

OD OTPADA KA ENERGIJI ZA CEMENTNU INDUSTRIJU ZAPADNOG BALKANA

STUDIJA IZVODLJIVOSTI ZA USPOSTAVLJANJE PROIZVODNJE
ALTERNATIVNOG GORIVA NA DEPONIJU DUBOKO - **izvod**



OD OTPADA KA ENERGIJI ZA CEMENTNU INDUSTRIJU ZAPADNOG BALKANA

STUDIJA IZVODLJIVOSTI

za uspostavljanje proizvodnje alternativnog goriva na deponiji Duboko

Regionalna razvojna agencija Zlatibor

Decembar 2022

Izdavač:

Regionalna razvojna agencija Zlatibor
Adresa: Petra Čelovića 13A, 31000 Užice
Republika Srbija

Uz podršku:**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Otvoreni regionalni fond za Jugoistočnu Evropu – Modernizacija opštinskih usluga (ORF MMS)

Projekat:

Od otpada ka energiji za cementnu industriju Zapadnog Balkana (Waste to Energy for Western Balkans Cement Industry)

Autori:

Prof. dr Branimir Jovančićević, redovni profesor, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Gordana Gajica, naučni saradnik, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu

dr Nemanja Stanisavljević, vanredni profesor, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu,

u saradnji sa TITAN Cementarom Kosjerić

Dizajn:

Marko Mutavdžić

Štampa:

3 D Grafika Užice

Tiraž:

50 komada

Godina:

2023.

Izrada ove publikacije podržana je kroz program develoPPP, nemačkog Saveznog Ministarstva za ekonomsku saradnju i razvoj (BMZ) koji sprovodi Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH i fabrika cementa - Antea Cement, Cementarnica Usje i Cementara Kosjerić, u saradnji sa Co-PLAN Institutom za razvoj životne sredine, Unijom proizvođača u Albaniji (AMU), Resursnim centrom za životnu sredinu (REC Severna Makedonija) i Regionalnom razvojnom agencijom Zlatibor (RRA Zlatibor). Korišćenje, kopiranje i distribucija sadržaja ovog dokumenta dozvoljena je isključivo u neprofitne svrhe. GIZ ne snosi bilo kakavu odgovornosti za eventualne greške sadržane u dokumentu ili nastalu štetu, finansijsku ili bilo koju drugu, proisteklu iz ili u vezi sa korišćenjem ovog dokumenta.

LISTA AKRONIMA

W2E – Od otpada ka energiji za cementnu industriju Zapadnog Balkana

EU – Evropska unija

RCUO Duboko – Regionalni centar za upravljanje otpadom Duboko

TCK – TITAN Cementara Kosjerić

RDF – čvrsto gorivo dobijeno iz otpada

SRF – standardizovano čvrsto obnovljivo gorivo dobijeno iz otpada

RS – Republika Srbija

AG – alternativna goriva

APR – Agencija za privredne registre

PKO – pomešan komunalni otpad

PSO – primarno selektovani otpad

PET – Polietilen tereftalat

JKP – javno komunalno preduzeće

LS – lokalna samouprava

UO – upravljanje otpadom

NPUO – Nacionalni plan upravljanja otpadom

SEPA – Agencija za zaštitu životne sredine

ZŽS – zaštita životne sredine

NVO – nevladine organizacije

UN – Ujedinje nacije

SUO – Strategija upravljanja otpadom

CEN – Evropski komitet za standardizaciju

NIR – bliska infracrvena

PVC – Polivinil-hlorid

MT – mehanički tretman otpada

MBT – mehaničko-biološki tretman otpada

BFC – Lafarge Beocin fabrika cementa

CRH – Moravacem fabrika cementa

PCB – Polihlorovani bifenili

PCDDs – Polihlorovani dibenzo-para-dioksini

PCDFs – Polihlorovani dibenzo-para-furani

IPCC – Međudržavni savet o klimatskim promenama

CSI – Unija nezavisnih zemalja

CDM – projekat mehanizma čistog razvoja

UV – mltraljubičasti

EE – električna i elektronska oprema

CELEX – EU propisi

DSIP – specifični plan implementacije direktiva u sektoru otpada

ARRA – Akreditovana regionalna razvojna agencija

AP – Autonomna pokrajina

BAT – najbolje dostupne tehnike

NO_x – oksidi azota

CO₂ – Ugljenik-dioksid

CO – Ugljenik-monoksid

CH₄ – Metan

CaO – Kalcijum-oksidi

SO₂ – Sumpor-dioksid

SiO₃ – Sumpor-trioksid

Al₂O₃ – Aluminijum-oksidi

Fe_2O_3 – Gvožđe(III)-oksid
 MgO – Magnezijum-oksid
 HCl – Hlorovodonična kiselina
 HF – Florvodonična kiselina
 H_2S – Sumporvodonična kiselina
 H_2O – Voda
 O_2 – Kiseonik
 CaCO_3 – Kalcijum-karbonat

1. REZIME

Kako bi se sprečile i ublažile klimatske promene i zaštitila životna sredina, razvijene zemlje Evropske unije i ostatka sveta već izvesno vreme pokazuju tendenciju za korišćenje obnovljivih izvora energije. Imajući u vidu težnju Srbije da postane članica Evropske unije, usvajanje evropskih standarda iz oblasti životne sredine, kao i uspostavljanje ekonomski održivih i sanitarno bezbednih sistema za sakupljanje i odlaganje tokova otpada predstavlja jedan od visoko rangiranih prioriteta. Kada je reč o životnoj sredini, otpad se smatra jednim od najznačajnijih problema modernog društva, tako da EU strategija održivog upravljanja otpadom predviđa da se otpad koristi kao izvor za dobijanje sekundarnih sirovina i energije.

Otpad je preventivno komunalni i zdravstveni problem, pa tek onda resurs i zbog toga je neophodno tražiti rešenja za njegovo zbrinjavanje, odnosno tretman i ponovnu upotrebu. Sagorevanjem se smanjuje količina otpada, što je veoma značajno s obzirom da se tako smanjuje i količina koja se deponuje, a sa druge strane, dobija se energija koja ima višestruku primenu. Međutim, ovo je teško generalizovati jer se svaki otpad razlikuje po svom sastavu u zavisnosti od mesta nastanka. Generalno, gorivo dobijeno iz otpada može biti visokokvalitetan izvor energije koji se može koristiti u gradskim toplanama, termoelektranama, insineratorima i drugim inidustrijskim postrojenjima čiji se tehnološki procesi odvijaju na visokim temperaturama.

Cementna industrija širom Evrope koristi gorivo iz otpada u sopstvenoj proizvodnji. Prosečna stopa zamene fosilnih goriva korišćenjem goriva dobijenog iz otpada je oko 35%, mada ima primera da u nekim zemljama taj udeo isnosi i do 60-80%. Iz čvrstog komunalnog ili industrijskog otpada moguće je izdvojiti nerekiclabilne i netoksične komponente koje imaju visoku toplotnu moć. Materijal koji se izdvoji na ovaj način naziva se Gorivo dobijeno iz otpada (RDF), dok se materijal sa definisanim specifičnim parametrima kvaliteta naziva Čvrsto obnovljivo gorivo dobijeno iz otpada (SRF).

Proizvodnja cementa je proces koji zahteva velike količine energije, i troškovi korišćenja iste obično iznose 30-40% od ukupne cene proizvoda (isključujući kapitalne troškove). Cementa industrija na globalnom nivou teži povećanju upotrebe alternativnih goriva, kako bi smanjila zavisnost od konvencionalnih fosilnih goriva, ali i kako bi se smanjili negativni uticaji na životnu sredinu, posebno u pogledu emisija ugljen-dioksida (CO₂). Naime, cementna industrija se smatra velikim emiterom CO₂, zato što se ovaj gas emituje sagorevanjem fosilnih goriva, ali i zagrevanjem krečnjaka u rotacionoj peći tokom proizvodnje klinkera, od koga se, zajedno sa gipsom i drugim mineralnim dodacima dobija cement. Cementna industrija tradicionalno, kao primarno gorivo koristi ugalj, ali i druge vrste goriva, kao što su petrol koks, prirodni gas i nafta. Pored ovih goriva, moguće je koristiti i različite vrste alternativnih goriva (AG) dobijenih iz otpada.

Fabrike cementa u Srbiji mogle bi imati značajnu ulogu u zbrinjavanju čvrstog komunalnog otpada, kao što je slučaj u razvijenim zemljama EU, kada bi stavile na raspolaganje svoje kapacitete za tretman značajnih količina različitih vrsta otpada na siguran, bezbedan i kontrolisan način. Za

iskorišćenje ovih kapaciteta su neophodna određena investiciona ulaganja i poštovanje zakona da bi se izbegle negativne posledice po životnu sredinu.

U tom smislu, sistem upravljanja otpadom prvenstveno treba da bude unapređen na način kako je predviđeno u Nacionalnom programu upravljanja otpadom (2022-2031). Na ovaj način bi se smanjio pritisak na deponije, a povećale količine kvalitetnog otpada koji bi se mogao koristiti kao alternativno gorivo (RDF/SRF).

U odnosu na ostale metode termičkog tretmana otpada, sagorevanje u cementnim peći ima brojne prednosti:

- visoke temperature u rotacionim pećima (1800-2000 °C) su pogodne za potpuno sagorevanje otpada i razgradnju većine jedinjenja koja su štetne za životnu sredinu;
- dugo zadržavanje materijala na visokim temperaturama iznad 1000 °C obezbeđuje degradaciju organskih jedinjenja do nivoa oksida;
- alkalna sredina u rotacionoj peći tokom pečenja klinkera ograničava emisiju kiselih gasova;
- smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte (prvenstveno CO₂) i time smanjenje njegovog uticaja na klimatske promene;
- nema neorganskog ostataka (pepela) nakon sagorevanja jer se ugrađuje u klinker;
- investiciona ulaganja u rotacionu peć da bi mogla da se koriste alternativna goriva kao i ulaganja u sve elemente zaštite od štetnih emisija su racionalnija u odnosu na ulaganje u postrojenje za insineraciju.

