Waste-to-energy postrojenja

Cuković, Karolina

Undergraduate thesis / Završni rad

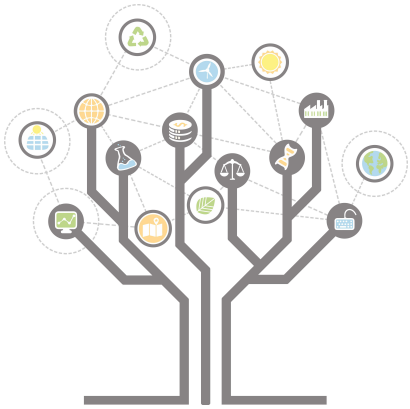
2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:329654

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Waste-to-energy postrojenja

Cuković, Karolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:329654

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-10-22**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

KAROLINA CUKOVIĆ

WASTE-TO-ENERGY POSTROJENJA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

WASTE-TO-ENERGY POSTROJENJA

KANDIDAT: **MENTOR:**

KAROLINA CUKOVIĆ **izv. prof. dr. sc. ALEKSANDRA ANIĆ VUČINIĆ**

VARAŽDIN, 2018.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Waste-to-energy postrojenja

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **izv. prof. 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, 05.09.2018.

Karolina Cuković

(Ime i prezime)

Karolina Cuković

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Ime i prezime: Karolina Cuković

Naslov rada: Waste-to-energy postrojenja

Sve većim porastom stanovnika i pojavom tehnologije dolazi do problema zbrinjavanja otpada. Neiskorištavanjem otpada nastaje smeće i samim time gube se sva vrijedna svojstva koja taj otpad posjeduje. Odlaganjem na odlagališta dolazi do dugoročnih posljedica na okoliš i zdravlje ljudi kao što su dugotrajne razgradnje pojedinih komponenti otpada, promjene kakvoće podzemnih i površinskih voda, pojačanih emisija stakleničkih plinova, pojačava se mogućnost od požara i eksplozija zbog emisija metana te se mijenja i kakvoća tla. Kretanje prema kružnom gospodarstvu, smanjenje odlaganja otpada i ograničavajući oporavak energije iz materijala koji se ne mogu reciklirati ima veliki utjecaj na ulaganja u WtE. Glavni procesi WtE su spaljivanje otpada u postrojenjima za sagorijevanje (npr. elektrane) i u proizvodnji cementa i vapna, spaljivanje otpada u posebnim objektima, anaerobna digestija biorazgradivog otpada, proizvodnja krutog, tekućeg ili plinovitog goriva iz otpada te ostali postupci uključujući neizravno spaljivanje nakon koraka pirolize ili rasplinjavanja. U radu se posebno opisuje spaljivanje budući da je zastupljeno u 99 % postupaka termičke obrade. U Europi je 2015. godine radilo 507 postrojenja s ukupnim godišnjim kapacitetom od 90,77 milijuna tona otpada te se svake godine gradi novih 7 do 10 spalionica. Iako spaljivanje ima svoje nedostatke (visoka početna ulaganja, nastajanje šljake i lebdećeg pepela za koje su potrebna odlagališta, činjenica da nisu svi materijali pogodni za spaljivanje) prednosti spaljivanja nadilaze nedostatke. Prednosti su da značajno smanjuju volumen i količinu otpada, imaju malu emisiju štetnih tvari, ostaci su uglavnom inertni i najvažnije, omogućuje proizvodnju električne i toplinske energije.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, hijerarhija otpada, Waste-to-Energy, termička obrada otpada, spalionice otpada

SADRŽAJ

1 UVOD 1

2 GOSPODARENJE OTPADOM 2

2.1 Prevencija i smanjivanje količine otpada 3
2.2 Ponovna uporaba 4
2.3 Recikliranje 4
2.4 Obrada otpada 5
2.5 Odlaganje 6

3 WASTE TO ENERGY (WTE) 7

3.1 Osnovni pregled glavnih procesa 8
3.1.1 Spalionice 8
3.1.2 Suspalionice 8
3.1.3 Anaerobna digestija ili fermentacija 8
3.1.4 Piroliza ili otplinjavanje 9
3.1.5 Rasplinjavanje 10
3.2 Spalionice – energane na otpad 11
3.2.1 Rasprostranjenost spalionica 13
3.2.2 Pregled zakonodavstva 19
3.2.3 Mišljenje javnosti 23

4 ZAKLJUČAK 25

LITERATURA 26

POPIS SLIKA 31

POPIS TABLICA 31

POPIS I OBJAŠNJENJE KRATICA KORIŠTENIH U RADU 31

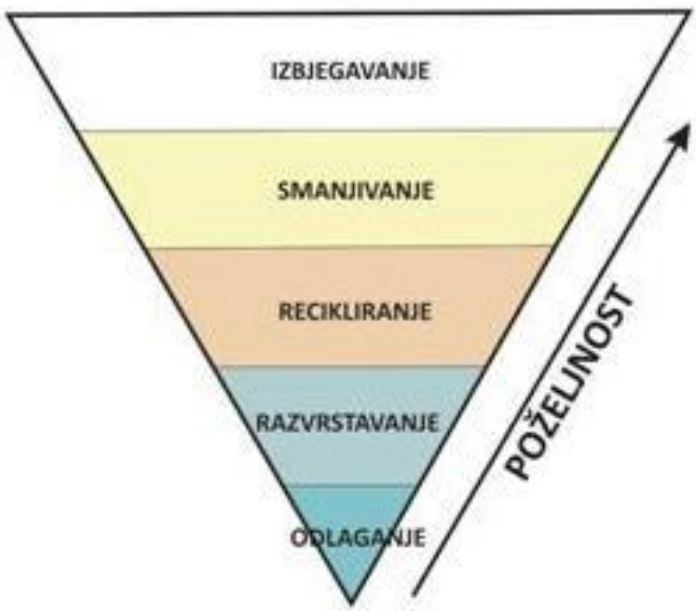
1 UVOD

Cilj ovog završnog rada je upozoriti na sve veće količine otpada koje nastaju i problema, jer se još uvijek velika većina otpada odlaže na odlagališta. U ovom završnom radu, uz opće informacije o otpadu i gospodarenju otpadom, dana su i moguća rješenja termičke obrade otpada tj. smanjivanje volumena otpada uz dobivanje korisnog produkta (energije). Shodno tome, u radu će se objasniti proizvodnja energije iz otpada u obliku električne energije i topline, odnosno Waste-to-Energy postrojenja (engl. WtE). Tijekom godina u EU se generira 420 milijuna tona otpada, koji se može potencijalno koristiti za proizvodnje energije, ali se od toga trenutno obrađuje samo 50 milijuna tona otpada za oporavak energije. Od ukupne količine komunalnog otpada u 2011. godini u Austriji se termički obradilo 35 % komunalnog otpada, u Njemačkoj 37 %, a u Danskoj čak 54 % . Nasuprot tome, južni i istočni dijelovi EU praktički su bez posebnog kapaciteta za spaljivanje te se ti dijelovi Europe oslanjaju prvenstveno na najmanje poželjnu opciju gospodarenja otpadom, odlaganje. U 2011. u Europi je radilo preko 450 postrojenja s ukupnim godišnjim kapacitetom od 78 milijuna tona otpada te se svake godine gradi novih 7 do 10 spalionica, a time se povećava ukupni kapacitet za otprilike 3 milijuna tona godišnje.

2 GOSPODARENJE OTPADOM

Gospodarski rast, rastuća potrošnja proizvoda, sirovina i energije rezultiraju stalnim porastom količine otpada koji se bilježi u svim europskim zemljama pa tako i u Repubici Hrvatskoj, što dovodi do jednog od najvećih problema današnjice-zbrinjavanja otpada. Sprječavanjem stvaranja i odlaganja otpada može se spriječiti emisija CO_2 za 4,2-12 kg CO_2 na tonu otpada. [1, 2] Proizvodnja komunalnog otpada za 2010. godinu procijenjena je na 1,3 milijardi tona godišnje što je otprilike 1,2 kg otpada po glavi stanovnika. [3] Nadalje, procjenuje se da će se količina komunalnog otpada povećati na 2,2 milijardi tona do 2025 godine. [4] U Republici Hrvatskoj (u daljnjem tekstu: RH) je proizvodnja komunalnog otpada za 2013. godinu iznosila 1 720 758 t, odnosno 402 kg/stan/god. [2]. U 2014. godini u zemljama Europske unije (u daljnjem tekstu: EU) prosječno je proizvedeno 475 kg otpada, dok stanovnik Sjedinjenih Američkih Država (u daljnjem tekstu: SAD) proizvede približno 730 kg otpada godišnje. [3]

Globalno rješenje problema zbrinjavanja otpada počinje rješavanjem na razini pojedinca, kućanstva, gradova pa na kraju i same države. Gospodarenje otpadom u EU temelji se na načelima hijerarhije gopodarenja otpadom koja obuhvaća - sprječavanje nastanka otpada (prevencija i smanjivanje količine otpada), ponovno korištenje proizvoda, recikliranje, oporaba (uključujući energetsku oporabu) te odlaganje otpada. [6] Hijerarhija gospodarenja otpadom zapravo predstavlja slijed prioriteta gospodarenja otpadom, pri čemu prevencija otpada predstavlja najpoželjniju opciju, a odlaganje otpada najmanje poželjnu opciju (Slika 1).



