

Ana ŠVOB



Spalionice otpada, dioksini i pepeo

Nedavno je u ovoj rubrici pisano o dioksini-
ma koji nastaju kao neželjeni nusproizvod
pri spaljivanju otpada (komunalnoga, opa-
snoga i industrijskog), ali i šumskim požari-
ma, u proizvodnji papira, PVC-a i metala, te
u motorima s unutarnjim izgaranjem (Poli-
meri 4 – 5/2002). Ovaj put nešto o spalioni-
cama komunalnoga otpada (e. *municipal
solid waste*, MSW) te dioksinima i pepelu
koji pritom nastaju. (Energija iz otpada,
(Warmer Bull. 78/2001)

Kućni otpad ima gotovo polovicu energij-
skoga potencijala ugljena, pa je ekonomski i
ekološki opravdano dobivanje energije iz di-
jela toga otpada (e. *energy from waste*,
EfW) koji se ne može reciklirati. Čak je i
NASA nedavno odobrila pirolitički projekt
pretvaranja otpadne plastike, ostataka hra-
ne i ljudskih izlučevina (!) u gorivo za svemir-
ske letjelice. Razlozi su višestruki: smanjenje
potrebe za uzimanjem ukupno potrebnog
goriva sa Zemlje, što znači manja letjelica i
niži troškovi lansiranja, rješavanje otpada (u
letjelici nema mjesta za odlagalište!) itd.
(Vjesnik 6. 11. 1999). Slično se radi i na tan-
kerima gdje se spaljuje plastika i opći otpad,
te uljni talozi pogonskoga goriva (Brodog-
radnja 4/1997). Uostalom, slika 1. govori
sve, premda to ne ide tako lako kako se čini.

Godišnje se u Europi proizvede oko 230 mi-
lijuna tona komunalnoga otpada (a ukup-
noga čvrstog otpada više od 3 milijarde
tona), što može podmiriti pet posto europ-
skih energijskih potreba. Nije puno – kažu
pesimisti, al' čovjeka veseli – dodaju optimi-
sti, no bitno je smanjenje volumena otpada,
što postaje sve važnije u nedostatku odlaga-
lišta (većina čvrstoga i komunalnog otpada
se odlaže), pogotovo u malim zemljama.
Danska spaljuje 58 %, Švicarska 45 %, Nizo-
zemska 42 % otpada, Španjolska i Italija
samo 6 odnosno 7 %. (Warmer Bull.
72/2000). Od 2005. bit će u EU dopušteno
samo odlaganje obrađenoga, mineralizira-
noga otpada, pa je potražnja za spalionica-
ma veća nego ikada. Donedavno se smatra-
lo da su ekonomične spalionice kapaciteta
najmanje 150 000 t/god. otpada, no sada

već i spalionice s trećinom ili polovicom na-
vedenoga kapaciteta rade ekonomično (VDI
27/2000). U Europi radi oko 340 spalionica
otpada uz dobivanje energije (EfW), pro-
sječnoga kapaciteta 177 000 t/god., koje su
2002. obradile 50 milijuna tona komunal-
noga otpada i dale oko 45 000 GWh, a sma-
tra se da će se 2003. – 2009. sagraditi još
166 spalionica (Warmer Bull. Enews
5/2003).

Japan ima oko 2000 spalionica komunalno-
ga otpada i njihov broj stalno raste, kao i
prosječna donja ogrjevna vrijednost komu-
nalnoga otpada (od 5 MJ/kg u 1975. na 9
MJ/kg u 1997. godini) (Warmer Bull.
70/2000).

Stvaranje otpada (još uvijek) nadmašuje
ekonomski rast, pa se u zemljama OECD-a
očekuje rast stvaranja komunalnoga otpada
do 2020. Uz recikliranje i kompostiranje (or-
gansko gnojivo dobiveno od biljnih i ku-
hinjskih ostataka i otpada), dobivanje ener-
gije iz otpada igra važnu ulogu u upravljanju
otpadom, a njegove su glavne prednosti:
smanjenje obujma i inertizacija otpada, is-
korištenje njegove vrijednosti te gospoda-
renje rastućom količinom otpada.

