

Primljen / Received: 14.11.2011.

Ispravljen / Corrected: 13.8.2012.

Prihvaćen / Accepted: 24.8.2012.

Dostupno online / Available online: 15.9.2012.

# Gospodarenje komunalnim otpadom primjenom tehnologije higijenzacije

Autor:



Prof.dr.sc. **Jakša Miličić** dipl.ing. građ.  
 Grad Split  
[jaksa.milicic@spl.it.hr](mailto:jaksa.milicic@spl.it.hr)

Stručni rad

**Jakša Miličić**

## Gospodarenje komunalnim otpadom primjenom tehnologije higijenzacije

U gospodarenju komunalnim otpadom, a u skladu sa Strategijom gospodarenja otpadom u RH, često se primjenjuje mehaničko-biološka obrada (MBO) otpada. Primjenom te tehnologije dobiva se relativno velika količina tzv. suhe frakcije koja se balira i upućuje u toplinsku obradu. Jedna mogućnost toplinske obrade "suhe frakcije" jest u proizvodnim procesima industrije cementa. U radu je napravljena detaljna analiza primjene tehnologije higijenzacije koja posebnim postupkom obrađuje komunalni otpad tako da ga se može iznimno dobro iskoristiti kao tzv. alternativno gorivo u cementarama. Analiza je izrađena za područje Splitsko-dalmatinske županije.

**Ključne riječi:**

komunalni otpad, mehaničko-biološka obrada, higijenzacija, alternativno gorivo

Professional paper

**Jakša Miličić**

## Municipal waste management by hygienization technology

The mechanical-biological treatment of waste is often applied in the municipal waste management, which is in accordance with the Strategy of Waste Management in the Republic of Croatia. A relatively great quantity of the so called "dry fraction" is obtained when this technology is used. This dry fraction is baled and sent for thermal treatment. One of the possibilities for thermal treatment of the dry fraction is its use in the cement industry manufacturing processes. This paper provides a detailed analysis of the "hygienization" technology by which the municipal waste is treated in such a way that it can be reused exceptionally well as an alternative fuel in cement plants. The area of the Split-Dalmatia County is covered by the analysis.

**Key words:**

municipal waste, mechanical-biological treatment, hygienization, alternative fuel

Fachbericht

**Jakša Miličić**

## Kommunale Abfallwirtschaft durch Anwendung der Hygienisierungstechnologie

In Einklang mit der Abfallwirtschaftsstrategie in der Republik Kroatien wird bei der kommunalen Abfallwirtschaft häufig die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) angewandt. Durch Anwendung dieser Technologie erhält man eine relativ große Menge der so genannten "Trockenfraktion", die balliert und wärmebehandelt wird. Eine Möglichkeit der Wärmebehandlung der "Trockenfraktion" liegt in den Herstellungsprozessen der Zementindustrie. In der Arbeit ist eine detaillierte Analyse der Anwendung der Technologie der "Hygienisierung" gegeben, die in einem Sonderverfahren den Kommunal-Abfall so behandelt, dass er außerordentlich gut als Alternativbrennstoff in Zementfabriken verwendet werden kann. Die Analyse wurde für die Gespanschaft Split - Dalmatien ausgearbeitet.

**Schlüsselwörter:**

Kommunal-Abfall, mechanisch-biologische Behandlung, Hygienisierung, Alternativbrennstoff

## 1. Uvod

Gospodarenje otpadom regulirano je dokumentom pod nazivom Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske [1], a posebnim je Planom [2] određena realizacija do 2015. godine. Taj dokument gospodarenja komunalnim otpadom između ostalih preporučuje primjenu tehnologije mehaničko-biološke obrade (MBO) nakon koje preostaje znatna količina tzv. suhe frakcije koja se balira i upućuje u toplinsku obradu. Dokument međutim ne određuje ni tehnologiju toplinske obrade, ali ni lokacije koje su prepuštene lokalnim i regionalnim opredjeljenjima. U spomenutim se dokumentima nigdje ne nazire mogućnost toplinske obrade "suhe frakcije" u proizvodnim procesima industrije cementa. Logično je stoga ispitati tu soluciju ponajprije za potrebe Splitsko-dalmatinske županije, ali i eventualnih potreba i mogućnosti za preostale tri županije u Dalmaciji. U radu je provedena analiza primjene tehnologije "higijenizacije" (eng. hygienization) koja na poseban način obrađuje ukupan komunalni otpad koji se kasnije većim dijelom može iskoristiti kao tzv. alternativno gorivo.