Slika 1 Načela gospodarenja otpadom [7]

2.1 Prevencija i smanjivanje količine otpada

Prevencija otpada su sve mjere koje se poduzimaju prije nego određena tvar, materija ili predmet postane otpad. Prevencijom se postiže smanjenje količine otpada kroz ponovno korištenje proizvoda ili produženje životnog ciklusa proizvoda, smanjenje štetnog utjecaja otpada na okoliš i ljudsko zdravlje te sadržaj štetnih tvari u proizvodima ili materijalima. Prevencija nastajanja otpada u kućanstvu zahtjeva značajne promjene životnog stila i navika potrošača te započinje od samih karakteristika proizvoda koji se kupuju. Treba se odreći ili barem smanjiti, proizvode napravljene ili upakirane u toksične i nereciklirajuće materijale (teško razgradive PVC vrećice) te proizvode koje sadrže opasne tvari. Potrebno je kupovati robe s duljim rokom trajanja, izbjegavanje suvišne ambalaže te u konačnici razumno kupovati proizvode. Bitan čimbenik u sprečavanju nastanka otpada je razvoj ekološke svijesti pa zbog toga je potrebno provoditi sustavne edukacije svih ciljnih skupina (počevši već u vrtićima i osnovnim školama) te provoditi kontinuirane komunikacije s javnošću te kontinuiranu promidžbu

izradom promotivnih letaka i priručnika koji pokazuju kako izbjegavati i kojim metodama smanjiti nastajanje otpada u proizvodnji i potrošnji. [8]

Mjere za izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada se mogu grupirati u dvije skupine, izravne i neizravne. Izravne mjere uključuju uvođenje kaucija (novčano se jamči da će povratna ambalaža ili ambalaža pogodna za recikliranje biti vraćena proizvođaču na daljnje zbrinjavanje) i ekoporeza (oblik poreza kod kojega je porezna osnovica izražena u fizičkim jedinicama tvari kojoj je dokazan negativan utjecaj na okoliš; tri tipa u EU: porez na transport, na energente, na onečišćenje i prirodne izvore), isključivanje iz uporabe materijala koji su nepoželjni u toku otpada (ukoliko postoji alternativa) i poticanje čistije proizvodnje. Neizravne metode su razvoj tržišta recikliranih materijala, uvođenje novih proizvoda od ili s većim udjelom recikliranih materijala i jačanje tog tržišta, poticanje kompostiranja u kućanstvima, uvođenje izravnog ponovnog korištenja otpada. [8]

2.2 Ponovna uporaba

Ponovna uporaba je svaki postupak kojim se omogućava ponovno korištenje proizvoda ili dijelova proizvoda, koji nisu otpad, u istu svrhu za koju su izvorno načinjeni. [4] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017.- 2022. godine predviđa uspostavu centara za ponovnu uporabu kao mjeru sprječavanja nastanka otpada kojom se potiče razmjena i ponovna uporaba istrošenih predmeta (koji su postali otpad jer ih posjednik ne treba ili ne želi) kroz postupke provjere, popravka i čišćenja. Ponovnom upotrebom štede se sirovine i energija te potiče otvaranje novih radnih mjesta. [9]

2.3 Recikliranje

Recikliranje je svaki postupak oporabe, uključujući ponovnu preradu organskog materijala, kojim se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu osim uporabe otpada u energetske svrhe, odnosno prerade u

materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za zatrpavanje. [4] Recikliranjem, kao i ponovnom uporabom, štede se sirovine i energija, čuva okoliš te omogućuje otvaranje radnih mjesta u postrojenjima za preradu otpada. [9]

2.4 Obrada otpada

Obrada otpada su postupci oporabe ili zbrinjavanja i postupci pripreme prije oporabe ili zbrinjavanja. Osnovni ciljevi svih tehnologija obrade otpada su smanjivanje količine otpada za konačno odlaganje i smanjivanje negativnog utjecaja koji neobrađeni otpad ima na okoliš. S obzirom na način obrade otpada, tehnologije obrade otpada se dijele na:

- mehaničku obradu,
- biološku obradu,
- termičku obradu,
- fizikalno-kemijsku obradu. [2]

Mehanička obrada otpada služi za odvajanje pojedinih komponenti otpada iz ukupno prikupljenog otpada, pri čemu se ne mijenjaju kemijska svojstva otpada, već se mijenja stanje usitnjenosti smjese. Mehaničkom obradom se učinkovito odvajaju korisne od nekorisnih frakcija otpada, koje se koriste za daljnju oporabu. Glavni ciljevi mehaničke obrade otpada su priprema otpada za postupak biološke obrade, uklanjanje neprikladnih komponenti iz ulaznog netretiranog otpada, povećavanje količine obnovljivih sirovina izdvojenih iz otpada kao što su staklo, metal, plastika, papir te rafiniranje izlaznih produkata. [2]

Biološka obrada otpada se temelji na razgradnji organskih komponenti otpada djelovanjem mikroorganizama. Procesi biološke razgradnje organske komponente otpada dijele se na aerobne (s prisutnošću kisika) i anaerobne (bez pristutnosti kisika) pri čemu različiti tipovi mikroorganizama (bakterije, gljivice, kvasci i aktinomiceliji) razgrađuju organske tvari. Proces aerobne biološke obrade uključuje biosušenje i kompostiranje, a anaerobna biološka obrada je anaerobna fermentacija (digestija). [2, 8]

Termička obrada otpada podrazumijeva sve postupke obrade otpada, gdje primjenom povišenih temperatura dolazi do promjene fizikalnih i kemijskih svojstava otpada te promjene njihove strukture. Kod termičke obrade je potrebno razlikovati postrojenja za spaljivanje i postrojenja za suspaljivanje. Spalionice su postrojenja za zbrinjavanje (oporabu) otpada s ili bez uporabe topline koja nastaje, dok je kod suspalionica glavni cilj proizvoditi energiju ili dobivanje materijalnih proizvoda te se kod suspalionica otpad koristi kao dopunsko ili redovno gorivo. [2]

Fizikalna obrada koristi fizikalne karakteristike otpada za razdvajanje ili koncentriranje konstituenata unutar struje otpada. Osnovni način fizikalne obrade su odvajanje po težini, fazna izmjena, otapanje i obrada bazirana na veličini, adsorptivnosti i ionskim karakteristikama. [2]

Kemijska obrada mijenja kemijsku strukturu otpada. Takvom obradom se dobivaju manje opasni materijali nego što je to bio početni otpad. Postupci kemijske obrade koji se najčešće koriste su neutralizacija, oksidacija/ redukcija te kemijska oksidacija u koju se ubrajaju ozonizacija, elektrolitička oksidacija itd. [2]

2.5 Odlaganje

Neadekvatnim odlaganjem na odlagališta dolazi do dugotrajnih posljedica po okoliš i zdravlje ljudi, kao što su dugotrajne razgradnje pojedinih komponenti otpada, promjene kakvoće podzemnih i površinskih voda, pojačanih emisija stakleničkih emisija, pojačava se mogućnost od požara i eksplozija zbog emisija metana te se mijenja kakvoća tla. Procesom razgradnje organskih komponenti otpada nastaju odlagališni plinovi, a u kontaktu otpada s vodom nastaju procjedne vode. Zbog toga odlagališta moraju biti izvedena na način kako bi se spriječilo dugoročno onečišćenje okoliša. [8, 10]

3 WASTE TO ENERGY (WTE)

Waste-to-energy (WtE) je široki pojam koji podrazumijeva proizvodnju energije od otpada te ima važnu ulogu u prijelazu na kružno gospodarstvo, pod uvjetom da se u Europi gospodarenje otpadom temelji na principu hijerarhije gospodarenja otpadom. WtE obuhvaća mnogo više od samog spaljivanja otpada. Obuhvaća različite postupke obrade otpada kojima se stvara energija, a proizvedena energija može biti u obliku električne energije i topline. Tijekom godine građani, organizacije i tvrtke u EU proizvedu 420 milijuna tona otpada koji se može potencijalno koristiti za proizvodnju energije dok se trenutno obrađuje samo 50 milijuna tona otpada za oporabu energije. [11] Objašnjenje zašto se intenzivnije ne proizvodi energija od otpada jest ta da proizvodnja energije iz otpada zahtjeva značajna kapitalna ulaganja za izgradnju odgovarajuće infrastrukture. Značajni utjecaj na ulaganja u WtE ima „kretanje“ prema kružnom gospodarstvu, smanjenju odlaganja otpada te ograničavajući oporavak energije iz materijala koji se ne mogu reciklirati. [11]

Glavni procesi WtE su:

- zajedničko spaljivanje otpada u postrojenjima za sagorijevanje (npr. elektrane) i u proizvodnji cementa i vapna,
- spaljivanje otpada u posebnim objektima,
- anaerobna digestija biorazgradivog otpada,
- proizvodnja krutog, tekućeg ili plinovitog goriva iz otpada,
- ostali postupci uključujući neizravno spaljivanje nakon koraka pirolize ili rasplinjavanja. [12]

Svaki od navedenih postupaka WtE ima različite utjecaje na okoliš i različiti potencijal za kružno gospodarstvo.

