

# Sastav komunalnog otpada

---

Šestak, Vinko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:945704>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



# Sastav komunalnog otpada

---

Šestak, Vinko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:945704>

Rights / Prava: [In copyright](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-19**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

VINKO ŠESTAK

SASTAV KOMUNALNOG OTPADA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

SASTAV KOMUNALNOG OTPADA

KANDIDAT:

Vinko Šestak

MENTOR:

doc. dr. sc. Aleksandra Anić  
Vučinić

VARAŽDIN, 2016.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: VINKO ŠESTAK

Matični broj: 2161 - 2012./2013.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

### SASTAV KOMUNALNOG OTPADA

Rad treba sadržati: 1. Uvod

2. Definicija otpada
3. Količine komunalnog otpada u RH od 1995. – 2012.
4. Metodologije za određivanje sastava komunalnog otpada
5. Čimbenici koji utječu na prosječan sastav i količinu komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj
6. Utvrđivanje sastava krutog komunalnog otpada koristeći integrirani pristup gospodarenja na otoku Kreti
7. Eksperimentalne studije u Rumunjskoj i Bugarskoj
8. Zaključak
9. Popis literature

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 23.05.2016.

Rok predaje: 02.09.2016.

Mentor:

Doc.dr.sc. Aleksandra Anić Vučinić



Predsjednica Odbora za nastavu:

Doc.dr.sc. Sanja Kovač

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

SASTAV KOMUNALNOG OTPADA

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc Aleksandre Anić Vučinić**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 2. 3 2016.

VINKO ŠESTAK

(Ime i prezime)

Vinko Šestak

(Vlastoručni potpis)

## SAŽETAK:

Vinko Šestak

Sastav komunalnog otpada

U ovom radu navedene su neke od metoda za određivanje sastava komunalnog otpada. Ukratko je objašnjeno što je otpad i navedene su vrste otpada. Navedena su i dva primjera određivanja sastava otpada; prvi na otoku Kreti, a drugi u Bugarskoj i Rumunjskoj. Cilj rada je upoznati čitaoca s vrstama metoda za određivanje sastava otpada i prikazati mu način na koji je to napravljeno u gore navedenim zemljama.

**Ključne riječi: otpad, metodologije određivanja sastava komunalnog otpada, otok Kreta, Bugarska, Rumunjska**

## Sadržaj:

1. Uvod .....	1
2. Definicija otpada .....	2
2.1 Vrste otpada.....	4
2.2 Katalog otpada .....	5
3. Količine komunalnog otpada u RH od 1995. do 2012.....	7
4. Metodologije za određivanje sastava komunalnog otpada.....	9
4.1 ASTM .....	9
4.2 Kalifornijsko integrirano upravljanje otpadom .....	9
4.3 Cornelissen i Otte (RIVM).....	9
4.4 Europska komisija (SWA-tool).....	10
5. Čimbenici koji utječu na prosječan sastav i količinu komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj .....	11
5.1 Analiza primjenjivosti i prikladnosti SWA-Tool metodologije za utvrđivanje sastava komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada .....	13
5.2 Utvrđeni sastav komunalnog otpada u RH .....	14
6. Utvrđivanje sastava krutog komunalnog otpada koristeći se integriranim pristupom gospodarenja otpadom na otoku Kreti.....	15
6.1 Analiza sastava otpada.....	19
6.2 Rezultati određivanja sastava komunalnog otpada na otoku Kreti.....	21
7. Eksperimentalne studije u Rumunjskoj i Bugarskoj .....	23
8. Zaključak.....	29
9. Popis literature.....	30
10. Popis slika .....	31
11. Popis tablica .....	32



# 1. Uvod

Otpad je jedan od ključnih problema moderne civilizacije i neizbježna posljedica čovjekova načina života. Modernizacijom društva, širenjem i povećanjem kupovne moći stanovništva stvaraju se sve veće količine otpada čime čovjek narušava prirodnu ravnotežu. Rješavanje problema otpada prepoznato je kao jedan od najvećih prioriteta smanjenja onečišćenja okoliša, a samim tim i očuvanja zdravlja ljudi, biljnog i životinjskog svijeta. U čitavom svijetu količina komunalnog otpada kao jednog od količinom najzastupljenijih vrsta otpada u stalnom je porastu, stoga je nužno određenim metodama što kvalitetnije odrediti njegov sastav da bi se odabrala odgovarajuća metoda obrade i samim time smanjila količina otpada na odlagalištu.

U ovome radu opisane su metode pomoću kojih se može odrediti sastav komunalnog otpada. U prvom dijelu rada objašnjeno je što je otpad, katalog otpada i navedene su vrste otpada. Nakon toga obrađena je tematika komunalnog otpada i njegove količine u Republici Hrvatskoj. U drugom dijelu navedene su metode koje se koriste u svijetu da bi se odredio sastav otpada te koji čimbenici utječu na sastav otpada u Republici Hrvatskoj. Na kraju rada navedena su dva primjera određivanja sastava otpada; prvi na otoku Kreti, a drugi u Bugarskoj i Rumunjskoj.

## 2. Definicija otpada

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13)- otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa. U Pravilniku o katalogu otpada (NN 90/15) naveden je popis grupa i podgrupa otpada. Otpad je podijeljen na ukupno 20 grupa otpada, a svaka grupa otpada na nekoliko podgrupa.

Grupe otpada navedene u Pravilniku o katalogu o otpada (NN 90/15) su:

01 OTPAD KOJI NASTAJE PRI ISTRAŽIVANJU, EKSPLOATIRANJU I FIZIKALNO-KEMIJSKOJ OBRADI MINERALNIH SIROVINA
02 OTPAD IZ POLJOPRIVREDE HORTIKULTURE, PROIZVODNJE VODENIH KULTURA, ŠUMARSTVA, LOVSTVA I RIBARSTVA, PRIPREMANJA I PRERADE HRANE
03 OTPAD OD PRERADE DRVETA I PROIZVODNJE DRVENIH PANELA I NAMJEŠTAJA, CELULOZE, PAPIRA I KARTONA
04 OTPAD IZ KOŽARSKE, KRZNARSKE I TEKSTILNE INDUSTRIJE
05 OTPAD OD RAFINIRANJA NAFTE, PROČIŠĆAVANJA PRIRODNOG PLINA I PIROLITIČKE OBRADE UGLJENA
06 OTPAD IZ ANORGANSKIH KEMIJSKIH PROCESA
07 OTPAD IZ ORGANSKIH KEMIJSKIH PROCESA
08 OTPAD OD PROIZVODNJE, FORMULACIJE, DOBAVE I UPORABE PREVLAKA (BOJE, LAKOVI I STAKLASTI EMAJLI), LJEPILA, SREDSTAVA ZA BRTVLJENJE I TISKARSKIH TINTA
09 OTPAD IZ FOTOGRAFSKE INDUSTRIJE
10 OTPAD IZ TERMIČKIH PROCESA

11 OTPAD OD KEMIJSKE POVRŠINSKE OBRADNE I PREVLAČENJA METALA I DRUGIH MATERIJALA; HIDROMETALURGIJE OBOJENIH METALA
12 OTPAD OD MEHANIČKOG OBLIKOVANJA TE FIZIKALNE I MEHANIČKE POVRŠINSKE OBRADNE METALA I PLASTIKE
13 OTPADNA ULJA I OTPAD OD TEKUĆIH GORIVA
14 OTPAD OD ORGANSKIH OTAPALA, RASHLADNIH I POTISNIH TVARI
15 OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE ZA BRISANJE, FILTARSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN
16 OTPAD KOJI NIJE DRUGDJE SPECIFICIRAN U KATALOGU
17 GRAĐEVINSKI OTPAD I OTPAD OD RUŠENJA OBJEKATA (UKLJUČUJUĆI ISKOPANU ZEMLJU S ONEČIŠĆENIH LOKACIJA)
18 OTPAD KOJI NASTAJE KOD ZAŠTITE ZDRAVLJA LJUDI I ŽIVOTINJA I/ILI SRODNIH ISTRAŽIVANJA
19 OTPAD IZ GRAĐEVINA ZA GOSPODARENJE OTPADOM, UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA IZVAN MJESTA NASTANKA I PRIPREMU PITKE VODE I VODE ZA INDUSTRIJSKU UPORABU
20 KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ USTANOVA I TRGOVINSKIH I PROIZVODNIH DJELATNOSTI) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO SAKUPLJENE SASTOJKE KOMUNALNOG OTPADA

Iako je najčešće vrlo jasno što neki materijal ili predmet čini otpadom, još uvijek može biti u pojedinim slučajevima upitno što se prijavljuje kao otpad. Često se to odnosi na industriju gdje proizvodni ostatak ne mora uvijek biti otpad. Takvi se materijali najčešće ponovno koriste ili recikliraju na mjestu nastanka. [1]

## 2.1 Vrste otpada

Otpad se dijeli prema svojstvima i mjestu nastanka.