## 2. Komunalni otpad u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Na količinu proizvedenog otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji utječe nekoliko različitih čimbenika:

- ukupan broj stanovnika
- broj stanovnika obuhvaćen organiziranim prikupljanjem otpada
- broj turističkih noćenja.

Prema podacima iz popisa stanovništva od 2011., u Splitsko-dalmatinskoj županiji ima 455.242 stalna stanovnika u 156.080 kućanstava, a uslugom prikupljanja otpada obuhvaćeno je približno 94% pučanstva. Prema [3], na području Županije po stanovniku nastaje 1,32 kg/dan komunalnog otpada. Kako je riječ o županiji s razvijenim turizmom gdje se godišnje ostvaruje oko 6,7 milijuna noćenja, turizam u ukupnom komunalnom otpadu ima velik udio, procjenjuje se na približno 5%. Prema podacima Agencije za zaštitu okoliša iz studenoga 2011. [3], količina proizvedenog komunalnog otpada u Hrvatskoj iznosi gotovo 1,63 milijuna tona, odnosno 367 kilograma po stanovniku (približno 1 kg/dan). No, to je još uvijek znatno niže od prosjeka zemalja Europske unije, u kojima je to oko 500 kilograma po stanovniku.

U 2005. godini u Splitsko-dalmatinskoj županiji odloženo je približno 135.000 t komunalnog otpada [4], a na temelju evidencija i anketiranja komunalnih poduzeća procijenjeno je da proizvodni otpad koji nastaje u industriji, obrtu te ostalim tehnološkim procesima u 2005. iznosi dodatnih 15.000 t. Važno je napomenuti da se taj otpad po sastavu i svojstvima znatno razlikuje od komunalnog otpada. Prema

tome, na odlagališta Splitsko-dalmatinske županije tijekom 2005. godine dovezeno je ukupno 150.000 tona komunalnog i proizvodnog otpada. U 2010. godini, prema [3], ukupna količina skupljenog komunalnog otpada iznosi 223.369 t, što je znatan porast u odnosu na 2005. godinu, a koji je najvjerojatnije rezultat većih napora koji se ulažu u zbrinjavanje otpada. Udio Splitsko-dalmatinske županije u ukupnom skupljenom otpadu u Hrvatskoj je 13,88% [3].

Za potrebe analiza vezanih za gospodarenje komunalnim otpadom važan je njegov sastav. Sastav komunalnog otpada Splitsko-dalmatinske županije za 2005. godinu prikazan je u tablici 1. Iz navedenih podataka je vidljivo da se iz komunalnog otpada Splitsko-dalmatinske županije godišnje mogu dobiti znatne količine "suhe frakcije". Ako je poznato da se kalorična vrijednost komunalnog otpada kreće između 12 i 20 MJ/kg [5], tada se ono može koristiti i kao alternativno gorivo.

Tablica 1. Sastav komunalnog otpada Splitsko-dalmatinske županije, [4]

Vrsta otpada	Količina [t/god]	Udio [%]
Kuhinjski biološki otpad	56.835	42,1
Papir i karton	26.865	19,9
Koža i kosti	4.185	3,1
Drvo	1.755	1,3
Tekstil	10.665	7,9
Staklo	9.045	6,7
Metali	5.535	4,1
Inertni otpad	2.565	1,9
Plastika	16.200	12,0
Guma	945	0,7
Poseban otpad	405	0,3
<b>Ukupno:</b>	<b>135.000</b>	<b>100</b>

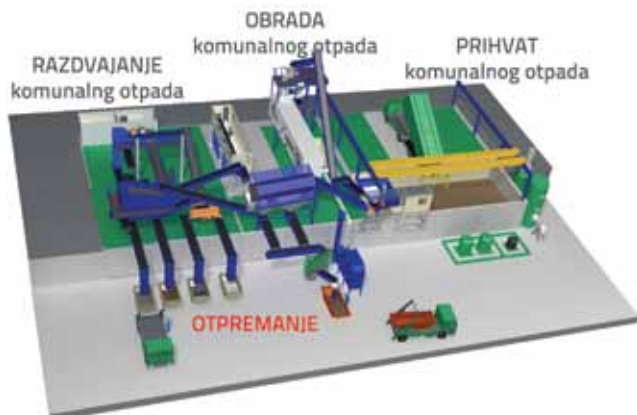
## 3. Tehnologija higijenizacije komunalnog otpada

