

Екол. Зашт. Живот. Сред.	Том 7	Број 1-2	стр. 75-83	Скопје 2000/1
Ekol. Zašt. Život. Sred.	Vol.	No.	p-p	Skopje

TERMI ^KI TRETMAN NA CVRST KOMUNALEN OTPAD (CKO)

Peri ca PAUNOVI } i Svetomi r HAXI JORDANOV
Tehnl o{ ko-metal ur{ ki Fakul tet - Skopje

I ZVOD

Paunovi }, P. i Haxi Jordanov, S. (2000/1). Termi ~ki tretman na cvrsti ot komunal en otpad (CKO). Ekol. Za{ t. @i vot. Sred. Tom 7, Br. 1/2, 75-83, Skopje.

Termi ~ki ot tretman e najzastapena al ternati vna postapka vo re{ avaweto na probl emot so cvrsti ot komunal en otpad (CKO). Pri toa, pokraj drasti ~nata redukcija na vol umenot na CKO (okol u 90%), mo ` e da se posti gne i vi sok stepen na i skori stuvawe na energijata { to se osloboduva pri dadeni te procesi. Vo trudot se izneseni gl avni te aspekti na procesot na vi sokotemperaturna i nsi neracija: termi ~ki te karakteristi ki na CKO, uslovi te na i nsi neracija, vi dovi postroeni ja kako i ponatamo{ en tretman na oslobodeni te gasni i cvrsti ostatoci od procesot. I sto taka se navedeni osnovni te karakteristi ki na procesot na pi roli za i kombi ni rani te termi ~ki postapki.

Klu~ni zborovi: CKO, termi ~ki tretman, i nsi neracija, pi roli za.

ABSTRACT

Paunovi}, P. i Had`i Jordanov, S. (2000/1). Thermal treatment of municipal solid waste (MSW). Ekol. Za{t. @ivot. Sred., Vol. 7, No.1-2, 75-83, Skopje.

Thermal treatment, especially high-temperature incineration, is the most frequently used alternative process for Municipal Solid Waste (MSW) treatment. The goals of this process are reduction of MSW volume (about 90%) and waste-to-energy conversion and utilization. In this paper, the following aspects of thermal treatment are given: thermal characteristics of MSW, incineration parameters, thermal treatment facilities and further treatment of solid residues and emitted gases. Also, the basic characteristics of pyrolytic and combined processes are described.

Key words: MSW, thermal treatment, incineration, pyrolysis.

VOVED

Vo ponovo vreme, vo prakti kata na Up-ravuvawe so cvrsti ot komunal en otpad (*Solid Waste Management*), sé pogol em e trendot na pri mena na al ternati vni postapki na tretirawe na otpadot, nasproti deponi-raweto.

Najrasprostraneti od niv, se termi ~ki te tretmani. Osnovni cel i koi se posti-gaat pri termi ~ki ot tretman se: namal u-wawe na volumenot na CKO (okol u 75% maseni ili 90% volumenski), trans-f ormi rawe na akti vni te organski materii,

volati l i te, toksi ~ni te i patogeni te ma-terii i akti vni te te{ ki metal i. Pri toa se te ` nee:

- da se iskoristi **energijata** { to se osloboduva i toa vo obl i k na energija na vodena para ili topl a voda za proi zvod-stvo na elektri ~na energija ili parno zatopl uvawe; proi zvodstvo na vi sokokal o-ri ~ni te~ni ili gasni gori va pri pi roli -ti ~ki procesi,

- i nerti rawe i /ili i skori stuvawe na **cvrsti te ostatoci** odnosno mi ni mi zi rawe

na kol i ~i nata na cvrsti ot ostatok namenet za deponi rawe,

- pro~i stuvawe na **dimni te gasovi** od cvrsti i gasni ef luenti sé do grani ci te na dozvoleni te ekolo{ ki normi i kriteri umi .

Osnovni postapki za termi ~ki tretman

na CKO se:

1. Sogoruvawe (i nsi neracija),

2. Piroliza,

3. Kombini rani postapki (pi roli za vo neutral na atmosf era i vi sokotemperaturna i nsi neracija vo atmosf era na vi { ok na vozduh).