U raspravama oko spalionica otpada ima
više elemenata: prihvaćanje/neprihvatanje
od strane pučanstva, emisija dioksina, pe-
peo, materijalna nasuprot
energijske oporabe itd.

Pučanstvo često ne prihvaća spalionice iz
više razloga: protivi se novom velikom ob-
jektu u svojoj blizini, boji se njihova utjecaja
na zdravlje, kao i da će njihova izgradnja
smanjiti oduševljenost za recikliranje. Osim
toga, tim procesom nastaje pepeo koji treba
negdje odložiti itd. Ispitivanje britanskoga
National Society for Clean Air (NSCA) u
Istočnom Sussexu pokazuje da je 30 % ispi-
tanika vrlo, a 34 % prilično zabrinuto zbog
spalionica otpada, 22 % nije jako zabrinuto,
a samo 8 % nije uopće zabrinuto, dok 7 %
nema stav (Warmer Bull. 80/2001).

Ima i slučajeva dugotrajnoga i zadovoljava-
jućeg suživota: najstarija spalionica otpada
u Švicarskoj, kapaciteta 50 000 t/god., po-
stoji u Zürichu od 1904. (i već tada je proiz-
vodila energiju), a nedavno je i obnovljena
(VDI 41/1996).

Dioksini i spalionice

Treba naglasiti da se emisije iz spalionica
bitno snižavaju (tablice 1 i 2) kao što poka-
zuju podatci koje je objavio spomenuti
NSCA iz Velike Britanije (GB) na temelju
opsežnih ispitivanja rada spalionica komu-
nalnoga otpada, a proveo Institut za europ-
sku okolišnu politiku (*Institute for European
Environmental Policy*, IEEP), neovisna, ne-
profitna istraživačka ustanova (Warmer Bull.
80/2001).

Rezultati pokazuju da su se emisije toksičnih
i kancerogenih onečišćivala, kao dioksina i
teških metala, iz spalionica otpada znatno
smanjile zadnjih deset godina i da su male u
usporedbi s drugim izvorima zagađenja, pa
su i njihovi utjecaji na zdravlje mali.
(Detalji se mogu dobiti na adresi e-pošte:
admin@nsca.org.uk).

No, pučanstvo se svejedno boji spalionica
otpada, premda ispitivanja pokazuju da one
daju mali udio ukupnoj količini emisije diok-
sina. U Irskoj je, primjerice, devet spalionica
opasnoga otpada pridonijelo 2000. godine
samo 1 % ukupnoj emisiji dioksina te zem-



SLIKA 1. Na ulazu je smeće, na
izlazu energija

lje, a glavnina potječe od spaljivanja otpada u domaćinstvima (Warmer Bull Enews 47/2002).

Često se pitamo kakvi su rezultati mjerenja dioksina na divljim i "pitomim" odlagalištima komunalnoga otpada diljem Lijepe naše, gdje se smeće stalno spaljuje da bi manje zaudaralo i napravilo mjesta novom. I nikome ništa! Ali itekako ćemo se buniti protiv prve spalionice komunalnoga otpada i pričati o štetnosti dioksina. Pohvalno je da je Ministarstvo zaštite okoliša zabranilo spaljivanje otpada tijekom ljetnih mjeseci na otocima, ali zašto samo na otocima i zašto samo ljeti, kad stvaranje dioksina ovisi o temperaturi spaljivanja, a ne o godišnjem dobu i lokaciji.

Nedavno su objavljeni podatci o novom postupku za smanjenje emisije dioksina. U Polimerima 4 – 5/2002. pisano je o jednom ispitivanju znanstvenika iz Karlsruhea koji su upotrijebili polipropilen (PP) za "hvatanje" dioksina. Utvrđeno je da PP hvata, ali i ispušta dioksine ako se promijene procesni uvjeti. No, znanost je i tome doskočila novim materijalom i ADIOX postupkom.