Projekat *Od otpada ka energiji za cementnu industriju Zapadnog Balkana (W2E)* imao je za cilj da stvori preduslove za korišćenje komunalnog otpada iz Regionalnog centra za upravljanje otpadom Duboko (RCUO) za proizvodnju RDF/SRF-a koji bi se mogao ko-procesuirati u TITAN cementari Kosjerić (TCK), kao i unapređenje okvirnih uslova za njegovo korišćenje u ove svrhe.

Jedan od zadataka projekta bila je i izrada Studije izvodljivosti za uspostavljanje postrojenja za proizvodnju RDF/SRF u regionu Duboko, sa ciljem da se AG koristi u TITAN cementari Kosjerić. Kao preduslov za izradu Studije izvodljivosti bilo je potrebno istražiti tržište i utvrditi količine i kvalitet otpada, analizirati potrebe i infrastrukturu za upravljanje otpadom u regionu Dubokog i Titan cementare Kosjerić. Sve ovo je predstavljeno u dokumentu *Studija izvodljivosti za uspostavljanje proizvodnje alternativnog goriva na deponiji Duboko*, kao i ključni elementi iz Nacionalne strategije upravljanja otpadom; tehnološki proces proizvodnje cementa; opšte informacije o TCK; tehnološke procedure za proizvodnju RDF/SRF; kriterijumi za definisanje kvaliteta RDF/SRF; informacije o uticaj na životnu sredinu uključujući i eventualne posledice koje mogu nastati usled upotrebe RDF/SRF; kao i aktivnosti i mere koje se moraju preduzeti pri korišćenju ove vrste goriva.

Da bi Studija izvodljivosti bila kompletirana, bilo je potrebno uraditi analizu približnih investicionih i operativnih troškova samog postrojenja za proizvodnju RDF/SRF. Prikazani podaci predstavljaju osnovu koju je potrebno detaljnije razraditi da bi se proizvodio i koristio RDF/SRF. Pored toga, neophodan je nastavak dijaloga sa lokalnom zajednicom u cilju podizanja svesti o hijerarhiji upravljanja otpadom, o uslovima koji moraju biti ispunjeni da bi se otpad mogao koristiti za

proizvodnju RDF/SRF-a, a zatim i o onim uslovima koji su neophodni da bi se dobijeno gorivo koristilo na bezbedan i zakonom definisan način.

2. UVOD

Analiza potreba i lokalne infrastrukture za ko-procesuiranje otpada i Studija izvodljivosti, bile su ključne aktivnosti u okviru W2E projekta. Kako bi se sprečile i ublažile klimatske promene i zaštitila životna sredina, razvijene zemlje Evropske unije ali i ostatka sveta, pokazuju rastuću tendenciju da za dobijanje energije koriste obnovljive izvore. Imajući u vidu težnju balkanskih zemalja da se pridruže Evropskoj uniji, visoki prioriteti vlada u Albaniji, Severnoj Makedoniji i Srbiji su usvajanje EU standarda za ekološko, ekonomski održivo, bezbedno sakupljanje i odlaganje otpada. U skladu sa tim, ovaj projekat je imao zadatak da razmotri preduslove koje je neophodno ispuniti kako bi se otpad, koji se generiše na deponiji Duboko, mogao koristiti u lokalnoj cementnoj industriji, odnosno da proceni da li postoje potencijali za proizvodnju RDF/SRF-a.

Prema Strategiji održivog upravljanja otpadom, EU nastoji da koristi otpad kao resurs za dobijanje sekundarnih sirovina i energije. Sistem održivog upravljanja otpadom teži da smanji zagađenje životne sredine i degradaciju prirode, što je jedan od naznačajnijih ciljeva sveobuhvatne strategije za zaštitu životne sredine i cirkularne ekonomije.

Evropski Zeleni plan, koji je Evropska komisija predstavila sredinom decembra 2019. godine, kaže da proizvodi od otpada mogu biti reciklirani i ponovo upotrebljeni. Zeleni Plan ustvari predstavlja set mera usmerenih na smanjenje klimatskih promena, negativnog uticaja na životnu sredinu i postizanje održive ekonomije. Ovim planom su pokriveni svi ekonomski aspekti, posebno transport, energija, poljoprivreda, održavanje i izgradnja objekata, industrije kao što su proizvodnja čelika, cementa, tekstila i hemijska industrija. Zeleni plan za Zapadni Balkan je deo Zelenog plana EU, podržan od strane balkanskih lidera na samitu u Sofiji koji je održan u novembru 2020. godine. Ovaj Plan za Zapadni Balkan je nova razvojna strategija koja inicira tranziciju tradicionalnih ekonomskih modela ka održivoj cirkularnoj ekonomiji (www.ec.europa.eu).

Otpad se smatra jednim od najvećih problema modernog društva. EU Direktiva za otpad definiše hijerarhiju upravljanja otpadom na najbolji i najodrživiji način u smislu očuvanja prirodnih resursa, čovekovog zdravlja i životne sredine: (1) prevencija nastanka otpada, (2) smanjenje količine otpada, (3) ponovna upotreba, (4) reciklaža, (5) upotreba otpada za dobijanje energije (koprocesuiranje/insineracija), (6) deponovanje. Održivo upravljanje otpadom nije lak zadatak jer podrazumeva obezbeđivanje efikasnog uklanjanja otpada koje ne ugrožava životnu sredinu; primena ovih procesa podrazumeva smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte i emisije ostalih štetnih komponenti, efikasnu eliminaciju toksičnog otpada i kompletno uništavanje otpada. Zbog svega prethodno navedenog, postizanje ovih ciljeva nije nimalo lak zadatak (https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en).

U procesu pregovora za pristupanja u članstvo Evropske unije, Srbija treba da: (1) uskladi svoje zakonodavstvo sa zakonodavstvom Evropske unije, (2) primeni principe i hijerarhiju upravljanja

otpadom, (3) analizira sistem upravljanja otpadom, (4) uspostavi operativnu mrežu postrojenja za upravljanje otpadom (sakupljanje, tretman, reciklaža i deponovanje) i (5) unapredi mrežu institucija (na nacionalnom, regionalnom i lokalnom nivou). Ciljevi pristupanja Evropskoj uniji i harmonizacije sa EU zakonodavstvom u oblasti upravljanja otpadom su: (1) smanjenje količina otpada koji se generiše i prevencija nastanka otpada, (2) razdvajanje otpada na mestu nastanka, (3) reciklaža u najvećoj mogućoj meri, (4) unapređenje postojećih kapaciteta i izgradnja novih postrojenja za preradu i tretman otpada, u smislu ponovne upotrebe, (5) monitoring zagađenja u cilju očuvanja životne sredine, (6) razvoj svesti o značaju upravljanja otpadom (www.sepa.gov.rs).

Posebnu pažnju treba posvetiti tretmanu otpada i razmatranju mogućnosti za upotrebu nerekiclabilnog i neopasnog otpada u energetske svrhe, čime bi se što manje otpada upućivalo na telo deponije i tako se smanjio pritisak na preopterećene kapacitete deponija. Proces konverzije otpada u energiju ustvari predstavlja dobijanje električne/toplotne energije kroz primarni tretman otpada ili proizvodnju goriva iz otpada. Izgradnja i rad ovakvih postrojenja pruža mogućnosti i za generisanje profita, što je izazov, kako za privatni, tako i za javni sektor. Sa druge strane, standardi Evropske unije iz oblasti zaštite životne sredine i energetske efikasnosti zahtevaju velika investiciona ulaganja i promenu ponašanja svih subjekata u lancu upravljanja otpadom.

Jedan od mogućih tretmana za nerekiclabilni i neopasan otpad jeste sagorevanje u insineratorima. Na ovaj način dobija se energija, smanjuje se količina otpada - jer se dobija pepeo kao ostatak sagorevanja a njime se lakše i upravlja. Druga mogućnost je ko-procesuiranje u cementnim pećima i drugim industrijskim pogonima koji zahtevaju velike količine energije. Kroz ove procese otpad se pretvara u energiju i/ili korisne sirovine, čime se smanjuje upotreba fosilnih goriva i/ili prirodnih sirovinskih materijala njihovom supstitucijom a mineralni ostaci otpada ugrađuju se u sirovinu, čime je otpad apsolutno zbrinut. U hijerarhiji upravljanja otpadom, ko-procesuiranje je tretman koji se smatra korisnijim od sagorevanja u insineratorima, sledi odmah nakon reciklaže i ne zahteva velika investiciona ulaganja, a i mnogo je povoljnije za životnu sredinu u kontekstu uticaja na klimatske promene, zbrinjavanja ostatka sagorevanja i potencijalnih uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

S obzirom da je jedan od ciljeva W2E projekta kreiranje preduslova za upotrebu otpada kao alternativnog goriva u cementnoj industriji, ovim dokumentom se detaljnije razmatraju infrastruktura i mogućnosti za proizvodnju AG u regionu Duboko, odnosno istoimenom Regionalnom centru za upravljanje otpadom.

Cementna industrija je energetski visoko zahtevna industrija, tako da se za proizvodnju cementa troši velika količina toplotne i električne energije (ovi troškovi čine 30-40% troškova proizvodnje cementa – *Evropska komisija 2001, Dokument o najboljim dostupnim tehnologijama u industriji proizvodnje cementa i kreča*). Toplotna energija je neophodna za proizvodnju klinkera u rotacionoj peći, a električna energija se najvećim delom koristi za mlevenje sirovina, cementa i čvrstih goriva. Cementna industrija, na svetskom nivou, nastoji da u procesu proizvodnje poveća upotrebu alternativnih goriva, kako bi smanjila stepen zavisnosti od fosilnih goriva, smanjila troškove proizvodnje, ali i negativan uticaj na životnu sredinu kroz smanjenje emisije štetnih gasova i količina otpada koji se deponuje. U Evropi, najrazvijenije fabrike cementa dobijaju čak i do 80%

potrebne energije sagorevanjem alternativnih goriva. TITAN Cementara Kosjerić je učesnik W2E projekta i u budućnosti, po ugledu na fabrike cementa iz razvijenih zemalja, planira da koristi alternativna goriva u proizvodnji, kako zbog smanjenja uticaja na životnu sredinu, tako i zbog ostvarenja boljih ekonomskih performansi.