1. I NSI NERACI JA

I nsi neracijata pretstavuva termi ~ki proces vo koj otpadni ot materijal se sogoruvava vi soka temperatura (nad 900 °S) vo oksidna atmosf era. I nsi neracijata e najzastapen al ternativen tretman, vo sporedba so komposti raweto, anaerobnata digestija, pirolizata i sl. Postoi tendenci ja da go nadmi ne deponi raweto, koe

Tab. 1 Zastapenost na i nsi neracijata i deponi raweto vo neкои zemji vo Svetot, 1995 god. (Hunsicker 1996; Umweltpolitik in Deutschland 1997)

Zemja	Инсинерација [%]	Депонирање [%]
Швајцарија	>75	10-25
Јапонија	72,5	22,8
Данска	50-75	25-50
Луксемб.	50-75	25-50
Франција	50	50
Германија	10-25	>75
Шпанија	<10	50-75

za `al, se pak e najmasoven oblik na re{ avawe na problemot so otpadot. Me|utoa, kako { to mo` e da se vi di od Tab. 1, vo neкои vi soko razvi eni zemji (Јaponija, [vajcarija, Danska), i nsi neracijata e pozastapena od deponi raweto na otpadot. Vo Tab. 2 se navedeni podatoci za brojot na postrojki te za i nsi neracija na CKO osposobeni za i skori stuvawe na energijata i ni vni ot kapaci tet, vo razl i ~ni del ovi od Svetot. Tehnol ogijata za i nsi neracija na CKO e najmasovno zastapena (kako spored kapaci tetot, taka i spored brojot na postroeni ja) vo Јaponija i SAD. Kon brojkata na postroeni ja vo Јaponija treba da se dodadat i u{ te 1540 pomali postroeni ja za i nsi neracija bez i skori stuvawe na energijata.

1.1. Termi ~ki karakteristi ki na otpadot

Osnoven parametar spored koj se opredeluva sposobnosta na CKO za termi ~ko treti rawe e negovata topl inskata mo}. Vrednosta na topl inskata mo} na CKO zavi si od negovi ot sostav, t.e.kompl eksni ot soodnos na sogorlivi i nesogorlivi komponenti . Vrz ovoj soodnos vli jaat godi { ni te vremi wa, kl imatski te uslovi , l okacijata kade { to se produci ra otpadot, na~i not na zatopl uvawe, i shranata, ` i votni ot standard i tn. Najednostaven na~i n za prika ` uvawe na vlijani eto na sostavot vrz topl inskata mo} na CKO e preku i ska ` uvawe na zastapenosta na sogorl i vi te komponenti , vl agata i pepel ot (t.n. proksi mati ven sostav).

Tab. 2 Broj na postroeni ja i ni vni ot kapaci tet vo neкои zemji vo Svetot (Hunsicker 1996; Berenyi 1996; Europe's Environment - The Dobriš Assesment 1995; Umweltpolitik in Deutschland 1997).

Zemja	Година	Капацитет [t/год.]	Бр. на построенија
Јапонија	1994	33 800 000	360
САД	1992	48 570 840	171
Русија	1989	2 515 680	8
Украина	1989	1 995 840	4
Германија	1993	9 500 000	49
Швајцарија	1993	2 300 000	-
Тајван	1996	3 888 000	10

Топл инската мо} на CKO H_n [kJ/kg], како функција на компонентите на проксимativni ot sostav mo` e da se presmeta spored edno od slednite ravenstva:

Класи ~на ravenka (Liu et al. 1996):

$$H_n = 188,55 \cdot B - 25,1 \cdot W \quad (1)$$

Bentova ravenka (Liu et al. 1996):

$$H_n = 187,3 \cdot B - 24,5 \cdot W + 88,83 \quad (2)$$

kade { to e:

B - zastapenost na sogorli vi materi i [%],

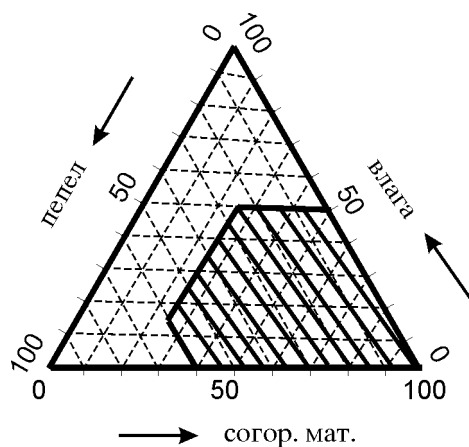
W - zastapenost na vl aga [%].

Vo tabel ata 3 se navedeni podatoci za proksi mati vni ot sostav na CKO vo neko i

Tab. 3 Proksi mati ven sostav na CKO % [kg/kg] i topl otna mo } [kJ/kg] (Liu et al. 1996; Reiman & Hämmeril 1995)

КОМПОНЕНТА		Каохсиунг- Тајван	Швајцарија	Германија
Проксимативен состав	Согор. матер.	18-50	52-56	40-60
	Влага	37-60	12-22	15-35
	Пепел	9-28	22-36	25-35
Топлинска моќ		4500-10000	8400-10500	7500-15000

kompl eksnoto vl i jani e na sostavot na CKO vrz negovata sposobnost da sogoruva samostojno (bez dodavawe na gori vo). Se gl eda deka pri i stovremena zastapenost na vl aga i pepel vo CKO, potrebno e da ima pove } e od 25 % sogorli vi materi i, dodeka vo bi narni te si stemi (samo pepel ili samo vl aga) ovoj procent e zgol emen na 40, odnosno 50 % sogorli vi materi i.