3.1 Osnovni pregled glavnih procesa

3.1.1 Spalionice

Termički procesi su prema Zakonu o održivom gospodarenju otpada (NN 94/13, 73/17) postupci spaljivanja, suspaljivanja i drugi postupci obrade otpada kojima se promjenom temperature otpada postiže promjena svojstava i strukture otpada. Tako je spaljivanje otpada proces kontroliranog sagorijevanja otpada s ciljem uništavanja štetnih sastojaka ili transformacije u sastojke koji su manje opasni po okoliš i koje je lakše kontrolirati te smanjivanje zapremnine. [8]

Postrojenje za termičku obradu otpada ili spalionica je svaka nepokretna ili pokretna tehnička jedinica u kojoj se spaljuje otpad s iskorištavanjem topline proizvedene izgaranjem. To uključuje oksidacijsko spaljivanje otpada, kao i druge termičke procese, poput pirolize, rasplinjavanja ili plazma procesa, sve dok se rezultirajući produkti tih obrada nakon toga spaljuju. [13]

3.1.2 Suspalionice

Postrojenje za suspaljivanje otpada ili suspalionica je nepokretno ili pokretno postrojenje čija je prvenstvena svrha proizvodnja energije ili materijalnih produkata i koje otpad koristi kao svoje redovno ili dopunsko gorivo ili u kojem se otpad termički obrađuje radi konačnog zbrinjavanja. Ukoliko se suspaljivanje obavlja tako da glavna svrha postrojenja nije proizvodnja energije ili materijalnih produkata, nego termička obrada otpada, takvo postrojenje se smatra spalionicom otpada. [13]

3.1.3 Anaerobna digestija ili fermentacija

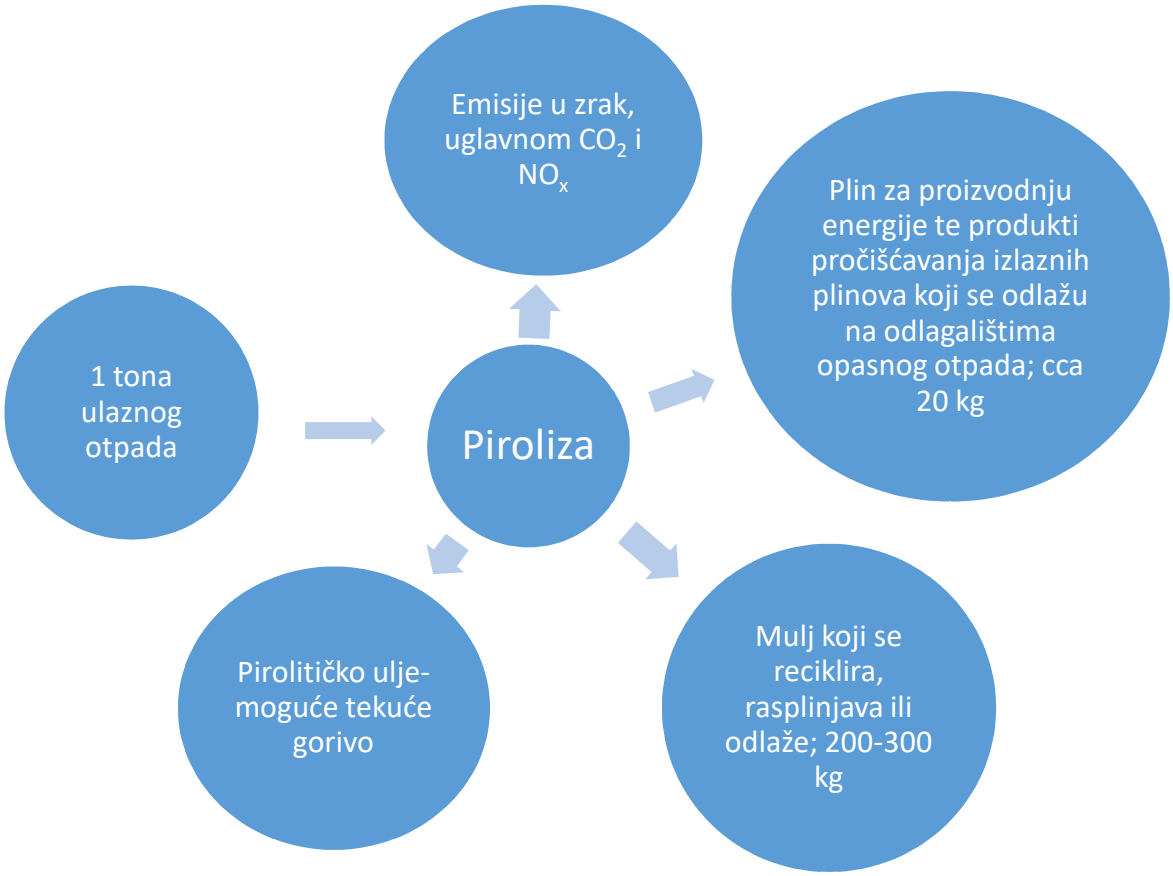
Fermentacija je postupak u kojem se bez prisutnosti kisika (anaerobno) kompleksni organski spojevi razgrađuju djelovanjem bakterija pri čemu se proizvodi bioplin i

digestat te oslobađa velika količina topline. Bioplin je homogena smjesa metana (CH_4) i ugljikovog dioksida (CO_2) s tragovima ugljikovog monoksida (CO), vodika (H_2), dušika (N_2), amonijaka (NH_3), sumporovodika (H_2S) i vodene pare ($H_2O_{(g)}$). Bioplin se najčešće koristi za dobivanje električne i/ili toplinske energije na različite načine, od izgaranja u kotlovima ili u motorima s unutarnjim izgaranjem. [8] Digestat je procesirani ostatak supstrata koji je nastao tijekom proizvodnje bioplina te se nakon obrade može koristiti kao poboljšivač kvalitete tla jer sadrži vrijedno gnojivo koje je bogato dušikom, fosforom, kalijem i mikronutrijentima. [2] Anaerobna digestija, kao značajna tehnologija za obradu otpada i kao način dobivanja energije, se počela intenzivnije koristiti od 1980-tih godina. Danas je anaerobna digestija glavna tehnologija za stabilizaciju primarnog i sekundarnog otpadnog mulja pri obradi otpadnih voda organske, prehrambeno-prerađivačke i fermentacijske industrije, kao i pri recikliranju frakcije krutog komunalnog otpada organskog podrijetla. [8] Prema podacima Europskog gospodarskog prostora (EEA), 30-40 % komunalnog krutog otpada koji se generira širom Europe se može koristiti za anaerobnu digestiju. [8] U anaerobnoj digestiji je važno smanjiti rizik otpuštanja metana iz bioplinskog postrojenja zbog loše konstrukcije ili održavanja, budući da bi one mogle kompenzirati neke ekološke prednosti biljaka. [12]

3.1.4 Piroliza ili otplinjavanje

Piroliza je alternativni postupak termičke razgradnje koji se u posljednje vrijeme brzo razvija. U procesu pirolize, materijal se zagrijava vanjskim izvorom topline bez prisutnosti zraka, a kao rezultat se dobiva mješavina plinovitog (pirolitički plin), tekućeg (ulje) i krutog goriva bogatog ugljikom. [8] Tehnologija termičke obrade pirolizom zastupljena je u samo oko 1 % postupaka termičke obrade. Prema rasponu temperatura pri kojima se odvija, piroliza može biti nisko temperaturna (<500°C), srednje temperaturna (500-800°C) i visoko temperaturna (>800°C). Povećanjem temperature, povećava se udio pirolitičkog plina, a smanjuje udio ulja i krute faze. [14] Piroliza se može primjenjivati za obradu oganskih komponenti iz otpada iz rafinerije, ugljena i katrana, hlapivih organskih spojeva (engl. VOCs) i najviše za uništenje

poluhlapljivih organskih komponenti, goriva i pesticida u tlu. [8] Iz jedne tone ulaznog otpada pirolizom se dobiva cca. 20 kg opasnog otpada, 200 do 300 kg mulja, pirolitičko ulje te se otpuštaju ugljikovi i dušikovi oksidi u zrak (Slika 2).