Za dobijanje energije iz otpada potrebno je obezbediti adekvatan tretman otpada, utvrditi karakteristike otpada bitne za dalji termički tretman, primeniti najbolje dostupne tehnologije za proizvodnju goriva, voditi računa o karakteristikama dobijenog goriva i definisanje svih elemenata koji su važni za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

U okviru W2E projekta, razmatrani su preduslovi za upotrebu komunalnog i neopasnog industrijskog otpada i otpadnih guma za proizvodnju RDF/SRF-a, koji bi se mogao koristiti u TITAN cementari Kosjerić. Takođe, projekat se bavio i unapređenjem okvirnih uslova za upotrebu AG iz otpada u cementnoj industriji u Srbiji.

9. TEHNIČKA REŠENJA ZA KO-PROCESUIRANJE RSDF/SRF-a u FABRICI CEMENTA

9.1. Goriva

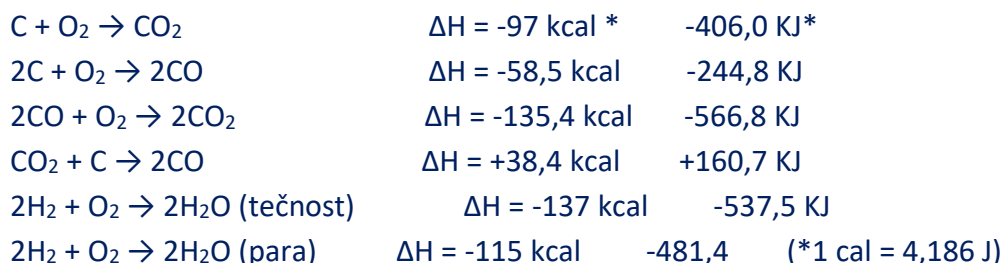
Goriva se smatraju materijalima od opšte važnosti i definišu se kao termogeni materijali koji prilikom sagorevanja, u reakciji sa kiseonikom oslobađaju određenu količinu toplote. Sagorevanje je pretvaranje hemijske energije u toplotnu energiju. Kako bi se neki materijal koristio kao gorivo, potrebno je da ispunjava brojne uslove:

- da u kratkom vremenu tokom sagorevanja oslobodi veliku količinu toplote;
- da je dostupan u velikim količinama i da je njegova eksploatacija isplativa;
- da fizičke i hemijske karakteristike omogućavaju njegovu stabilnost prilikom skladištenja, transporta i manipulacije (da nije samozapaljiv i eksplozivan);
- gorivo i produkti sagorevanja treba da imaju što manji korozivni uticaj na materijale sa kojima dolaze u kontakt;
- jedinična cena za toplotnu energiju treba da bude isplativa;
- produkti sagorevanja ne treba da budu štetni po žive organizme i životnu sredinu ili ih treba dovesti u stanje da nisu štetni.

Važnost termalne energije ogleda se u procesu dobijanja mehaničke i električne energije i u hemijskim, tehnološkim i metalurškim procesima. Toplotna energija se koristi za pokretanje, održavanje i ubrzavanje određenih reakcija/procesa, zatim za isušivanje, destilaciju, rektifikaciju, izdvajanje, topljenje i obradu metala.

Goriva se dele po više kriterijuma. Prema agregatnom stanju, dele se na čvrsta, tečna, gasovita i mešovita (čvrsta i tečna). Kada je reč o primeni, goriva se dele na goriva za visoke peći i ložišta, goriva za klipne motore, raketne motore, goriva za nuklearne reaktore i goriva za vazdušne letelice (koja koriste i ne koriste kiseonik).

Najvažnije reakcije koje se dešavaju tokom sagorevanja klasičnih termogenih goriva su:



Pored gore navedenih reakcija, tokom sagorevanja se dešava serija drugih kompleksnih i fizičko-hemijskih procesa.

Kao što je već pomenuto, važnost termalne energije ogleda se kroz njenu upotrebu u hemijskim, tehnološkim i metalurškim procesima. Retki su tehnološki ili hemijski procesi koji se dešavaju

spontano, na sobnoj temperaturi. Količina toplote koja je potrebna da se pokrene proces zavisi od temperature na kojoj dolazi do reakcije. U većini slučajeva, za veću količinu toplotne energije potrebna je veća količina goriva.

Razvoj tehnologije i povećanje broja tehnoloških proizvoda u 20. i početkom 21. veka podrazumevali su konstantno povećanje potreba za termalnom energijom. Najveći izazov u tehnološkim i hemijskim procesima je obezbeđivanje termalne energije. Takav slučaj je i sa cementnom industrijom (*D. Vitorović 1990, Hemisjka tehnologija, Naučna knjiga, Beograd*).

9.1.1. Alternativna goriva

Razvijene EU zemlje i ostatak sveta poslednjih godina teže da koriste obnovljive izvore energije, sa namerom da sačuvaju planetu od klimatskih promena i da sačuvaju životnu sredinu.

Alternativna goriva, kao nekonvencionalna i napredna goriva, mogu se dobiti iz obnovljivih izvora, iz bilo kog materijala i supstance koja može da gori i oslabi energiju. Upotreba otpada kao alternativnog goriva je bezbedan model valorizacije otpada kojim se smanjuju količine materijala koji se odlaže na deponije. Da bi se iz otpada dobilo gorivo, potrebno je pripremiti materijal (visoke kalorijske vrednosti) iz otpada, čiji sastav je strogo kontrolisan i u skladu sa zahtevima kvaliteta, tako da na bezbedan način može zameniti fosilna goriva.

U alternativna goriva spadaju (*Sl. glasnik RS, br. 56/2010*):

- upotrebljene auto gume (16 01 03);
- meso i koštano brašno, životinjska mast (02 01 02, 02 02 02);
- plastika (02 01 04, 07 02 13, 17 02 03, 19 12 04, 20 01 39);
- ambalažni otpad (19 12 01);
- drveni otpad – impregnirana piljevina (03 01 05, 15 01 03, 17 02 01, 20 01 38);
- papir i karton (03 03 08, 15 01 01, 19 12 01, 20 01 01);
- kanalizacioni mulj, mulj od proizvodnje papira (20 03 04/06);
- poljoprivredni i organski otpad (02 01 09);
- uljani škrljci;
- ostaci destilacije (05 01 02);
- koks hemijskog porekla (19 01 18);
- otpadna ulja, uljna voda (20 01 20/25/26);
- upotrebljeni rastvori (07 01 04, 07 06 04, 20 01 13).

Upotreba alternativnih goriva i sirovina:

- smanjuje štetan uticaj na životnu sredinu kroz smanjenje emisija gasova sa efektom staklene baste (prvenstveno CO₂) i smanjuje količine otpada;
- smanjuje troškove manipulacije otpadom;
- smanjuje upotrebu neobnovljivih izvora energije;
- mnogo je isplativija.

9.2. Ko-procesuiranje

Ko-procesuiranje otpada u cementnoj industriji je napredan i inovativan proces ponovne upotrebe tokom kojeg se stvara energija, a negorivi delovi otpada se ponovo koriste kao sirovine.

U osnovi proizvodnje cementa, kao sinterovanog hidrauličnog malternog vezivnog sredstva, su relativno prosti hemijski procesi. Tehnologija koja prati ove procese je nešto složenija. Na kraju, najveća energija je potrebna za dobijanje finalnog proizvoda, klinkera koji se dobija na temperaturama višim od 1450°C (čak dostižu i 2000°C). Od 1843. godine, kada je pečenjem krečnjaka i gline u Engleskoj počeo da se proizvodi portland cement, stalno se ulažu naponi da se problem toplotne energije reši na najekonomičniji način. Najviše se koriste fosilna goriva u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju. Međutim, imajući u vidu ograničenu dostupnost fosilnih goriva, uticaj sagorevanja fosilnih goriva na klimatske promene i u kolikoj meri u cementnoj industriji cena energenata opterećuje cenu konačnog proizvoda, potpuno su logični naponi da se pronađu materijali koji mogu u prisustvu kiseonika da gore, i da zahvaljujući tome bar u određenom delu zamene fosilna goriva. Polazi se od početne pretpostavka da sve što sadrži organsku supstancu u sebi, odnosno organski ugljenik i vodonik, može da gori, i da u procesu sagorevanja daje CO₂ i H₂O. Takav je slučaj i sa komunalnim i industrijskim otpadom. U njemu se nalaze brojne neorganske komponente koje ne gore, ali i brojne organske komponente koje u procesu sagorevanja mogu da oslobode značajne količine toplotne energije.

Ko-procesuiranje selektovanog otpada u cementnoj industriji je dokazana alternativa i moguće rešenje za tretman visokokaloričnog otpada. Ko-procesuiranje pokazuje pozitivne efekte u proizvodnji klinkera. Na primer, alkalni uslovi i intezivno mešanje doprinose apsorpciji isparljivih komponenti iz gasne faze. Ovo unutrašnje prečišćavanje gasova dovodi do smanjene emisije SO₂, HCl i većine teških metala, izuzev žive i talijuma. Takođe, reakcija klinkera na temperaturi od 1450°C omogućava inkorporaciju pepela i posebno hemijsko vezivanje metala za klinker.

U hijerarhiji upravljanja otpadom, ko-procesuiranje dolazi odmah nakon reciklaže, jer donosi više koristi od spaljivanja (*Svetski poslovni forum za održivi razvoj 2017*). Ključni razlozi za ko-procesuiranje, kao proces, su:

- oporezivanje;
- smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte;
- dostupnost otpada po razumnoj ceni;
- politika upravljanja otpadom;
- nizak nivo birokratije u pogledu omogućavanja korišćenja otpada u cementnim pećima i uvoza prethodno tretiranog otpada;
- modernizovana industrija cementa je spremna za preuzimanje otpada i ima iskustva sa visokim udelima ko-procesuiranja koji zahtevaju visoku operativnu izvrsnost;
- cena (ukupna) i nestabilnost cena fosilnih goriva koje mogu dodatno ojačati potrebu za korišćenjem alternativnih goriva, posebno u vremenima kada je relativna cena dozvola za emisije u EU niska.