Higijenizacija je relativno nova tehnologija gospodarenja komunalnim otpadom koja se primjenjuje od 2010. Prvi je put uspješno primijenjena u Barceloni u Španjolskoj i to pod zaštićenim nazivom *Ambiensys* [6]. Postrojenje za preradu komunalnog otpada instalirano je u jednoj postojećoj građevini, kapaciteta 25.000 t/god odnosno 3,8 t/sat. Radna površina na kojoj se kontinuirano odvija cijeli proces je 1.400 m<sup>2</sup>, a proces je podijeljen u tri cjeline, kako je shematski prikazano na slici 1.

**Prva cjelina - prihvata komunalnog otpada.** Otpad se doprema vozilima te se odlaže u prihvatne bazene (jame) koji su u sustavu podtlaka. Na kraju prihvatnog bazena je snažan stroj sjekač za sječenje otpada i cijepanje plastičnih vreća s otpadom. Radi se o standardnom komunalnom otpadu s mokrom i suhom frakcijom te metalima i inertnim dijelom.

**Druga cjelina – obrada komunalnog otpada.** Termička obrada otpada provodi se primjenom stroja *Geiserbox* (slika 2.), gdje se uz pomoć vodene pare (temperatura 160 °C i tlak od 6,08 bara) obrađuje komunalni otpad. Otpad malom brzinom prolazi kroz uređaj, a cijeli proces traje približno 30 do 35 minuta.

**Treća cjelina – razdvajanje komunalnog otpada.** Nakon obrade, komunalni otpad ide u treći (odvojeni) dio pogona gdje se mehanički razvrstava i usmjerava ovisno o vrsti i kvaliteti dobivenog materijala.



Slika 1. Shematski prikaz postrojenja za higijenzaciju komunalnog otpada [6]



Slika 2. Postrojenje za termičku obradu otpada "Geiserbox" [6]

Potrebna visina za rad ovakvog postrojenja je najmanje 15 m. Da bi se ostvario navedeni kapacitet od 25.000 t/god (ili 3,8 t/h) te za smještaj sva tri dijela proizvodnog procesa, potreban je prostor od 1500 m<sup>2</sup> s dodatnih minimalno 1000 m<sup>2</sup> manipulativnoga prostora. Komunalni otpad se izravno dovozi u prijemnu halu u kojoj je bazen za prihvata. Iznad bazena je ugrađena mosna dizalica s utovarivačem grabferom. Grabfer je višekraka grabilica (može biti i hidraulična) koja je ugrađena na hidraulični kran, a koristi se kao mehanička ruka za prikupljanje i transport rasutog i komadnog materijala, u ovome slučaju otpada (slika 3.).



Slika 3. Prikaz rada grabfera (grabilice) pri pretovaru otpada [7]

Na kraju bazena, na granici sa sljedećom tehnološkom cjelinom, nalazi se snažan stroj sjekač u koji se otpad ubacuje grabferom. Isječeni se otpad potom transporterom podiže do visine gdje ulazi u sustav postrojenja za termičku obradu (*Geiserbox*) tj. u proces higijenzacije (slike 1. i 2.). Kako bi se osigurao neprekidan rad postrojenja, u prvom dijelu se isječeni komunalni otpad grupira u količinama koje su određene veličinom jednog punjenja (šarže) sustava *Geiserboxa* i ubacuje u poseban cilindar postrojenja. Dakako da sličnim ritmom iz cilindra izlazi već obrađena šarža otpada. Cilindar sadrži poseban pužni vijak koji gura otpad od početka do kraja procesa. U cilindar se uvodi vrela vodena para, a upravo se zbog pare i tlaka moraju posebno regulirati uvjeti ulaska otpada i izlaska obrađenog materijala.