Prema svojstvima otpad dijelimo na:

A) Opasni otpad – je otpad koji sadrži barem jedno od 14 svojstava, a to su: eksplozivnost, reaktivnost, nadražljivost, štetnost, toksičnost, kancerogenost, infektivnost, zapaljivost, korozivnost, mutogenost, teratogenost, ukoliko sadrži tvari koje ispuštaju toksične plinove u kontaktu sa vodom, zrakom i kiselinom; ukoliko sadrži ekotoksične tvari.

B) Neopasni otpad – otpad koji nema neko od svojstava koje otpad čini opasnim

C) Inertni otpad – otpad koji ne podliježe znatnim fizičkim, kemijskim ili biološkim promjenama. Nije topljiv, zapaljiv, biorazgradiv, a na bilo koje druge načine fizikalno ili kemijski ne reagira. Ne utječe na zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet, koncentracija štetnih tvari ne utječe na kakvoću površinskih i podzemnih voda

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na:

- a) Komunalni otpad – otpad iz kućanstva, otpad iz proizvodne i uslužne djelatnosti koji je po svojstvima i sastavu sličan komunalnom.
- b) Proizvodni otpad – otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtima ili drugim procesima. Po svojstvima i sastavu razlikuje se od komunalnog otpada. [1]

## 2.2 Katalog otpada

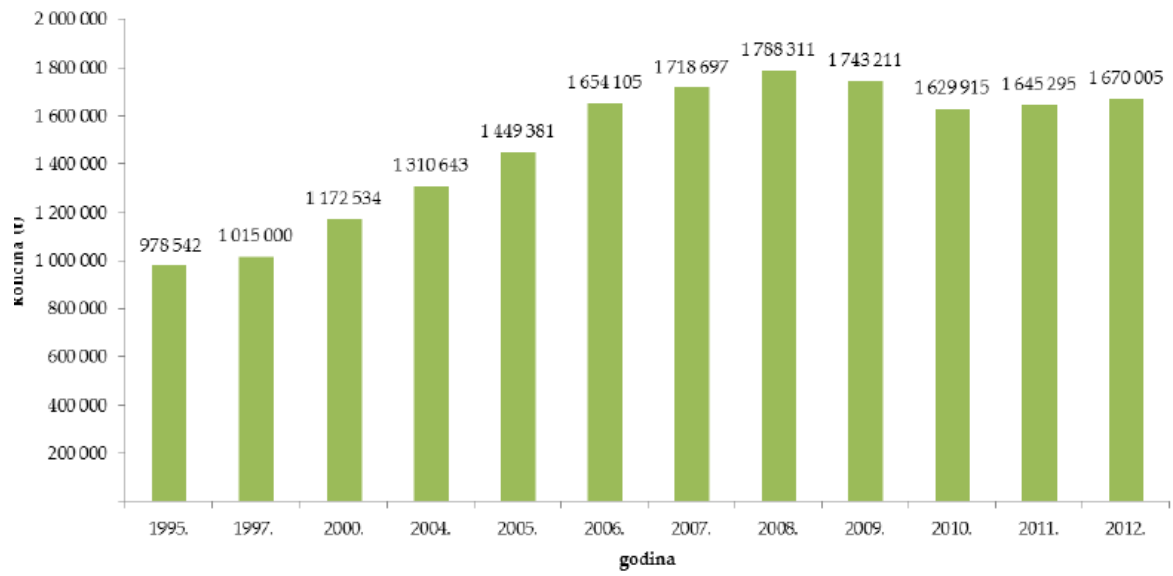
Katalog otpada sadrži više od 800 vrsta otpada sistematiziranog prema svojstvima i mjestu nastanka otpada u ukupno 20 grupa. Većina grupa označava djelatnost iz koje otpad potječe, dok se neka zasnivaju na materijalima ili procesima. Svaka grupa sadrži podgrupe u kojima se otpad razvrstava prema procesu u kojem je nastao. Iako katalog sadrži dvoznamenkaste, četveroznamenkaste i šesteroznamenkaste brojeve za određivanje vrste otpada treba koristiti samo šesteroznamenkaste brojeve. Dvoznamenkasti i četveroznamenkasti brojevi određuju naziv grupe i podgrupu u katalogu. Šesteroznamenkasti brojevi označavaju djelatnosti koje stvaraju otpad. Zvezdicom se označava opasni otpad. Miješani komunalni otpad nalazi se u grupi 20 kataloga otpada kao što je i vidljivo u tablici 1.1

Tablica 1.1 Grupa 20 kataloga otpada [2]

20	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ USTANOVA I TRGOVINSKIH I PROIZVODNIH DJELATNOSTI) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO SAKUPLJENE SASTOJKE KOMUNALNOG OTPADA	
20 01	odvojeno sakupljeni sastojci komunalnog otpada (osim 15 01)	
20 01 01	papir i karton	N
20 01 02	staklo	N
20 01 08	biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina	N
20 01 10	odjeća	N
20 01 11	tekstili	N
20 01 13*	otapala	O53
20 01 14*	kiseline	O53
20 01 15*	lužine	O53
20 01 17*	fotografske kemikalije	O53
20 01 19*	pesticidi	O53
20 01 21*	fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	V157
20 01 23*	odbačena oprema koja sadrži klorofluorouglikje	V157
20 01 25	jestiva ulja i masti	V152
20 01 26*	ulja i masti koji nisu navedeni pod 20 01 25*	V152
20 01 27*	boje, tinte, ljepila i smole, koje sadrže opasne tvari	V153
20 01 28	boje, tinte, ljepila i smole, koje nisu navedene pod 20 01 27*	V153
20 01 29*	deterdženti koji sadrže opasne tvari	V154
20 01 30	deterdženti koji nisu navedeni pod 20 01 29*	V154
20 01 31*	citotoksici i citostatici	V155
20 01 32	lijekovi koji nisu navedeni pod 20 01 31*	V155
20 01 33*	baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01*, 16 06 02* ili 16 06 03* i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže te baterije	V156
20 01 34	baterije i akumulatori, koji nisu navedeni pod 20 01 33*	V156
20 01 35*	odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21* i 20 01 23*, koja sadrži opasne komponente <sup>7</sup>	V157
20 01 36	odbačena električna i elektronička oprema, koja nije navedena pod 20 01 21*, 20 01 23* i 20 01 35*	V157
20 01 37*	drvo koje sadrži opasne tvari	V158
20 01 38	drvo koje nije navedeno pod 20 01 37*	V158
20 01 39	plastika	N
20 01 40	metali	N
20 01 41	otpad od čišćenja dimnjaka	N
20 01 99	ostali sastojci komunalnog otpada koji nisu specificirani na drugi način	N

### 3. Količine komunalnog otpada u RH od 1995. do 2012.

Podaci o proizvedenom komunalnom otpadu u Republici Hrvatskoj do 2005. godine najvećoj mjeri temeljili su se na procjenama. Nakon 2006. godine količine se određuju prema podacima prijavljenima od strane obveznika, uz dodatnu procjenu podataka za neobuhvaćeni dio stanovništva organiziranim skupljanjem i za općine za koje podaci nisu dostavljeni. Dodatno se od 2011. godine u izračunu koriste i podaci o komunalnom otpadu (otpadni papir i karton, ambalažni otpad, otpadna jestiva ulja, baterije i akumulatori...) koji potječe iz uslužnog sektora (škole, uredi, hoteli, trgovine...). Porast količine komunalnog otpada bilježi se do 2008. godine nakon čega do 2010. godine slijedi smanjenje prijavljenih količina. Od 2011. godine ponovo se bilježi lagani porast količina. Unatoč laganom porastu ukupnih količina komunalnog otpada od 2011. koji je najvjerojatnije posljedica pribrajanja komunalnog otpada nastalog u uslužnom sektoru, ipak možemo govoriti o nastavku padajućeg trenda količina komunalnog otpada iz kućanstava. U 2012. godini skupljači komunalnog otpada prijavili su za 3% manje komunalnog otpada iz kućanstava u odnosu na 2011. godinu, no, kako je u izračun za 2012. godinu uključen i značajan dio komunalnog otpada koji potječe iz uslužnih djelatnosti (škole, uredi, hoteli...) ukupna količina komunalnog otpada je za približno 1,5% veća u odnosu na 2011. godinu odnosno za 2,5% u odnosu na 2010. godinu kao što je i vidljivo na slici 1.1 [3]



Slika 1.1 Količine komunalnog otpada u RH [3]



## 4. Metodologije za određivanje sastava komunalnog otpada

U nastavku ovog poglavlja ukratko su opisane 4 metodologije određivanja sastava komunalnog otpada

### 4.1 ASTM

U SAD-u znatan razvoj metoda za karakterizaciju sastava komunalnog otpada dogodio se 60-ih godina prošlog stoljeća.. Američko društvo za testiranje i materijale uveli su Standardnu metodu za određivanje sastava neprerađenog miješanog komunalnog otpada. ASTM metoda preporuča vozila za skupljanje, jednostavno odjeljivanje konusno i četvrtanjem i ručno sortiranje na minimalno 13 kategorija. Preporuke oko sigurnosti na radu su uključene u standard, te potrebna oprema za analizu komponenata otpada je određena.