Ključni elementi u ko-procesuiranju i njihov uticaj na životnu sredinu i postrojenje, su:

- kvalitet i karakteristike sekundarnog (alternativnog) goriva;
- karakteristike peći ili procesa;
- manipulacija alternativnim gorivom i uvođenje u sistem;
- korozija (prouzrokovana sumporom i hlorom iz goriva i uslova rada);
- efekti na nivo emisija u poređenju sa emisijama pri upotrebi (samo) fosilnih goriva;
- karakteristike pepela i njegov uticaj na kvalitet proizvoda.

Prema mišljenju Ecofys – Navigant (2017), tri glavne prepreke za ko-procesuiranje su:

- nedostupnost visoko kvalitetnog goriva iz otpada;
- prekomerna birokratija;
- protivljenje javnosti za sagorevanje otpada.

9.3 Tehnološki proces proizvodnje RDF/SRF-a

Iz čvrstog komunalnog i industrijskog otpada moguće je izdvojiti gorive komponente i dobiti termalnu energiju, dok se negorive komponente, uključujući metal i staklo, uklanjaju. Tako izdvojene gorive komponente tretiranog otpada koje se ne mogu reciklirati, dalje se kroz mehanički i mehaničko-biološki treman prerađuju tako da se dobija RDF - gorivo iz otpada i/ili SRF - čvrsto gorivo iz otpada. RDF i SRF su goriva proizvedena iz različitih tokova otpada, kao što su čvrsti komunalni otpad, industrijski i komercijalni otpad, građevinski otpad, otpadni mulj, biomasa i biorazgradivi otpad. Ova goriva se dobijaju iz neopasnih komponenti otpada koje imaju zahtevanu kalorijsku vrednost za proizvodnju energije i nisu pogodna za reciklažu, čime se poštuje hijerarhija upravljanja otpadom. U poređenju sa fosilnim gorivima, RDF/SRF imaju relativno veću kalorijsku vrednost i značajno manju emisiju CO₂.

Sekundarna goriva iz otpada koja se nazivaju RDF, nemaju strogo definisani sastav i ekološke parametre. SRF je podvrsta širokog spektra RDF-a, koji ispunjava kriterijume definisane u skladu sa nacionalnim i međunarodnim standardima za ovu vrstu goriva. To praktično znači da je SRF standardizovano gorivo, proizvedeno u skladu sa određenim kriterijumima kvaliteta (npr. kalorijska vrednost, sadržaj žive i hlora) koje propisuje Evropski savet za standardizaciju (*CEN standard, EN 15359*) u zemljama EU ili drugi organi u državama koje nisu EU članice. Sa druge strane, RDF ima šire značenje koje ne podrazumeva nužno nikakav standard, što znači da RDF može imati isti sastav kao SRF, čak i veću kalorijsku vrednost, samo što nije standardizovano gorivo.

RDF je najčešće primarno selektovan i usitnjen otpad, proizveden od gorivih frakcija iz otpada, koje su selektovane i ne mogu biti reciklirane (ambalažni otpad, karton, otpadne gume, tekstil, biomasa, ostaci prerađivačkih procesa). Kalorijska vrednost RDF-a je oko 9,1 MJ/kg, dok je kod peleta od prerađenog RDF-a kalorijska vrednost 18 MJ/kg. Razlog za tako visoke kalorijske vrednosti potiče od plastike, papira i kartona, koji se nalaze u RDF-u.

SRF se proizvodi uglavnom od papira, kartona, drveta, tekstila i plastike. SRF se prerađuje, homogenizuje a zatim prolazi kroz dodatne faze prerade u kojima se poboljšava njegov kvalitet i kalorijska vrednost. Ovo gorivo boljeg kvaliteta dobija se iz kvalitetnijeg otpada i ima finiju granulaciju (prečnik granulata zavisi od kategorije i dostiže 25 mm). Kalorijska vrednost SRF-a kreće se od 17 do 22 MJ/kg, što zavisi od kategorije kvaliteta. SRF kvalitet se rangira kao nizak, srednji i premium.

U postojenjima za mehanički i mehaničko-biološki tretman, kvalitet i količina RDF/SRF-a su direktno povezani sa pravilnim sortiranjem ulaznog toka otpada.

9.3.1 Mehanički tretman otpada

Mehanički tretman (MT) otpada podrazumeva sortiranje gorivih frakcija sa visokom kalorijskom vrednošću (za RDF/SRF), reciklabilnih komponenti (metala), komponenti sa visokim sadržajem hlora/zagađujućih materija (uklanjanje materijala i finih frakcija koje sadrže veće koncentracije zagađujućih materija i potencijalno toksičnih elemenata), negorivih komponenti otpada (kamenje, građevinski materijali, staklo itd.) iz ulaznog otpada u različite tokove, kako bi se dobio RDF/SRF specificiranog kvaliteta. Ovi procesi se zasnivaju na karakteristikama materijala, kao što su na primer: veličina čestica (prosejavanje), gustina/težina (klasifikacija pomoću vazduha); magnetna svojstva (magnetna separacija); infracrveni spektri (NIR separacija polimera na osnovu bliskog infracrvenog zračenja).

Proces proizvodnje RDF/SRF-a u postrojenjima za mehanički tretman sastoji se uglavnom iz sledećih koraka:

- sortiranje ili mehaničko razdvajanje;
- primarna fragmentacija;
- prosejavanje;
- separacija uz pomoć magneta i separacija vrtložnim strujama;
- klasifikacija uz pomoć vazduha;
- klasifikacija uz pomoć bliskog infracrvenog zračenja (NIR);
- sekundarna fragmentacija;
- peletiranje (po potrebi), pakovanje i skladištenje.

Primarna fragmentacija

Prvo je potrebno ukloniti kabasti materijal koji bi mogao ometati rad opreme za preradu. Zatim se veličina ulaznih komponenti otpada usitnjava do 150 mm, pri čemu se, dodatno, vrši i homogenizacija materijala.

Prosejavanje

Komponente otpada veličine ispod 15 mm se odvajaju kao fina frakcija, dok se krupniji komadi, veći od 300 mm vraćaju na primarnu fragmentaciju. Komponente otpada čija je veličina između 15-300 mm podležu se daljem tretmanu.

Magnetna separacija i separacija pomoću vrtložne struje

Elementi otpada koji sadrže metal odzdvajaju se pomoću magnetnih i separatora vrtložne struje. Izdvojen metal se dalje otprema na reciklažu.

Klasifikacija uz pomoć vazduha

Komponente otpada male gustine/težine (papir, karton, plastika, tekstil, drvo, itd.) odvajaju se pod dejstvom vazduha i kao takve ulaze u sastavni deo SRF. Na ovaj način, lakše komponente se razdvajaju od težih. Lake komponente imaju veću kalorijsku vrednost i čine veći deo strukture krajnjeg RDF/SRF-a. Teže komponente se najčešće odlažu na telo deponije.

Razdvajanje pomoću bliskih infracrvenih zraka (NIR)

Blisko infracrveno (NIR) sortiranje pomoću senzora je zasnovano na bliskim infracrvenim/specifičnim spektralnim svojstvima komponenti otpadnog materijala. U NIR senzoru, signali se prenose naprednim softverom do vazdušnih mlaznica na kraju konvejera ili trake, a sagorive čestice se izbacuju kroz pregradni zid i čine sastavni deo SRF. U tom procesu, infracrveni senzor se podešava tako da prepoznaje sagorive komponente (npr. papir, karton, drvo, PVC plastiku, tekstil) i usmerava ih u tok za proizvodnju SRF-a. Neželjene/nezapaljive komponente otpada (staklo, PVC, plastika, druge komponente sa visokim sadržajem hlora/kontaminirajućih materija i inertni materijali) usmeravaju se u tok otpadnog materijala (odbacuju se).

Sekundarna fragmentacija

Sekundarnom fragmentacijom vrši se usitnjavanje komponenti za proizvodnju RDF/SRF-a na prečnik koji je manji od 80 mm.

Peletiranje, pakovanje i skladištenje

Nakon sekundarne fragmentacije, RDF/SRF može biti isporučen u rastresitom stanju ili peletiran. Ukoliko je potrebno, dobijeno gorivo se suši i spremno je za upotrebu. Pre upotrebe, RDF/SRF može da se skladišti u kontejnerima i/ili magacinima/bunkerima.

Nakon mehaničkog tretmana u postrojenju, izlazni tokovi materijala su:

- RDF/SRF (koji se koristi kao gorivo ili pomoćno gorivo);
- lake i teške frakcije (u zavisnosti od sastava, koriste se za dobijanje energije ili se odlažu na telo deponije);
- otpadni metal (šalje se na reciklažu);

- nepoželjne/negorive komponente otpada (tretiraju se u zavisnosti od uspostavljenog sistema, otpremaju se na reciklažu ili se odlažu na deponiju).

9.3.2 Mehaničko-biološki tretman

Mehaničko-biološki tretman (MBT) otpada pored procedure opisane u mehaničkom tretmanu, podrazumeva i biološki tretman koji se može izvršiti pre i posle mehaničkog sortiranja. U pojedinim procesima, sav preostali čvrsti komunalni otpad se tretira biološki tako da se dobija stabilizovan izlazni tok otpada spreman za odlaganje na deponiju. Postoji niz različitih tehnika za biološki tretman koji se koriste u MBT postrojenjima (aerobno bio-sušenje, aerobno kompostiranje, anaerobna digestija). Kao što je već pomenuto, kao rezultat mehaničkog tretmana dobijaju se različite frakcije mešanog otpada. Odvojene frakcije se dalje koriste na različite načine (reciklabilni materijali, frakcija za biološki tretman, materijal za SRF/RDF, frakcija koja se deponuje).

