



INŽENJERI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

BELA KNJIGA O DOBIJANJU ENERGIJE IZ OTPADA U SRBIJI

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

628.4(497.11)
628.4:620.9(497.11)

BELA knjiga o dobijanju energije iz otpada u Srbiji : Elektronski izvor /
[autori Agnieszka Maria Kuderer ... et al.]. - Novi Sad : Inženjeri zaštite životne
sredine, 2024

Način pristupa (URL): <https://www.activity4sustainability.org/bela-knjiga-dobijanja-energije-iz-otpada-u-srbiji/> - Opis zasnovan na stanju na dan 29.8.2024. -
Nasl. sa naslovnog ekrana. - Podatak o autorima preuzet iz kolofona. - Autori: str.
178-179. - Bibliografija.

ISBN 978-86-87145-16-0

1. Кудерер, Агњешка Марија [аутор]
а) Управљање отпадом - Србија б) Отпадне материје - Енергија - Добијање -
Србија

COBISS.SR-ID 151144713

**BELA KNJIGA O
DOBIJANJU ENERGIJE IZ OTPADA
U SRBIJI**

Novi Sad, 2024

BELA KNJIGA O DOBIJANJU ENERGIJE IZ OTPADA U SRBIJI

Izdavač

Inženjeri zaštite životne sredine

Urednik

Igor Jezdimirović

Helga Stoiber

Autori

Agnieszka Maria Kuderer

Branislava Matić Savićević

Dejan Ubavin

Helga Stoiber

Hristina Stevanović Čarapina

Igor Jezdimirović

Ivana Milovac

Johann Fellner

Siniša Mitrović

Recezent

Aleksandar Jovović

Dejan Radić

Tehnička podrška:

Višnja Nežić

Grafička priprema

Danko Krstović

ISBN 978-86-87145-16-0

Avgust 2024

Autori i izdavač zahvaljuju se na podršci i sugestijama Ministarstvu zaštite životne sredine, Privrednoj komori Srbije, Privrednoj komori Vojvodine, Elixir Grupi i Beo Čistoj Energiji.

Fotokopiranje ili umnožavanje ove knjige je dozvoljeno uz obavezno navođenje izvora i izdavača. Svako korišćenje knjige u celini, ili nekog njenog dela je poželjno i korisno. Korišćenje knjige u celini ili nekog njenog dela dozvoljeno je uz navođenje izvora i izdavača.

Inženjeri zaštite životne sredine svojim aktivnostima doprinose da znanje o načinima i metodama zaštite životne sredine i ljudskog zdravlja budu svima dostupne, jasne i bazirane na naučnim činjenicama i najboljim dostupnim tehnologijama.

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| 1 Pregled | 5 |
| 2 Rezime | 7 |
| 3 Osnovna razmatranja | 9 |
| 3.1 Principi upravljanja otpadom | 9 |
| 3.2 Značaj dobijanja energije iz otpada | 11 |
| 3.3 Opšte preporuke | 11 |
| 3.4 Prednosti pretvaranja otpada u energiju | 12 |
| 3.5 Vrste otpada koje se mogu koristiti za dobijanje energije | 17 |
| 4 Upravljanje otpadom u Srbiji | 19 |
| 4.1 Generisanje otpada u Srbiji | 19 |
| 4.2 Komunalni otpad | 20 |
| 4.3 Industrijski otpad | 23 |
| 4.4 Prekogranična otprema otpada | 26 |
| 4.5 Posebni tokovi otpada | 26 |
| 4.6 Ambalažni otpad | 27 |
| 4.7 Otpadni mulj | 27 |
| 4.8 Dobijanje goriva iz otpada | 28 |
| 4.9 Spaljivanje otpada u Srbiji | 30 |
| 4.10 Glavni izazovi upravljanja otpadom u Srbiji | 31 |
| 5 Tehnologija dobijanja energije iz otpada | 32 |
| 5.1 Rešetka | 36 |
| 5.2 Fluidizovani sloj | 36 |
| 5.3 Rotaciona peć | 39 |
| 5.4 Transport, skladištenje i doziranje otpada | 39 |
| 5.5 Upravljanje otpadom u okviru insineratora | 40 |
| 5.6 Bezbednosni aspekti (prevencija opasnosti i nesreća) | 42 |
| 6 Rekuperacija energije | 45 |
| 6.1 Korišćenje energije | 45 |
| 6.2 Energetska efikasnost | 46 |
| 6.3 Izbor lokacije | 47 |
| 6.4 R1 formula | 47 |
| 6.5 Korozija | 49 |
| 7 Mere za sprečavanje zagađenja | 50 |
| 7.1 Granične vrednosti emisije | 52 |
| 7.2 Rad postrojenja | 54 |
| 7.3 Primarne mere smanjenja emisije | 56 |
| 7.4 Sekundarne mere smanjenja emisije | 57 |
| 7.5 Praćenje | 70 |
| 8 Ostaci od sagorevanja otpada | 73 |

| | |
|---|------------|
| 8.1 Pepeo sa dna ložišta (Bottom Asc, BA) iz postrojenja sa rešetkom | 74 |
| 8.2 Pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem | 79 |
| 8.3 Pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionom peći | 81 |
| 8.4 Leteći pepeo (Flying ash, FA) | 82 |
| 8.5 Aktivni ugalj | 85 |
| 8.6 Filter ostatak iz postrojenja za otpadne vode (neutralizacioni mulj) i gips | 85 |
| 8.7 Ponovna upotreba materijala | 86 |
| 9 Pregled zakonske regulative u Evropskoj uniji (EU), Austriji i Srbiji | |
| Osnovna razmatranja | 88 |
| 9.1 Zakonski okvir za dobijanje energije iz otpada u EU | 88 |
| 9.2 Zakonski okvir za sagorevanje otpada u Austriji | 93 |
| 9.3 Aktuelni zakonski okvir za sagorevanje otpada u Srbiji | 97 |
| 9.4 Razlika između propisa EU i Srbije | 120 |
| 9.5 Učešće javnosti | 121 |
| 10 Najbolje dostupne tehnike (BAT) | 125 |
| 10.1 Integrisana prevencija i kontrola zagađenja (IPPC) | 125 |
| 10.2 Referentni dokumenti za BAT o insineraciji otpada (BREF WI) | 128 |
| 10.3 Ostali relevantni BREF dokumenti | 132 |
| 11 Dobijanje energije iz otpada i javno zdravlje | 133 |
| 11.1 Uticaj dobijanja energije iz otpada na zdravlje | 133 |
| 11.2 Uticaj aktuelne prakse odlaganja otpada na deponije u Srbiji na zdravlje | 136 |
| 11.3 Uzroci i mehanizmi požara na deponijama | 136 |
| 12 Moguće alternative insineraciji otpada | 143 |
| 12.1 Deponovanje | 144 |
| 12.2 Koinsineracija | 146 |
| 12.3 Mehaničko-biološki tretman (MBT) | 149 |
| 12.4 Aerobna digestija (kompostiranje) | 151 |
| 12.5 Anaerobna digestija (AD) | 152 |
| 12.6 Proliza | 154 |
| 12.7 Gasifikacija | 156 |
| 12.8 Hidrotermički tretman otpada | 157 |
| 12.9 Plazma proces | 158 |
| 13 Zaključak i budući trendovi u insineraciji otpada | 160 |
| Izvori | 162 |
| Skraćenice | 172 |
| Lista slika | 174 |
| Lista tabela | 176 |
| Autori | 178 |
| Recenzenti | 180 |

1 Pregled

Savremeni način života uslovio je stalni porast mase otpada koju proizvodimo. Količine otpada koje danas svako od nas proizvede veće su nego ikad ranije, ali, nažalost, najveći deo tog otpada bez bilo kakvog prethodnog tretmana završi na deponijama ili u prirodi. Samo deo ovih deponija je u skladu sa tehničkim standardima i zakonskim propisima, dok su mnoge od njih nesanitarna smetlišta ili divlje deponije bez ikakvih tehničkih mera za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

Istovremeno, potrošnja energije je u konstantnom porastu, zbog čega ona postaje sve teže dostupna i skuplja. Odlaganje otpada i proizvodnja energije iz fosilnih goriva imaju negativne posledice po životnu sredinu, klimu, ali i ljudsko zdravlje.

Mnoge vrste otpada koje proizvodimo imaju značajnu energetska vrednost. Na primer, toplotna moć čvrstog komunalnog otpada jednaka je toplotnoj moći lignita, a vrednost toplotne moći otpadne plastike i otpadnog ulja dostiže vrednosti koje su karakteristične za kamenu uglj i mazut.

Prvi korak u upravljanju otpadom mora da bude prevencija njegovog nastanka. Kada to nije moguće, treba omogućiti njegovu ponovnu upotrebu ili reciklažu. Nažalost, mnoge vrste otpada ne mogu se podvrgnuti reciklaži, jer to njihov kvalitet ne dozvoljava. Pre nego što se otpad odloži na deponiju potrebno je da bude tretiran. Upravo dobijanje energije iz otpada koji nije pogodan za reciklažu predstavlja najbolju opciju njegovog tretmana jer istovremeno dovodi do dobijanja energije i smanjenja količine otpada. Tek nakon tretmana ono što ostaje od otpada može da se odloži na sanitarne deponije, koje su izgrađene na način da spreče negativan uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Dobijanje energije iz otpada ima značaj i u postizanju cirkularne ekonomije i daje podršku dostizanju ciljeva reciklaže, koji se tokom vremena povećavaju kako u Srbiji tako i u Evropskoj uniji. Da bi se postigli ovi ciljevi, sve više vrsta otpada mora se podvrgnuti sortiranju i drugim procesima prethodnog tretmana. Obično se radi o vrstama otpada lošijeg kvaliteta, koji do sada nisu razmatrani za reciklažu. Da bi se povratio deo materijala koji se može reciklirati, neophodno je izvršiti sortiranje otpada prilikom čega nastaje i više ostataka od sortiranja. Ostaci od sortiranja otpada obično imaju kalorijske vrednosti koje su značajne i potrebno je i njih iskoristiti pre deponovanja. Tu na scenu stupa dobijanje energije iz otpada.

Korišćenje energije iz otpada ima dva cilja: smanjenje količine i štetnosti otpada, uz istovremeno dobijanje energije.

Dobijanje energije iz otpada tj. insineracija otpada se u Evropi praktikuje od sredine 19. veka. Prvi insineratori su pušteni u rad u Ujedinjenom Kraljevstvu i Holandiji. Bile su to prilično jednostavne instalacije bez ikakvih mera za sprečavanje zagađenja vazduha ili efikasnog iskorišćavanje energije. Osnovna namena postrojenja za insineraciju je bila pre svega uništavanje sve većih količina otpada koje su počele da se pojavljuju početkom industrijske ere. U vremenima epidemija, insineratori su imali i dodatnu ulogu u uništavanju infektivnog otpada i na taj način pomogli su da se one okončaju; dobar primer za to je epidemija kolere u UK.

Dok u prošlosti zaštita životne sredine nije bila deo procesa insineracije otpada, ovo se dramatično promenilo poslednjih decenija:

- Visokoefikasno korišćenje energije dobijene iz otpada postalo je nešto što se podrazumeva;
- Od osamdesetih godina prošlog veka razvijene su brojne mere i procesi zaštite životne sredine koji se od tada primenjuju u insineratorima;
- Strogi zakonski okvir na nivou Evropske unije bio je razlog što je danas u Evropi insineracija otpada najstrože regulisan sektor u odnosu na sve privredne sektore: dobijanje energije iz otpada mora poštovati najstrože zahteve zaštite životne sredine od svih industrijskih grana, prati se veći broj parametara nego kod bilo kog drugog industrijskog sektora, i postavljene su značajno niže granične vrednosti emisija u odnosu na druge privredne grane.

Bela knjiga o dobijanju energije iz otpada u Srbiji ima za cilj da pruži jasan i pouzdan uvid u sve aspekte inisineracije otpada i odgovori na mnoga pitanja koja ova tehnologija sa sobom nosi, kao i da da detaljne informacije o insineraciji svakome koga dublje interesuje ova tehnologija.

2 Rezime

Bela knjiga o dobijanju energije iz otpada u Srbiji predstavlja kompaktan pregled svih regulatornih i tehničkih aspekata dobijanja energije iz otpada tj. insineracije bitnih za funkcionisanje ove tehnologije i ovakvih postrojenja u Srbiji, a i šire.

Upravljanje otpadom u Republici Srbiji definisano je propisima koji su iz Evropske unije preneti (transponovani) u domaće zakonodavstvo, a koji se baziraju na hijerarhiji upravljanja otpadom, osnovnim principima i različitim opcijama tretmana koje su se u praksi pokazale kao uspešne. Hijerarhija upravljanja otpadom jasno definiše da prvi i najvažniji cilj mora da bude prevencija nastajanja otpada, nakon čega je potrebno, ukoliko nije moguće sprečiti da otpad nastane, obezbediti uslove za njegovu ponovnu upotrebu, reciklažu, energetske iskorišćenje i preradu. Tek na kraju, kada se svi prethodni koraci sprovedu, ono što ostane treba da se odloži tj. deponuje na bezbedan i po životnu sredinu i zdravlje ljudi bezopasan način.

Trenutni način upravljanja otpadom u Srbiji je na veoma niskom nivou, sa posledicama po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Baziran većinom na deponovanju otpada na nesanitarnim i divljim deponijama uz minimalnu preradu, dovodi do toga da otpad predstavlja gorući problem koji je potrebno rešiti. U savremenim sistemima upravljanja otpadom, dobijanje energije iz otpada predstavlja jedan od značajnih koraka ka neutralizaciji štetnih efekata koje otpad može da ima na životnu sredinu i zdravlje ljudi, dopinoseći istovremeno zadovoljenju rastućih potreba za energijom.

Detaljan opis tehnologija dobijanja energije iz otpada ima za cilj da upozna zainteresovane u Srbiji sa tehnologijom koja je relativno nova na ovim prostorima i pruži odgovore na mnoga pitanja koja se sa pojavom novih rešenja javljaju, pre svega sa aspekta zaštite životne sredine, emisija u vazduh, vodu i zemljište, kao i uticaja na ljudsko zdravlje.

Dobijanje energije iz otpada je najstrože regulisan industrijski sektor u Evropskoj uniji, koji je dužan da prati veći broj zagađujućih materija od bilo kog drugog privrednog sektora i za koji važe niže i strože granične vrednosti.

Poseban fokus je stavljen na prevenciju nastanka zagađenja životne sredine i štetnih posledica na zdravlje ljudi u procesu dobijanja energije iz otpada. Samim projektovanjem i konstrukcijom postrojenja za dobijanje energije iz otpada dominiraju elementi zaštite životne sredine i tehnologije koje dovode do stvaranja minimalnih količina zagađujućih materija, koje se potom izdvajaju i na bezbedan način zbrinjavaju.

Radna temperatura u ložištu postrojenja od 850°C i više otpad dezinfikuje, pouzdano uništavajući sve bakterije, viruse i druge patogene. Ovo ima poseban značaj tokom epidemija, ali i u svakodnevnom radu na očuvanju javnog zdravlja.

Prilikom dobijanja energije iz otpada, masa otpada se smanjuje za 75%, a zapremina za 90%. Ovo značajno smanjuje količine otpada koje se odlažu na deponije, produžavajući na taj način njihov životni vek.

Tokom procesa dobijanja energije iz otpada, količina oslobođenih gasova sa efektom staklene bašte, koji su uzročnici klimatskih promena, daleko je manja u odnosu na najsavremenije sanitarne deponije. Na ovaj način daje se doprinos smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte i usporavanju klimatskih promena. Najveći deo otpada u Srbiji završava na nesanitarnim i divljim deponijama gde dovodi do zagađenja životne sredine i ugrožava javno zdravlje. Usled nepostojanja tretmana otpada i loših uslova za njegovo deponovanje, požari su česta pojava, čime se dodatno ugrožava javno zdravlje i dugoročno zagađuje životna sredine. Veliki energetske potencijal otpada, deponijski gas koji se stvara razgradnjom otpada, nekontrolisani uslovi na neuređenim deponijama i nepostojanje adekvatnih sistema za zaštitu

životne sredine glavni su uzroci nastajanja požara na deponijama. Dobijanje energije iz otpada u insineratorima koji su za to specijalno projektovani, strogo kontrolisani i opremljeni svim potrebnim merama za zaštitu životne sredine, omogućava da se energija iz otpada iskoristi bez štetnih posledica na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Energijom dobijenom iz otpada može se proizvoditi električna energija, procesna para za industrijske potrošače, topla voda i energija potrebna za daljinsko grejanje ili daljinsko hlađenje. Lokacije insineratora su od ključnog značaja za efikasno korišćenje dobijene energije, pa ih je zbog toga najbolje graditi u područjima kojima je potrebno grejanje i/ili hlađenje, pored industrijskih instalacija koje imaju veliku potražnju za procesnom parom, kao što su industrija celuloze i papira, farmaceutska industrija, hemijska industrija ili industrija hrane i pića.

U posebnom poglavlju ove publikacije dat je detaljan pregled i analiza zakonskih propisa koji se primenjuju na dobijanje energije iz otpada. S jedne strane, dat je pregled pravnog okvira na nivou EU, čiji su suštinski delovi već transponovani u srpsko zakonodavstvo, a na primeru Austrije pokazano je kako država članica EU transponuje propise EU u svoje nacionalno zakonodavstvo i prilagođava ih svojim uslovima.

Posebna pažnja posvećena je detaljnom objašnjenju zakonskih propisa koji su na snazi u Srbiji u vezi sa dobijanjem energije iz otpada, koji obuhvataju ne samo brojne zakonske akte koji se primenjuju, već i uputstva o višestepenom postupku izdavanja dozvola i učešću javnosti u svim tim procesima.

Na kraju publikacije date su preporuke za dalji razvoj sistema upravljanja otpadom u Srbiji.

Reciklaža i dobijanje energije iz otpada nisu međusobna konkurencija, već rešenja koja se dopunjuju. Ovo pokazuju i statistički podaci jer zemlje sa najvišim stopama reciklaže istovremeno su i zemlje koje u velikoj meri dobijaju energiju iz otpada. Za uspostavljanje efikasnog i bezbednog sistema upravljanja otpadom u Srbiji potrebno je osigurati odvojeno sakupljanje otpada na samom izvoru – primarnu selekciju, jer je to osnovni preduslov i za reciklažu i za dobijanje energije iz otpada.

U zemljama Evropske unije dobijanje energije iz otpada predstavlja sastavni deo sistema upravljanja otpadom. Zahvaljujući tome, same tehnologije su veoma razvijene i bezbedne sa stanovišta uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Bez obzira na sve to, neohodno je uključivanje javnosti i kontinuirano praćenje rada ovakvih postrojenja, ali i kontinuirano usaglašavanje zakonskih propisa sa propisima Evropske unije.

Stvaranje jasnog zakonskog okvira i unapređenje znanja i informisanosti o tehnologijama koje prate dobijanje energije iz otpada doprineće da se ovakva postrojenja uspostave i u Srbiji i na taj način smanji negativan uticaj koji trenutni način upravljanja otpadom ima na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Porast potražnje za energijom, njena sve veća cena i sve teža dostupnost mogu dodatno da motivišu ne samo državni već i privatni sektor da razmišlja o investicijama u ovakva postrojenja. Javnost treba svojim učešćem da obezbedi poštovanje propisa i osigura da je pravovremeno informisana od strane nadležnih organa.

Ukoliko se sve ovo ispoštuje, postoji šansa da sistem upravljanja otpadom u Srbiji postane održiv i u skladu sa principima koji vladaju u razvijenim zemljama, sprečavajući na taj način negativan uticaj otpada na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

3 Osnovna razmatranja

Za pravilno upravljanje otpadom, zaštitu ljudskog zdravlja, životne sredine i prirodnih resursa, potrebne su efikasne metode tretmana otpada. Dobijanje energije iz otpada (Waste-to-Energy) se smatra jednom od značajnih operacija prerade otpada u okviru hijerarhije upravljanja otpadom jer se nalazi odmah posle prevencije, ponovne upotrebe i reciklaže. Ovo je poželjna opcija tretmana otpada pre deponovanja. Ključne prednosti dobijanja energije iz otpada su: sanitacija otpada, smanjenje njegove zapremine i mase, visok nivo zaštite životne sredine kroz kontrolu emisija (naročito u poređenju sa alternativnim opcijama tretmana), zaštita zdravlja ljudi, ublažavanje klimatskih promena, očuvanje prirodnih resursa, povraćaj energije iz otpada, komplementarnost sa reciklažom i izdvajanje opasnih supstanci iz otpada.

3.1 Principi upravljanja otpadom

U skladu sa Okvirnom direktivom EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC), upravljanje otpadom podrazumeva sakupljanje, transport, preradu (uključujući sortiranje) i odlaganje otpada. Takođe, upravljanje otpadom uključuje nadzor nad ovim operacijama i naknadnu brigu o lokacijama za odlaganje otpada, kao i kontrolu aktivnosti svih operatera otpada.

Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) između Srbije i EU stupio je na snagu u septembru 2013. Srbija i dalje primenjuje SSP, iako postoji veliki broj pitanja usaglašenosti¹. Od otvaranja pristupnih pregovora u januaru 2014. godine, otvorena su 22 od 35 poglavlja, uključujući sva poglavlja u klasteru 1 o osnovama i sva poglavlja u klasteru 4 o Zelenoj agendi i održivom povezivanju.

Što se tiče upravljanja otpadom, Srbija ima dobar nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU, međutim, sprovođenje propisa je i dalje u početnoj fazi.

U okviru pregovora o pristupanju EU, Republika Srbija je pokrenula proces stvaranja integrisanog sistema upravljanja otpadom usklađenog sa ciljevima i propisima EU, prvenstveno kroz klaster 4 tj. poglavlje 27. Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022-2031. predstavlja strateški okvir koji nastavlja da razvija temelje za uspostavljanje integrisanog sistema upravljanja otpadom i treba da omogući napredak u usklađivanju propisa, jačanju institucija, formiranju i funkcionisanju regiona za upravljanje otpadom. Implementacija Programa, pored smanjenja negativnog uticaja otpada na zdravlje ljudi i životnu sredinu, treba da doprinese i smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte i stvaranju preduslova za postizanje cirkularne ekonomije.

Okvirna direktiva EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC) daje osnovne smernice za uspostavljanje sistema upravljanja otpadom i zahteva da se ono vrši:

- 1) bez ugrožavanja zdravlja ljudi i štete po životnu sredinu;
- 2) bez rizika za vodu, vazduh, zemljište, biljke ili životinje;
- 3) bez izazivanja smetnji kroz buku ili mirise;
- 4) bez štetnog uticaja na ruralne krajeve ili mesta od posebnog značaja.

Za ispunjenje ovih ciljeva koriste se različite mere kao što su prevencija nastanka otpada, njegova minimizacija, reciklaža, tretman i odlaganje.

Sprečavanje nastanka otpada je najpoželjnija, a deponovanje otpada najmanje poželjna opcija.

¹ Izveštaj o Srbiji 2022, Brisel, 12.10.2022, SWD(2022) 338 konačni RADNI DOKUMENT OSOBLJA KOMISIJE

Takozvana hijerarhija upravljanja otpadom, uvedena Okvirnom direktivom EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC; videti Poglavlje 9.1), preneti je i u nacionalno zakonodavstvo Srbije (videti Poglavlje 9.3). Hijerarhija rangira različite aktivnosti upravljanja otpadom od najpoželjnije do najmanje poželjne po sledećem redosledu:

(i) Prevencija nastajanja otpada: Hijerarhija otpada stavlja najveći prioritet na prevenciju nastajanja otpada. Cilj je da se minimizira stvaranje otpada na njegovom izvoru, smanjenjem proizvedenog otpada i izbegavanjem nepotrebne ili prekomerne potrošnje. Podstiču se prakse eko-dizajna proizvoda za dugoročnu i ponovnu upotrebu, promoviše održiv obrazac potrošnje i sprovođenje mera za sprečavanje ili minimiziranje stvaranja otpada u različitim sektorima (EUR-Lex, 2023b).

(ii) Ponovna upotreba: Promoviše ponovnu upotrebu proizvoda i materijala. Ponovna upotreba podrazumeva produžavanje životnog veka proizvoda ili komponenti tako što će se one ponovo koristiti za istu ili neku drugu namenu. Stvaranje otpada se na ovaj način smanjuje ponovnim korišćenjem predmeta, resursi se čuvaju, a potreba za novim proizvodima i sirovinama je smanjena (EUR-Lex, 2023b).

(iii) Reciklaža: Reciklaža uključuje sakupljanje, sortiranje i preradu otpadnog materijala za proizvodnju novih proizvoda, materijala ili supstanci. Recikliranje pomaže u očuvanju resursa, smanjenju potrošnje energije i ekstrakcije materijala iz prirode. Ovo je suštinski korak u zatvaranju petlje tokova materijala i kretanju ka cirkularnoj ekonomiji (EUR-Lex, 2023b).

(iv) Prerada otpada - iskorišćenje materijala i energije: Hijerarhija upravljanja otpadom prepoznaje važnost iskorišćenja energije ili drugih vrednih resursa iz otpada koji se ne mogu ponovo upotrebiti ili reciklirati. Metode prerade uključuju iskorišćenje energije iz otpada kroz procese dobijanja energije iz otpada u vidu njegove insineracije ili anaerobne digestije, koja proizvodi biogas. Drugi oblici prerade mogu uključivati ekstrakciju materijala ili supstanci iz otpada za ponovnu upotrebu ili recikliranje (EUR-Lex, 2023b).

(v) Odlaganje – deponovanje: Odlaganje otpada tj. deponovanje predstavlja najmanje poželjan način upravljanja otpadom. Odnosi se na bezbedan i po životnu sredinu prihvatljiv način zbrinjavanja otpada čiji se nastanak ne može sprečiti, niti se on može ponovo upotrebiti, niti reciklirati, niti preraditi. Konačno odlaganje uključuje trajno zbrinjavanje otpada na deponijama koje su projektovane da imaju minimalan uticaje na životnu sredinu i zdravlje ljudi (EUR-Lex, 2023b).

Hijerarhija upravljanja otpadom ima za cilj da minimizira uticaj otpada na životnu sredinu, očuva prirodne resurse, smanji zagađenje i promoviše održivo korišćenje resursa (EUR-Lex, 2023b). Na ovaj način Okvirna direktiva EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC) usmerava procese donošenja odluka, razvoja politika i korišćenja resursa prema najpoželjnijim opcijama, koje na taj način podstiču prelazak sa linearnog modela proizvodnje „uzmi-napravi-baci” ka pristupu cirkularne ekonomije, gde se otpad pretvara u resurs i na taj način ponovo integriše u proizvodni ciklus (Stahel, 2016). Hijerarhija upravljanja otpadom podstiče države članice EU da daju prioritet opcijama koje pružaju najpovoljniji uticaj na životnu sredinu tokom celog životnog ciklusa proizvoda i usluga.



Slika 1: Hijerarhija upravljanja otpadom propisana Okvirnom direktivom EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC)

3.2 Značaj dobijanja energije iz otpada

Dobijanje energije iz otpada je operacija prerade otpada koja je u skladu sa hijerarhijom upravljanja otpadom (videti Poglavlje 3.1).

Kritičari tvrde da dobijanje energije iz otpada negativno utiče na reciklažu, međutim, u stvarnost je situacija sasvim suprotna. Zajednice koje imaju razvijen sistem reciklaže shvataju karakteristike materijala i ekonomska ograničenja u vezi sa reciklažom različitih frakcija koje čine čvrst komunalni otpad (Municipal solid Waste, MSW). Ovo razumevanje ih podstiče da pronađu alternativne načine za tretman otpada koji im omogućavaju da minimalno zavise od odlaganje otpada na deponije i sagledaju energetski potencijal koji postoji u otpadu koji nije pogodan za reciklažu. Earth Engineering Center² je naveo da su zemlje koje su uspešno obuzdale ili potpuno ukinule praksu odlaganja na deponije to postigle kroz dvostruku strategiju povećanja reciklaže i usvajanja metoda dobijanja energije iz otpada (Klinghoffer, NB, 2013).

Pored pozitivnih strana dobijanja energije iz otpada kada je u pitanju iskorišćenje energije i vrednih materijala koje bi bili izgubljeni, važno je imati na umu da ova tehnologija tokom svog rada proizvodi zagađujuće materije koje moraju biti na adekvatan način izdvojene i bezbedno zbrinute (videti Poglavlje 7 i Poglavlje 11.1).

Uprkos višestrukim koristima za životnu sredinu koje dobijanje energije iz otpada daje kao tehnologija tretmana otpada (videti Poglavlje 3.4), sprovođenje ovakvih projekata je limitirano širom sveta zbog velikih investicionih troškova, posebno u zemljama sa niskim i srednjim prihodima, koje se oslanjaju u velikoj meri na deponovanje otpada.

Dobijanje energije iz otpada ima potencijal za kreiranje novih „cirkularnih“ poslovnih modela, i predstavlja rešenje koje poseduje i finansijsku vrednost, koja je i dobra prilika za privlačenje investicija (Baskar, C., 2022).

3.3 Opšte preporuke

Stvaranje održivog sistema upravljanja otpadom uključuje odvajanje različitih vrsta otpada koji sadrže materijale koji se mogu reciklirati i kompostirati. Idealno je da se ovo odvajanje dešava na samom mestu nastanka otpada. Ovakav pristup deli odgovornost i troškove odvajanja otpada između proizvođača otpada (u smislu vremena i truda) i lokalnih samouprava (u smislu odvojenog sakupljanja i tretmana). Međutim, ključno je shvatiti da ako se otpadni materijali izdvojeni na mestu nastanka ne koriste efikasno, oni i dalje mogu završiti na deponijama.

Značajan deo onoga što se baca u komunalni otpad može da se reciklira. Dobar primer za to su papir, novine, karton, aluminijum, limenke, konzerve, staklo, plastika, motorno ulje, organski otpad i otpadni metali. Međutim, efikasnost recikliranja može biti značajno umanjena pa čak i skroz izgubljena, kada dođe do mešanja više vrsta otpada ili se otpad stavi u posudu za drugu vrstu otpada. Na osnovu Zakona o upravljanju otpadom strogo je zabranjeno mešanje opasnog i neopasnog otpada, što znači ako se otpad lepo ne selektuje na početku, mešanjem sav može postati opasan, a to smanjuje mogućnost reciklaže. Kontaminacija otpada na ovaj način ima potencijal da učini velike količine materijala neprikladnim za reciklažu. Štaviše, mnogi operateri za reciklažu nisu opremljeni za obradu različitih vrsta materijala, niti mogu da vrše njihovo razdvajanje.

Usvajanje sistema upravljanja otpadom gde se svi reciklabilni materijali stavljaju u jednu kantu pojednostavilo je recikliranje za potrošače, ali je takođe dovelo do kontaminacije približno četvrtine prikupljenog materijala. Određeni predmeti kao što su plastične slamčice, kese i ambalaža za poneti se često sakupljaju, ali se ne mogu efikasno reciklirati, pa se ili koriste za dobijanje energije ili završe na deponijama.