Slika 2 Produkti pirolize [8]

3.1.5 Rasplinjavanje

Rasplinjavanje je proces tijekom kojega se pri povišenoj temperaturi u reaktor s gorivom bogatim ugljikom dovodi sredstvo za rasplinjavanje (npr. kisik, vodena para, zrak ili ugljikov dioksid). Otpad namijenjen rasplinjavanju mora biti relativno homogenog sastava. Rasplinjavanje se može upotrijebiti za obradu tekućeg opasnog otpada, obradu plastičnog otpada te se može primijeniti nakon pirolize (kao metoda za naknadnu obradu krute faze) te za obradu biootpada. [14] Najveća prednost

rasplinjavanja biootpada je mogućnost izravnoga korištenja proizvedenog plina, nakon pročišćavanja, kao goriva za generator plinske turbine koji je dio kogeneracijskog postrojenja, čime se teoretski poboljšava ukupna toplinska djelotvornost postrojenja. Osnovni nedostatak su visoki troškovi postrojenja. [15] Rasplinjavanje još nije raširen postupak u termičkoj obradi otpada. [14]

3.2 Spalionice – energane na otpad

Kao što je već ranije spomenuto, spalionice su prema definiciji Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17) svake nepokretne ili pokretne tehničke jedinice u kojima se spaljuje otpad s iskorištavanjem topline proizvedene izgaranjem. To uključuje oksidacijsko spaljivanje otpada, kao i druge termičke procese, poput pirolize, rasplinjavanja ili plazma procesa, sve dok se rezultirajući produkti tih obrada nakon toga spaljuju. Spaljivanje je najrasprostranjenija tehnologija i zastupljena je u 99% postupaka termičke obrade. [14, 15]

Otpad koji se može spaljivati je definiran sljedećim parametrima:

- sadržaj vlage - što je veći sadržaj vlage potrebno je više goriva za njegovo spaljivanje
- goriva vrijednost (kJ/kg) - najveću gorivu vrijednost ima plastika, guma i koža, dok najmanju imaju staklo i biorazgradivi otpad
- anorganske soli - veća količina anorganskih soli skuplja se na površini peći te formira taloge koji smanjuju učinkovitost spaljivanja
- visoki sadržaj sumpora i vodika - prisutnost klorida ili sulfida u otpadu uzrokuje formiranje kiselih komponenti u plinovima
- radioaktivni otpad - ne smije se miješati s ostalim otpadom, već se radioaktivni otpad mora spaljivati u posebnim spalionicama. [16]

Spaljivanje je danas jedno od prihvatljivijih rješenja, jer sve moderne spalionice rade uz uvjet maksimalnog čišćenja dimnih plinova (ugrađeni filteri i pročišćivači) i iskorištavanja oslobođene toplinske energije (koja se može dalje koristiti za zagrijavanje

vode ili za proizvodnju struje poput termocentrala na otpad). Postupak spaljivanja bez iskorištavanja dobivene topline moguće je koristiti samo ukoliko se zbrinjava opasan otpad ili posebne vrste otpada. [14] U starijim spalionicama, koje su radile bez sustava za pročišćavanje dimnih plinova, oslobađale su se vrlo visoke koncentracije ugljikovih (CO_x), sumporovih (SO_x) i dušikovih oksida (NO_x) te spojeva s klorom (pri izgaranju plastičnih materijala). Spalionice se danas uglavnom grade za veće kapacitete (u pravilu iznad 100 000 t/god.) i u većim aglomeracijama, jer su ulaganja u spalionice vrlo velika. [17] Razlikuju se velike spalionice otpada za komunalni otpad te manje šaržne spalionice, kao što su spalionice medicinskog otpada, spalionice kanalizacijskog mulja, spalionice industrijskog otpada, spalionice otpada životinjskog porijekla itd.. Moderne spalionice smanjuju volumen otpada (prethodno komprimiranog u kamionima za odvoz otpada) za 95-96 %. To znači da se zamjenom odlaganja otpada sa spaljivanjem otpada značajno smanjuje potreban volumen za odlaganje otpada. Kamioni za odvoz otpada često imaju ugrađen kompresor pa smanjuju volumen otpada prije isporuke spalionicama. [18] Prije termičke obrade potrebno je izdvojiti teže gorive tvari anorganskog porijekla (npr. metali, staklo), a u organskoj frakciji je potrebno smanjiti udio vlage, jer se održavanjem minimalne vlage reducira potrebna energija kako bi se otpad osušio i time se reducira energija slobodna za isparavanje i omogućuje potrebna temperatura plina da bi se završilo spaljivanje. [14, 17]

Ostatak dobiven izgaranjem čini 25 % od ukupne ulazne količine otpada i dijeli se na:

- pepeo na dnu - sadrži uglavnom inertne ostatke (staklo, metali) i 2-10 % ugljika
- ostaci na rešetci ložione - sadrže uglavnom organsku tvar, skuplja se s pepelom na dnu
- pepeo iz kotla - sadrži lebdeće čestice i kondenzirajuće metalne pare, skuplja se s pepelom na dnu
- lebdeći pepeo - otpad nastao čišćenjem dimnih plinova, sakuplja se posebno ili zajedno s pepelom na dnu

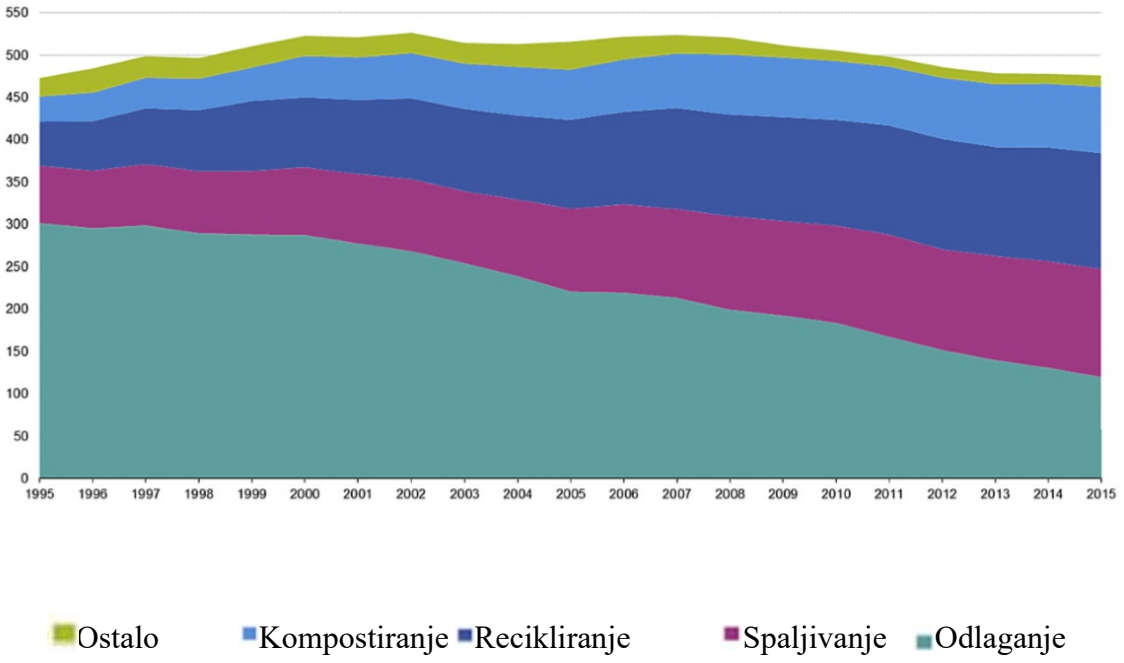
- produkti reakcije scrubbera (uređaj koji omogućuje prikupljanje čvrstih čestica uslijed dodira onečišćenog plina s odgovarajućom tekućinom) - uključuju lebdeći pepeo, lužnate reagense poput vapna i nešto ugljika
- miješani pepeo - može sadržavati sve prethodno navedeno [19]

Također, spaljivanjem nastaju i plinovi koji predstavljaju mješavinu plinskih produkata izgaranja otpada i plinske komponente iz procesa proizvodnje u postrojenjima za suspaljivanje, uključujući i lebdeće čestice. [13]