Vlažne organske frakcije (hrana, baštenski otpad itd.) koje imaju visok procenat vlage i materijali sa visokim sadržajem pepela trebalo bi da budu odvojeni pre fragmentacije. Vlažni organski materijali se dalje šalju na tretman kao što je kompostiranje, sa ili bez anaerobne digestije i mogu se koristiti za regeneraciju zemljišta u okviru sanacije deponija ili odlagati na deponiju. Gruba frakcija se razdvaja ili vraća u drobilicu. Srednja frakcija, koja se sastoji od papira, kartona, drveta, plastike i tekstila, ima visokokaloričnu vrednost i može se direktno spaljivati kao grubo gorivo ili sušiti i peletizirati u RDF/SRF-u.

Proizvodi koji se dobijaju putem mehaničko-biološkog tretmana otpada su:

- materijali koji se mogu reciklirati (metal, papir, plastika, staklo itd);
- inertni materijali (bezbedni za odlaganje na sanitarnu deponiju);
- biogas (sa anaerobnom digestijom);
- stabilizovan organski otpad;
- SRF/RDF (frakcija visoke kalorijske vrednosti).

9.4 Kvalitet goriva dobijenog iz otpada

Za procese u energetsom postrojenju potrebno je obezbediti ravnomeran kvalitet energenata u skladu sa tehnologijom sagorevanja koja je primenjena. Pa tako, u tehnologiji ko-procesuiranja u rotacionoj peći za proizvodnju klinkera, gde se koristi gorivo dobijeno iz otpada, neophodno je obezbediti opšti nivo kvaliteta za efikasno sagorevanje, koji podrazumeva:

- potrebnu kalorijsku vrednost;
- definisanu granulaciju;
- sadržaj nečistoća;
- sadržaj teških metala;
- sadržaj hlora;
- obezbeđivanje dovoljnih količina goriva propisanog kvaliteta.

Lista parametara za ispitivanje otpada za potrebe termičkog tretmana, kao i granične vrednosti svake pojedinačne komponente u otpadu za ko-spaljivanje, propisan je Pravilnikom o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada (*Sl. glasnik RS, br. 56/2010, 93/2019 i 39/2021*) u Aneksu 9. S obzirom na to da se za ko-procesuiranje u rotacionim pećima za proizvodnju klinkera koristi gorivo iz otpada, na karakteristike ovog goriva direktno utiču ulazne komponente koje moraju zadovoljiti granične vrednosti iz Tabele 10.

Tabela 10. Granične vrednosti pojedinačnih komponenti otpada za ko-spaljivanje (tačka 3. iz Aneksa 9 – Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada (*Sl. glasnik RS, br. 56/2010, 03/2019 i 39/2021*))

Komponenta	Jedinica	Granične vrednosti otpada ¹ koji se spaljuje radi ponovne upotrebe energije
Kalorijska vrednost	MJ/kg	>8
Ukupno sumpor, S	%	-
Ukupno hlor, Cl	%	2
Ukupno fluor, brom (Br) i jod (I)	%	0.5
Ukupno halogeni iskazani kao hlor, Cl	%	2
Arsen, As	mg/kg	15
Antimon, Sb	mg/kg	20 (200) ¹
Bakar, Cu	mg/kg	500
Barijum, Ba	mg/kg	-
Berilijum, Be	mg/kg	2
Vanadijum, V	mg/kg	25
Živa, Hg	mg/kg	2
Kadmijum, Cd	mg/kg	10
Kalaj, Sn	mg/kg	70
Kobalt, Co	mg/kg	100
Nikl, Ni	mg/kg	200
Olovo, Pb	mg/kg	500
Telur, Tl	mg/kg	10
Hrom, Cr	mg/kg	300
Cink, Zn	mg/kg	-
PCB ²	mg/kg	30

¹otpad – ostaci plastike, papira, drveta, tekstila, visoko-kalorične frakcije komunalnog otpada,

² PCB – polihlorovani bifenili.

Za potrebe obezbeđivanja potrebnog kvaliteta goriva, primenjuju se procedure uzorkovanja i ispitivanja otpada u postrojenjima za pripremu RDF/SRF-a.

U Tabeli 11 prikazana je analiza 11 uzoraka lake frakcije iz JKP RCUO Duboko iz 2017. godine, isporučenih cementarama Beočin i Popovac.

Tabela 11. Sastav lake frakcije iz JKP RCUO Duboko

Br. uzorka	Vlaga %	Pepeo %	Kalorijska vrednost MJ/kg	Sumpor %	Hlor %
1.	32.5	22.3	11.24	0.12	0.12
2.	29.8	11.6	13.31	0.11	0.05
3.	40.0	13.0	12.16	0.11	0.07
4.	32.4	13.7	12.09	0.12	0.34
5.	30.9	17.2	12.88	0.11	0.13
6.	22.6	16.1	13.65	0.10	0.13
7.	32.7	25.7	12.74	0.18	0.31
8.	34.2	18.0	12.34	0.16	0.13
9.	43.9	21.9	10.46	0.17	0.12
10.	40.7	30.9	10.40	0.18	0.13
11.	41.8	16.2	10.20	0.14	0.11
Prosečna vrednost	34.68	18.78	11.95	0.14	0.15

9.5 Upotreba goriva dobijenog iz otpada u cementnoj industriji, tehnički i ekološki aspekti

Otpad se smatra jednim od najvećih ekoloških problema savremenog društva. Sagorevanjem otpada postiže se smanjenje njegove količine s jedne strane, a s druge strane se dobija toplotna energija koja ima veliku upotrebnu vrednost.

Energija se može dobiti jednostavnim sagorevanjem otpada, zatim sagorevanjem sa odgovarajućom količinom fosilnih goriva, kao i transformacijom organske materije iz otpada u biogas (anaerobna digestija). Mogući su i drugi biohemijski postupci za pretvaranje otpada u energiju.

U ovako dobijenim gorivima važan parametar je i sadržaj elemenata i jedinjenja koji tokom sagorevanja mogu da oslobode zagađujuće supstance za žive organizme i životnu sredinu. U tom smislu najvažniji je sadržaj hlora, sumpora, azota, kao i teških metala (posebno žive) koji se smatraju najvažnijim parametrima kvaliteta otpada, ili pojedinih njegovih delova. Važan parametar koji određuje kvalitet RDF-a i SRF-a je njihova toplotna moć. Toplotna moć osnovnih komponenata u strukturi čvrstog komunalnog otpada data je u Tabeli 12, a prosečan sadržaj hlora u gorivim komponentama čvrstog komunalnog otpada u industrijski razvijenim zemljama dat je u Tabeli 13.

SRF se smatra kvalitetnijim gorivom sa definisanim specifikacijama kvaliteta u pogledu toplotne moći, granulacije i sadržaja hlora i žive. Stoga SRF mora proći dodatan tretman kako bi mu se poboljšao kvalitet i kako bi se standardizovao.

Tabela 12. Toplotna moć osnovnih komponentata čvrstog komunalnog otpada

R.br.	Komponenta	Donja toplotna moć (kJ/kg)
1.	Papir i karton	13.490
2.	Biootpad	9.300
3.	Otpad od hrane	7.560
4.	Plastika	26.980
5.	Drvo	16.050
6.	Guma i kože	19.538

Tabela 13. Prosečan sadržaj hlora u gorivim komponentama čvrstog komunalnog otpada industrijski razvijenih zemalja

R.br.	Komponenta otpada	Sadržaj hlora (%)
1.	Pomešana plastika	10,0
2.	Plastične boce	1,1
3.	Plastične folije	0,3
4.	Kompozitna pakovanja	0,5
5.	Elektronski otpad	2,0
6.	Tekstil	1,0

Generalno gledano, gorivo dobijeno iz otpada može da bude kvalitetan energent koji se koristi u gradskim toplanama, termoelektranama i različitim tipovima industrijskih postrojenja. U Nemačkoj, Austriji i Poljskoj njihova primena ima relativno dugu tradiciju i široko je prihvaćena. Posebnu primenu gorivo iz otpada ima u cementnoj industriji u Evropi. Prosečna stopa zamene fosilnih goriva sa gorivom dobijenim iz otpada iznosi oko 35%. U nekim državama ovaj udeo iznosi i 60%. Postoje primeri fabrika za proizvodnju cementa u kojima je udeo goriva iz otpada u proizvodnji toplotne energije i 90%. Terijski gledano, gorivo dobijeno iz otpada je po svojim hemijskim svojstvima slično fosilnim gorivima. Mada, ovo je teško generalizovati, pošto se svaki otpad razlikuje od drugog po svom sastavu u zavisnosti od mesta nastanka. Međutim, ima primera kod kojih jedna tona goriva iz otpada energetski može da zameni oko 0,7 t kamenog uglja.

Otpad je smeša neorganskog i organskog materijala. Slično kao i kod uglja. Kod njega organski, gorivi deo predstavlja makomolekulska organska supstanca, nerastvorna u organskim i organskim rastvaračima, kerogen, i rastvorna organska supstanca, bitumen. Organska supstanca gori, a neorganski deo koji uglavnom čine silikatni, karbonatni i sulfidni minerali, se tom prilikom hemijski menjaju i prelaze u pepeo.

Kod otpada, organski deo koji gori čine najčešće papir i karton (u RDF/SRF je zajedno oko 56%), drvo (oko 5,5%), tekstil (oko 7,8%), plastika (oko 25%), guma (u RDF/SRF oko 3,1%) i drugi

materijali. Neorganski deo ne gori, ali se tokom gorenja organskog dela hemijski menja i prelazi u pepeo (kao kod uglja). Ako se iz otpada izdvoji ovaj neorganski deo, sadržaj pepela je vrlo mali.

S druge strane, sledeći tipovi otpada se ne koriste za ko-procesuiranje:

- radioaktivni otpad;
- električni i elektronski otpad;
- baterije i akumulatori;
- reaktivni otpad;
- eksplozivni otpad;
- otpad koji sadrži cijanid;
- otpad koji je reaktivan u dodiru s vodom;
- otpad koji sadrži živu;
- otpad nepoznatog ili neodređenog sastava.