Tablica 2. Sastav komunalnog otpada nakon obrade u postrojenju

Sastav	Udio u masi [%]
Inertni dio (ovisno o ulaznoj količini)	5,08
PET ambalaža	0,66
Željezo	3,66
Obojeni metali	0,55
"Suha frakcija"	35,18
"Organska vlakna"	54,87
Ukupno:	100,00

Nakon završene obrade, otpad izlazi u trećem dijelu pogona. Prema [8], obrađeni komunalni otpad nakon procesa higijenzacije nema mirisa, inertan je i steriliziran. Tijekom rada postrojenja, osim ispuštanja vruće pare, nema ispuštanja

otpadnih plinova ni otpadnih voda. Masa je približno ista kao pri ulasku, ali je volumen zbog sječenja i tlačenja reduciran za 80 %, dakle na samo 20 % od ulaznog volumena. Postrojenje koje je instalirano u Barceloni obrađuje standardni komunalni otpad, a njegov sastav nakon obrade postupkom higijenzacije prikazan je u tablici 2.

Inertni se dio usmjerava u poseban nasip, PET ambalaža se pakira i prodaje po cijeni od približno 25 eura/t, željezo se također pakira i prodaje po cijeni od gotovo 45 eura/t, a obojeni metali po cijeni od 140 eura/t. Preostali dio koji ostaje su:

- "suha frakcija" koja se sastoji od plastike (teške), drva, gume, tekstila, kostiju, kože, pelena i sl., a ima kaloričnu vrijednost veću od 16,7 MJ/kg
- "organska vlakna", koja su i najveći dio izlaznog materijala. Riječ je o vlažnom materijalu koji se može prosušiti pa tada ima kaloričnu vrijednost od 15,5 MJ/kg. Kako je riječ o vlažnom materijalu, on se može izložiti u procesu fermentacije radi dobivanja komposta.

"Suha frakcija" na kraju procesa se usitnjava da bi se lakše termički obradila. PET ambalaža izvlači se optičkim separatorom, željezo se odvaja elektromagnetom, a obojeni metali efektom vrtložnih struja (eng. *edycurrent*). U osnovnoj proizvodnoj jedinici s kapacitetom od 25.000 t/god ključni je dio cilindar dužine 17 m i promjera 2 m (slika 2.), a važni su mu dijelovi sustavi za ulazak otpada i izlazak obrađenog otpada. Cilindar se nalazi u posebnoj čeličnoj konstrukciji, čija je dimenzija i ukrčenja određena uvjetima prijevoza. Vrlo važna stavka kod svakog postrojenja su troškovi njegova rada. Na prvom instaliranom postrojenju u Barceloni kapaciteta 25.000 t/god operativni troškovi rada su 23,75 eura/t. Prikaz svih troškova te njihov udio u proizvodnji vidljivi su u tablici 3. (izneseni se postoci odnose na ukupnu proizvodnu cijenu).

Tablica 3. Udio troškova rada postrojenja za obradu otpada postupkom "higijenzacije"

Vrsta troška	Udio [%]
Električna energija	15,54
Voda	0,29
Plin	0,62
Vodena para	5,22
Održavanje instalacije	20,97
Rad djelatnika u pogonu	40,09
Rad djelatnika na održavanju	17,22

Prema [6], za postrojenje kapaciteta 50.000 t/god postignuti su manji operativni troškovi rada i to 20,90 eura/t. Ukupna investicijska ulaganja za postrojenje kapaciteta 50.000 t/god uključujući i komunalno opremljeno građevinsko zemljište, iznose oko 14,5 milijuna eura. Cijena koja se plaća za dovezeni otpad je 55 eura /t.

Opisani postupak higijenzacije nije u cijelosti mehaničko – biološka obrada (MBO) komunalnog otpada jer je iz njega isključena biološka obrada otpada. Ovaj postupak treba svrstati u fizičke procese sterilizacije vrućom vodenom parom pod tlakom koji se događaju u autoklavu (eng. *autoclaving*), tj. u postrojenju za sterilizaciju primjenom vodene pare pod visokim tlakom. Zbog toga bi postupak higijenzacije više pripadao grupi mehaničko-toplinske obrade (MTO, eng. MHT – Mechanical Heat Treatment). Cijena prihvata i obrade komunalnog otpada kod ove vrste obrade trebala bi biti konkurentna cijeni koja se postiže primjenom standardnog MBO postupka. Ako bi se gorivi dio (prosušeni dio organskih vlakana i kruti gorivi dio) koristio u industriji cementa kao alternativno gorivo, onda bi to moglo biti ekološki i ekonomski zadovoljavajuće rješenje.