### 4.2 Kalifornijsko integrirano upravljanje otpadom

Kalifornija je razvila vrlo detaljnu metodu za određivanje sastava otpada. Metoda je zasnovana na prikupljanju otpada vozilima i ručnom sortiranju u 9 primarnih kategorija i nekoliko podkategorija. Metoda kombinira karakterizacijske studije sa zadanim podacima iz CIWMB baze podataka, s intrukcijama kako koristiti postojeće specifične podatke.

### 4.3 Cornelissen i Otte (RIVM)

U Nizozemskoj, Nacionalni institut za javno zdravstvo i zaštitu okoliša započeo je s određivanjem sastava mješovitog komunalnog otpada širom zemlje 1970. godine. Nizozemski program praćenja sastava komunalnog otpada je ambiciozan s podjelom na 11 tipova i komponenti te više od 100 subkomponenti. RIVM koristi stacionaran

laboratorij za kombinirano mehaničko i ručno sortiranje otpada, koristeći pokretne trake, magnetsko odjeljivanje, vibrirajuće ploče, ciklonalni separator, bubanj sa sitima za tri različite veličine uzorka i digitalne vage.

#### 4.4 Europska komisija (SWA-tool)

Projekt za analizu komunalnog otpada unutar petog Okvirnog programa izradio je predloženu Europsku standardu karakterizacijsku metodu za određivanje sastava miješanog komunalnog otpada. Austrija, Njemačka, Italija, Španjolska, Velika Britanija, Rumunjska i Poljska su sudjelovale u projektu, koji je trajao 3 godine i bio je završen 2004. godine. Osim opsežnog broja izvora u zemljama sudionicama, SWA alat je sintetizirao iskustva iz Francuske (ADEME), Nizozemske (RIVM), SAD-a (EPA, ASTM, Rugg), te mnogih drugih. Međutim, informacije dobivene u listopadu 2006. pomoću SWA alata nisu bile izgledne da SWA alat postane europski standard za određivanje sastava komunalnog otpada. Korisnički priručnik na 57 stranica je kompliciraniji, i preporučene metode uključuju sakupljanje opsežnog broja kanti za otpad iz domaćinstva, i sortiranje svake kante (ili kombinaciju nekoliko kanti) odvojeno. Metoda je korisna kada je cilj analize proučavati sastav otpada u individualnim domaćinstvima, ali je skupa i treba puno truda. Osim toga, odabir komponenti otpada u ovoj metodi može se dovesti u pitanje zbog nedostatka strogosti. Ipak, SWA alat daje detaljno izvješće prodirući u teoriju analize sastava komunalnog otpada, opisujući korak po korak predradnje, način analize i planiranje, stratifikaciju,, jedinice za uzorkovanje, broj uzoraka, veličinu uzorka, sortiranje i klasifikaciju, ocjenu podataka, prezentaciju rezultata i opsežan predložak u Excelu za statističku obradu podataka. [4]

## 5. Čimbenici koji utječu na prosječan sastav i količinu komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj

Postojeći metodološki princip određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj zasnovan je na svjetskim i europskim iskustvima. U načelu se koriste dva pristupa bazirana na SWA-Tool metodologiji u pojednostavljenom obliku.

Parametri koji utječu na prosječni sastav i količinu komunalnog otpada su:

A) Postojeće stanje:

- Komunalna infrastruktura za prikupljanje otpada je razvijena i danas je organiziranim sakupljanjem i odvozom otpada obuhvaćeno 99% stanovništva Republike Hrvatske;
- Još uvijek nisu izgrađeni centri za gospodarenje otpadom sa sustavima obrade i odlaganja otpada;
- Izdvajanje iskoristivih komponenti na razini je od cca 15%, što znači da veći dio komunalnog otpada, od cca 1.700.000 tona/godišnje, završi na odlagalištima te da se ne poštuje red prvenstva gospodarenja komunalnim

B) Broj stanovnika:

Kao najizgledniji scenarij u predviđanju budućeg kretanja broja stanovnika ocijenjen je scenarij srednjeg fertiliteta i migracije koji pretpostavlja blagi pad stanovništva na razini cijele Republike Hrvatske (korišteni izvor: *DZS, Projekcije stanovništva Republike Hrvatske 2010-2061, Zagreb 2011.*).

C) Bruto domaći proizvod (BDP)

BDP je jedna od sastavnica koja utječe na količinu komunalnog otpada, a čije je predviđanje u narednom razdoblju krajnje neizvjesno zbog stanja gospodarstva. Na osnovu postojećih podataka uspostavljena je povezanost između kretanja BDP-a i specifične količine otpada po stanovniku. Uzimajući u obzir doprinos pojedinog sektora nastanku BDP-a, orijentacijski se može uzeti u obzir pretpostavka kako svaka promjena BDP od  $\pm 1\%$  utječe na promjenu specifične količine otpada od  $\pm 0,45\%$ .

#### D) Indeks potrošnje

Indeks potrošnje tj. utjecaj osobne potrošnje direktno je vezan uz nastajanje komunalnog otpada. Uzimajući u obzir strukturu izdataka, može se na osnovu pojednostavljene povezanosti izvesti međuzavisnost ovog faktora sa specifičnom količinom otpada koja nastaje po stanovniku. Tako se za promjenu potrošnje od  $\pm 1\%$ , mijenja proizvedena količina otpada za cca 3%. U narednom razdoblju predviđa se spori i vrlo blagi rast osobne potrošnje, tako da će njen utjecaj u konačnici biti na povećanje specifične količine otpada do 1,5%.

#### E) Dodatni faktori

Dodatni faktori koji utječu na smanjenje količina otpada su smanjenje seoskog stanovništva, povećanje urbanog stanovništva, starenje stanovništva, migracijske prilike, kultura trošenja i kupovanja, razvoj zakonske regulative u cilju smanjenja nastanka otpada, razvoj znanosti i tehnologija u dobivanju proizvoda koji se mogu u potpunosti reciklirati kao i proizvoda s manje ambalaže. Utjecaj ovih faktora ocijenjen je na način da će pridonijeti smanjenju količina otpada po stanovniku do 0,7% u narednih 15-tak godina.

#### F) Sastav otpada i sezonske varijacije

Predvidivi ukupni učinci Strategije razvoja turizma RH do 2020. pretpostavljaju rast broja noćenja po stopi od 3,1%. U razdoblju do 2025. ta stopa raste na gotovo 5,5% te se ista može uzeti kao osnova za proračun i za razdoblje do 2030.

Specifična količina otpada po noćenju određena je kao prosječna vrijednost između 0,9-1,9 kg/noćenju i iznosi 1,4 kg/noćenju.

#### G) Tip područja

Uvažavajući postojeće podatke procijenjen je tip područja u kojemu živi stanovništvo Republike Hrvatske. Procjena je kako 55,6% stanovnika živi u urbanom, a 41,81% u

ruralnom tipu područja. Kao zasebno područje istaknuto je otočno stanovništvo koje čini 2,59% ukupnoga stanovništva.

