

# Mogućnost uporabe čvrstog otpada iz termoelektrane

---

Sertić, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:873454>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Valentina Sertić

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, rujan 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

## DIPLOMSKI RAD

Mogućnosti uporabe krutog otpada termoelektrane

Valentina Sertić

Voditelj rada: izv.prof.dr.sc. Juraj Šipušić.

Članovi ispitnog povjerenstva:

izv.prof.dr.sc. Juraj Šipušić,

izv.prof.dr.sc. Danijela Ašperger,

dr.sc. Sebastijan Orlić, znanstveni suradnik

Zagreb, rujan 2015.

*Ovaj rad u potpunosti posvećujem mami Ani.  
Hvala mama, bez tebe ne bi bila to što jesam sada!*

*Zahvljujem se mentoru izv.prof., Juraju Šipušiću na višegodišnjoj suradnji, savjetima i podršci. Velika hvala Moniki Babačić , koordinatorici za zaštitu okoliša tvrtke HEP Proizvodnje d.o.o. bez koje bi ovaj rad bio neizvediv. Ujedno, hvala roditeljima te sestrama Karmeli i Mariji, a posebno bratu Davoru na neizmjernoj podršci tokom cjelokupnog studiranja.*

## SAŽETAK

U ovom radu proučen je zakonski okvir o održivom gospodarenju otpadom koji se odnosi na kruti otpad nastao pri redovnom radu termoenergetskih postrojenja loženih ugljenom. Kemijska analiza krutog otpada u potpunosti zadovoljava Zakonom propisane granične vrijednosti. Kruti je otpad, lebdeći pepeo i gips moguće oporabiti kao dodatak cementu, što se provodi u praksi, te za pripravu proizvoda sa novom dodanom vrijednošću, što je u fazi istraživanja. Opraba cjelokupne količine krutog otpada nije moguća na domaćem tržištu, te se je potrebno orijentirati na inozemna tržišta, pri čemu je potrebno napraviti opsežnije istraživanje Zakona Europske unije.

**Ključne riječi:** TE Plomin, oporaba otpada, lebdeći pepeo, gips

## **ABSTRACT**

This paper studied the legal framework on sustainable waste management pertaining to the solid wastes from the regular work of thermal power plants fired with coal. Chemical analysis of solid waste fully meets allowed concentration limits. Solid waste, i.e. fly ash and gypsum can be recycled as a cement additive, which is being implemented in practice, and for the preparation of products with new value-added, which is in the research stage. Reuse the total amount of solid waste is not possible on the domestic market, and there is a need to focus on overseas markets, where it is necessary to make a comprehensive study of the European Union legal framework.

**Keywords:** TE Plomin, waste reuse, fly ash, gypsum

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OPĆI DIO.....	3
2.1. Termoelektrana Plomin .....	5
2.2. TE Plomin 2.....	9
2.3. Nusprodukti proizvodnje .....	10
2.4. Lebdeći pepeo.....	11
2.5. Mokro deponiranje lebdećeg pepela.....	13
2.6. Sustav za odsuporavanje dimnih plinova TE i nastali nusprodukti.....	15
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	17
3.1. Kategorizacija krutog otpada termoelektrane.....	18
3.2. Nusproizvodi i ukidanje statusa otpada.....	20
3.3. Oporaba otpada.....	24
3.4. Fizikalno - Kemijska analiza lebdećeg pepela.....	24
3.4.1. Određivanje fluorida HACH LANGE, LCK – Kivetni test.....	25
3.4.2. TOC/DOC, HACH LANGE, LCK 386 – Kivetni test.....	26
3.4.3. Određivanje žive .....	27
4. REZULTATI.....	28
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK .....	34
7. POPIS SIMBOLA .....	35
8. LITERATURA.....	36
ŽIVOTOPIS .....	38



## 1. UVOD

Gospodarenje otpadom provodi se na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš. U svrhu provedbe zahtjeva iz Zakona o gospodarenju otpadom (u daljnjem tekstu Zakon), može se ograničiti raspolaganje otpadom i propisati obvezno postupanje posjednika otpada sukladno odredbama Zakona i propisa donesenih na temelju ovoga Zakona.

Gospodarenje otpadom mora osigurati da otpad koji preostaje nakon postupka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije.

Značajan dio sveukupnog onečišćenja u Europi otpada na onečišćenje iz Industrijskih procesa. Stoga je Europska Unija 1996. godine kroz Direktivu 96/61/EZ o cjelovitom sprečavanju i nadzoru onečišćenja (eng. *Integrated Pollution Prevention and Control Directive* – IPPC) postavila niz općih obveza za izdavanje dozvola i kontrolu industrijskih postrojenja i poljoprivrednih aktivnosti. Nakon nekoliko izmjena Direktiva je kodificirana kao Direktiva 2008/01/EZ.

Bit IPPC Direktive je u smanjenju i sprečavanju onečišćenja uzrokovanog brojnim industrijskim i poljoprivrednim aktivnostima pomoću mjera kojima se sprečavaju ili kada to nije izvedivo, smanjuju emisije u zrak, vode, tlo i more kako bi se postigla visoka razina zaštite okoliša kao cjeline. Djelatnosti pri kojima dolazi do emisije, kao i minimalni kapaciteti koji se moraju uzeti u obzir navedeni su u Prilogu I Direktive. Oko 52000 postrojenja u Europskoj Uniji obveznici su primjene IPPC Direktive.

Jedno od temeljnih načela IPPC Direktive je primjena najboljih raspoloživih tehnika-NRT (eng. BAT - Best Available Techniques), odnosno metoda usmjerenih na sprečavanje – odnosno, ako to nije moguće – smanjenje opterećenja okoliša, i ublažavanje učinaka na okoliš kao cjelinu. NRT podrazumijeva: sve tehnike, uključujući tehnologiju, planiranje, izgradnju, održavanje, rad i zatvaranje pogona, koje su primjenjive u praksi pod prihvatljivim tehničkim i ekonomskim uvjetima.

Zahtjevi IPPC Direktive ugrađeni su u hrvatsko zakonodavstvo kroz Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07) i Uredbu o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08).

Sukladno Zakonu o zaštiti okoliša, postrojenja koja obavljaju djelatnosti kojima se mogu prouzročiti emisije kojima se onečišćuje tlo, zrak, vode i more moraju ishoditi objedinjene uvjete zaštite okoliša. Uredba o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08) u svom Prilogu I utvrđuje djelatnosti kojima se mogu prouzročiti emisije

i s njima u svezi popis glavnih indikativnih tvari naveden u Prilogu II. Također, određuje način podnošenja zahtjeva, uvjete za pribavljanje rješenja o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša za postojeća i nova postrojenja te način izdavanja rješenja, rokove za ispunjenje i primjenu uvjeta iz rješenja.

Prema Uredbi o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša, postrojenje TE Plomin 2 je postojeće postrojenje i spada u djelatnost:

## 1. Energetika

- 1.1. Postrojenja s izgaranjem, nazivne toplinske snage preko 50 MW. Sukladno navedenom HEP-Proizvodnja d.o.o. obveznik je izrade Analize postojećeg stanja postrojenja TE Plomin 2 te ovisno o rezultatima analize usklađenosti, i Elaborata o načinu usklađivanja. [1,2]

## 2. OPĆI DIO

Hrvatska u proizvodnji električne energije ima bogatu tradiciju koja započinje s Nikolom Teslom. Tako je prvo postrojenje za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj bila hidroelektrana (HE Jaruga I), čija se energija koristila za rasvjetu i proizvodnju glinice u Šibeniku na udaljenosti od jedanaest kilometara. Ovo je primjer pogona jednog od prvih cjelovitih višefaznih elektroenergetskih sustava u svijetu. U Nacionalnom parku Krka, 10. srpnja 2013., na Skradinskom buku svečano je otkrivena spomen ploča na najstarijoj izmjeničnoj hidroelektrani (HE) u Hrvatskoj i drugoj najstarijoj na svijetu, HE Jaruga I koja je u rad puštena 1895. godine, samo dva dana nakon prve i jedne od najpoznatijih HE na izmjeničnu struju, HE na Niagarinim slapovima u SAD-u. Međunarodni Institut inženjera elektrotehnike i računarstva (eng. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* -IEEE) postavljanjem spomen ploče obilježili su to mjesto kao lokaciju od svjetskog značenja za razvoj elektrotehnike i računarstva.



Slika 1. Spomen ploča IEEE [19]

Razvoj elektrogospodarstva u Hrvatskoj dogodio se za vrijeme Jugoslavije zahvaljujući državnoj politici „industrijalizacije i elektrifikacije“ i kapitalu koji se dobio odricanjem standarda stanovništva. Tako su se u tom razdoblju na području Hrvatske gradile HE, velike termoelektrane (TE) na ugljen, naftu i plin, npr. na teritoriju BiH (TE Gacko na ugljen snage 300MW od čega je Hrvatska u jednotrećinskom vlasništvu, s pravom korištenja proizvedene energije na 25 godina) i Srbije (TE Obrenovac 305MW na ugljen) te nuklearna elektrana (NE) Krško u Sloveniji s udjelom Hrvatske od 50 %.

Nakon osamostaljenja Republike Hrvatske (RH) briga o vođenju elektroenergetskih sistema povjerena je hrvatskoj elektroprivredi (HEP-u). Prema današnjem ustroju HEP-om upravlja HEP d.d. kao vladajuće društvo, koje osim kroz korporativne funkcije, usmjerava, koordinira i prati proizvodne i mrežne te ostale djelatnosti u ovisnim društvima. Tako su glavne sastavnice HEP-a:

1. HEP Proizvodnja d.o.o. s dvadeset i pet HE i osam TE ukupne instalirane snage 4000 MW za proizvodnju električne energije i 974MW instalirane snage za proizvodnju topline. U suvlasništvu HEP-a i RWE Power (Njemačka) je i TE Plomin 2 snage 210 MW, a u suvlasništvu s GEN energija (Slovenija) je NE Krško (NEK) snage 696 MW električne snage na pragu.

2. HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.(ODS) zadužen je za distribuciju električne energije preuzete iz prijenosne mreže. Vodi brigu za opskrbu kupaca, prodaju, mjerenje, obračun i naplatu isporučene električne energije. ODS odgovoran je za održavanje distribucijske mreže i postrojenja, zamjene i rekonstrukcije te razvoj. Ujedno, surađuje sa HERA-om (Hrvatska Energetska Regulatorna Agencija), kojoj podnosi godišnje izvješće i uz čiju prethodnu suglasnost donosi plan razvoja i izgradnje distribucijske mreže. Promjenom funkcije distributivne mreže vodi brigu o prihvatu proizvodnje iz distribuiranih izvora. ODS brine o opskrbi 2,3 milijuna kupaca iz kategorije tzv. tarifnih kupaca.

3. HEP Opskrba d.o.o. vodi brigu o opskrbi povlaštenih kupaca i posluje u konkurenciji s ostalim opskrbljivačima na tržištu. Tvrtka je registrirana za obavljanje opskrbe električnom i toplinskom energijom te plinom.

4. HEP Trgovina d.o.o. obavlja djelatnosti kupnje i prodaje električne energije, optimiranja rada elektrana te trgovinskog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu.