#### 4. Alternativno gorivo za tvornice cementa

Najveći dio komunalnog otpada koji se obrađuje postupkom higijenzacije, nakon obrade uglavnom se pretvara u masu nazvanu "organska vlakna". U tom se procesu smanjuje volumen svega što je organskog porijekla, uključujući papir i karton, a sadrži i približno 55 % vlage. Zato se takav materijal može upotrijebiti za izradu komposta ili prosušiti u istom postrojenju na 13-15 % vlage te po mogućnosti iskoristiti kao alternativno gorivo. Prosušeni materijal takvog sastava ima, kako je već rečeno, kaloričnu vrijednost od 15,5 MJ/kg. Ovisno o prihvatljivosti kemijskog sastava, taj se prosušeni materijal može upotrijebiti kao dobro alternativno gorivo u industriji cementa i tako uštedjeti i smanjiti utrošak fosilnih goriva. Posebno kad se tome doda i gorivo dobiveno iz otpada u rastresitom stanju (fluff RDF-a) koje nastaje u istom pogonu iz usitnjavanja gorivih krutih tvari visoke ogrjevne vrijednosti. Međutim, materijal nazvan "organska vlakna" može poslužiti i u procesu depolimerizacije pri dobivanju etanola, a to može biti sve zanimljivije zbog rasta cijena nafte.

Tehnologija higijenzacije zanimljiva je iz više razloga:

- sa stajališta investicijskog ulaganja nudi rješenje s prihvatljivom visinom ulaganja
- ukupni ulazni volumen otpada smanjuje za pet puta (na nekih 20 %) što je iznimno važno
- ukupno obrađeni otpad higijenzira (sterilizira) te odvaja iskoristive materijale (metali, PET...) izdvaja inertni dio, a sve ostalo priprema za toplinsku obradu:
  - "suha frakcija" (drvo, guma, koža, kosti, tekstil, plastika i dr.)
  - "organska vlakna" koja još prolaze proces prosušivanja.

Kako živimo u vremenu u kojem je nafta ključni energent i sirovina, a koja vjerojatno više nikada neće biti 15 dolara po barelu i mnogo je vjerojatnija cijena od 100 dolara po barelu, sve to znatno mijenja sva gospodarska zbivanja u svijetu. Međutim, problemima s energijom danas se priključuju i problemi ekologije koji se međusobno isprepleću i sukobljavaju,

pa se energija i ekologija na kraju sreću s ekonomijom. Dolazimo tako do "3 E stanja" u kom će ekologija i energija samo u ekonomiji naći ravnotežu odnosno pomirenje.

U ovom slučaju imamo primjer iskorištavanja tzv. suhe frakcije komunalnog otpada kao alternativnog energenta za pečenje klinkera u industriji cementa. Zapravo se suha i prosušena frakcija komunalnog otpada pojavljuju kao alternativni energent s tehnološkim, ekološkim i ekonomskim učincima u procesu pečenja klinkera.

Prema već navedenim podacima iz 2010. godine, Splitsko-dalmatinska županija proizvede oko 220.000 t komunalnog otpada na godinu. Ako se taj otpad obradi tehnologijom higijenzacije, dobit će se "suha frakcija" s približno 30 % masenog udjela i često spominjana "organska vlakna" s 55 % masenog udjela. Ako se "organska vlakna" prosušuju na 13 do 15 % vlage, u tom će procesu izgubiti na masi približno 27 %. Ukupno će ti sastojci obrađenog otpada imati 73 % ulazne mase komunalnog otpada. To znači da se može računati s približno 160.000 (220.000 x 0,73) tona gorivog materijala na godinu. Masa se sastoji od usitnjenog krutog otpada i prosušenih organskih vlakana. Kruti se otpad mora usitniti na veličinu od najviše 2,5 cm, a organska vlakna već su usitnjena u procesu higijenzacije. Usitnjavanje odnosno sušenje obavlja se u istom pogonu gdje se i provodi proces higijenzacije te se kao gotovo alternativno gorivo prevozi do tvornice cementa.