Sl. 1 Troen di jagram na tri te osnovni komponenti { to go so~i nuvaat proksi -mati vni ot sostav na CKO (Reiman & Hämmeril 1995)

1.2 Uslovi na i nsi neracija

Osnovni uslovi za potpol na i nsi neracija se sledni te: 1) dovol no kol i ~estvo vi { ok na vozduh, 2) opti mal no me{ awe na otpadot za vospostavuvawe na i deal en kontakt so oksidansot, 3) vi soki temperaturi na i nsi neracija (nad 900 °S), 4) vreme za potpolno odvivawe na

zemji. [i roki ot i interval na vrednosti za sekoja komponenta se dol ` i na promeni te na proksi mati vni ot sostav so tek na vremeto i podra~eto od kade poteknuva otpadot. Normal no, vakvi te promeni se odrazuvaat i vrz topl i nskata mo } na CKO.

Na di jagramot na Sl. 1 e pri ka ` ano

oksi dati vni te procesi (najmal ku 2 sekundi) (Manahan 1994). Za da se spre~i sozdavaweto di oksini i furani (edni od najopasni te zagaduva~i na atmosferata), neophodno e organski ot materijal { to sogoruva za pomal ku od 2 s da se zagree nad 1200 °S (Stelter 1997). Poradi slo ` enosta na me|usebnata korelacija na ovi e parametri i gol emata heterogenost na sostavot na CKO, osnovna zada~a na i stra ` uvawata vo ova oblast e da se najde opti mumot na si te f aktori za potpol na i nsi neracija i mi ni mal na produkcija na gasni i cvrsti ef luenti.

1.3 Postroeni ja za i nsi neracija na CKO

Na Sl. 2 e pri ka ` ana { emata na edno postroeni e za i nsi neracija na CKO i natamo{ no i skori stuvawe na energijata.

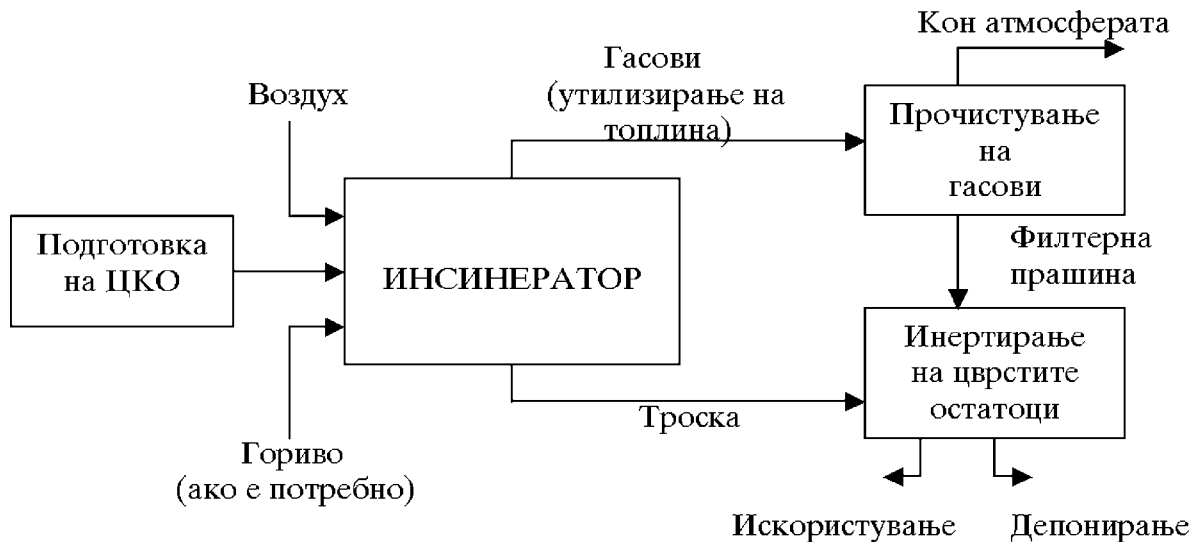
Prv el ement na si stemot za i nsi neracija e sekci jata za podgotovka na otpadot. Pod podgotovka se podrazbi ra separi rawe, si tnewe, seewe ili presuvawe na otpadot. Vo slu~ai koga f rakci oni ot sostav e povolen, otpadot mo ` e di rektno da se { ar ` i ra vo komori te za i nsi neracija. Pri podgotovkata i { ar ` i raweto se kori stat soodvetni vi soko-sof isti ci rani postroeni ja, kako { to se ekstruderi za usi tnuvawe, kli pni nabiva-i, lenti za dvi ` ewe na materijal ot, i nki za dozi rawe i tn. [ar ` i raweto mo ` e da bi de konti nui rano ili di skonti nui rano, zavi sno od kapaci tetot na postroeni eto.