² Earth Engineering Center <https://earth.engineering.columbia.edu/>

Svaki sistem upravljanja otpadom trebalo bi da daje visok prioritet merama koje dovode do smanjenja nastanka otpada, njegove ponovne upotrebe i reciklaže.

Čvrsti komunalni otpad, koji ostaje nakon izdvajanja reciklabilnih frakcija, se može ili odlagati na deponije ili termički konvertovati, u posebno dizajniranim postrojenjima koja rade na visokim temperaturama, smanjujući na taj način njegovu prvobitnu zapreminu za 90% i dobijajući pritom materijale i energiju iz njega (Klinghoffer, NB, 2013).

Hijerarhija upravljanja otpadom propisuje da se energija iz otpada iskoristi pre deponovanja, samim tim i dobijanje energije iz otpada treba da bude proces koji se dešava pre deponovanja. Postrojenja za dobijanje energije iz otpada predstavljaju tehnološki napredna i strogo regulisana postrojenja u kojima se otpad prerađuje. Deponije, sa druge strane, predstavljaju mesta za otpad, koje kada se popune, moraju da se zatvore i nadgledaju dugi niz godina, te da se ponovo grade na novoj lokaciji. Dobijanje energije iz otpada nudi brojne prednosti i koristi, posebno u odnosu na odlaganje na deponiju, ali i u odnosu na alternativne procese termičke obrade (uporedi Poglavlja 3.4 i 12).

Dobijanje energije iz otpada je poželjnije čak i od deponija koje imaju sisteme za prikupljanje i iskorišćenje deponijskog gasa, s obzirom da je količina električne energije koja se može dobiti iz svake tone deponovanog otpada znatno manja od one koja se može postići njegovim sagorevanjem (insineracijom). Tokom dobijanja energije iz komunalnog otpada dobija se u proseku oko 600 kWh električne energije po toni, dok je kod deponovanja to u proseku 65 kWh po toni (Dadario et al., 2023). Sagorevanjem se energija iz otpada dobija momentalno, dok se dobijanje energije iskorišćenjem deponijskog gasa odvija tokom više godina uz oscilacije, sve do trenutka kada deponijski gas prestane da bude dostupan.

3.4 Prednosti pretvaranja otpada u energiju

Rastuća proizvodnja otpada, koja dostiže 2.700 miliona tona u 2019. širom sveta, predstavlja značajan izazov za globalno upravljanje otpadom (Međunarodna asocijacija za čvrsti otpad –ISWA, 2023). Kao široko prihvaćena tehnologija u svetu, dobijanje energije iz otpada igra ključnu ulogu u savremenim sistemima upravljanja otpadom i doprinosi postizanju ciljeva očuvanja prirodnih resursa, zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. U početku uvedena kako bi se smanjio volumen otpada i poboljšala higijena, termička obrada otpada prošla je kroz dug i rigorozan razvojni put, stavljajući ogroman i brzo rastući obrt materijala na vrh liste prioriteta savremenog upravljanja otpadom (Brunner & Rechberger, 2014). Primenjene su brojne metode za rešavanje brzo rastuće količine otpada. Ove strategije su uključivale brzo uklanjanje otpada, zatrpavanje, filtriranje, reciklažu i urbano rudarenje uz pridržavanje principa hijerarhije otpada.

Danas se fokus pomerio ka pitanjima vezanim za očuvanje resursa. Reciklaža i ponovna upotreba nude nekoliko prednosti, uključujući zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi. Reciklažom otpada i upotrebom sekundarnih materijala može se smanjiti količina primarnih materijala koje se uzimaju iz prirode. Druga motivacija za reciklažu je nestabilnost cena resursa, ograničena dostupnost resursa i geopolitička pitanja (Brunner & Rechberger, 2014).

Međutim, ponovna upotreba i reciklaža nisu univerzalno primenljivi na sve vrste otpada. Nekoliko faktora doprinosi ograničenjima reciklaže, kao što su visoka kontaminacija ili stepen mešanja nekih tokova otpada, tehnička ograničenja procesa reciklaže zbog sastava ili fizičkih svojstava materijala ili ekonomska održivost. Stoga su metode termičke obrade (kao što su postrojenja za dobijanje energije iz otpada) važna opcija tretmana zaprljanih tokova otpada koji se ne mogu podvrgnuti reciklaži ili preradi materijala.

Da bi se postigli ciljevi očuvanja resursa, zaštite zdravlja ljudi i životne sredine, upravljanje otpadom treba da ima samo tri finalna proizvoda – reciklabilne materijale koji mogu zameniti primarne materijale uzete iz prirode, ostatke koji se mogu bezbedno odložiti na deponije uz minimalnu naknadnu brigu o njima, i emitovane zagađujuće materije u količinama koje ne predstavljaju štetu po životnu sredinu. Da bi se ovo postiglo, potrebno je uspostaviti efikasne, isplative i po životnu sredinu prihvatljive metode tretmana otpada. Recikliranje mora generisati „čiste“ cikluse odvajanjem vrednih materijala od štetnih nečistoća. Konačno, ostaci od reciklaže se moraju adekvatno odložiti. Za neorganske materijale takva mesta predstavljaju, na

primer, morski sediment u kome se deponuje kalcijum karbonat ili deponiju za prethodno tretirani pepeo. Biohemijski ili termički procesi, kao što je degradacija celuloze ili benzena u neorganske supstance, tipični su primeri takvih procesa za organske materijale, gde su krajnji proizvodi ugljen-dioksid i voda (Brunner & Rechberger, 2014).

Postrojenja za dobijanje energije iz otpada igraju značajnu ulogu u postizanju ciljeva upravljanja otpadom. Oni transformišu organska jedinjenja u neorganske supstance, npr. ugljovodonike u vodu i ugljen-dioksid. Termička obrada je ključna i prepoznatljiva u eliminisanju opasnih organskih supstanci, minimiziranju rizika povezanih sa patogenim mikroorganizmima i virusima, odvajanju i koncentraciji vrednih ili toksičnih metala u određenim frakcijama (Brunner & Rechberger, 2015).

Danas se 27% ukupnog komunalnog otpada u EU termički obrađuje u postrojenjima za dobijanje energije iz otpada, reciklira i kompostira 48%, a 24% komunalnog otpada još uvek se odlaže na deponije (CEWEP, 2021).

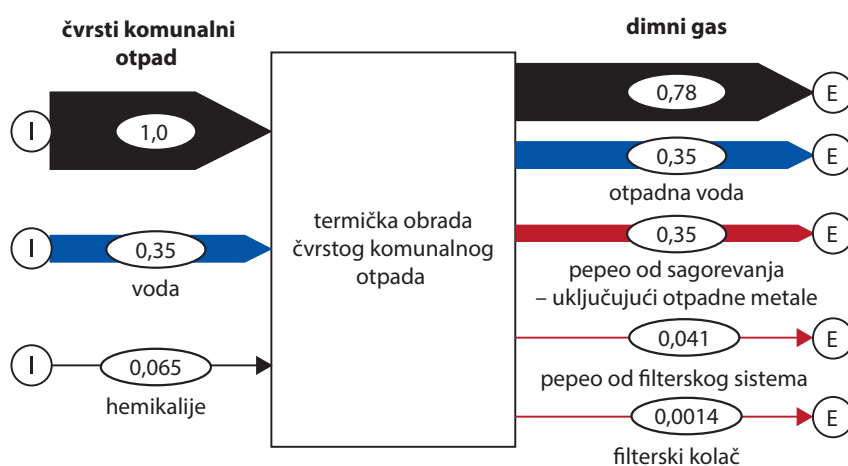
Glavne prednosti dobijanja energije iz otpada sa aspekta javnog zdravlja, zaštite životne sredine i klimatskih promena su:

Sanitacija

Termička obrada nudi značajnu prednost u uništavanju mikroorganizama zbog reakcione temperature od 850°C i više, sa vremenom zadržavanja dužim od 2 sekunde. Za razliku od drugih procesa obrade otpada, poput kompostiranja ili mehaničkog tretmana, termička obrada obezbeđuje pouzdano uništavanje svih bakterija, virusa, priona i drugih patogena. Ovaj ključni aspekt sanitacije je posebno neophodan tokom epidemija, gde treba zbrinuti velike količine infektivnog materijala. Pored toga, termička obrada je pouzdan metod u borbi protiv invazivnih biljaka i štetočina (Brunner & Rechberger, 2014).

Smanjenje mase i zapremine

Dosada se termička obrada otpada pokazala kao najefikasniji metod za smanjenje zapremine i mase otpada, što dovodi do očuvanja prostora na deponijama. Na slici 2 prikazani su maseni tokovi u tipičnom procesu sagorevanja čvrstog komunalnog otpada. U procesu sagorevanja otpada, najveći deo mase čvrstog otpada prelazi u gasnu fazu koja se pre ispuštanja u atmosferu prečišćava, dok je masa čvrstog ostatka koji se mora deponovati značajno smanjen.



Slika 2: Prosečni maseni tokovi postrojenja za dobijanje energije iz otpada, opremljenog sistemom za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha, izraženi u kilogramima po kilogramu čvrstog komunalnog otpada. Za funkcionisanje procesa sagorevanja potrebno je oko 5 kg vazduha po 1 kg čvrstog komunalnog otpada. Zbog toga se i količina dimnog gasa uvećava za istu veličinu. (VIRWa, 2023)

Maseni odnos čvrstog komunalnog otpada prema količini pepela od sagorevanja i pepela od filterskog sistema za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha je otprilike 4:1 i 10:1, respektivno, zavisno od sastava čvrstog komunalnog otpada, primenjenih tehnologija termičke obrade i sistema za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha. To znači da se oko 75% ukupne mase čvrstog komunalnog otpada emituje kao dimni gas. Što se tiče zapremine, čvrst ostatak je otprilike desetina zapremine čvrstog komunalnog otpada (Brunner & Rechberger, 2014).

Zaštita životne sredine

Više elemenata procesa dobijanja energije iz otpada garantuje usklađenost sa specifičnim standardima zaštite životne sredine. Odgovarajući sistemi za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha obezbeđuju da se štetne materije ne emituju u atmosferu. U zavisnosti od vrste otpada koji će se koristiti za dobijanje energije, potrebno je obezbediti adekvatan sistem za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha što i predstavlja suštinsku razliku između postrojenja. Dok se čisti otpad, kao što je čisto drvo ili nekontaminirani papir, može tretirati u standardnim industrijskim kotlovima, za druge vrste otpada, kao što su zapaljive frakcije, otpad nastao rušenjem ili opasni otpad, koriste se specijalizovana postrojenja sa složenim sistemima za sprečavanje nastanka zagađenja vazduha. Zakonodavni okvir na nivou EU obezbeđuje visok nivo zaštite životne sredine, pre svega kroz Direktivu EU o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) koja je uspostavila opširan katalog graničnih vrednosti emisije koje se moraju kontinuirano pratiti na izlazima dimnjaka. Uslovi za dozvole, uključujući granične vrednosti emisije, utvrđeni su na osnovu najboljih dostupnih tehnika (BAT). Direktiva zahteva od država članica da uspostave sistem procene uticaja na životnu sredinu i razviju planove inspekcije na osnovu kriterijuma zasnovanih na riziku. Posete lokalitetu se moraju vršiti najmanje jednom u 3 godine (Komisija EU, 2023). Jednu od ključnih uloga u inspekcijom nadzoru ima inspekcija zaštite životne sredine, koja u sinergiji sa ostalim inspekcijama treba da obezbedi da se postrojenjem upravlja u skladu sa planom, tehničkim karakteristikama i zakonom.

Zdravlje ljudi

Neadekvatno deponovanje otpada ugrožava javno zdravlje usled zagađenja koje nastaje i patogeni koji se pojavljuju, a koji mogu da zagade površinske i podzemne vode. Na nesanitarnim i divljim deponijama često izbijaju požari. Požari na deponijama predstavljaju značajnu pretnju po zdravlje ljudi i mogu izazvati dugoročne zdravstvene probleme. Kada dođe do paljenja proizvoda i materijala koji sadrže opasne hemikalije, poput žive i drugih teških metala, te hemikalije dospevaju u vazduh. Čak i nekontrolisano sagorevanje svakodnevnih materijala poput plastike, papira, slame i vegetacije, može stvoriti štetne supstance kao što su dioksini i furani (POP) i čestice čađi. Ove hemikalije se ne razlažu u prirodi i vremenom dolazi do njihove akumulacije u hrani i organizmu (UNITAR, 2023). Veoma su otrovne i mogu izazvati kancerogene i/ili teratogene posledice. Za razliku od požara i nekontrolisanog paljenja otpada, moderne i kontrolisane tehnologije pretvaranja otpada u energiju su u skladu sa najboljim dostupnim tehnikama (BAT) i strogo poštuju dozvoljene maksimalne koncentracije zagađujućih materija, čuvajući na taj način javno zdravlje i sprečavajući nastanak zdravstvenih problema, koji mogu biti izazvani drugačijim vidovima paljenja ili sagorevanja otpada.

Konačni načini zbrinjavanja

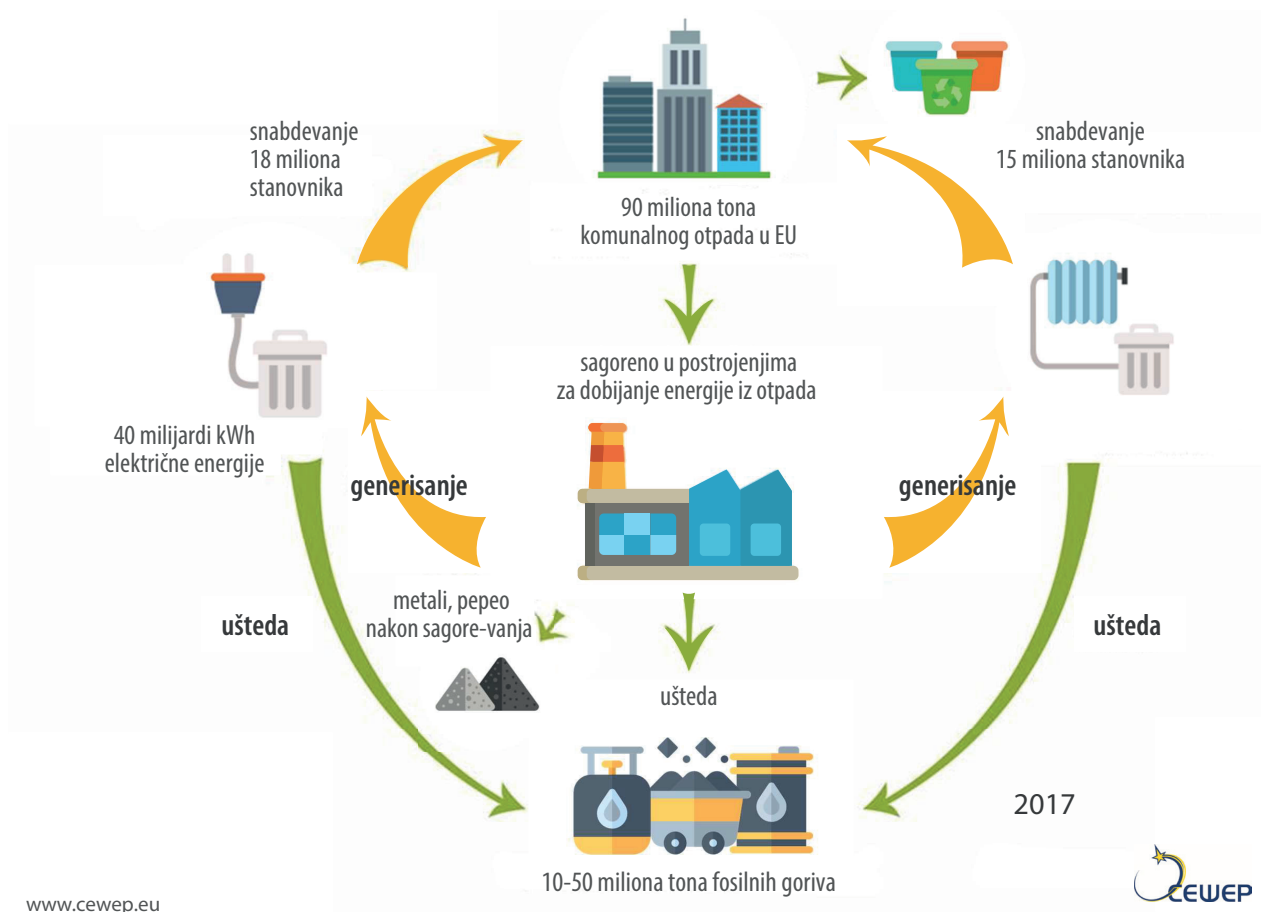
Postrojenja za dobijanje energije iz otpada nude značajnu prednost u odnosu na druge metode tretmana otpada: obezbeđuju adekvatna krajnja odredišta za mnoge opasne supstance, uključujući POP i teške metale. Dolazi do kontrolisanog hemijskog uništavanja postojanih organskih materijala, koji se pretvaraju u ugljen-dioksid (CO_2) i vodu (H_2O). Halogena organska jedinjenja sadržana u otpadu se razlažu na neorganske proizvode sagorevanja, kao što su hlorovodonična kiselina (HCl) i mineralni hloridi, koji predstavljaju znatno manji rizik po zdravlje ljudi i životnu sredinu i mogu se efikasno ukloniti iz dimnih gasova. Efikasni insineratori mogu postići skoro 99% konverzije organskog ugljenika u neorganske supstance. Teški metali se kvantitativno prenose u čvrste ostatke od spaljivanja i čišćenjem dimnih gasova, respektivno, bezbedno se trajno skladište na nadzemnim ili podzemnim deponijama. Ukoliko njihova fizička i hemijska svojstva to zahtevaju, čvrsti ostaci od sagorevanja mogu biti podvrgnuti solidifikaciji/stabilizaciji, kako bi se poboljšala njihova sklonost ispiranju i mehanička stabilnost pre nego što budu deponovani.

Očuvanje resursa

Proizvodi sagorevanja su istovremeno i ostaci tretmana i resursi. Uklanjanje opasnih jedinjenja iz ostataka i njihovo prevođenje u vredne sekundarne sirovine moguće je dodatnim tretmanom. Sve veći fokus je stavljen na potpunu reciklažu pepela nastalog nakon sagorevanja kroz ekstrakciju metala i nadogradnju preostale mineralne frakcije za građevinske svrhe. Pošto su neki metali kao što su gvožđe, nerđajući čelik, aluminijum, bakar i mesing, ali i zlato i drugi plemeniti metali, prisutni u metalnom obliku, mehanički procesi su posebno pogodni za odvajanje ovih materijala. U 2019. godini produkcija pepela nastalog nakon sagorevanja otpada u EU iznosila je oko 19 miliona tona. Reciklažom metala dobijenih iz njega ostvareno je smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG) za 2.000 kg ekvivalenta CO₂ po toni izdvojenog metala, što približno iznosi ukupno 3,8 miliona tona ekvivalentnog CO₂ (CEWEP, 2023a).

Rekuperacija energije

Korišćenje tehnologija za dobijanje energije iz otpada omogućava da se iskoristi energija iz otpada i na taj način optimizuje korišćenje resursa. Prema Konfederaciji evropskih postrojenja za dobijanje energije iz otpada (CEWEP), postrojenja za dobijanje energije iz otpada u Evropi snabdevala su 18 miliona stanovnika električnom energijom i 15,2 miliona toplotnom energijom u 2015. godini (CEWEP, 2023b). Ovo doprinosi smanjenju upotrebe tradicionalnih fosilnih goriva i smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG) u poređenju sa konvencionalnim elektranama. Zamena goriva, bilo da je u pitanju prirodni gas, nafta, kameni uglj ili lignit, je u opsegu od 10 do 50 miliona metričkih tona fosilnih goriva koje neće biti potrošene od strane tradicionalnih elektrana, što rezultira izbegavanjem emisije 24 do 49 miliona metričkih tona CO₂ dok se proizvodi ekvivalentna energija (CEWEP, 2023b). Na slici ispod prikazana je zamena fosilnih goriva dobijanjem energije iz otpada.



Slika 3: Prikaz dobijanja električne i toplotne energije iz otpada i uštede fosilnih goriva, prema CEWEP-u (CEWEP, 2023b)

Smanjenje emisije gasova staklene bašte

Postrojenja za dobijanje energije iz otpada su efikasno rešenje za smanjenje emisije gasova staklene bašte (GHG) koji nastaju raspadanjem otpada na deponijama i sagorevanjem otpada na otvorenom (UNEP, 2019). Uticaj postrojenja za dobijanje energije iz otpada na emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG) zavisi od različitih faktora, uključujući vrstu otpada i efikasnosti tehnologija koje se koriste, kao i mera kontrole emisija.

Energetsko iskorišćenje otpada emituje između 0,7 i 1,2 tona **ugljen-dioksida (CO₂)** po toni sagorelog otpada (Johnke, 2000), u zavisnosti od sadržaja ugljenika u otpadu. Samo emisije CO₂ iz fosilnih izvora se trenutno smatraju klimatski relevantnim za potrebe globalne analize, dok se emisije CO₂ iz biogenog otpada (kao što su papir, drvo, otpad od hrane) smatraju klimatski neutralnim.

Osim CO₂, energetsko iskorišćenje otpada može osloboditi i **druge gasove**, kao što su male količine **azotnog oksida (N₂O)**, koji su moćni gasovi sa efektom staklene bašte, ali se njihove emisije obično dobro kontrolišu kroz stroge standarde emisija i napredne tehnologije kontrole zagađenja (videti Poglavlje 7).

S druge strane, dobijanje energije iz otpada pruža mogućnosti smanjenja uticaja na klimatske promene, kada je u pitanju emisija metana (CH₄). Metan ima globalni potencijal zagrevanja (GWP) koji je oko 28 puta veći od potencijala CO₂. Kada se otpad odlaže na deponiju, on se razgrađuje i stvara se metan (CH₄) koji se ispušta u atmosferu (ako se ne izvrši energetsko iskorišćenje deponijskog gasa). Nasuprot tome, kada se isti otpad iskoristi za dobijanje energije, metan (CH₄) se kvantitativno oksiduje u CO₂, što dovodi do ukupnog smanjenja emisije gasova staklene bašte po toni otpada. Stoga, postrojenja za dobijanje energije iz otpada nude efikasno rešenje za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG) u odnosu na otpad koji se šalje na deponije i sagoreva na otvorenom (UNEP, 2019).

Pored toga, reforma sistema EU za trgovinu emisijama (EU ETS), koja uključuje i postrojenja za dobijanje energije iz otpada, predstavlja još jedan efikasan alat za borbu protiv klimatskih promena. Prema ovoj reformi, operateri koji dobijaju energiju iz otpada moraju da mere, izveštavaju i verifikuju emisije iz sagorevanja komunalnog otpada počevši od 1. januara 2024. Da bi tačno izveštavali o emisijama CO₂ koje su relevantne za klimu i energiju dobijenu iz otpada, ključno je pratiti emisije CO₂ iz sagorevanja otpada i praviti razliku između biogenih i fosilnih vrsta otpada iz kojih je energija dobijena. Na taj način možemo obezbediti da efikasno merimo uticaj na životnu sredinu i donosimo informisane odluke u vezi sa praksama upravljanja otpadom (videti Poglavlje 7.5).

Efikasno korišćenje zemljišta

Postrojenja za dobijanje energije iz otpada nude prednosti u pogledu očuvanja prostora i korišćenja zemljišta. Na primer, objekat koji prima 200.000 metričkih tona otpada godišnje (što odgovara količini otpada koji napravi do milion stanovnika godišnje) zahteva 4 do 6 hektara zemlje, u zavisnosti od toga da li se tretman pepela odvija na licu mesta ili u drugom (eksternom) postrojenju za tretman. Poređenja radi, sanitarna deponija bi zahtevala mnogo veću površinu, od 30 do 50 hektara zemlje tokom 15 godina, za odlaganje iste količine otpada (ISWA, 2023).

Komplementarnost između reciklaže i dobijanja energije iz otpada

Reciklaža materijala i dobijanje energije iz otpada idu ruku pod ruku kada je u pitanju tretman čvrstog komunalnog otpada. Postrojenje za dobijanje energije iz otpada je odredište za materijale koji se ne mogu reciklirati i mesto na kojem se štetne materije iz otpada mogu tretirati. Činjenica da zemlje sa najvećim procentom reciklaže (skandinavske zemlje, Holandija i Nemačka) imaju i najveći procenat dobijanja energije iz otpada ukazuje na to da se ova dva tretmana efikasno dopunjuju (ISWA, 2023). U suštini, tehnologije dobijanja energije iz otpada nude opciju za tretman otpada gde je reciklaža neprikladna ili neizvodljiva. Njihova primarna funkcija je da služe kao konačno skladište opasnih materijala, čime se materijali koji se vraćaju u upotrebu, a dobijeni su iz otpada oslobađaju od zagađenja izazvanog takvim supstancama. Pretvaranje otpada u vredne resurse je fundamentalni element cirkularne ekonomije. U tom smislu, postrojenja za dobijanje energije iz otpada su od suštinskog značaja za promovisanje cirkularne ekonomije

nudeći izvor sekundarnih sirovina i obnovljive energije. Ova strategija podržava ciljeve EU za 2025. u vezi sa pripremom za ponovnu upotrebu i reciklažu i cilj EU za 2035. u vezi sa smanjenjem odlaganja otpada na deponije, definisane u „Zelenom dogovoru“ 2020 (ISWA, 2023).

Javno prihvatanje

Uspešan rad postrojenja za dobijanje energije iz otpada i njihova korist pozitivno su uticali na javno mnjenje. Pokazalo se da je uključivanje javnosti u proces izdavanja dozvola ključan faktor u prihvatanja ove tehnologije i postrojenja od strane zajednice (Brunner & Rechberger, 2014). Pored toga, značajnu ulogu igra i poverenje u bezbednosne mere i propise koji regulišu postrojenja za dobijanje energije iz otpada. Razumevanje zakonom propisanih procedura i njihove usklađenosti sa pravnim okvirom EU, posebno u pogledu graničnih vrednosti emisija, pruža dodatnu sigurnost javnosti. Međutim, ključno je otkloniti zabrinutosti lokalne zajednice obezbeđivanjem podataka, studija i stručnih mišljenja o bezbednosti postrojenja za dobijanje energije iz otpada i njihovog uticaju na životnu sredinu. Stoga je sveobuhvatna strategija komunikacije ključna da bi se obezbedilo da svi dugoročno razumeju ovaj način tretmana otpada.

3.5 Vrste otpada koje se mogu koristiti za dobijanje energije

Postrojenja za dobijanje energije iz otpada su dizajnirana tako da koriste različite vrste otpada, uključujući čvrsti otpad, tečni otpad i određene vrste opasnog otpada. Vrste otpada koje se mogu koristiti za dobijanje energije variraju u zavisnosti od faktora kao što su: korišćena tehnologija, propisi vezani za zaštitu životne sredine i bezbednosni aspekti.

Vrste otpada koje se potencijalno mogu koristiti za dobijanje energije uključuju:

- biogas,
- gasoviti energenti dobijeni gasifikacijom,
- gasoviti energenti dobijeni pirolizom,
- biodizel,
- bioetanol,
- otpadno ulje (mineralno i sintetičko),
- otpadno ulje (biljna ulja, jestiva ulja),
- otpadni rastvarači (halogenizovani i nehalogenizovani),
- koncentracije industrijskog tečnog otpada,
- produkti tečne pirolize,
- drveni otpad,
- otpadni pneumaci i otpadna guma,
- otpadna plastika,
- otpadni papir,
- otpadni tekstil,
- biootpad (kako je definisano u Direktivi 2008/98/EC),
- gorivo dobijeno iz otpada - RDF (Refuse-Derived Fuel),
- nusproizvodi životinjskog porekla i dobijeni proizvodi,
- osušeni/obezvodnjeni komunalni mulj,
- osušeni/obezvodnjeni industrijski kanalizacioni mulj,
- produkti čvrste pirolize.

Tabela 1: Tipični opseg donjih toplotnih moći (Lower Heating Value, LHV) za različite vrste goriva dobijenih iz otpada (Waste Derived Fuels, WDF) koje se mogu pronaći u literaturi (Izvori: BMWA, 2022; LFL, 2024; NRW, 2005; TU Wien, 1999; Umweltbundesamt, 1992; Umweltbundesamt, 2001; Umweltbundesamt, 2003; Umweltbundesamt, 2006a; VDZ, 2009; VDZ, 2021)

| Vrste goriva dobijenih iz otpada (WDF) | LHV min. | LHV maks. | Jedinica |
|--|----------|-----------|--------------------|
| Biogas | 25.6 | 25.6 | MJ/Nm ³ |
| Biodizel | 36.6 | 36.6 | MJ/kg |
| Bioetanol | 26.7 | 26.7 | MJ/kg |
| Gorivo dobijeno iz otpada - RDF (Refuse Derived Fuel) (WDF iz mešovitog neopasnog otpada) | 13.0 | 18.0 | MJ/kg |
| Otpadno ulje (mineralno i sintetičko) | 27.0 | 34.2 | MJ/kg |
| Otpadni pneumatici, otpadna guma | 27.2 | 31.5 | MJ/kg |
| Jestivo ulje i mast | 12.0 | 31.8 | MJ/kg |
| Otpadni rastvarači | 23.0 | 32.0 | MJ/kg |
| Drvni otpad | 7.3 | 19.5 | MJ/kg |
| Otpadna plastika (čista) | 13.6 | 41.0 | MJ/kg |
| Otpadni papir | 9.4 | 23.9 | MJ/kg |
| Otpadni tekstil | 13.0 | 21.8 | MJ/kg |
| Biootpad (kao u WFD) | 6.7 | 7.3 | MJ/kg |
| Nusproizvodi životinjskog porekla i dobijeni proizvodi | 17.0 | 39.0 | MJ/kg |
| Osušeni/odvodnjeni komunalni mulj | 3.7 | 15.7 | MJ/kg |

Pored toplotne moći, postoje i drugi kriterijumi za procenu pogodnosti otpada za proces dobijanja energije. Minimalne i maksimalne energetske vrednosti koje su prikladne za sagorevanje otpada zavise od izabrane tehnologije sagorevanja i njenih procesnih parametara. Drugi kriterijumi uključuju veličinu otpada, homogenost, sadržaj vode, sadržaj inertnih jedinjenja (npr. kamenja, keramike, stakla, pepela) i sadržaj opasnih supstanci poput teških metala i halogeniranih organskih jedinjenja.