Nastali ostatci ne smiju uzrokovati onečišćenje okoliša emisijom dimnih plinova ili ispiranjem u tlo ili vodu pa se radi toga mora vršiti odgovarajuće zbrinjavanje i rukovanje, dok se ostaci redovito održavaju u vlažnom stanju da bi se minimaliziralo onečišćenje. Neke od metoda zbrinjavanja i obrade ostataka su: ugradnja u asfalt (koristi se kao cestovni materijal), obrada fosfatima (pretvara topive olovne spojeve u formu netopivih fosfata), ugljičnom kiselinom, sustavom kemijske obrade, može se ugraditi u staklo te odlaganje na odlagalištima. [19]

3.2.1 Rasprostranjenost spalionica

Dok neke zemlje u Europi imaju velike zalihe nafte i prirodnog plina, postoje mnogi alternativni i obnovljivi izvori energije koji se koriste za rješavanje pravilnog zbrinjavanja i obrade otpada. Tako se toplina dobivena spaljivanjem otpada može koristiti za proizvodnju pare koja pokreće turbine i proizvodi električnu energiju. U posljednjih 20 godina dolazi do smanjenja odlaganja komunalnog otpada i značajnijeg porasta spaljivanja i recikliranja otpada kao načina zbrinjavanjaotpada. Termička obrada otpada znatno je zastupljena u zemljama EU-a. [20] Pregled načina zbrinjavanja u zemljama članica EU-27 od 1995. do 2015. godine je vidljiv na slici u nastavku.



Slika 3 Zbrinjavanje komunalnog otpada u EU-27 prema tipu tretmana (kg po kapacitetu), od 1995.-2015. [6]

Iz 1 tone komunalnog otpada može biti u prosjeku proizvedeno oko 2-3 MWh električne energije i 2 MWh topline korištene za grijanje. Države oskudnih resursa, kao što su Japan, Danska i Švedska su više od stoljeća prednjačile u korištenju energije dobivene iz spaljivanja otpada iz lokalnih postrojenja koja su proizvodila toplinsku i električnu energiju. [10] Niz drugih europskih zemalja se oslanjaju na spaljivanje kao način zbrinjavanja komunalnog otpada. Nizozemska, Francuska, Njemačka, Švedska, Italija i Velika Britanija obuhvaćaju tri četvrtine kapaciteta spaljivanja. Prema podacima iz Europskog ekonomskog i socijalnog odbora u 2016. godine Švedska i Danska imaju najveći kapacitet spaljivanja s 591 kg otpada i 587 kg otpada po glavi stanovnika, a slijede ih Nizozemska, Austrija, Finska i Belgija. [12] Nadalje, od ukupne količine komunalnog otpada u 2011. godini u Austriji se termički obradilo 35 % komunalnog otpada, u Njemačkoj 37 %, a u Danskoj čak 54 % [20]. Nasuprot tome, južni i istočni dijelovi EU praktički su bez posebnog kapaciteta za spaljivanje te se ti dijelovi Europe oslanjaju prvenstveno na najmanje poželjnu opciju gospodarenja otpadom, odlaganje. [12]

U 2011. u Europi je radilo preko 450 postrojenja s ukupnim godišnjim kapacitetom od 78 milijuna tona otpada te se svake godine gradi novih 7 do 10 spalionica, a time se povećava ukupni kapacitet za otprilike 3 milijuna tona godišnje. U 2015. u Europi je radilo 507 postrojenja s ukupnim godišnjim kapacitetom od 90,77 milijuna tona otpada. [21] Na primjer, u Beču je poznata spalionica otpada Spittelau s godišnjim kapacitetom od 250.000 tona udaljena od centra grada samo 3 km. [22]

U narednim odlomcima opisat će se i usporediti stanje i broj WtE postrojenja za 2002./2003. godinu, 2012. te 2015. godinu. U zemljama članicama EU-15 za 2002. godinu otprilike 200 milijuna tona otpada može se smatrati prikladnim za termičke obrade. Međutim, ukupni instalirani kapacitet postrojenja za termičku obradu može obraditi samo 50 milijuna tona otpada. Broj i ukupni kapacitet postrojenja za spaljivanje za različite vrste otpada u 2003.god. prikazan je u sljedećoj tablici (Tablica 1).

Tablica 1 Broj i ukupni kapacitet postrojenja za spaljivanje za različite vrste otpada 2003.god. [23]

Država	**Ukupni broj spalionica komunalnog otpada**	**Kapacitet (mt/ god)**	**Ukupni broj spalionica opasnog otpada**	**Kapacitet (mt/ god)**	**Ukupni broj spalionica kanalizacijskog mulja**	**Kapacitet (mt/ god)**
Austrija	5	0,5	2	0,1	1	
Belgija	17	2,4	3	0,3	1	0,02
Danska	32	2,7	2	0,1	5	0,3
Finska	1	0,07	1	0,1		
Francuska	**210**	11,748	**20**	1,0		
Njemačka	**59**	13,4	**31**	1,23	**23**	0,63
Grčka	0		0			
Irska	0		11			
Italija	**32**	1,71	**6**	0,1		
Luksemburg	1	0,15	0			
Portugal	3	1,2	0			
Španjolska	9	1,13	1	0,03		
Švedska	30	2,5	1	0,1		
Nizozemska	**11**	5,3	**1**	0,1	**2**	0,19
UK	**17**	2,97	**3**	0,12	**11**	0,42
Norveška	**11**	0,65				
Švicarska	29	3,29	11	2	14	0,1
UKUPNO	**467**	**49,7**	**93**	**5,28**	**57**	**1,66**

Prema prikazanoj tablici najviše spalionica komunalnog otpada ima Francuska. Početkom 2003. godine, 123 spalionica otpada je radilo s kombiniranim kapacitetom od 2000 t/h. Unatoč velikom broju spalionica, Njemačka ima najveći kapacitet spaljivanja otpada. Veličina instalacija poprilično varira diljem Europe. Varijacije veličine mogu se vidjeti unutar i između tehnologije i vrsta otpada. Najveća spalionica komunalnog otpada u Europi ima kapacitet veći od 1 milijun tona otpada godišnje. Tablica 2 prikazuje razlike u prosječnom kapacitetu spaljivanja komunalnog otpada po zemljama. [23]

Tablica 2 Razlike u prosječnom kapacitetu spaljivanja komunalnog otpada po zemljama za 2003.godinu [23]

ZEMLJA	**PROSJEČNI KAPACITET SPALJIVANJA KOMUNALNOG OTPADA (k tona/ god)**
Austrija	178
Belgija	141
Danska	114
Francuska	132
Njemačka	**257**
Italija	91
Nizozemska	**488**
Portugal	**390**
Španjolska	166
Švedska	136
Ujedinjeno Kraljevstvo	**246**
Norveška	60
Švicarska	110
PROSJEK:	**193**

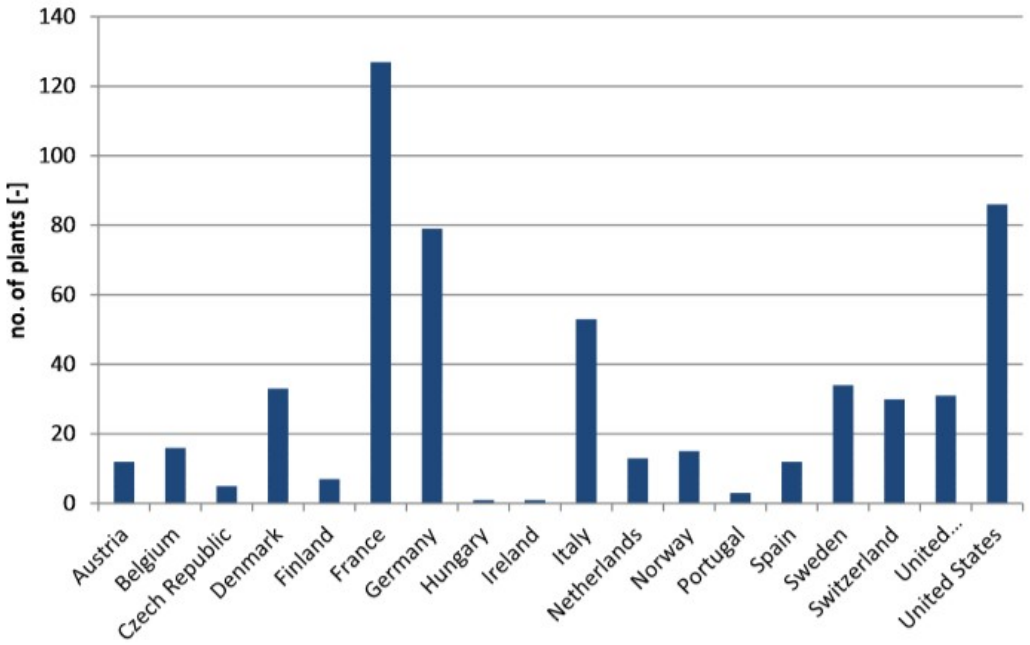
Iz tablice 2 vidljivo je kako je najveći godišnji kapacitet spaljivanja komunalnog otpada imala Nizozemska, Portugal, Njemačka i Ujedinjeno Kraljevstvo, dok najmanji Norveška i Italija (ispod 100 kT/god.). Osim razlike u veličini kapaciteta, razlikuju se i u korištenju vrste tehnologije spaljivanja. U tablici 3 prikazani su tipični rasponi

primjene tehnologije spaljivanja prema kojoj dominira spaljivanje na pokretnoj rešetki i u rotacijskoj peći te rasplinjavanje, dok najmanje zastupljena tehnologija je piroliza i sušenje.