Troškovi skladištenja i prijevoza do tvornice cementa iznose prema procjenama oko 20 eura/t. Kako je već navedeno, ovaj alternativni energent ima ogrjevnu vrijednost veću od 15 MJ/kg. Energent koji danas koristi industrija cementa ima kalorijsku vrijednost od 36,7 MJ/kg. Dakle, kilogram energenta koji se danas koristi u industriji cementa vrijedi kao 2,45 kg alternativnog energenta. To znači da 160.000 tona alternativnog goriva može zamijeniti gotovo 65.000 t osnovnog energenta ili približno 40 % u industriji cementa u Splitsko-dalmatinskoj županiji.

Ako bi navedenu tehnologiju rabile i ostale tri dalmatinske županije, tada bi se moglo osigurati i isporučiti još približno 90.000 t/god takve gorive tvari, što pruža mogućnost zamjene još gotovo 39.000 t osnovnog goriva. Ukupno bi se moglo zamijeniti približno 104.000 t ili 68,0 % od ukupnog osnovnog goriva. Za ovakav pristup nužno je da i ostale dalmatinske županije organiziraju centre u istoj tehnologiji u kojima bi se organiziralo sušenje organskih vlakana, kao i usitnjenje krute frakcije.

Tvornice cementa danas rabe alternativna goriva kako bi njima zamijenile fosilna goriva i tako pridonijele smanjenju potrošnje neobnovljivih izvora. Gorivo koje se dobiva sortiranjem i preradom komunalnog otpada u svijetu je poznato pod nazivom RDF (Refuse Derived Fuel), a može biti u već spominjanom rastresitom obliku (fluff RDF), baliran ili u briketima. Fluff RDF kao alternativni energent u tvornici

cementa supstituit je za osnovni energent i predstavlja ekonomsku korist. I to je svakako ekonomski motiv. Fluff RDF kao usitnjena suha goriva masa upuhuje se strujom zraka u tzv. sinter zonu u peći cementa. U toj zoni je temperatura dimnih plinova oko 2000 °C, a zrna klinkera dostižu temperaturu od 1500 °C i tada se proces pečenja klinkera završava. Klinker tada ima omekšanu površinu na koju pada i lijepi se pepeo od izgorjelog fluff RDF-a. Takvo izgaranje fluff RDF-a može biti "proces bez ostatka".

Na osnovi svih analiza već je prije dokazano da korištenje fluff RDF-a kao alternativnog energenta [9]:

- ne utječe na kvalitetu proizvoda (cementa)
- nema nepovoljan utjecaj na tehnološki proces
- ne utječe nepovoljno na kapacitet peći
- nema nepovoljnog utjecaja klora jer je posebnim postupcima pod kontrolom.

Ti su učinci sadržani u činjenici da je sastav dimnih plinova koji izlazi u atmosferu po svom kemijskom sastavu znatno povoljniji od sastava kad se takav energent ne koristi. Jer se barem u odnosu na udio ugljikova dioksida, uporabom fluff RDF-a kao alternativnog energenta, proporcionalno smanjuje i udio ugljikova dioksida u dimnim plinovima. Osim toga, vrijeme izgaranja fluffaRDF-a u "sinter zoni" je od 5 do 7 sekundi, što je sasvim dovoljno za potpuno izgaranje, a time i za kvalitetu ispuštenih plinova.

Postoji i dodatni ekonomski interes u činjenici da te peći za termičku obradu "suhe frakcije" komunalnog otpada već postoje i da ih ne treba graditi. Stoga Splitsko-dalmatinska županija, ali i ostale dalmatinske županije mogu problem komunalnog otpada riješiti brzo, učinkovito i ekološki iznimno dobro uz neznatna ulaganja.

Sve dakako ovisi o tome hoće li industrija cementa prihvatiti takav "alternativni energent". Iako za to postoje čvrsti razlozi, ipak to ovisi o njihovoj odluci, ali će poticaj biti i strogi propisi Europske Unije. Pritom se neće moći izbjeći rasprava pod kojim je uvjetima industrija cementa spremna koristiti ovaj "alternativni energent". To može biti više solucija:

- da lokalna samouprava plati industriji određenu cijenu za prihvaćane količine "alternativnog energenta"
- da industrija cementa plati lokalnoj zajednici određenu cijenu za preuzete količine "alternativnog energenta"
- da industrija cementa preuzme "alternativni energent" u pogonima za obradu otpada vlastitim vozilima bez ikakve odštete.

Velika je prednost ove tehnologije u tome što bi spomenute pogone za higijenzaciju mogla kao vlastiti proizvod proizvoditi naša industrija.