5. Ostala ovisna društva vezna za obavljanje sporednih energetske djelatnosti:

- HEP Obnovljivi izvori energije d.o.o. bavi se pripremom, izgradnjom i korištenjem obnovljivih izvora energije.
- HEP-ESCO d.o.o. tvrtka je za pružanje usluga u energetici koja razvija, izvodi i financira tržišno utemeljene projekte energetske učinkovitosti.
- HEP-Toplinarstvo d.o.o. bavi se proizvodnjom, distribucijom i opskrbom toplinskom energijom, a djeluje na području gradova Zagreba, Osijeka i Siska te dijela Zagrebačke županije
- HEP-Plin d.o.o. prirodnim plinom opskrbljuje kupce na području Osječko-Baranjske, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravске županije. [3,4,20]

EES Hrvatske povezan je sa EU, preko mreže Euroopskih Operatora prijenosnog sustava ENTSO-E (eng. *European Network of Transmission System Operators for Electricity*). ENTSO-E ima četrdeset i dva člana, trideset i četiri države, osam regionalnih tržišta i pet sinkronih područja.[3]

Hrvatska elektroprivreda (HEP) prema godišnjem prihodu treća je tvrtka u Hrvatskoj te je hrvatski energetska lider, s rastućim udjelom na regionalnom tržištu proizvodnje, opskrbe i trgovine električnom energijom, koji pruža sigurnu i kvalitetnu uslugu utemeljenu na načelima ekološki prihvatljive proizvodnje, energetske učinkovitosti i održivog poslovanja. Ujedno, značajan dio kapaciteta HEP-a za proizvodnju električne energije starijeg je godišta, stoga, nastoji se investirati u nove proizvodne kapacitete i revitalizaciju postojećih. [3,4,5,16]

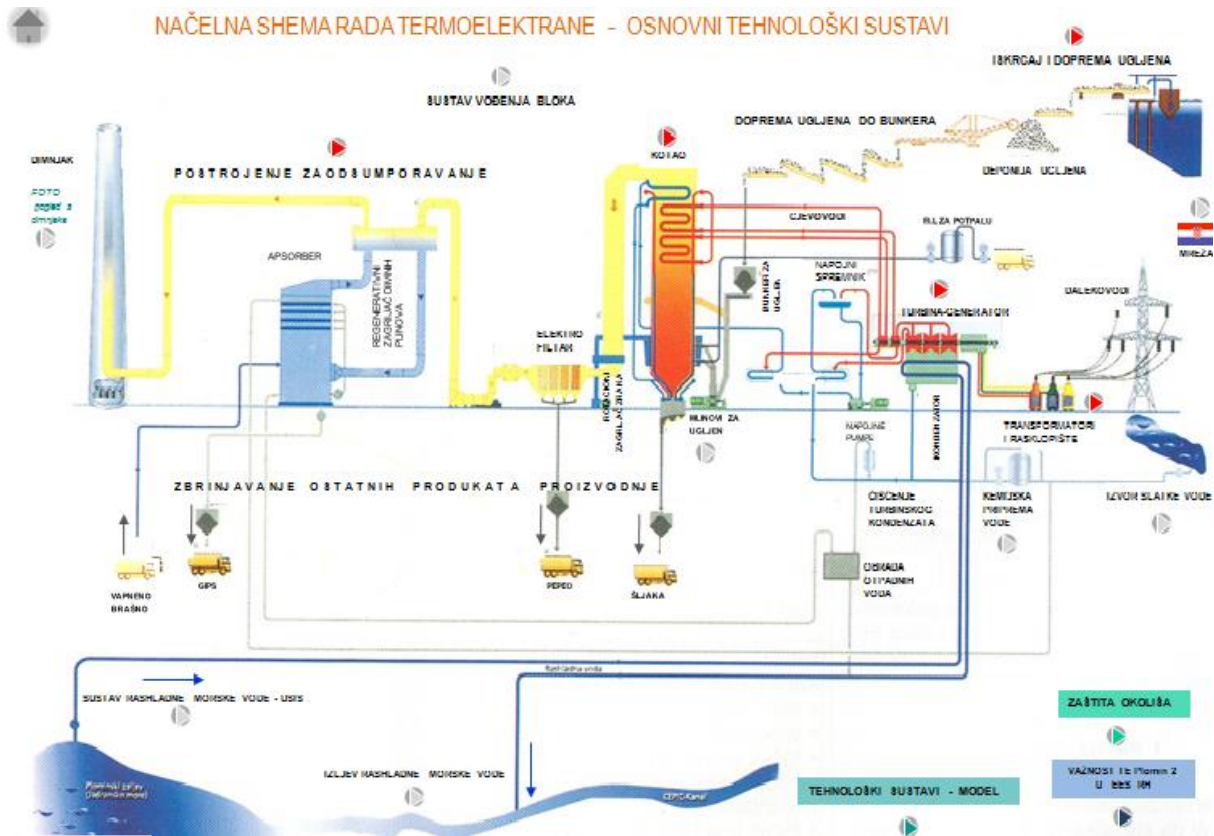
## 2.1. Termoelektrana Plomin



**Slika 2.** Pogled sa vidikovca na TE Plomin (desno) i Luku Plomin (lijevo)

Termoelektrana Plomin jedina je termoelektrana na ugljen u Hrvatskoj. Smještena je u Plominskom zaljevu i ima instalirana dva bloka ukupne snage 335 MW. TE Plomin 1 snage 125 MW, u pogonu je od 1969. godine i TE Plomin 2 snage 210 MW koji je u pogonu od 2000.godine. Blok predstavlja samostalnu skupinu uređaja koji su istodobno u pogonu i osiguravaju proces pretvorbe energije goriva u električnu energiju.

Kondenzacijski blokovi TE Plomin 1 i 2 namijenjeni su proizvodnji isključivo električne energije, a blokove čini kotao (ložen prašinom kamenog ugljena) u blok spoju s kondenzacijskom parnom turbinom i generatorom. [2,3,5]



Slika 3. Načelna shema rada TE[4]

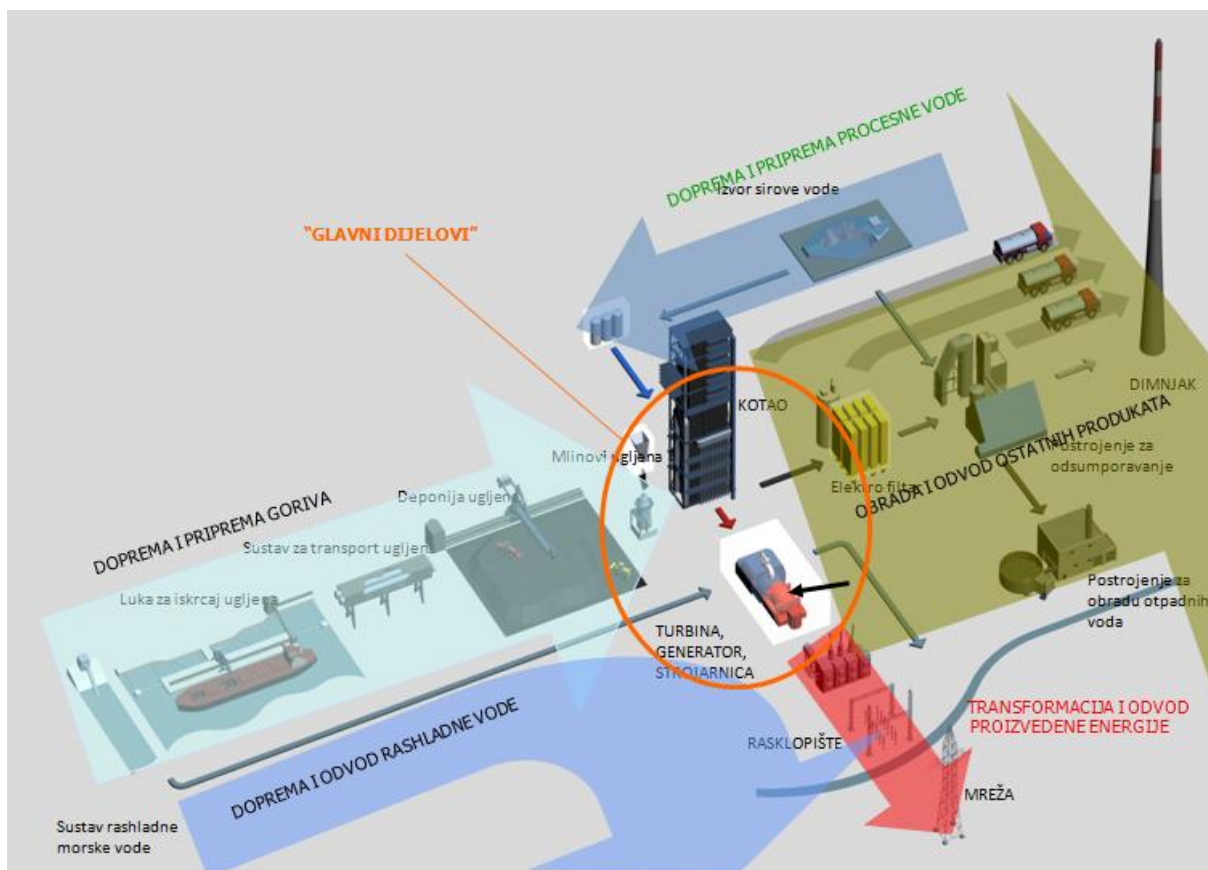
Izgradnja termoelektrane Plomin 1 bruto snage 125 MW započela je 1967. godine. Za lokaciju je izabran Plominski zaljev zbog ekonomskih i energetske razloga. Lokacija se nalazila u blizini podzemnih kopova Istarskih ugljenokopa Raša. Neposredna okolica bila je rijetko naseljena, a najbliža veća naselja, Labin i Rabac, udaljena su oko 6,5 km zračnom linijom. U vrijeme izgradnje elektrane još nije postojala značajnija turistička infrastruktura na širem području plominskog zaljeva, niti su mogući ekološki problemi imali značajnijeg utjecaja na donošenje odluke o izgradnji. Zbog konstrukcijskih grešaka pri projektiranju kotla od samog početka rada javljali su se problemi s odvođenjem pepela i šljake. Stoga se, uz brojne rekonstrukcije, od 1983. godine koristi mješavina s približno 80 % raškog ugljena i 20 % ugljena iz Đurđevika, čime su značajke pepela prilagođene mogućnostima odvođenja pepela i šljake iz kotla. Ugljen iz istarskih ugljenokopa dopreman je kamionima do bunkera separacije, dok se ugljen iz Đurđevika dopremao na odlagalište. Kameni ugljen iz raških ugljenokopa

ima sadržaj sumpora od 9 % do 11 %. Kao posljedica upotrebe ovog ugljena bila je visoka koncentracija  $\text{SO}_2$ , koja je iznosila oko  $20\ 000\ \text{mg}/\text{m}_n^3$ . Dimni plinovi s ovako visokim koncentracijama  $\text{SO}_2$  sve do 1992. godine ispuštali su se kroz dimnjak visine 130 m koji je neprimjeren emisiji i topografskim značajkama lokacije. Pored sumpora, ugljen iz istarskih rudnika sadrži neuobičajeno mnogo urana, te su čak razmatrane mogućnosti izgradnje postrojenja u kojem bi se izdvajao uran na lokaciji TE Plomin. Kop Tupljak zatvoren je 1999. godine te se prišlo nabavci uvoznog ugljena. Gorivo za rad oba bloka zbog navedenih razloga uvozni je kameni ugljen ogrjevne moći od 24,0 do 29,3 MJ/kg sa niskim sadržajem sumpora od 0,3 do 1,4 %. Ovaj ugljen zamjena je za ugljen iz Raških ugljenokopa za koji su prvobitno projektirana oba bloka. Ugljen se nabavlja na svjetskom tržištu i dovozi brodovima tipa „Panamax“ nosivosti od oko 65 000 tona u luku Plomin te iskrcava i transportnim sustavom zatvorenih traka doprema do deponije ugljena u krugu elektrane. Zemlje porijekla do sada korištenih ugljena su: Australija, Indonezija, Južnoafrička unija, Kina, Kolumbija, Rusija, Sjedinjene američke države i Venezuela. [2] Posljedica ovako širokog raspona porijekla je i širok raspon kvalitete i fizikalno-kemijskih svojstava, korištenog goriva.