Postupak se temelji na apsorpciji dioksina na polimernim materijalima koji se rabe kao konstrukcijski materijali u opremi za čišćenje dimnih plinova, jer su korozivski postojani i jeftini. Kad se plin koji sadrži dioksine i furane (PCDD/F) nađe u kontaktu s polimerom kod uobičajenih temperatura sustava za mokro pranje plinova (60 – 70 °C), znatna količina PCDD/F migrira u polimer i on ga apsorbira. Oba procesa, migriranje i apsorpcija ovisi o temperaturi. Ako temperatura poraste samo nekoliko stupnjeva ili se koncentracija PCDD/F u dimnom plinu promijeni, PCDD/F migrira na površinu polimera i dolazi do desorpcije. Ta ravnoteža apsorpcija/desorpcija zove se prisjećanje (tzv. efekt memorije). No, razvijen je novi konstrukcijski materijal za nepovratno (ireverzibilno) uklanjanje dioksina. Da bi se spriječilo otpuštanje dioksina iz plastike, u ovom slučaju polipropilena, u njega su homogeno ugrađene fino granulirane, dispergirane čestice ugljika. U tom novom materijalu (označava se PP-C) PCDD/F se najprije apsorbiraju na polipropilenu, difundiraju na čestice ugljika koje ga nepovratno adsorbiraju. Čestice ugljika djeluju kao lokalni hvatači PCDD/F u plastičnoj matrici, a polipropilen djeluje samo kao selektivna barijera koja štiti ugljik od onečišćenja drugim tvarima, npr. živom. PP-C se rabi kao punilo i filter u kolonama za pranje dimnih plinova, ima veliku specifičnu površinu i može se lako ugraditi u novo ili postojeće postrojenje. Jednostavno je za ru-

TABLICA 1. Smanjenje emisija spalionica otpada u Velikoj Britaniji (1992.–1998.)

Polutant	1992 t	1998. t	Smanjenje t	Udio ukupnoga polutanta u GB %
Kadmij	7,18	0,09	99	1,3
Živa	5,06	0,31	94	2,8
Arsen	1,09	0,70	36	1,4
Krom	12,96	0,70	95	0,8
Nikal	7,82	0,28	96	0,14
Olovo	130,49	0,28	99	0,03
PM10*	860	60	93	0,03
NO _x	5210	5210	0	0,3
SO ₂	3940	150	96	0,01

* PM 10 – *particulate matter*, čestice manje od 10 μm (mikrometar)

TABLICA 2. Smanjenje emisija dioksina i furana u Velikoj Britaniji (1990.–1997.)

Emisija	1990. (g i-TEQ)	1997. (g i-TEQ)	Udio smanjenja, %
Spalionice MSW	602	11	98
Ukupno	1092	325	70
Udio spalionica	55	3,3	-

*g i-TEQ – gram internacionalnoga ekvivalenta toksičnosti 2, 3, 7, 8, TCDD (tetraklorodibenzo-p-dioksin)

kovanje i održavanje, jeftino i djelotvorno, prikladno i za kretanje uređaja u pogon (*start-up*), ukoliko – gdje treba sniziti koncentraciju dioksina. S njime se postižu i manje koncentracije od propisanih 0,1 ng/m³. Materijal je u uporabi od 2001. u više spalionica komunalnoga otpada, primjerice u Danskoj (prva uporaba ADIOX punila u spalionici Thisted, (slika 2) i Švedskoj.