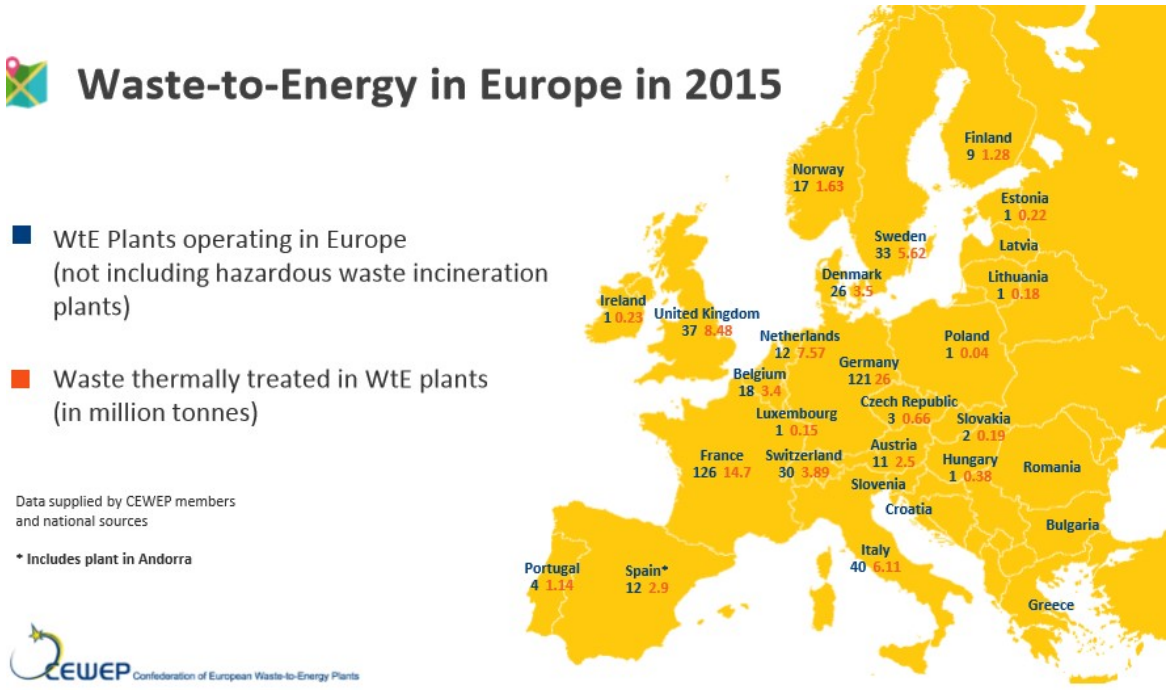
Tablica 3 Prosječni rasponi primjene tehnologija spaljivanja[23]

TEHNOLOGIJA	**PROSJEČNI RASPON PRIMJENE (tona/dan)**
Spaljivanje u pokretnoj rešetki	120-720
Spaljivanje u fluidiziranom sloju	36-200
Spaljivanje u rotacijkoj peći	10-350
Sušenje	1-75
Piroliza	10-100
Raspljinjavanje	250-500

U 2012. godini u Europi radilo je 455 WtE postrojenja, u SAD-u 86 postrojenja. Prikaz rasprostranjenosti postrojenja po državama i u SAD-u prikazano je na slici u nastavku.



Slika 4 Ukupni broj WtE postrojenja u Europi, SAD za 2012. godinu [24]



Slika 5 Broj WtE postrojenja u Europi sa količinama otpada obrađenim u 2015. godini [24]

U odnosu na 2003. godinu u 2015. godini dolazi do povećanja broja spalionica otpada gotovo u svim zemljama EU (Austrija, Belgija, Finska, Njemačka, Irska, Italija, Portugal, Španjolska, Švedska, Nizozemska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Norveška i Švicarska) dok se u Francuskoj (210 na 126) i Danskoj (32 na 26) smanjuje broj spalionica. Kapacitet spaljivanja otpada (Mt/god) se povećao u svim državama u odnosu na 2003. godinu.

Tablica 4 Broj i ukupni kapacitet postrojenja za spaljivanje za 2015. godinu [24]

Država	**Ukupni broj spalionica (bez spalionica opasnog otpada)**	**Kapacitet (milijun t/ god)**
Austrija	**11**	2,5
Belgija	**18**	3,4
Danska	26	3,5
Finska	**9**	1,28
Francuska	126	14,7
Njemačka	***121***	26
Grčka	0	
Irska	**1**	0,23
Italija	**40**	6,11
Luksemburg	1	0,15
Portugal	**4**	1,14
Španjolska	**12**	2,9
Švedska	**33**	5,62
Nizozemska	**12**	7,57
UK	**37**	8,48
Norveška	**17**	1,63
Švicarska	**30**	3,89
Slovačka	2	0,19
Mađarska	1	0,38
Češka	3	0,66
Estonija	1	0,22
Litva	1	0,18
Poljska	1	0,04

3.2.2 Pregled zakonodavstva

Sektor spaljivanja otpada bio je predmet dugotrajnih zakonskih zahtjeva na regionalnoj, nacionalnoj i europskoj razini. [23] Najznačajniji opći propisi u EU u području upravljanja otpadom su: Direktiva Vijeća 2008/98/EU o otpadu koja zamjenjuje i

dopunjuje Okvirnu direktivu 75/442/EEU, 2006/12/EU, Direktiva Vijeća 99/31/EU o odlagalištu, Uredba 1013/2006 o kretanju otpada. [8]

Okvirna EU direktiva o otpadu 2008/98/EU

Uspostavlja pravni okvir za postupanje s otpadom u EU-u te uvodi načela gospodarenja otpadom kao što su načelo onečišćivač plaća (proizvođač, odnosno posjednik otpada, mora snositi troškove mjera gospodarenja otpadom te je financijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je taj otpad prouzročio ili bi je mogao prouzročiti) i propisuje obvezujuću hijerarhiju gospodarenja otpadom. Prema hijerarhiji gospodarenja otpadom, koja predstavlja slijed prioriteta u gospodarenju otpada, članice EU-e, moraju kao cilj gospodarenja otpadom postaviti prevenciju nastajanja otpada i ponovnu uporabu, nakon čega slijede recikliranje i oporaba (energetska) te kao najmanje poželjna opcija odlaganje otpada. Ovom bi Direktivom također trebalo pojasniti u kojim je slučajevima spaljivanje krutog komunalnog otpada energetski učinkovito i može se smatrati postupkom oporabe. [25]

Direktiva Vijeća 99/31/EU o odlagalištima otpada

Cilj ove Direktive je uvođenje strožih zahtjeva za otpad i odlagališta kako bi se spriječile ili smanjile negativne posljedice odlaganja otpada. Direktiva definira različite kategorije otpada: odlagališta inertnog otpada, odlagališta neopasnog otpada te odlagališta opasnog otpada. Direktivom se zabranjuje odlaganje netretiranog otpada te se zabranjuje odlaganje tekućeg otpada, zapaljivog i eksplozivnog otpada te zaraznog bolničkog otpada. Također, Direktiva sadržava čitav niz kriterija i mjera za određivanje lokacije odlagališta, mjera za zaštitu zraka, vode, tla primjenom prikupljanja i tretiranja procjednih voda te prikupljanja i korištenje odlagališnih plinova. Također, Direktiva ukazuje bi dodatnu pažnju trebalo posvetiti problemima spaljivanja komunalnog i neopasnog otpada, kompostiranja, biometanizacije i obrade otpadnog mulja. [26] Direktiva postavlja ciljeve za države članice kako bi se biorazgradivi komunalni otpad preusmjerio s odlagališta k održivijim metodama gospodarenja otpadom, odnosno

recikliranjem i oporabom. Do 2016. godine biorazgradivi komunalni otpad na odlagalištima otpada trebao bi se smanjiti na 35 % razine iz 1995. godine. [11] Ova Direktiva je prvenstveno namijenjena za smanjivanje štetnog djelovanja odlagališta na okoliš, tj. njezine sastavnice (zrak, površinske i podzemne vode) te na ljudsko zdravlje.

