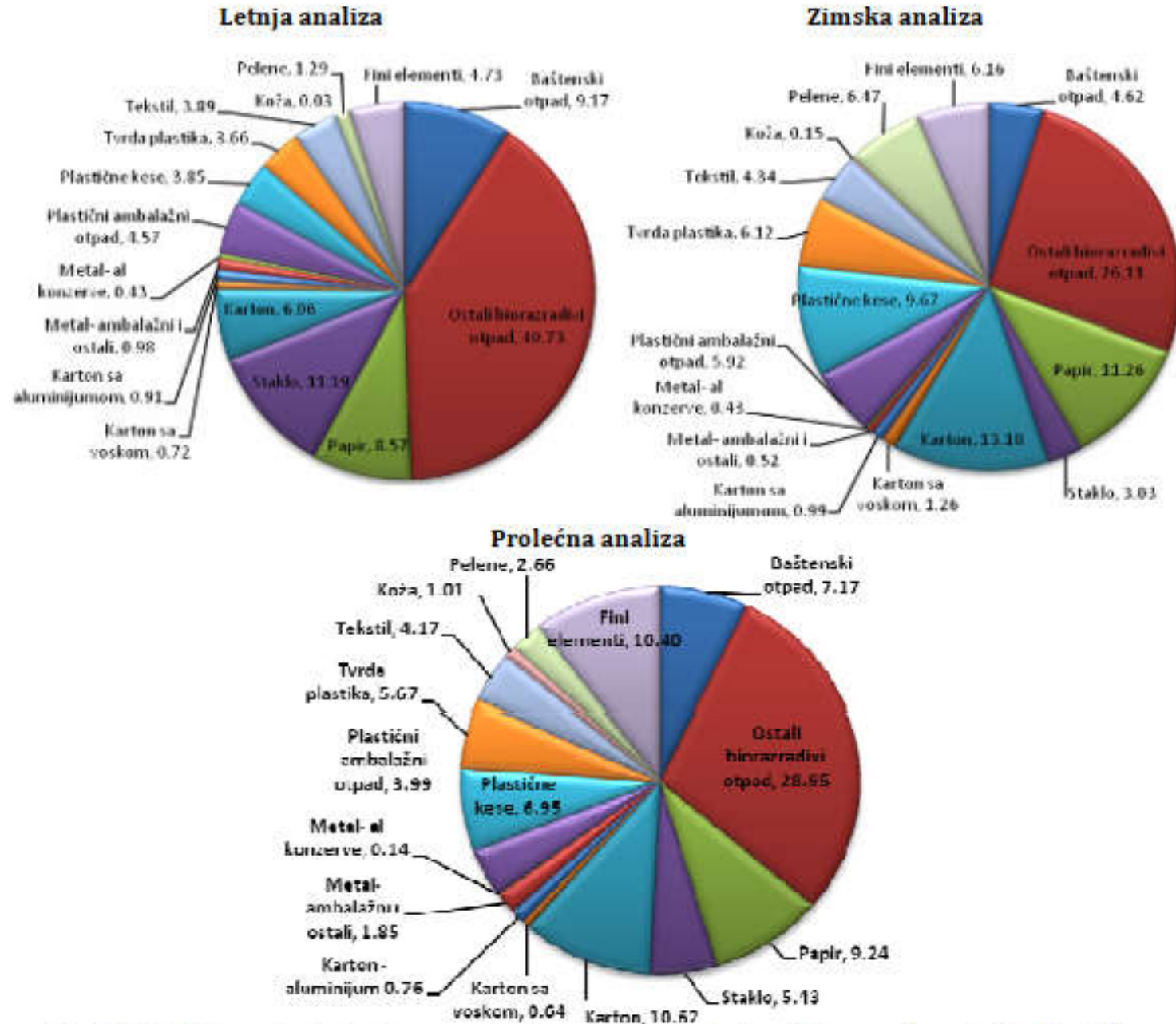
Zimska analiza



Prolećna analiza

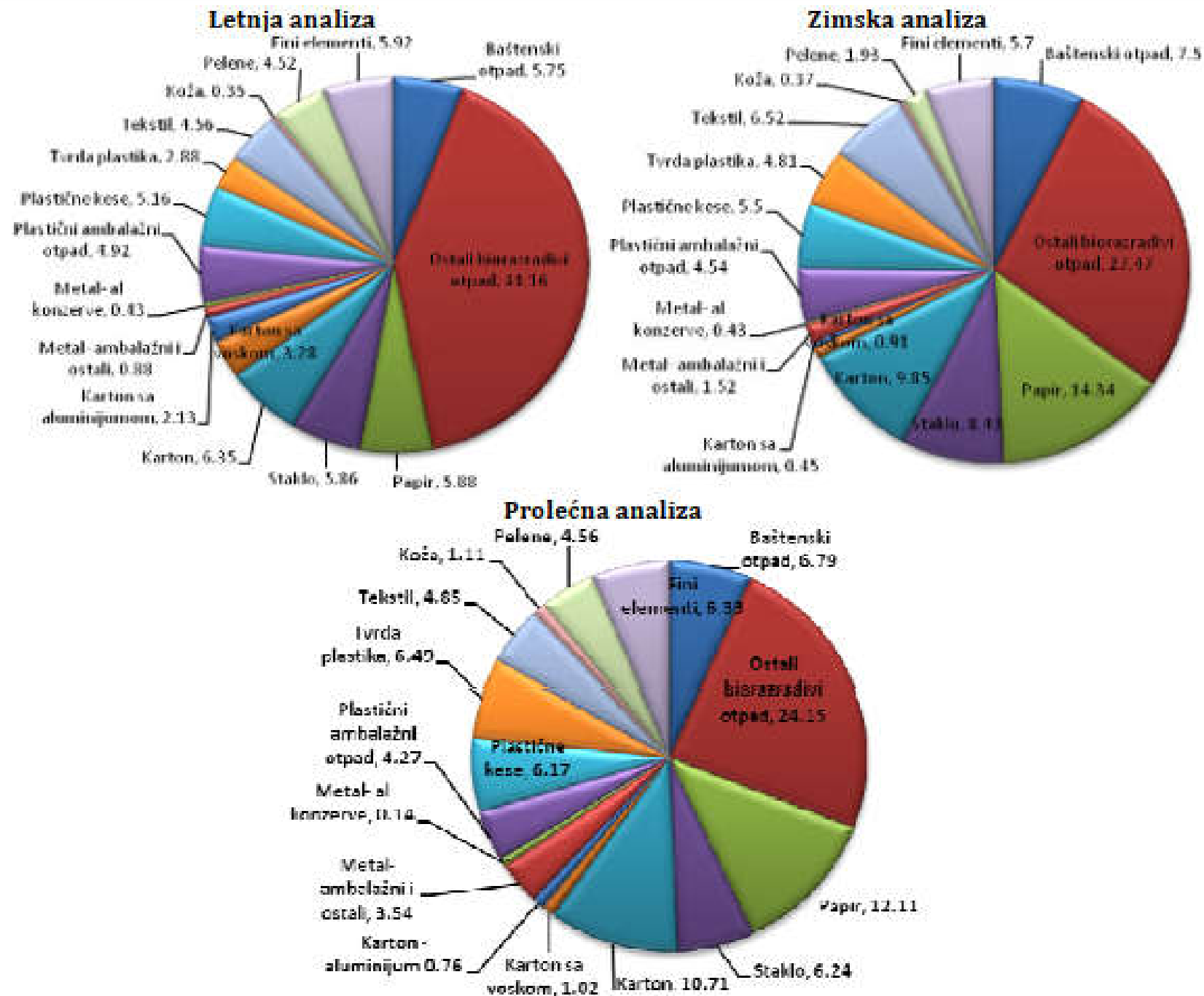


Novi Sad



Opis: Slika 5.17. Sadržaj otpada izložen u procentima. Letnja, zimska i prolećna analiza za Novi Sad

Beograd



Слика 5.10. Састав отпада изражен у процентима: летња, зимска и пролећна анализа грађана Београда

Метод 3-комбиновани

Однос између горње и доње топлотне моћи може се изразити као:

$$H_g = H_d + (W + H * 8.937) * 24.45 \text{ (kJ/kg)}$$

где је W садржај влаге у % и H је садржај водоника у % у отпаду.

ХВАЛА НА ПАЖЊИ!

ПИТАЊА???