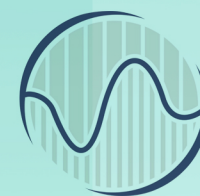




Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.  
This publication reflects the views only of the author, and the Commission  
cannot be held responsible for any use which may be made of the  
information contained therein.



ВИСОКА ШКОЛА  
ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ И РАЧУНАРСТВА  
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА

# ПРИРУЧНИК

## Спалионица отпада

Александра Грујић  
Вера Петровић  
Милан Ивезић  
Далибор Вукић  
Милан Јовић  
Ђорђе Павловић



WAMP  
561821-EPP-1-2015  
EPPKA2-CBHE-JP

Aleksandra Grujić

Vera Petrović

Milan Ivezić

Dalibor Vukić

Đorđe Pavlović

Milan Jović

# **SPALIONICA OTPADA INCINER I8-10s**

PRIRUČNIK

Beograd, 2018.

# SPALIONICA OTPADA

## PRIRUČNIK

Autori: Dr. Aleksandra Grujić (1975)  
Dr Vera Petrović (1965)  
Mast. inž. elektr. i računar. Milan Ivezić (1983)  
Spec. Dalibor Vukić (1985)  
Spec. Đorđe Pavlović (1987)  
Mast. inž. elektr. i računar. Milan Jović (1986)

Recezent: Dr Ivana Vlajić-Naumovska  
Dr Aleksandar Grkić

Tehnička  
priprema: Milan Ivezić, Milan Jović, Đorđe Pavlović

Korice: Marina Kecman

Izdavač: Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija  
Vojvode Stepe 283, Beograd

1. izdanje

Tiraž: 100

Štamparija: Razvojno – istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF, Beograd

Format: A4

ISBN:



# Sadržaj

PREDGOVOR .....	4
EVIDENCIJA VEŽBI .....	5
UVOD .....	6
TERMIČKE METODE ZA TRETMAN OTPADA .....	7
INSINERACIJA - KONVENCIONALNO SAGOREVANJE OTPADA .....	8
SPALIONICA INCINER8 I8-10s .....	9
Osnovni delovi .....	10
Princip rada spalionice.....	12
ZAKLJUČAK.....	17
LABORATORIJSKA VEŽBA BROJ 1: .....	18
PRILOG 1 – KORISNIČKO UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE SPALIONICE INCINER I8-10S.....	21
LITERATURA.....	38



# **PREDGOVOR**

Priručnik za obuku korišćenja spalionice otpada INCINER I8 predstavlja prvo izdanje priručnika namenjenog studentima Visoke škole elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu, studijskog programa Ekološki inženjering kao i drugim zainteresovanim subjektima koji se edukuju u oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom. Nastanak priručnika za obuku na spalionici otpada INCINER I8 je ishod Erasmus + projekta “Waste management curricula development in partnership with public and private sector / WaMPPP 561821-EPP-1-2015-1-RS-EPPKA2-CBHE-JR (2015 - 3206 / OO1 - 001)”.

Unapred se zahvaljujemo na korisnim primedbama i sugestijama čitalaca.

Autori

# EVIDENCIJA VEŽBI

Student	
Ime i prezime:	Broj indeksa:

Vežba	Datum	Potpis
1. vežba		

# UVOD

Insineracija ili spaljivanje otpada predstavlja jedan od načina upravljanja otpadom uključujući pozitivne i negativne aspekte. U savremenom dobu se negativni aspekti spaljivanja otpada eliminišu instalacijom dodatnog gorionika za spaljivanje štetnih gasova nastalih pri primarnom sagorevanju otpada čime se spalionice svrstavaju u sisteme koji teže ka očuvanju životne sredine.

Povećanje količine otpada na godišnjem nivou u svetu posledica je naglog razvitka industrije, sve većeg broja stanovništva na svetu kao i razvitka tehnologija u različitim sektorima. Upravljanje otpadom po prioritetima treba analizirati prvenstveno sprečavanjem nastanka otpada, zatim pripremom za ponovnu upotrebu, recikliranjem i tek na kraju skladištenjem neupotrebljivog otpada. Kao najrasprostranjeniji postupci upravljanja otpadom javljaju se procesi odlaganja otpada na sanitarnim deponijama, recikliranje podobnog otpada, mehaničko-biološka obrada otpada (MBO) i termička obrada otpada. Termička obrada otpada uključuje postupak spaljivanja otpada o kome će biti reči u ovom radu. U radu će biti opisan rad male spalionice otpada tipa Inciner i8-10s koja je obezbeđena iz sredstava predviđenih Erasmus + projektom “Waste management curricula development in partnership with public and private sector / WaMPPP 561821-EPP-1-2015-1-RS-EPPKA2-CBHE-JR (2015 - 3206 / OO1 - 001)” za formiranje laboratorije za zaštitu životne sredine. Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu (VIŠER) je partnerska institucija na Erasmus + projektu WamPPP. Kao najvažniji ishod projekta WamPPP je akreditacija novog Studijskog programa Ekološki inženjering na VIŠER-u, koji pored oblasti vezanih za zaštitu životne sredine od energetske subjektata, modalitetima proizvodnje energije iz otpadnih materija, racionalizacije potrošnje energije i energetske efikasnosti, detaljno proučava oblast upravljanja otpadom.

# TERMIČKE METODE ZA TRETMAN OTPADA

Termičke metode za tretman otpada obuhvataju niz tehnologija koje omogućavaju dobijanje energije iz otpada, uz istovremeno smanjenje njegove zapremine i pretvaranje ostataka otpada nakon procesa sagorevanja u inertno stanje [1]. Termički tretmani čvrstog otpada predstavljaju važan segment u okviru integralnog sistema upravljanja otpadom, kojim se postiže:

- Smanjenje količine otpada koji se deponuje – ušteda deponijskog prostora;
- Mogućnost za dobijanje energije pri termičkoj obradi;
- Mogućnost za dobijanje minerala i hemijskih elemenata iz procesa koji se mogu ponovo upotrebiti ili reciklirati;
- Destrukcija velikog broja zagađujućih supstanci koje su prisutne u otpadu;
- Smanjenje potrebe za dugoročnim praćenjem tokova otpada.

Sve termičke metode za tretman otpada generalno podrazumevaju sagorevanje čvrstog otpada u cilju dobijanja energije. Najčešće se dobijena toplotna energija pretvara u električnu i/ili se direktno vrši iskorišćenje tople vode ili pare u okviru sistema za grejanje industrijskih i stambenih objekata. Termičke metode mogu da se koriste za tretman neke od sledećih grupa otpada:

- Komunalni otpad – koji nije prethodno tertiran;
- Prethodno tretiran komunalni otpad;
- Industrijski neopasan otpad;
- Mulj iz procesa prečišćavanja otpadnih voda (kanalizacija);
- Medicinski otpad.

Najzastupljenije termičke metode za tretman otpada su:

- Insineracija (oksidacija zapaljivih materija sadržanih u otpadu)
- Piroliza
- Gasifikacija
- Plazma process.