Kod razmatranja područja ispitivanja, osnovna podjela je na dvije statističke regije, jadransku i kontinentalnu Hrvatsku, zatim na županije koje čine ove regije te gradove i općine unutar pojedine županije. [5]

## 5.1 Analiza primjenjivosti i prikladnosti SWA-Tool metodologije za utvrđivanje sastava komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada

U Republici Hrvatskoj očekuje se blagi rast količina komunalnog otpada do 2030. godine. S trenutnih cca 1.700.000 t/god, u 2030. godini predviđa se proizvodnja oko 2.000.000 tona komunalnog otpada. Također, prema projekcijama 2030. godine od ukupne će količine komunalnog otpada polovica biti odvojena na mjestu nastanka i predana na daljnju reciklažu i oporabu, dok će se ostatak obraditi u centrima za gospodarenje otpadom. U 2020. godini se također predviđa zadovoljavanje cilja uporabe i reciklaže papira, plastike, stakla i metala u iznosu od 50% te smanjenje količine biorazgradivog otpada za odlaganje na odlagališta u iznosu od 65% u odnosu na referentnu 1997.godinu. Sadašnji je udio biorazgradivog dijela otpada u miješanom komunalnom otpadu 65%. Međutim, kada se uspostavi metodologija i periodično određivanje sastava miješanog komunalnog otpada, taj će se udio korigirati sukladno rezultatima analiza. Otpad se uglavnom odlaže na odlagališta otpada bez prethodne obrade. Smanjenje količina odloženog komunalnog otpada u korist odvojenoga sakupljanja otpada po vrstama, te obrada i iskorištavanje ostatnog otpada (materijalna i/ili energetska uporaba) glavni su ciljevi suvremenog sustava gospodarenja komunalnim otpadom. Kroz sustav ponovne uporabe vrijednih sirovina iz otpada može se potaknuti gospodarska aktivnost, a uz odlaganje prethodnog obrađenog otpada dobiva se temelj za zaštitu okoliša i prirode te osnova za uspostavu održivog razvoja racionalnim korištenjem prirodnih resursa i energije. Ovi su ciljevi zajednički za sve zemlje članice EU koje mogu u okviru postojećih direktiva razviti vlastite mehanizme za njihovo postizanje. Zajednička polazna točka su kvalitetni podaci za predviđanje i praćenje odgovarajućih mjera u sustavu gospodarenja otpadom. Kako bi se raspolagalo takvim podacima potrebno je stručno i sukladno standardima i dobroj praksi izvršiti analizu sastava otpada, njegovih količina i fizikalno-kemijskih svojstava. Za takav

pristup treba uspostaviti odgovarajuću metodologiju primjenjivu u RH, uvažavajući specifičnosti, gospodarske mogućnosti te postojeće i planirano stanje sustava cjelovitog postupanja s otpadom. [5]

## 5.2 Utvrđeni sastav komunalnog otpada u RH

Na osnovu podataka o sastavu miješanog komunalnog otpada iz dostupnih dokumenata o provedenim ispitivanjima sastava otpada pojedinih JLS, te podataka o izdvojeno sakupljenim količinama pojedinih vrsta komunalnog otpada (papir, staklo, drvo, plastika...) iz Izvješća o komunalnom otpadu za 2012. godinu, dobiven je sastav miješanog komunalnog otpada i sastav komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj (tablica 1.2) [5]

Tablica 1.2 Prikaz prosječnog godišnjeg sastava komunalnog otpada u RH [6]

Komponenta otpada	mas %, kontinentalni dio	mas %, priobalje	mas %, srednja vrijednost	mas %, biorazgradivi udio
Kuhinjski i biootpad	43,1	41,0	42,1	74,5
Papir i karton	19,6	20,3	20,0	
Koža i kosti	3,0	3,1	3,1	
Drvo	1,3	1,2	1,3	
Tekstil	7,8	8,2	8,0	
Staklo	6,6	7,0	6,8	
Metali	4,1	4,0	4,1	
Inertni	1,5	2,2	1,9	
Plastika	11,6	12,3	12,0	
Guma	0,9	0,5	0,7	
Posebni	0,4	0,2	0,3	

## 6. Utvrđivanje sastava krutog komunalnog otpada koristeći se integriranim pristupom gospodarenja otpadom na otoku Kreti

Jednogodišnji nadzor je bio proveden u velikoj regiji Krete (nalazi se niže od Egejskog mora) sa svrhom identifikacije sastava otpada (uključujući kemijske i fizikalne karakteristike), kao i sezonske varijacije. Ispitivanje se provodilo u više navrata na sedam odlagališta i jednoj prijenosnoj stanici na Kreti u 4 faze. Svako uzorkovanje provodilo se u određenom godišnjem dobu (proljeće, ljeto, jesen, zima). Korištene su ASTM D5231-92(2003) standardna metoda i RCRA Waste Sampling Draft Technical Guidance. Ručno sortiranje je korišteno za klasifikaciju sakupljenog otpada u sljedeće kategorije: plastika, papir, metali, aluminij, koža-drvo-tekstil-gume, organski otpad, nezapaljivi i razni. Daljnje analize uključivale su neposredne i krajnje analize zapaljivih materijala. Metali poput olova, kadmija i žive su također su se ispitivali. Rezultati su pokazali da je došlo do znatnog smanjenja organskog otpada tijekom posljednjeg desetljeća uslijed povećanja količine ambalaže, kao rezultat promjena u obrascima potrošnje. Tri glavne kategorije otpada su određene: organski otpad, papir i plastika, koji su zajedno predstavljale 76 % ukupnog otpada na otoku Kreti. Štoviše, visoki udio stakla i sezonske varijacije aluminijske ukazivale su na jaku korelaciju sastava komunalnog otpada s određenim ljudskim aktivnostima poput turizma. [7]

Temelj uspješnog planiranja gospodarenja otpadom je dostupnost pouzdanih informacija o količini i vrsti materijala koji se sakuplja i razumijevanju koliko tog materijala voditelji programa prikupljanja mogu očekivati i spriječiti. Uspješno gospodarenje otpadom pomoću studija o gospodarenju krutim komunalnim otpadom je važno iz više razloga, uključujući potrebu za izračun potencijala materijala za ponovnu upotrebu, određivanje izvora nastanka otpada, da olakšaju odabir opreme za obradu otpada, za procjenu fizikalnih, kemijskih i termalnih svojstava otpada te održavati usklađenost s nacionalnim zakonom i europskim direktivama. Sastav odloženog otpada je iznimno promjenjiv kao posljedica godišnjih doba, načina života, demografije, geografije i zakonskih odredbi. Ovakva promjenjivost sastava otpada učinila je definiranje i određivanje sastava otpada puno težim i s time više bitnim. [7]

U Grčkoj je provedeno nekoliko studija o sastavu otpada u prošlih 20 godina, ali nije se pazilo da se u svakoj studiji koristi ista metoda ili pod sustavnim pristupom organizirane regionalne organizacije za gospodarenje komunalnim otpadom. One mogu promatrati vezu između demografskih i socijalno-ekonomskih uvjeta regije s respektivnim podacima o sastavu komunalnog krutog otpada. Osim toga, podaci sastava komunalnog krutog otpada nacionalnog plana za 2000. godinu su različiti od podataka u novijim studijama. U nedavnim studijama, na primjer u Solunu i Pylaia 1998. može se promatrati značajno smanjenje organskog otpada i veliko povećanje plastike i ambalažnog otpada. [7]