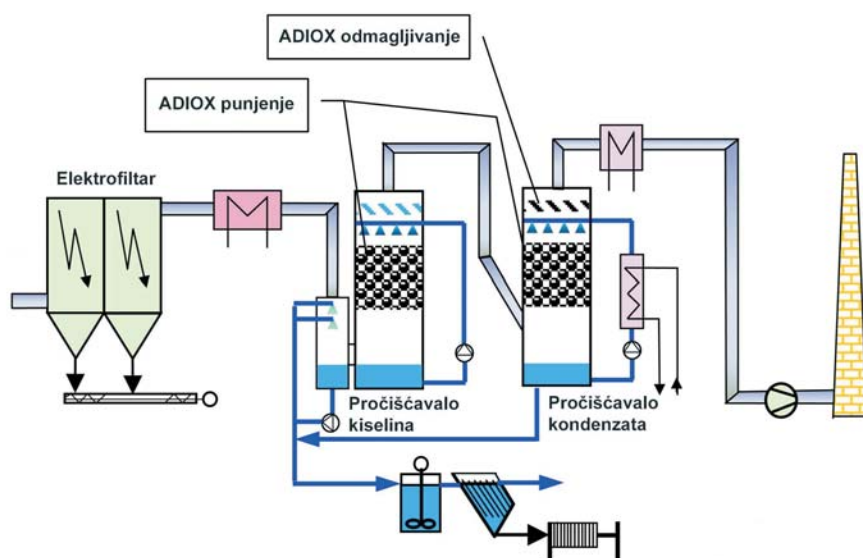
Jedna druga spalionica u Danskoj, u mjestu Kolding, spaljuje godišnje 100 000 t komunalnoga otpada, proizvodi oko 200 GWh toplinske i 50 GW električne energije (www.gmab.se).

Pepeo i spalionice

Postoji dvojba je li materijalna uporaba jednako vrijedna kao energijska. Većina ljudi smatra da prvo treba provesti materijalnu uporabu, ali i da je energijska uporaba važan dio cjelokupnoga upravljanja otpadom. Staklo, aluminij, čelik i drugi metali i tako ne gore, pa je opravdano njihovo izdvajanje s istodobnim poboljšanjem i djelotvornosti uređaja, kao i uklanjanjem mokroga organskog otpada.

Spaljivanjem otpada nastaje pepeo na dnu peći (*incinerator bottom ash*, IBA), koji iznosi 25 – 30 % spaljenoga otpada te leteći pepeo (*incinerator fly ash*, IFA). Oba mogu biti izvorima onečišćenja. No, sve se češće rabe u razne svrhe, pa se postavlja pitanje je li pepeo spalionica zapravo otpad, kao što ga definira Europska direktiva od 15. srpnja 1975. Tako i Gerard Bertolini, direktor istraživanja na Sveučilištu u Lionu postavlja pitanje, može li otpadom biti ono što ima pozitivnu ekonomsku vrijednost.

Prema ispitivanju tvrtke Yprema, koja je proizvođač pijeska, šljunka i građevinskoga materijala, čak se 97,2 % IBA može vrednovati, a samo 2,8 % ne, pa Bertolini zaključuje da taj pepeo i nije otpad, premda se u Francuskoj oko 70 % pepela odlaze na deponije, a samo 30 % koristi (Warmer Bull. 71/2001). U Nizozemskoj namjeravaju upotrijebiti 80 % ukupnoga pepela spalionica: već sada se 40 % IFA koristi kao agregat u asfaltu, a 60 % IBA (više od dva milijuna tona godišnje) u cestogradnji. Danska je već od 1974. koristila pepeo, uglavnom u cestogradnji i voznom parku.



SLIKA 2. Spalionica komunalnoga otpada Thisted, Danska

Nedavno je objavljen izvještaj britanske Agencije za okoliš o ispitivanjima vezanima uz pepeo iz 11 spalionica komunalnoga otpada. One proizvode 2,78 milijuna tona pepela koji odlazi na 42 odredišta, 79 % na odlagališta, 21 % na preradbu i tada se upotrebljava u cestogradnji. Praćenje kvalitete zraka pokazuje kako nema razloga zabrinutosti da spalionice i pepeo ugrađen u građevinske objekte utječu na ljudsko zdravlje, a udio dioksina iz spalionica je u ukupnim dioksinima manji od 1 %. (Warmer. Bull. Enews 24/2002).