# **INSINERACIJA - KONVENCIONALNO SAGOREVANJE OTPADA**

Insineracija, odnosno sagorevanje otpada pod kontrolisanim uslovima, predstavlja često korišćenu tehnologiju za termički tretman otpada. Suštinu ove tehnologije predstavlja oksidacija zapaljivih materija sadržanih u otpadu. Primenuje se u cilju smanjivanja zapremine otpada, a energija koja se dobija iz procesa spaljivanja se može iskoristiti za dobijanje toplotne i/ili električne energije [2]. Dakle, insineracija predstavlja značajan i koristan način redukcije otpada, zahvaljujući kome se značajno mogu umanjiti problemi koji prate odlaganje otpada na deponije.

Postrojenje za insineraciju (spaljivanje) jeste svaka stacionarna ili mobilna tehnička jedinica u kojoj se spaljuje otpad sa ili bez ponovnog iskorišćenja toplote proizvedene sagorevanjem [3]. U postrojenjima za insineraciju se vrši visoko temperaturna oksidacija otpada i drugi termički procesi, kao što su piroliza, gasifikacija i plazma procesi, pod uslovom da se dobijeni proizvodi iz tih procesa dalje koriste za sagorevanje [4]. Ovo postrojenje obuhvata i zemljište na kome se ovo postrojenje nalazi, uključujući sve linije za insineraciju, prijem i skladištenje otpada, linije predpripreme, sisteme za dovod otpada, goriva i vazduha, kotlove, sisteme za tretman izlaznih gasova, postrojenja za tretman ili skladištenje ostataka, otpadne vode, dimnjak, uređaje i sisteme za kontrolu insineracije, evidentiranje i monitoring uslova insineracije.

Tehnološki gledano, razlikuju se tri tipa procesa insineracije:

- Jednostepeni sistem sagorevanja;
- Modularno - dvostepeno sagorevanje (Inciner i8-10s);
- Sagorevanje u fluidizovanom sloju.

U cilju održivog sistema upravljanja otpadom, teži se da insineracija sa iskorišćenjem energije bude potpuni i integralni deo lokalnih i regionalnih rešenja koja treba razviti u sledećem periodu. Insineracija otpada sa iskorišćenjem energije se razmatra u kontekstu integralnog pristupa upravljanju otpadom koji znači redukciju, ponovnu upotrebu i reciklažu. Kada je insineracija sa iskorišćenjem energije najpraktičnija opcija za životnu sredinu, neophodno je razmotriti mogućnost kombinovanog dobijanja toplotne i električne energije u cilju povećanja efikasnosti procesa [5].

## **SPALIONICA INCINER8 I8-10s**

Spalionica INCINER8 i8-10s (u daljem tekstu spalionica, slika 1a) je pogodna za insineraciju različitih vrsta otpada: medicinskog, industrijskog, kamp otpada, kao i otpada životinjskog porekla. Kao gorivo koristi dizel (po potrebi može raditi i na zemni gas), a radna temperatura može da varira u opsegu od 950-1320°C, zavisno od vrste otpada koji se tretira. Princip rada se zasniva na modularnom dvostepenom sagorevanju, pri čemu se znatno smanjuje emisija štetnih gasova u atmosferu, o čemu će biti reči u daljem tekstu.

Razlozi zbog kojih je ova spalionica pogodna za korišćenje kao učilo u trening centru:

- Automatizovana kontrola sagorevanja pomoću kontrolne table;
- Mogućnost praćenja temperature i trajanja sagorevanja;
- Mogućnost odvođenja toplote (za grejanje ili pretvaranje u električnu energiju)
- Mala emisija štetnih gasova u atmosferu kao posledica dvostrukog (modularnog) sagorevanja pri 1300 °C (na izlazu);
- Niski troškovi održavanja;
- Kompaktne dimenzije i lako postavljanje;
- Mala potrošnja goriva.

## Osnovni delovi

Osnovni delovi spalionice INCINER8 i8-10s su: primarna komora za sagorevanje, sekundarna komora (komora za dopunsko sagorevanje), gorionici u primarnoj i sekundarnoj komori, dimnjak, kontrolna tabla i rezervoar za gorivo (slika 1b).



Slika 1. Izgled i osnovni delovi spalionice Inciner i8-10s

Primarna komora za sagorevanje je monolitno izlivena od vatrostalnog čelika visokog kvaliteta. Projektovana je tako da topao fluid neometano cirkuliše po celoj njenoj zapremini, bez "hladnih tačaka". Sa spoljne strane je izolovana i dodatno armirana, što utiče na smanjenje toplotnih gubitaka i stabilnost u radu uz minimalne troškove održavanja. Zapremina primarne komore iznosi  $0.1 \text{ m}^3$ , i u nju se zahvaljujući velikom otvoru na vrhu može smestiti približno 50 kg otpada pripremljenog za tretiranje. Prosečna brzina sagorevanja je oko 28 kg/h, pri čemu se troši oko 5l goriva i stvara  $100 \text{ mg/m}^3$  pepela [6].

Sekundarna komora (komora za dodatno sagorevanje, označena sa 3 na slici 1b) služi za tretiranje štetnih gasova koji nastaju kao produkti sagorevanja otpada u primarnoj komori [7]. U njoj se gasovi zadržavaju relativno kratko (oko 2s), ali na jako visokoj temperaturi (od oko  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dolazi do procesa pirolize i/ili oksidacije, pri čemu se značajno smanjuje procenat štetnih gasova na izlazu iz spalionice.

Gorionici, koji se nalaze u primarnoj i sekundarnoj komori, imaju dvojaku ulogu u procesu insineracije. Tokom pripreme spalionice za prihvatanje otpada, zagrevaju primarnu i sekundarnu komoru za sagorevanje na radnu temperaturu (minimum  $500^\circ\text{C}$ , osim za jako zapaljive otpadne materije). U drugom delu procesa, nakon ubacivanja otpada u spalionicu, potpomažu njegovom paljenju i sagorevanju. Pomoću gorionika se u spalionicu ubacuje smeša vazduha i goriva, koja se pali elektrodama na samom ulazu u komore za sagorevanje. Udeo vazduha i goriva u smeši koja se ubacuje u komore zavisi od vrste i vlažnosti otpada koji se tretira. Za jako zapaljiv otpad nema potrebe dodavati gorivo, već samo vazduh koji potpomaže sagorevanju.

Kontrolna tabla CE2 (slika 2) služi za kontrolisanje rada gorionika u primarnoj i sekundarnoj komori, koji se sa nje napajaju. Kontrolna tabla radi na standardnom mrežnom naponu, a nominalna struja koju povlači iz mreže je 10 - 12 A. Pomoću prekidača se gorionici uključuju i isključuju, dok se udeo vazduha i goriva u smeši podešava na svakom gorioniku zasebno, obzirom da su i vrednosti



temperature u komorama različite. Temperatura u sistemu meri se pomoću temperaturne sonde koja se nalazi u komori za dopunsko sagorevanje i prikazuje se preko LCD displeja. Takođe, na tabli je moguće pratiti proteklo vreme trajanja process insineracije [6].



Slika 2. Kontrolna tabla

Dimnjak služi za odvođenje gasova koji nastaju kao produkt insineracije otpada. Izvodi se kroz krov prostorije u kojoj se spalionica nalazi (ako to uslovi dozvoljavaju), a preporučuje se i postavljanje zaštitnog "šešira", koji sprečava prodor vlage ka komorama tokom kišnih dana.