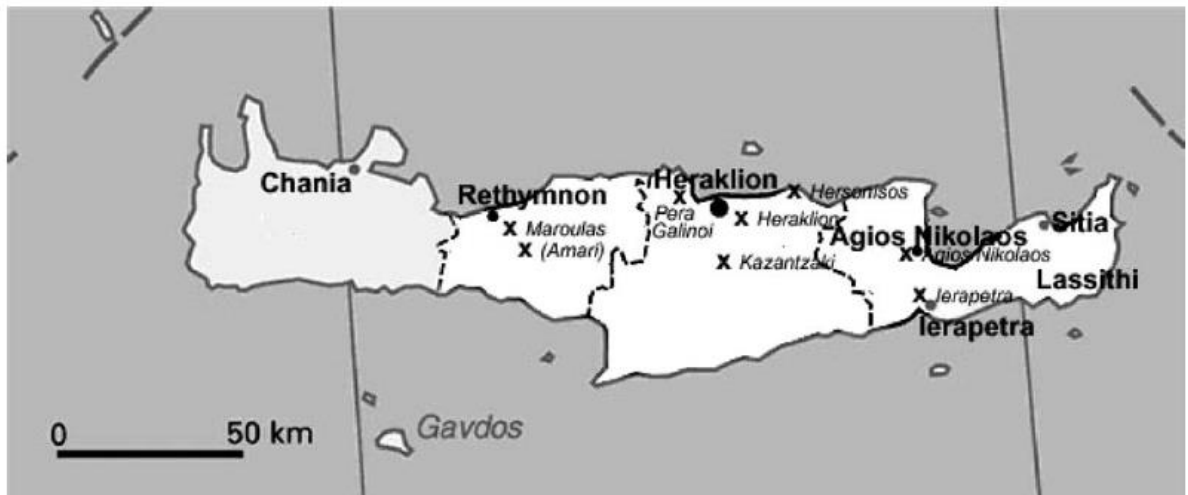
Otok Kreta je jedan od najvećih turističkih destinacija u Grčkoj (slika 1.2) i broji gotovo pola milijuna stanovnika. Osim toga Kreta je kombinacija gradskih, planinskih, ruralnih i potpuno turističkih regija. Heraklion, geografski smješten u centru Krete sa skoro 140 000 stanovnika je središte Krete. Chania i Rethymnon su na zapadu i Akios Nikolaos su na istoku. Regije s velikim promjenama u broju stanovnika tijekom razdoblja turizma su Hersonisos i Malia, locirani istočno od Herakliona i zapadno od Agios Nikolaos. Ierapetra, locirana južno od Agoas Nikolaos kvalificirana je kao pretežito ruralna zbog velikog broja staklenika u tom dijelu. Uzimajući u obzir iznad spomenute posebne karakteristike otoka Krete, za očekivati je da bude primjenjena specijalna strategija gospodarenja otpadom. Nažalost, u prijašnjim godinama gospodarenje komunalnim otpadom se sastojalo uglavnom od ilegalnog istovarivanja i odlaganja. U posljednjem desetljeću 20 st. bila je osmišljena prva regionalna strategija gospodarenja otpadom i počela se provoditi u regiji Chania. Prema Okvirnoj direktivi o otpadu 75/442/EEC (EEC, 1975), države članice dužne su poduzeti potrebne mjere za konačno zbrinjavanje ili eksploataciju otpada na način da ne ugrožava javno zdravlje i bez ikakvog štetnog utjecaja na okoliš U svojoj publikaciji Pogled na strategiju zajednice o gospodarenju otpadom Europska komisija donijela je hijerarhiju u gospodarenju otpadom: prevencija/smanjenje, ponovno korištenje, recikliranje, energetska iskorištavanje i sigurno odlaganje. Treba samo istaknuti da je hijerarhija samo prijedlog i nije rezultat detaljnih okolišnih i ekonomskih procjena svake alternative. To mora biti izvedeno na lokalnoj razini gospodarenja otpadom koji moraju biti u mogućnosti odabrati odgovarajući program upravljanja otpadom. [7]





Slika 1.2 Otok Kreta [8]

Osnovni cilj studije bio je razviti reprezentativnu, statistički branjivu studiju o sastavu otpada za regije Rethymnon, Heraklion i Lassithi (Agios Nikolaos). Istraživanje je proveo Odjel za inženjerstvo okoliša, Tehničko Sveučilište Kreta, u svrhu određivanja sastava komunalnog otpada (uključujući fizikalna i kemijska svojstva), kao i bilo kakvu sezonsku promjenu. Plan uzorkovanja sastojao se od uzimanja uzoraka jednom tjedno na svakom od 7 odlagališta na otoku Kreti i bilo je provedeno u 4 faze, odgovarajući svakom godišnjem dobu. U usporedbi tih podataka s podacima iz drugih regija, mogu biti promatrane određene promjene, koje se mogu pripisati specifičnim društvenim aktivnostima poput turizma. Studija može biti korištena za utvrđivanje osnovne linije za praćenje procesa u postizanju ciljeva u gospodarenju otpadom i može pomoći regionalnim vlastima u postavljanju budućih političkih smjernica u procesima upravljanja. Kako je navedeno iznad, geografske regije koje su promatrane u studiji su: Rethymnon, Heraklion i Lassithi (slika 1.3). Regije Chania i Sitia su isključene iz ove studije.



Slika 1.3 Otok Kreta (mjesto sakupljanja označena su sa x) [7]

Nedostatak opreme na svakom odlagalištu učinio je izravno određivanje količine otpada nemogućim. Procjena generirane količine komunalnog krutog otpada bazirana je na studiji Technical Chamber of Greece, 1993; OANAK, 2000. U istraživanju generirane količine komunalnog krutog otpada u svakoj regiji procijenjene su prema sljedećim pretpostavkama:

- 1) Zajednice s populacijom manjom od 10,000 stanovnika: 0,8 kg otpada po stanovniku dnevno
- 2) Zajednice s populacijom većom od 10,000 stanovnika: 0,8 kg otpada po stanovniku dnevno
- 3) Za općine regija Rethymnon, Agios Nikolaos i Ierapetra: 1 kg otpada po stanovniku dnevno
- 4) Za Heraklion: 1,2 kg otpada po stanovniku dnevno

Osim tih količina dnevne količine otpada u razdoblju turizma također će biti uzete u račun. Za procjenu broja turista uzeti su podaci nacionalne turističke agencije. Procjena tih količina provedla se koristeći se sljedeći podacima: ukupan broj turističkih kreveta u svakom općini ili zajednici, ukupan broj kreveta koji je

trenutno u upotrebi i da je srednja proizvedena količina komunalnog krutog otpada po turistu 1,2 kg po danu. [7]

## 6.1 Analiza sastava otpada

Uzorkovanje je provedeno na sedam odlagališta otpada po Kreti, prema međunarodnom standardu ASTM D 5231-92(2003) i RCRA regulativi. Određivanje sastava komunalnog otpada bazirano je na skupljanju i ručnom sortiranju određenog broja uzoraka otpada tijekom određenog perioda pokrivajući svaki tjedan svakog godišnjeg doba. Dakle, 4 faze i 7 tjedana uzorkovanja (ukupno 28 tjedana). Uzorak je sortiran na određene frakcije otpada. Težina frakcije svake komponente u uzorku je vagana. Vozila iz kojih se uzimao reprezentativni uzorak birana su nasumice svakog dana u jednotjednome periodu. Prema ASTM D 5231-92, za jednotjedni period skupljanja od  $k$  dana, broj vozila iz kojih je uzet uzorak svaki dan treba biti približno  $n/k$ , gdje je  $n$  ukupan broj vozila čiji je teret odabran za određivanje sastava otpada. Tjedni period je zadan na 5 dana. Prema ASTM D 5231-92 broj sortiranih uzoraka (to jest, teret vozila ( $n$ ) potreban za ostvariti željenu razinu mjerne preciznosti) jest funkcija komponente ( $s$ ) u obzir i razinu pouzdanosti. Odgovarajuća jednadžba za  $n$  je:

$$n = \left( \frac{t^* s}{ex} \right)^2$$

; pri čemu je  $t^*$  statistika koja odgovara željenoj razini preciznosti,  $s$  procijenjena standardna devijacija,  $e$  željena razina preciznosti, a  $x$  procijenjena sredina.

Preporučene vrijednosti  $s$  i  $x$  su navedene u tablici 1.3. Vrijednosti  $t^*$  su dati u statističkim tablicama. Tablica 1.4 je rezultat jednotjednog sakupljanja na odlagalištu Pera Galinoi. Svaki odabrani uzorak je težio u rasponu od 91-136 kg i bio je pripremljen propisno (mješoviti, konusan i podijeljen na četvrtine.) od svakog vozila z prijevoz komunalnog otpada s minimalnom zapreminom od  $1\text{m}^3$ .