4 Upravljanje otpadom u Srbiji

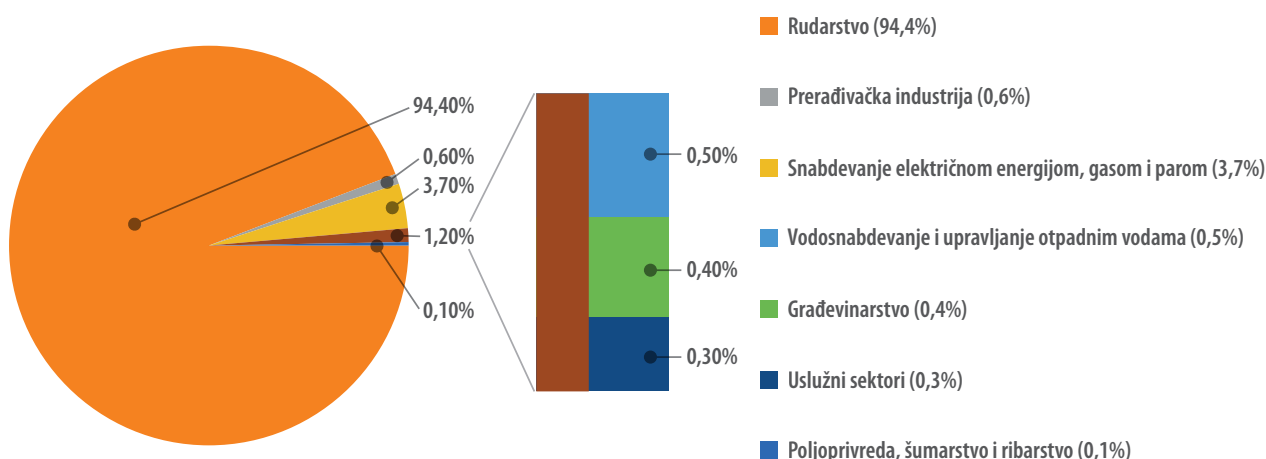
4.1 Generisanje otpada u Srbiji

Donošenjem Zakona o upravljanju otpadom – ZUO ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 i 35/2023), Republika Srbija je stvorila preduslove za razvoj integrisanog sistema upravljanja otpadom u skladu sa standardima propisanim relevantnim zakonodavstvom Evropske unije u ovoj oblasti.

Iako je upravljanje otpadom u Srbiji još uvek u početnoj fazi razvoja, primetan je napredak. Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022-2031. godine predviđa značajna ulaganja i poboljšanja u sistemu upravljanja otpadom. Trenutno je upravljanje otpadom u industrijskom i komercijalnom sektoru naprednije od upravljanja komunalnim otpadom.

Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, tokom 2022. godine u Republici Srbiji privredni sektori su proizveli 174,7 miliona tona otpada. Od ukupne količine otpada koje je proizveo privredni sektor 94,4%, predstavlja otpad nastao tokom istraživanja, iskopavanja iz rudnika ili kamenoloma i fizičko-hemijskog tretmana (Grupa 1). Pošto je otpad iz rudarstva (Grupa 1) izuzetak po Zakonu o upravljanju otpadom (ZUO) i nije u okviru sistema dobijanja energije iz otpada, neće se dalje razmatrati.

Slika 4: Struktura generisanog otpada u Republici Srbiji po sektorima privredne delatnosti u 2022. godini (Izvor: Republički zavod za statistiku, 2023.)



U skladu sa članom 22. ZUO, Agencija za zaštitu životne sredine Srbije (SEPA) obavlja poslove koji se odnose na: 1. Održavanje i ažuriranje baze podataka o upravljanju otpadom u informacionom sistemu zaštite životne sredine, u skladu sa zakonom kojim se uređuje zaštita životne sredine; 2. Vođenje evidencije o raspoloživim i potrebnim količinama otpada, uključujući sekundarne sirovine, razmenu i stavljanje ovih podataka na raspolaganje elektronskim putem; 3. Izveštavanje o upravljanju otpadom, u skladu sa preuzetim međunarodnim obavezama.

SEPA, u skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine – ZZŽS ("Službeni glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - izmena zakona, 72/2009 - izmena zakona, 43/2011 - odluka Ustavnog suda, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - izmene zakona i 95/2018 - izmene zakona), vodi Nacionalni registar izvora zagađivanja – NRIZ. NRIZ predstavlja jedinstven skup sistematizovanih podataka o izvorima zagađenja životne sredine na teritoriji Republike Srbije, uključujući i otpad, za koje informacije daju preduzeća i druga pravna lica koja predstavljaju izvore zagađenja.

Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS“, br. 56/2010, 93/2019 i 39/2021) razvrstava otpad u 20 grupa. Za sve grupe, osim Grupe 1, koja predstavlja otpad nastao tokom istraživanja, iskopavanja iz rudnika ili kamenoloma i fizičko-hemijskog tretmana, podatke prikuplja SEPA preko NRIZ-a.

Tabela 2: Ukupna količina otpada po kategorijama otpada iz Kataloga otpada u (t/god), bez Grupe 1 (rudarskog otpada) (SEPAa, 2023)

| Grupa | Godina | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 2 | 145549 | 128603 | 82251 | 64922 | 70606 | 32861 | 30647 | 38647 | 47492 | 117767 | 129932 | 162351 |
| 3 | 31840 | 32458 | 34623 | 26719 | 25574 | 32455 | 33238 | 32873 | 43708 | 46090 | 47942 | 51991 |
| 4 | 1613 | 2340 | 2664 | 3226 | 4276 | 6657 | 7830 | 11297 | 13684 | 8617 | 10870 | 12356 |
| 5 | 580 | 1387 | 3476 | 5573 | 1613 | 3642 | 5442 | 3694 | 2643 | 1884 | 1851 | 2916 |
| 6 | 50395 | 53548 | 70679 | 1701 | 2073 | 893 | 1076 | 877 | 1583 | 779 | 1328 | 1809 |
| 7 | 1538 | 4235 | 4835 | 6661 | 7763 | 7704 | 8645 | 14462 | 10487 | 7590 | 9746 | 8648 |
| 8 | 1477 | 1010 | 3912 | 3292 | 3624 | 3554 | 3618 | 3964 | 4278 | 3776 | 2686 | 2897 |
| 9 | 88 | 155 | 233 | 312 | 275 | 305 | 241 | 295 | 295 | 803 | 246 | 197 |
| 10 | 3358146 | 6430128 | 6739729 | 4454716 | 6499254 | 6546377 | 8250161 | 8252999 | 8264434 | 8379777 | 7711112 | 7003604 |
| 11 | 1378 | 1136 | 1953 | 1292 | 1355 | 2215 | 1828 | 1879 | 2509 | 2726 | 2643 | 3007 |
| 12 | 32796 | 15857 | 46238 | 52838 | 57243 | 56848 | 70727 | 63936 | 58850 | 44155 | 65706 | 67203 |
| 13 | 1944 | 5129 | 13628 | 12170 | 10751 | 10182 | 11598 | 13019 | 12279 | 8098 | 6234 | 8981 |
| 14 | 4 | 4 | 181 | 88 | 197 | 27 | 28 | 149 | 249 | 133 | 15 | 14 |
| 15 | 52845 | 51326 | 82553 | 84952 | 98717 | 105325 | 117824 | 143056 | 144345 | 135110 | 157750 | 163281 |
| 16 | 16139 | 22737 | 31192 | 47162 | 34497 | 38628 | 55397 | 54778 | 63834 | 70039 | 58832 | 61635 |
| 17 | 431109 | 1118052 | 78608 | 210732 | 258692 | 107897 | 232614 | 201930 | 329757 | 320879 | 240315 | 347541 |
| 18 | 2853 | 2519 | 2455 | 2873 | 2822 | 2824 | 2995 | 3607 | 3263 | 3452 | 4980 | 5771 |
| 19 | 473214 | 72281 | 227583 | 285579 | 339039 | 274930 | 405019 | 460356 | 509013 | 337457 | 323832 | 286693 |
| 20 | 2733825 | 2658549 | 2454520 | 2186297 | 1936309 | 1963776 | 2237622 | 2311969 | 2463422 | 3006260 | 2974975 | 3270079 |
| Ukupno | 7337333 | 10601454 | 9881313 | 7451105 | 9354680 | 9197100 | 11476550 | 11613787 | 11976125 | 12495392 | 11750995 | 11460971 |

4.2 Komunalni otpad

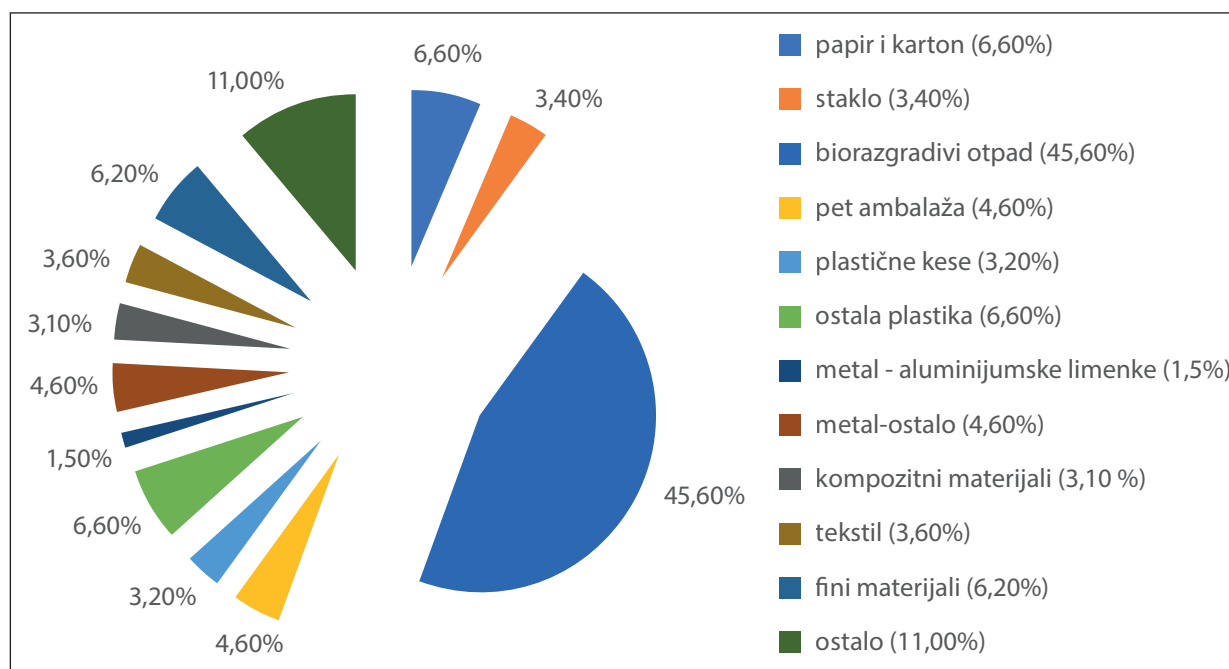
Grupa 20 predstavlja ukupnu količinu komunalnog i sličnog otpada. Za godišnji izveštaj o komunalnom otpadu za 2022. godinu, podatke za gradove i opštine je dalo 105 javno-komunalnih preduzeća (JKP), dok je za one koji nisu dostavili podatke urađena procena. Na osnovu ovih procena, indikatori za komunalni otpad u Republici Srbiji prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3: Indikatori komunalnog otpada (SEPA a, 2023)

| Opis | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ukupna količina generisanog otpada (mil. t) | 2,80 | 2,83 | 2,95 | 3,02 | 3,18 |
| Količina prikupljenog i deponovanog otpada od strane opštinskih JKP (mil. t) | 2.22 | 2.24 | 2.24 | 2.36 | 2.59 |
| Podvrgnuto postupku ponovnog iskorišćenja (R1 – R11) (mil. t) | 0,450 | 0,462 | 0,478 | 0,495 | 0,560 |
| Prosečni obuhvat prikupljanja otpada (%) | 87,2 | 86,2 | 86,4 | 88,0 | 87,0 |
| Srednja dnevna količina komunalnog otpada po stanovniku (kg) | 1,10 | 1,11 | 1,15 | 1,24 | 1.28 |

U skladu sa Metodologijom za obračun ukupne količine komunalnog otpada i stopa reciklaže u Republici Srbiji, koja je usklađena sa zahtevima Odluke o sprovođenju (EU) 2019/1004 kojom se utvrđuju pravila za obračun, verifikaciju i prijavljivanje podataka o otpadu u skladu sa Okvirnom direktivom o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC), a za prijavljivanje Eurostat-u, stopa reciklaže u Srbiji za 2022. godinu iznosila je 17,7%.

S obzirom na to da značajan broj gradova i opština nije dostavio izveštaje o količini i sastavu komunalnog otpada i da je većina dostavljenih izveštaja zasnovana na procenama, a ne na stvarnim merenjima i analizama, svi podaci prikazani u izveštaju o otpadu od strane SEPA su neprecizni.



Slika 5: Morfološki sastav komunalnog otpada u 2022. godini (SEPA a, 2023.)

Količina komunalnog otpada koji se odlaže na sanitarne deponije se konstantno povećava; međutim, većina komunalnog otpada se i dalje odlaže na nesantitarne i divlje deponije. U 2022. godini na dvanaest sanitarnih deponija deponovano je 1,29 miliona tona komunalnog otpada. Procena je da na ove sanitarne deponije otpad odlaže oko 42% stanovništva Republike Srbije (SEPA, 2023).

Pored 10 regionalnih i 2 lokalne sanitarne deponije, i dalje su u upotrebi 134 nesantitarne i divlje deponije (procena je da ih ima između 2.500 i 3.500). Nesantitarne i divlje deponije su posebno učestale u opštinama koje se još nisu priključile regionima za upravljanje otpadom, opštinama koje još nisu razvile regionalne sisteme upravljanja otpadom u potpunosti ili još uvek nisu obuhvatile celokupno stanovništvo organizovanim prikupljanjem otpada.

Većina komunalnog otpada završava na deponijama bez ikakvog sortiranja ili tretmana. Ovo je neodrživo i direktno je u suprotnosti sa principima upravljanja otpadom definisanim propisima EU, ali i domaćim zakonodavstvom. Pored izgradnje sanitarnih deponija i proširenja obima i kvaliteta usluga upravljanja otpadom, neophodno je primeniti metode tretmana otpada koje obezbeđuju minimalan uticaj otpada na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Trenutan način upravljanja otpadom ima negativne efekte na životnu sredinu i zdravlje ljudi, posebno sa sve većim brojem požara koji se javljaju na deponijama svake godine. Ministarstvo unutrašnjih poslova (MUP) je 2022. godine zabeležilo 1760 požara na deponijama. Ovo sugeriše da je u Srbiji u proseku dnevno gorelo više od 4 deponije. (O zdravstvenim problemima koje stanovništvu Srbije izaziva dosadašnja praksa odlaganja otpada na deponiju videti Poglavlje 11.2)

Razvoj efikasnog sistema tretmana otpada je ključan za Srbiju, kao i usklađivanje sa principima cirkularne ekonomije koji naglašavaju iskorišćenje materijala i energije iz otpada. Trenutno, dve fabrike cementa

u Srbiji (Lafarge BFC Srbija DOO Beočin i MORAVACEM DOO Popovac) koriste različite vrste otpada kao alternativna goriva u procesu proizvodnje.

Lafarge BFC Srbija DOO, koji se nalazi u Beočinu, ima operativni kapacitet od 4.000 tona klinkera dnevno. Primarna goriva koja koriste su ugalj (7.595 tona godišnje), petrol koks (50.867 tona godišnje) i prirodni gas, koji se koristi isključivo za potrebe grejanja peći. Razne vrste otpada služe kao alternativna goriva: otpadne gume, usitnjena guma i tehnički otpad od gume čine do 30% ukupne potrošnje toplotne energije; otpadno ulje daje do 12% ukupne potrošnje toplotne energije; komunalni i industrijski otpad iskorišćava se do 16% u glavnoj peći i do 30% u komori za kalcinaciju; naftni mulj čini do 12% ukupne potrošnje energije; mesno i koštano brašno doprinosi do 13% ukupne potrošnje energije.

MORAVACEM DOO, koji se nalazi u Popovcu, ima dnevni kapacitet proizvodnje klinkera od 2.000 tona, pri čemu ugalj i petrol koks čine 60% ukupne potrošnje goriva. Kompanija koristi otpad kao alternativni izvor goriva, uključujući gorivo dobijeno od otpada (RDF) sa 30%, i otpad i usitnjene gume sa 10%.

Cementara TITAN d.o.o. Kosjerić je u proceduri izrade Studije uticaja kako bi ishodovala dozvolu za upotrebu alternativnih goriva u proizvodnji cementa. Upravo ova cementara ima inicijativu prema deponiji Duboko Užice (regionalna sanitarna deponija) za zajednička ulaganja u opremu za proizvodnju SRFa/RDFa.

Najveća nesanitarna deponija u Beogradu je u procesu zatvaranja kroz javno-privatno partnerstvo. Planirano je da se tretman komunalnog otpada iz Beograda vrši u insineratoru Vinča (Beo čista energija doo Beograd), koji je počeo sa radom.

Jedan od značajnih izazova za korišćenje otpada kao alternativnog izvora energije u Srbiji je neadekvatna priprema komunalnog otpada za korišćenje u cementarama i insineratorima. Rešavanje ovog pitanja je od suštinskog značaja za povećanje efikasnosti i održivosti procesa tretmana otpada. Primer dobre prakse je saradnja operatera za upravljanje ambalažnim otpadom Sekopak i cementare Moravacem, gde operater snosi trošak transporta i pripreme komunalnog otpada preuzetog sa sortirnica regionalnih centara u Užicu i Pirotu, kog u najvećem procentu čini otpadna ambalaža.

Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022-2031. godine predviđa razvoj infrastrukture za proizvodnju goriva iz opada (RDF) u regionima velikih naselja. Planirana su tri objekta, svaki prosečnog kapaciteta od oko 75.000 tona godišnje. Predviđeno je da se na ovaj način reši pitanje nedovoljne pripreme komunalnog otpada za energetska iskorišćenje.

Najnovija procena SEPA-e pokazuje da se godišnje reciklira oko 15% (2022. godine 17,7%) komunalnog otpada. Jedinice lokalne samouprave (JLS) doprinose reciklaži sa svega do 3%, dok sve ostale reciklirane količine potiču iz neformalnog sektora i privrede. Nivo reciklaže komunalnog otpada direktno je vezan za aktivnosti i organizaciju sistema upravljanja otpadom koji regulišu jedinice lokalne samouprave (JLS), a sprovode javna komunalna preduzeća (JKP). Stopa reciklaže od 3% je nesrazmerno niska u poređenju sa kapacitetima i potencijalima JLS i JKP. Glavni razlog je to što većina JLS nije uvela sistem primarne selekcije otpada. Razlozi za to su višestruki, od nedostatka tehničkih, ljudskih i finansijskih kapaciteta do loše organizacije podataka i nepostojanja strateških dokumenata i mehanizama za sprovođenje zakonskih obaveza u ovoj oblasti. Odgovornost za sprovođenje primarne selekcije je na JLS. Iako JLS definiše odvajanje na izvoru i upotrebu odvojenih kontejnera namenjenih za plastiku, papir, staklo i metalni otpad, praktična primena odvojenog sakupljanja je ograničena i nepravilna u većini lokalnih samouprava. Sadašnja praksa je takva da se opasan otpad iz domaćinstava meša sa komunalnim otpadom i završava na deponijama, što je protivzakonito. Ovo ne samo da proizvodi zagađenje životne sredine, već predstavlja i pretnju po zdravlje ljudi.

Infrastrukturi za reciklažu u Srbiji nedostaje ravnoteža, a ukupna efikasnost nije maksimizirana. Sistem za odvojeno sakupljanje otpada je nedovoljno razvijen u odnosu na postojeće kapacitete za reciklažu. Postoji nekoliko registrovanih postrojenja za reciklažu za specifične materijale kao što su PET, plastika, metal i papir, ali celokupnu infrastrukturu za reciklažu treba poboljšati kako bi se uspostavio sveobuhvatniji i efikasniji sistem.

Aktivnosti koje imaju za cilj smanjenje stvaranja otpada, promociju ponovne upotrebe i popravke su minimalne i često ih direktno iniciraju civilni sektor i entuzijasti, dok napori državnih organa u ovoj oblasti nisu ni sporadični.

Tabela 4: Indikatori komunalnog otpada prema Eurostat-u, za Republiku Srbiju (SEPAa, 2023.)

| Indikator | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Ukupno generisani komunalni otpad [t] | 2.947.497 | 3.021.741 | 3.178.770 |
| Ukupno deponovani komunalni otpad [t] | 2.341.732 | 2.356.432 | 2.457.216 |
| Ukupni komunalni otpad deponovan na sanitarnim deponijama [t] | 558.568 | 850.115 | 1.294.126 |
| Ukupni komunalni otpad deponovan na nesanitarnim deponijama [t] | 1.783.164 | 1.506.317 | 1.163.090 |
| Udeo komunalnog otpada deponovan na nesanitarnim deponijama u odnosu na generisani [%] | 60.50 | 49.85 | 36.59 |
| Udeo komunalnog otpada deponovan na nesanitarnim deponijama u odnosu na deponovani [%] | 76.15 | 63.92 | 47.33 |
| Udeo deponovanog komunalnog otpada u odnosu na generisani [%] | 79.45 | 77.98 | 77.30 |
| Količina deponovanog biodegradabilnog otpada [t] | 1.418.129 | 1.427.031 | 1.488.066 |
| Generisani komunalni bio otpad [t] | 1.179.870 | 1.187.566 | 1.235.293 |
| Stepen reciklaže bio otpada [kg/inh] | 1.62 | 1.71 | 1.32 |
| Udeo komunalnog biodegradabilnog otpada u odnosu na ukupno proizvedeni u 2008. godini [%] | 88.49 | 89.04 | 92.86 |

4.3 Industrijski otpad

Na osnovu izveštaja koje su privredni subjekti dostavljali SEPA-i tokom 2022. godine, u Republici Srbiji generisano je ukupno 8,28 miliona tona industrijskog otpada, od čega je 80 hiljada tona opasnog otpada. Leteći pepeo od uglja i pepeo, šljaka i prašina iz kotlova (šifra 10 01) iz termoelektrana čine 77% ukupne količine proizvedenog industrijskog otpada. Pored ovih, u značajnim količinama nastaju i druge vrste otpada koji potiču iz termičkih procesa, pre svega neobrađena šljaka i otpad od prerade šljake u industriji gvožđa i čelika.

Tabela 5: Evidentirane količine proizvedenog otpada za 2022. godinu prema poreklu bez komunalnog otpada iz domaćinstava (SEPA, 2023.)

| Grupa | Delatnost u toku koje nastaje otpad | Količina neopasnog otpada (t) | Količina opasnog otpada (t) |
|-------|---|-------------------------------|-----------------------------|
| 02 | Poljoprivreda i priprema i prerada hrane | 162.351 | 0,16 |
| 03 | Drvena industrija, papir, karton | 51.991 | / |
| 04 | Kožarska, krznarska i tekstilna industrija | 12.356 | / |
| 05 | Prerada nafte, prirodnog gasa i tretmana uglja | 0,001 | 2.916 |
| 06 | Neorganska hemijska industrija | 149 | 1.660 |
| 07 | Organska hemijska industrija | 8.184 | 464 |
| 08 | Premazi, lepkovi, zaptivači i štamparske boje | 1.483 | 1.414 |
| 09 | Fotografska industrija | 92 | 102 |
| 10 | Otpad iz termičkih procesa | 6.987.570 | 16.034 |
| 11 | Zaštita metala i drugih materijala | 1.256 | 1.751 |
| 12 | Oblikovanje i površinska obrada metala i plastike | 66.517 | 686 |
| 13 | Otpadna ulja i ostaci tečnih goriva | / | 8.981 |
| 14 | Otpadni organski rastvarači, rashladna sredstva | / | 14 |
| 15 | Ambalažni otpad, apsorbenti, krpe za brisanje | 159.694 | 3.587 |
| 16 | Otpad koji nije drugačije specificiran u katalogu | 44.150 | 17.485 |
| 17 | Građevinski otpad i otpad od rušenja | 332.692 | 14.849 |
| 18 | Zdravstvena zaštita ljudi i životinja | 1.080 | 4.691 |
| 19 | Otpad iz postrojenja za obradu otpada | 284.013 | 2.680 |
| 20 | Komunalni i sličan otpad | 86.788 | 3.291 |
| | Ukupno | 8.200.367 | 80.604 |

Veliki zagađivači, za koje se podaci prikupljaju preko Registra ispuštanja i prenosa zagađujućih materijala (RIPZM), generisali su 89% industrijskog otpada (7,35 miliona tona). Srbija od 2011. godine dobrovoljno dostavlja podatke iz svog RIPZM registra Evropskoj agenciji za životnu sredinu.

Kao i u ukupnoj količini industrijskog otpada, i u količinama nastalog opasnog otpada dominiraju termički procesi.

Tabela 6: Vrste opasnog otpada stvorenog tokom 2022. godine sa značajnim količinama (SEPA, 2023)

| Indeksni broj | Otpad (2022) | Količine (t) |
|---------------|---|--------------|
| 17 02 04* | Staklo, plastika i drvo koje sadrže opasne supstance ili su kontaminirane opasnim supstancama | 13334 |
| 10 02 07* | Čvrsti otpadi iz procesa tretmana gasa koji sadrži opasne supstance | 6013 |
| 10 02 13* | Muljevi i filter - kolači (pogače) iz procesa tretmana gasa koji sadrže opasne supstance | 5166 |
| 16 06 06* | Posebno sakupljen elektrolit iz baterija i akumulatora | 4060 |
| 16 07 08* | Otpadi koji sadrži ulje | 4583 |
| 18 01 03* | Otpadi čije sakupljanje i odlaganje podleže posebnim zahtevima zbog sprečavanje infekcije | 4640 |
| 20 01 35* | Odbačena električna i elektronska oprema koja sadrži opasne komponente | 3132 |
| 05 01 03* | Mulj sa dna rezervoara | 2656 |
| 16 06 01* | Olovne baterije | 2556 |
| 15 01 10* | Ambalaža koja sadrži ostatke opasnih supstanci ili je kontaminirana opasnim supstancama | 2469 |
| 10 10 11* | Ostale čvrste čestice koje sadrže opasne supstance | 2382 |

Većina letećeg pepela iz uglja ostaje uskladištena na lokaciji proizvođača. Najveći deo deponovanog otpada čini otpad od prerade šljake u industriji gvožđa i čelika, kao i zemljište i iskopine od građevinskog otpada.

Što se tiče ponovne upotrebe, glavni doprinosi su neobrađena šljaka iz industrije gvožđa i čelika, elektrofilterski pepeo uglja i čvrsti otpad na bazi kalcijuma.

Tabela 7: Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2022. (SEPA, 2023.)

| Industrijski otpad (2022) | Opasan otpad (t/god) | Neopasni otpad (t/god) |
|---|----------------------|------------------------|
| Industrijski otpad proizveden 2022 | 80.604 | 8.204.297 |
| Predato na privremeno skladištenje drugom preduzeću | 17.958 | 419.393 |
| Predato na odlaganje | 11.383 | 393.592 |
| Predat za ponovno iskorišćenje | 35.102 | 1.281.617 |
| Izvoz | 7.424 | 18.871 |
| Ostalo na skladištu proizvođača | 8.737 | 6.090.824 |

Klasifikacija postupaka upravljanja otpadom za reciklažu (R) i odlaganje (D) u propisima Srbije je preneti iz direktiva EU. Klasifikacija R (reciklaža) i D (odlaganje) se koristi za praćenje procesa reciklaže ili odlaganja otpada unutar zemlje ili tokom prekograničnog transporta. Ova klasifikacija se primenjuje i kod izdavanja dozvola za objekte koji se bave reciklažom ili odlaganjem otpada.

Pravilnikom o kategorizaciji, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS”, br. 56/2010, br. 93/2019, br. 39/2021) definisani su postupci za reciklažu (R) i odlaganje otpada (D).

Tabela 8: Količine odloženog otpada prema D oznakama (SEPA, 2023.)

| Oznaka načina deponovanja | Količine odloženog otpada (2022) | |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|
| | Opasan otpad (t/god) | Neopasni otpad (t/god) |
| D1 | / | 1.422.578 |
| D2 | / | 100 |
| D5 | 5.967 | 1.285.776 |
| Ukupno | 5.967 | 2.708.454 |

Od ukupno deponovanog otpada, oko 2,71 miliona tona, oko 1,3 miliona tona je odloženo na sanitarne deponije. Najveći deo deponovanog neopasnog otpada čini komunalni i sličan otpad, zatim različite frakcije građevinskog otpada (Grupa 17), a zatim otpad od prerade šljake.

Opasan otpad (5.562 tone), koji se odlaže na deponiju za industrijski otpad, uglavnom se sastoji od mulja i filterskih kolača koji nastaju u termičkim procesima u industriji gvožđa i čelika. Manji deo opasnog otpada (404 tone) deponovan je na sanitarnim deponijama koje imaju dozvolu za takvo odlaganje, prvenstveno od građevinskih i izolacionih materijala koji sadrže azbest i ostataka izolacionih materijala koji sadrže opasne materije.

Tabela 9: Količine ponovo iskorišćenog otpada prema R oznakama u 2022. (SEPA, 2023.)

| Oznaka načina tretmana | Količine prerađenog otpada (2022) | |
|------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | Opasan otpad (t/god) | Neopasni otpad (t/god) |
| R1 | 9.950 | 247.809 |
| R2 | / | 404 |
| R3 | 6.717 | 472.399 |
| R4 | 54.591 | 969.413 |
| R5 | 3.421 | 489.368 |
| R6 | 156 | / |
| R7 | 5.457 | 14.782 |
| R8 | / | / |
| R9 | 1.305 | / |
| R10 | 44 | / |
| R11 | 4.954 | 53.741 |
| Ukupno | 86.595 | 2.247.916 |

Tokom 2022. godine, najviše korišćene vrste neopasnog otpada koje su vraćene u proizvodne procese bili su metali, otpad iz termičkih procesa, papir i karton. Kada je u pitanju opasan otpad, najviše je prerađeno električne i elektronske opreme, olovnih baterija, otpada koji sadrži ulja, infektivnog otpada iz zdravstvenih ustanova i mulja sa dna rezervoara.

4.4 Prekogranična otprema otpada

Srbija nastavlja da pokazuje trend uvoza i izvoza istih vrsta otpada, sa akcentom na otpadni papir i metale. Izvoz otpada, posebno onih sa potencijalom za ponovnu upotrebu u okviru kapaciteta Srbije, i dalje je izazov.

Više od polovine izvezenog otpada čine metali, pre svega oni koji sadrže gvožđe. Pored metala, uveliko se izvozi i papirna i kartonska ambalaža, otpadni papir i karton, staklena ambalaža. Što se tiče opasnog otpada, izvoz uglavnom uključuje otpad koji nastaje pri tretmanu gasa iz industrije gvožđa i čelika, zatim olovne baterije, opasne komponente iz elektronskog otpada, nehlorisana mineralna motorna ulja, sumporna kiselina i sumporasta kiselina. Otpad se najviše izvozi u Hrvatsku, Bugarsku i Severnu Makedoniju (SEPA, 2023).