Deponija na koju se doprema ugljen je kapaciteta 240 000 tona, a godišnja potrošnja ugljena za oba bloka iznosi oko 950 000 tona. Voda s izvora Bubić jame koristi se za proizvodnju tehnološke vode koja se demineralizira, dok se kao rashladna voda za potrebe oba bloka koristi morska voda. Na lokaciji TE Plomin izgrađeno je postrojenje za odsumporavanje (FGD – flue-gas desulfurization) za blok 2, koje tzv. mokrim postupkom ispire dimni plin suspenzijom vapnenca radi uklanjanja  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , HCl i HF, uz stvaranje 6,9 t/h gipsa ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ). Postrojenje za pročišćavanje otpadnih tehnoloških voda, s kapacitetom od  $50\ \text{m}^3/\text{h}$  zajedničko je za oba bloka.

Generator pare bloka 1 je jednocijevni kotao Sulzers prisilnim protokom maksimalnoga trajnoga kapaciteta od 385 t/h svježe pare (135 bar i  $535^\circ\text{C}$ ) i sa 16 plamenika u četiri razine. Turbina tipa TK 120 sa snagom od 125 MW izrađena je po engleskoj licenci, akcijska je s tri odvojena kućišta i međupregrijanjem, te sa šest nereguliranih oduzimanja. Turbogenerator je poljskog proizvođača Dolmel nazivne snage od 150 MVA, faktora snage od 0,8 i napona od 13,8 kV i izravno je spojen na blok-transformator od 13,8/121 kV.

Blok je do sada u pogonu 44 godine, ima više od 225 000 radnih sati. Zbog promjene graničnih vrijednosti emisija (GVE) na niže vrijednosti od 2018. godine dimni plinovi bloka 1 više neće zadovoljavati GVE te se planira trajno gašenje bloka. [3,4,5]



Slika 4. Shematski prikaz rada TE Plomin [4]



Slika 5. Realni prikaz rada TE Plomin [4]



Zajednički sustavi rekonstruirane TE Plomin 1 i TE Plomin 2 su dimnjak visine 340 m, transport i odlagalište ugljena, transport i odlagalište šljake, pepela i otpadnog mulja te sustav dobava rashladne vode, sustav tehnološke vode, sustav pomoćnog goriva, pomoćne kotlovnice, obrada otpadne tehnološke, oborinske i sanitarne vode.

Postrojenja TE Plomin vode se i upravljaju pomoću sustava TELEPERM XP. To je sustav vođenja bloka čija je konfiguracija izvedena kao distribuirani mikroprocesorski sustav (DCS) Teleperm XP proizvođača Siemens. Proces je raščlanjen na nekoliko funkcionalnih cjelina od kojih jedna sažima funkcionalne jedinice postrojenja zaštite okoliša kao što su: elektrofilter, postrojenja za odsumporavanje dimnih plinova, transport šljake i pepela, obradu otpadne vode. Sustav sadrži definirane veličine koje se prate (referentne vrijednosti, frekvenciju nadzora, mjerna oprema – mjesto očitavanja, zapisi, postupak) u slučaju da su izmjerene vrijednosti izvan definiranih granica.[2]

## **2.2. TE Plomin 2**

Na pripremi projekta za izgradnju TE Plomin blok2 počelo se raditi još 1978. godine. Odluka o izgradnji TE Plomin 2, snage 210 MW, donesena je 1984.god., a u srpnju 1985.god. potpisan je ugovor sa zajednicom domaćih izvođača „INGRA“, te su radovi ubrzo započeli. Konzorciji su sačinjavali tada velike tvrtke „Jugoturbina“ Karlovac, „Đuro Đaković“ Slavonski Brod, „Končar“ Zagreb, „Metalna“ Ljubljana i „Rijeka gradnja“ Rijeka. 1986. godine donesena je odluka o izgradnji postrojenja za odsumporavanje (FGD-flue-gas desulfurization). Plan je bio da se radovi dovrše do 1988. godine, ali kako se radovi nisu odvijali planiranim tempom ugovor je raskinut 1991. godine. Vlada je iduće godine zadužila Hrvatsku elektroprivredu (HEP) da dovrši izgradnju TE Plomin 2 i HEP kao strateškog partnera pronalazi njemačku elektro-energetsku tvrtku RWE Energie iz Essena. HEP i RWE osnovali su 1996. godine TE Plomin d.o.o., zajedničko mješovito društvo za dovršetak izgradnje i eksploataciju TE Plomin 2.

1996. godine TE Plomin d.o.o. sklapa ugovor s konzorcijem kojeg čine austrijska tvrtka „AEE AustrianEnergy&Environmentiz“Graz, njemačka tvrtka sa sjedištem u Karlsruhe i hrvatski „Đuro Đaković –Tremoenergetska postrojenja“ iz Slavenskog Broda za nastavak gradnje bloka 2. Dovršetak izgradnje elektrane tekao je prema planu i svi su radovi izgradnje dovršeni do 1999.godine. Uz turbinu proizvođača „ABB -Tvornica parnih turbina“ Karlovac snage 210 MW instaliran je i generator proizvođača „Končar“ Zagreb. Generator je trofazni, dvopolni, hlađen vodikom, sinkroni, nazivne snage od 247 MVA, faktora snage od

0,85 i napona od 13,8 kV. Proizvedena se električna energija preko blok-transformatora od 13,8/240 kV predaje u 220 kV mrežu. Veza s elektroenergetskim sustavom Hrvatske ostvarena je rasklopnim postrojenjem od 220/110 kV. Blok je prvi put sinkroniziran 14. rujna 1999. god., a 2. prosinca 1999. god. svečano je pušten u rad.

TE Plomin d.o.o. je kao investitor preuzeo elektranu od izvođača radova 13. svibnja 2000. god., a komercijalna proizvodnja bloka započela je već 21. svibnja 2000. godine. Tokom probnog rada kratkotrajno je postignuta najveća snaga od 225 MW.

### **2.3. Nusprodukti proizvodnje**

Kao nusprodukt proizvodnje termoelektrane izgaranjem ugljena nastaju lebdeći pepeo, šljaka, gips i otpadne vode. U sustavu TE Plomin nusprodukti proizvodnje se zbrinjavaju ili nastaju zbrinjavanjem otpadnih plinova kao što je to u slučaju sumpornih oksida nastalih tokom izgaranja i prevedenih u gips.

Prema katalogu otpada iz *Pravilnika o katalogu otpada* šljaka, taložni pepeo i prašina iz kotla (ključni broj otpada 10 01 01), lebdeći pepeo od izgaranja ugljena (ključni broj otpada 10 01 02) i gips – kruti reakcijski otpad na bazi kalcija, koji nastaje prilikom odsumporavanja dimnih plinova (ključni broj otpada 10 01 05) ubrajaju se u neopasni otpad, odnosno mogu se koristiti kao sekundarne sirovine bez negativnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš. [6]

Za sve nusproizvode koji nastaju sagorijevanjem ugljena u termoelektrani, koristi se skraćenica CCP (CoalCombustionby-Products). CCP su kategorizirani prema procesu koji je primijenjen u termoelektrani i njegovoj primjeni na :

- lebdeći pepeo (pulverisedFuelAsh)
- ložišni pepeo
- kotlovska šljaka
- materijal koji nastaje procesom desulfurizacije dimnog plina (gips) [7]

## 2.4. Lebdeći pepeo

Prema ASTM C 618 standardu lebdeći pepeo definira se kao otpadni materijal koji nastaje nakon spaljivanja (u energetske svrhe) mljevenog ugljena u termoelektranama loženim ugljenom, a izdvaja se separacijom iz otpadnih plinova uporabom elektrostatskih filtera, što jasno ukazuje da se svaki ostatak nakon spaljivanja ugljena ne može izjednačiti s lebdećim pepelom.[8,9,10]

Lebdeći pepeo prema svom fizikalno – kemijskom sastavu sadrži čestice neizgorjelog ugljika i mineralna onečišćenja iz ugljena koja se solidificiraju u obliku sferičnih aglomerata nastalih za vrijeme hlađenja. Udio i veličina neizgorjelog ostatka ugljika i aglomerata je promjenjiva i ovisi o kvaliteti uporabljenog ugljena kao i o tehnološkim procesima sagorijevanja. U izvornom obliku lebdeći pepeo sadrži sferične čestice, cenofere tj. sferične prazne čestice (grč. *kenos*, prazan) i plerosfere, tj. cenofere ispunjene s više sitnih sferičnih čestica (grč. *pliris* – pun) dimenzija od 1-50  $\mu\text{m}$  s najvećim udjelom čestica veličine 45  $\mu\text{m}$ . Cenofere predstavljaju najveće čestice u lebdećem pepelu, a čvrste sferične čestice najmanje. [11] Prema standardu američkog društva za ispitivanje i materijale (eng. *American Society for Testing and Materials*, ASTM), ASTM C618, lebdeći pepeo je pučolanski aktivan materijal koji je podijeljen u dvije klase; F i C. Lebdeći pepeo klase F, predstavlja materijal koji je dobiven sagorijevanjem antracitnog bituminoznog ugljena, dok su lebdeći pepeli klase C produkti sagorijevanja podbitumenoznih ugljena, dok su lebdeći pepeli klase C produkti sagorijevanja lignita i podbitumenoznih ugljena. Lebdeći pepeli klase C mogu sadržavati značajan udio CaO što im daje latentna hidraulička svojstva, odnosno u prisutnosti vlage pokazuju pučolansku aktivnost. Lebdeći pepeo klase F predstavljaju pepele sa sniženim udjelom CaO te je pučolanska aktivnost ovih pepela zanemariva zbog čega je za odvijanje pučolanske reakcije u pepelu klase F nužno osigurati  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dodatkom izvana.[6,12]

Prema rezultatima kemijske analize lebdećeg pepela TE Plomin 2 iz Doktorske disertacije prof. Dražana Jožića, vidljivo je da elektrofiltarski pepeo sadrži 78,43 % ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) i 2,81 mas. % CaO. Prof. Dražan Jožić iz navedenoga zaključuje da sukladno američkoj normi ASTM C618 (Tablica 2.) lebdeći pepeo iz TE Plomin 2 se može okarakterizirati kao pepeo klase F (niski sadržaj CaO), tj. lebdeći pepeo podrijetlom od antracitnog ili bituminoznog ugljena. Specifična površina lebdećeg pepela je  $312,9 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}$ , a gustoća od  $1839 \text{ kgm}^{-3}$  što potvrđuje njegovu klasu F, budući je niža nego gustoća lebdećeg pepela klase C ( $2600 - 2700 \text{ kgm}^{-3}$ ). Granulometrijskom analizom lebdećeg pepela upućuje na bimodalnu raspodjelu veličine čestica, maksimum se uočava za čestice 20  $\mu\text{m}$  te drugi, manje

izražen, za čestice iznad 50  $\mu\text{m}$  što sukladno zahtjevima hrvatskih normi HRN EN 450:1994 i HRN EN 451-2, a prema kojima je postupak prosijavanja proveden zadovoljava njegovu primjenu kao dodatka cementima. [12]

**Tablica 1. Klase lebdjećeg pepela (prema kemijskom sastavu) određene američkom normom ASTM C 618 [6]**

Svojstvo	Udio (%)	Klasa F	Klasa C
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	minimalno	70	50
$\text{SO}_3$	maksimalno	5	5
Vlaga	maksimalno	3	3
Gubitak žarenjem	maksimalno	6	6

**Tablica 2. Kemijski sastav lebdjećeg pepela (izražen preko oksida odgovarajućih metala) i zahtjevi norme specifikacije ASTM C618 za lebdjeći pepeo klase F[12]**