Nakon što je otpad sortiran, ručno je sortiran u sljedeće kategorije: a) organski otpad: papir, ostatci hrane, trava, plastika, koža, tekstil, drvo, gume  
b) anorganski otpad: staklo (sve vrste i svih boja), metali (sve vrste osim aluminija), aluminij i inertni materijali (kamenje, tlo, građevinski otpad)  
c) razni: pelene, higijenski ulošci i otpad koji ne pripada ni u jednu od gore navedenih kategorija

Prije uzorkovanja odlagališta su bila rangirana prema sljedećim karakteristikama:

1. Postotak pokrivenosti urbano-turističkih i planinsko ruralnih regija
2. Ukupna veličina uzorka >75% ukupne količine komunalnog miješanog otpada u području studije
3. Uzimanje uzoraka u regijama gdje je velika količina reciklirajućih materijala
4. Dostupnost svakog odlagališta kroz period uzorkovanja

Laboratorijske analize miješanog komunalnog otpada uključivale su:

- a) Neposredna analiza: određivanje % sadržaja vlage, sadržaj pepela, hlapljive tvari i ugljika. Analize su provedene su prema ASTM standardima E790, E830 i E897.
- b) Analiza elemenata: određivanje % ugljika (C), vodika (H) i dušika (N). Analize su provedene su prema ASTM standardima E777 i E778.
- c) Određivanje ogrjevnosti: prema ASTM standardu E995 ili prema nekim drugim međunarodnim standardima
- d) Određivanje sadržaja teških metala

Laboratorijski uzorak sastojao se od 4 poduzorka: organski otpad (otpad od hrane), KDTG (koža, drvo, tekstil, guma), plastika (ambalažni otpad, plastične boce i ostalo) te papir (papir, karton). Količina svake frakcije bila je od 200-500g. Za privremeno

skladištenje i transport svakog uzorka do laboratorija, korištene su vodootporne zapečaćene vreće (USEPA 2001., 2002.). Vremenski interval između prikupljanja i analize uzorka bio je od 1-4 sata. Za pripravu laboratorijski uzoraka bila je korištena potrebna sigurnosna oprema (ruka, maske, zaštitne naočale), dok su za smanjenje veličine uzorka korišteni noževi i škare tako da sadržaj vlage u otpadu nije mijenjao. Za smanjenje veličine uzorka korišten je još stroj za mljevenje tip P19 s ciklonskim separatorom njemačkog proizvođača Fritsch GmbH. Određivanje sadržaja vlage postalo je izvodljivo nakon sušenja u peći na 105 °C u vremenskom intervalu od 24 sata. Za sušenje uzorka korištena je peć Jouan EU2 118, Innovens. Za hlapljive tvari ( kod 950 °C) i za određivanje sadržaja pepela ( kod 550 °C) korištena je peć koja je u stanju postići 1200 °C (tip 24/12 s kontrolnom pločom B170, Nabertherm ). Analiza elemenata je provedena s automatskim analizatorom elemenata ( tip CHN 600, LECO). Ogrjevna vrijednost uzoraka čvrstog otpada određena je pomoću kalorimetra ( tip AC 300, LECO), dok je sadržaj teških metala određen je pomoću plamene atomske apsorpcije (C.A.U. GmbH, Njemačka). [7]

## 6.2 Rezultati određivanja sastava komunalnog otpada na otoku Kreti

Analiza sastava otpada za period 2003. – 2004. prikazana je na slici 1.4 i 1.5. Tri glavne kategorije otpada se mogu identificirati: organski otpad papir i plastika, čiji udio je oko 76% ukupne količine komunalnog krutog otpada. Organski predstavlja 39%, dok su papir i plastika drugi sa 17% odnosno 20%. Udio stakla (7%) je također znatan, uglavnom se sastoji od boca za jednokratnu upotrebu. Posebno u turističkim regijama poput Hersonisosa i Malie gdje je udio stakla na jesen dosegao 18%. Udio inertnih materijala je posebno nizak (2%). Velika sezonska varijacija u udjelu stakla (jesen i ljeto >6,5%, zima približno 4%) primijećena je u regijama s velikim brojem turista (npr. Hersonis s najvećom vrijednosti od čak 18%). Također je utvrđeno da je tu produžena upotreba nereciklirajućih i nepovratnih boca. Također je velika sezonska varijacija frakcije aluminija ( jesen i ljeto približno 2 %, zima <1%). Njegova apsolutna

vrijednost je slična s vrijednostima u drugim grčkim regijama. Uspoređujući zimski i ljetni period, značajno je smanjenje u koncentraciji papira( približno 23%), metala(3,5%), dok koncentracije glomaznog otpada i automobila s dotrajanim vijekom trajanja nisu prisutne. Nadalje, u Ierapetri, gdje je velik broj plastenika velika je sezonska varijacija plastike u miješanom komunalnom otpadu. Ova varijacija je nazvana zeleni efekt. [7]

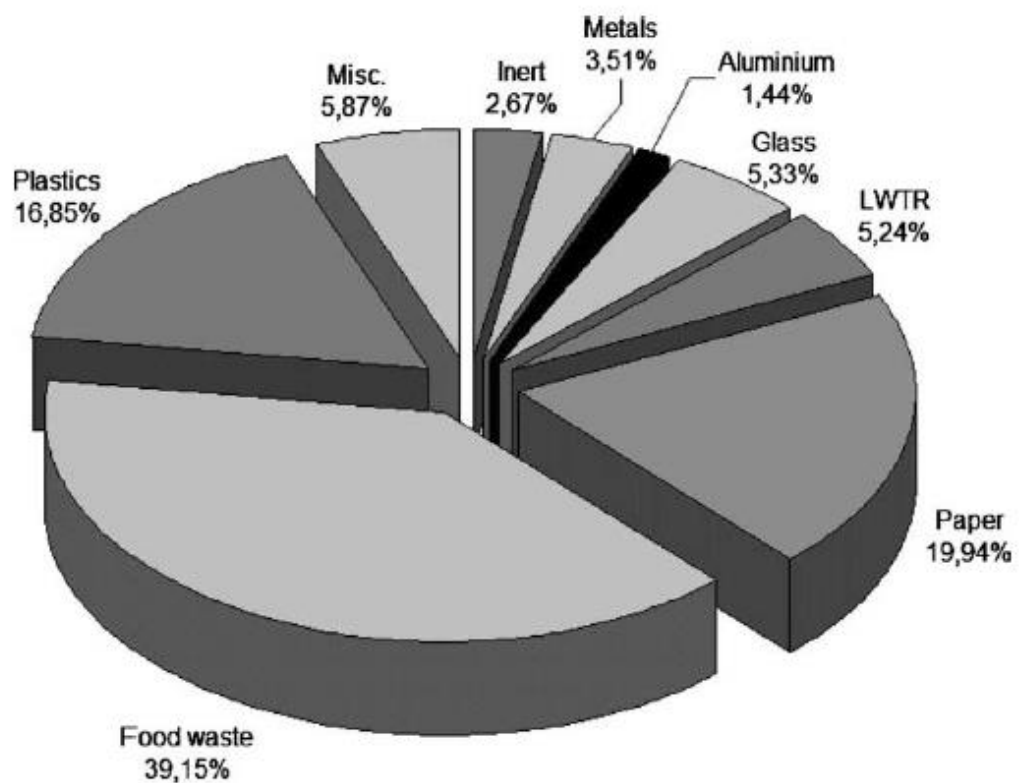
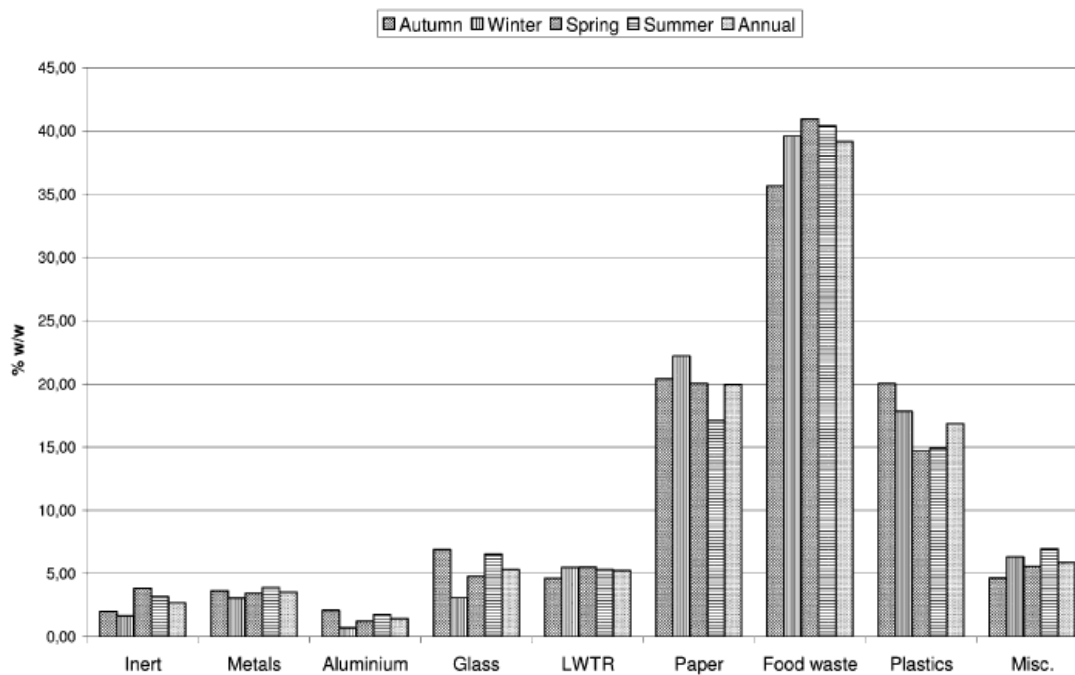