Tabela 10: Uvoz otpada u Srbiju i izvoz otpada iz Srbije u tonama godišnje u 2022. (prema: SEPA, 2023)

| Prekogranična otprema otpada (2022) | Uvoz (t/god) | Izvoz (t/god) |
|-------------------------------------|--------------|---------------|
| Opasan otpad | 8.163 | 16.130 |
| Neopasni otpad | 263.009 | 238.849 |
| Ukupno | 271.172 | 254.979 |

Papirna i kartonska ambalaža, otpadni papir i karton čine 65% ukupno uvezenog otpada za dalju preradu. Što se tiče uvoza opasnog otpada koji se prerađuje, on se uglavnom sastoji od olovnih baterija. Otpad za dalju preradu se prvenstveno uvozi iz Hrvatske, Mađarske, Bosne i Hercegovine i Severne Makedonije. Opasni otpad za dalju preradu se najviše uvozi iz Crne Gore i Bosne i Hercegovine.

4.5 Posebni tokovi otpada

Član 5. ZUO definiše posebne tokove otpada kao one za koje je potrebno propisati posebne mere u pogledu prikupljanja, transporta, skladištenja, prerade, ponovne upotrebe i odlaganja. Posebni tokovi otpada u Srbiji su korišćene baterije i akumulatori, otpadna ulja, otpadne gume, otpad od električnih i elektronskih proizvoda, otpadna vozila, ambalažni otpad, otpadne fluorescentne cevi koje sadrže živu, otpad od proizvodnje titanijum dioksida, farmaceutski i medicinski otpad, PCB i PCB otpad, azbestni otpad, POPs otpad, građevinski otpad i otpad od rušenja, otpad od mulja, otpadna živa i jedinjenja žive. Proizvođači i uvoznici proizvoda koji nakon upotrebe postaju posebni tokovi otpada dužni su da podnose redovne godišnje izveštaje SEPA.

Tabela 11: Količina pojedinih vrsta proizvoda koji nakon upotrebe postaju posebni tokovi otpada, evidentirana u informacionom sistemu NRPS do 24. avgusta 2023. (prema: SEPA, 2023)

| Kategorija (2022) | Količina (t) |
|------------------------------------|--------------|
| Električni i elektronski proizvodi | 20.226,40 |
| Ulja | 48.567,11 |
| Gume | 44.264,9 |
| Baterije i akumulatori | 17.487,6 |
| Vozila | 187.230,55 |

Tabela 12: Količine i način postupanja sa posebnim tokovima otpada u 2022. godini (SEPA, 2023)

| Vrsta otpada | Odložen otpad (t) | Ponovno iskorišćenje otpada (t) | Izvezen otpad (t) | Uvezen otpad (t) |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|------------------|
| EE otpad | / | 34.532 | / | / |
| Otpadni azbest | 253 | / | / | / |
| Otpadna ulja | / | 2.200 | 1.522 | / |
| Otpadne gume | 91 | 55.137 | / | 128 |
| Otpadne baterije i akumulatori | / | 21.685 | 3.489 | 8.163 |
| Vozila | / | 2.212 | / | / |

U Tabeli 12 prikazane su količine posebnih tokova otpada za šest vrsta za koje se prati količina proizvoda stavljenih na tržište.

4.6 Ambalažni otpad

Upravljanje ambalažnim otpadom definisano je Zakonom o ambalaži i ambalažnom otpadu – ZAAO („Službeni glasnik RS“, br. 36/2009 i 95/2018 – preč.). U Srbiji postoji sedam operatera koji imaju dozvole za upravljanje ambalažnim otpadom. U ime 1.918 pravnih lica u 2022. godini upravljali su ambalažnim otpadom i plasirali na tržište 399.906 tona ambalaže. Pravna lica koja nisu prenela svoje obaveze na operatere ambalažnog otpada u promet su stavila 1.326,88 tona ambalaže, što je rezultiralo sa ukupno 401.232,9 tona stavljenih ambalaže u promet tokom 2022. godine.

Prema izveštajima operatera sistema upravljanja ambalažnim otpadom, ponovo je iskorišćeno 256.125,5 tona, a reciklirano 243.909,2 tone, čime su ispunjeni nacionalni ciljevi za ponovnu upotrebu i reciklažu ove vrste otpada za 2022. godinu.

Izmenama Uredbe o utvrđivanju plana smanjenja ambalažnog otpada od 2020. do 2024. godine (“Službeni glasnik RS“, br. 81/2020-7, 93/2023-27) usvojeni su ciljevi za reciklažu ambalažnog otpada od 58%, a 67% za ponovno iskorišćenje. Takođe, propisano je da se za ispunjenje opšteg cilja za ponovno iskorišćenje ambalažnog otpada, za količine koje nisu reciklirane, prihvata samo ponovno iskorišćenje količine ambalažnog otpada izdvojenog za energetska iskorišćenje iz komunalnog otpada.

4.7 Otpadni mulj

U 2023. godini usvojen je Program upravljanja muljem u Republici Srbiji za period 2023–2032. („Službeni glasnik RS“, br. 84/2023). Mulj se definiše kao krajnji nusproizvod prečišćavanja otpadnih voda koji potiče iz različitih izvora u procesu prečišćavanja otpadnih voda. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku u 2021. godini, samo 15% prikupljenih otpadnih voda se prečisti. Efikasno upravljanje muljem koji nastaje prečišćavanjem otpadnih voda u postojećim i planiranim objektima predstavlja jedan od značajnih izazova za Srbiju.

Do kraja planskog perioda (2023–2041. godina) predviđa se da će Republika Srbija imati oko 0,5–0,6 miliona tona digestiranog i obezvodnjenog mulja (sa prosečnim sadržajem suve materije od 25% i sadržajem vlage od 75%). Ova procena zavisi od angažovanog kapaciteta pojedinačnih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Za sada ne postoji uspostavljena infrastruktura ili sistem za odlaganje mulja, a konačna odluka o odgovarajućem načinu postupanja tek treba da se donese. Međutim, izvesno je da će unapređenje sistema za prečišćavanje otpadnih voda rezultirati povećanjem količina mulja koji će zahtevati tretman, korišćenje ili odlaganje.

4.8 Dobijanje goriva iz otpada

Odlaganjem otpada na deponije bespovratno se gube dragocene materijalne i energetske vrednosti otpada. Korišćenjem goriva dobijenog iz otpada smanjuje se upotreba fosilnih goriva (često uglja), kao i posledice koje sagorevanje fosilnih goriva ima na životnu sredinu (emisije gasova sa efektom staklene bašte, emisije oksida sumpora, velike količine pepela...). Pored toga, smanjuje se količina komunalnog i industrijskog otpada koji se odlaže na deponije.

Prema stepenu rafinisanja postoje dva proizvoda koja nastaju u postrojenjima za mehanički tretman otpada (MT) ili mehaničko-biološki tretman otpada (MBT):

- Solid Recovered Fuel (SRF) čvrsto obnovljivo gorivo ukoliko je u skladu sa standardima EN 15359:2011,
- Refuse Derived Fuel (RDF) gorivo dobijeno iz otpada ako proizvodnja ne poštuje određene specifikacije.

Ove vrste goriva mogu se koristiti u postrojenjima za dobijanje energije iz otpada ili u postrojenjima koja mogu da koriste gorivo dobijeno iz otpada kao alternativno gorivo umesto fosilnih goriva.

Čvrsto obnovljivo gorivo (SRF) je „čvrsto gorivo pripremljeno (prerađeno, homogenizovano i poboljšano do kvaliteta kojim se trguje među proizvođačima i korisnicima) od neopasnog otpada koji se koristi za iskorišćavanje energije u postrojenjima za sagorevanje i ko-sagorevanje, i koje pri tome ispunjava zahteve za klasifikaciju i specifikacije utvrđene u odgovarajućem standardu (EN 15359 odnosno SRPS EN 15359)“. Mada se pojmovi RDF i SRF često koriste za opisivanje istog goriva dobijenog iz otpada, SRF se mora razlikovati od ostalih goriva dobijenih iz otpada (često nazivanih RDF), koji ne ispunjavaju zahteve standarda EN 15359. Postoji 125 mogućih klasa čvrstih obnovljenih goriva (SRF), zasnovanih na graničnim vrednostima za srednju vrednost donje toplotne moći, srednje vrednosti sadržaja hlora (suva osnova) i srednje vrednosti i osamdesetprocentnih vrednosti za sadržaj žive (prema prijemu).

RDF je usitnjeni gorivi deo otpada koji se sastoji od različitih neopasnih otpadnih materijala u koje se dodaju gorivi ostaci obrade komunalnog otpada, industrijskog otpada i muljeva postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Ima visoku toplotnu moć i nema mirisa, te je pogodan za upotrebu kao alternativno gorivo u cementnoj industriji. RDF može biti u rastresitom obliku, baliran i u obliku briketa (peleti) radi lakšeg prevoza na veće udaljenosti.

Prema propisima RDF se ubraja u neopasni otpad sa kataloškim brojem 19 12 10 - gorivo dobijeno iz otpada.

U skladu sa EU Okvirnom direktivom o otpadu (2008/98/EC, WFD), definicija tzv. RDF je unapređena i zamenjena novom (pod nazivom SRF), a karakteristike su u skladu sa tehničkim standardom EN 15359:2011, izrađenim od strane CEN/TC 343. SRF je definisan kao čvrsto gorivo proizvedeno od neopasnog otpada odgovarajućim tretmanom, čime je dovedeno do kvaliteta kako bi se omogućila pouzdana trgovina između proizvođača i korisnika u cilju upotrebe kao goriva u postrojenjima za sagorevanje i ko-sagorevanje. Ovaj standard prepoznaje više klasa SRF u zavisnosti od njegovih ključnih karakteristika, prisustva pojedinih komponenata u njemu, posebno hlora i žive, kao i vrednosti donje toplotne moći (Tabela 13). Druge karakteristike, kao što su dimenzije, udeo vlage, pepela, teških metala, gustina i sl. svaka zemlja može dodatno propisati. U Republici Srbiji usvojen je standard SRPS EN 15359:2012, koji se odnosi na čvrsta goriva dobijena iz otpada (SRF).

Tabela 13: Klase i karakteristike SRF u skladu sa EN 15359 (Vujić, G., Jovović, A., Mitrović, S., 2023):

| Indikator | Karakteristika/ parametar | Jedinica | Klasa | | | | |
|-----------|------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ekonomski | Donja toplotna moć | MJ/kg | ≥ 25 | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 10 | ≥ 3 |
| Tehnički | Udeo hlora | % | ≤ 0.2 | ≤ 0.6 | ≤ 1.0 | ≤ 1.5 | ≤ 3.0 |
| Ekološki | Udeo žive | mg/MJ (medijana) | ≤ 0.02 | ≤ 0.03 | ≤ 0.08 | ≤ 0.15 | ≤ 0.50 |
| | | mg/MJ (80ti percentil) | ≤ 0.04 | ≤ 0.06 | ≤ 0.16 | ≤ 0.30 | ≤ 1.00 |

SRF sa karakteristikama u klasama označenim sivom bojom je najkvalitetniji. Zbog strogo utvrđenih parametara, za pripremu SRF-a potrebna su posebna postrojenja za tretman i rafinisanje otpada, koja su trenutno rasprostranjena u Evropi, ali nisu značajno prisutna u Srbiji.

U odnosu na primenjeni kriterijum klasifikacije, moglo bi se zaključiti da karakteristike i kvalitet materijala zavise od lokacije nastajanja otpada, ali još više od načina upravljanja otpadom, posebno nivoa primarne separacije. Ako se, na primer, brižljivo izdvajaju predmeti od PVC ili termometri sa živom, jasno je da će se udeo hlora i žive smanjiti u preostalom otpadu, tj. porašće kvalitet SRF u odnosu na te kriterijume. Visoka toplotna moć SRF-a potencijalno nije kompatibilna s velikim udelom biomase, jer je visoka toplotna moć često povezana sa sadržajem plastike. Generalno, kada se govori o visokom kvalitetu, to upućuje na nizak nivo zagađujućih komponentata poput hlora.

Proizvodnja goriva iz otpada veoma je dobro razvijena u centralnoj Evropi, Italiji i Velikoj Britaniji, ali sa različitim načinima iskorišćenja. Dok se u Nemačkoj i Austriji SRF proizvodi za korišćenje u lokalnim termoelektranim objektima, postrojenjima za dobijanje energije iz otpada i cementarama, SRF proizveden u Italiji i Velikoj Britaniji se uglavnom izvozi usled nedostatka kapaciteta za korišćenje.

Način korišćenja, proces izvoza, tj. prekograničnog kretanja, trgovine i transporta, definisan je Bazelskom konvencijom. Da bi se izbegli potencijalni problemi usled lošeg planiranja, a koji mogu dovesti do povišenih emisija ili drugih negativnih uticaja na životnu sredinu, razvijen je set osnovnih principa pri radu i korišćenju SRF.

Osnovni principi su:

- Hijerarhija upravljanja otpadom mora da uvek bude poštovana;
- Moraju se izbeći dodatne emisije i uticaj na zdravlje ljudi;
- Kompanije koje nameravaju da primene ko-sagorevanje moraju se za taj proces kvalifikovati;
- Primena ko-sagorevanja mora biti u skladu sa nacionalnim okolnostima i propisima.

Ovde bi trebalo imati u vidu da je, nezavisno od vrste alternativnog goriva, njegovo korišćenje i emisija u životnu sredinu u državama EU regulisano Direktivom o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) i primenom odgovarajućeg BAT referentnog dokumenta.

Svetska praksa je da se kod korišćenja alternativnih goriva emisija CO₂ ne računa kao doprinos emisiji gasova sa efektom staklene bašte, prvenstveno zbog smanjenja emisija sa deponija. Emisija CO₂ na deponijama je značajna, iz jedne tone otpada oslobađa se oko 0,27 t CO₂. Za dobijanje 4 t RDF-a potrebno je 10 t otpada, što znači da se upotrebom 1 t RDF-a spreči emisija 0,675 t CO₂ koji bi nastao ako bi se otpad deponovao.

4.9 Spaljivanje otpada u Srbiji

Prvo postrojenje za dobijanje energije iz otpada (Efw) u Republici Srbiji i regionu Balkana izgrađeno je u Vinči u okviru projekta Javno privatnog partnerstva (JPP) upravljanja otpadom u Beogradu, koji predstavlja platformu za cirkularnu ekonomiju i sistem upravljanja otpadom za grad Beograd i njegovih 1,7 miliona stanovnika.

Grad Beograd je nakon nadmetanja na tenderu dodelio JPP ugovor za finansiranje, projektovanje, izgradnju i 25-godišnji rad konzorcijumu koji su formirali Veolia Group i Marguerite Fund, koji je osnovao Beo Čista Energija d.o.o.

Glavni ciljevi JPP projekta upravljanja otpadom u Beogradu su:

- Smanjiti uticaj otpada na životnu sredinu;
- Izgraditi i upravljati modernom infrastrukturom za tretman otpada;
- Dobijanje obnovljive energije iz otpada;
- Zatvoriti i sanirati drugu najveću deponije u Evropi (ISWA) koja je u funkciji od 1977.

Uloga insineratora u kompleksu Vinča je u skladu sa hijerarhijom otpada – 66% isporučenog komunalnog otpada, nakon izdvajanja reciklabilnih komponenti, je namenjeno za dobijanje energije. Pri projektovanju insineratora uzet je u obzir trend povećanja ukupne količine komunalnog otpada pa je ukupni kapacitet postrojenja za dobijanje energije iz otpada optimizovan u skladu sa time.

Grad Beograd sa Centrom za upravljanje otpadom Vinča i proizvodnjom 30,24 MW električne energije i 56,50 MW toplotne energije iz termičkog tretmana čvrstog komunalnog otpada pridružuje se brojnim zemljama EU sa objektima za dobijanje energije iz otpada. Insinerator će preraditi 340.000 tona otpada godišnje, odnosno 43,6 tona na sat komunalnog otpada donje toplotne moći 8,5 MJ/kg. Smanjenjem deponovanja čvrstog komunalnog otpada za 340.000 tona godišnje, i njegovim termičkim tretmanom u postrojenju u Vinči, više od 5% beogradskih domaćinstava će se snabdevati električnom energijom, a više od 10% domaćinstava toplotnom energijom za grejanje čime se zamenjuje korišćenje fosilnih goriva i smanjuje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG).

Postrojenje za dobijanje energije iz otpada je opremljeno jedinicom za sagorevanje - MARTIN reverzibilnom rešetkom tipa Vario i vertikalnim kotlom za rekuperaciju toplote. Dimni gas se prečišćava korišćenjem sistema "Selektivna nekatalitička redukcija" (SNCR) sa ubrizgavanjem uree i patentiranim "SecoLABTM" sistemom. Postrojenje je opremljeno u skladu sa najboljim dostupnim tehnikama propisanim BAT zaključkom 2019/2010. Nakon sagorevanja otpada, prečišćeni gasovi ispuštaju se u atmosferu kroz dimnjak. Ostaci procesa prečišćavanja dimnih gasova koji su izdvojeni na vrećastim filterima se skladište u silosu, nakon čega se koriste kao reciklirani materijal u građevinskoj industriji. Pepeo iz insineratora koji ostaje nakon što se otpad sagori na oko 850°C (oko 26%) sadrži negorive materije iz otpada. Ovo uključuje metale, beton i staklo, koji se skladište, sakupljaju i šalju na reciklažu. Primenjenim tehnologijama emisija štetnih gasova svedena je na vrednosti koje su znatno niže od dozvoljenih vrednosti emisije prema važećim propisima u Srbiji i ispunjavaju kriterijume po najnovijim propisima u Evropskoj uniji, čime se podiže nivo zaštite životne sredine. Od početka izgradnje 2019. godine, postrojenje za dobijanje energije iz otpada je redizajnirano kako bi bilo u skladu sa najnovijim BREF-om iz 2019.

Beo Čista Energija d.o.o. je prvi projekat postrojenja za proizvodnju energije iz otpada koji je sertifikovan od strane Gold Standard-a i prvi sertifikovan u Srbiji. Projekat će smanjiti emisiju gasova sa efektom staklene bašte za ekvivalentnih 210.000 tona CO₂ godišnje i doprineti ispunjavanju Ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih nacija.

4.10 Glavni izazovi upravljanja otpadom u Srbiji

Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period od 2022. do 2031. godine (PUU, 2022) daje prikaz trenutnog stanja sistema upravljanja otpadom u Srbiji i identifikuje ključne izazove:

- Nedostatak pouzdanih podataka: Nedovoljni i nepouzdana podaci o količinama, sastavu, generisanju, prikupljanju, reciklaži i odlaganju komunalnog otpada predstavljaju značajnu prepreku za planiranje neophodne infrastrukture za tretman otpada, uključujući reciklažu i odlaganje.
- Nedovoljna pokrivenost uslugama prikupljanja otpada: Pokrivenost stanovništva uslugama prikupljanja otpada procenjuje se na 88%, što ukazuje na potrebu za poboljšanom dostupnošću usluga prikupljanja otpada za veći deo stanovništva.
- Dominacija deponija: Deponije ostaju dominantna destinacija za čvrsti komunalni otpad, a postojanje mnogih divljih deponija širom zemlje pogoršava problem.
- Ograničeni predtretman komunalnog otpada: Predtretman komunalnog otpada pre odlaganja se retko primenjuje, sa samo nekoliko pozitivnih primera koji naglašavaju potrebu za širom primenom.
- Nerazvijen sistem reciklaže: Sistem za primarno odvajanje reciklažnih materijala kao što su papir, karton, plastika, staklo i metal nije dovoljno efikasno uspostavljen. Šeme proširene odgovornosti proizvođača (EPR) za različite tokove otpada su na različitim nivoima razvoja, a njihov doprinos ciljevima reciklaže komunalnog otpada je nejasan.
- Nepotpuna međuopštinska saradnja: Iako su smernice za međuopštinsku saradnju detaljne, mehanizmi podrške zajedničkim službama i uspostavljanju zajedničke infrastrukture za tretman i odlaganje otpada nisu u potpunosti realizovani.
- Niske tarife za komunalne usluge: Tarife za komunalne usluge su niske i ne pokrivaju pune troškove, što predstavlja značajnu prepreku privatnim investicijama i angažovanju u sektoru upravljanja otpadom.

Uticao postojećeg sistema upravljanja otpadom u Srbiji na životnu sredinu i zdravlje ljudi, zajedno sa opredeljenjem Srbije za članstvo u Evropskoj uniji, neizbežno će dovesti do razvoja i ulaganja u sisteme upravljanja otpadom. Čak i ako se sav prikupljeni otpad odlaže na sanitarne deponije ili tretira postojećim kapacitetima, bez daljeg razvoja sistema i ulaganja u novu infrastrukturu, oni neće biti dovoljni.

Pored ulaganja u sanitarne deponije, ključno je razviti kapacitete za pravilno sakupljanje, transport, tretman i korišćenje otpada u skladu sa principima cirkularne ekonomije. Pridržavanje hijerarhije upravljanja otpadom mora biti osnova razvoja sistema. Prioritet treba da bude razvoj tretmana koji omogućavaju postizanje postavljenih ciljeva za smanjenje količine otpada, tretiranje otpada kao resursa, a ne problema.

Izgradnja insineratora u Beogradu i potencijal postrojenja za korišćenje biogasa i deponijskog gasa dobijenih iz organskog otpada predstavljaju pozitivne pomake. Proizvodnja energije i đubriva iz organskog otpada je poželjna opcija i potrebno je razmotriti pozitivan sinergijski efekat koji se može postići daljom izgradnjom biogas postrojenja i objekata za dobijanje energije iz otpada. Da bi to bilo moguće, neophodno je dalje jačanje i izgradnja ljudskih kapaciteta i kadrova.

5 Tehnologija dobijanja energije iz otpada

Tehnologija dobijanja energije iz otpada se u Evropi primenjuje decenijama, a trenutno je u radu više od 500 takvih postrojenja. Usklađena je sa najstrožim zakonskim propisima i najvišim standardima zaštite životne sredine. Za dobijanje energije iz otpada važe najstroži standardi u odnosu na sve druge industrijske sektore u EU. Za dobijanje energije iz otpada koriste se različite tehnologije sagorevanja: sagorevanje na rešetki, ložišta sa fluidizovanim slojem ili rotacione peći. Ložište predstavlja samo mali deo postrojenja za dobijanje energije iz otpada, najveći deo postrojenja je u funkciji zaštite životne sredine i iskorišćenja dobijene energije.

Krajem 19. veka, nedostatak odgovarajućih sistema za sakupljanje i odlaganje otpada u Evropi je postao očigledan, posebno tokom epidemija. Tada počinje i razvoj „tehnologije termičkog tretmana otpada“. Prva fabrika za termički tretman otpada izgrađena je u Notingemu u Engleskoj 1876. godine i nazvana je „Destruktor“. Na početku, fokus razvoja bio je na uništavanju i smanjenju opasnosti koju otpad ima po zdravlje ljudi. Od tada tehnologija se značajno unapredila i razvijeno je više novih generacija tehnologija koje su zadržale svoju primarnu funkciju, ali i razvile sisteme maksimalne zaštite životne sredine i energetske efikasnosti u svom radu (UBA-DE, 2008).

Danas je dobijanje energije iz otpada industrijski sektor u Evropi koji posluje u skladu sa najstrožim zakonskim propisima i najvišim standardima zaštite životne sredine. Detaljne informacije o obavezama i standardima date su u Poglavljima 9.1, 9.2 i 9.3. Danas, više od 500 tehnološki visokorazvijenih postrojenja za dobijanje energije iz otpada tj. insineratora radi širom Evrope, tretirajući više od 100 miliona tona otpada godišnje (slika 6).

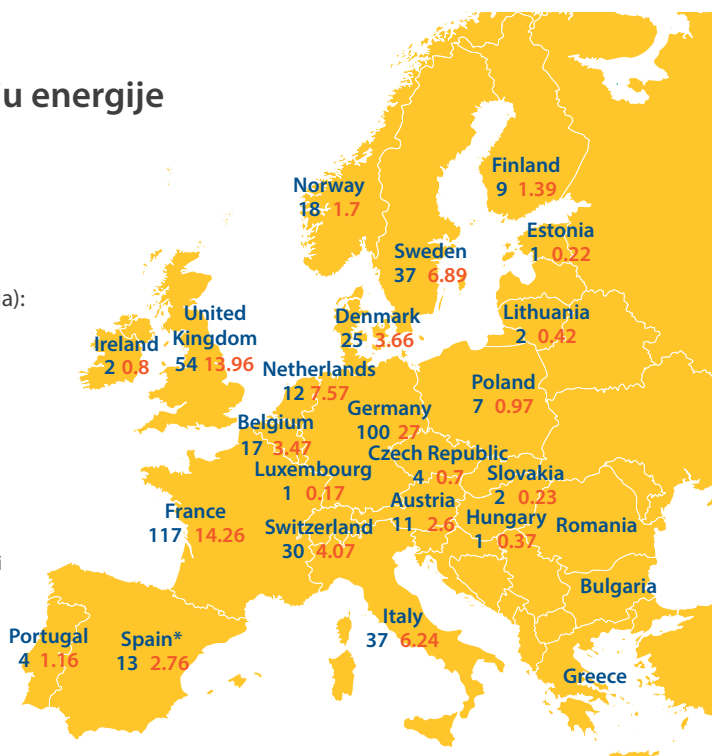
Upotreba otpada za proizvodnju energije u Evropi u 2020. godini

■ WtE postrojenja koja rade u Evropi (bez postrojenja za spaljivanje opasnog otpada):
504

■ Termički obrađeni otpad u WtE postrojenjima (u milionima tona):
101

Podaci koje su dostavili CEWEP članice i nacionalni izvori

*: uključuje postrojenje u Andori i SAICA postrojenje



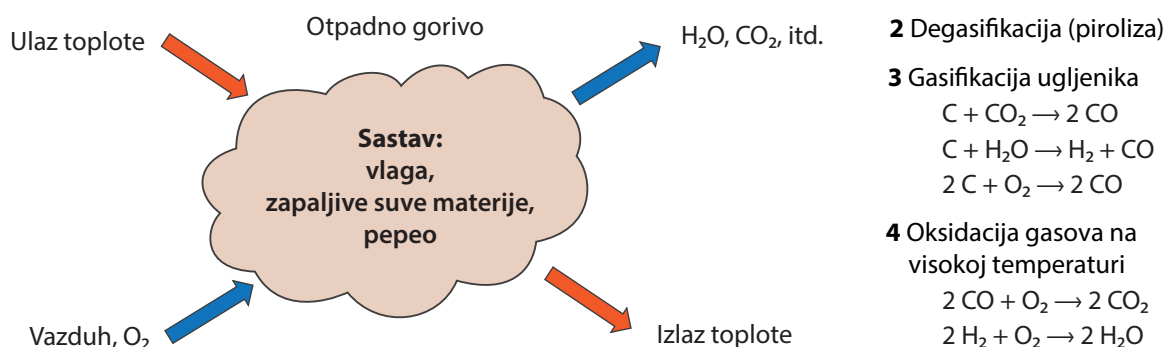
Slika 6: Pregled insineratora u Evropi 2020. (CEWEP, 2023c)

Koraci procesa dobijanja energije iz otpada

Proces dobijanja energije iz otpada u ložištu se odvija u četiri koraka (BMLFUW, 2015):

- 1) **Sušenje:** Isparavanje vode uzrokuje sušenje čestica goriva.
- 2) **Otplinjavanje:** Isparljiva frakcija otpada se oslobađa iz goriva i prelazi u gasnu fazu, ostavljajući za sobom čvrsti ostatak koji se naziva koksni ostatak.
- 3) **Paljenje:** Ugljenik koji se nalazi u koksnom ostatku transformiše se u zapaljivi ugljen-monoksid u prisustvu oksidacionog agensa (kiseonik, O₂). Čvrsti ostatak koji ostaje nakon ovog koraka naziva se pepeo ili šljaka.
- 4) **Sagorevanje:** U poslednjem koraku, zapaljivi gasovi ugljen-monoksid (CO) i vodonik (H₂) prelaze tokom procesa oksidacije u ugljen-dioksid (CO₂) i vodu (H₂O). To su egzotermne reakcije koje su praćene oslobađanjem velike količine toplote koja zagreva ložište. Za potpuno sagorevanje potreban je dodatan vazduh, dobro mešanje komponenti, dovoljno vremena i visoka temperatura u ložištu. Ključni pokazatelji nepotpunog sagorevanja su prisustvo ugljen-monoksida (CO) i ugljovodonika (C_xH_y, izraženih kao isparljiva organska jedinjenja, VOC) u otpadnom gasu. Razlozi pojave nepotpunog sagorevanja mogu biti nedovoljna količina vazduha za sagorevanje, niska temperatura u ložištu, nedovoljno dobro mešanje volatilnih gasova i vazduha ili kratko vreme zadržavanja gasne faze u ložištu.

Prenos mase i toplote

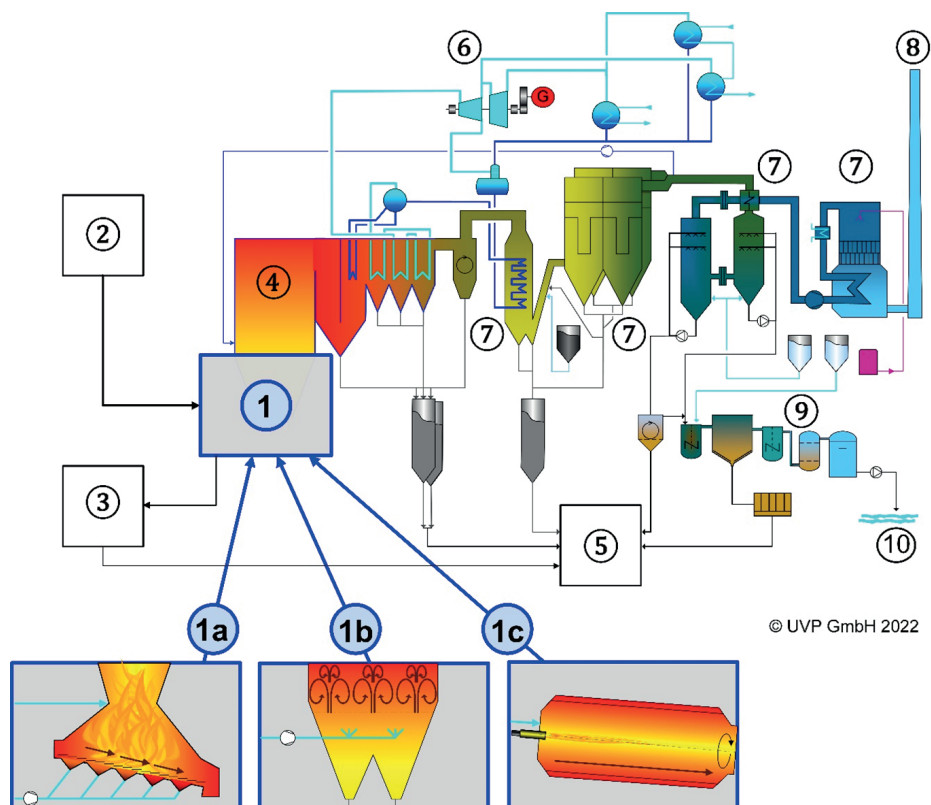


Slika 7: Ilustracija pojedinačnih koraka procesa sagorevanja (spaljivanja) (BMLFUW, 2015)

Potpuno sagorevanje otpada zavisi od temperature, vremena reakcije i mešanja u gasnoj fazi uz dostupnost dovoljne količine kiseonika. Kriterijumi: temperatura, vreme i turbulencija se često nazivaju „3T“ potpunog sagorevanja. U skladu sa Direktivom o industrijskim emisijama EU, insineratori moraju obezbediti da temperatura dimnih gasova u ložištu dostigne 850°C i više i pri toj temperaturi provedu najmanje 2 sekunde nakon konačnog ubrizgavanja kiseonika (vazduha) u sistem. Ako se sagoreva opasan otpad sa sadržajem hlora iznad 1% zahtevana je temperatura u ložištu od najmanje 1100°C.