Naj~esto kori steni i nsi neratori se

komorni pe~ki so re{ etki, rotacioni pe~ki i reaktori so fluidizirani sloj. Vo ponovo vreme za insineracija na opasen otpad se koristat plazmeni reaktori,

infracrveni sistemi, elektri~ni reaktori, i nsineracija vo rastopeni soli ili vo rastopeno staklo (Manahan 1994).

Za iskoristuvawe na toplinskata



Sl. 2 | ematski prikaz na operacii te i tokot na materijalite vo eden sistem za insineracija

energija od procesot na insineracija obi~no se prikluvaat parni kotli. Energijata od vodenata para mo`e da se upotrebi za dobivawe elektrina energija ili pak za zatopl uvawe. Vo ponovo vreme insineratori te namesto so ognootporni materijali, se oblo`uvaat so t.n. vodeni yidovi, pri { to doa|a do direktna toplinska razmena.

Zavisno od stepenot na podgotovka na otpadot i kapacitetot na postroenijata, razlikuvame 3 tipa postroenija za insineracija: 1) **modularni sistemi**, 2) **sistemi za masovno sogoruvawe (Mass-Burn ili MB-sistemi** i 3) **sistemi so gorivo izvedeno od otpad (Refuse-Derived-Fuel ili RDF-sistemi**) (U.S. Environmental Protection Agency 1995).

Modularnite sistemi pretstavuvaat postroenija sostaveni od pomali komorni insineratori so kapacitet od 15-100 t/den. So instalirawe na pove}e vakvi insineratori, kapacitetot mo`e da se zgolemi do 400 t/den. Procesot na insineracija se odviva vo 2 fazi: pri marna insineracija vo uslovi na nedostig na vozduh, pri { to se sozdavaat visokosogorlivi gasovi i pra{ina. Ovie premi nuvaat vo komorata za sekundarna insineracija vo atmosfera na

vo{ok na vozduh i visoki temperaturi, pri { to se osloboduva golema koli~ina na toplina. Zagreanite gasovi pominuvaat niz parni kotli, kade { to ja predavaat toplinata na voda.

Kaj **MB sistemi te** otpadot se {ar`ira bez prethodna podgotovka. Postroenijata sodr`at dva ili pove}e insineratori so kapacitet od po 200-700 t/den ili vkupen kapacitet do 3000t/den. Kako insineratori se koristat komorni pe~ki so podvi`ni re{etki ili rotacioni pe~ki. Razmenata na toplina se odviva vo parni kotli, a vo ponovo vreme se preferiraat vodeni yidovi.

Kaj **RDF sistemi te** otpadot prethodno se podgotvuva za insineracija. Zavisno od kapacitetot na postrojkata i sostavot na otpadot, postojat razli~ni vidovi podgotovka na materijalot: 1) usitnuvawe na otpadot i prosejuvawe niz pokrupno sito (obi~no 150 mm), 2) izdvojuvawe na metalnite frakcii (so { to se zgolemuva toplotnata mo} na otpadot), 3) kombinirano prosejuvawe i separacija, pri { to usitneti ot materijal minuvani zsito od 50 mm, a potoa odi na vozdu{na separacija kade lesnite (sogorlivi) frakcii se odvojuvaat od te{kite (nesogorlivi).

Ponatamu sledi magnetna separacija za izdvojuvawe na `el ezoto i prosejuvawe za odstranuvawe na zemja, pesok, staklo i sl. Vakvata podgotovka obi ~no se koristi kaj reaktorite so fluidiziran sloj. 4) Presuvawe na otpadot podgotven na prethodni ot na~in vo vid na peleti, briketi i sl. Vakvite otpresoci pretstavuvaat of ormeno gori vo, lesno se transportiraat i mo`e da se koristat i vo drugi industrijski postrojki. Kaj RDF-sistemite se koristat site vidovi i nsineratori za sogoruvawe na CKO.