## Princip rada spalionice

Kod procesa insineracije u većim spalionicama otpad nije potrebno tretirati pre upotrebe, dok je kod manjih spalionica (kakva je i10s) poželjno da otpad bude

sa što manjim procentom vlage, kako bi lakše mogao da započne proces sagorevanja. Pre nego što se unapred pripremljen otpad ubaci u spalionicu, potrebno je dovesti je na radnu temperaturu. To se postiže puštanjem u rad gorionika u primarnoj i sekundarnoj komori za sagorevanje, pomoću prekidača na kontrolnoj tabli. Nakon što se komore zagreju na radnu temperaturu (minimalno 500°C), u primarnu komoru se ubacuje otpad.

Kao i svaki proces sagorevanja, insineracija zahteva podešavanje optimalnih uslova da bi sagorevanje bilo potpuno. Faktori o kojima je potrebno voditi računa su: gorivo, vazduh i temperatura. Odnos količine vazduha i goriva u smeši podešava se na svakom gorioniku zasebno. Ukoliko se tokom procesa insineracije javi crni dim, to je jasan indikator da postoji manjak kiseonika u sistemu, pa je potrebno smanjiti udeo goriva (odnosno povećati udeo vazduha). Ukoliko se radi o jako zapaljivom otpadu, dovoljno je u sistem upumpavati samo vazduh koji potpomaže gorenje. Pri spaljivanju otpada ovakve vrste poželjno je radnu temperaturu držati što niže, jer će se u suprotnom osloboditi jako velika količina toplotne energije u kratkom vremenskom periodu.

Termodavač sa koga se temperatura očitava nalazi se u sekundarnoj komori za sagorevanje. Temperatura u ovoj komori je veća od temperature u primarnoj komori, pa štetni gasovi nastali u njoj dodatno sagorevaju na temperaturama preko 1200 °C, zbog čega su spalionice sa modularnim dvostepenim sagorevanjem daleko čistije od konvencionalnih spalionica sa rešetkom koje su se koristile decenijama unazad [7].

Nakon što se proces insineracije završi, osim gasova koji se ispuštaju u atmosferu, kao nusprodukt nastaje i čvrsti ostatak sagorevanja - pepeo. Pepeo traži poseban način skladištenja i deponovanja, ali i pored toga, količina otpada se ovim procesom smanjuje desetak puta.

Emisija štetnih gasova u atmosferu je dosta redukovana prisustvom sekundarne komore za spaljivanje tako da su srednje vrednosti štetnih gasova koje spalionica I8-10s emituje u atmosferu prikazana u tabeli 1. U prvoj koloni su

prikazane vrste čestica koje se emituju u atmosferu, u drugoj koloni dozvoljene srednje vrednosti emisije gasova u atmosferu po standardima EU za vreme spaljivanja otpada od 1/2h i u trećoj koloni izmerene vrednosti emisije štetnih gasova u atmosferu pomoću spalionice otpada I8-10s.

U tabeli 2 su prikazane tehničke karakteristike spalionice I8-10s.

*Tabela 1: Vrednosti emisije štetnih gasova u atmosferu spaljivanjem različitih vrsta otpada*

Parametar	Limiti (1/2 h prosečno)	Izmereno
Ukupna prašina	30 mg/m <sup>3</sup>	12 mg/m <sup>3</sup>
Sumpor dioksid	200 mg/m <sup>3</sup>	2,4 mg/m <sup>3</sup>
Azot dioksid	400 mg/m <sup>3</sup>	60 mg/m <sup>3</sup>
Ugljen monoksid	100 mg/m <sup>3</sup>	78,3 mg/m <sup>3</sup>

*Tabela 2: Tehničke karakteristike spalionice I8-10s*

Radne specifikacije	
Zapremina komore za sagorevanje (m <sup>3</sup> )	0.1 m <sup>3</sup>
Predložena veličina serije	10 kg
Brzina spaljivanja	29 kg/h
Prosečna potrošnja goriva	4 kg
Radna temperatura	950-1320 °C
Zadržavanje gasa u sekundarnoj komori	0.5 s
Nadgledanje temperature	DA
Prosečan ostatak pepela (%)	3 %
Termostatski uređaj	DA

Proces inseneracije predstavlja postupak zbrinjavanja otpada koji se koristi i u savremenom dobu pa postoji poteba za edukacijom (obukom) kako studenata tako i zainteresovanih subjekata.

**Ciljevi edukacije odnosno obuke rukovanja spalionicom tipa INCINER8 i8-10s su:**

- Teorijska obuka polaznika o prednostima i nedostacima termičkog tretmana otpada,
- Osposobljavanje polaznika za upotrebu spalionica opšte namene na aparaturi Inciner8 I8-10S,
- Analiziranje sastava dimnih gasova u zavisnosti od kompozicije otpada, primenom analizatora Bosch BEA350 i RTM 430

### **Obuka rukovanja spalionicom tipa INCINER8 I8-10s namenjena je:**

- Studentima prvenstveno Studijskog programa Ekološki inženjering na Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu (VIŠER), a posle i zainteresovanim studentima drugih studijskih programa na VIŠER, kao i studentima drugih visokoškolskih ustanova koji se edukuju u oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom.
- Zaposlenima u javnim komunalnim preduzećima koji su zaduženi za planiranje tretmana otpada,
- Zaposlenima u organima lokalne samouprave,
- Vlasnicima malih i srednjih preduzeća koja generišu veće količine komunalnog otpada u sredinama gde su mogućnosti za odvoz otpada i razvijenost komunalne infrastrukture ograničeni.

### **Teorijska nastava u oblasti insenerecije otpada bi se sastojala iz sledećih nastavnih jedinica:**

- Deponovanje otpada – problemi: procedne vode i metan;
- Termički tretman otpada: vrste tretmana, mogućnosti u pogledu raznovrsnosti otpada, produkti termičkog tretmana;
- Zakonodavna regulativa: dozvola za tretman, ispitivanje otpada, deponovanje pepela;
- Prednosti insineracije: smanjenje zapremine otpada, smanjenje transportnih troškova, mogućnost generisanja toplotne i/ili električne energije;
- Nedostaci i problemi insineracije: troškovi eksploatacije postrojenja, generisanje štetnih gasova, potreba za sortiranjem;
- Termički tretman opasnog otpada;
- Termički tretman i reciklaža.

### **Praktična nastava u oblasti insenerecije otpada bi se sastojala iz sledećih laboratorijskih vežbi:**



- Sortiranje otpada i energetska vrednost;
- Pravilan izbor goriva za sagorevanje;
- Upravljanje radom opštenamenske spalionice Inciner8 I8-10S;
- Rad sa analizatorom sastava dimnih gasova: CO, HC, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>;
- Rad sa analizatorom (ne) prozirnosti dimnih gasova;
- Proračun mogućnosti dogradnje izmenjivača toplote, katalitičkog konvertora i filtera za čestice čađi.

### **Ishodi obuke u oblasti insenerecije otpada:**

- Polaznici bi ovladali znanjima neophodnim za donošenje odluke o načinu tretmana otpada;
- Polaznici bi bili upoznati sa problematikom i troškovima termičkog tretmana otpada kao i mogućnostima za iskorišćenje oslobođene energije;
- Polaznici bi bili osposobljeni za rukovanje spalionicama opšte namene i analizatorima sastava dimnih gasova;
- Podizanje svesti polaznika o štetnim produktima sagorevanja otpada i potrebom za njihovim daljim tretmanom.