Pregled tehnologije dobijanja energije iz otpada

Šema procesa tipičnog postrojenja za dobijanje energije iz otpada (slika 8) pokazuje da je samo ložište, bilo da je u pitanju kotao ili peć za sagorevanje otpada, relativno mali deo celog postrojenja. Veći deo postrojenja (naknadne grejne površine, jedinice za prečišćavanje dimnih gasova, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i postrojenja za odvojeno sakupljanje i tretman čvrstih ostataka od sagorevanja...) je namenjen iskorišćenju dobijene energije i zaštiti životne sredine.



- (1) Ložište (peć/kotao) (1a. Rešetka, 1b. fluidizovani sloj, 1c. Rotaciona peć)
- (2) Skladištenje i doziranje goriva i otpada
- (3) Sakupljanje čvrstih ostataka iz peći
- (4) Kotao za rekuperaciju toplote
- (5) Različiti čvrsti ostaci koji idu na preradu i odlaganje
- (6) Kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije (CHP)
- (7) Tipičan višestepeni sistem za (mokro) prečišćavanje dimnih gasova
- (8) Dimnjak za ispuštanje prečišćenog dimnog gasa
- (9) Tipičan višestepeni sistem za prečišćavanje otpadnih voda
- (10) Ispuštanje prečišćenih otpadnih voda

Slika 8: Šema procesa tipičnog postrojenja za spaljivanje otpada (© UVP GmbH)

Ložište (1) insineratora može biti ili rešetka (1a), ili fluidizovani sloj (1b) ili rotaciona peć (1c). Konfiguracija sistema za skladištenje i doziranje otpada (2) i za uklanjanje pepela (3) zavisi od tipa ložišta za sagorevanje otpada. Tipovi postrojenja za sagorevanje otpada su opisani u Poglavljima 5.1, 5.2 i 5.3.

Kada se otpad sagoreva, on se u ložištu ponaša kao i svako drugo gorivo: zagreva se, a zatim se razlaže na manje molekule usled čega dolazi do volatilizacije (isparavanja) gasne faze. Ove zapaljive gasovite komponente potpuno oksiduju u gasnoj fazi u ložištu i formiraju dimni gas, dok nesagorivi čvrsti ostaci ostaju u ložištu i kontinuirano se, sa dna ložišta ili u vidu letećeg pepela, ispuštaju iz sistema. Toplota se oslobađa u ložišnom delu postrojenja, baš kao što je to slučaj sa bilo kojim drugim gorivom. Toplota sagorevanja se prenosi u vodeno-parni ciklus kotla (4) i koristi za proizvodnju električne i/ili toplotne energije. Slika 8 prikazuje kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP) pomoću ekstrakcijske turbine povratnog pritiska (6), gde se - u ovom primeru - para izuzima na dva različita nivoa pritiska (više informacija dato je u Poglavlju 6).

Čvrsti ostaci sagorevanja se sakupljaju (5) – s leva nadesno – kao pepeo (3), pepeo iz kotla i ciklonski pepeo (grubi leteći pepeo), pepeo ekonomajzera i pepeo iz vrećastog filtera koji sadrži adsorbent (tj. fini pepeo

sakupljen u vrećastom filteru), gips iz dela postrojenja za uklanjanje sumpornih oksida (SOx) u mokrom skraberu i filterski kolač (neutralizacioni mulj) iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Gvožđe i obojeni metali, ostaci gipsa i minerala mogu se izdvojiti i poslati na reciklažu (vidi Poglavlje 8).

Dimni gas se prečišćava u višestepenom sistemu (7) i ispušta preko dimnjaka (8). Primer dat na slici 8 je sistem za mokro prečišćavanje dimnih gasova koji se sastoji od: ciklona za prethodno uklanjanje krupnije frakcije letećeg pepela, sistema za adsorpciju sa vrećastim filterom za uklanjanje kiselih gasova, teških metala i finog letećeg pepela, dva mokra skruberu za uklanjanje kiselih gasova, i sistema selektivne katalitičke redukcije (SCR) za uklanjanje azotnih oksida (DeNOx). (Za više informacija o prečišćavanju dimnih gasova pogledati Poglavlje 7.4)

Ako je u pitanju insinerator sa sistemom za mokro prečišćavanje dimnih gasova koji koristi vodene rastvore kao što je to slučaj u primeru instalacije na slici 8, takođe je potrebno postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (9). Njegova namena je da spreči ispuštanje kontaminirane otpadne vode, odnosno da prečisti otpadne vode do nivoa kada se one mogu ispustiti u recipijent (10). (Za više informacija o prečišćavanju otpadnih voda, pogledajte Poglavlje 7.4)

Kao što je gore pomenuto, postoje tri glavna tipa ložišta koje se koriste za sagorevanje otpada i ona su prikazana kao detalj na Slici 8 – Ložište sa rešetkom (1a), ložište sa fluidizovanim slojem (1b) i rotacione peći (1c). Koja će se od ovih tehnologija primeniti zavisi od fizičkih i hemijskih svojstava otpada, tehničkih zahteva, specifičnosti u vezi sa lokacijom i zakonskih zahteva. Sve tri tehnologije predstavljaju stabilna i dokazana tehnička rešenja koja funkcionišu već decenijama.

Pregled primenljivosti za različite vrste otpada

Tabela 14 daje pregled primenljivosti tehnologije rešetke, tehnologije fluidizovanog sloja i tehnologije rotacionih peći za sagorevanje različitih vrsta otpada koji se najčešće javljaju.

Tabela 14: Pregled mogućnosti prerade pojedinih vrsta otpada različitim procesima spaljivanja (BMLFUW, 2015)

| Vrsta otpada | Tehnologija spaljivanja | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|----------------------|
| | Rešetka | Fluidizovani sloj | Rotaciona peć |
| Rezidualni otpad (komunalni otpad) | pogodan | potrebna prethodna obrada | pogodan |
| Kanalizacioni mulj | ograničen u pogledu količine | pogodan | pogodan |
| Talog iz primarne faze tretmana otpadnih voda (sa rešetke za mehaničko prečišćavanje otpadnih voda) | pogodan | potrebna prethodna obrada | ograničena podobnost |
| Usitnjena plastika | ograničena u pogledu količine | pogodan | ograničena podobnost |
| Celi pneumatici | ograničena podobnost | neprikladan | ograničena podobnost |
| Usitnjeni otpad | ograničena u pogledu količine | pogodan | ograničena podobnost |
| Usitnjeno otpadno drvo | pogodan | pogodan | pogodan |
| Talog od laka i boje | neprikladan | pogodan | pogodan |
| Opasan otpad u malim kontejnerima (npr. laboratorijski otpad) | ograničena podobnost | neprikladan | pogodan |

5.1 Rešetka

Sagorevanje na rešetki (Crtež 1a na slici 8) je tehnologija sagorevanja koja se obično koristi za neobrađeni čvrsti komunalni otpad. Sagorevanje se odvija na rešetki, sklopu najčešće gvozdениh cevastih segmenata, koji se polako kreću i koje se iznutra moraju hladiti vazduhom ili vodom.

Otpad se dozira na jednom kraju rešetke i polako se transportuje kroz ložište pomoću pokretne rešetke, tokom čega sagoreva. Vreme zadržavanja otpada u ložištu je obično oko jedan sat. Čvrsti ostaci iz procesa sagorevanja (pepeo i nesagoreli materijali) propadaju kroz rešetku (mešavina pepela i nesagorelih materija se naziva i „šljaka“). Pepeo se može sakupljati ili u vodenoj kadici (vlažni postupak uklanjanja, što je češća opcija) ili u suvom stanju preko rashladne jedinice (suvo uklanjanje).

Rešetka je obično kosa i sastoji se od stacionarnih i pokretnih segmenata. Na rešetci se ostvaruje kontrolisano kretanje slojeva otpada preko rešetke, u cilju stvaranja stabilnih i stacionarnih uslova sagorevanja. U zavisnosti od šeme kretanja otpada na rešetci, dostupno je nekoliko tipova rešetki, a najčešći su:

- Pokretna rešetka za sagorevanje otpada (otpad se gura napred),
- Klipna rešetka (otpad se gura unazad, otpad u gornjim delovima rešetke se prevrće na rešetci koja je pod nagibom) i
- Kombinovana rešetka koja se kreće napred i nazad (rezultuje lokalnim protivstrujnim kretanjima otpada na rešetci koja je izrađena iz više segmenata).

Sekundarni vazduh se ubrizgava u komoru za sagorevanje, meša se sa zapaljivim volatilnim materijama u gasnoj fazi i dolazi do reakcije sagorevanja. Ako je potrebno za kontrolisanje procesa sagorevanja i posebno zbog smanjenja emisije azotnih oksida, zona sagorevanja se može hladiti pomoću recirkulacije dimnih gasova.

Za sagorevanje na rešetci nije potrebna prethodna priprema otpada, što se može smatrati njegovom glavnom prednosti.

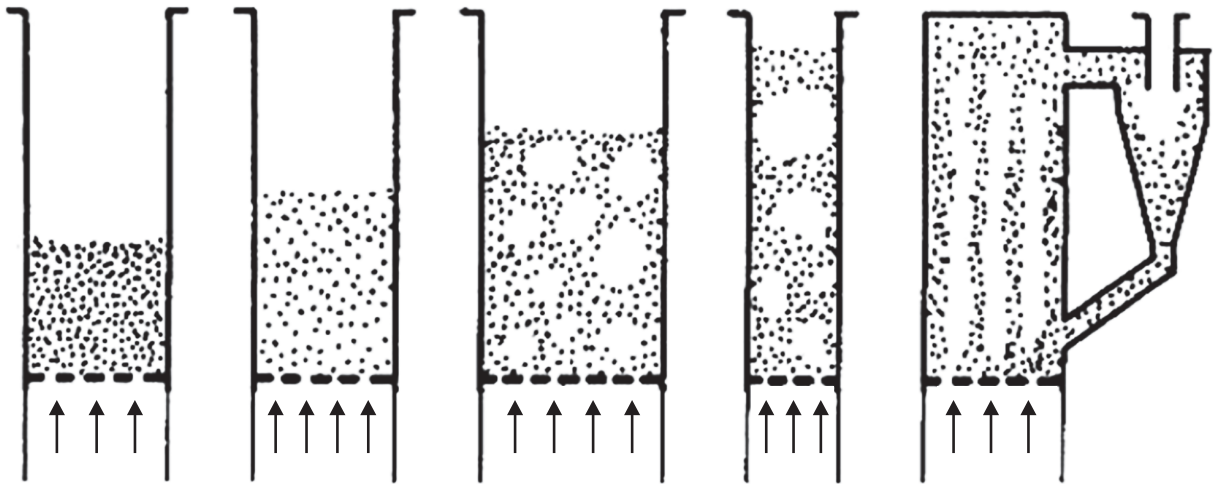
S druge strane, rešetka se mora hladiti vazduhom ili vodom i može da radi samo sa otpadom prilično uskog opsega energetskog sadržaja, odnosno na rešetkama se obično sagoreva otpad čija je donja toplotna moć između 8 i 12 MJ/kg. Otpad koji ima veću toplotnu moć bi termički oštetio rešetke, dok bi otpad sa nižom toplotnom vrednošću, kao što je mehanički obezvodnjen kanalizacioni mulj, ugasio vatru na rešetki.

Tehnologija rešetke je prilično jednostavan i stabilan sistem za sagorevanje neobrađenog otpada, ali sa manjom fleksibilnosti kada su u pitanju vrste otpada.

5.2 Fluidizovani sloj

Sagorevanje u fluidizovanom sloju (Crtež 1b na Slici 8) funkcioniše na bazi tehnologije koja je objašnjena na Slici 9. Insineratori sa fluidizovanim slojem koriste se za sagorevanje i komunalnog i opasnog otpada.

Ložište se sastoji od posude koja je napunjena slojem peska koji je visok oko jedan metar. Vazduh se dovodi u donji deo ložišta (prijemna kutija za vazduh) kao komprimovani prethodno zagrejani primarni vazduh za sagorevanje. Primarni vazduh se kroz mlaznice koje pokrivaju celo dno peći uvodi u komoru za sagorevanje. Što je veća brzina vazduha, to se sloj peska više fluidizuje i pesak je više primoran da se kreće unutar sloja. Kada vazduh dostigne određenu brzinu, formiraju se mehurići (Fluidizovani sloj sa mehurićima; Slika 9, slika u sredini). Kada se brzina vazduha dalje povećava, čestice peska počinju da se kreću u pravcu strujanja vazduha, odnosno počinje transport fluidizovanog sloja u više zone ložišta i pojava iznošenja fluidizovanog sloja iz ložišta. Izdvajanje čestica peska iz struje gasa se radi u ciklonskim separatorima, a izdvojene čestice peska se vraćaju (recirkulišu) nazad u peć (Cirkulacioni fluidizovani sloj; Slika 9, poslednja slika desno).



Slika 9: Princip fluidizacije (© Stoiber, 1998)

Za ložišta sa fluidizovanim slojem otpad se mora prethodno mehanički pripremiti na određenu granulaciju, tako da se čestice otpada mogu fluidizovati zajedno sa peskom. Obično se bira kombinacija usitnjavanja, prosejavanja i uklanjanja metala kako bi se dobile čestice koje su pogodne za fluidizaciju u smislu gustine materijala i veličine čestica.

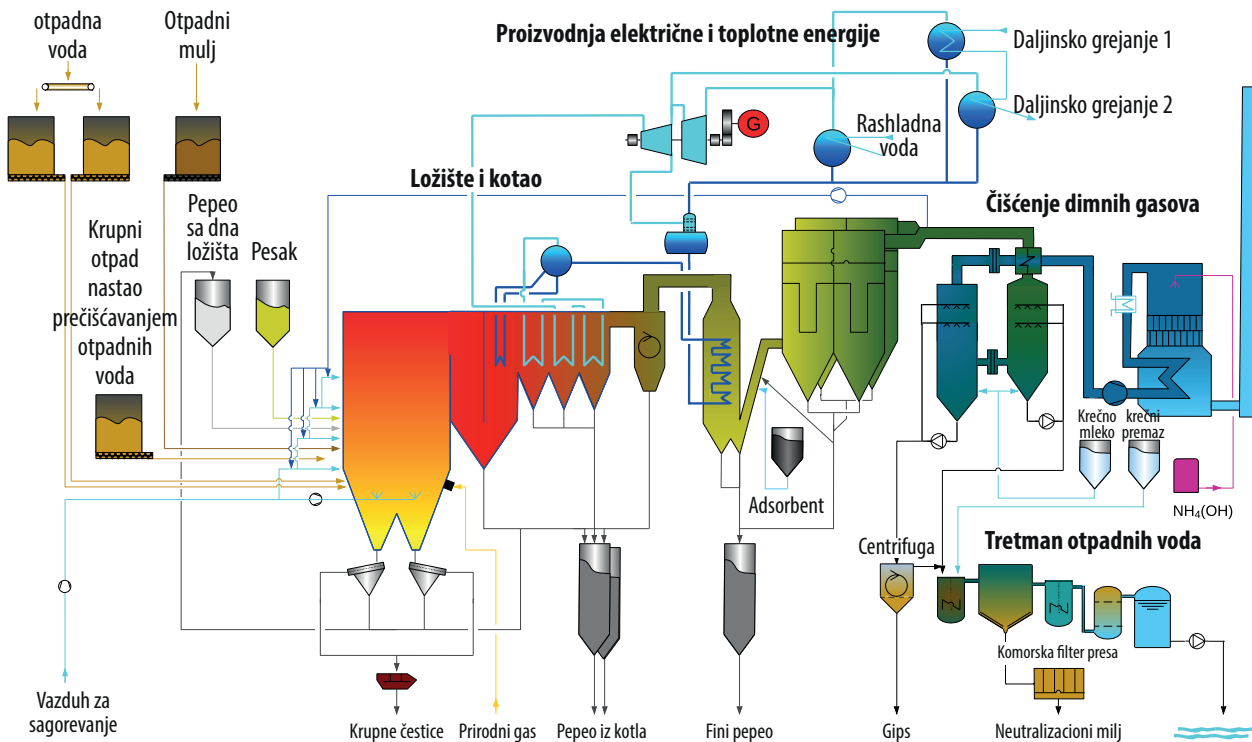
Tehnologija fluidizovanog sloja, sa druge strane, omogućava znatno veću fleksibilnost goriva u pogledu njegove toplotne moći: ako otpad ima visok sadržaj vlage i nisku toplotnu moć (kao npr. odvodnjeni kanalizacioni mulj, koji sadrži 75-80% vode), toplota sadržana u sloju peska pomaže da voda isparava, tako da se preostala suva materija može sagoreti. Ako, naprotiv, otpad ima veoma visoku toplotnu moć (kao npr. ostaci od razvrstavanja plastike za reciklažu), pesak apsorbuje toplotu sagorevanja ovih materijala. U oba slučaja, ovo ne utiče značajno na temperaturu reakcije unutar fluidizovanog sloja, pošto sloj peska deluje kao uređaj za skladištenje energije i održava temperaturu u ložištu konstantnom.

Proces sagorevanje se odvija u samom fluidizovanom sloju i u zoni iznad njega. Zbog snažnog, kontinuiranog kretanja materijala sloja, reakcioni uslovi (profil temperature, kontakt hemijskih reaktanata) su veoma ujednačeni i konstantni u celoj reakcionoj zoni, vertikalno i radijalno. Pesak usitnjava otpad na manje čestice i služi kao skladište toplote koje može da apsorbuje i oslobađa toplotu. I jedno i drugo pomaže u smanjenju emisija u vazduh, npr. azotnih oksida (NO_x) i isparljivih organskih jedinjenja (VOC).

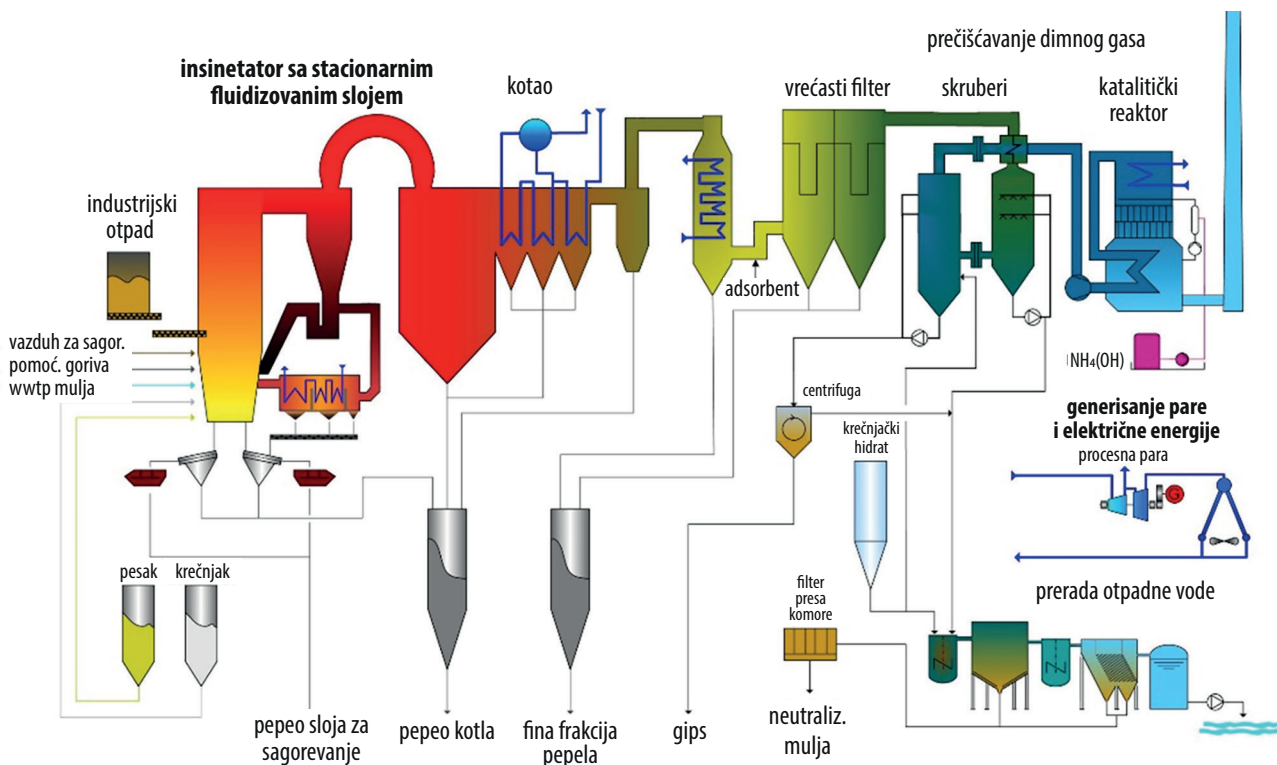
Takođe postoji mogućnost doziranja aditiva za smanjenje emisije u vazduh kontinuirano i direktno na materijal sloja, npr. dodavanje mlevenog krečnjaka ili dolomita može se koristiti za hemijsko vezivanje sumpornih oksida u samom ložištu.

Primer insineratora **sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB)** dat je na Slici 10, koja prikazuje postrojenje RHKW u Lincu, Austrija, sa nominalnom toplotnom snagom od 72 MW. Ovo postrojenje sagoreva 230.000 tona godišnje mehanički prethodno pripremljenog čvrstog komunalnog otpada sa opsegom toplotne moći od 7-18 MJ/kg (9,3 MJ/kg u proseku). U BFB instalacijama, materijal sloja (pesak) ostaje unutar ložišta u obliku stacionarnog fluidizovanog sloja (nema iznošenje čestica peska iz zone ložišta).

Primer insineratora **sa cirkulacionim fluidizovanim slojem (CFB)** dat je na Slici 11, koja prikazuje RVL postrojenje u Lencingu, Austrija, sa nominalnom toplotnom snagom od 110MW. Spaljuje 300.000 tona godišnje mehanički prethodno tretiranog komunalnog čvrstog otpada sa opsegom toplotne moći od 6,5-29 MJ/kg (10 MJ/kg u proseku). U CFB postrojenjima, materijal sloja (pesak) je izložen znatno većim brzinama fluidizirajućeg vazduha, pa se deo odnosi sa dimnim gasovima. Materijal sloja se zatim odvaja od dimnih gasova pomoću ciklona i vraća nazad u ložište.



Slika 10: Šema procesa insineratora sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB)
 (© UVP GmbH; RHKW Linc, Austrija, 72 MW, pušten u rad 2011.)



Slika 11: Šema procesa insineratora sa cirkulacionim fluidizovanim slojem
 (© UVP GmbH; RVL Lenzing, Austrija, 110 MW, pušten u rad 1998.)

Sagorevanje u fluidizovanom sloju obično troši više energije u odnosu na sagorevanje na rešetci, pošto otpad mora biti mehanički prethodno obrađen. Deo energije se troši i na komprimovanje primarnog vazduha za sagorevanje koji se mlaznicama ubacuje u ložište i obezbeđuje fluidizaciju sloja peska.

S druge strane, sagorevanje u fluidizovanom sloju omogućava značajnu fleksibilnost kada je u pitanju unos otpada, što može biti značajna ekonomska prednost.

5.3 Rotaciona peć

Sagorevanje u rotacionoj peći (Crtež 1c na Slici 8) se izvodi u dugačkoj, cilindričnoj peći koja je veoma slična rotacionim pećima koje se koriste u industriji cementa za proizvodnju cementnog klinkera.

To je preferirana tehnologija za sagorevanje opasnog otpada sa visokim sadržajem halogenizovanih organskih jedinjenja, gde je prema EU zakonodavstvu potrebna viša temperatura spaljivanja od 1.100°C (umesto minimalno 850°C). Takođe se koristi za sagorevanje klaničkog otpada i infektivnog bolničkog otpada uključujući „oštre predmete“ u zatvorenim plastičnim posudama. Rotacione peći se takođe koriste za sagorevanje drugih specijalnih frakcija otpada, kao što su otpadni rastvarači, otpadno ulje, mulj otpadnog ulja, otpadni lak, hemijski otpad, medicinski otpad i drugi tečni otpad i otpad visokog viskoziteta.

Insineratori sa rotacionim pećima imaju velike i teške rotirajuće delove, što je generalno mehanički izazovno, a i skupo u radu i održavanju. Zbog većeg sadržaja korozivnih komponenti u dimnom gasu, rotacione peći za sagorevanje opasnog otpada moraju da rade na nižim parametrima pare, što ih čini energetski manje efikasnim od insineratora sa rešetkama ili sa fluidizovanim slojem.

Sagorevanje otpada u insineratorima sa rotacionim pećima je posebna tehnologija koja se obično primenjuje samo za sagorevanje opasnog otpada ili za termičku obradu kontaminiranog zemljišta.

5.4 Transport, skladištenje i doziranje otpada

Transport

Na mestu sagorevanja postoji manipulacija različitim ulaznim i izlaznim tokovima otpada. Ulazni tokovi otpada su otpadni materijali koji su namenjeni za sagorevanje. Izlazni tokovi otpada su npr. čvrsti ostaci sagorevanja (pepeo, leteći pepeo) ili metalne frakcije i druge sekundarne sirovine odvojene za naknadnu preradu i reciklažu.

Izbor opreme za transport, skladištenje i doziranje je važan deo inženjerskog procesa. Zavisi od nekoliko faktora:

- Fizička svojstva otpada, npr.:
agregatno stanje, sadržaj vode, veličina čestica, distribucija veličine čestica, ugao mirovanja, viskozitet, sposobnost pumpanja i dinamička svojstva fluida, kapacitet zagrevanja, oslobađanje prašine tokom rukovanja;
- Hemijska svojstva otpada, npr.:
pH vrednost, korozivnost, hemijska reaktivnost, karakteristike mešanja tečnosti (izbegavanje hemijskih reakcija, izdvajanje gasova, stvaranje gasa, porast temperature), sadržaj halogena, sadržaj teških metala, toksičnost, zapaljivost, eksplozivnost;
- Svojstva lokacije za sagorevanje otpada, npr.:
pristup železničkom transportu, pristup brodskom transportu, tehnologija sagorevanja (rešetka, fluidizovani sloj, rotaciona peć), prisustvo osetljivog okruženja ili okoline;
- Specifični zahtevi definisani od strane organa za izdavanje dozvola, npr.:
ograničenje ili zabrana aktivnosti transporta otpada u određenim vremenskim periodima (npr. tokom noći), osetljivo okruženje (npr. bolnica, starački dom).

Transport obuhvata:

- a) Transport do mesta sagorevanja (isporuka otpadnih materijala),
- b) Transport sa mesta sagorevanja (otpremanje ostataka i sekundarnih sirovina), i
- c) Transport na mestu sagorevanja (npr. od bunkera za otpad do ložišta ili od ložišta do silosa za pepeo).

Prevoz do i od mesta sagorevanja se obavlja na sličan način kao i svaki drugi transport robe, najčešće drumskim ili železničkim saobraćajem. U zavisnosti od njihovih fizičkih i hemijskih svojstava, frakcije otpada se transportuju u različitim posudama i transportnim prostorima.

Transport otpada i ostataka iz procesa sagorevanja na lokaciji insineratora se obavlja pomoću uređaja koji spajaju insinerator sa pomoćnom opremom, kao što su uređaji za prečišćavanje dimnih gasova, proizvodnju energije, uklanjanje pepela, skladištenje, doziranje i drugi uređaji. U zavisnosti od fizičkih i hemijskih svojstava materijala i medija koji se moraju transportovati na licu mesta, za transport na licu mesta koristi se sledeća oprema:

- Viljuškari, utovarivači itd., koji se koriste za kontejnere i palete;
- Transportne trake, lančani transporteri, rotacioni ventili, elevatori sa kašikom, potisni podovi itd., koji se koriste za rasute čvrste materije;
- Rotacioni dodavači, kanali za doziranje, vibracione skliznice, dozirne posude itd.;
- Različite vrste pumpi, koje se koriste za tečnosti i mulj;
- Različiti tipovi ventilatora koji se koriste za gasovite komponente.

Skladištenje, doziranje i transport otpada na licu mesta su usko međusobno povezani i važni su preduslovi za stabilan kontinuirani rad insineratora. Količine svih materijala koji ulaze i izlaze iz insineratora moraju biti tačno dozirane i regulisane.

Skladište

Uređaji za skladištenje treba da obezbede dovoljno prostora za uskladištenje svih potrebnih ulaznih materijala tako da se obezbedi projektovana dnevna rezerva za rad postrojenja, uz istovremeno kontinualno uklanjanje ostataka iz insineratora. Tipični uređaji za skladištenje su:

- Bunker, kontejneri za skladištenje itd., koji se koriste za rasute materije;
- Silosi;
- Cisterne, kontejneri i burad za tečnosti i mulj;
- Rezervoari za gas, koji se koriste za skladištenje gasova pod pritiskom.

Doziranje

Doziranje se uglavnom vrši preko gore opisanih jedinica za kontinualni transport na lokaciji postrojenja. Regulacija protoka, odnosno kapaciteta dopreme, otpadnog materijala koji se dozira postiže se regulisanjem brzine kretanja transportnog sistema.

5.5 Upravljanje otpadom u okviru insineratora

Ovde je opisano upravljanje otpadom pre sagorevanja za tri uobičajena tipa insineratora.

Upravljanje otpadom koji nastaje u procesu sagorevanja, opisano je u Poglavlju 7.4 i 8.