Pored zdravstvenih i bezbednosnih rizika, otpad koji nije preporučljiv za ko-procesuiranje u cementarama se ne uzima u obzir i zbog potencijalno negativnih uticaja na:

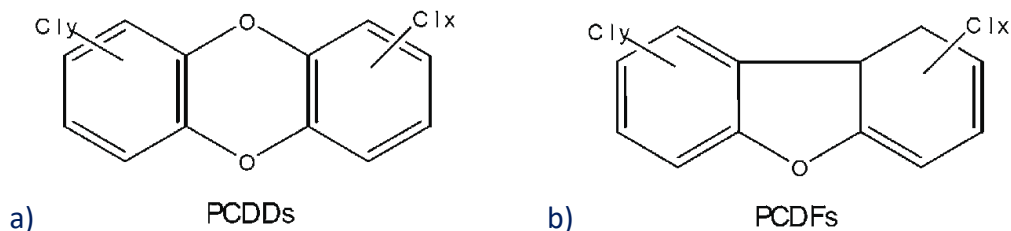
- proces sagorevanja u pećima;
- kvalitet klinkera;
- emisije u vazduh;
- i kada treba dati prioritet alternativnim metodama upravljanja otpadom (reciklaža, ponovna upotreba i sl.).

Količine i sastav gasova koje nastaju tokom procesa sagorevanja pri proizvodnji cementa zavise od sirovina, goriva i vrste tehnološkog procesa. Visoke temperature koje se postižu u rotacionoj peći (1450-2000°C) i dug, stabilan proces sagorevanja omogućavaju potpuno sagorevanje svih organskih komponenti i njihovo pretvaranje u ugljen-dioksid i vodu.

Kao što je poznato, ukoliko organski deo otpada (RDF/SRF) sadrži pre svega jedinjenja sumpora, azota i hlora, u procesu sagorevanja nastaju njihovi oksidi koji su zbog svoje kiselosti štetni po životnu sredinu. Takođe, sagorevanje organske supstance otpada koji sadrži hlor, pored nastanka oksida, može rezultirati pojavom derivata benzena, polihlorovanih dibenzo-para-dioksina i polihlorovanih dibenzo-para-furana (Slika 11). Ova jedinjenja su izuzetno toksične zagađujuće supstance i nastaju pri nepotpunom sagorevanju goriva iz otpada koji sadrži hlor. Međutim, ova toksična jedinjenja se pojavljuju na temperaturama od 500 i 600°C, stoga je na gore-pomenutim temperaturama tehnološkog procesa proizvodnje cementa veoma mala verovatnoća njihovog nastanka.

S druge strane, neorganske komponente ulaze u sirovinski sastav i na taj način se ugrađuju u klinker kao finalni proizvod i nema ostataka u formi pepela.

Kako bi se izbeglo potencijalno stvaranje i emisija toksičnih jedinjenja, neophodno je da se pri proizvodnji i upotrebi RDS/SRF sprovedu mere zaštite uz kontrolu tehnološkog postupka u cementnoj peći, upotreba filtera za izlazne gasove na dimnjacima, sprovođenje monitoringa emisije gasova prema zakonskim propisima Republike Srbije.



Slika 11. Struktura (a) polihlorovanih dibenzo-para-dioksina i (b) polihlorovanih dibenzo-para-furana

U nastavku teksta je dat sažetak karakteristika samog procesa sagorevanja i nastanka klinkera koji omogućavaju ekološki prihvatljivo korišćenje otpada za energetska iskorišćenje i reciklažu materijala. Osnovne karakteristike procesa korišćenja otpada se mogu prikazati na sledeći način:

- maksimalna temperatura od oko 2000°C (glavni gorionik, temperatura plamena) u rotacionim pećima;
- vreme zadržavanja gasova od oko 8 sekundi na temperaturama iznad 1200°C u rotacionim pećima;
- temperature materijala od oko 1450 °C u sinter zoni rotacione peći;
- oksidirajuća gasna atmosfera u rotacionoj peći;
- vreme zadržavanja gasa u sekundarnom sistemu (sa sekundarnim gorionikom) više od 2 sekunde na temperaturama iznad 850 °C, u predkalcinatoru je duže vreme zadržavanja i više su temperature;
- temperature materijala od 850°C u sistemu sa sekundarnim gorionikom i/ili kalcinatoru;
- uniformni uslovi sagorevanja, kod fluktuacija opterećenja, usled visokih temperatura pri dovoljno dugom vremenu zadržavanja;
- proces se odvija u uslovima oksidacije sa dobrim uslovima mešanja, obezbeđujući tako dobro sagorevanje i izbegavajući stvaranje ugljen-monoksida (CO) i drugih štetnih jedinjenja;
- uništavanje organskih zagađujućih supstanci na visokim temperaturama i usled dovoljno dugog vremena zadržavanja gasova;
- sorpcija gasovitih komponenti poput HF, HCl, SO₂ na alkanim reaktantima ;
- visok kapacitet zadržavanja teških metala (vezivanje teških metala u česticama);
- potpuna upotreba pepela iz goriva kao komponente klinkera, a time i simultana reciklaža materijala (npr., kao komponente sirovine) i povrat energije.

9.6 Mogućnost upotrebe otpada sa deponije RCUO Duboko u proizvodnji cementa u TITAN cementari Kosjerić

U Zlatiborskom okrugu u Zapadnoj Srbiji, fabrika u Kosjeriću (TCK) decenijama uspešno proizvodi cement. S druge strane, relativno blizu fabrike se nalazi regionalni centar za upravljanje otpadom (RCUO Duboko).

Kako je prethodno navedeno, JKP Duboko je u periodu 2011-2020. godine prikupilo ukupno 696.553,05 tona komunalnog otpada. U 2020. godini prikupljeno je 94.017,05 tona. Ukupna

količina tretiranog otpada do sada iznosila je 126.707,62 tone, što čini 18,2% od ukupne količine prikupljenog otpada. Ukupna količina selektovanog otpada iznosi 44.985,88 tona, što predstavlja 6,5% od količine prikupljenog otpada. Ako uzmemo u obzir da je udeo gorivih komponenti komunalnog otpada sa velikom toplotnom moći sa ove deponije iznad 50% (slike 4 i 5), može se zaključiti da je do sada nivo selekcije znatno ispod teoretski moguće vrednosti.

Deponija ima iskustva u isporuci gorive lake frakcije cementarama. Kako je navedeno, ovaj proces počeo je 2014. godine i do 2020. godine cementari u Beočinu isporučeno je 4.383,25 t lake frakcije goriva, dok je cementari u Popovcu isporučeno 30.119,15 t. Navedeni parametri nedvosmisleno pokazuju da JKP Duboko ima vrlo visok potencijal za proizvodnju alternativnog goriva iz čvrstog komunalnog otpada. JKP Duboko ima dovoljne količine sirovina, kao i određeno iskustvo u selekciji koje je proisteklo iz dosadašnjih aktivnosti ovoga tipa.

S druge strane, TCK kao energente za rotacionu peć koristi petrol koks, ugalj (različitih vrsta i kvaliteta) i mazut (samo za tempovanje peći). Potrošnja goriva na godišnjem nivou direktno zavisi od obima proizvodnje i kvaliteta samih goriva. Okvirne količine goriva na godišnjem nivou su za petrol koksa 25.000-30.000 t, a za ugalj (najčešće lignit) 40.000-60.000 t. Troškovi energenata na godišnjem nivou iznose 5-7 miliona evra, u zavisnosti od obima proizvodnje i kretanja cena energenata.

Imajući u vidu navedene podatke za RCUO Duboko i TCK, lako se dolazi do zaključka da bi saradnja ova dva privredna subjekta trebalo da bude uspostavljena u bliskoj budućnosti. Neopasni nerekiclabilni otpad sa deponije, odnosno njegovi gorivi delovi koji se procesom predtretmana prerade u RDF i/ili SRF, mogli bi da se koriste kao dopunsko gorivo u cementari u Kosjeriću. Na ovaj način bi se ostvarile višestruke koristi, i to:

- značajno smanjenje količina deponovanog otpada i produžetak radnog veka deponije Duboko;
- smanjenje upotrebe neobnovljivih fosilnih goriva za potrebe TCK;
- smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, što dalje doprinosi smanjenju negativnih efekata na klimatske promene, kako zbog zamene fosilnih goriva, tako i zbog smanjenja količine otpada koji se odlaže na deponijama, a što bi na posletku zbog razlaganja tog otpada dovelo do emisije gasova staklene bašte (CO₂ i CH₄);
- otvaranje novih radnih mesta u oblasti upravljanja otpadom – za potrebe logistike, za proizvodnju RDF/SRF.

Preduslov za upostavljanje ovakve saradnje je planiranje i uvođenje svih mera zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Te mere su neophodne bez obzira na to gde se obavljaju aktivnosti ovog tipa, a posebno kada je reč o regionu koji se smatra centrom seoskog turizma u Srbiji i veoma značajnim centrom za razvoj voćarstva.

Teorijski postoje dva moguća rešenja za izgradnju postrojenja za proizvodnju RDF/SRF – u okviru deponije ili u okviru cementare. U ovoj studiji razvijen je model gde se u okviru deponije postrojenje gradi ili postojeće unapređuje za selekciju otpada i proizvodnju RDF/SRF sa jasno definisanim karakteristikama, kao jednostavnija i isplativija opcija. U ovom slučaju bilo bi potrebno

povećati kapacitete postrojenja za sekundarnu selekciju otpada, izgraditi postrojenja za mehaničku obradu otpada, skladištenje proizvedenog goriva i obezbediti infrastrukturu za bezbedan transport otpada do TCK. U tom slučaju cementara bi trebalo da izgradi interni terminal za prijem i doziranje RDF/SRF-a. U tom smislu trebalo bi sagraditi čeličnu konstrukciju za prijem i doziranje RDF/SRF-a, zatim posebnu armirano-betonsku konstrukciju za prijem i doziranje RDF/SRF-a i prateće opreme, kao i pristupni plato od postojeće saobraćajnice do istovarne rampe, odnosno objekta gde se predviđa dopremanje RDF/SRF-a.