## ZAKLJUČAK

U Priručniku je opisan način rada male spalionice otpada Inciner i8-10s. Širom sveta je široko rasprostranjena tehnika spaljivanja otpada i energetska iskorišćenje toplotne energije koja se tom prilikom oslobađa. Spaljivanje otpada ima za cilj smanjenje zauzetosti prostora na sanitarnim deponijama. Bolji način upravljanja otpadom je recikliranje otpada, ali ne može se ni sav otpad reciklirati. Savremene spalionice otpada, usled postojanja sekundarnog gorionika za spaljivanje štetnih gasova, emituju znatno manju količinu štetnih gasova u okolinu od prvobitnih spalionica i poštuju strogo propisane standarde EU o limitiranim emisijama štetnih gasova u atmosferu. Instaliranjem spalionice tipa Inciner i8-10s na Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu, omogućeno je proučavanje savremenog načina eliminisanja otpada koji ne može da se reciklira.

# LABORATORIJSKA VEŽBA BROJ 1:

## *Uporedna analiza procesa insineracije u zavisnosti od vrste korišćenog goriva*

### ***Predmet vežbe***

Cilj vežbe je da se polaznici upoznaju sa mogućnošću korišćenja različitih vrsta goriva u procesu spaljivanja otpada u spalionici Inciner i8-10s. Tokom vežbe se ispituje zavisnost rezultata spaljivanja od vrste korišćenog goriva.

### ***Opis vežbe***

Tokom vežbe se spaljuju tri jednake šarže otpada (i po vrsti i po količini), pri čemu se za svaku šaržu koristi različito gorivo. Početni uslovi spaljivanja moraju biti jednaki, zbog čega je pre svakog spaljivanja potrebno pripremiti spalionicu. Pre svake šarže je potrebno očistiti primarnu komoru spalionice od pepela nastalog tokom prethodnog spaljivanja. Pri spaljivanju svake šarže je potrebno obezbediti jednako podešenje doziranja količine goriva i vazduha u gorionicima. Radi uporednog prikaza rezultata, u procesu insineracije se koriste tri vrste goriva:

- dizel gorivo
- kerozin
- lako ulje.

### ***Zadaci***

- 1) Pripremiti spalionicu I8-10s za rad prema korisničkom uputstvu iz Priloga 1.
- 2) Upotrebiti mere zaštite pri rukovanju spalionicom da bi predupredile moguće povrede u vidu opekotina: koristiti zaštitne rukavice i zaštitno odelo.

- 3) Pripremiti tri šarže otpada: iste vrste i jednakih masa, vodeći računa da im granulacije budu što homogenije.
- 4) Priključiti sonde za merenje temperature i analizu izduvnih gasova.
- 5) Priključiti dovodno crevo na tank sa dizel gorivom.
- 6) Imajući u vidu da je u sistemu za dovod goriva preostala izvesna količina goriva koje je korišćeno u prethodnom spaljivanju, uključiti oba gorionika u trajanju od 15 minuta. Tokom ovog procesa, spalionica se ujedno dovodi na inicijalnu temperaturu, nakon čega je spremna za prihvatanje prve šarže otpada.
- 7) Isključiti gorionike.
- 8) Dodati prvi šaržu otpada.
- 9) Uključiti gorionike.
- 10) Sa uređaja za merenje očitati tražene vrednosti i upisati u tabelu.
- 11) Nakon što se proces insineracije završi i spalionica ohladi do bezbedne temperature, očistiti pepeo i izmeriti njegovu masu. Rezultat upisati u tabelu.
- 12) Nakon priključenja tanka sa kerozinom, ponoviti korake 6-11.
- 13) Nakon priključenja tanka sa lakim uljem, ponoviti korake 6-11.
- 14) Po završetku korišćenja, spalionicu isključiti i očistiti u skladu sa korisničkim uputstvom (Prilog 1).

***Rezultati merenja:***

	<b>Dizel gorivo</b>	<b>Kerozin</b>	<b>Lako ulje</b>
Temperatura [°C]			
Ugljovodonici CH [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
Ugljen-monoksid [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
Ugljen-dioksid [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			
Kiseonik [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			

**PRILOG 1 – KORISNIČKO UPUTSTVO ZA  
KORIŠĆENJE SPALIONICE INCINER I8-10S**

**SPALIONICA INCINER8**

**Model: i8-10s**

**KORISNIČKO UPUTSTVO**

# OPŠTA ODGOVORNOST

---

Proizvođač ne snosi odgovornost za bilo kakvu materijalnu štetu ili povrede koje su nastale kao posledica nepoštovanja ovog korisničkog uputstva.

Kupljena oprema je u saglasnosti sa opštim pravilima bezbednosti. Za rukovanje opremom, kao i njeno čuvanje, odgovoran je krajnji korisnik.

INCINER8 uređaji napravljeni su po proverenoj tehnologiji i u skladu sa opštim pravilima bezbednosti. Međutim, zbog neadekvatnog rukovanja i upotrebe može doći do ozbiljnih oštećenja opreme, kao i drugih dobara koja se nalaze u neposrednoj blizini.

INCINER8 spalionice namenjene su za spaljivanje otpadnih materija, uz visok stepen iskorišćenja energije izduvnih gasova nastalih tokom insineracije. Upotreba u bilo koje druge svrhe, osim navedenih, smatra se neadekvatnom, zbog čega korisnik preuzima punu odgovornost za povrede i materijalnu štetu koja u tom slučaju nastane.

Pravilna upotreba takodje prodrazumeva instalaciju, održavanje i servisiranje opreme isključivo prema ovom uputstvu.

Početnu instalaciju, kalibrisanje uređaja, redovno održavanje i popravke smeju vršiti samo obučeni profesionalci.

# GLAVNI DELOVI - Model i10s

---

U glavne delove spadaju:

- Primarna (glavna) komora za sagorevanje
- Sekundarna komora (za dopunsko sagorevanje)
- Upravljačka (komandna) tabla
- Gorionik
- Dimnjak sa (dodacima za montažu)
- Sigurnosna ručka
- Vatrostalno uže



M8 šraf



Vatrostalno uže



Gorionik



Sigurnosna ručka



Upravljačka tabla



Primarna (glavna) komora



Nastavak za postavljanje dimnjaka



Sekundarna komora



Dimnjak



Poklopac za dimnjak

## Napomena:

Prilikom preuzimanja, proveriti da li se svi navedeni delovi neophodni za funkcionisanje spalionice nalaze u paketu. Ukoliko nešto nedostaje, potrebno je u što kraćem vremenskom roku kontaktirati dobavljača.