Rešetka

Isporučeni otpad se istovara u bunker, koji obezbeđuje dovoljno skladišnog prostora za nekoliko dana. Vazduh za sagorevanje potreban za sam proces obično se usisava iz bunkera za otpad. Kao posledica toga, uvek postoji mali potpritisak u bunkeru, tako da kontaminirani vazduh neprijatnog mirisa ne može da izađe iz bunkera. Umesto toga, ambijentalni vazduh se usisava u bunker, što pomaže u smanjenju neprijatnih mirisa u okolini.

Sagorevanje otpada u postrojenju sa rešetkama generalno ne zahteva nikakvu prethodnu obradu otpada. U slučaju da je postrojenje namenjeno i za kabasti otpad, za njegovo usitnjavanje se koriste makaze.

U bunkeru za otpad, otpad se meša pomoću dizalice koja može da primi nekoliko tona otpada. Dizalica zahvata otpad u bunkeru i dozira ga u ulazni kanal za otpad, u kojem on polako klizi na dole i pada na rešetku u ložištu. Sloj otpada u kanalu za otpad obezbeđuje vazdušno zaptivanje između komore za sagorevanje i bunkera. Za slučaj da ima nedovoljno otpada, u kanalu se postavlja mehanički zatvarač koji ga zatvara. Na donjem kraju kanala nalaze se dozatori (alokatori) koji ravnomerno raspoređuju otpad na rešetku.

Fluidizovani sloj

Sistemi za isporuku, doziranje i skladištenje čvrstog otpada koji se primenjuju u insineratorima sa fluidizovanim slojem su u osnovi slični onima koji su gore opisani za insineratore sa rešetkama.

Za razliku od sistema sa rešetkama, sistem fluidizovanog sloja zahteva otpad određenih dimenzija i gustine. Prema tome, otpad koji se dozira u insineratore sa fluidizovanim slojem mora biti ili mehanički prethodno obrađen pre isporuke na postrojenje, ili se mora mehanički obrađivati na lokaciji insineratora.

Mehanički predtretman čvrstog otpada pre sagorevanja u fluidizovanom sloju obično se sastoji od sledećih tehnoloških operacija:

- usitnjavanje,
- prosejavanje,
- uklanjanje gvožđa i legura gvožđa (tzv. crni metalni materijali),
- uklanjanje obojenih metala.

Ako se mehanički predtretman odvija na licu mesta, instalacija mora biti opremljena sa najmanje dva različita bunkera za otpad, jednim za dopremanje netretiranog ulaznog otpada i drugim za skladištenje mehanički prethodno tretiranog otpada. Pored toga, postavljaju se manji bunkeri i/ili kontejneri za skladištenje ostataka od sortiranja i za sekundarne sirovine.

Dizalice za otpad služe za zahvatanje neobrađenog otpada i njegovu dopremu na opremu za mehanički predtretman, a takođe i za doziranje prethodno tretiranog otpada na transportere kojima se otpad transportuje do ložišta peći ili kotlova u kojima se sagoreva.

Doziranje otpada se obično vrši pomoću rotacionog dozatora koji se nalazi na dnu dozirnog kanala i služi i kao hermetički zaptivač koji sprečava paljenje otpada unutar transportne linije. Ispod rotacionog dozatora je uređaj ili kanal za brzi transport otpada preko koga se otpad distribuira na površinu vrućeg fluidizovanog sloja u kome sagoreva.

U slučaju da se sagorevaju i otpadne tečnosti (npr. otpadna ulja, otpadni rastvarači), kanalizacioni mulj ili drugi mulj, oni se skladište u odvojenim rezervoarima i doziraju preko zasebnih pumpi i dovodnih vodova direktno u ložište.

Rotaciona peć

Sistemi za isporuku, doziranje i skladištenje čvrstog otpada koji se primenjuju u insineratorima sa rotacionim pećima su u osnovi slični onima koji su gore opisani za insineratore sa rešetkama.

Doziranje otpadnih tečnosti (npr. otpadnih ulja, otpadnih rastvarača) i mulja se vrši korišćenjem odvojenih rezervoara, taložnika i dozirnih pumpi koje ih dovode u insinerator preko njenog (nerotirajućeg) prednjeg zida.

Iz bezbednosnih razloga, čelična burad koja sadrže toksični otpad, kao i mali plastični kontejneri za „oštre predmete“ koji sadrže infektivni otpad direktno se ubacuju u rotacionu peć, bez otvaranja i izlaganja zaposlenih lica potencijalnim rizicima i opasnostima. U tom slučaju, čelična burad se skupljaju na kraju rotacione peći kao sekundarni metal koji se reciklira. Za razliku od čeličnih buradi plastična ambalaža i kontejneri će sagoreti u rotacionoj peći, a u pepelu na izlazu iz peći zaostaju samo metalni materijali (npr. skalpeli) koji se takođe odvajaju kao sekundarne sirovine za reciklažu.

5.6 Bezbednosni aspekti (prevencija opasnosti i nesreća)

Insineratori su složena postrojenja koja se sastoje od nekoliko procesnih celina koje su u stalnoj interakciji i održavaju se u stabilnom stanju u uslovima neprekidnog rada nekoliko meseci, bez zastoja. Koordinacija rada insineratora zahteva vrhunski inženjering i stalnu kontrolu i praćenje svih procesa i radnih parametara.

Naravno, sve ovo se odvija uz potpuno poštovanje svih relevantnih zakonskih i tehničkih uslova. Posebna pažnja posvećena je: zaštiti od požara, zaštiti od nezgoda, bezbednosti radnika i analizi opasnosti i operativnosti (HAZOP).

Mere koje se odnose na bezbednost na radu i za sprečavanje opasnosti od nesreća definisane su Direktivom EU Seveso III (vidi Poglavlje 9.1).

Inženjering

Već tokom projektovanja i izdavanja dozvole za insinerator, vodi se računa o bezbednosti.

Na primer, za svaki kritični deo opreme, kao što su pumpe napojne vode za kotao, predviđena je radna i rezervna jedinica, tako da ako dođe do ispada uređaja automatika postrojenja obezbeđuje uključivanje rezervnog agregata i nesmetano funkcionisanje.

Drugi primer je klapna koja prekida dovod otpada u ložište ako se ne dostiže zahtevana minimalna temperatura sagorevanja od 850°C. Automatski se zaustavlja dovod otpada u ložište i istovremeno se umesto njih pokreću pomoćni gorionici koji rade na konvencionalno gorivo (npr. prirodni gas, ulje za loženje) u cilju zagrevanja ložišta i postizanja zahtevane temperature.

Ako insinerator premašuje određene kapacitete, primenjuju se i IPPC propisi koji se odnose na najbolje dostupne tehnike i odredbe Seveso III direktive za sprečavanje industrijskih udesa (videti Poglavlja 9.1. i 10).

Već u postupku podnošenja zahteva za dobijanje dozvole potrebno je definisati mere za bezbednost radnika, sprečavanje požara i eksplozija i dostaviti ih organima nadležnim za postupak izdavanja dozvola na odobrenje.

Bezbednost radnika

Buduće radno okruženje radnika mora biti detaljno osmišljeno, sa posebnim fokusom na:

- Uslove na radnom mestu;
- Sredstva i opremu za rad:
Spisak mašina, bezbednost mašina, buka i vibracije, spisak opreme koju treba pregledati, sredstva za čišćenje, servis i održavanje;

- Radne materije i procese:
Radni i pomoćni fluidi (vazduh pod pritiskom, procesna voda, adsorbenti...), goriva (otpadna goriva, nafta...), čvrsti ostaci iz procesa, pomoćni materijali (maziva...);
- Aktivnosti i zadatke koje treba sprovesti:
Normalan rad, prelazni radni režimi (rad pri pokretanju i gašenju), procedure održavanja itd.

Koncept zaštite od požara

Konceptom zaštite od požara definisane su mere za zaštitu radnika i instalacija/opreme od požara, kao i zaštita i bezbednost vatrogasnih brigada u slučaju požara. Ovaj koncept uzima u obzir sledeća pitanja:

- Otpornost konstrukcije na požar:
Zahtevi za otpornost građevinskih materijala na požar, zahtevi za ponašanje građevinskih materijala pri požaru, širenje vatre i dima unutar zgrada, širenje vatre na druge objekte, obezbeđenje puteva za evakuaciju;
- Specifičnost postrojenja:
Sistem za dojavu požara, unutrašnji alarmni sistem, odvod dima i toplote, instalacije za odvod dima, sistem prskalica, osvetljenje puteva evakuacije, prvo i produženo gašenje požara, zaštita od groma;
- Organizacija sistema zaštite od požara:
Imenovanje službenika za zaštitu od požara i zamenika službenika za zaštitu od požara, izrada pravila za zaštitu od požara koja su postavljena na kompletnoj instalaciji i koja su dostupna i vatrogasnoj brigadi, godišnje ažuriranje pravila zaštite od požara, uspostavljanje sistema unutrašnje kontrole za poštovanje pravila zaštite od požara, postavljanje aparata za gašenje požara za prve mere gašenja požara;
- Infrastruktura sistema zaštite od požara:
Integracija celog objekta u nadležnost ili već postojeće interne vatrogasne jedinice operatera ili lokalne vatrogasne brigade, dostupnost zgrada za vatrogasna vozila, obeležavanje pristupnih puteva zgradama, proračun potrošnje vode za gašenje požara, planiranje i izgradnja infrastrukture za obezbeđivanje potrebnih količina vode za gašenje požara.

Koncept zaštite od eksplozije

Koncept zaštite od eksplozije opisuje sve supstance koje se koriste i proizvode na industrijskoj lokaciji insineratora i precizira mere za sprečavanje eksplozije:

- Primarna zaštita od eksplozije:
Mere koje sprečavaju stvaranje područja izloženih opasnosti od eksplozije.
- Definicija zona zaštite od eksplozije prema EU ATEX direktivi 2014/34/EU:
u vezi sa opremom i cevovodima za npr. tečni gas, prirodni gas, biogas, lož ulje, itd.
- Sekundarna zaštita od eksplozije:
Mere koje sprečavaju izvore paljenja u područjima izloženim opasnostima od eksplozije, kao što su vruće površine, otvorena vatra i plamen, vrući gasovi, mehanički generisane varnice, električna oprema koja stvara varnice, samozapaljenje dispergovanih čestica.
- Uticaj konstrukcije na zaštitu od eksplozije:
Konstruktivne mere koje umanjuju efekat i uticaj eksplozija.
- Organizacija sistema zaštite od eksplozija:
Izrada dokumenta o zaštiti od eksplozija, godišnja obuka radnika, redovni pregled električnih instalacija, mere zaštite pri radovima na održavanju, obeležavanje zona koje su izložene opasnosti od eksplozije, dozvola za rad za određene delatnosti itd.

Kada se izgradi insinerator, potrebno je proći više procedura pre nego što se dobije dozvola za rad.

HAZOP (Opasnost i operativnost)

Tokom faze izgradnje, svi dobavljači razrađuju detaljne šeme cevovoda i instrumentacije za svaki uređaj koji je deo instalacije (ložište, sistem za prečišćavanje dimnih gasova, kotao, turbinu, toplotni izmenjivač, bunker, silose, rezervoare...). Ovi dijagrami prikazuju svaku pojedinačnu pumpu, ventilator, ventil, cevovod i sve tačke merenja temperature, pritiska, masenog protoka, nivoa punjenja kontejnera itd. Oni pokazuju regulaciju i logiku upravljanja celokupnom instalacijom.

Na osnovu ovih dijagrama, sertifikovano telo sprovodi HAZOP procenu za svu kritičnu opremu. Posledice smetnji se razmatraju u proceduri koja traje nekoliko dana, a detaljno se razmatra šta se dešava ako pojedini parametri padnu ispod ili prekorače zadate vrednosti, ili ako uređaj prestane da radi.

HAZOP postupak je efikasan alat za prevenciju udesa na industrijskim instalacijama.

Probni rad i puštanje u rad

Nakon što je insinerator podvrgnut funkcionalnom ispitivanju svih elemenata ugrađene opreme bez sagorevanja (hladno puštanje u rad), a zatim i normalnom radu (sa sagorevanjem otpada u ložištu), počinje probni rad. Tokom nekoliko nedelja ili meseci, performanse instalacije se optimizuju. U Srbiji je dozvoljen probni rad do jedne godine. Kada se završi probni rad ili u toku probnog rada, rade se i prijemna (garancijska) ispitivanja postrojenja kojim isporučio opreme i izvođači radova dokazuju operateru da su isporučili i ispunili sve karakteristike performansi prema ugovoru. Istovremeno, operater mora da dokaže organu za izdavanje dozvola da kompletno postrojenje radi u skladu sa upotrebnom dozvolom, da se ispunjavaju sve granične vrednosti emisije, energetska efikasnost i drugi parametri vezani za performanse samog postrojenja.

Kada insinerator počne sa radom, obuka osoblja, obuka o bezbednosti, imenovanje odgovornih osoba, uzimanje uzoraka, analize, praćenje i primena Standardnih operativnih procedura (SOP) pomažu da se garantuje rad instalacije u skladu sa najboljim dostupnim tehnikama (BAT).

6 Rekuperacija energije

U inisineratorima se otpad koristi kao gorivo. Sagorevanje označava oksidaciju otpadnog materijala, što je egzotermni proces (oslobađa se toplota). Dobijena toplota se predaje okolnoj vodi koja se zagreva, i dalje prevodi po potrebi u zasićenu paru ili pregrejanu paru, koja se dalje koristi kao procesna para i/ili za proizvodnju električne energije. Izbor lokacije insineratora ima veliki uticaj na energetska iskorišćenje postrojenja.

Tokom sagorevanja, energija sadržana u otpadu se oslobađa u hemijskim reakcijama oksidacije. Toplotna moć čvrstog komunalnog otpada je slična toplotnoj moći lignita. Ostale vrste otpada mogu imati znatno niže, ali i znatno više toplotne moći.

U kotlu, toplota se predaje radnom fluidu, obično vodi koja se nalazi u bubnju kotla, cevnim kolektorima i cevnom kotlovskom sistemu postavljenom oko, iznad i neposredno iza ložišta. Zidove oko ložišta kotla čini cevni sistem kotla koji se naziva „membranski zid“ ili „rebrasti zid“. Sastoji se od brojnih paralelnih i pretežno vertikalnih čeličnih cevi, koje su međusobno zavarene. Unutar ovih cevi kruži voda koja apsorbuje toplotu iz dimnih gasova koji opstrujavaju cevi sa spoljašnje strane, i istovremeno hlade dimni gas. Voda u cevima isparava i formira suvozasićenu vodenu paru (osim u slučajevima da se topla voda koristi direktno za grejanje).

Unutar bubnja kotla, koji je posuda pod pritiskom koja se nalazi na vrhu ložišta, vruća voda i zasićena para su u ravnoteži jedna sa drugom, na tački ključanja i tački kondenzacije.

Voda iz bubnja kotla kontinuirano teče kroz cevni sistem, zagreva se apsorbujući toplotu iz dimnih gasova, isparava u cevima isparivača i formira vodenu paru, koja se zatim vraća u bubanj kotla. Zasićena vodena para iz bubnja se ili izvodi iz kotla kao konačan proizvod ili u cevnom sistemu kotlovskog pregrejača pregreva do željenih parametara pritiska i temperature, pri čemu se dobija pregrejana vodena para. Ova cirkulacija vode unutar cevnog sistema kotla je stalna.

6.1 Korišćenje energije

Postoji nekoliko mogućnosti za iskorišćenje dobijene energije:

- Proizvodnja električne energije (struje),
- Proizvodnja toplotne energije (procesne pare, daljinsko grejanje, daljinsko hlađenje) i
- Kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije (CHP), koja se naziva i kogeneracija.

Zasićena para se može uzimati iz bubnja kotla i dovoditi u pregrejače, koji su snopovi cevi koji se nalaze direktno unutar kotla, odnosno u najtoplijem delu kanala za dimne gasove. Iz vrelog dimnog gasa toplota se prenosi na paru, koja održava isti pritisak, ali je znatno povišena temperatura i daje pregrejanu paru (živu paru), koja se zatim može koristiti za proizvodnju električne energije u turbini i agregatu.

Tipični parametri pregrejane pare za inisineratore su 400°C i 40 bara.

Proizvodnja električne energije

U osnovi, dva različita tipa turbina se mogu koristiti za proizvodnju električne energije:

- a) Kondenzaciona turbina** (vidi Sliku 12, dijagram sa leve strane):
Ovaj tip turbine se koristi kada se ne proizvodi toplota. Nakon turbine, para se mora kondenzovati, ohladiti i vratiti u vodeno-parni ciklus kotla.

b) Protivpritisna turbina (vidi Sliku 12, dijagram na desnoj strani):

Pregrejana para nije u potpunosti ekspanzirana, već samo do određenog pritiska u opsegu srednjeg ili niskog pritiska, u zavisnosti od toga koji je pritisak potreban npr. za isporuku procesne pare u obližnje postrojenje ili za potrebe daljinskog grejanja/hlađenja.

Protivpritisne turbine se koriste za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP). Mogu se koristiti i samo za proizvodnju električne energije, ali u ovom režimu rada pokazuju nižu energetska efikasnost od kondenzacionih turbina.

Proizvodnja toplotne energije

Toplotna energija se isporučuje u obliku:

- Procesne pare za industrijsku upotrebu (npr. za potrebe sušenja u industriji celuloze i papira ili prehrambenoj industriji),
- Energije za daljinsko grejanja za stambene prostore,
- Energije za daljinsko hlađenja velikih zgrada (npr. bolnice, univerziteti, kompanije i poslovne zgrade), kao i
- Energije za industrijske svrhe, npr. u prehrambenoj industriji.

Kogeneracija

Kogeneracija označava kombinovanu proizvodnju toplote i električne energije (CHP).

6.2 Energetska efikasnost

U osnovi, energetska efikasnost se izračunava kao količnik korisne energije (izlaz) u odnosu na unetu energiju (ulaz):

Energetska efikasnost = Izlaz / Ulaz

Ovo se odnosi na:

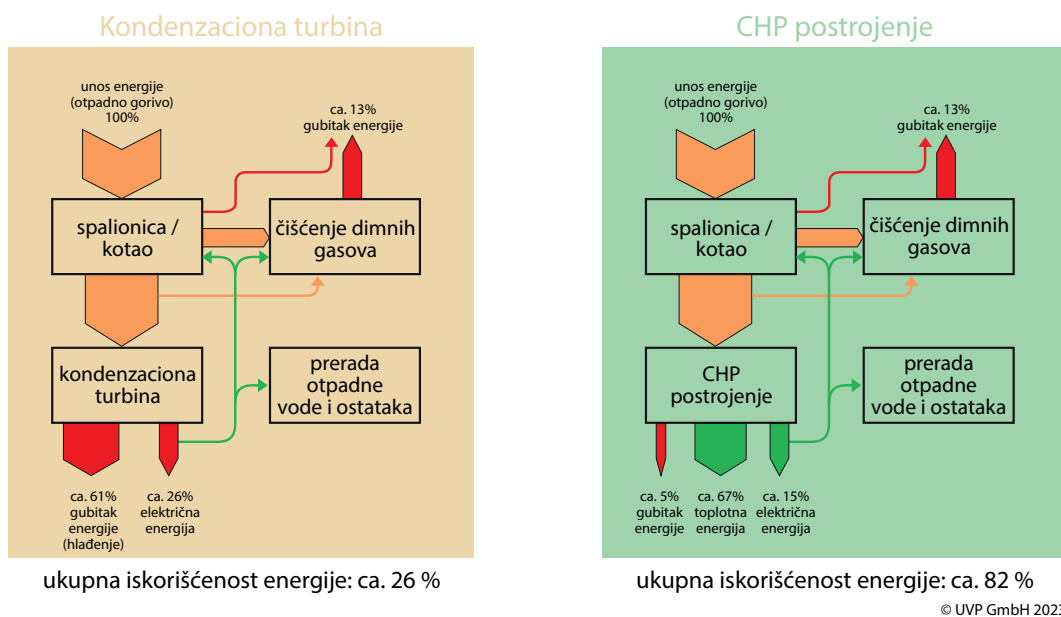
- Proizvodnju električne energije: **električna energetska efikasnost**,
- Proizvodnju toplote: **toplotna energetska efikasnost**,
- Kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP): **korišćenje energije**.

Za sve ove parametre mogu se izračunati dve različite vrednosti:

- **Bruto** energetska efikasnost - uključuje svu proizvedenu energiju, uključujući i sopstvenu potrošnju energije u postrojenju.
- **Neto** energetska efikasnost - podrazumeva samo energiju koja se isporučuje spoljnim potrošačima, npr. električna energija isporučena u mrežu, toplota isporučena u mrežu daljinskog grejanja. Izračunava se kao bruto (ukupna) proizvodnja energije minus sopstvena potrošnja postrojenja.

Postoji nekoliko dostupnih standardnih metoda za izračunavanje vrednosti energetske efikasnosti za insinatore.

Slika 12 daje primer tipičnih energetskih tokova (iskorišćenja energije) za insinatore koji proizvode samo električnu energiju u odnosu na kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP postrojenje).



Slika 12: Poređenje insineratora sa kondenzacionom turbinom za proizvodnju električne energije u odnosu na kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP postrojenje) (© UVP GmbH)

6.3 Izbor lokacije

Nova postrojenja za dobijanje energije iz otpada treba graditi samo na lokacijama koje su povezane sa industrijskim proizvodnim objektima kojima je potrebno snabdevanje toplotom tokom cele godine, ili na lokacijama koje su povezane na dovoljno jaku mrežu regionalnog daljinskog grejanja/hlađenja. Postrojenja za dobijanje energije iz otpada koja proizvode i toplotnu (grejanje, hlađenje) i električnu energiju mogu postići optimalnu energetska efikasnost od oko 80%, u zavisnosti od projekta postrojenja. Poređenja radi, postrojenja koja samo proizvode električnu energiju (bez upotrebe toplote) postižu neto efikasnost od samo oko 26%. Zbog ovoga je ključni preduslov dostupnost obližnjih potrošača toplote prilikom izbora lokacije, kako bi se postigla energetska efikasnost i održivo korišćenje resursa - u ovom slučaju otpada.

6.4 R1 formula

Unutar Aneksa II, Okvirne direktive EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC) data je takozvana R1 formula. Vrednost R1 služi da napravi razliku između dva tipa tretmana otpada sagorevanjem:

- **R1 „Korišćenje prvenstveno kao gorivo ili na drugi način u cilju proizvodnje energije“** (tj. insineracija otpada je operacija iskorišćenja, tj. **rekuperacije**), i
- **D10 „Insineracija na tlu“** (tj. insineracija otpada je operacija **odlaganja**).

Ova razlika je relevantna za prekogranično kretanje čvrstog komunalnog otpada, jer se mešani komunalni otpad može uvoziti samo za korišćenje u energetska efikasnim insineratorima (R1 tretman), ali ne i insineratorima koji su klasifikovani kao D10.

Formula R1 primenjuje se:

- isključivo na sagorevanje otpada, a ne na su-sagorevanje otpada;
- isključivo za sagorevanje komunalnog čvrstog otpada, ali ne i za sagorevanje opasnog otpada, bolničkog otpada, kanalizacionog mulja ili industrijskog otpada;
- na stare instalacije (dozvoljeno do 01.01.2009);
- na nove instalacije (dozvoljeno nakon 31.12.2008).

R1 formula definiše **bruto vrednost**, a ne neto vrednost, što znači da se ne uzima u obzir sopstvena potrošnja energije postrojenja.

Suprotno formuli energetske efikasnosti, vrednost R1:

- nije vrednost efikasnosti u tehničkom/fizičkom smislu (iako se naziva „energetska efikasnost“ u fusnoti uz Aneks II Okvirne direktive o otpadu),
- je zakonom definisan **pokazatelj performansi** i
- obično se shvata kao **politička formula**,
- nije data u obliku procenta, već kao vrednost bez tehničkih jedinica.

Vrednost R1 se izračunava prema sledećoj formuli:

$$R1 \text{ value} = [E_p - (E_f + E_i)] / [0,97 \times (E_w + E_f)]$$

Gde je :

E_p ... Proizvedena energija (f=1,1 za toplotu, f=2,6 za električnu energiju)

E_f ... Energija sadržana u gorivu

E_w ... Energija sadržana u tretiranom otpadu

E_i ... Energija iz uvoza

Granične vrednosti definisane Okvirnom direktivom o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC) su:

R1 ≥ 0,60 za postojeća postrojenja

R1 ≥ 0,65 za nova postrojenja

Postoji nekoliko faktora koji su ili direktno sadržani u formuli R1 ili koji se primenjuju na različite izlazne vrednosti energije. Faktor 0,97 - obuhvata energetske gubitke sa šljakom i zračenjem. E_p je proizvedena energija kao toplotna ili električna. U slučaju da je električna energija u pitanju, množi se faktorom 2,6 (uključuje stepen efikasnosti proizvodnje električne energije), a ako je toplotna faktorom 1,1 (uključuje stepen efikasnosti proizvodnje toplotne energije).

Kako formula R1 nije proračun energetske efikasnosti već politička formula, mogu se postići vrednosti znatno veće od jedan ($R1 > 1$). Tabela 15 daje pregled R1 vrednosti za insinatore u Austriji.

Tabela 15: Pregled R1 vrednosti za insinatore u Austriji (© UVP GmbH na osnovu podataka objavljenih u Umweltbundesamt-u, 2022)

| Insinerator | Tehnologija | Snaga [MWth] | Početak funkcionisanja | Vrednost R1 | Granična vrednost R1 |
|-------------------|---|--------------|------------------------|-------------|----------------------|
| ENEGES Niklasdorf | insinerator sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB) | 40 | 2004. | 0,85 | 0,60 |
| WAV (2MSWI) | insinerator sa rešetkom | 28,5 + 80 | 1995., 2006. | 0,84 | 0,60 |
| FCC Zistersdorf | insinerator sa rešetkom | 57,8 | 2009. | 0,69 | 0,60 |
| KRV Arnoldstein | insinerator sa rešetkom | 33 | 2004. | 0,89 | 0,60 |
| RHKW Linz | insinerator sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB) | 72 | 2011. | 1,17 | 0,60 |

| | | | | | |
|------------------------|---|-------------|---------------|------|------|
| RVL Lenzing | insinerator sa cirkulacionim fluidizovanim slojem (CFB) | 110 | 1998. | 0,76 | 0,60 |
| WE Flötzersteig | insinerator sa rešetkom | 3 x 23 | 1963. (2006.) | 0,72 | 0,60 |
| WE WSO4 | insinerator sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB) | 45 | 2003. (2011.) | 0,72 | 0,60 |
| WE Spittelau | insinerator sa rešetkom | 89 | 1971. (2015.) | 1,21 | 0,60 |
| WKU Pfaffenau | insinerator sa rešetkom | 2 x 40 | 2008. | 1,13 | 0,60 |
| EVN Dürnrrohr (3 MSWI) | insinerator sa rešetkom | 2 x 60 + 90 | 2004., 2010. | 0,84 | 0,60 |

Evropska komisija objavila je (neobavezujući) dokument koji daje smernice o tome kako primeniti formulu i izračunati R1 vrednost (EC 2011).

6.5 Korozija

Kod insineratora, tipični parametri pare su 400°C i 40 bara. Ovi parametri su znatno niži od parametara pare kotla koji radi na konvencionalno gorivo kao što je ugalj, mazut ili prirodni gas. Za razliku od konvencionalnog goriva, otpad može sadržati veće količine komponenti kao što su sumpor (S) i hlor (Cl), koji potencijalno nose rizik od izazivanja korozije kotla. Zbog toga se temperature pare moraju održavati na relativno nižem nivou, kako bi se smanjila korozija na izmenjivačima toplote u dimovodnom kanalu i drugoj opremi. Niži parametri vodene pare imaju za posledicu generalno nižu energetska efikasnost nego u kotlovima koji rade na konvencionalna goriva.

7 Mere za sprečavanje zagađenja

Dobijanje energije iz otpada je industrijski sektor sa najstrožim pravilima i graničnim vrednostima emisije od svih industrijskih sektora u Evropskoj uniji. Primenjuje se više tehničkih mera kako bi se sprečilo zagađenje, od rane faze inženjeringa, procedure izdavanja dozvola, sve do faze rada i konačnog prestanka rada postrojenja. Celokupno postrojenje poseduje širok opseg mere za zaštitu životne sredine i ljudskog zdravlja, celine za primarno i sekundarno uklanjanje zagađujućih materija i striktno procedure za praćenje rada u svakoj fazi procesa.

Kada se otpad sagoreva, on se oksiduje vazduhom na visokim temperaturama, prolazeći kroz iste hemijske reakcije koje se dešavaju i kod termičke konverzije uglja, nafte i prirodnog gasa. Od ugljenika i vodonika, ali i svih ostalih hemijskih elemenata koji su prisutni u otpadu, nastaju produkti oksidacije. Svi proizvodi sagorevanja izlaze iz ložišta kotla ili peći, čineći zajedno dimne gasove, koji se zatim hlade dok se istovremeno koriste za proizvodnju energije i prolaze kroz procese višestepenog prečišćavanja dimnih gasova.

Najveći deo insineratora su različita postrojenja koja su potrebna za tretman dimnih gasova, tretman otpadnih voda, rekuperaciju energije i sakupljanje čvrstih ostataka, skladišta otpada (npr. bunker, rezervoari) i druga pomoćna oprema, dok je sama peć ili kotao za insineraciju otpada prilično mali deo postrojenja (vidi Sliku 8).

EU **Direktiva o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU)** je centralni pravni akt Evropske unije o zaštiti životne sredine za različite industrijske sektore. Poglavlje IV i Aneks VI Direktive o industrijskim emisijama definišu veoma detaljne kriterijume za sagorevanje i su-sagorevanje (videti Poglavlja 9 i 10).