Vo **izlezni te gasovi** koi nastanuvaat pri insineracijata na CKO, se nao|aat i komponenti { to ja zagaduvaat okolinata, kako na primer **CO₂**, **CO**, **azotni oksidi**, **pra{ina**, **kiseli gasovi**, **te{ki metal i**, **dioksini**, **furani** i sl., zavinsno od vl ezni ot

sostav na otpadot. Pro~istuvaweto na gasovite od ovie materii treba da se vr{ise dodekati e ne se svedat vo dovolenite grani ci, a duri potoa smeat da bidat ispu{teni vo atmosferata. Spored vidot na {tetnite materii, mo`e da nabroime nekolku osnovni **postapki na pro~istuvawe na izlezni te gasovi** nastanati pri procesot na insineracija na CKO (U.S. Environmental Protection Agency 1995): 1) **izdvojuvawe na pra{inata**, 2) **pro~istuvawe od kiseli gasovi** (SO₂, HCl i HF), 3) **namaluvawe na NO_x**, 4) **namaluvawe na dioksini/furani**.

Metodite i aparaturite za pro~istuvawe na {tetnite materii se isti kako onie koi se koristat vo ostanatite industrijski procesi.

Vo Tab. 4 se navedeni maksimalno dovolenite koncentracii za emisija na

Tab. 4. Maksimalno dovoleni koncentracii za emisija na {tetni materii od izlezni te gasovi [mg/Nm³] Europe's Environment - The Dobri{ Assesment 1995; Vogg 1989; Slu`ben vesnik na SRM, januari 1990

Држава	Година	Прашина	HCl	SO ₂	CO	Cd	Hg
Германија	1960	500	1000	500	1000	0.5	0.5
- -	1970	100	1000	500	500	0.2	0.5
- -	1980	50	100	200	100	0.1	0.2
- -	1990	10	5	50	10	0.02	0.05
- -	1992	10	10	50	50	0.05	0.05
(ЕУ)	1992	5	5	25	50	0.05	0.05
Македонија	1990	50	30	500	250	0.2	0.2

nekoj {tetni materii od izlezni te gasovi, koi nastanuvaat pri procesot na insineracija. Vo Germanija, vo periodot 1960 do 1992 godina, zakonskata regulativa e se porigorozna i dovolenite koncentracii za HCl se namaleni 100, za pra{ina 50, CO 20, SO₂, Cd i Hg 10 pati. Ova pri donelo postojano da se investira i razviva tehnologijata za pro~istuvawe na izlezni te gasovi. Vo zemjite na Evropskata unija dovolenite grani ci se u{te pomalii toa dvojno za pra{ina, HCl i SO₂. Vo na{ata zemja, spored Pravi lni kot za maksimalno dovolenite koncentracii i kol i ~estva na {tetni materii od 1990 godina (Slu`ben

vesnik na SRM 1990), dovolenite grani ci se pove}ekratno povi soki.

Cvrsti ostateci {to ostanuvaat vo procesot na insineracija se **pepel i filterna pra{ina**. Pepelta so dr`i neorganski materii, voglavno silikati i oksidi na te{ko isparlivi metal i (Fe, Cu, Cr, Ni i sl.) i nezna~itelni del organski ef luenti. Zatoa, taa mo`e i bez poseben tretman da bide deponirana ili da najde nekoja prakti ~na primena. Filternata pra{ina pretstavuva opasna materija, bidej}i vo nea se zastapeni zna~itelni kol i ~estva so eden neni ja na lesno isparlivi te{ki metal i (Cd, Hg, Pb, Zn, As i sl.) i

organski efluenti (dioksini, furani, hlороbenzeni, hlороfenoli i sl.). Zatoa pred da se deponira ili prakti~no upotrebi, treba da se izvr{i **inerti rawe**

na filternata pra{ina. Vo Tab. 5 e navedeno koli~estvoto na poedni elementi i organski efluenti vo troskata od procesot na insineracija.

Tab. 5 Sodr`ina na neкои elementi i organski efluenti vo troskata nastanata pri neкои procesi na insineracija na СКО (Hjelmar 1996)

Компоненти		Пепел	Филтерна прашина	Компоненти		Пепел	Филтерна прашина
Метални				Неметални			
Si	g/kg	210-290	95-190	Cl	g/kg	1,2-3,2	45-101
Al	g/kg	47-72	49-78	S	g/kg	1,3-8	11-32
Fe	g/kg	27-150	18-35	P	mg/kg	2,9-13	4,8-9,6
Cu	g/kg	0,9-4,8	0.86-1.4	Органски			
Zn	g/kg	1,8-6,2	19-41	Хлоробензени	μg/kg	6,7-45	50-890
Pb	g/kg	1,3-5,4	7.4-19	Хлорофеноли	μg/kg	16-34	120-1800
Cd	mg/kg	1,4-40	250-450	Диоксини	μg/kg	0,2-10	115-140
As	mg/kg	19-80	49-320	Фурани	μg/kg	0,44-4,5	48-69
Hg	mg/kg	<0,01-3	0,8-7				