Fig. 4. Waste composition analysis (average) and results

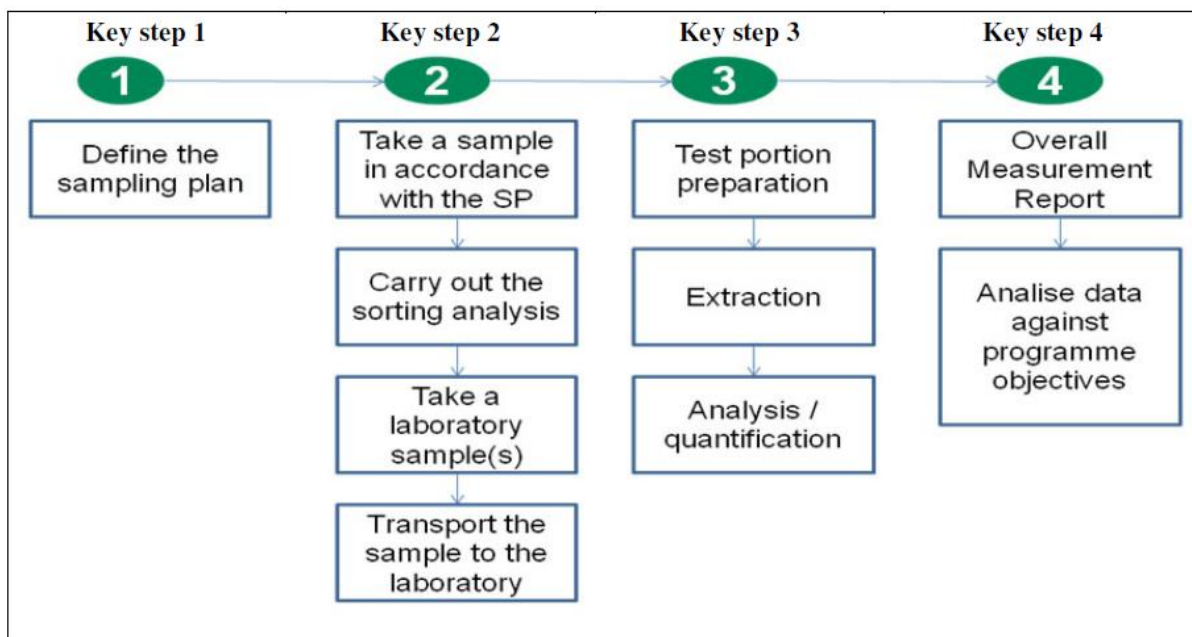
Slika 1.4 Sastav komunalnog otpada [7]



Slika 1.5 Sezonske varijacije komunalnog otpada [7]

## 7. Eksperimentalne studije u Rumunjskoj i Bugarskoj

Kako bi osigurala da je način testiranja komunalnog otpada adekvatan, projektna skupina je jasno definirala korake koji su bili određivanje moguće ponovne iskoristivosti otpada i drugih parametara koji mogu utjecati na daljnje obrade otpada. Svi koraci bili su pažljivo provedeni prema planu uzorkovanja. Zbog toga što su tehničke specifikacije za potrebne uzorke i razina kvalitete bili isti za sve korake pripremljen je samo jedan plan prikupljanja za obje studije u Bugarskoj i Rumunjskoj. U nastavku na slici 1.6 dani su ključni koraci u provedbi studija: određivanje plana uzorkovanja, uzorkovanje, laboratorijska analiza, izvještaj.



Slika 1.6 Opća shema prikupljanja i analize uzoraka [9]

Za provođenje analize krutog komunalnog otpada korištena je jednostavna nasumična metoda sakupljanja. U Bugarskoj se uzimanje uzoraka provodilo u gradu Razlogu s 13421 stanovnika, a u Rumunjskoj prikupljanje uzoraka je izvedeno u sjeveroistočnoj regiji u 6 glavnih gradova regije Bacao, Botosani, Iasi, Piatra Neamt, Suceava i Vaslui s ukupno 832 217 stanovnika. U obje države uzorci su uzimani u urbanim stambenim područjima i bili su prikupljeni pomoću vozila za prikupljanje otpada. Nakon prvog prikupljanja, uzorci su se izvadili iz sakupljenog otpada ručnom podjelom uzorka oblikovanjem u stožac i četvrtanjem.. Procedura za to je bila raspršiti uzorak na ravnoj površini kružnog oblika: uzorak je pomiješan lopatom i napravljen je konus. Uzorak je podijeljen na 4 dijela istog oblika i veličine kako je prikazano na slici 1.7. [8]

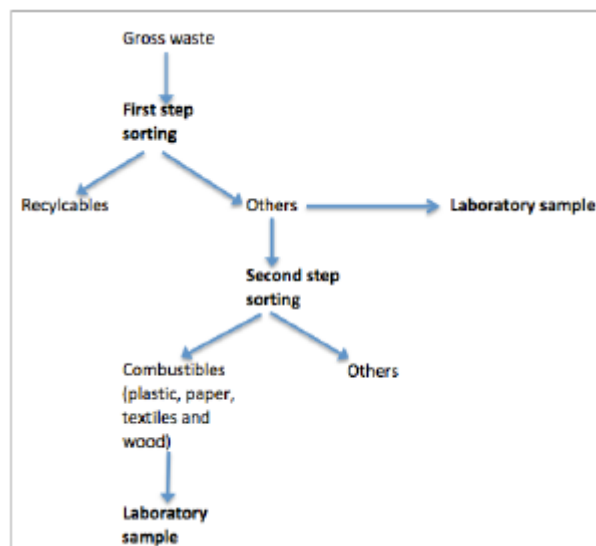


Slika 1.7 Tehnika uzorkovanja četvrtanjem [9]



Dvije nasumične stranice su odbačene, a preostali dijelovi uzorka su pomiješani. U Rumunjskoj je uzorak pripremljen za svaki grad posebno. Nakon što je uzorak donesen u područje sortiranja, počelo se sa sortiranjem. Različite komponente uzorka su se odjeljivale iz uzorka i bile su pohranjivane u plastične vreće. Nadzornik je provjerio sve vreće kako bi se osiguralo da plastične vreće sadrže navedene frakcije otpada. Nakon toga svaka vreća je bila vagana i njihove su mase zabilježene.

Sortiranje uzorka je provedeno u dva koraka koji su prikazani na slici 1.8



Slika 1.8 Plan sortiranja otpada [9]

Tijekom prvog koraka veći dijelovi otpada su izdvojeni: PET plastika, PE plastika, druge vrste plastike, papir, metali, staklo, tekstil, drvo i drugo. Pretpostavka za ovu frakciju je da recikliranje može biti izvedivo s ekonomske i tehničke strane gledišta. Nakon prvog koraka razvrstavanja preostali materijal je podijeljen na sljedeće frakcije: miješana plastika, tekstil (potencijalno zapaljiva frakcija) i organska frakcija. Dva laboratorijska uzorka su uzeta nakon drugog koraka sortiranja i uzorci su testirani u laboratoriju kompanije Gorenja Surovina. Uzorci su analizirani uzimajući u obzir

ukupnu vlagu, ogrjevnu vrijednost (bruto kalorična vrijednost), sadržaj klora i teških metala. Laboratorijska analiza je uključivala:

Prvi uzorak: otpad nakon uklanjanja materijala za recikliranje koji se sastojao većinom od organskih materijala, tla i ostalih anorganskih materijala

Drugi uzorak: zapaljive frakcije (ostatak plastike, papira, tekstila i drva) potencijalno pogodnih za energetska iskorištenje. Uzorci su uskladišteni na takav način da nije bilo nikakve mogućnosti za potencijalan gubitak hlapljivih tvari; inače uzorak više ne bi bio reprezentativan. Jasno čitljiv, jedinstven nedvosmislen kod bio je napisan na svaku vrećicu u kojoj je bio uzorak. Laboratorijski uzorci uzeti su u Sloveniju na laboratorijske analize pomoću kojih se odredio fizikalno kemijski sastav otpada. [9]

Kao što je i prikazano u tablici 1.6 najviše zastupljena frakcija otpada u miješanom komunalnom otpadu u općini Razlog je organska frakcija s 58,3%, a odmah nakon toga slijedi građevinski otpad s udjelom od 15,8%. Potrebno je napomenuti da je količina građevinskog otpada utvrđena u miješanom komunalnom otpadu neobično visoka. [9]

Tablica 1.6 Frakcije zastupljene u komunalnom otpadu u Rumunjskoj [9]