## 5. Izbor lokacije i troškovi uvođenja tehnologije

Primjena tehnologije higijenzacije za obradu komunalnog otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji otvara potrebu

rasprave o izboru lokacije. Naime, kapacitet jednog ovakvog postrojenja pruža mogućnost obrade komunalnog otpada od 25.000 t/god ili 3,8 t/h. Stoga pogon za obradu komunalnog otpada Splitsko-dalmatinske županije može, ovisno o kapacitetu pogona, biti organiziran kao centralizirani pogon u Lečevici, koja je i predviđena županijskim prostornim planom, s više paralelnih linija higijenzacije ili kao decentralizirani sustav koji bi s obzirom na geografske značajke imao primjerice:

- pogon u Splitu (zajedno s otocima)
- pogon Solin – Kaštela – Trogir
- pogon Sinj i Omiš
- pogon Imotski – Makarska – Vrgorac.

Decentralizacija bi sasvim sigurno smanjila troškove prijevoza, ali i povećala troškove ulaganja i iskorištavanja. Lokacija Lečevica je predviđena županijskim planovima kao regionalni centar za gospodarenjem otpadom, dok bi za druge lokacije trebalo najmanje dvije godine da se dobiju odobrenja za primjenu MBO tehnologije. Prema tome, rješenje problema gospodarenja komunalnim otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji trenutačno se može planirati samo na lokaciji Lečevica. Ujedno tehnologija higijenzacije baš zbog kapaciteta svoje proizvodne jedinice nudi i mogućnost postupnog porasta kapaciteta ovisno o potrebama i mogućnostima.

U analizama koje su napravljene u okviru ovog rada, vezanim za rješavanje problema komunalnog otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji, razmatra se samo pogon u Lečevici koji bi imao devet jedinica standardnog kapaciteta (220.000 t/god / 25.000 t/god = 8.8 postrojenja).

Ako se uzme u obzir ukupna količina komunalnog otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji cca 220.000 t/god [3], a oslanjajući se na iskustva iz Barcelone koja su prikazana u tablici 2., tada bi na kraju procesa higijenzacije sastav obrađenog otpada bio kako je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Sastav obrađenog otpada Splitsko-dalmatinske županije nakon higijenzacije

Sastav obrađenog otpada nakon higijenzacije	Udio [t]
inertni dio	11.176
PET ambalaža	1.452
željezo	8.052
obojeni metali	1.210
"suha frakcija" (guma, drvo, koža, tekstil, i sl.)	77.396
posebna frakcija "organska vlakna"	120.714
<b>Ukupno:</b>	<b>220.000</b>

Svi navedeni udjeli prikazani u tablici 4. su orijentacijske veličine. Za devet je jedinica potrebna hala tlocrtne površine od najmanje 9000 m<sup>2</sup>. Treba biti pod jednim krovom, ali fizički podijeljena u tri odvojene jedinice, kako i zahtijeva ova tehnologija:

- jedinica za prihvrat komunalnog otpada koja je u sustavu podtlaka
- jedinica procesa higijenzacije sa strojevima *Geiserbox* (9 komada)
- jedinica za fizičko razvrstavanje obrađenog materijala.

Od ukupne površine proizvodne hale, prva faza procesa (prihvrat otpada) zauzima oko 30%, druga faza (proces higijenzacije) oko 25 % dok treća faza (fizičko razvrstavanje) zauzima oko 45% proizvodne površine. Uz to valja uračunati još gotovo 5000 m<sup>2</sup> terena za manipulaciju. Dakle, da bi nastalo jedno moderno središte za gospodarenje otpadom postupkom higijenzacije trebalo bi 14.000 m<sup>2</sup> komunalno opremljenog zemljišta.

Prema procjenama, cijena potrebnog zemljišta iznosila bi oko 200 tisuća eura. Trošak za osiguranje potrebne infrastrukture, kako bi postrojenje moglo raditi (voda, struja, prirodni plin, cestovne prometnice) iznosilo bi oko 2 milijuna eura. Investicija u zemljište i potrebnu infrastrukturu iznosi oko 2.2 milijuna eura. Ako se predviđi da je cijena izgradnje industrijske hale za takvo postrojenje oko 400 eura za četvorni metar, tada bi cijena same građevine bila oko 3,6 milijuna eura. Ako se u obzir uzmu i prateće građevine, tada se cijena izgradnje procjenjuje na 4,2 milijuna eura.