Kao što je vidljivo, još uvijek se u mnogim zemljama pepeo iz spalionica najčešće odlazi na posebna odlagališta (podliježu sve strožim propisima) ili se obrađuje vitrifikacijom, iako je utrošak energije velik. Postupak, nedavno razrađen na Sveučilištu u Sheffieldu kao dio projekta za smanjenje otpada, a sponzoriran od Vlade i industrije, konkurentan je tim rješenjima. Radi se o procesu srašćivanja (sinteriranja) letećega pepela, u kojem se rabe energijski djelotvorni regenerativni plamenici i specijalno konstruirani cikloni. Procesom se razaraju toksične organske molekule kao što su dioksini i fura-

ni, a teški metali pretvaraju u neizluživi (*unleachable*) oblik. Ostatni se pepeo može peletizirati i služiti kao materijal za cestogradnju (podloge za ceste) ili odložiti na obično odlagalište. Koncentracije dioksina i furana su manje od granice detekcije od 0,1 pg/g. Do 99,9 % teških metala je pretvoreno u metalne okside, smanjujući izluživanje za 96 %, što je usporedivo s razinom u običnoj zemlji. Potrošnja energije i cijena su smanjeni za 50 % regeneracijom topline. U tom novom procesu srašćivanje se događa u energijski djelotvornom regenerativnom procesu koji grije čestice pepela na oko 850 °C, pri čemu se čestice aglomerata griju i omekšavaju. Regenerativni keramički plamenici troše do 50 % manje energije nego drugi postupci obradbe toplinom. Regeneratori su načinjeni od tijesno slaganih kuglica alumine, koje maksimiraju prostor za prijenos topline, čineći ih sposobnima da uklone praktički svu toplinu iz izlaznog plina. Srašćene čestice i dimni plinovi se odjeljuju u ciklonima posebno projek-tiranim da postignu maksimalnu efikasnost. Visoke temperature koje se održavaju u cijelom ciklonu osiguravaju da se ponovno ne stvore dioksini i furani. Sav se sinterirani materijal skuplja u zrakotijesne kontejnere te se može upotrijebiti u građevinarstvu (Warmer 84/2002).

Postoje i drugi postupci za energijsko vrednovanje otpada, kao što su korištenje deponijskoga plina, anaerobna digestija, izgaranje, kogeneracija, gasifikacija i piroliza itd. Nešto više o tim postupcima čitajte u nekom od sljedećih brojeva.

M. Šercer:

Proizvodnja gumenih tvorevina

DPG, Zagreb, 1999, 141 stranica, 12 tablica, 104 slike, 195 literaturnih navoda, format B5, ISBN: 953-9745-1-2, meki uvez, cijena 150 kn

Sadržaj: *uvod, kaučukove smjese; uvod; pojmovi kaučuk, guma, elastomerni materijal, vulkanizat i umrežavanje; smješavanje kaučukovih smjesa; postupak smješavanja kaučukovih smjesa; smješavanje na dvovaljku; smješavanje na gnjetilici; kontinuirano miješanje; preradbeni svojstva kaučukovih smjesa; uvod; svojstva tečenja; toplinska svojstva; karakteristike umrežavanja; ispitivanje preradbenih svojstava kaučukovih smjesa; ciklički postupci praobliskovanja kaučukovih smjesa; uvod; izravno prešanje kaučukovih smjesa; posredno prešanje kaučukovih smjesa; prešanje kaučukovih smjesa bez srha; injekcijsko*

I Z L O G K N J I G A



prešanje kaučukovih smjesa; uvod; sustavni pristup proizvodnji polimernih tvorevina; proizvodni procesi injekcijski prešanih gumenih otpresaka; teorijske osnove preradbe kaučukovih smjesa injekcijskim prešanjem; opis procesa injekcijskog prešanja kaučukovih smjesa; oprema za injekcijsko prešanje kaučukovih smjesa; kontinuirani postupci praobliskovanja kaučukovih smjesa; kalandriranje kaučukovih smjesa; ekstrudiranje kaučukovih smjesa; linije za umrežavanje kaučukovih smjesa; svojstva gumenih tvorevina: mehanička svojstva gumenih tvorevina; toplinska svojstva gumenih tvorevina; električna svojstva gumenih tvorevina; utjecaj okoline na gumene tvorevine; kemijska svojstva gumenih tvorevina; utjecaj plinova i para na gumene tvorevine; recikliranje gumenih tvorevina; uvod; postupci recikliranja gumenih tvorevina; popis upotrebljenih kratica: literatura.