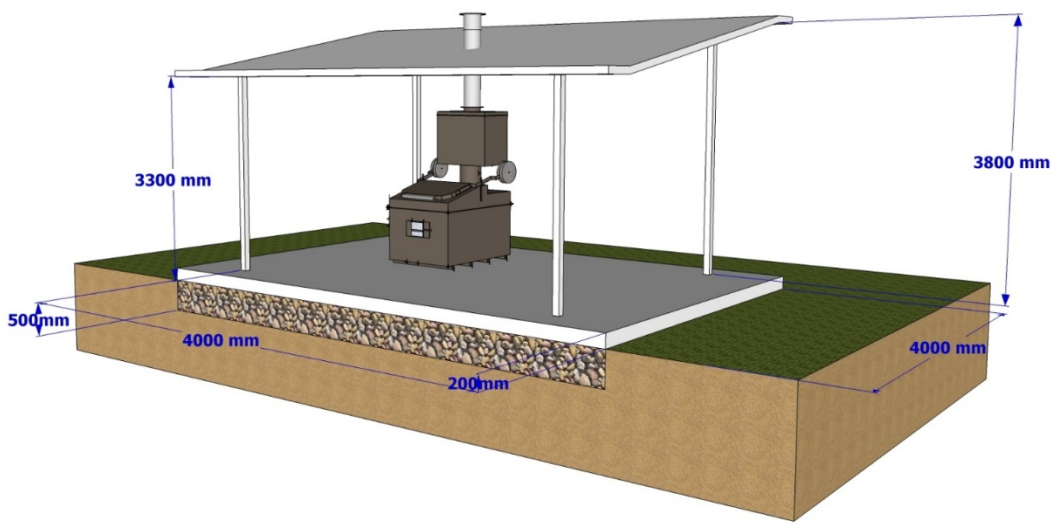


# MESTO ZA POSTAVLJANJE SPALIONICE

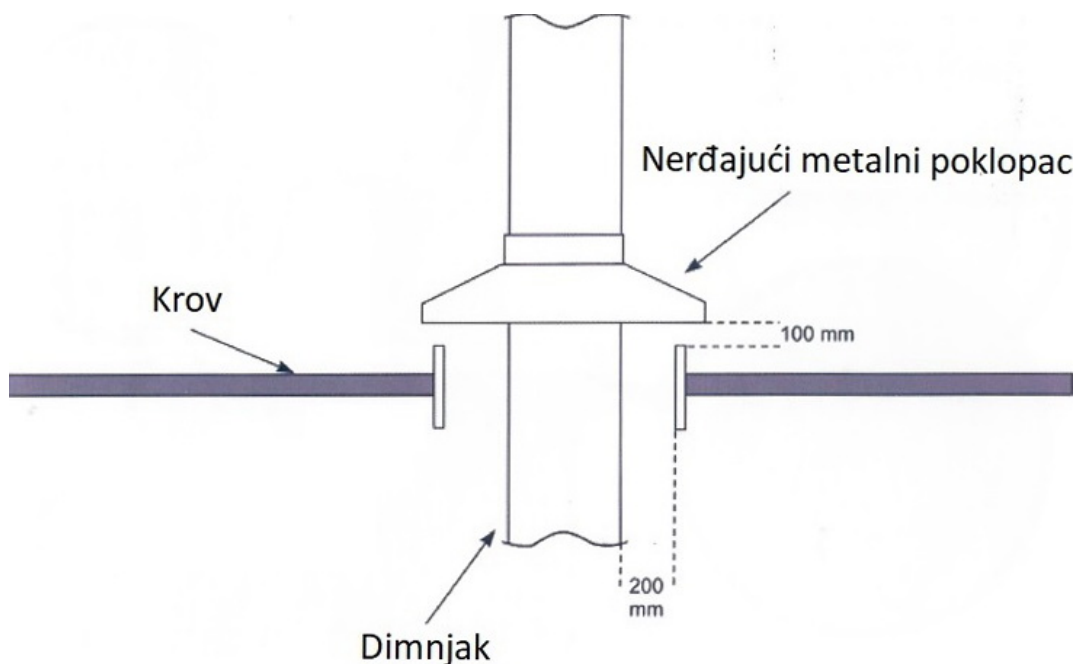
---

Za postavljanje spalionice i8-10s preporučuje se unapred pripremljena lokacija, dimenzija 4x4m. Poželjno je da podloga bude ravna, izrađena u jednom nivou, od armiranog betona debljine 20cm. Takođe, preporučuje se da podloga ispod betonske ploče bude od valjanog šljunka, minimalne debljine 50cm.

Ukoliko se spalionica nalazi unutar zgrade ili u posebnom stacionarnom objektu namenjenom za njeno postavljanje, preporučene dimenzije prostorije su 4m x 4.2m. Prostorija mora biti adekvatno provetravana, odnosno mora imati obezbeđenu aktivnu ventilaciju. Na ovaj način se sprečava zadržavanje štetnih gasova unutar prostorije, koji su produkti radnog procesa spalionice. Temperatura u prostoriji ne sme prelaziti 50°C, da ne bi došlo do oštećenja električnih komponenti. Prilikom postavljanja/instalacije spalionice, potrebno je poštovati lokalne bezbedonosne i protivpožarne propise.



Na krovu/plafonu prostorije u koju se postavlja spalionica potrebno je obezbediti otvor za dimnjak, sa zaštitom od spoljašnjih vremenskih uslova (kao na slici ispod).



Instalacije za dovod goriva moraju biti izvedene od strane stručnih lica, u skladu sa lokalnim propisima.

Termosonda je sa kontrolnom tablom povezana provodnikom dužine 3m. Iz tog razloga, kontrolna tabla mora biti postavljena na pogodnoj poziciji, koja je od spalionice udaljena najviše 3m. Preporučeni napon za priključenje kontrolne table je 230V/50Hz, a nominalna struja ne prelazi 10A. Obaveza korisnika je da obezbedi adekvatno napajanje i stručno lice koje će povezati električne instalacije u skladu sa lokalnim propisima.

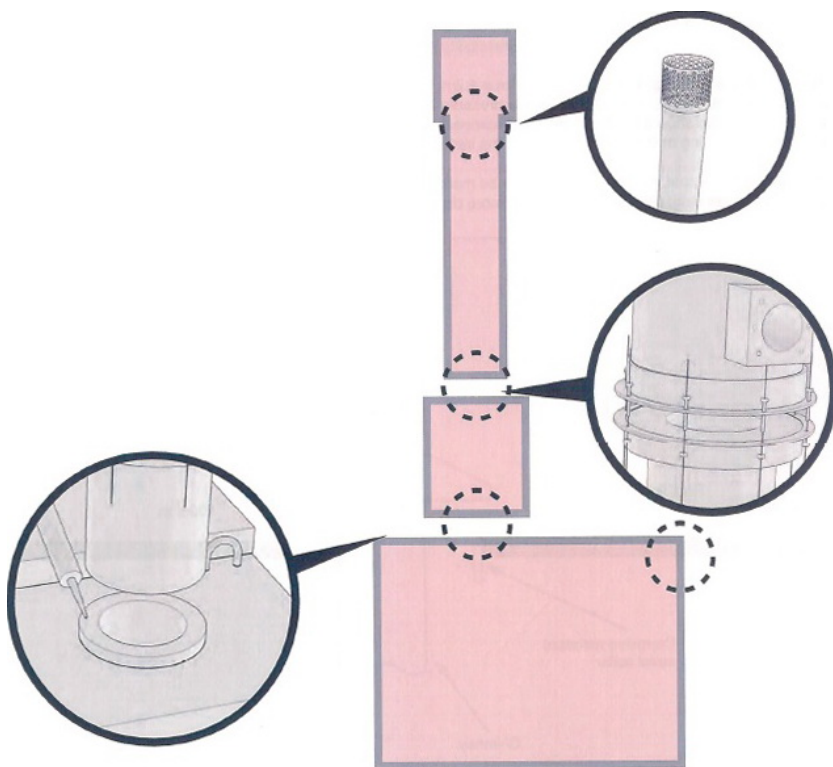
Takođe, obaveza korisnika je da obezbedi viljuškar, radnu snagu i odgovarajuću opremu za podizanje i montažu delova spalionice.