Sadržaj oksida	mas. %	ASTM C618
$\text{SiO}_2$	59,46	$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) = \text{min.70\%}$
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19,91	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,93	
$\text{CaO}$	2,81	
$\text{MgO}$	0,84	5,0 max.
$\text{SO}_3$	0,18	5,0 max.
$\text{Na}_2\text{O}$	0,40	
$\text{K}_2\text{O}$	1,27	
C	0,6	6,0 max.
Gubitak žarenjem	1,6	3,0 max.
Sadržaj vlage	0,1	
Specifična gustoća, $\text{kgm}^{-3}$	1839	
Specifična površina (Blain), $\text{m}^2\text{kg}^{-1}$	312,9	

## 2.5. Mokro deponiranje lebdećeg pepela

Osnovni problem prijašnjeg sustava za deponiranje pepela je razvijanje prašine tijekom deponiranja i kasnije, sa slobodne površine deponije. Pokrivanje deponije zemljom i zatravnjivanje djelomično je ublažilo problem. Međutim, razvijanje prašine za vrijeme deponiranja i uzvitlavanje prašine sa radne površine deponije nije moguće u potpunosti spriječiti. Močenje pepela daje kratkoročne rezultate, dok se površina deponije ne osuši, uslijed djelovanja vjetrova. Iz tog razloga, 2013. godine prišlo se razvoju drugačijeg sustava deponiranja, kod kojeg se pepeo prethodno pomiješa sa vodom pri čemu nastaje gusta pasta. Pastozna mješavina pepela i vode se pumpa pomoću hidraulične klipne pumpe i transportnog cjevovoda do mjesta odlaganja. Pastozna mješavina pepela i vode ne razvija prašinu ni pod kojim uvjetima pa je na taj način spriječeno prašenje tijekom deponiranja. Ovim načinom deponiranja je radna površina deponije značajno manja jer zbog načina deponiranja nije potrebna uporaba građevinskih strojeva za naguravanje pepela. Volumen pepela koji se deponira mokrim načinom iznosi oko 70% volumena koji zauzima suhi pepeo. Zadržavanje vlage u pepelu deponiranom mokrom tehnologijom traje oko sedam dana pri čemu je površina kompaktna i ne dozvoljava razvijanje prašine.



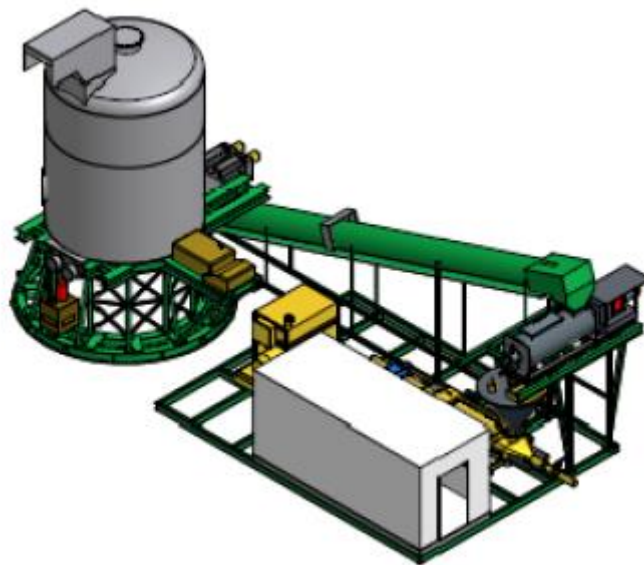
**Slika 6.** Mješavina pepela i vode u pastoznom stanju, na izlazu iz transportnog cjevovoda (lijevo); Kompaktna površina deponiranog pepela nakon 3 mjeseca (desno)

Deponiranjem pepela mokrim načinom u slojevima, svakodnevno ili svakih nekoliko dana, osigurava da gornja površina deponiranog pepela bude kompaktna i da ne razvija prašinu. U slučaju duljeg zastoja deponiranja mokrim načinom, površinu pepela vlaži se ručno. U slučaju potrebe, slobodna površina deponiranog pepela mokrim načinom može se

pokriveni i geopokrivačima. Prije početka projektiranja postrojenja u srpnju 2011. izvršeno je probno deponiranje s pokusnom opremom, kojim je potvrđena svrhovitost ovog načina deponiranja.

Postrojenje za mokro deponiranje sastoji se od slijedećih dijelova:

- Bunker pepela kapaciteta 35 t - Sustav za izvlačenje i doziranje pepela
- Transporter s gumenom trakom s vagom i detektorom metala
- Miješalica sa sustavom za doziranje vode 20 – 25%
- Hidraulična klipna pumpa
- Transportni cjevovod DN150

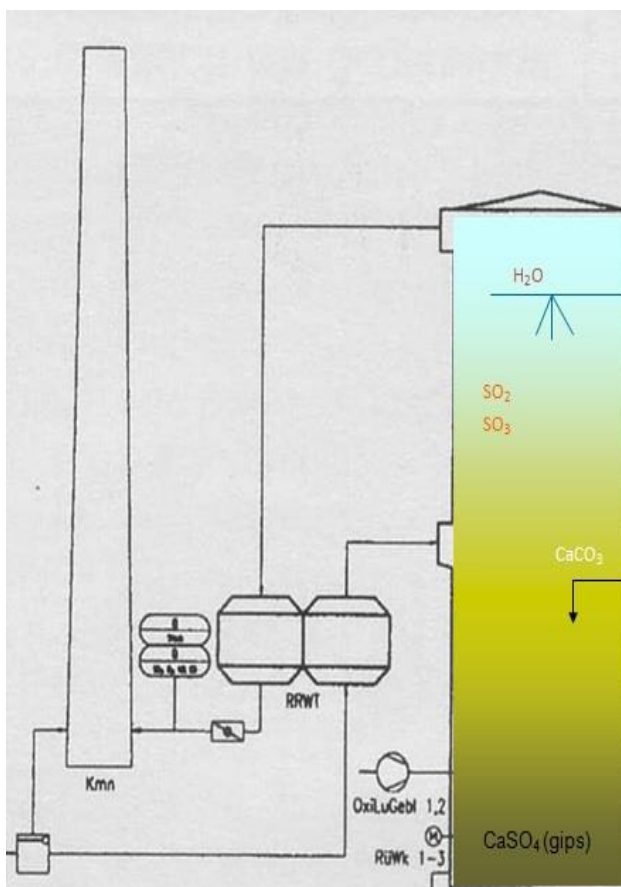


**Slika 7.** Shema postrojenja za mokro deponiranje

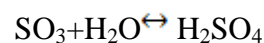
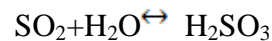
Postojećim sustavom transporta pepela, prethodno djelomično navlaženi pepeo (10% vlage) transportira se do prihvatnog bunkera kapaciteta 35 t. Pepeo se zatim izvlači iz bunkera i dodaje na transporter s gumenom trakom na kojemu je ugrađena vaga. Iz transportera s gumenom trakom pepeo se dodaje u mješač, gdje se automatski i u kontinuiranom procesu, miješa sa vodom do stupnja vlažnosti 20% – 25% što odgovara konzistenciji slično pasti za zube. Iz mješača pepeo odlazi u hidrauličnu klipnu pumpu odakle se pomoću transportnog cjevovoda dovodi do mjesta odlaganja. Odlaganje je predviđeno slobodnim padom, po kosini radnog dijela deponije. Izlazni otvor transportnog cjevovoda je postavljen na koti konačne visine deponije na tom mjestu, tako da nakon određenog vremena slijedi samo pokrivanje zemljom i zatravnjivane.

## 2.6. Sustav za odsumporavanje dimnih plinova TE i nastali nusprodukti

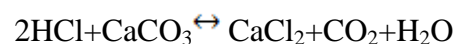
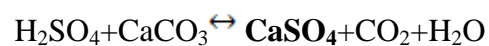
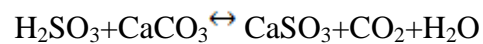
Dimni plinovi prije ulaska u dimnjak prolaze kroz elektrostatski filtar i postrojenje za odsumporavanje. U elektrofiltru se plinovi oslobađaju od nesagorivih sastojaka i pepela. U postrojenju za odsumporavanje dimni se plinovi čiste od sadržaja sumpornog dioksida (SO<sub>2</sub>), HF, HCl, žive i ostalih teških metala. Proces odsumporavanja temelji se na mokrom postupku apsorpcije koji upotrebljava mljeveni vapnenac. Kao konačni proizvod dobiva se gips koji služi u cementnoj i građevinskoj industriji.[2]



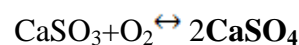
### Apsorpcija:



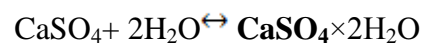
### Reakcija s vapnenecem:



### Oksidacija:



### Kristalizacija



**Slika 8.** Shematski prikaz postupka odsumporavanja dimnih plinova prema kemijskim reakcijama [4]

Stupanj izlučivanja SO<sub>2</sub> prema graničnim vrijednostima iznosi više od 95 % granične vrijednosti, količina SO<sub>2</sub> na izlazu je manja od 400 mgNm<sup>-3</sup>, a količina HCl-a na izlazu je manja od 400 mgNm<sup>-3</sup> odsumporivača.[4]



**Slika 9.** Postrojenje za odsumporavanje dimnih plinova [4]

Gips ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) nastaje u procesu mokrog odsumporavanja dimnih plinova (engl. *Wetflue gas desulphurization, FDG*). Nastali gips dihidrat je visoke čistoće (maseni udio  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} > 95\%$ ), što pogoduje uporabi u građevinarstvu i cementnoj industriji. [6]



### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Na temelju članka 89. Ustava Republike Hrvatske, Hrvatski sabor je na sjednici 15.srpnja 2013.godine donio odluku o proglašenju Zakona o održivom gospodarenju otpadom. Opće odredbe ovog zakona odnose se na:

- Područje primjene zakona
- Primjene pravne stečevine Europske unije
- Pojmova
- Ovlastima ministra
- Načelima gospodarenja otpadom.

Tim zakonom utvrđuju se mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljudsko zdravlje i okoliš na način smanjenja količina otpada u nastanku i/ili proizvodnji te se uređuje gospodarenje otpadom bez uporabe rizičnih postupaka po ljudsko zdravlje i okoliš, uz korištenje vrijednih svojstava otpada. Ujedno tim Zakonom utvrđuju se sustavi gospodarenja otpada uključujući red prvenstva gospodarenja otpadom, načela, ciljeve te načine gospodarenja otpadom, strateške i programske dokumente u gospodarenju otpadom, nadležnosti i obveze u gospodarenju otpadom, lokacije i građevine za gospodarenje otpadom, djelatnosti gospodarenja otpadom, prekogranični promet otpada, informacijski sustav gospodarenja otpadom te uporabni i inspekcijski nadzor nad gospodarenjem otpadom.

Primjena pravne stečevine Europske unije odnosi se na primjenu Zakona Europske unije na Zakone koje je Republika Hrvatska imala do ulaska u Europsku uniju 1.srpnja 2013. Tako su u pravni poredak Republike Hrvatske prenesene neke od direktiva značajne za ovaj rad:

- Direktiva 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o otpadu i ukidanju određenih direktiva (SL L 312, 22. 11. 2008)
- Direktiva 2010/75/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o industrijskim emisijama (integrirano sprječavanje i kontrola onečišćenja) (SL L334, 17.12.2010.)
- Direktiva Vijeća 1999/31/EZ o odlaganju otpada (SL L 182, 16.7.1999.)