Direktiva Vijeća 2000/76/EU o spaljivanju otpada

Ova Direktiva nije više važeća od 24. studenoga 2010. godine kada ju je zamijenila Direktiva 2010/75/EU o industrijskim emisijama (integrirano sprečavanje i kontrola onečišćenja). Cilj ove Direktive bio je spriječiti ili smanjiti negativne utjecaje na okoliš, a posebice onečišćenja zraka, tla, površinskih i podzemnih voda kao i rezultirajući rizik za ljudsko zdravlje, prilikom spaljivanja i suspaljivanja otpada. [11] Taj cilj se ostvarivao strožim uvjetima za rad i tehničkim zahtjevima, određivanjem graničnih vrijednosti emisije u postrojenjima za spaljivanje i suspaljivanje za određene onečišćujuće tvari otpuštene u zrak i vodu (kao što su prašina, dušikovi oksidi, sumporni dioksid, klorovodik, teški metali, dioksini i furani itd). Spaljivanje otpada mora se provoditi pod kontroliranim uvjetima i na dovoljno visokim temperaturama kako bi se osiguralo potpuno uništenje opasnih tvari. [11]

Direktiva Vijeća 2010/75/ EU o industrijskim emisijama

U Direktivu 2010/75/EU o industrijskim emisijama integrirano je sedam direktiva i jedna od njih je i Direktiva Vijeća 2000/76/EU o spaljivanju otpada. Direktivom se propisuju pravila o integriranom sprečavanju i kontroli onečišćenja nastalog zbog industrijskih aktivnosti. Također se propisuju pravila namijenjena sprečavanju ili, gdje to nije izvedivo, smanjenju emisija u zrak, vodu i zemlju te sprečavanju nastajanja otpada, kako bi se postigla visoka razina zaštite okoliša u cijelosti [27] te da bi pogoni/postrojenja u kojem se obavljaju te djelatnosti dobilo dozvolu za rad (tzv. okolišnu dozvolu).

Direktiva je implementirana u hrvatske propise kroz Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18), Uredbu o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN87/17) i Uredbu o okolišnoj dozvoli (NN 8/14, 5/18) [14]. Prema Direktivi, smanjenje štetnog utjecaja na okoliš postiže se okolišnim dozvolama zasnovanim na primjeni NRT-a (skraćeno od: najbolje raspoložive tehnike) i propisanim graničnim vrijednostima emisija. NRT su najdjelotvorniji i najnapredniji stupanj u razvoju neke aktivnosti koje ukazuju na praktičnu prikladnost određenih postupaka za sprječavanje, ili gdje to nije moguće za smanjenje, utjecaja postrojenja na okoliš u cjelini. [28]

Sektor spaljivanja otpada bio je predmet dugotrajnih zakonskih zahtjeva na regionalnoj, nacionalnoj i europskoj razini. Uz zahtjeve IPPC direktive (engl. Integrated Pollution, Prevention and Control), sektor spaljivanja (i sličnih) također podliježe zahtjevima specifičnog zakonodavstva. Na snazi djeluju sljedeće direktive EU za postrojenje za spaljivanje otpada:

1. **Direktiva 2010/75/EU** koja je zamijenila:

- 24. studenog 2010. g. Direktivu 2000/76/EU za spaljivanje otpada, uključujući i suspalionice
- 89/369/EEC za sprječavanje onečišćenja zraka od novih postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada (prvotno zamijenjena 27.12.2000. g. s 2000/76/EU)
- 89/429/EEC za smanjenje onečišćenja zraka iz postojećih komunalnih objekata za spaljivanje otpada (prvotno zamijenjena 27.12.2000. g. s 2000/76/EU)
- 94/67/EC za spalionice opasnog otpada, uključujući i suspalionice (prvotno zamijenjena 27.12.2000. g. s 2000/76/EU)

2.**Uredbom (EU) br. 1069/2009** Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. koja je zamijenila Uredbu (EU) br. 1774/2002 Europskog parlamenta i Vijeća od 3.

listopada 2002. kojom se utvrđuju zdravstvena pravila koja se odnose na nusproizvode životinjskog podrijetla koji nisu namijenjeni prehrani ljudi. [23]

3.2.3 Mišljenje javnosti

Javnost se često protivi radu energane na otpad iz više razloga: protive se novom velikom objektu u svojoj blizini, boje se da će spaljivanje smanjiti stupanj recikliranja te se boje utjecaja koje bi energane na otpad imale na zdravlje. Najveći problem za građane je strah od nepoznatog.

Otpad se doživljava kao opasan materijal, a spaljivanje otpada se prikazuje kao obrada čija posljedica su dim, pepeo i otrovni plinovi (emisija finih čestica, teških metala, plinova koji u atmosferi stvaraju kisele kiše te dioksina). Razloga za zabrinutost nema jer je današnja tehnologija za praćenje kvalitete zraka iza obradu otpadnih plinova i otpadnih voda na najvišoj tehnološkoj razini. Svaku otpadnu vodu ili plin moguće je obraditi, mjeriti i kontrolirati, što je glavna i ključna razlika između takvih postrojenja i odlagališta otpada. [29]

Danas, moderno izgrađene spalionice se smatraju „uništavačima emisija“ jer primjenom moderne tehnologije za obradu plinova i otpadnih voda te visokim temperaturama (<850°C) unište više emisija, nego što one same proizvedu (udio dioksina iz spalionica je u ukupnim dioksinima manji od 1 %). [30]

Također, postoji zabrinutost koja uključuju zbrinjavanje lebdećeg pepela (i pepela na dnu peći koji nastaje kao šljaka nakon spaljivanja i iznosi 25-30 % spaljenoga otpada). [10, 30] U mnogim zemljama pepeo iz spalionica se još uvijek odlaže na obična odlagališta, ali se pepeo može koristiti i ugrađivati u građevinske objekte bez straha za njihov utjecaj na zdravlje. Također se može peletizirati i služiti kao materijal u cestogradnji, tj. podloge za ceste te ostalim metodama obrade koje su već navedene.

WtE objekti suočavaju se s jakim prosvjedima lokalnih zajednica u kojima se nalaze, osobito u zemljama u razvoju koje imaju visoku gustoću naseljenost. Lokacija za WtE postrojenja je stalan problem zbog NIMBY efekta (engl. Not In My BackYard), jer s stalnim porastom stanovništva kućanstva se približavaju postojećim WtE objektima. Novčane naknade kao što su porezne olakšice ili smanjenje komunalnih računa smatraju se korisnim rješenjima za NIMBY efekta. [31] Prema istraživanju u Kini 70 % ispitanika podržava spaljivanje kao tehniku zbrinjavanja otpada, ali ta ista grupa ispitanika ne želi živjeti u blizini takvog postrojenja bez obzira koliko je moderna i kvalitetna tehnologija. [32]

4 ZAKLJUČAK

Zbog gospodarskog razvoja, rastuće potrošnja proizvoda, sirovina i energije dolazi do stalnog porasta količine komunalnog otpada. Kretanje prema kružnom gospodarstvu, smanjenje odlaganje otpada i ograničavajući oporavak energije iz materijala koji se ne mogu reciklirati ima veliki utjecaj na ulaganja u WtE. Glavni procesi WtE su spaljivanje otpada u postrojenjima za sagorijevanje (npr. elektrane) i u proizvodnji cementa i vapna, spaljivanje otpada u posebnim objektima, anaerobna digestija biorazgradivog otpada, proizvodnja krutog, tekućeg ili plinovitog goriva iz otpada te ostali postupci uključujući neizravno spaljivanje nakon koraka pirolize ili rasplinjavanja. U radu se posebno opisuje spaljivanje budući da je zastupljeno u 99 % postupaka termičke obrade. Danas moderne spalionice smanjuju volumen otpada za 95-96 % . Države oskudnih resursa, kao što su Japan, Danska i Švedska su više od stoljeća prednjačile u korištenju energije dobivene iz spaljivanja, iz lokalnih postrojenja koja su proizvodila toplinsku i električnu energiju. U 2015. u Europi je radilo 507 postrojenja s ukupnim godišnjim kapacitetom od 90,77 milijuna tona otpada te se svake godine gradi novih 7 do 10 spalionica. Danas još uvijek postoji negativne konotacije uz spalionice i otpor javnosti na rad takvih postrojenja. Prvenstveno problem za građane je pogrešna percepcija otpada kao opasnog materijala čijem spaljivanjem se oslobađaju velike količine dima, pepela i otrovnih plinovi. Stvarnog razloga za zabrinutost nema, jer je današnja tehnologija za praćenje kvalitete zraka iza obradu otpadnih plinova i otpadnih voda je na najvišoj tehnološkoj razini. Iako spaljivanje ima svoje nedostatke, prednosti spaljivanja nadilaze nedostatke. Prednosti su da značajno smanjuju volumen i količinu otpada, imaju malu emisiju štetnih tvari, ostaci su uglavnom inertni i najvažnije, omogućuje proizvodnju električne i toplinske energije.