# MONTAŽA SPALIONICE

---

## KORAK 1 - SASTAVLJANJE GLAVNIH DELOVA

- a) Naći pogodnu lokaciju za postavljanje primarne komore za sagorevanje.
- b) Na dimnjak povezati poklopac.
- c) Povezati dimnjak na sekundarnu komoru.
- d) Pre postavljanja sekundarne komore na primarnu, dodati vatrostalno sredstvo za dihtovanje između površina (silikon za visoke temperature).
- e) Postaviti sekundarnu komoru na primarnu, vodeći računa da gorionici budu postavljeni jedan ispod drugog
- f) Pričvrstiti komore šrafovim M10 (8 komada).
- g) Povezati sigurnosnu ručku za primarnu komoru pomoću 4 šrafa M8.

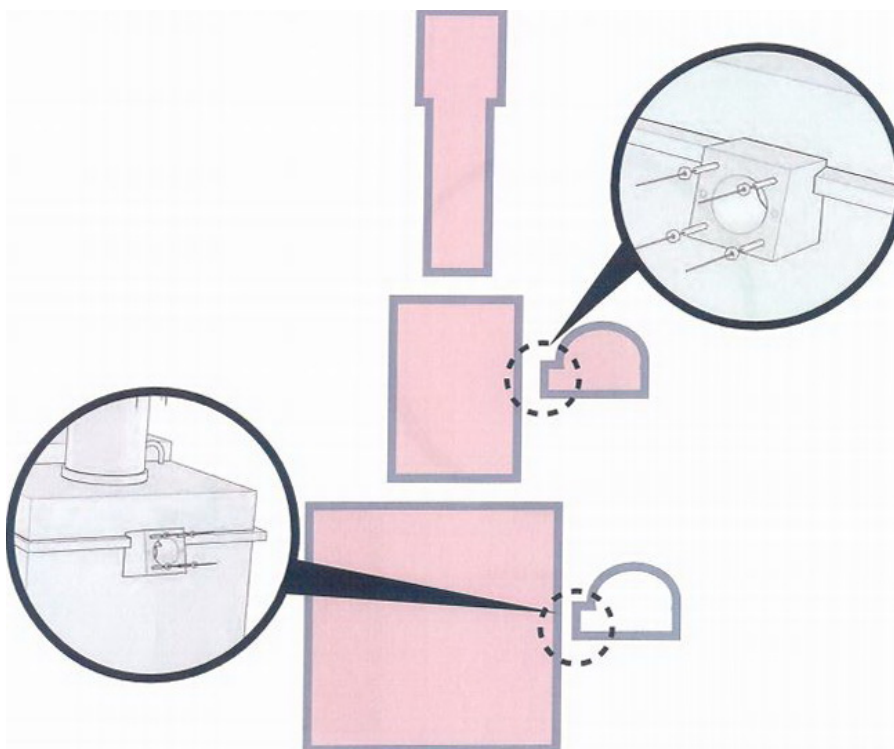


# MONTAŽA SPALIONICE

---

## KORAK 2 - POVEZIVANJE GORIONIKA

- h) Kod otvora za gorionik na primarnoj komori postaviti 4 klina (brezona), kao na slici ispod.
- i) Ponoviti postupak za sekundarnu komoru.
- j) Skinuti montažnu ploču sa zaptivačem sa prvog gorionika i pomoću 4 šrafa povezati na otvor za gorionik (na primarnoj komori).
- k) Ponoviti postupak za sekundarnu komoru.
- l) Gorionik se sada može postaviti na primarnu komoru pomoću samo jednog držača.
- m) Ponoviti postupak za sekundarnu komoru.
- n) Na oba gorionika ukloniti zavrtanj obeležen slovom P (skraćeno od „pressure“) i montirati merače pritiska (manometre), dobijene u paketu sa osnovnim delovima.

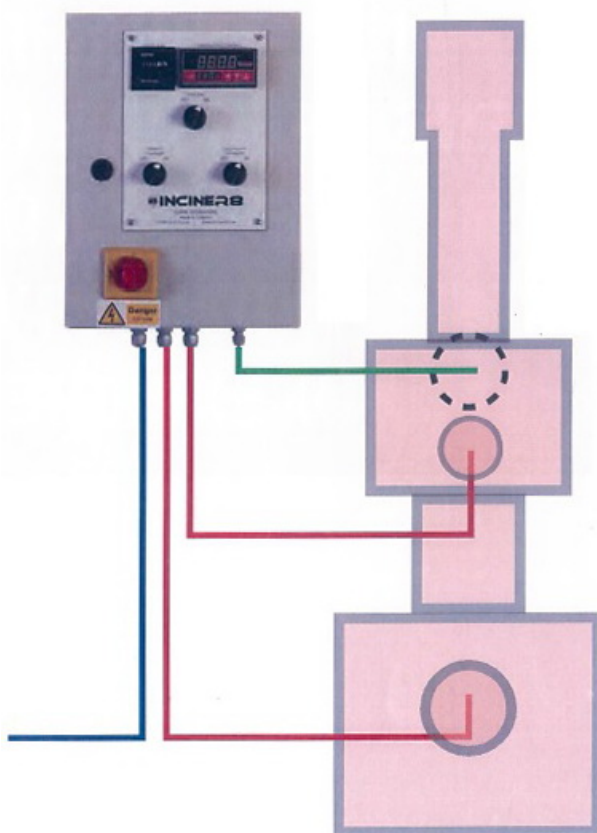


# MONTAŽA SPALIONICE

---

## KORAK 3 - Povezivanje kontrolne table i termosonde

- a) Izabrati lokaciju pogodnu za postavljanje komandne table, vodeći računa da udaljenost ne bude veća od dužine kabla termosonde, odnosno od dužine kablova kojima je tabla povezana sa gorionicima.
- b) Povezati kablove koji polaze od kontrolne table ka gorionicima, i to: kabl koji ima oznaku PRIM potrebno ga je povezati na gorionik primarne komore; kabl sa oznakom SEC povezati na gorionik sekundarne komore. Ubaciti termosondu u otvor predviđen za nju, koji se nalazi pri vrhu sekundarne komore.
- c) Povezati komandnu tablu na električnu mrežu preporučenog napona i pratiti uputsvo za početno paljenje.