Planirana količina RDF/SRF kao alternativnog goriva koja bi se koristila u TCK iznosi oko 25.000 t (što direktno zavisi od kalorijske vrednosti proizvedenog RDF/SRF), čime bi se na godišnjem nivou zamenilo oko 24% fosilnih goriva. Shodno tome, najpogodnije vrste otpada za proizvodnju RDF/SRF kao alternativnog goriva za TCK, rangirane po prioritetu od najvišeg do najmanjeg su sledeće (Sl. glasnik RS br. 56/2010):

- tekstil (04);
- plastika (ambalažni otpad koji uključuje i kompozitne materijale, 15);
- drvo (03);
- komercijalni otpad (sličan komunalnom otpadu, 20);
- čiste frakcije (selektovane na izvoru nastanka, 20);
- mešoviti komunalni otpad (20).

Uzimajući u obzir okolnosti na lokalnom nivou, korišćenje 20.000-30.000 t komunalnog otpada koji se trenutno odlaže na RCUO Duboko, značajno bi doprinelo produžavanja životnog veka deponije i na neko vreme odložilo investicije u proširenje tela deponije. Prema trenutnim projekcijama, da je TCK počela da koristi alternativno gorivo od 2012. godine kada je osnovano JKP Duboko, do sada bi bilo utrošeno 225.000 tona otpada, što bi produžilo životni vek deponije za 3 godine. U kasnijim fazama rada, ozbiljnijim ulaganjima u sistem predgrejača i rotacione peći, cementara bi mogla da poveća udeo alternativnih goriva na nivo od 40-50%, što bi dovelo do udvostručavanja količina RDF/SRF.

Prema dosadašnjem planu TCK, nova vrsta goriva (RDF/SRF) planirana je da bude nabavljena kao gotov proizvod, dok bi se mehanička prerada i priprema otpada vršila u RCUO Duboko.

RDF/SRF koji će se koristiti u TCK mora ispuniti sve uslove tj. karakteristike navedene u poglavlju 9.4, uz dodatne stroge zahteve koji se tiču kvaliteta vazduha navedene u Tabeli 14, a koji predstavljaju standarde Titan Grupe u pogledu upotrebe alternativnih goriva.

Tabela 14. Granične vrednosti individualnih komponenti SRF/RDF koje se koriste kao AG

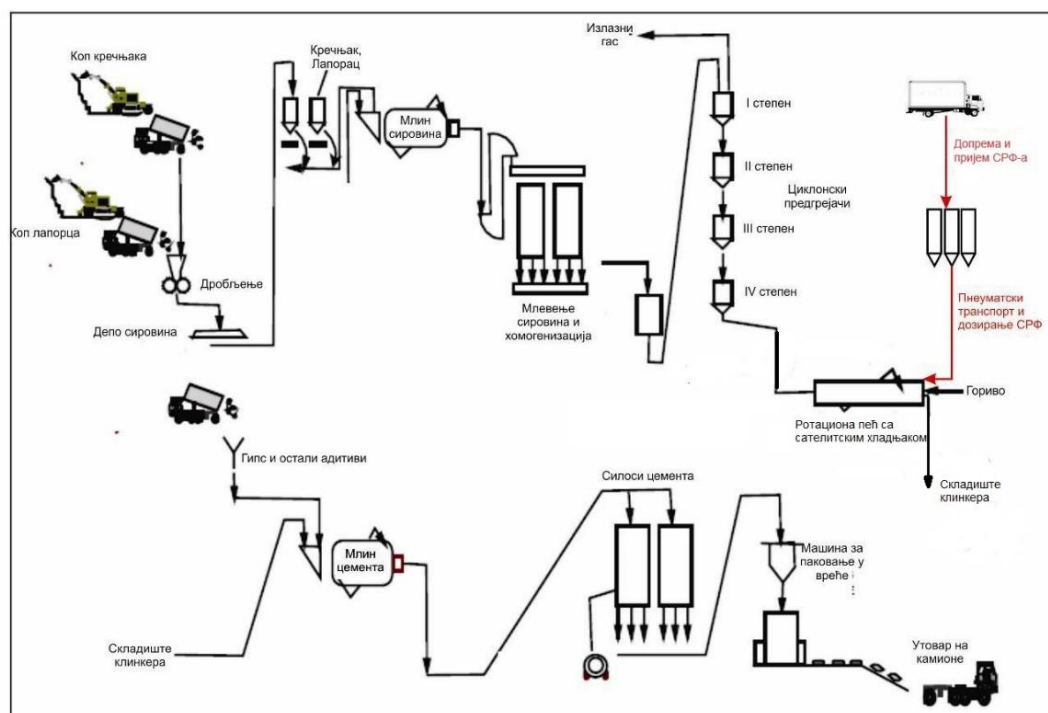
Parametar	Jedinica	Granična vrednost
Granulacija	Mm	< 30
Kalorijska vrednost	MJ/kg	> 14
Ukupna vlaga	%	< 20
Pepeo	%	< 15
Ukupno sumpor, S	%	< 1.0
Ukupno hlor, Cl	%	< 1.2

Tehnološki postupak proizvodnje portland cementa korišćenjem određenog udela alternativnih goriva u cementari Kosjerić, šematski je prikazan na Slici 12. U šemu je unet deo koji se odnosi na upotrebu SRF otpada kao dodatnog goriva.

Planirani tehnološki postupak za korišćenje RDF/SRF u proizvodnji klinkera obuhvatao bi sledeće:

- prijem i internu kontrolu dostavljenog RDF/SRF;
- doziranje i transport do gorionika za kombinovano sagorevanje sa primarnim fosilnim gorivima;
- ko-procesuiranje u rotacionoj peći.

Na ovaj način će doziranje goriva dobijenog iz otpada dobijenog (RDF/SRF) biti moguće samo preko glavnog gorionika u peći, čime se obezbeđuje potpuno sagorevanje svih organskih jedinjenja – usled izlaganja temperaturama iznad 1450°C i dugog vremena zadržavanja materijala na visokim temperaturama.



Slika 12. Šematski prikaz proizvodnje portland cementa u Cementari Titan Kosjerić

Kako se gasoviti produkti sagorevanja goriva, koja se doziraju na strani glavnog gorionika, dosta dugo zadržavaju u rotacionoj peći, ne postoji mogućnost da se komponenta (posebno organska) ili proizvodi sagorevanja goriva potpuno ne razgrade, odnosno pretvore u najjednostavnije okside.

Korišćenje alternativnih goriva iz otpada u procesu proizvodnje klinkera neće dovesti do stvaranja novih emisija sagorevanja uz postojeće emisije na emiteru rotacione peći.

Transport do gorionika i doziranje RDF/SRF vršiće se u zatvorenom sistemu. Sagorevanje RDF/SRF u zoni sinterovanja peći na dovoljno visokoj temperaturi (1500-1900°C) dovešće do potpunog sagorevanja RDF/SRF i degradacije organskih komponenti u jednostavne okside. Korišćenje

RDF/SRF kao alternativnog goriva rezultiraće stvaranjem gasovitih produkata (ugljen-monoksid, ugljen-dioksid, oksida azota) koji će se emitovati iz postojećeg sistema za prečišćavanje dimnih gasova iz rotacione peći.

9.7 Uticaj upotrebe RDF/SRF-a u TITAN cementari na životnu sredinu

Metode provere, odnosno kontrole isporučenog RDF/SRF-a definisane su standardima, odgovarajućim dokumentima fabrike cementa i merama monitoringa. Kod upotrebe ovog goriva nema stvaranja novih tokova otpada, kao i suvog ostatka pri njegovom sagorevanju - pepela (sav pepeo se u toku proizvodnog ciklusa vezuje proizvod - klinker). Neupotrebljeni RDF/SRF koji ne zadovoljava propisane karakteristike, vraća se isporučiocu u skladu sa ugovorom.

Monitoring emisija u TCK biće vršen u skladu sa važećom zakonskom regulativom Republike Srbije i zahtevima predviđenim u Integrisanoj dozvoli, što će se nastaviti u slučaju ko-procesuiranja otpada.

9.7.1 Emisije u vazduh usled doziranja i sagorevanja RDF/SRF-a

S obzirom da je planirano da se nova vrsta goriva (RDF/SRF) nabavlja kao gotov proizvod, mehanički tretman i priprema otpada neće biti vršena na lokaciji cementare.

Doprema RDF/SRF do cementare Kosjerić kamionskim transportom (do 10 kamiona dnevno), može uticati na dodatnu količinu emisija u vazduh od izduvnih gasova iz vozila, ali on predstavlja manje od 10% ukupnog broja vozila koja obavljaju poslove za potrebe cementare. Imajući u vidu relativno mali broj kamionskih tura, dodatna količina emisije će biti zanemarljiva. Isporučeni RDF/SRF će već biti mehanički pripremljen i spreman za upotrebu. Na lokaciji cementare neće se vršiti nikakav dodatan tretman, koji bi mogao dovesti do emisija praškastih materija ili emisija gasova usled sušenja otpada. Na postrojenju za doziranje RDF/SRF u peć biće instaliran vrećasti filter, čije karakteristike obezbeđuju da emisije praškastih materija u vazduh budu manje od 10 mg/Nm³.

Upotreba RDF/SRF-a u procesu ko-procesuiranja neće dovesti do stvaranja novih produkata sagorevanja, u odnosu na postojeće produkte iz emitera cementare.

S obzirom da će se RDF/SRF-a koristiti za zamenu postojećih fosilnih goriva u određenom procentu (do 24%), neće doći do povećanja emisije oksida sumpora, dok se sa druge strane, može očekivati smanjenje emisija CO₂. Transport do gorionika i doziranje RDF/SRF, biće vršeno u zatvorenom sistemu. Sagorevanje RDF/SRF-a u sinter zoni peći na veoma visokoj temperaturi (1500-1900°C), dovodi do potpunog sagorevanja RDF/SRF-a i razgradnje organskih komponenti u proste okside.

Na osnovu analize emisija sa i bez upotrebe alternativnih goriva, u cementarama, ne očekuje se povećanje vrednosti emisija prilikom supstitucije fosilnih sa alternativnim gorivima.

U TCK će se tokom ko-procesuiranja RDF/SRF-a primenjivati postojeći sistemi za kontrolu (prečišćavanje) emisija zagađujućih materija u vazduh.