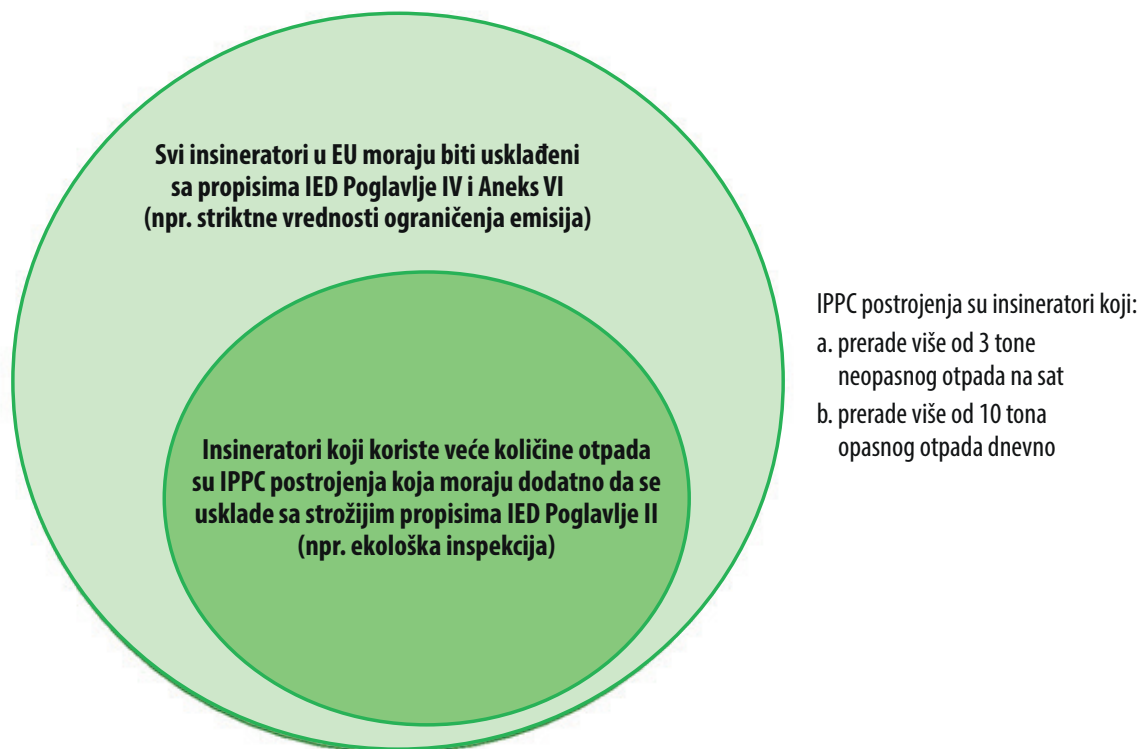
Za insineratore koje tretiraju više od 3 tone neopasnog otpada na sat ili više od 10 tona opasnog otpada dnevno, primenjuju se još stroža pravila i propisi **Integrisane prevencije i kontrole zagađenja** tzv. **IPPC režim**.

Ovi rigorozniji propisi za IPPC postrojenja su navedeni u Poglavlju II Direktive o industrijskim emisijama. Za IPPC postrojenja primena najboljih dostupnih tehnika (BAT- best available techniques) je obavezna.

Dakle, postoje:

- IED propisi (Poglavlje IV, Aneks VI) koji se primenjuju na **sve insineratore** u EU, npr. veoma stroge granične vrednosti emisije, propisi za uslove rada, pravila za praćenje itd.
- IED propisi (Poglavlje II) koji se primenjuju **samo na IPPC insineratore**, koji su postrojenja koje prelaze IPPC granične vrednosti kapaciteta za sagorevanje otpada; npr. obavezna primena najboljih dostupnih tehnika, inspekcija životne sredine najmanje svake 3 godine, propisi za zatvaranje lokacije, pristup informacijama i učešće javnosti u postupku izdavanja dozvole.

Prikaz primenljivog obima Direktive o industrijskim emisijama za insineratore koje su IPPC postrojenja i za one koje nisu IPPC postrojenja dat je na Slici 13.



Slika 13: Propisi Direktive o industrijskim emisijama Evropske unije koji se primenjuju na sve insineratore, i propisi koji se primenjuju na insineratore koji se tretiraju kao IPPC postrojenja (© UVP GmbH)

IPPC postrojenja moraju raditi u skladu sa **najboljim dostupnim tehnikama (BAT)**, pri čemu „tehnika“ znači ne samo tehnologiju primenjenu u instalaciji, već i dizajn, inženjering i rad instalacije. Ove tehnike su definisane u **Referentnom dokumentu BAT o sagorevanju otpada (BREF WI)** (videti Poglavlje 10.2) i postale su sastavni deo Odluke Komisije (EU) 2019/2010 od 12. novembra 2019. kojom uspostavljaju zaključke najbolje dostupne tehnike (BAT), prema Direktivi 2010/75/EU Evropskog parlamenta i Saveta, za sagorevanje otpada. Od 2023. pa nadalje, niži standardi od ovih se više ne primenjuju. Širom Evropske unije, novi insineratori mogu biti odobreni samo ako su u skladu sa revidiranim BREF WI propisima, a dozvole svih postojećih postrojenja moraju biti prilagođene kako bi se uskladile sa njima.

Insineratori određenih kapaciteta takođe moraju da prođu **procenu uticaja na životnu sredinu (EIA)** tokom izdavanja dozvole, proceduru uz učešće javnosti, u kojoj se procenjuje mogući uticaj projekta na životnu sredinu kako bi se obezbedila još veća bezbednost u zaštiti životne sredine (videti Poglavlja 9.1 i 9.3).

Sagorevanje otpada se vrši po principima:

- odvajanja vrednih materijala (npr. metala koji se dobijaju iz pepela),
- odvajanja i ispuštanja samo čistih tokova (prečišćeni dimni gas/otpadne vode/ostaci) iz kojih su izdvojene štetne zagađujuće materije, i
- koncentrisanje štetnih materija u malim količinama ostataka, koji su označeni kao konačni načini zbrinjavanja zagađivača i bezbedno odloženi.

Uzimajući u obzir činjenicu da sa otpadom „može sve doći zajedno“, uključujući i opasna jedinjenja, mere za sprečavanje zagađenja koje se primenjuju u insineratorima su najrazvijenije i najefikasnije.

7.1 Granične vrednosti emisije

Granične vrednosti emisija za insinatore određene su Direktivom o industrijskim emisijama Evropske unije (IED, Direktiva 2010/75/EU).

Granične vrednosti emisije za **emisije u vazduh iz insineratora** date su u delu 3 Aneksa VI IED. Kod postrojenja gde se odvija su-sagorevanje otpada primenjuju se različiti skupovi graničnih vrednosti emisije u vazduh.

U cilju poređenja sa propisanim graničnim vrednostima emisija u vazduh, sve izmerene vrednosti moraju se izračunati na temperaturi od 273,15 K (što odgovara 0°C), pritisku od 101,3 kPa (što odgovara 1 atm) i nakon korekcije sadržaja vodene pare u otpadnim gasovima. Standardizovani su na 11% kiseonika u otpadnom gasu, osim u slučaju sagorevanja mineralnog otpadnog ulja, kada su standardizovani na 3% kiseonika, i u slučajevima iz tačke 2.7 Dela 6.

Tabela 16: Prosečne dnevne granične vrednosti emisije za insinatore u (mg/Nm³) za sledeće supstance (kontinuirano praćenje)

| | |
|--|-----|
| Ukupna prašina | 10 |
| Gasovite i parne organske supstance, izražene kao ukupni organski ugljenik (TOC) | 10 |
| Hlorovodonik (HC1) | 10 |
| Vodonik fluorid (HF) | 1 |
| Sumpor-dioksid (SO ₂) | 50 |
| Azot-monoksid (NO) i azot-dioksid (NO ₂) izraženo kao NO ₂ za postojeće insinatore sa nominalnim kapacitetom većim od 6 tona na sat ili nove insinatore | 200 |
| Azot-monoksid (NO) i azot-dioksid (NO ₂), izraženi kao NO ₂ za insinatore sa nominalnim kapacitetom do 6 tona na sat ili manje | 400 |

Tabela 17: Polučasovne prosečne granične vrednosti emisija za insinatore u (mg/Nm³) za sledeće supstance (kontinuirano praćenje)

| | (100%) A | (97%) B |
|---|----------|---------|
| Totalna prašina | 30 | 10 |
| Gasovite i parne organske supstance, izražene kao ukupni organski ugljenik (TOC) | 20 | 10 |
| Hlorovodonik (HC1) | 60 | 10 |
| Vodonik fluorid (HF) | 4 | 2 |
| Sumpor-dioksid (SO ₂) | 200 | 50 |
| Azot-monoksid (NO) i azot-dioksid (NO ₂), izraženi kao NO ₂ za postojeće insinatore sa nominalnim kapacitetom većim od 6 tona na sat ili nove insinatore | 400 | 200 |

U Tabeli 16 i Tabeli 17 prikazane granične vrednosti emisija u vazduh primenjuju se na supstance koje podležu kontinualnom praćenju. U Tabelama 18-20 prikazane su granične vrednosti emisija u vazduh koje se primenjuju za slučaj diskontinualnog praćenja (periodični monitoring).

Tabela 18: Prosečne granične vrednosti emisija za insinatore u (mg/Nm³) za teške metale tokom perioda uzorkovanja od najmanje 30 minuta i maksimalno 8 sati (diskontinualno praćenje)

| | |
|--|--------------|
| Kadmijum i njegova jedinjenja, izražena kao kadmijum (Cd) | Ukupno: 0,05 |
| Talijum i njegova jedinjenja, izražena kao talijum (Tl) | |
| Živa i njena jedinjenja, izražena kao živa (Hg) | 0,05 |
| Antimon i njegova jedinjenja, izražena kao antimon (Sb) | Ukupno: 0,5 |
| Arsen i njegova jedinjenja, izražena kao arsen (As) | |
| Olovo i njegova jedinjenja, izražena kao olovo (Pb) | |
| Hrom i njegova jedinjenja, izražena kao hrom (Cr) | |
| Kobalt i njegova jedinjenja, izražena kao kobalt (Co) | |
| Bakar i njegova jedinjenja, izražena kao bakar (Cu) | |
| Mangan i njegova jedinjenja, izražena kao mangan (Mn) | |
| Nikl i njegova jedinjenja, izražena kao nikl (Ni) | |
| Vanadijum i njegova jedinjenja, izražena kao vanadijum (V) | |

Tabela 19: Prosečna granična vrednost emisije za insinatore u (ng/Nm³) za dioksine i furane tokom perioda uzorkovanja od najmanje 6 sati i maksimalno 8 sati (diskontinualno praćenje)

| | |
|-------------------|-----|
| Dioksini i furani | 0,1 |
|-------------------|-----|

Granične vrednosti emisije (mg/Nm³) za ugljen-monoksid (CO) u otpadnim gasovima:

- (a) 50 kao dnevna prosečna vrednost;
- (b) 100 kao polučasovna prosečna vrednost;
- (c) 150 kao 10-minutna prosečna vrednost.

Granične vrednosti emisija za emisije u vodu date su u Delu 5 Aneksa VI IED.

Tabela 20: Granične vrednosti emisija u (mg/l) i (ng/l) za ispuštanje otpadnih voda od prečišćavanja otpadnih gasova nakon sagorevanja otpada

| Zagađujuće supstance | Granične vrednosti emisija za nefiltrirane uzorke (mg/l osim za dioksine i furane) | |
|---|--|--------|
| | (95%) | (100%) |
| 1. Ukupne suspendovane čvrste materije kako je definisano u Aneksu I Direktive 91/271/EEC | 30 | 45 |
| 2. Živa i njena jedinjenja, izražena kao živa (Hg) | 0,03 | |
| 3. Kadmijum i njegova jedinjenja, izražena kao kadmijum (Cd) | 0,05 | |
| 4. Talijum i njegova jedinjenja, izražena kao talijum (Tl) | 0,05 | |
| 5. Arsen i njegova jedinjenja, izražena kao arsen (As) | 0,15 | |
| 6. Olovo i njegova jedinjenja, izražena kao olovo (Pb) | 0,2 | |
| 7. Hrom i njegova jedinjenja, izražena kao hrom (Cr) | 0,5 | |
| 8. Bakar i njegova jedinjenja, izražena kao bakar (Cu) | 0,5 | |
| 9. Nikl i njegova jedinjenja, izražena kao nikl (Ni) | 0,5 | |
| 10. Cink i njegova jedinjenja, izražena kao cink (Zn) | 1,5 | |
| 11. Dioksini i furani | 0,3 ng/l | |

7.2 Rad postrojenja

Regulatorni okvir Evropske unije za životnu sredinu navodi niz mera koje obezbeđuju da se rad insineratora odvija uz najveću zaštitu zdravlja ljudi i životne sredine. IED definiše stroga pravila za sve insineratore. Oni prevazilaze granične vrednosti emisija i imaju opšti fokus na to kako rad takvih postrojenja treba da se odvija na bezbedan način i uz sprečavanje nastanka zagađenja.

Uslovi dozvole

IED predviđa da je insinerator projektovan, opremljen, održavan i funkcioniše u skladu sa principima koji se moraju uzeti u obzir prilikom planiranja i davanja saglasnosti za rad (vidi član 44, IED):

- Uzimaju se u obzir različite kategorije otpada koji se sagoreva;
- Proizvedena toplota se koristi što je više moguće iskorišćenjem toplote, procesne pare ili električne energije;
- Količina i štetnost ostataka je minimizirana;
- Reciklaža ostataka od sagorevanja se odvija tamo gde je to potrebno i moguće;
- Odlaganje ostataka čiji nastanak nije moguće sprečiti, smanjiti ili reciklirati vršiče se u skladu sa zakonom.

Uslovi dozvole za insinerator moraju uključivati mnoge detaljne propise (vidi član 45, IED). Najrelevantniji zahtevi u pogledu rada postrojenja su dati u nastavku.

Kontrola emisija

Koncentracije zagađujućih materija u dimnim gasovima (otpadni gas) moraju biti u skladu sa graničnim vrednostima emisije propisanim IED, odnosno BAT zaključcima.

Dimni gasovi iz insineratora kontrolisano se ispuštaju preko dimnjaka. Njegova visina se mora izračunati kako bi se zaštitilo zdravlje ljudi i životna sredina.

Ispuštanje otpadnih voda od prečišćavanja dimnih gasova mora biti ograničeno koliko god je to moguće i koncentracije štetnih materija u otpadnim vodama moraju biti u skladu sa graničnim vrednostima emisija propisanim IED.

Razblaživanje otpadnih voda u cilju ispunjavanja graničnih vrednosti emisije ne sme se vršiti ni pod kojim okolnostima.

Mesta za sagorevanje otpada, uključujući pripadajuće skladišne prostore za otpad, moraju biti projektovana i korišćena na takav način da ne može doći do neovlašćenog i slučajnog ispuštanja nikakvih zagađujućih materija u zemljište, površinske i podzemne vode.

Kapacitet tankvana lokacije za skladištenje mora biti takav da je obezbeđeno oticanje kontaminirane kišnice, vode koja nastaje usled izlivanja ili gašenja požara. Pre ispuštanja, ove vode moraju biti ispitane i tretirane.

Kada su granične vrednosti emisije prekoračene, insinerator ne sme nastaviti sa sagorevanjem otpada duže od 4 sata neprekidno, a tokom jedne godine, ne više od 60 sati ukupno.

Za više detalja o **praćenju emisija**, videti Poglavlje 7.5.

Što se tiče **usaglašenosti sa graničnim vrednostima emisija**, detaljni propisi su dati u IED Aneksu VI deo 8, koji definišu pod kojim uslovima će se smatrati da su granične vrednosti emisije za vazduh i vodu ispoštovane.

Uslovi rada

Zahtevi dati u IED-u imaju za cilj da proces sagorevanja otpada teče na način bezbedan za životnu sredinu i zdravlje ljudi:

Ukupan **sadržaj organskog ugljenika (TOC) u šljaci i pepelu** mora biti ispod 3%, odnosno njihov gubitak pri žarenju ispod 5% suve mase.

Ovo stanje ima za cilj potpuno sagorevanje i visoku energetska efikasnost. Ako je potrebno, koristiće se tehnike prethodnog tretmana otpada (npr. sušenje ili sortiranje ulaznog otpada).

Nakon poslednjeg ubrizgavanja vazduha za sagorevanje u ložište, **temperatura dimnih gasova** mora biti najmanje **850°C** u trajanju od najmanje **dve sekunde**.

Ako se sagoreva opasan otpad sa sadržajem više od 1% halogenizovanih organskih materija, izraženih kao hlor, temperatura dimnih gasova od najmanje **1100°C** mora se održavati najmanje dve sekunde.

Ovaj uslov je propisan da bi se sprečila i svela na minimum de-novo sinteza polihlorovanih dioksina i furana (PCDD/F) i drugih štetnih halogenizovanih organskih zagađivača tokom sagorevanja. Istraživanja u različitim insineratorima komunalnog otpada u Austriji i Nemačkoj su pokazala da je zbir PCDD/F u svim izlaznim tokovima (dimni gas, otpadna voda i čvrsti ostaci) manji od količine PCDD/F sadržanog u ulaznom otpadu pre sagorevanja, što znači da su insineratori otpada koji rade po najboljim dostupnim tehnikama (BAT) uređaji za uništavanje PDCC/F (BMLFUW, 2015).

Komora za sagorevanje u insineratoru mora biti opremljena najmanje jednim **pomoćnim gorionikom**, koji se automatski uključuje kada temperatura gasova sagorevanja padne ispod propisanih temperatura. Takođe, on će se koristiti tokom pokretanja i gašenja postrojenja.

Pomoćni gorionik, koji se napaja konvencionalnim gorivima kao što su prirodni gas ili lako lož ulje, obezbeđuje da se zahtevane visoke temperature koje sprečavaju stvaranje PCDD/F održavaju sve vreme kada se nesagoreli otpad nalazi u komori za sagorevanje.

Insinerator mora posedovati **automatski sistem za sprečavanje dovoda otpada** u sledećim situacijama:

- a) pri pokretanju, sve dok se ne postigne potrebna temperatura;
- b) kad god se tokom vremena ne održava potrebna temperatura;
- c) kad god kontinualna merenja pokažu da je bilo koja granična vrednost emisije prekoračena usled smetnji ili kvarova uređaja za prečišćavanje otpadnih gasova.

Rekuperacija toplote proizvedene u bilo kom obliku u postrojenju za sagorevanje otpada mora se odvijati koliko god je to izvodljivo.

Infektivni klinički otpad stavlja se pravo u ložište insineratora, bez prethodnog mešanja sa drugim kategorijama otpada i bez direktnog kontakta sa njime.

Insineratorom upravlja i kontroliše njegov rad fizičko lice koje je nadležno za upravljanje postrojenjem.

Isporuka i prijem otpada

Operater insineratora mora preduzeti sve neophodne mere predostrožnosti u vezi sa isporukom i prijemom otpada kako bi se sprečilo ili ograničilo zagađenje vazduha, zemljišta, površinskih i podzemnih voda, kao i drugi negativni uticaji na životnu sredinu, mirise i buku i direktne opasnosti po zdravlje ljudi.

Pre prijema opasnog otpada u insinerator, operater mora:

- prikupiti sve dostupne informacije o otpadu u svrhu provere usklađenosti sa zahtevima dozvole (npr. o procesu stvaranja otpada, fizičkim svojstvima, hemijskom sastavu i opasnim karakteristikama otpada, supstancama sa kojima se ne može mešati i merama predostrožnosti koje treba uzeti u obzir pri rukovanju otpadom);
- proveriti dokumentaciju o otpremi otpada;
- uzeti reprezentativne uzorke otpada i čuvati ih najmanje mesec dana nakon sagorevanja;
- proveriti usklađenost frakcija otpada sa njihovom specifikacijom, i
- omogućiti nadležnim organima da identifikuju prirodu tretiranog otpada.

Ostaci

Ostaci treba da budu svedeni na minimum po količini i štetnosti.

Ostaci će se reciklirati, po potrebi, direktno u postrojenju ili van njega.

Prilikom transporta i skladištenja suvih ostataka, u vidu prašine, mora se sprečiti njihovo ispuštanje u životnu sredinu.

Pre utvrđivanja puteva za odlaganje ili reciklažu ostataka, potrebno je izvršiti odgovarajuća ispitivanja kako bi se utvrdile fizičke i hemijske karakteristike i potencijalno zagađenje koje od njih može da nastane. Ovi testovi se odnose na ukupnu rastvorljivu frakciju i rastvorljivu frakciju teških metala.

Kvar

U slučaju kvara, operater će smanjiti ili prekinuti rad čim je to izvodljivo dok se ne obezbedi normalan rad.

7.3 Primarne mere smanjenja emisije

Primarne mere se primenjuju kako bi se **sprečilo stvaranje zagađenja**. Najčešće korišćeni primeri su dati u nastavku.

Optimizacija projekta

Dobro projektno rešenje u osnovnom i detaljnom inženjeringu insineratora uzima u obzir najsavremenije i najbolje dostupne tehnike u sektoru i pruža ogroman potencijal za optimizaciju procesa. Preciziranje parametara npr. profila temperature dimnih gasova, turbulencije u gasnoj fazi, vremena zadržavanja dimnih gasova i otpada, nivoa kiseonika i mešanja otpada u ložištu su, osim konstrukcije i sekundarnih mera za smanjenje emisije, ključne za postizanje bezbednog i stabilnog procesa sagorevanja sa niskim nivoom emisija.

Optimizacija procesa sagorevanja

Formiranje zagađujućih materija se može smanjiti optimizacijom procesa sagorevanja, npr. preciznim kontrolisanjem količine otpada, mešavine otpada (sastav), temperature, protoka, mesta ubrizgavanja vazduha za sagorevanje.

Fazno sagorevanje

Kiseonik potreban za sagorevanje (oksidaciju) otpada se dovodi u ložište u obliku vazduha. Višestepeno dovođenje vazduha je tehnika razdvajanja vazduha na primarni, sekundarni, a često i tercijarni vazduh, koji

se doziraju na različitim pozicijama. Višestepeno dovođenje vazduha omogućava bolju kontrolu procesa oksidacije i temperature u peći, sa nižim temperaturama sagorevanja što za rezultat ima smanjenje stvaranja azotnih oksida (NOx).

Recirkulacija dimnih gasova

Deo dimnog gasa, koji se obično uzima iz toka dimnih gasova nakon uklanjanja prašine, može se recirkulisati u ložište mešanjem sa primarnim i/ili sekundarnim vazduhom. Pošto dimni gas sadrži značajno manje kiseonika nego vazduh, recirkulacijom dimnih gasova se smanjuje brzina sagorevanja i smanjuje temperatura plamena u ložištu, što takođe rezultira smanjenim stvaranjem NOx. Negativna posledica recirkulacije dimnih gasova je određeno smanjenje ukupnog stepena korisnosti postrojenja.

Napredni sistem kontrole

Korišćenje kompjuterski zasnovanog automatskog sistema za kontrolu efikasnosti sagorevanja i podršku sprečavanju i/ili smanjenju emisija je najsavremenije rešenje. Ovo takođe uključuje korišćenje nadzora visokih performansi radnih parametara i emisija.

Gorionik sa niskim sadržajem NOx

Stope stvaranja NOx mogu biti smanjene smanjenjem sadržaja kiseonika u središtu plamena gorionika za tečno ili gasovito gorivo. Smanjena količina kiseonika koja je tamo prisutna smanjuje temperaturu plamena i kao posledicu formiranje azotnih oksida (NOx). Potpuno sagorevanje se postiže povećanjem sadržaja kiseonika u hladnijoj spoljašnjoj zoni, što dovodi do dužeg plamena.

Direktno odsumporavanje

Kada se spaljuje otpad koji sadrži sumpor, formiraju se oksidi sumpora SO₂ i SO₃. U insineratorima sa fluidizovanim slojem, mineralni aditivi koji sadrže Ca ili Mg, kao što su mleveni krečnjak ili dolomit, mogu se ili dodati u fluidizovani sloj ili sami koristiti kao materijal za sloj. Oni hemijski reaguju sa gasovitim sumornim oksidima direktno pri njegovom formiranju („in situ“), dajući kalcijum-sulfit (CaSO₃) i kalcijum-sulfat (CaSO₄) čestice.

Brzo hlađenje dimnih gasova

Brzo hlađenje dimnih gasova sa temperatura iznad 400°C do ispod 250°C potrebno je pre nego što se izvrši uklanjanje čestica kako bi se sprečila de novo sinteza PCDD/F. Ovo se postiže odgovarajućim konstrukcijom kotla i/ili upotrebom sistema za hlađenje. Ova druga opcija ograničava količinu energije koja se može povratiti iz dimnih gasova i koristi se posebno u slučaju sagorevanja opasnog otpada sa visokim sadržajem halogena.

7.4 Sekundarne mere smanjenja emisije

Sekundarne mere smanjenja emisije se primenjuju u cilju **izdvajanja nastalih zagađivača** i sprečavanja njihovog širenja u životnu sredinu.

Kada se primenjuje suvo ili polusuvo prečišćavanje dimnih gasova, zagađujuće materije se konačno izdvajaju u formi čvrstih ostataka nakon prečišćavanja. Kada se primenjuje mokro prečišćavanje dimnih gasova, tečni efluent iz ovog procesa se prečišćava u postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda, čiji filterski kolač (neutralizovani mulj) služi kao konačni način zbrinjavanja za zagađivače, dok se prečišćeni dimni gas i prečišćena voda ispuštaju u životnu sredinu.

U revidiranoj verziji BREF-a o sagorevanju otpada, koji je objavljen 2019. godine, unete su neke manje promene u opsegu parametara emisije u vazduh, u poređenju sa IED-om. Kao primer, u budućnosti se može meriti ili PCDD/F ili zbir PCDD/F + PCB sličnih dioksinu. Takođe, dodatni zagađivači vazduha od interesa (N₂O, PBDD/F, benzo(a)piren) moraju se pratiti jednom godišnje, bez definisanja granične vrednosti emisije, u svrhu prikupljanja podataka.

Prečišćavanje dimnih gasova

Za kontrolu kvaliteta dimnih gasova u insineratoru koriste se različite kombinacije najbolje dostupnih tehnika (BAT). Tabela 21 daje pregled ovih tehnika, praćeno kratkim opisima sličnim onima datim u BREF WI dokumentu. Opisane tehnike su primenljive nezavisno od primenjene tehnologije sagorevanja (rešetka, fluidizovani sloj, rotaciona peć) i od vrste otpada koji se sagoreva.

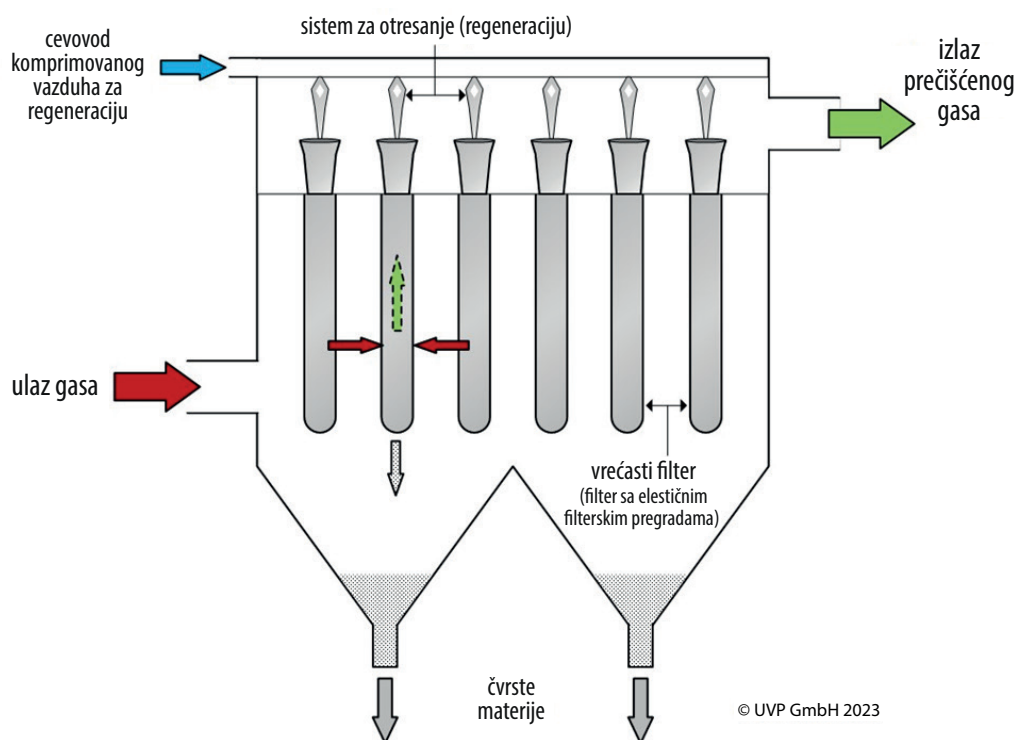
Tabela 21: Pregled tehnika prečišćavanja dimnih gasova koje se smatraju najboljim dostupnim tehnikama (BREF WI)

| Najbolja dostupna tehnika | Parametar koji se kontroliše |
|--|--|
| Vrećasti filter | Praškaste materije, teški metali |
| Ubrizgavanje sorbenta u ložište | Kiseli gasovi (SO _x , HCl, HF) |
| Katalitički vrećasti filtri | PCDD/F, NO _x |
| Direktno odsumporavanje | SO _x |
| Injekcija suvog sorbenta | Kiseli gasovi (SO _x , HCl, HF), PCDD/F i Hg |
| Elektrostatički filter (ESP) | Praškaste materije, teški metali |
| Adsorpcija sa fiksnim ili pokretnim slojem | TOC, PCDD/F, Hg i drugi |
| Recirkulacija dimnih gasova | NO _x |
| Selektivna katalitička redukcija (SCR) | NO _x |
| Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR) | NO _x |
| Poluvlažni apsorber | Kiseli gasovi (SO _x , HCl, HF) |
| Mokri prečišćivači/skruberi | Kiseli gasovi (SO _x , HCl, HF), PCDD/F i Hg |

Vrećasti filtri

Kod vrećastih filtera, filter vreće su napravljeni od poroznih ili filcanih materijala kroz koje prolaze gasovi, a čestice se talože na površini materijala. Filter vreće su podržane osnovnom konstrukcijom od metalne mreže. Upotreba vrećastih filtera zahteva odabir materijala koji odgovara karakteristikama dimnih gasova i maksimalnoj radnoj temperaturi. Brzina filtracije, odnosno zapreminski protok dimnog gasa po m² površine filtarskog materijala, i pad pritiska kroz vrećasti filter, kao osnovnih projektnih parametara, dominantno zavise od izbora filtarskog materijala.

Slika 14 prikazuje princip rada vrećastog filtera.



Slika 14: Vrećasti filter (filter sa elastičnim filterskim pregradama) – Princip rada (© UVP GmbH)

Ubrizgavanje sorbenta

Ubrizgavanje apsorbenata na bazi magnezijuma ili kalcijuma na visokoj temperaturi u zoni posle sagorevanja, vrši se da bi se postiglo delimično smanjenje emisije kiselih gasova. Tehnika je veoma efikasna za uklanjanje SO_x i HF i pruža dodatne prednosti u smislu poravnjanja pikova emisije.

Hemijske reakcije su slične onima pri ubrizgavanju suvog sorbenta, pri čemu se dobijaju smeše magnezijum ili kalcijum sulfita, sulfata, hlorida i fluorida.

Katalitički vrećasti filteri

Vrećasti filteri se ili impregniraju katalizatorom ili se katalizator direktno meša sa organskim materijalom u proizvodnji vlakana koja se koriste za filter vreće. Takvi filteri se mogu koristiti za smanjenje emisija PCDD/F, kao i, u kombinaciji sa dodavanjem NH_3 , za smanjenje emisije NO_x .