Zakonom se utvrđuju i okviri za provedbu akata Europske unije, kao što su Uredba (EZ-a) br. 1013/2006 Europskog Parlamenta i Vijeća o pošiljkama otpada (SL L190, 12.7.2006.), kako je izmijenjena i dopunjena Uredbom Komisije (EU-e) br. 255/2013 kojom se u svrhu prilagodbe znanstvenom i tehničkom napretku, dopunjuju neki prilozi te Uredba (EZ-a) br. 1013/2006 Europskog parlamenta i Vijeća o pošiljkama otpada (SL L 79, 21.3.2013.).[1]

U svrhu sprječavanja nastanka otpada te primjene propisa i politike gospodarenja otpadom primjenjuje se red prvenstva gospodarenja otpadom, i to:

- sprječavanje nastanka otpada,
- priprema za ponovnu uporabu,
- recikliranje,
- drugi postupci uporabe npr. energetska uporaba i
- zbrinjavanje otpada.

Prilikom primjene reda prvenstva gospodarenja otpadom nadležna tijela državne vlasti, jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave i pravne osobe s javnim ovlastima koje obavljaju djelatnosti u vezi s okolišem i pravne osobe koje prema posebnim propisima obavljaju poslove zaštite okoliša:

- poduzimaju mjere kojima se potiču rješenja koja nude najbolji ishod za okoliš što može uključivati i prilagodbu reda prvenstva za gospodarenje određenom vrstom otpada ako je to opravdano rezultatima analize životnog ciklusa ukupnih učinaka stvaranja i gospodarenja tom vrstom otpada,
- uzimaju u obzir opća načela zaštite okoliša – načelo predostrožnosti i načelo održivosti, te tehničku izvedivost i ekonomsku održivost i zaštitu resursa, kao i ukupne učinke na okoliš, ljudsko zdravlje, gospodarstvo i društvo u skladu sa člankom 9. Zakona o održivom gospodarenju otpada,
- uzimaju u obzir da povećani troškovi koji mogu nastati primjenom reda prvenstva gospodarenja otpadom u usporedbi s drugim načinom postupanja s otpadom ne budu nerazmjerni te da postoji tržište za dobivene materijale ili energiju ili da se takvo tržište može oformiti.

Razvijanje, proizvodnja, distribucija, potrošnja i uporaba proizvoda mora pridonijeti sprječavanju nastanka otpada i njegovog recikliranja i/ili uporabe. [1]

### **3.1. Kategorizacija krutog otpada termoelektrane**

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode na temelju članka 12. stavka 6. i članka 182. stavka 2. Zakona o održivom gospodarenju otpadom ("Narodne novine", broj 94/13) ministar zaštite okoliša i prirode donio je Pravilnik o katalogu otpada. Tim Pravilnikom propisuje se Katalog otpada, kategorizacija za prekogranični promet otpadom, posebni uvjeti za deklasifikaciju otpada i neznatna količina otpada. Katalog otpada propisan je Dodatkom I. Pravilnika o

katalogu otpada. Katalog otpada prema članku 3. stavka 1. sačinjavaju Kategorizacija otpada osim kategorizacije za prekogranični promet otpadom, Popis grupa i podgrupa otpada, i Popis otpada. Kategorizaciju otpada prema stavku 2. istog članka sadrži način određivanja porijekla i mjesta nastanka otpada te grupe, podgrupe, vrste i svojstva otpada kojeg se primjenjuje radi utvrđivanja podataka o postojećem otpadu za potrebe vođenja Očevidnika o nastanku i tijeku otpada, propisanog posebnim propisom koji uređuje gospodarenje otpadom, i za druge potrebe. Popis grupa i podgrupa otpada iz stavka 1. ovog članka sadrži grupe u koje su u Popisu otpada razvrstane pojedine vrste otpada prema vrsti tvari ili predmeta. Popis otpada sadrži zapise o vrstama otpada razvrstane u grupe i podgrupe. Zapis o vrsti otpada sačinjava ključni broj otpada i njemu pridružen naziv otpada, oznaka zapisa s odgovarajućom naznakom o karakterističnim opasnim svojstvima. Dodatkom II. istog Pravilnika propisana je kategorizacija za prekogranični promet otpadom, a sadrži:

- Zeleni popis otpada,
- Žuti popis otpada
- kriterije klasifikacije otpada sa Zelenog popisa
- kategorije otpada koje je potrebno nadzirati sukladno Prilogu I Baselske konvencije.

Pojmovnik:

- Baselska konvencija je Baselska konvencija o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovu odlaganju.
- Ključni broj otpada je oznaka vrste otpada, propisana Popisom otpada, koja se sastoji od šest znamenki kojima se u slučaju opasnog otpada pridružuje znak \*, pri čemu prve dvije znamenke određuju grupu, druge dvije znamenke određuju podgrupu u koju je razvrstana ta vrsta otpada, a zadnje dvije znamenke određuju vrstu otpada;
- Oznaka zapisa je oznaka propisana Popisom otpada, koja označava, ovisno o slučaju, mogućnost kategorizacije odgovarajućeg otpada s jednim ili s više ključnih brojeva te u slučaju opasnog otpada sadrži navod o karakterističnom opasnom svojstvu te vrste otpada;
- Svojstvo otpada je odrednica o postojanju opasnog svojstva otpada. Svojstva otpada su: opasni otpad s oznakom odgovarajućih opasnih svojstava (H oznake) i neopasni otpad;
- Vrsta otpada je odrednica otpada, propisana Popisom otpada, koja se sastoji od ključnog broja otpada, naziva otpada te naziva odgovarajuće grupe i podgrupe;

- Zeleni popis otpada: konsolidirani popis otpada koji ne podliježe notifikacijskom postupku sukladno posebnom propisu koji uređuje otpremu pošiljaka otpada;
- Žuti popis otpada: konsolidirani popis otpada koji podliježe notifikacijskom otpadu sukladno posebnom propisu koji uređuje otpremu pošiljaka otpada. [13]

### 3.2. Nusproizvodi i ukidanje statusa otpada

Otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa. Ukoliko proizvođač otpada ishodi potvrdu Ministarstva o upisu nusproizvoda u Očevidnik nusproizvoda takav otpad se može proglasiti nusproizvodom, uzimajući u obzir smjernice Europske komisije o nusproizvodima, tj da ispunjavaju sljedeće uvjete:

- da je osigurana daljnja uporaba te tvari ili predmeta,
- da se tvar ili predmet može upotrijebiti izravno bez dodatne obrade, osim uobičajenim industrijskim postupcima,
- da tvar ili predmet nastaje kao sastavni dio proizvodnog postupka i
- da je daljnja uporaba tvari ili predmeta dopuštena, odnosno da tvar ili predmet ispunjava sve relevantne zahtjeve u pogledu proizvoda, zaštite okoliša i zdravlja ljudi za tu konkretnu uporabu i neće dovesti do značajnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.[1]

Podaci iz evidencije o upisu u očevidnik nusproizvoda vode se u sklopu Registra iz članka 139. Zakona o održivom gospodarenju otpada.

Ministarstvo zaštite okoliša i prirode na temelju članka 15. stavka 9. Zakona o održivom gospodarenju otpadom (»Narodne novine«, broj 94/13) donijelo je Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada.

Prema članku 1. Pravilnika propisuje se sadržaj zahtjeva za upis u Očevidnik za ukidanje statusa otpada i Očevidnik nusproizvoda, posebni kriteriji za ukidanje statusa otpada, uključujući granične vrijednosti onečišćujućih tvari i štetan utjecaj tvari ili predmeta na okoliš, posebni kriteriji za određivanje nusproizvoda, sadržaj potvrda o upisu u Očevidnik za ukidanje statusa otpada i Očevidnik nusproizvoda, sadržaj i način vođenja Očevidnika za ukidanje statusa otpada i Očevidnika nusproizvoda te način i uvjeti provedbe propisa Europske unije kojima se utvrđuju kriteriji za ukidanje statusa pojedine vrste otpada.

Ujedno Pravilnikom se prema članku 2. uspostavlja pravni okvir za provedbu Uredbi Europske unije tj. primjenjuje se pravna stečevina Europske unije.

Uredbe koje se primjenjuju su:

- Uredba Vijeća (EU) br. 333/2011 od 31. ožujka 2011. o uspostavi kriterija za određivanje trenutka kada određene vrste otpadnog metala prestaju biti otpad u skladu s Direktivom 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (SL L 94, 8. 4. 2011.),
- Uredba Komisije (EU) br. 1179/2012 od 10. prosinca 2012. o kriterijima za utvrđivanje kada stakleni krš prestaje biti otpad na temelju Direktive 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (SL L 337, 11. 12. 2012.),
- Uredba Komisije (EU) br. 715/2013 od 25. srpnja 2013. o utvrđivanju kriterija na temelju kojih se određuje kada bakreni otpad prestaje biti otpad u skladu s Direktivom 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (SL L 201, 26. 7. 2013.) (dalje u tekstu Uredba Komisije (EU) br. 715/2013).[14]

Prema članku 4. Pravilnika uređeni su posebni kriteriji za određivanje nusproizvoda, a oni glase:

- Mora postojati ugovor o prodaji tvari ili predmeta, za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda, između posjednika te tvari ili predmeta i budućeg korisnika te tvari ili predmeta.
- Posebnim propisom nije zabranjena uporaba te tvari ili predmeta.
- Tvar ili predmet za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda mora udovoljavati specifikaciji budućeg korisnika tvari ili predmeta za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda.

Zahtjev za upis u Očevidnik nusproizvoda podnosi se za pojedini nusproizvod prema obrascu iz Dodatka I. Pravilnika. Uz zahtjev prilažu se:

- preslika ugovora između posjednika tvari ili predmeta za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda i budućeg korisnika te tvari ili predmeta,
  - specifikacija budućeg korisnika tvari ili predmeta za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda,
  - dokaz da tvar ili predmet za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda udovoljava priloženoj specifikaciji.

Potvrda o upisu u Očevidnik nusproizvoda izdaje se na obrascu iz Dodatka II. Pravilnika i smatra se dokazom da određeni proizvodni ostatak nije otpad. Ministarstvo dostavlja potvrdu Agenciji za zaštitu okoliša. Ukoliko dođe do promjene podataka na temelju

kojih je osoba upisana u Očevidnik nusproizvoda, osoba je dužna obavijestiti Ministarstvo o svakoj promjeni podataka na temelju kojih je upisana u Očevidnik nusproizvoda u roku od 30 dana od dana kad je promjena nastupila. Ujedno, osoba upisana u Očevidnik nusproizvoda dužna je do 1. ožujka tekuće kalendarske godine dostaviti Izvješće o nusproizvodima iz Dodatka VIII. Pravilnika za prethodnu kalendarsku godinu Agenciji za zaštitu okoliša u pisanom ili elektroničkom obliku.

Zahtjev za upis u Očevidnik za ukidanje statusa otpada podnosi se za određeni proizvod koji nastaje uporabom prema obrascu iz Dodatka III. Pravilnika. Uz zahtjevu prilažu se:

- akt kojim se dopušta obavljanje odgovarajuće djelatnosti sukladno Dodatku V. Pravilnika
- potvrda o sukladnosti sustava upravljanja iz članka 6. stavka 3. Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada.

Iznimno za otpad na kojeg se primjenjuju posebni kriteriji propisani odgovarajućom Uredbom prilaže se:

- dozvola za gospodarenje otpadom za djelatnost oporabe odgovarajućeg otpada,
- potvrda o sukladnosti sustava upravljanja sukladno zahtjevu odgovarajuće Uredbe Europske komisije odnosno Vijeća iz članka 2. ove Uredbe.