9.7.2 Kumulativni uticaji na životnu sredinu sa postojećim aktivnostima na lokaciji

Rezultati modelovanja disperzije zagađujućih materija pokazuju da će koncentracija zagađujućih čestica u vazduhu na širem području cementare ostati ispod propisanih maksimalnih dozvoljenih vrednosti. Stoga se ne očekuje kumulativni uticaj emisije zagađujućih materija na postojeći kvalitet vazduha i uticaj cementare sa aspekta emisija u vazduh će ostati na istom nivou.

Zamena dela osnovnog goriva sa alternativnim RDF/SRF neće dovesti do nastanka novih tipova otpadnih voda i otpada ili povećanja količina postojećih.

Povećanje nivoa buke usled transporta i isporuke RDF/SRF na lokaciju cementare biće zanemarljivo. Korišćenje alternativnog goriva neće uzrokovati pojavu novih uticaja, koji bi uz već postojeće uticaje cementare, mogli proizvesti novi kumulativni efekat na životnu sredinu.

9.7.3 Pozitivni uticaji na životnu sredinu

Korišćenje nove vrste goriva iz otpada i delimična zamena osnovnih fosilnih goriva imaće pozitivan uticaj na životnu sredinu u smislu korišćenja otpada koji bi bio trajno odložen na deponije ili smetlišta. Pored smanjenja postojećih količina ovog tipa otpada, njegova primena u proizvodnji klinkera će uticati i na smanjenje potrošnje osnovnog fosilnog goriva u cementari, što će dalje rezultirati smanjenjem emisije sumpornih oksida i gasova sa efektom staklene bašte.

9.7.4 Procena uticaja na životnu sredinu u slučaju akcidenta

TCK u procesu proizvodnje ne koristi opasne materije, niti supstance koje bi zbog svojih svojstava u slučaju neadekvatnog upravljanja mogle da predstavljaju rizik od udesa.

9.7.4.1 Moguće neočekivane udesne situacije tokom rada postrojenja

Moguće udesne situacije prilikom planirane upotrebe RDF/SRF-a u procesu proizvodnje mogu se svrstati u istu grupu rizika prisutnih i tokom postojećeg rada cementare. U redovnom procesu proizvodnje ne koriste se supstance koje karakteriše visoka zapaljivost, eksplozivnost ili toksičnost i koje bi neadekvatnim rukovanjem mogle uzrokovati akcidentnu situaciju u pojedinim delovima postrojenja koja može rezultirati požarom, eksplozijom ili trovanjem.

Čvrsto gorivo iz otpada ne spada u zapaljive i/ili eksplozivne materije, tako da ne predstavlja opasnost od požara. Doziranje ove vrste goriva u proces neće doprineti povećanju postojećeg rizika od udesa u cementari.

U proizvodnji klinkera i cementa, nestabilne (prelazne) režime rada postrojenja predstavljaju sledeće situacije:

- puštanje u rad postrojenja za proizvodnju klinkera;
- prestanak rada postrojenja za proizvodnju klinkera;
- slučajevi kvarova i otkaza opreme.

Kontrola procesa proizvodnje je automatizovana, pa su tako rizici od mogućih nekontrolisanih emisija u vazduha tokom rada postrojenja svedeni su na minimum.

U planiranom postrojenju za doziranje RDF/SRF neće biti korišćene opasne materije koje po vrsti i količini ispunjavaju uslove iz Pravilnika, tako da ne podleže izradi dokumenata Politika prevencije udesa, Izveštaja o bezbednosti i Plana zaštite od udesa.

Preventivne mere zaštite od požara na planiranom postrojenju za doziranje SRF predstavljaju sastavni deo glavnog projekta zaštite od požara. Navedene mere će postati sastavni deo postojećeg Plana zaštite od požara nakon realizacije projekta.

Scenariji nastanka udesa, zajednički za ceo kompleks cementare, uključujući i korišćenje RDF/SRF, su sledeći:

- Scenario povećanja emisije SO₂, NO_x, CO ili drugih zagađujućih materija tokom proizvodnje predstavlja udesnu situaciju koja može nastati usled poremećaja parametara procesa. Kontrolisanje posledica navedenog udesa obezbeđeno je sistemom automatskog upravljanja. Tehnološki proces odvija se prema zadatim karakteristikama i zadatim radnim parametrima uz automatizaciju i predviđen sistem kontrole, regulacije i zaštite. Na ovaj način je moguće zaustaviti rad peći u slučaju poremećaja parametara procesa ili povećanja emisije zagađujućih materija u vazduh.
- Scenario požara na instalacijama predstavlja rizik opšteg tipa i predmet je posebne analize zaštite od požara koju sprovode ovlašćene institucije. RDF/SRF scenario požara, kao i u prethodnom slučaju predstavlja rizik opšteg tipa. Prilikom požara RDF/SRF dolazi do nepotpunog sagorevanja i postoji mogućnost emisije produkata takvog sagorevanja, ali predviđene mere zaštite kao i mere u slučaju izbijanja požara stvaraju uslove koji neće značajnije uticati na životnu sredinu.

9.7.5 Mere kojima se sprečava, umanjuje i eliminiše negativan uticaj projekta

9.7.5.1 Zaštitne mere tokom izvođenja radova

1. Izvođač radova je obavezan da pripremi poseban elaborat o uređenju gradilišta i radu na gradilištu;
2. Gradilište je potrebno ograditi gradilišnom ogradom i propisno obeležiti;
3. Pre početka izvođenja radova, potrebno je izvršiti pripremne radove, obezbediti lokaciju i izvesti druge radove kojima se obezbeđuje život i zdravlje ljudi i bezbedno odvijanje saobraćaja;
4. Prilikom raščišćavanja terena u zoni izvođenja radova moraju se poštovati svi propisi o bezbednosti i zdravlju na radu i sprečiti bilo kakvi negativni uticaji na životnu sredinu i neposredno okruženje lokacije;
5. Pre početka izvođenja zemljanih radova, pribaviti podatke o tačnom položaju postojećih infrastrukturnih objekata (podzemni električni kablovi, cevovodi i sl), kako ne bi bili oštećeni;

6. Izvoditi radove prema tehničkoj dokumentaciji na osnovu koje je izdato odobrenje za izgradnju, odnosno prema tehničkim merama, propisima, normativima i standardima koji važe za izgradnju objekta ovog tipa;
7. Na lokaciji gradilišta obezbediti adekvatno mesto za odlaganje materijala koji će biti korišćeni tokom izvođenja radova;
8. Neophodno je preduzeti sve potrebne mere za bezbednost radnika, postrojenja, okolnih objekata i saobraćaja, kao i zaštitu neposredne okoline lokacije;
9. Na predmetnoj lokaciji tokom izvođenja radova zabranjeno je pretakanje i skladištenje naftnih derivata, ulja i maziva za građevinske mašine. Na gradilištu obezbediti zatvoreni prostor za uskladištenje i pripremu materijala;
10. Izvođač radova mora voditi računa o stepenu buke prilikom izvođenja radova i u slučaju prekoračenja graničnih vrednosti, mora preduzeti odgovarajuće zaštitne mere;
11. U slučaju prekida rada iz bilo kog razloga, potrebno je obezbediti objekat i okolinu;
12. Izvršiti adekvatno odvođenje atmosferskih voda sa betonskog pristupnog platoa za dopremanje RDF/SRF.

9.7.5.2 Mere zaštite u redovnom procesu sprovođenja projekta

1. Definisati i dokumentovati proceduru nabavke RDF/SRF i prijemne kontrole kvaliteta;
2. Preuzimanje RDF/SRF sprovoditi isključivo uz prateći dokument i izveštaj o fizičko-hemijskim svojstvima RDF/SRF;
3. RDF/SRF dovoziti u zatvorenim kamionima opredeljenim za tu namenu;
4. Periodično proveravati ispravnost kamiona kako ne bi došlo do isticanje pogonskog goriva ili motornog ulja, i ispravnost prikolica kako ne bi došlo do rasipanja RDF/SRF;
5. Prilikom istovara, kamion mora biti postavljen u ispravan položaj u odnosu na istovarnu rampu. Redovno kontrolisati ispravnost svih mehanizama kako ne bi došlo do rasipanja RDF/SRF;
6. Osigurati direktno odvajanje eventualnih feromagnetnih materijala koji se zaustavljaju na magnetnom separatoru i otpadnog materijala sita na izlazu iz magnetnog separatora za to predviđene posebne kontejnere;
7. Organizovati redovno pražnjenje kontejnera i njihov povratak dobavljaču;
8. Osigurati da sva presipna mesta budu zatvorena i opremljena vrećastim filterima. Po potrebi menjati vreće u vrećastim filterima;
9. Voditi računa o usklađenosti sadržaja hlora u RDF/SRF sa ulazom RDF/SRF u rotacionu peć, tako da koncentracija hlora ostane u dozvoljenim granicama za nesmetano odvijanje tehnološkog procesa;
10. Voditi računa o usklađenosti sadržaja žive u RDF/SRF sa unosom RDF/SRF u rotacionu peć, tako da GVE žive ostane u dozvoljenim granicama;
11. Ukoliko se tokom korišćenja RDF/SRF utvrdi da emisije gasova znatno premašuju nivo postojećih emisija, obustaviti korišćenje RDF/SRF dok se ne utvrdi uzrok povećanja koncentracije zagađujućih materija u dimnom gasu.

9.7.5.3 Mere zaštite od nezgoda/akcidenta

1. Osigurati da glavni pristupni put do lokacije objekta za prijem i doziranje RDF/SRF bude istovremeno i pristupni put za vatrogasna vozila, čime će se pored potrebne širine osigurati i potrebna nosivost kolovoza;
2. Omogućiti lak pristup postojećoj hidrantskoj mreži na lokaciji;
3. U slučaju izlivanja naftnih derivata i/ili ulja, obezbediti dovoljnu količinu sredstava za apsorpciju naftnih derivata (piljevina ili prah);
4. U slučaju akcidentne situacije, kao što je saobraćajna nezgoda, usled koje bi došlo do rasipanja velike količine RDF/SRF-a iz kamiona, potrebno je u što je moguće kraćem roku sakupiti i utovariti ga u ispravni kamion.