# MONTAŽA SPALIONICE

---

## KORAK 3.1 – Napomene

- i. Termosonda se postavlja u otvor koji se nalazi pri vrhu sekundarne komore, a neposredno ispod mesta gde se komora spaja sa dimnjakom. Proveriti da li je sonda postavljena ispravno i na predviđenoj poziciji. Sonda ne sme da dodiruje vatrostalni beton koji se nalazi u sekundarnoj komori. Izvod za termosonu obeležen je zelenom bojom.
- ii. Komandna tabla se monofazno povezuje na električnu mrežu, a očekivana maksimalna struja iznosi 10A. Izvod za napajanje označen je plavom bojom.
- iii. Iskoristiti odgovarajuće priključke za povezivanje gorionika. Voditi računa da ne dođe do zamene priključaka primarnog i sekundarnog gorionika. Izvodi za povezivanje gorionika su prikazani crvenom bojom.
- iv. Instalacije za dovod goriva.

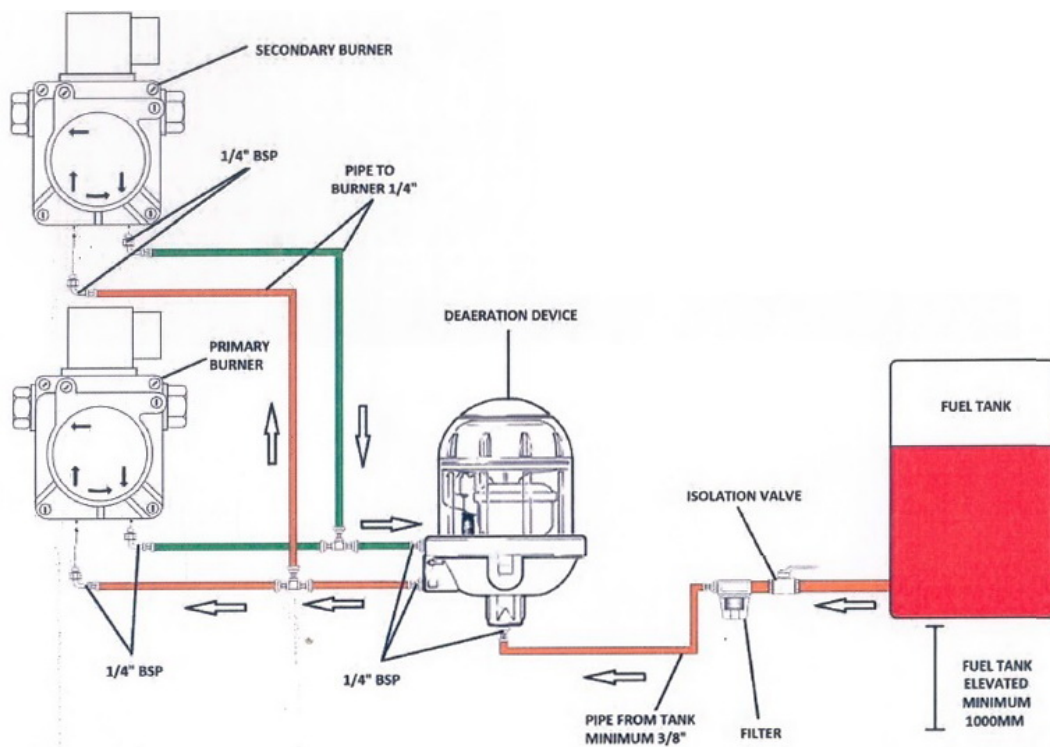
**ONLY A EXPERIENCED  
ENGINEER CAN CARRY OUT  
THIS STEP. DO NOT  
ATTEMPT THIS IF YOU  
ARE IN-EXPERIENCED**

- v. Gasne instalacije (ukoliko se kao gorivo odabere gas).

**ONLY A QUALIFIED GAS  
ENGINEER CAN CARRY OUT  
THIS STEP. DO NOT ATTEMPT  
THIS IF YOU ARE  
IN-EXPERIENCED**

# MONTAŽA SPALIONICE

## KORAK 4 – Povezivanje instalacija za dovod dizela



Povezati dva fleksibilna teflonska creva na prvi gorionik, jedno za dovod, drugo za odvod dizel goriva (kao na slici). Ponoviti postupak i za drugi gorionik. Voditi računa o priključcima na krajevima svakog creva (okrenuti ih kao na slici). Uređaj za odvođenje vazduha, takođe, povezati kao na slici.

Voditi računa da nivo u tanku sa gorivom bude dovoljan za adekvatno snabdevanje sistema. Ulazni pritisak sistema u radu treba da bude 12-15 bara, kada se kao gorivo koristi dizel.



# PRIPREMA ZA RADNI PROCES

Pre korišćenja spalionice potrebno je primarnu komoru obloženu vatrostalnim betonom pripremiti za upotrebu postepenim zagrevanjem. Ovaj korak je obavezan, a ukoliko se preskoči, može doći do oštećenja samog uređaja i prekida njegove garancije.

Količina goriva i vazduha koji se troše u procesu insineracije se podešavaju na gorioncima. Ukoliko je dim proziran i čist, gorionici su pravilno podešeni. Ukoliko se pojavi crni, sivi ili beli dim potrebno je ponovo podesiti ulazne količine goriva i vazduha. Tokom procesa, normalna pojava je da određena količina pare/vode izlazi iz spalionice.

Gorionici se aktiviraju, odnosno isključuju, sa komandne table. Da bi se započeo proces pripreme spalionice za rad, podesiti protok vazduha kroz primarni gorionik na nivo 3.5, a kroz sekundarni na nivo 1. Tokom ovog procesa primarni gorionik je sve vreme uključen, prema tabeli ispod. Sekundarni gorionik treba držati isključen.

Podešena temperatura [°C]	Uključen [min]	Isključen [min]		
100	5	15		
100	5	15		
200	15	15		
200	15	15		
300	30	15		
300	30	15		
400	60	15		
400	60	15		
400	120	15		
450	60			
500	60			
550	60			
600	60			
650	60			
700	60			
750	60			
800	60			
850	60			

Tokom pripremnog procesa, moguće je da se na vatrostalnom betonu unutar primarne komore pojave mikropukotine. Ukoliko su one manje od 2mm, nije ih



potrebno sanirati. U suprotnom, potrebno ih je zakrpiti silikonom za visoke temperature.

# UPOTREBA SPALIONICE

---

Za potpuno i čisto sagorevanje u procesu insineracije potrebno je obezbediti optimalne uslove. Tri najvažnija faktora u ovom procesu su: vazduh, gorivo i temperatura.

## VAZDUH

Crni dim je najčešće prouzrokovan manjkom kiseonika u procesu sagorevanja. Zbog velike količine nesagorelog ugljenika dim ima crnu boju. Povećanjem protoka vazduha na gorionicima, poboljšaće se odnos vazduha i goriva u smeši, pa će učinak tokom insineracije biti veći, čime će se smanjiti i količina pepela u primarnoj komori.

## GORIVO

Pored dizela, koji se u proces insineracije dovodi pomoću gorionika, gorivo predstavlja i sam otpad u primarnoj komori. Ukoliko je otpad zapaljiv, dovoljno je aktivirati primarni gorionik tokom kratkog vremenskog perioda, dok ne započne proces sagorevanja. Tada se primarni gorionik može isključiti, čime se štedi gorivo i povećava efikasnost spalionice.

## TEMPERATURA

U slučaju spaljivanja otpada koji je lako zapaljiv, primarnu komoru zagrejati na nižu početnu temperaturu. Ovim se, pored uštede na gorivu, sprečava samozapaljenje otpada tokom njegovog dodavanja u primarnu komoru.