Na obrascu iz Dodatka IV. Pravilnika izdaje se potvrda o upisu u Očevidnik za ukidanje statusa otpada. Potvrdu Ministarstvo dostavlja Agenciji za zaštitu okoliša, a osoba upisana u Očevidnik za ukidanje statusa otpada dužna je obavijestiti Ministarstvo o svakoj promjeni podataka na temelju kojih je upisana u Očevidnik za ukidanje statusa otpada u roku od 30 dana od dana kad je promjena nastupila. Izvješće o ukidanju statusa otpada iz Dodatka IX. Pravilnika dostavlja se Agenciji za zaštitu okoliša u pisanom ili elektroničkom obliku ukoliko nije drugačije propisano posebnim propisom koji uređuje Registar onečišćavanja okoliša. Očevidnik nusproizvoda i Očevidnik za ukidanje statusa otpada vodi se na elektroničkom obrascu propisanom Dodatkom VII. Pravilnika.[15]

Posebni kriteriji za ukidanje statusa otpada dati su člankom 6. Pravilnika, a propisani su Dodatkom V. dijelom 1., 2., 3., 4., 5. i 6. Pravilnika u slučaju kada se ukida status otpada za tvar ili predmet propisanu tim Dodatkom. Svaka pošiljka otpada kojem se ukida status otpada mora biti popraćena Izjavom o sukladnosti na obrascu iz Dodatka VI. Pravilnika, izdanom od osobe koja obavlja odgovarajući postupak oporabe odnosno uvoznika u slučaju isporuke u Republiku Hrvatsku.[14]

Sustav upravljanja mora uključivati provjere i evidenciju te odgovarajuću dokumentaciju u pisanom odnosno elektroničkom obliku za svaku pojedinu zaprimljenu pošiljku otpada i šaržu:

- vizualna provjera pošiljke otpada i podataka navedenih u pripadajućem Pratećem listu,
- evidencija o provjeri ulazne pošiljke otpada i prateće dokumentacije koji sadrži sljedeće: datum, broj Pratećeg lista i ime i prezime osobe koja je obavila nadzor,
- evidencija o provjeri uporabe koji sadrži sljedeće: poveznicu pojedinog Pratećeg lista i odgovarajućeg broja šarže otpada, datum formiranja šarže te datume s odgovarajućim postupcima mjerenja i postupanja sa šaržom.
- evidencija o provjeri šarže, koja je prošla postupak uporabe, koja sadrži zapise o poduzetim postupcima provjere ispunjavanja propisanih uvjeta, odgovarajuće norme odnosno specifikacije za pojedinu šaržu kao i rezultate odgovarajućih ispitivanja koja obavlja ovlašteni laboratorij na godišnjoj razini.

Sukladnost sustava upravljanja dokazuje se potvrdom koju je izdala osoba akreditirana za ocjenu sukladnosti sukladno Uredbi Komisije (EU) br. 765/2008 od 9. srpnja 2008. godine kojom se utvrđuju zahtjevi za akreditaciju i nadzor nad tržištem koji se odnose na stavljanje na tržište proizvoda te kojom se povlači Uredba (EEZ) br. 339/93 (SL L 218, 13. 8. 2008.) ili osoba koja je sukladno posebnom propisu koji uređuje zaštitu okoliša ovlaštena za obavljanje stručnih poslova za potrebe sustava upravljanja okolišem i neovisno ocjenjivanje, ta potvrda vrijedi najviše tri godine od datuma izdavanja.

Dodatkom V. točkom 6. Pravilnika dati su posebni kriteriji za ukidanje statusa otpada za građevne proizvode, a sadrže četiri kriterija.

1. Kriteriji za otpad koji ulazi u postupak
2. Kriteriji za postupak uporabe
3. Kriteriji za otpad koji nastaje uporabom
4. Dopuštene namjene korištenja otpadom koji je nastao uporabom

Odgovorna osoba koja obavlja uporabu otpada dužna je osigurati da otpad koji ulazi u postupak uporabe udovoljava propisanoj vrsti otpada sukladnoj tablici Dodatka V. točke 6.

U otpadu koji ulazi u postupak uporabe, a koji je svrstan u navedenu tablicu dopuštene su neznatne količine neopasnih onečišćujućih tvari ukoliko se u postupku uporabe

izdvoje. Postupkom uporabe mora se spriječiti pojava prašine izvan lokacije na kojoj se nalazi postrojenje u kojem se obavlja uporaba. [14]

### **3.3. Oporaba otpada**

Prema članku 8. Zakona o održivom gospodarenju otpadom otpad se mora oporabiti. Oporaba otpada provodi se u skladu s načelima i načinima gospodarenja otpadom prema Zakonu. Tvari koje nastaju materijalnom uporabom otpada ili proizvodi nastali ukidanjem statusa otpada ne smije uzrokovati veći rizik u smislu opasnog svojstva te tvari od rizika koji postoji kod odgovarajuće primarne sirovine ili proizvoda proizvedenog iz primarne sirovine.

Otpad se može zbrinuti, a ne oporabiti, u slučajevima kada:

- stanje tehničke spoznaje ne omogućava uporabu otpada,
- troškovi uporabe otpada su višekratno veći od troškova njegovog zbrinjavanja,
- nema mogućnosti daljnje uporabe otpada ili dijelova otpada,
- ako se zbrinjavanjem otpada manje opterećuje okoliš, nego njegovom uporabom, a prilikom obrade otpada primjenjuje se načelo samodostatnosti kako bi se otpad obradio na najbližoj prikladnoj lokaciji izbjegavajući pri tom prijevoz otpada koji nije nužan[1]

### **3.4. Fizikalno - Kemijska analiza lebdećeg pepela**

Na zahtjev tvrtke HEP Proizvodnja d.o.o. u Croatiakontrola laboratoriju provedena je fizikalno – kemijsko ispitivanje uzorka otpada i eluata otpada pripremljenog prema normi HRN EN 12457-4:2005 u svrhu odlaganja na deponij prema zahtjevima Pravilnika o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama uvjetima rada za odlagalište otpada (NN 117/07, 111/11, 17/13 i 62/13).

Uzorak je uzorkovan na elektro filtrima. Sive je boje, krut, na izgled je homogen i ujednačenih veličina čestica te nije potrebno primjenjivati metodu smanjivanja uzorka.

Masa ukupnog uzorka je 3,0 kg, a ispitnog eluata 900 ml. Eluat je pripremljen miješanjem tijekom 24 sata na kružnoj miješalici pri brzini vrtnje od oko 8 okr/min, a za pripremu eluata koristile su se čiste, jednokratne posude od polietilena visoke gustoće (HDPE).



Iz eluata otpada određeni su fizikalna i kemijska svojstva prema tablici 3. i odgovarajućim normama. Vlastitim metodama Croatiakontrola d.o.o. određeni su udjeli fluorida, TOC/DOC (eng. *dissolved organic carbon*), živa, molibden i selen.

**Tablica 3. Mjereni parametri i važeće norme primjenjivanih metoda prilikom analize otpada -eluata**

<b>Parametar</b>	<b>Metoda</b>
<b>Udio vlage</b>	HRN ISO 11465:2004
<b>Suhi ostatak</b>	HRN ISO 11465:2004
<b>Elektrovodljivost</b>	HRN EN 27888:2008
<b>pH</b>	HRN EN ISO 10523:2012
<b>Arsen (As)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Barij (Ba)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Kadmij (Cd)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Krom ukupni (Cr)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Bakar (Ba)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Živa (Hg)</b>	Vlastita metoda
<b>Molibden (Mo)</b>	Vlastita metoda
<b>Nikal (Ni)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Olovo (Pb)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Antimon (Sb)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>Selen (Se)</b>	Vlastita metoda
<b>Cink (Zn)</b>	HRN ISO 15586:2003
<b>*Kloridi (Cl)</b>	HRN ISO 9297:1998
<b>Fluoridi (F)</b>	Vlastita metoda
<b>*Sulfati</b>	SM 21Ed:2005, 4500-E
<b>DOC</b>	Vlastita metoda
<b>Ukupno otopljene tvari</b>	HRN EN 15216:2008

#### **3.4.1. Određivanje fluorida HACH LANGE, LCK – Kivetni test**

Ovom HACH metodom opisuje se određivanje fluorida u koncentracijskom području od 0,5 mg/l do 2,5mg/l. Kod određivanja većih koncentracija fluorida mora se napraviti odgovarajuće razrjeđenje uzorka.

Ioni fluorida reagiraju sa ionima cirkonija i tvore bezbojni cirkonijum-flourid kompleks. To uzorkuje da crveno obojeni cirkonium gubi boju. Ova metoda primjenjiva je za određivanje fluorida u vodi za piće, podzemnoj vodi, površinskoj vodi, otpadnoj vodi i u kontroli proizvodnje.

Ukoliko je skladištenje nužno uzorci moraju biti čuvani na temperaturi od  $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Ujedno ukoliko je uzorak ohlađen prije ispitivanja potrebno ga je temperirati na temperaturu od  $20^{\circ}\text{C}$ . pH uzorka mora se kretati između 1 i 11. Za ispitivanje se koristi spektrofotometar, uz korištenje slijepa probe. Nakon nultiranja sa kivetom bez uzorka u istu kivetu dodaje se 3 ml uzorka, kiveta se obriše nekoliko puta, te ostaviti da stoji 60 sekundi. Nakon 60 sekundi kiveta se stavi u spektrofotometar i očita dobivena vrijednost. Ukoliko vrijednost prelazi maksimalnu koncentraciju od 2,5 mg/l potrebno je ponoviti ispitivanje s većim razrjeđenjem uzorka.

### **3.4.2. TOC/DOC, HACH LANGE, LCK 386 – Kivetni test**

Ovom HACH metoda opisuje se određivanje TOC/DOC u koncentracijskom području od 30 mg/l do 300 mg/l. Za određivanje većih koncentracija TOC/DOC mora se napraviti odgovarajuće razrjeđenje uzorka.

Postupak se odvija u dva koraka, u prvom se uz pomoć tresilice TOC-X5 izluči anorganski ugljik, a zatim se TOC oksidira do  $\text{CO}_2$ . Ugljični dioksid prolazi kroz membranu u kivetu s indikatorom i uzrokuje promjenu boje indikatora koja se mjeri fotometrom.

Test je primjenjiv za eluat otpada, otpadnu vodu, površinsku vodu i tehnološku vodu. Za podzemnu vodu upotrebljava se test s nižim rasponom određivanja

Ukoliko je skladištenje nužno uzorci moraju biti na temperaturi od  $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Ukoliko je uzorak ohlađen prije ispitivanja potrebno ga je temperirati na temperaturu od  $20^{\circ}\text{C}$ . pH uzorka mora biti između 3 i 10. Svaki test sastoji se od dvije kivete, kiveta s bezbojnom tekućinom (TOC) i kiveta s plavom tekućinom (indikator). U TOC kivetu dodaje se 1 ml uzorka. Nakon što se doda uzorak kiveta se stavi u tresilicu te se upali tresilica pritiskom na gumb I/O. Tresilica tresi uzorak kroz 5 minuta. Nakon 5 minuta tresilica se automatski gasi uz zvučni signal. Odmah nakon toga otvoriti kivetu s indikatorom i na nju pričvrstiti čep s reagensima. Barkod na čepu mora biti okrenut prema kiveti s indikatorom. Zatim se pričvrstiti kiveta s indikatorom na kivetu s uzorkom. Kiveta s uzorkom se ne smije okretati i uvijek mora biti okomita. Kada su kivete spojene staviti ih u termoblok HT 200S i izabere se

program za određivanje TOC/DOC. Kivete se u inkubatoru griju na 95 °C kroz 120 minuta. Kada je termoblok završio s radom kivete se izvade iz termobloka, ohladena sobnu temperaturu, obrišu i izmjeresepektrofotometrom.

Mjerenje u spektrofotometruse vrši okretanjem kivete i u fotometar se prvo stavlja indikatorski dio kiveta. Ukoliko vrijednost prelazi maksimalnu koncentraciju od 300 mg/l ili je ispod 30 mg/l potrebno je ponoviti ispitivanje s većim razrjeđenjem uzorka ili upotrijebiti HACH test drugog raspona određivanja.