<b>Fractions</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>
Plastic	24,8	9,2%
Paper	19,8	7,3%
Metals	2,1	0,8%
Glass	11,9	4,4%
Textile	7,3	2,7%
Wood	4,3	1,6%
WEEE	0,0	0,0%
C&D	42,8	15,8%
Organic (residual)	158,0	58,3%
<b>Total</b>	<b>271,0</b>	<b>100,0%</b>

U tablici 1.7 prikazani su bruto rezultati zastupljenosti otpada u sjeveroistočnoj regiji Rumunjske

Tablica 1.7 Bruto rezultati zastupljenosti otpada u sjeveroistočnoj regiji Rumunjske [9]

GROSS RESULTS	Bacau		Vaslui		Iasi		Botosani		Suceava		Neamt		AVERAGE	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Plastic	31,8	20,8	26,1	11,4	25,7	8,8	21,0	9,8	12,8	13,1	20,5	11,2	23,0	12,5
Paper	29,9	19,5	15,6	6,8	32,0	11,0	23,2	10,8	11,8	12,1	11,9	6,5	20,7	11,1
Metal	2,0	1,3	2,6	1,1	0,6	0,2	2,3	1,1	1,5	1,5	2,7	1,5	2,0	1,1
Glass	5,0	3,3	21,6	9,5	2,2	0,8	3,3	1,5	2,6	2,7	5,5	3,0	6,7	3,5
Textile	8,1	5,3	5,8	2,5	2,4	0,8	2,3	1,1	3,6	3,7	8,6	4,7	5,1	3,0
Wood	3,2	2,1	0,5	0,2	4,4	1,5	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,8
WEEE	0,0	0,0	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
C&D	3,0	2,0	10,0	4,4	54,8	18,9	22,7	10,6	7,8	8,0	14,0	7,7	18,7	8,6
Organic (residual)	70,0	45,8	144,2	63,1	168,3	58,0	136,6	63,9	57,5	58,9	119,6	65,4	116,0	59,2
<b>TOTAL</b>	<b>153,0</b>	<b>100</b>	<b>228,4</b>	<b>100</b>	<b>290,4</b>	<b>100</b>	<b>213,9</b>	<b>100</b>	<b>97,6</b>	<b>100</b>	<b>182,8</b>	<b>100</b>	<b>194,4</b>	<b>100</b>

U tablici 1.8 prikazana je usporedba rezultata između Rumunjske i Bugarske iz prve i druge kampanje sakupljanja. Vidljivo je da su rezultati jako slični. Uzrok tome vjerojatno leži u tome što se nalaze u istoj regiji i sličnog su ekonomskog razvoja. U obje države udio organskog otpada je jako visok, ostale frakcije su podjednake zastupljenosti; jedino je u Bugarskoj povećana količina građevinskog otpada. [9]

Tablica 1.8 Usporedba rezultata između Rumunjske i Bugarske iz prve i druge kampanje sakupljanja [9]

**Table 4:** Comparison of the results from the first and second sampling campaigns

Fractions	BULGARIA		ROMANIA	
	1st sampling	2nd sampling	1st sampling	2nd sampling
Plastic	9,2%	10,6%	12,5%	12,60%
Paper	7,3%	6,2%	11,1%	13,70%
Metals	0,8%	0,7%	1,1%	1,60%
Glass	4,4%	2,8%	3,5%	4,60%
Textile	2,7%	3,1%	3,0%	2,10%
Wood	1,6%	1,5%	0,8%	0,40%
WEEE	0,0%	0,0%	0,2%	0,00%
C&D	15,8%	13,6%	8,6%	0,70%
Organic (rest)	58,3%	61,6%	59,2%	64,40%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Sastav komunalnog otpada ovisi o nizu čimbenika poput životnog stila populacije, o životnom standardu populacije, generalnom obrascu potrošnje, razini tehnološkog napretka u određenoj zemlji i na taj način je teško izvući sigurne zaključke iz direktne usporedbe. [9]

Cilj prvog koraka sortiranja bio je analizirati potencijalno reciklirajuće materijale u miješanom komunalnom otpadu. Veliki i čisti dijelovi otpada pogodni za recikliranje i daljnje postupanje su izdvojeni van. Mora biti spomenuto da je izraz „reciklirajući materijal“ u miješanom komunalnom otpadu podložan da bude visoke kvalitete i određenih karakteristika da bi se ponovno industrijski iskoristio. Reciklirajuća frakcija u miješanom komunalnom otpadu u gradu Razlogu u Bugarskoj je 28,3%, što je definirano u prvoj fazi sortiranja. Cilj drugog koraka sortiranja bio je analizirati potencijalno zapaljive materijale u miješanom komunalnom otpadu pogodne za energetska iskorištavanje. Udo zapaljive frakcije u Bugarskoj je bio 7,6% (bazirano na ukupnoj težini uzorka) i 10,6% (bazirano na masi uzorka tijekom 2 sortiranja). U prosjeku je 29,6 % miješanog komunalnog otpada je pogodno za ponovno iskorištenje u sjeveroistočnoj regiji u Rumunjskoj. Srednja vrijednost zapaljive frakcije otpada u miješanom komunalnom otpadu je 8,3 % (bazirano na ukupnoj masi) i 11,8% (bazirano na masi nakon drugog sortiranja). [9]

## 8. Zaključak

U ovome radu opisane su metode za određivanje sastava komunalnog otpada. Dati su i primjeri studija u kojima je određivan sastav komunalnog otpada. Kao što je vidljivo u radu, postoji više metoda za određivanje sastava komunalnog otpada. Međutim, po mojem mišljenju trebalo bi usavršiti jednu metodu i tu metodu koristiti u čitavom svijetu kao osnovnu. Kao što je i prikazano u studijama, može se na precizan način odgovarajućim metodama odrediti sastav otpada. Određivanje sastava komunalnog otpada vrlo je bitno jer jedino pomoću podataka o sastavu otpada možemo odrediti najbolju metodu za njegovu obradu.

## 9. Popis literature

[1] Kalambura S., Krička T., Kalambura D. : Gospodarenje otpadom, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2011.

[2] <http://www.azo.hr> ; datum pristupa: 25.4.2016

[3] Izvješće o komunalnom otpadu, Agencija za zaštitu okoliša, veljača 2012.

[4] Dahlen L., Lagerkvist A. : Methods for household waste composition studies, Article in Waste Management, veljača 2008.

[5] Bjelić M. : Metodologija za određivanje sastava i količina komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada s Naputkom za naručivanje i provedbu određivanja prosječnog sastava komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, listopad 2015.

[6] Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine, NN br. 178/2004 i 111/2006

[6] Gidarakos E. ,Havas G. , Ntzamilis P. : Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete, Laboratory of Toxic and Hazardous Waste Management, Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete, GR-73100 Polytechniopolis Chania, Crete, Greece, 2005.

[7] <https://www.google.hr/search?q=otok+kreta&client=firefox-b-ab&tbm=isch&imgil=>, datum pristupa 20.5.2016

[8] Venetis C. , Moustakas K. , Zorpas A., Claudia C.: Municipal Solid Waste Experimental Studies in Romania and Bulgaria, siječanj 2012.

## 10. Popis slika

Slika 1.1 Količine komunalnog otpada u RH

Slika 1.2 Otok Kreta

Slika 1.3 Otok Kreta (mjesto sakupljanja označena su sa x)

Slika 1.4 Sastav komunalnog otpada

Slika 1.5 Sezonske varijacije komunalnog otpada

Slika 1.6 Opća shema prikupljanja i analize uzoraka

Slika 1.7 Tehnika uzorkovanja

Slika 1.8 Plan sortiranja

## 11. Popis tablica

Tablica 1.1 Grupa 20 kataloga otpada

Tablica 1.2 Prikaz prosječnog godišnjeg sastava komunalnog otpada u RH

Tablica 1.3 Frakcije zastupljene u komunalnom otpadu u Rumunjskoj

Tablica 1.4 Bruto rezultati zastupljenosti otpada u sjeveroistočnoj regiji Rumunjske

Tablica 1.5 Usporedba rezultata između Rumunjske i Bugarske iz prve i druge kampanje sakupljanja

Tablica 1.6 Frakcije zastupljene u komunalnom otpadu u Rumunjskoj

Tablica 1.7 Bruto rezultati zastupljenosti otpada u sjeveroistočnoj regiji Rumunjske

Tablica 1.8 Usporedba rezultata između Rumunjske i Bugarske iz prve i druge kampanje sakupljanja