# PROCES SAGOREVANJA

---

- 1) Tokom pripreme spalionice za proces insineracije, zagrijati obe komore aktiviranjem gorionika. Smanjiti količinu vazduha u smeši kako bi se postigla veća temperatura unutar komora (protok vazduha na primarnom gorioniku podesiti na nivo 3.5, a na sekundarnom na 1). Optimalna temperatura zagrevanja je 500-800°C. Za lako zapaljiv otpad komore se mogu zagrevati i do nižih temperatura 350-400°C.
- 2) Isključiti primarni gorionik. Za početak, dodati manju količinu otpada (5-15kg, zavisno od tipa otpada koji se spaljuje).
- 3) Ponovo uključiti primarni gorionik (ukoliko se otpad samozapalio, ovaj korak preskočiti). U većini slučajeva otpad će se sam zapaliti jer su komore zagrejane do visokih temperatura pre početka procesa spaljivanja.
- 4) Nakon što se otpad zapali, povećati dotok vazduha na prvom gorioniku, zavisno od toka sagorevanja, na poziciju između 6 i 8. Dotok vazduha na drugom gorioniku podešavati tako da izlazni dim bude proziran, odnosno svetle boje.
- 5) Isključiti primarni gorionik, a ako je potrebno, dodati još vazduha u proces sagorevanja.
- 6) Kada se otpad zapali, temperatura će krenuti da raste do određene vrednosti, a zatim će krenuti da pada jer će količina nesagorelog otpada biti sve manja.
- 7) Dodati novu količinu otpada (malo više nego u prethodnoj iteraciji) i ponoviti postupak.

Ponavljati korake 2-7 sve dok se ne završi spaljivanje pripremljene količine otpada. Podešavati temperaturu i količinu vazduha kroz gorionike po potrebi, zavisno od vrste otpada koji se spaljuje.

Radi uštede goriva, voditi računa da primarni gorionik radi što kraće (samo tokom zagrevanja spalionice i kasnije tokom paljenja otpada).

# GREŠKE U RADU

PROBLEM	UZROK	REŠENJE
Crne mrlje i tragovi sagorelih supstanci na primarnoj komori	Curenje na vratima primarne komore usled lošeg dihtovanja ili oštećenja vatrostalnog užeta	Zameniti vatrostalno uže i podesiti vrata
Kvar termosonde	Previsoka radna temperatura ili korozija nastala kao posledica izlaganja otpadnim gasovima i fluidima	Zameniti termosondou
Izbijanje pare iz komora spalionice u toku rada	Prisustvo vode u otpadu dodatom u primarnu komoru	Ovo je potpuno normalna pojava
Male pukotine u vatrostalnom betonu	Širenje/skupljanje tokom grejanja/hlađenja	Ovo je potpuno normalna pojava
Velike pukotine u vatrostalnom betonu	Dugotrajno korišćenje	Sanirati silikonom za visoke temperature
Pojava plamena na vrhu dimnjaka	Previše zapaljivog otpada u primarnoj komori	Smanjiti količinu otpada koji se tretira po iteraciji
Buka koja dopire iz primarne komore	Primarna komora prepunjena ili prevelik dotok vazduha	Smanjiti količinu otpada koji se tretira po iteraciji ili smanjiti dovod vazduha na primarnom gorioniku
Curenje dima kroz spojeve	Oštećenje spojeva pod uticajem toplote	Ponovo izvršiti spajanje ugroženih delova uz pomoć silikona za visoke temperature
“0000” na komandnoj tabli	Loša konekcija sa termosondom	Proveriti konekciju ili zameniti termosondou
Sivi/beli dim	Niska temperatura	Povećati temperaturu ili dodatno zagrejati spalionicu tokom

		zagrevanja za radni proces
Crni dim	Nedovoljno kiseonika u procesu sagorevanja	Povećati dotok vazduha ili smanjiti količinu otpada koja se tretira u primarnoj komori
Nepravilan rad gorionika	Više mogućih uzroka	Proučiti dodatno uputstvo za korišćenje gorionika

# ODRŽAVANJE

---

Početna podešavanja:

- Proveriti da li su vrata primarne komore za dodavanje otpada u dobrom stanju.
- Proveriti stanje betonske vatrostalne obloge u primarnoj komori. Ukoliko ima pukotina ili rupa, potrebno ih je popraviti pre startovanja.
- Proveriti dovod goriva i stanje u rezervoaru.
- Električne instalacije moraju biti bezbedno razvedene.
- Proveriti metalne delove kućišta uređaja. Ukoliko postoje tragovi korozije, potrebno ih je ukloniti pre startovanja.
- Proveriti funkcionalnost termosonde.

Mesečna kontrola:

Za održavanje spalionice u dobrom random stanju, na mesečnom nivou potrebno je proveriti:

- Da li na vatrostalnom užetu ispod poklopca primarne komore ima oštećenja.
- Da li ima vidljivih oštećenja na dimnjaku.
- Da li ima vidljivih oštećenja na komorama za sagorevanje.
- Stanje temperature sonde.
- Stanje električnih instalacija.
- Dovod goriva.

Redovno servisiranje:

Da bi uređaj ostao u nominalnom radnom stanju, predviđen je redovan servis jednom godišnje ili nakon 1000 radnih sati (zavisno od toga šta pre nastupi).

Tokom redovnog servisa potrebno je:

- Zameniti vatrostalno uže ispod vrata primarne komore.
- Proveriti tačnost merenja temperature sonde.
- Servisirati gorionike u ovlašćenom servisu.
- Proveriti dihtovanje i zazor između svih delova dimnjaka.
- Očistiti metalne delove spalionice i naprskati ih sprejom protiv korozije.

Napomena:

Korisnik je dužan da čuva svu servisnu dokumentaciju, kao dokaz redovnog održavanja spalionice.

# LITERATURA

1. Vujić G, Ubavin D, Stanisavljević N, Batinić B. „Upravljanje otpadom u zemljama u razvoju”, *FTN Izdavaštvo Novi Sad*, 2012.
2. Biočanin R. „Upravljanje otpadom”, *Panevropski Univerzitet*, Banja Luka, 2011.
3. Uredba o vrstama otpada za koje se vrši termički tretman, uslovima i kriterijumima za određivanje lokacije, tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja za termički tretman otpada, postupanju sa ostatkom nakon spaljivanja, Službeni glasnik RS br. 50/2012
4. Zakon o upravljanju otpadom, Službeni glasnik RS br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016
5. Strategija upravljanja otpadom za period 2010 - 2019. godine, Službeni glasnik RS br. 29/2010
6. Incinerator i8-10s installation & operation manual, <https://www.inciner8.com/general-incinerator/I8-10S>; posećeno 01.11.2017.
7. Achawangkul Y, Maruyama N, Chaichana C, Hirota M, Teeratitayangkul P, "Study and Evaluation for the Double-Chambered Incinerator Using Biomass Gas-Derived From Gasification", *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* pp-3818-3824, 2013
8. Grujić A., Petrović V., Pavlović Đ.,: Spalionica otpada Inciner I8 na Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu, Četvrti naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2017, Beograd, decembar 2017, Zbornik radova u elektronskom izdanju, str. 57 – 63.