### **3.4.3. Određivanje žive**

Analizatorom žive (LECO AMA-254), određuje se količina žive (Hg) u tragovima u različitim krutim i tekućim uzorcima hrane i hrane za životinje, bez prethodne pripreme uzorka i prethodne predkoncentracije. Koristi se tehnika spaljivanja uzorka u atmosferi kisika i raščinjavanja u katalitičkoj cijevi. Plin prelazi preko zlatnog amalgamatora na koji se hvata živa (Hg) iz spaljenog uzorka. Nakon zagrijavanja zlatnog amalgamatora otpušta se sakupljena živa (Hg) i živine (Hg) pare prolaze kroz dvo-stupanjsku apsorpcijsku kivetu, te se na taj način određuje maseni udio ukupne žive (Hg) u uzorku. Rad instrumenta može se podijeliti na četiri koraka:

1. Sušenje uzorka
2. Raščinjavanje
3. Hlađenje i skupljanje živinih (Hg) para
4. Otpuštanje živinih (Hg) para i analiza ukupne žive (Hg)

#### 4. REZULTATI

Utvrđivanjem mjesta u ovom slučaju TE Plomin, nastalog sagorijevanja ugljena u svrhu proizvodnje električne energije, kao nusproizvod proizvodnje nastaju otpadi kategorizirani prema tablici te im je pridružen ključni broj i oznaka zapisa, sukladno Dodatku I. Pravilnika o katalogu otpada.

**Tablica 4. Kategorizacija otpada prema Popisu otpada Pravilnika o katalogu otpada**

<b>Ključni broj</b>	<b>NAZIV OTPADA</b>	<b>Oznaka zapisa</b>
<b>10</b>	<b>OTPAD IZ TERMIČKIH PROCESA</b>	
<b>10 01</b>	<b>Otpad iz termoelektrana i ostalih postrojenja u kojima se odvija sagorijevanje</b>	
<b>10 01 01</b>	<b>Taložni pepeo, šljaka i prašina iz kotla</b>	<b>N</b>
<b>10 01 02</b>	<b>Lebdeći pepeo od izgaranja ugljena</b>	<b>N</b>
<b>10 01 05</b>	<b>Kruti reakcijski otpad na bazi kalcija, koji nastaje pri odsumporavanju dimnih plinova</b>	<b>V43</b>

**V43: H4, H5, H6, H7, H8, H10, H11, H13, H14**

Sukladno Dodatku III. Zakona o održivom gospodarenju otpadom, definirana su svojstva otpada koja ga čine opasnim, a sadžane su oznakom zapisa.

Taložni pepeo, šljaka i prašina iz kotla te lebdeći pepeo od izgaranja ugljena spadaju u neopasni otpad, dok kruti reakcijski otpad na bazi kalcija, koji nastaje pri odsumporavanju dimnih plinova sadrži neka opasna svojstva koja su mu pridružena oznakom zapisa V43, a ona su slijedeća:

H 4 »Nadražujuće«: nenagrizajuće tvari i pripravci koji u neposrednom, dužem ili ponovljenom dodiru s kožom ili sluznicom mogu prouzročiti upalnu reakciju.

H 5 »Opasno«: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu prouzročiti ograničeni rizik za zdravlje.

H 6 »Toksično«: tvari i pripravci (uključujući vrlo otrovne tvari i pripravke) koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu prouzročiti ozbiljni, akutni ili kronični rizik za zdravlje, pa čak i smrt.

H 7 »Karcinogeno«: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati rak ili povećati njegovu učestalost.

H 8 »Nagrizajuće«: tvari i pripravci koji u kontaktu mogu uništiti živo tkivo.

H 10 »Reproduktivno toksično«: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati nenasljedne urođene deformacije ili povećati njihovu učestalost.

H 11 »Mutageno«: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati nasljedne genetske defekte ili povećati njihovu učestalost.

H 13\* »Senzibilizirajuće«: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili ako prodru u kožu, imaju sposobnost izazvati reakciju hipersenzibilizacije tako da kod daljnjeg izlaganja toj tvari ili pripravku dolazi do karakterističnih štetnih učinaka.

H 14 »Ekotoksično«: otpad koji predstavlja ili može predstavljati neposredne ili odgođene rizike za jedan ili više sektora okoliša.[1]

Prema zelenom popisu pepeo ložišta i šljake iz elektrana na ugljen ključnog broja 10 01 01 dodijeljena mu je oznaka otpada GG030, a koji se odnosi na pepeo ložišta i šljake koji se može uporabiti u kao građevinski agregat.

Lebdećem pepelu iz elektrana na ugljen ključnog broja 10 01 02 dodijeljena je oznaka Zelenog popisa GG040 prema kojoj je definiran kao lebdeći pepeo koji se upotrebljuje u industriji cementa i betona, čija je upotreba definirana europskim standardima EN 450-1, lebdeći pepeo u betonu, Dio 1: definicija, specifikacije i kriteriji sukladnosti.

Reaktivni otpad koji sadrži kalcij nastao odsumporavanjem dimnih plinova u krutom obliku, ključnog broja 10 01 05 nalazi se također na Zeleno popisu sa oznakom B2040, pod nazivom „Djelomično prerađeni otpadni gips (FGD gips)“. Opisan je kao djelomično prerađeni gips od odsumporavanja dimnih plinova nastao odsumporavanjem dimnih plinova sadrži također mješavinu kalcij sulfata ( $\text{CaSO}_4$ ) i kalcij sulfita ( $\text{CaSO}_3$ ). Ova vrsta otpada može se reciklirati na različite načine (većinom industriji cementa i gipsa) zahvaljujući njegovom kemijskom i mineralnom sastavu, pod uvjetom da ispunjava potrebne standardne kvalitete za određenu namjenu.

Prema kriterijima za klasifikaciju otpada sa Zelenog popisa, na zahtjev odgovornih osoba TE Plomin provode se analize lebdećeg pepela u smislu utvrđivanja udjela opasnih metala i spojeva kao što su živa, molibden, nikal, krom, sumpor, klor, selen, antimon, arsen, cink, bakar i dr. (vidi tablica 5). Analize se provode u akreditiranom laboratoriju prema odgovarajućim normama, a rezultate pregledava i potpisuje odgovorna osoba.

**Tablica 5. Rezultati fizikalno – kemijske analize otpada KB 10 01 02, HEP – TE Plomin**

Parametar	Jedinica mjere	Rezultat	MDK	Odgovara	Metoda
**Udio vlage	%	0,15			HRN ISO 11465:2004
**Suhi ostatak	%	99,85			HRN ISO 11465:2004
*Elektrovodljivost	ms/cm	2,60			HRN EN 27888:2008
*pH		11,89			HRN EN ISO 10523:2012
Arsen (As)	mg/kg	< 0,007	2	da	HRN ISO 15586:2003
Barij (Ba)	mg/kg	< 0,025	100	da	HRN ISO 15586:2003
Kadmij (Cd)	mg/kg	< 0,0015	1	da	HRN ISO 15586:2003
Krom ukupni (Cr)	mg/kg	< 0,025	10	da	HRN ISO 15586:2003
Bakar (Ba)	mg/kg	< 0,025	50	da	HRN ISO 15586:2003
Živa (Hg)	mg/kg	< 0,025	0,2	da	Vlastita metoda
Molibden (Mo)	mg/kg	< 0,02	10	da	Vlastita metoda
Nikal (Ni)	mg/kg	0,91	10	da	HRN ISO 15586:2003
Olovo (Pb)	mg/kg	< 0,035	10	da	HRN ISO 15586:2003
Antimon (Sb)	mg/kg	< 0,005	0,7	da	HRN ISO 15586:2003
Selen (Se)	mg/kg	< 0,1	0,5	da	Vlastita metoda
Cink (Zn)	mg/kg	< 0,025	50	da	HRN ISO 15586:2003
*Kloridi (Cl)	mg/kg	874,13	15 000	da	HRN ISO 9297:1998
Fluoridi (F)	mg/kg	26,0	150	da	Vlastita metoda
*Sulfati	mg/kg	280,04	20 000	da	SM 21Ed:2005, 4500-E
DOC	mg/kg	42,41	800	da	Vlastita metoda
Ukupno otopljene tvari	mg/kg	8121,22	60 000	da	HRN EN 15216:2008

\* Metode obuhvaćene akreditacijom

\*\* Fizikalne karakteristike otpada

1. lipnja 2007. godine, Uredba o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničavanju kemikalija – REACH stupila je na snagu. Time se svaki proizvođač ili uvoznik proizvoda izgaranja ugljena (KKT) mora registrirati na tržište ili uvezene tvari u Europskoj agenciji za kemikalije (ECHA) koja se nalazi u Helsinkiju. Od 1. lipnja 2008. godine, CCP koji nisu registrirani ne mogu biti proizvedeni i stavljeni na tržište.

Zbog posebnih propisa za "phase-in" materijal kao CCP proizvođači / uvoznici CCP moraju prethodno registrirati gips i pepeo i šljaku. Ukoliko je opseg proizvodnje viši od 1000 tona godišnje pre-registracija se morala obaviti do 1. prosinca 2008., a registraciju do 1. prosinca 2010. godine. Za sva pitanja brine SIEF (Substance Information Exchange Forum) dok je za sve osnovne i kontinuirane informacije glede registracije CCP – ove izrađena web stranica.[21]

**Tablica 6. [2] Tablični prikaz godišnje proizvodnje/oporabe/ zbrinjavanja krutih otpada termoelektrane**

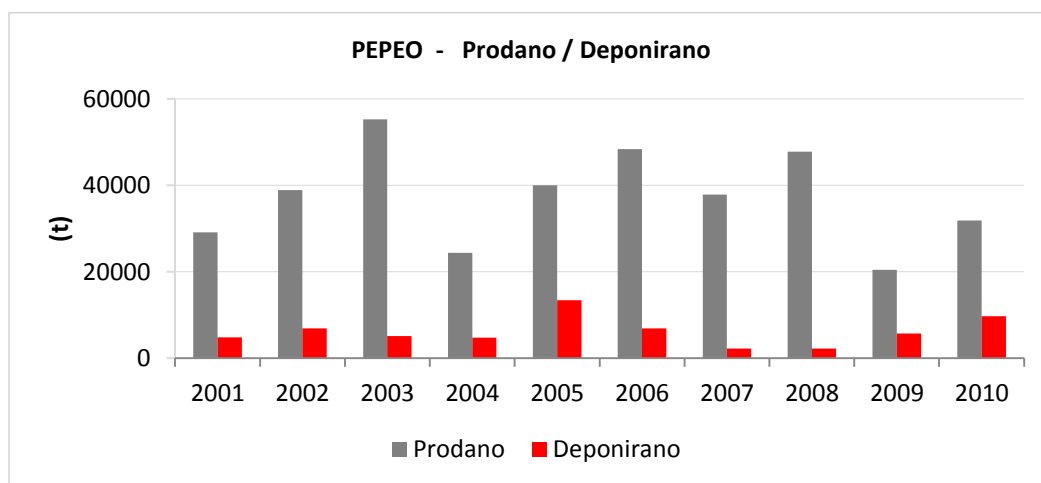
Naziv otpada	Ključni broj	Postupak uporabe i/ili zbrinjavanja	Fizikalne i kemijske karakteristike otpada	Postupak uporabe i/ili zbrinjavanja u TE Plomin II	God. Količina proizv. Otpada (t)	God. Količina uporabe otpada(t)	God količina zbrinut. Otpada (t)
Pepeo s rešetke ložišta, talog i prašina iz kotla (osim prašine iz kotla navedene pod 10 01 04)	10 01 01	R5	Kruti otpad (neopasni)	Holcim d.o.o., Koromačno / IGM d.o.o., Lepoglava / ECOM j.t.d., Pula	12 527,86	12 527,86	-
Lebdeći pepeo od izgaranja ugljena	10 01 02	R5	Kruti otpad (neopasni)	Holcim d.o.o., Koromačno / IGM d.o.o., Lepoglava / ECOM j.t.d., Pula	40 097,61	37 885,61	-
Kruti reakcijski otpad na bazi kalcija, koji nastaje pri odsumporavanju dimnih plinova	10 01 05	R5	Kruti otpad (neopasni)	Holcim d.o.o., Koromačno / IGM d.o.o., Lepoglava / ECOM j.t.d., Pula	19873,00	19873,00	-

## 5. RASPRAVA

Prema rezultatima fizikalno – kemijske analize akreditiranog laboratorija Croatiakontrola d.o.o. za lebdeći pepeo može se ustvrditi da su dobivene vrijednosti, udjela pojedine ispitivane tvari otpada (analizomeluata) u dozvoljenim granicama, kako nalažu navedene norme prema kojima se i sprovode zatražene analize.