LITERATURA

[1] Hrvatska agencija za zaštitu okoliša i prirode: Količina proizvedenog komunalnog otpada. Dostupno na: http://www.haop.hr/hr . Datum pristupa: 27.04.2018.

[2] Anić Vučinić A., Osnove gospodarenja otpadom, Predavanja i skripta , Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, 2017.

[3] Jouhara H., Czajczynska D., Ghazal H., Krzyzynska R., Anguilano L., Reynolds A. J., Spencer N., Municipal waste managment system for domestic use , Energy 139 (2017) 485-506.

[4] Narodne novine (2013.), Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13). Preuzeto s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html . Datum pristupa: 27.04.2018.

[5] IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., Skupljeni i odloženi komunalni otpad, dostupno na : https://www.scribd.com/document/341297494/CSI-016-Kolicina-Proizvedenoga-Komunalnoga-Otpada. Datum pristupa: 27.04.2018.

[6]. Malinauskaite J., Jouhara H., Czajczynska D., Stanchev P., Katsou E., Rostkowski P., Thorne R. J., Colon J., Ponsa S., Al-Mansour F., Anguilano L., Krzyzynska R., Lopez I. C., Vlasopoulos A., Spencer N., Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. Energy 141 (2017) 2013-2044.

[7] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, Savjeti za Zeleni ured – Otpad. Dostupno na: http://www.enu.fzoeu.hr/sge/zeleni-ured/savjeti-za-zeleni-ured/otpad. Datum pristupa: 27.04.2018.

[8] Herceg N., Okoliš i održivi razvoj (Environment and Sustainable Development), SYNOPSIS d.o.o., Zagreb, 2013., pogl. 1.2.6., 1.5.2.

[9] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Ponovna uporaba. Dostupno na: http://www.mzoip.hr/hr/otpad/ponovna-uporaba.html . Datum pristupa: 24.2.2018.

[10] Slunjski M., diplomski rad, Matematički model kogeneracijskog postrojenja na gorivo iz otpada, 2016. Dostupno na : http://repozitorij.fsb.hr/7053/1/Slunjski_2016_diplomski.pdf. Datum pristupa: 17.05.2018.

[11] Drivers for waste-to-energy in Europe. Dostupno na: http://www.cleancluster.dk/wp-content/uploads/2017/06/59410ce0595ca.pdf. Datum pristupa 28.4.2018.

[12] Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions, The role of waste-to-energy in the circular economy, Brussels, 26.1.2017., dostupno na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0034&from=EN. Datum pristupa: 17.04.2018.

[13] Narodne novine, Pravilnik o načinima i uvjetima termičke obrade otpada, (NN 45/07),

[14] Narodne novine, Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. do 2015. godine (NN 85/07, 126/10, 31/11)

[15] Rujnić-Sokele M., Zaštita okoliša i zdravlja, Otpad- vrijedan izvor enegije, 2009.

[16] Skoko D.: Osvrt na koncepte MBO i biološkog reaktora odlagališta otpada, Zbornik radova; XI. Međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom, Zagreb 2010.

[17] Benac Č., Zaštita okoliša, Interna skripta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2008.

[18] A. Đurković, Diplomski rad, Analiza sustava gospodarenja otpadom na području Grada Zagreba i SZ Hrvatske s termičkom obradom otpada, Zagreb, 2015., dostupno na: http://repozitorij.fsb.hr/4916/1/%C4%90urkovi%C4%87_2015_diplomski.pdf. Datum pristupa: 26.05.2018.

[19] Tchobanoglous G., Kreith F.: Handbook of solid waste Management, McGraw-HillHandbooks, 2002.

[20] Pejčić Bilić S., Termička obrada otpada "Waste To Energy" Studijsko putovanje ISWA S. Kemija u industriji i kemijskih inženjera Hrvatske, Vol.63 No.11-12 , Studeni 2014., dostupno na: https://hrcak.srce.hr/129298. Datum pristupa: 26.05.2018.

[21] CEWEP, Waste-to-energy in Europe in 2015., dostupno na: http://www.cewep.eu/2017/09/07/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2015/. Datum pristupa: 28.05.2018.

[22] Poslovni dnevnik, Uloga spalionica u cjelovitom sustavu gospodarenja otpadom, 2014., dostupno na : http://www.poslovni.hr/hrvatska/uloga-spalionica-u-cjelovitom-sustavu-gospodarenja-otpadom-268845. Datum pristupa: 28.05.2018.

[23] Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006., dostupno na: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf. Datum pristupa: 28.05.2018.

[24] ISWA – the International Solid Waste Association, Waste-to-Energy State-of-the-Art-Report, Statistics 6th Edition, August 2012., dostupno na: http://www.iswa.org/home/news/news-detail/browse/16/article/iswa-waste-to-energy-state-of-the-art-report-6th-edition-available-now/109/programmes/. Datum pristupa: 26.04.2018.

[25] Direktiva 2008/98/EZ, dostupno na : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=HR, datum pristupa: 13.05.2018.

[26] Direktiva Vijeća 1999/31/EZ, dostupno na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=EN, datum pristupa: 13.05.2018.

[27] Direktiva Vijeća 2010/75/EZ, dostupno na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32010L0075 , datum pristupa: 13.05.2018.

[28] Folo N., Utjecaj direktive o industrijskim emisijama na postrojenje, TE Plomin, Diplomski rad, Zagreb, 2015., dostupno na: https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A439/datastream/PDF/view. Datum pristupa: 17.04.2018.

[29] Poslovni dnevnik, Strah javnosti od spalionica smeća ustvari je tek strah od nepoznatog, 2014., dostupno na : http://www.poslovni.hr/hrvatska/strah-javnosti-od-spalionica-smeca-ustvari-je-tek-strah-od-nepoznatog-266205. Datum pristupa: 28.05.2018.

[30] A. Švob, Spalionice otpada, dioksini i pepeo, Polimeri: časopis plastiku i gumu, Vol.24 No. 1 Listopad 2003.

[31] Ren X., Che Y., Yang K., Tao Y., Risk perception and public acceptance toward a highly protested Waste-to-Energy facility, Waste Management 48 (2016) 528–539

[32] Huang Y., Ning Y., Zhang T., Fei Y., Public acceptance of waste incineration power plants in China: Comparative case studies, Habitat International 47 (2015) 11-19

POPIS SLIKA

Slika 1 Načela gospodarenja otpadom [7] 3
Slika 2 Produkti pirolize [8] 10
Slika 3 Zbrinjavanje komunalnog otpada u EU-27 prema tipu tretmana (kg po kapacitetu), od 1995.-2015. [6] 14
Slika 4 Ukupni broj WtE postrojenja u Europi, SAD za 2012. godinu [24] 17
Slika 5 Broj WtE postrojenja u Europi sa količinama otpada obrađenim u 2015. godini [24] 18

POPIS TABLICA

Tablica 1 Broj i ukupni kapacitet postrojenja za spaljivanje za različite vrste otpada 2003.god. [23] 15
Tablica 2 Razlike u prosječnom kapacitetu spaljivanja komunalnog otpada po zemljama za 2003.godinu [23] 16
Tablica 3 Prosječni rasponi primjene tehnologija spaljivanja [23] 17
Tablica 4 Broj i ukupni kapacitet postrojenja za spaljivanje za 2015. godinu 19

POPIS I OBJAŠNJENJE KRATICA KORIŠTENIH U RADU

RH- Republika Hrvatska

EU- Europska unija

SAD- Sjedinjene Američke Države

PVC- polivinilklorid

RDF- eng. Refuse Derived Fuel, gorivo iz otpada

EEA- eng. European Economic Area, Europski gospodarski prostor

VOCs- eng.Volatile Organic Compounds, hlapivi organski spojevi

BAT- eng. Best Avaliable Tehniques, NRT - Najbolje Raspoložive Tehnike

IPPC– eng. Integrated Pollution, Prevention and Control, Objedinjeni uvjeti zaštite okoliša

IBA- eng. Incinerator Bottom Ash, pepeo na dnu peći

IFA- eng. Incinerator Fly Ash, leteći pepeo

NIMBY- eng. Not In My Back Yard, ne u mom dvorištu