Postojat nekolku na~ini na inertirawe na cvrstite ostatoci, kako **solidificirawe** so pomo{ na adi ti vi, **hemiski i termi~ki tretman**. Kako adi ti vi za solidificirawe se koristat cement, var, gips, silikati i sl., pri {to adi ti vogi i mobilizira prisutnite te{ki metali i ja namaluvani vnata rastvorlivost, a vaka zacvrsnati ot materijal mo`e da se upotrebi vo grade`ni {tvoto. Pogol em stepen na inertirawe na {tetnite materii se postiga ako pred procesot na solidificirawe, otpadni ot materijal se tretira hemiski. Obi~no se propu{ta niz razbla-

ena kiselina, pri {to se izdvojuva gol em del od te{ki te metali. Termi~ki ot tretman se izveduva na temperaturi od okolu 1300 °C. Pokraj i sparuvaweto na opasnite materii, poradi prisustvoto na SiO₂ se sozdava staklena matrica, koja gi zatvora vo sebe soedinenijata so visokata to~ka na topewe. Ova stakl esta masa mo`e ponatamu da se koristi vo industrijata za staklo.

Cvrstite ostatoci mo`e da bidat upotrebeni kako komponenti vo grade`en beton i malter, asfalt, materijal za podloga na pati{ta, polimeren beton i tn. (Rebeiz & Mielich 1995).

2. PIROLIZA

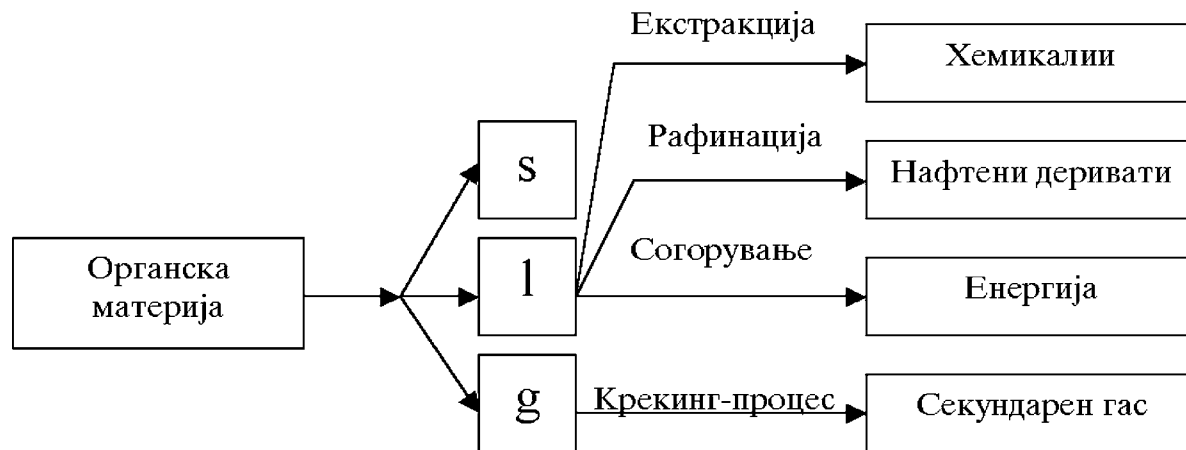
Pri zagrevawe na organska materija vo otsustvo na vazduh, doa|a do nejzno razgraduvawe, pri {to se dobi vaat gasni, te~ni i tvrdi produkti. Zavisno od materijata {to se razgraduva, a pred se od uslovi te na procesot (temperatura, vreme), se dobi vaat te~ni odnosno gasni produkti na razgraduvawe. Na temperaturi od 300-500 °C pri mnogu kratko vreme na piroliza (pomalku od edna

sekunda), se dobi va te~en produkt, ~ija koli~ina mo`e da dostigne do 70 % od vlezinata suva materija (Garcia et al. 1992, 1996; Bridgwater 1996). Pri povisoki temperaturi se dobi va gas vo ~ij sostav mo`e da ima metan, etan, eten, etin, butan, propilen, acetaldehyd i tn. Procesot na piroliza mo`e da se podeli na dva dela: primarno razgraduvawe i sekundarna reakcija, pri {to te~nite, odnosno gasnite produkti

nastanati so pri marnoto razgraduvawe se podvrgnuvaat na sekundarna reakcija (kreking proces). Na Sl. 3 e prika` ana principi el na { ema na procesot na piroliza.

Komponenti na CKO koi mo` e piroliti ~ki da se tretiraat se: celuloza (hartija, karton, tekstil, drvo), plastika, guma, masti i proteini.

Podgotovkata na vlezna materija e posebno va` na za procesot na piroliza. Taka, pri piroliti ~ki tretman na CKO e potreben visok stepen na razdeluvawe na organskata materija od neorganskata. Naj~esto kori steni pe~ki za izveduvawe na ovi e procesi se reaktori so fluidizirani sloj, elektri ~ni cilindri ~ni pe~ki i tn.