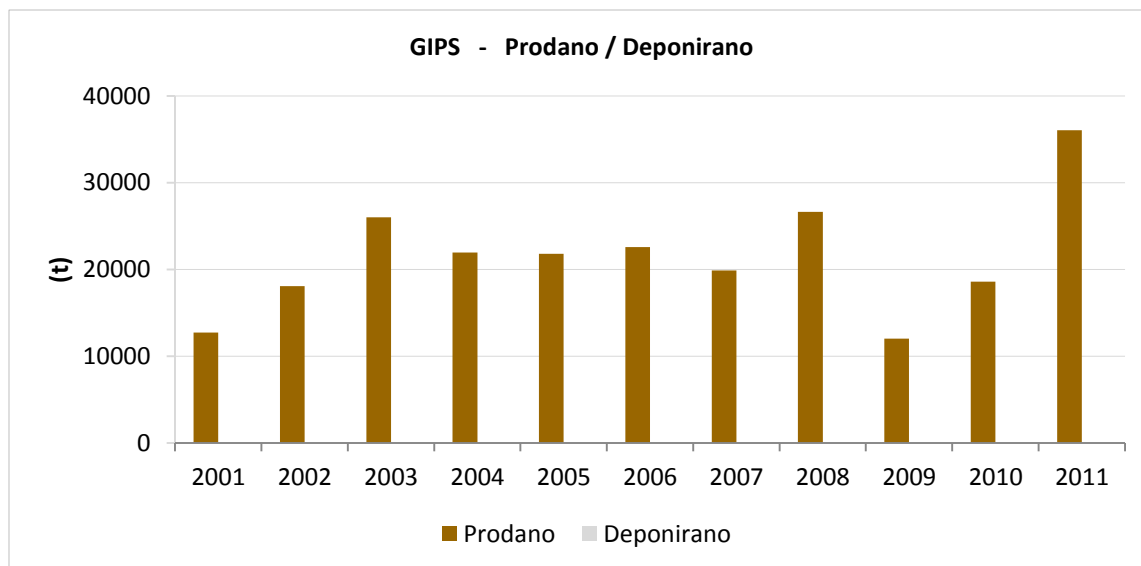
Tvrtka HEP – TE Plomin trenutno oporabljuje otpad na način da ga dostavlja tvrtci Holcim d.o.o., a koja ga zbrinjava u svojim proizvodima. Tvrtka Holcim d.o.o. nalazi se u neposrednoj blizini TE Plomin što dodatno udovoljava Zakonu o održivom gospodarenju otpadom, na način da se otpad TE Plomin ujedno oporabljuje u njenoj neposrednoj blizini. Kako je građevinski sektor stagnirao svoju proizvodnju unazad nekoliko godina zbog ekonomske krize koja je zahvatila Hrvatsku, potražnja lebdećeg pepela prema dijagramu na slici 10. počinje opadati od 2007. i 2008. godine, tj. raste udio deponiranog lebdećeg pepela. Ujedno to je i jedan od razloga izgradnje deponija lebdećeg pepela koji ne predstavlja trajno rješenje. Kao moguće rješenje je prekogranični promet otpadom koji se definira za svaku vrstu otpada prema REACH Uredbi jer se otpadi sa ključnim brojevima 10 01 01, 10 01 02 i 10 01 05 nalaze na zelenom popisu otpada.

Gips kao nusproizvod proizvodnje nastao odsumporavanjem dimnih plinova za razliku od lebdećeg pepela ne predstavlja problem vezan uz njegovu uporabu čak štoviše prema grafu proizvedenog i deponiranog gipsa u razdoblju od 2001. – 2011. godine (slika 11.) da se zaključiti da raste potražnja za njegovom uporabom.



**Slika 10.** Grafički prikaz prodanog i deponiranog pepela u vremenskom razdoblju od deset godina [4]





**Slika 12.** Grafički prikaz prodanog i deponiranog gipsa u razdoblju od deset godina [4]

Plasman nusproizvoda rada termoelektrane na ugljen, lebdećeg pepela i gipsa ovisi o stanju gospodarstva. Potražnja za električnom energijom u Hrvatskoj je velika jer ne postoji dovoljno proizvodnih kapaciteta, a građevinski sektor suočen je sa ekonomskom krizom te u Hrvatskoj nije moguće u potpunosti oporabiti kruti otpad termoelektrane te postoji potreba za inozemnim tržištem.

## 6. ZAKLJUČAK

Proučavanjem Zakona o održivom gospodarenju otpadom i pripadnih dodataka, propisa i pravilnika uz navedeni Zakon, europskih Uredbi koje je Republika Hrvatska usvojila ulaskom u Europsku uniju 1. srpnja 2013. te prateći rad HEP – TE Plomin kao sastavnice HEP Proizvodnje d.o.o. slijedi da tvrtka Plomin d.o.o. aktivno prati postojeće Zakone. Zbog rokova prilagodbe sa postojećim zakonima Europske unije TE Plomin nastoji uskladiti svoj rad i sa Zakonima koji još nisu stupili na snagu u Republici Hrvatskoj. Kako u Zakonu još nisu jasno definirane upute kako gospodariti krutim otpadom jer Hrvatska nije na popisu članica OEKO-a, za TE Plomin kada je u pitanju prekogranični promet otpadom potrebno je napraviti opsežnije istraživanje Zakona Europske unije. Ujedno, postoje određene nedorečenosti kada je u pitanju gospodarenje otpadom, a koje se javljaju zbog širokog spektra sastavnica istog Zakona. Kruti otpad TE Plomin za sada se oporabljuje u tvrtci Holcim d.o.o. no zbog smanjene potražnje za tom vrstom otpada nužno je pronaći pravno rješenje za prekograničnu trgovinu i promet istog otpada.

Na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, izvršena su brojna početna istraživanja primjene lebdećeg pepela i gipsa u svrhu uporabe, tj. stvaranja proizvoda nove vrijednosti: kalcij-sulfoaluminatnog cementa, geopolimera i pjenostakla [6,17,18] što otvara mogućnost za rješavanje uporabe veće količine istog otpada.

## **7. POPIS SIMBOLA**

IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control Directive

EZ – Europski zakon

NN – Narodne novine

HE – hidroelektrana

TE – termoelektrana

NE – nuklearna elektrana

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

HEP – Hrvatska elektroprivreda

ODS – Operator distribucijskog sustava

HERA – Hrvatska Energetska Regulatorna Agencija

ENTSO-E – European Network of Transmission System Operators for Electricity

GVE – granična vrijednost emisija

DCS – distribuirani mikroprocesorski sustav

CCP – Coal Combustion by-Products

ASTM – American Society for Testing and Materials

FDG – wet flue gas desulphurization

DOC – degree of organic carbon

ECHA – Europska agencija za kemikalije

## 8. LITERATURA

1. Hrvatski sabor : *Zakona o održivom gospodarenju otpadom*, 15. srpanj 2013.
2. Zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša za postojeće postrojenje TE Plomin 2 u skladu s odredbama Uredbe o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08)
3. Čupin, N., *Nova energetika Energetika u službi gospodarstva*, Udruga za razvoj Hrvatske, Zagreb, 2013.
4. Vukelić, I., : *Prezentacija TE Plomin 2 -15 godina izgradnje, 12 godina eksploatacije*, 2012. god.
5. Kranjac, R., *Specijalistički diplomski rad: Analiza opravdanosti Retrofitaturibine 210 MW TE Plomin BLOK 2*, Politehnika Pula, Visoka tehničko – poslovna škola, Pula, 2014.
6. Mihelj, N., *Doktorska disertacija : Oporaba otpadnog gipsa u svrhu priprave specijalnog cementa*, Zagreb 2012.
7. Tehnička dokumentacija postrojenja za mokro deponiranje
8. Taylor, H.F.W., *Cement chemistry*, Academic press inc., New York, 1992.
9. Đureković, A., *Cement, cementni kompoziti i dodaci betonu*, IGH, Zagreb, 1996.
10. ASTM C 618 Standard Specification for CoalFlyAshandRaw or Calcinated Natural Pozzolan for UseinConcetrated.
11. Wang, A., Zhang, C., Sun, W., *Flyasheffects II. Theactiveeffectofflyash*, *Cement andConcreteResearch*, 34(2004) 2057 – 2060
12. Jozić, D. ,*Doktorska disertacija :Studija utjecaja letećeg pepela iz termoelektrane na fizikalno-kemijska svojstva i ponašanje cementnog kompozita*, Split, 2007.
13. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Pravilnik o katalogu otpada*, 1.listopada 2014.
14. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada*, 2. listopada 2014.
15. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Dodatak Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (I-VIII)*, 1. listopada 2014.
16. Saravanos, E.M., *Engineering Properties of High Performance Concrete Containing Large Volume of Class C Fly Ash*, Ph. D. Thesis, University of Saskatchewan, Canada, 1995.
17. Samac, L., *Diplomski rad: Oporaba lebdećeg pepela u proizvodnji pjenostakla*, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2013.

18. Sertić V., Završni rad: *Alkalno aktivirana mineralna veziva*, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2013.
19. [www.croenergo.eu](http://www.croenergo.eu)
20. [www.hep.hr](http://www.hep.hr)
21. [www.echa.eu](http://www.echa.eu)

## ŽIVOTOPIS

Zovem se Valentina Sertić, rođena sam u Našicama 22. veljače 1990. Odrasla sam u Đurđenovcu, malenom tvorničkom mjestu u Slavoniji. 2008. godine završavam srednju Tehničku školu i prirodoslovnu gimnaziju "Ruđera Boškovića" u Osijeku, nakon čega iste godine upisujem prediplomski studij pri Sveučilištu u Zagrebu na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije koji uspješno završavam obranom završnog rada na temu Alkalno aktivirana mineralna veziva, 19. rujna 2013., za koji sam ujedno i nagrađena. Iste godine upisujem se na diplomski studij Kemija i inženjerstvo materijala, a 2014. Postajem stipendisticom Hrvatskog saveza za energetiku. Aktivno djelujem u vidu akademske zajednice. Aktivna sam članica Studenske udruge SUPEUS, punog imena Studentska udruga za promicanje energetske učinkovitosti i savjetovanje. Od studenog 2014. članica sam HSA – SF i FSB Racing tima, gdje djelujem u sastavnicama tima za aerodinamiku i marketing. Sudjelujem pri izradi kompozitnih dijelova bolida – s posebnim naglaskom na kompozitne dijelove od karbona te njihovoj nabavci. Osim navedenih studenskih udruga na sveučilištu članica sam i internacionalne udruge ImechE (Institution of Mechanical Engineers). Nakon diplomskog studija želja mi je proširiti svoje znanje iz energetike, zaštite okoliša i marketinga u vidu nekog projekta te otputovati u Australiju.