Prema iskustvima iz Španjolske vezanih za cijenu izgradnje, vrijednost instaliranog postrojenja kapaciteta 220.000 t/god procjenjuje se na 60 milijuna eura. Tome valja pridodati i iznos za instalaciju "sušare" koja bi za kapacitet 2 t/h iznosila 500.000 eura. Kako se procjenjuje da će godišnje biti oko 120.000 t tzv. organske frakcije koja se usmjerava u sustav "sušara" gdje svaka jedinica ima kapacitet 2 t/h, tada uz radno vrijeme od 6000 sati na godinu (300 radnih dana u godini) dobivamo potrebu za 10 jedinica za "sušenje" ili ukupnu investicijsku vrijednost od gotovo 5 milijuna eura. Navedeni troškovi izgradnje i opremanja postrojenja za gospodarenje komunalnim otpadom primjenom tehnologije higijenzacije prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Procijenjena vrijednost investicije u postrojenje kapaciteta 220.000 t/god

Vrsta investicije	Iznos [mil. eura]
Komunalno opremljeno građevinsko zemljište	2.2
Proizvodne i prateće građevine	3.6
Cjelokupan pogon kapaciteta 220.000 t/god	60.0
Sušara s 10 jedinica s građevinskim dijelom	5.0
<b>Ukupno:</b>	<b>70.8</b>

Na temelju iskustava koja su postignuta u sličnom postrojenju u Španjolskoj, a prema kalkulacijama koje

proizlaze iz rada pogona kapaciteta od 25.000 t/god, dobiven je trošak rada postrojenja, tablica 6.

Tablica 6. Trošak operativnog dijela rada postrojenja po toni otpada

Vrsta troška	Trošak [eura/t]
Energija	2,94
Materijal za proces	1,78
Rad održavanja	1,71
Operativni rad (radna snaga)	8,05
Voda	0,01
Trošak rada sušare	7,0
<b>Ukupno:</b>	<b>21,49</b>

Kako je vidljivo iz tablice, bez troškova kapitala te bez poreza i sličnih nameta, proizvodna cijena iznosila bi

oko 21,5 eura za tonu ulaznog otpada. Ako se promatra mogućnost ovakve investicije u Hrvatskoj, za izradu pouzdane kalkulacije potrebno je najprije imati pouzdane podatke ne samo o cijeni samog postrojenja već i preciznije podatke o otpadu.

## 6. Zaključak

Razmatrana tehnologija higijenzacije riješila bi problem komunalnog otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji na ekološki iznimno zadovoljavajući način. Praktički bi se moglo isključiti i sanitarno odlagalište koje bi ostalo samo za sigurnost i koje bi također trebalo procijeniti i unijeti u troškove. Iskorištavanje alternativnog goriva u industriji cementa znatno bi smanjilo emisije ugljikova dioksida i pridodalo odgovarajuću ekonomsku dimenziju. Na lokaciji Lečevica ne bi bilo nikakve opasnosti od prodora otpadne vode u podzemlje, a također ne bi bilo ni izgaranja te štetnih emisija u prostor.

## LITERATURA

- [1] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, *Narodne novine* 130/2005.
- [2] Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015., *Narodne novine* 85/ 2007.
- [3] Izvješće o komunalnom otpadu za 2010. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, studeni 2011.
- [4] Plan gospodarenja otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji, *Službeni glasnik Splitsko-dalmatinske županije* 1B., 2008.
- [5] Prelec, Z.: Porijeklo i osobine otpada, [www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_teh\\_term.../9.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term.../9.pdf).
- [6] [www.ambiensys.es](http://www.ambiensys.es)
- [7] [http://www.iwea.eu/hr/oprema\\_grabezi.htm](http://www.iwea.eu/hr/oprema_grabezi.htm)
- [8] Santiago Vila Danès, Municipal waste management, Conference "Embracing a comprehensive European waste policy", *European Week for Sustainable Energy*, Brussels, 19<sup>th</sup> June 2012.
- [9] Popović. K., Miličić. J., Milanović. Z., Moguća uloga hrvatske industrije cementa u sustavu gospodarenja otpadom, IGH, Zagreb, 1999.