Sl. 3 Pri nci pi el na { ema na procesot na piroliza

3. KOMBI NI RANI PROCESI

Najefikasno ekolo{ko i ekonomsko re{enie za mnogu golemi koli~ini na heterogen CKO e kombini ran proces na piroliza i insineracija. Pri vakov proces iskori stuvaweto na energijata e visoko, a cvrsti ot ostatok za deponi rawe mo` e da se svede do samo nekolku procenti od vlezna koli~ina na otpadot. Za ilustracija, na Sl. 4 e prika` an kombini rani ot termi ~ki proces na CKO, {to go razvila firmata "Si mens" (Baumgartel 1993).

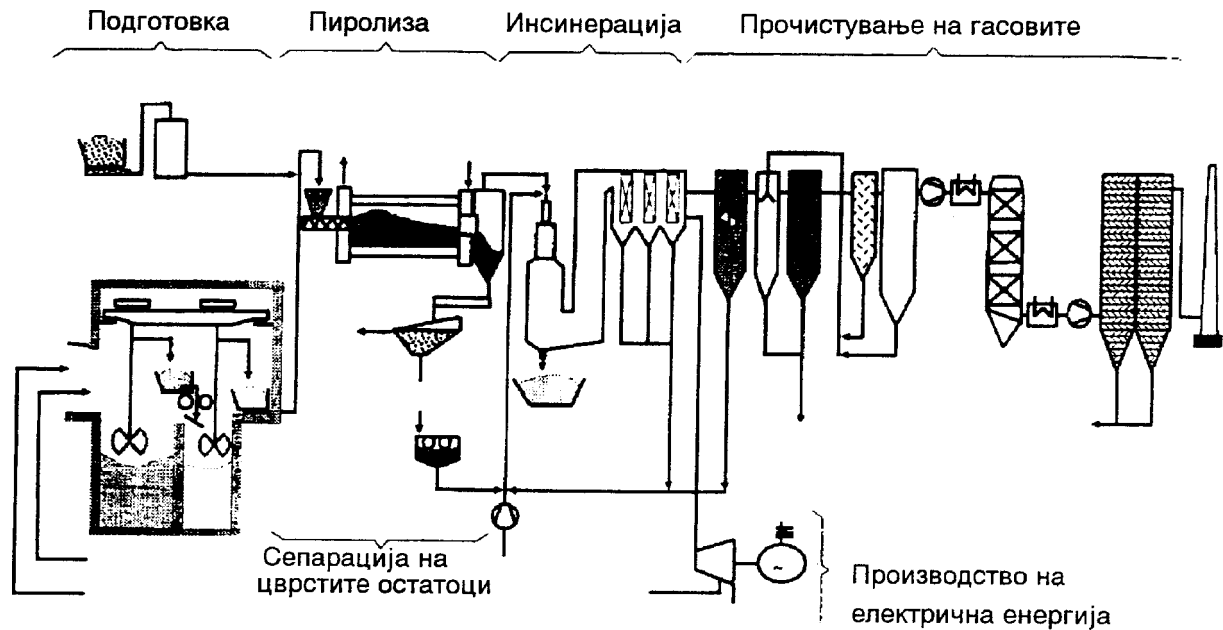
Procesot e prilagoden za tretman na CKO i otpadni cvrsti i te~ni materii od industri ski te procesi. Po soodvetna podgotovka (1), vlezni ot materijal, se {ar`ira vo rotacionen cilindar (2), vo koj se vr{e piroliza na okolu 450 °C vo neutral na atmosferi. Pri toa, nastanuva razdeluvawe na organskata od neorganskata materija. Neorganski ot del, koj se состои od `el ezo, oboeni metal i, kerami ka

i staklo, se izdvojuva i e pogodan za reciklirawe. Organskata materija e vovid na gas i pra{ina so okolu 99 % jaglerod. Ovoj del od materijal otodi vo komora za visokotemperaturna insineracija (3) vo atmosferi na visok na vozduh. Toplina oslobodena vo ovoj proces se kori sti za dobi vawe elektri ~na energija (4). I zlezni te gasovi se pro~istuvaaat vo soodvetna sekci ja od postroeni eto (5).

Cvrsti ostatoci koi nastanuvaat pri ova a postapka se sledni te: 1) vo procesot na piroliza - `el ezo, oboeni metal i, staklo i kerami ka, 2) vo procesot na visokotemperaturna insineracija- granulirana troska, 3) vo procesot na pro~istuvawe na gasovi- filterna pra{ina. @el ezoto i oboeni te metal i se di rektno pogodni za pretopuvawe. Stakloto i kerami kata isto taka mo` e da se upotrebat vo soodvetni te tehnol o gi za dobi vawe staklo i kerami ka. Granulirana troska se upotrebuva kako materijal za

zasi puvawe ili za izgradba na pati { ta. Ostanuva da se deponira samo filternata pra{ ina, ~ija koli~ina e samo 0,1% od

vkupnata vlezna materija. Bidej{i taa sodr`i te{ki metali i organski ef luenti, potrebno e prethodno da se inertira.



Sl. 4 Pri nci pi el na { ema na "Siemens Thermal Waste Recycling Process" (Baumgartel 1993)

ZAKLU^OK

Terminot tretman na CKO e postoe~ka, no i perspektivna postapka, koja gi ima slednive pova`ni aspekti:

1. Procesot na insineracija e najrazviena alternativna postapka vo integralniot sistem na upravuvawe so cvrsti ot pad, so tendencija da go dostigne i nadmi ne deponiraweto, koe za `al seu{ te e najrasprostranet na~in na zgri ` uvawe na CKO. Vo neкои zemji, odnosot insineracija/deponirawe iznesuva duri 75/25.

2. Pozitivni efekti {to se postignuvaat pri procesot na insineracija se slednite:

- a) drastino namaluvawe na volumenot na otpadot (do 90%),
- b) odstranuvawe na aktivnite organski materii, volatilitete, te{kite metali itn.,
- v) iskoristuvawe na toplinskata energija {to se osloboduva od procesot, za dobivawe elektri~na

energija ili energija za parno zatopl uvawe.

3. Negativni aspekti na procesot na insineracija se emisija na gasovi i pra{ ina i cvrsti ostatoci (pepel i troska) so zgolemena sodr`ina {tetni materii. Me|utoa sovremenata tehnologija na pro~istuvawe na gasovite ovozmo`uva namaluvawe na {tetnata emisija pod dozvolenite vrednosti. Od druga strana razvieni se postapki na inertirawe na cvrstite ostatoci i nivno natamo{no iskoristuvawe ili bezbedno deponirawe.

4. Procesot na piroliza dava dobri mo`nosti za dobivawe na visokokvalitetni gasni i te~ni goriva i hemikalii, pri prethodno dobro organizirana selekcija na organskata frakcija na CKO.

5. Kombiniраните procesi se pogodni za podra~ja so големи koli~ini na komunalen i industriiski otpad koi

poka` uvaat golema heterogenost vo sositavot. Pri vakvite procesi i skoristuvaweto na energijata e vi soko, a kol i ~i nata

na cvrstite ostatoci zna~itelno reducirana.

LI TERATURA

- Hunsicker, M.D. (1996) J.Hazar.Mater., Vol.47, 31-42.
- Europe's Environment - The Dobriř Assesment (1995). Edited by Daveid Stammers and Philippe, Bourdeau, EEA, Kopenhagen.
- Umweltpolitik in Deutschland, CD-ROM für Windows und Macintosh, Bundesumweltministerium, 1997.
- Liu, J. et al. (1996). J. Air & Waste Menag. Assoc., Vol.46, 650-656.
- Reiman, D.O. & Hämmeril, H. (1995). Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis, Schriftenreihe: Umweltschutz, Baunberg.
- Manahan, S. (1994). Environmental Chemistry, Lewis Publishers, Boca Raton.
- Stelter, S. (1997). Erstes Freiburger Europa Seminar: Recources for Tommorow - Materials Recycling, TU Bergakademie, December, 25-39.
- U.S. Environmental Protection Agency (1995). Decision Maker's Guide to Solid Waste Management. Vol. II, EPA/660, Washington.
- Vogg, H. (1989). From the Pollutant Source to the Pollutant Sink - New Concepts of Solid Waste Insineration, Kernforschungs-zentrum Karlsruhe.
- Slu' ben vesni k na SRM (1990). Pravi l ni k za maksimal no dozvoleni te koncentracii i kol i ~estva i za drugi { tetni materii { to mo'at da sei spu{ taat vo vozduhot od oddel ni i zvorina zagaduvawe.
- Hjelmar, O. (1996). J.Hazar.Mater., Vol.47, 345-368.
- Rebeiz, K.S & Mielich, K.L. (1995). Journal of Energy Engineering, Vol.121, No.1, 1-13.
- Garcia, A.N. et al (1992). J.of Anal. and Appl. Pyrolysis, Vol.23, 99-119.
- Garcia, A.N. et al. (1995). J.of Anal. and Appl. Pyrolysis, Vol.32, 41-49.
- Bridgwater, A.V. (1996). Catalysis Today, Vol.29, 285-295.
- Berenyi, E.B. (1996). J.Hazar.Mater., Vol.47, 1-17.
- Baumgartel, G. (1993). J. of Anal. and Appl. Pyrolysis, Vol.27, 15-23.