Direktno odsumporavanje

Direktno odsumporavanje vrši se dodavanjem apsorbenata na bazi magnezijuma ili kalcijuma u fluidizovani sloj. Direktno odsumporavanje se može posmatrati kao primarna tehnika za smanjenje emisije, jer apsorber reaguje sa jedinjenjima sumpora direktno u ložištu, u zoni formiranja sumpornih oksida.

Hemijske reakcije su slične onima kod ubrizgavanja suvog sorbenta, pri čemu se dobijaju smeše magnezijum ili kalcijum sulfita, sulfata, hlorida i fluorida.

Injekcija suvog sorbenta

Injekcija suvog sorbenta predstavlja ubrizgavanje i disperziju sorbenta u obliku suvog praha u struji dimnih gasova. Alkalni sorbenti (npr. natrijum bikarbonat NaHCO_3 , hidratirani kreč Ca(OH)_2) se ubrizgavaju kako bi reagovali sa kiselim gasovima (HCl, HF i SO_x). Aktivni ugalj je adsorbent koji se ubrizgava prvenstveno da

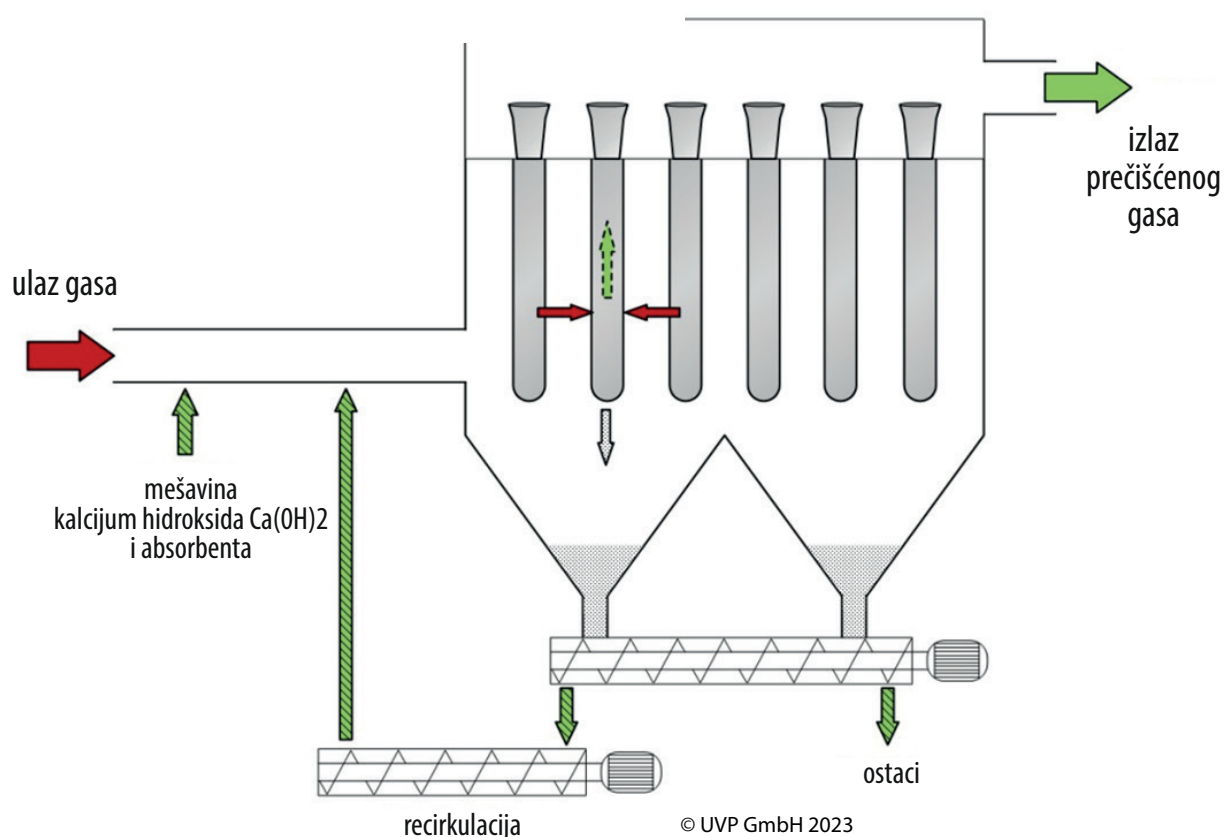
bi adsorbovao PCDD/F i isparljive metale, kao što je živa (Hg). Čestice aktivnog uglja na kojima su adsorbovane zagađujuće materije se uklanjaju najčešće u vrećastom filteru. Kontaminirani aktivni uglj može se regenerisati u termičkom procesu sa ubrizgavanjem vode ili vodene pare, nakon čega se aktivni uglj može ponovo koristiti i na taj način smanjiti njegova potrošnja.

Hemijske reakcije za uklanjanje kiselih gasova, pri čemu se kao adsorbent koristi hidrat kreča su:

- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Pored toga, fizičko vezivanje (adsorpcija) gasovitih teških metala (npr. elementarne Hg) i isparljivih organskih jedinjenja (VOC) se odvija na unutrašnjoj površini aktivnog uglja, ako se on koristi kao adsorbent. Može se dozirati odvojeno ili zajedno sa hemijskim sorbentom, ili se koriste gotove mešavine tipično 2-5% aktivnog uglja u krečnom hidratu.

Na Slici 15 prikazan je princip rada ubrizgavanja suvog sorbenta u dimni gas sa naknadnim odvajanjem čvrstih čestica (prašine) u vrećastom filteru i delimičnom recirkulacijom adsorbenata.

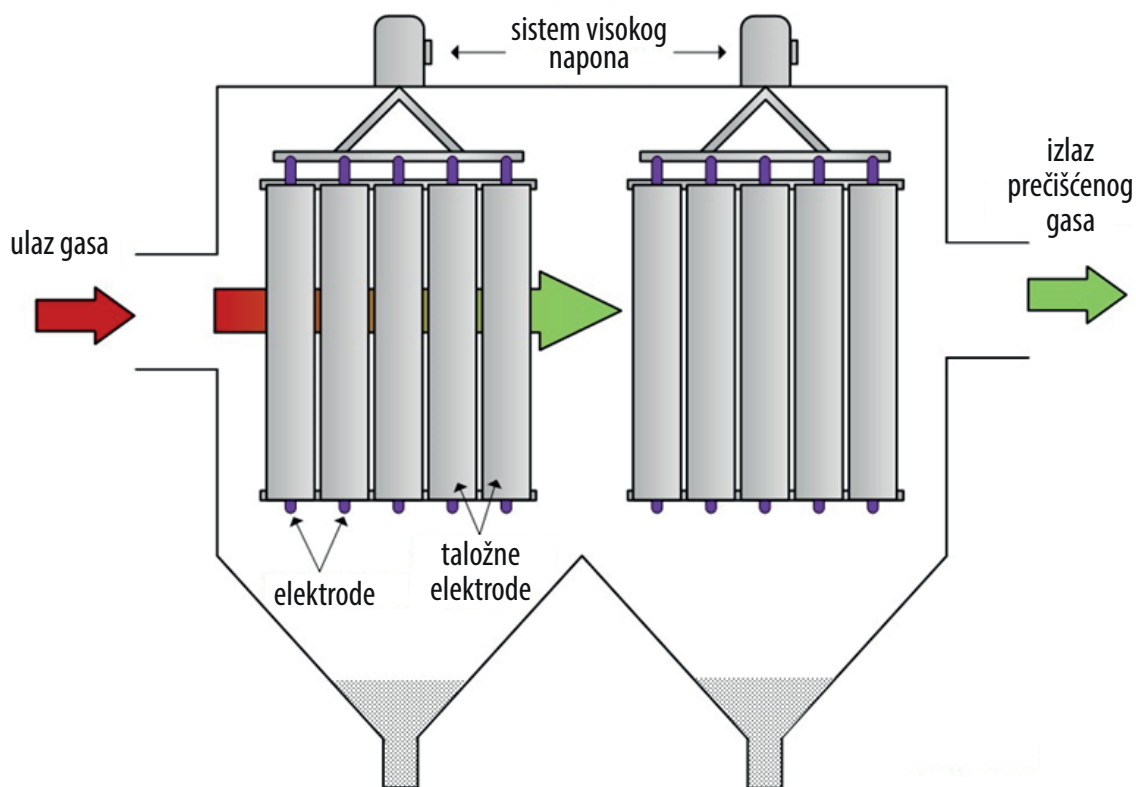


Slika 15: Ubrizgavanje suvog sorbenta sa recirkulacijom – Princip rada (© UVP GmbH)

Elektrostatički prečištač (elektrofilteri)

Elektrostatički filteri (ESP) funkcionišu tako da se čestice prilikom prolaska kroz jako električno polje koje se stvara između elektroda naelektrišu, a zatim se kreću u pravcu one elektrode koja je suprotno naelektrisana i na njoj talože (taložna elektroda). Elektrostatički filteri su sposobni da rade u širokom opsegu parametara. Efikasnost prečišćavanja zavisi od jačine električnog polja, broja sekcija u filteru, vremena zadržavanja (dimenzija ESP) i površine taložnih elektroda. Obično se projektuju tako da imaju dve do pet sekcija (polja). Elektrostatički filteri mogu biti suvog ili mokrog tipa, u zavisnosti od tehnike koja se koristi za otresanje nataloženih čestica sa elektroda. Kod suvih elektrofiltera primenjuje se postupak mehaničkog otresanja taložnih elektroda, a kod mokrih otresanje nataloženih čestica se vrši spiranjem vodom. Vlažni elektrofilteri se obično koriste kada je, osim čestica prašine, iz dimnog gasa potrebno izdvajati i kapljice tečnosti.

Elektrostatički filteri se mogu primenjivati u kombinaciji sa drugim prečištačima, kao što su npr. skruberi ili ranije opisani prečištači sa ubrizgavanjem adsorbenta i naknadnom filtracijom u vrećastim filterima.



Slika 16: Elektrostatički filter (ESP) – Princip rada (© UVP GmbH)

Adsorpcija u nepokretnom ili pokretnom sloju

Dimni gas se propušta kroz filter sa nepokretnim ili pokretnim slojem gde se adsorbens (npr. aktivirani koks, aktivirani lignit ili polimer impregniran ugljenikom) koristi za adsorbovanje zagađivača. Pored ukupnog organskog ugljenika, uključujući PCDD/F i druge POPs, adsorbuje se elementarna živa (Hg).

Recirkulacija dimnih gasova

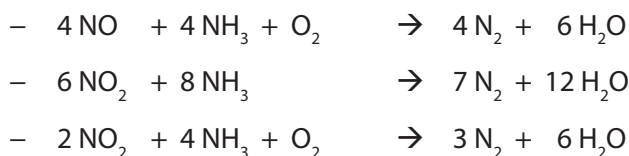
Recirkulacijom dela dimnog gasa u ložište dobija se delimična supstitucija svežeg vazduha za sagorevanje, uz dvostruki efekat hlađenja i smanjenja raspoloživog kiseonika (O_2) za oksidaciju azota (N_2), čime se ograničava formiranje NO_x . Tipično se dimni gas za recirkulaciju uzima iz otprašenog dimnog gasa i ponovo vraća u ložište blizu područja ubrizgavanja sekundarnog vazduha.

Selektivna katalitička redukcija (SCR)

Selektivna katalitička redukcija (SCR) je selektivna redukcija azotnih oksida (NO_x) sa amonijakom (NH_3) ili ureom ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, oslobađa NH_3 kada se termički razlaže) u prisustvu katalizatora. Tehnika se zasniva na redukciji NO_x -a u azot u katalitičkom sloju reakcijom sa amonijakom na optimalnoj radnoj temperaturi koja je tipično oko 200–450°C u zoni visokih koncentracija čestica u dimnom gasu i 170–250°C u zoni niskih koncentracija čestica, odnosno kada se ova mera primenjuje na kraju, nakon izdvajanja čestica iz struje dimnog gasa. Generalno, amonijak se ubrizgava kao vodeni rastvor; izvor amonijaka takođe može biti anhidrovani amonijak ili rastvor uree. Može se naneti nekoliko slojeva katalizatora. Veća redukcija NO_x postiže se upotrebom veće površine katalizatora, postavljenog u jednom ili više slojeva. Moguća je primena selektivne katalitičke redukcije (SCR) u kombinaciji sa selektivnom nekatalitičkom redukcijom (SNCR), gde se SCR postavlja iza SNCR u cilju sprečavanja emisije naknadno formiranog NH_3 (pojava poznata kao „klizanje amonijaka“) do čega može doći u fazi prečišćavanja SNCR postupkom.

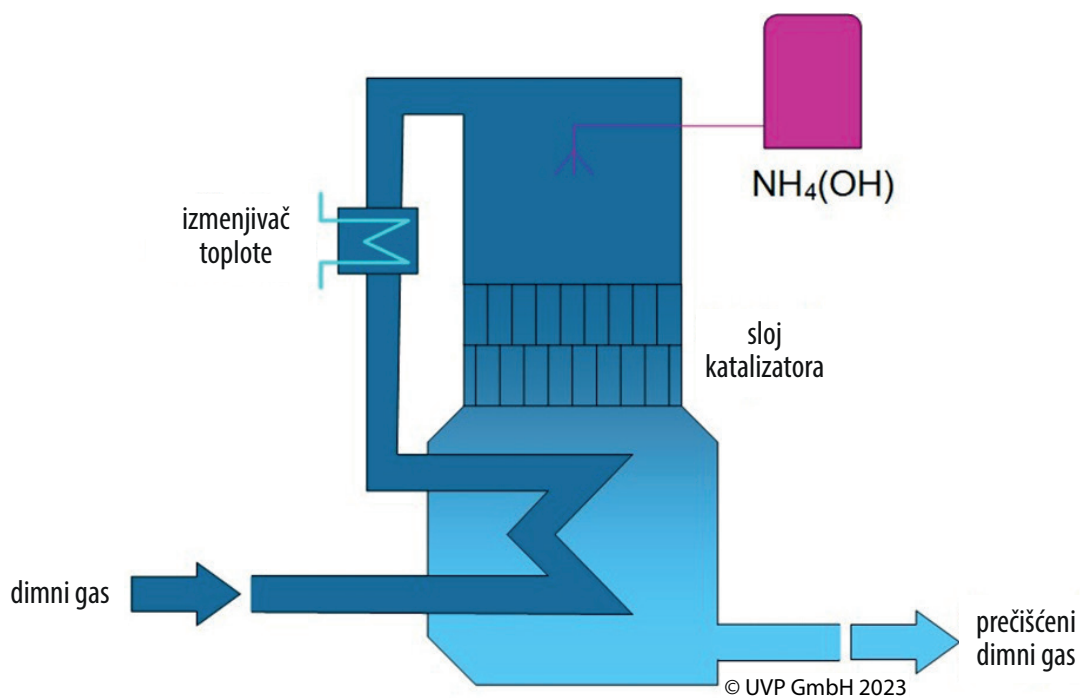
Kada su u kontaktu sa katalizatorom, oksidi azota reaguju sa amonijakom na niskim temperaturama, redukujući se u azot i vodenu paru, sa efikasnošću konverzije većom od 90%.

Hemijske reakcije SCR procesa su:



Štaviše, dioksini i furani (PCDD/F) takođe mogu biti razgradjeni u SCR postrojenju. U kontaktu sa katalizatorom oksidovani kiseonikom, formiraju H_2O , CO_2 i HCl .

Slika 17 prikazuje princip rada selektivne katalitičke redukcije (SCR).



Slika 17: Selektivna katalitička redukcija (SCR) azotnih oksida – Princip rada (© UVP GmbH)

Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR)

Selektivna nekatalitička redukcija je selektivna redukcija azotnih oksida u azot sa amonijakom ili ureom, sličan princip kao što je gore opisano za SCR, ali na visokim temperaturama i bez katalizatora. Raspon radne temperature je između 800°C i 1.000°C za optimalnu reakciju.

Performanse SNCR sistema mogu se povećati kontrolisanjem ubrizgavanja reagensa iz više mlaznica uz kontinualno merenje temperature merilima sa brzim odzivom (npr. infracrvenim pirometrima) kako bi se obezbedilo da se reagens ubrizgava u optimalnu temperaturnu zonu u svakom trenutku.

Slične reakcije kao u SCR odvijaju se i u SNCR procesu, smanjujući koncentraciju azotnih oksida u dimnom gasu. Pošto se ne koristi katalizator, efikasnost konverzije je samo oko 50-60%, dok je slučajno ispuštanje amonijaka („klizanje amonijaka“) znatno veće nego u katalitičkom procesu.

Poluvlažni apsorber

Takođe se naziva i polusuvi apsorber. Alkalni vodeni rastvor ili suspenzija (npr. krečno mleko, koje sadrži kreč u obliku hidrata kreča $\text{Ca}(\text{OH})_2$) se dodaje struji dimnih gasova da bi se izdvojili kiseli gasovi. Voda isparava i proizvodi reakcije su čvrste materije. Dobijene čvrste materije mogu se recirkulisati da bi se smanjila potrošnja reagensa.

Hemijske reakcije su slične onima opisanim ranije za ubrizgavanje suvog sorbenta, pri čemu se dobijaju smeše kalcijum (ili magnezijum) sulfita, sulfata, hlorida i fluorida.

Mokro prečišćavanje

Mokro prečišćavanje gasova odvija se u prisustvu tečne faze, obično vode ili vodenog rastvora. Postupci mokrog prečišćavanja su postupci apsorpcije namenjeni prevashodno za izdvajanje kiselih gasova (HCl , HF , SO_x), ali i drugih rastvorljivih jedinjenja i čvrstih materija (npr. žive).

U prisustvu hlora i kiseonika, pri temperaturama od 850°C i više koje su prisutne u postrojenjima za saganje otpada, oko 95% žive se oksiduje u Hg^+ i Hg_2^+ , formirajući hloridi žive (HgCl_2 , HgCl) i živin oksid (HgO). Ta jedinjenja se mogu efikasno ukloniti iz dimnih gasova u mokrim prečistačima (skruberima).

Nasuprot tome, mala preostala količina žive koja je prisutna u svom elementarnom obliku (Hg) ne može se ukloniti mokrim prečišćavanjem. Da bi se adsorbovala i elementarna živa i/ili PCDD/F, u mokrim prečistačima se može dodati ugljenični sorbent (u formi suspenzije ili kao sloj impregniran ugljenikom). Takođe je moguće dodati oksidaciona sredstva kao što je vodonik-peroksid (H_2O_2) u skruber, kako bi se elementarna živa transformisala u oksidisane oblike rastvorljive u vodi; ili dodati jedinjenja sumpora da bi se formirali stabilni kompleksi ili živine soli.

Koriste se različite konstrukcije skruber, npr. skruberi sa mlaznicama, rotacioni prečistači, Venturi skruberi, skruberi sa brizgaljkama i skruberi sa uređenom ili neuređenom ispunom.

Obično se primenjuju dve uzastopne faze mokrog čišćenja.

Prva **faza prečišćavanja** je obično **kiseli skruber** koji radi na **pH~1,0** i koristi istosmerni tok (paralelni tok dimnih gasova i vode za pranje). Uklanjaju se halogena jedinjenja (HCl , HF), oksidovana jedinjenja žive i SO_3 , a istovremeno se dimni gas naglo hladi i zasićuje vodenom parom, usled intenzivnog kontakta sa vodom. pH vrednost se održava konstantnom doziranjem kreča.

Druga **faza pranja** je obično **neutralni skruber** koji radi na skoro neutralnim uslovima **pH~6,5**, koristeći suprotnosmerni tok (dimni gas i voda za pranje se kreću u suprotnim smerovima, dimni gas odozdo prema gore, a voda odozgo prema dole) i uklanja prvenstveno SO_2 iz dimnih gasova. pH vrednost se održava konstantnom doziranjem kreča ili NaOH .

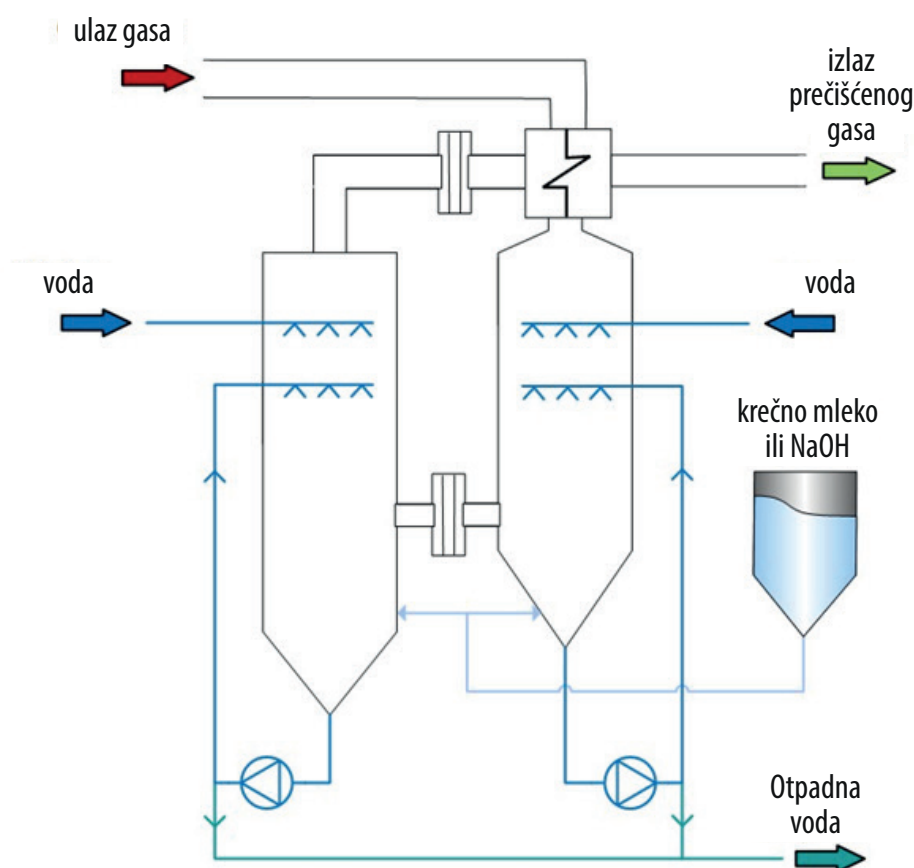
Kada se krečnjak koristi kao aditiv u mokrom skruberu, SO_3 (i SO_2 koji je oksidovan u SO_3) se taloži kao gips (CaSO_4), formirajući suspenziju. Gips se može odvojiti iz suspenzije filtriranjem.

Kada se NaOH umesto krečnjaka koristi kao aditiv, SO_3 (i SO_2 koji je oksidovan u SO_3) formiraju dobro rastvorljiv natrijum sulfat (Na_2SO_4). Ovaj slani rastvor se zatim može pumpati u poseban sud, gde se u posebnoj posudi meša sa krečom, da bi se istaložio gips, koji se zatim filtrira.

U zavisnosti od svog kvaliteta i sadržaja zagađivača, gips se može podvrgnuti regeneraciji, dok se filtrat vraća nazad u mokri skruber da bi se ponovo koristio kao sredstvo za apsorbovanje.

Male količine otpadne vode se iz skrubera kontinuirano uklanjaju i podvrgavaju prečišćavanju u posebnom postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda.

Slika 18 prikazuje princip rada dvostepenog sistema za mokro prečišćavanje dimnih gasova.

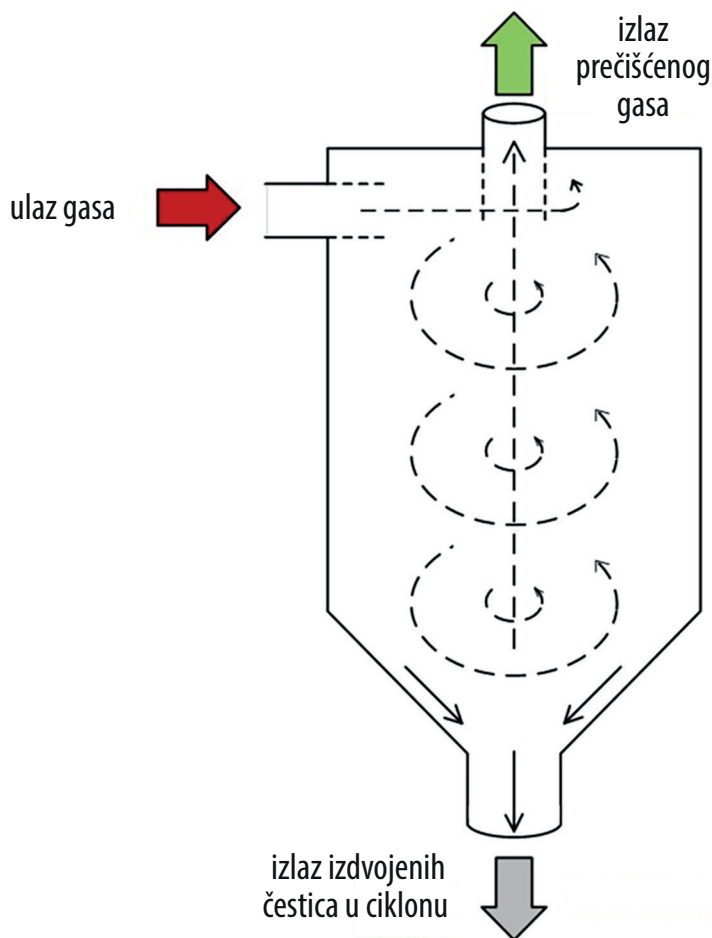


Slika 18: Dvostepeni sistem za prečišćavanje dimnih gasova mokrim postupkom
– Princip rada (© UVP GmbH)

Cikloni

Cikloni su uređaji za otprašivanje koji rade na principu tangencijalnog ulaza dimnih gasova u cilindričnu posudu, gde se čestice pod dejstvom centrifugalnih sila odvajaju i nakon toga uklanjaju iz bunkera na dnu ciklona, dok otprašeni gas napušta posudu preko izlaza na gornjem delu. Cikloni su veoma efikasni uređaji za odvajanje krupnih čestica letećeg pepela, ali moraju da se kombinuju sa drugim tehnikama otprašivanja jer ne mogu da uklone fine čestice iz dimnog gasa.

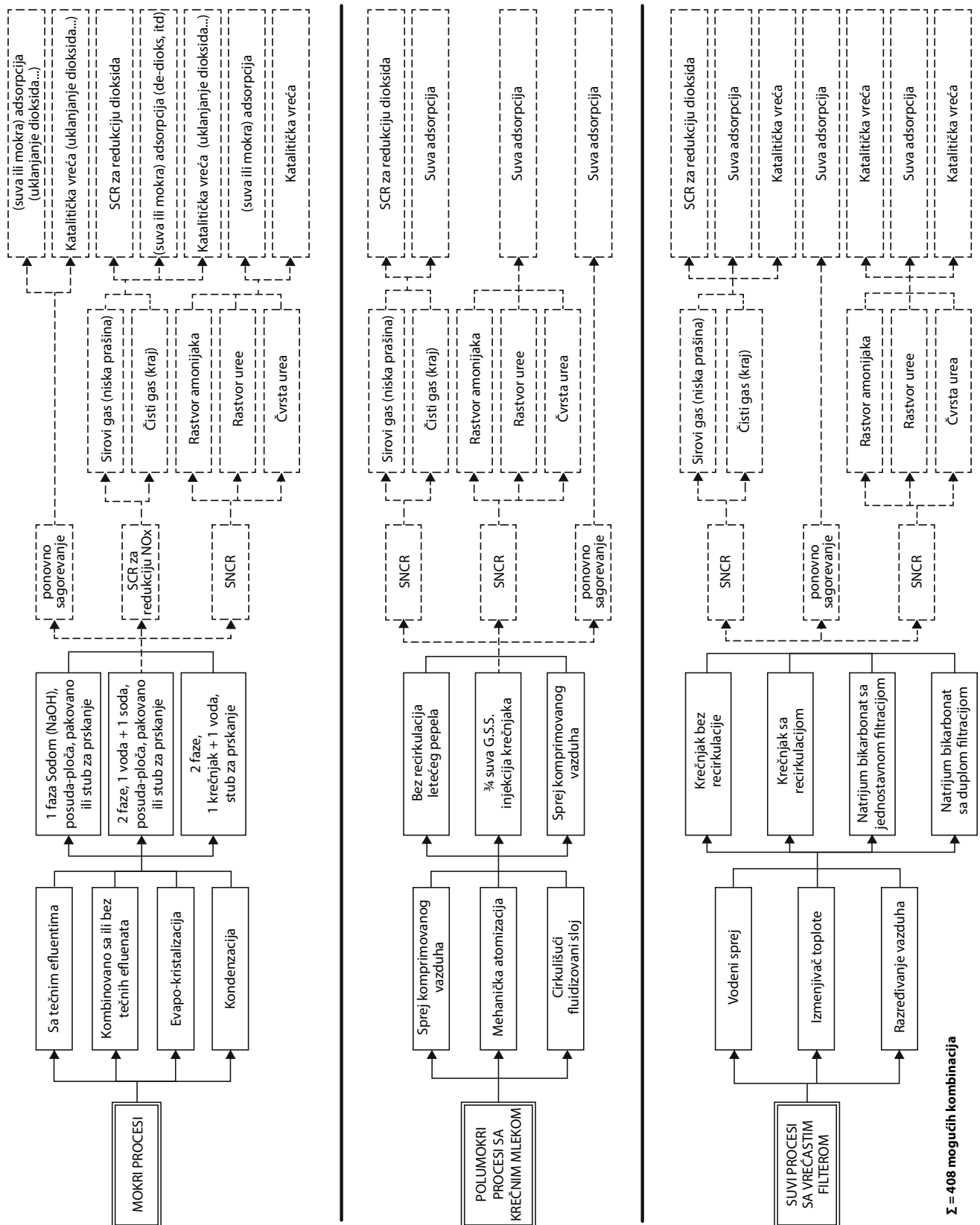
Na Slici 19 prikazan je princip rada ciklona za prethodno otprašivanje koji ima za cilj uklanjanje krupnih čestica iz dimnih gasova.



Slika 19: Ciklon za prethodno otprašivanje krupnih čestica
– Princip rada (© UVP GmbH)

Kombinacija različitih tretmana

Pojedinačne komponente sistema za prečišćavanje dimnih gasova (FGC) se kombinuju da bi se obezbedilo efikasno uklanjanje zagađujućih materija koje se nalaze u dimnim gasovima. Veliki broj raspoloživih različitih konstrukcija uređaja za prečišćavanje i različitih procesa prečišćavanja omogućava veliki broj kombinacija. Dijagram prikazan na Slici 20 dat je u BREF WI dokumentu i pokazuje ukupno 408 različitih kombinacija tehnika za prečišćavanje dimnih gasova.



Slika 20: Pregled 408 mogućih kombinacija tehnika prečišćavanja dimnih gasova (FGC) navedenih u BREF WI (© UVP GmbH zasnovano na BREF WI podacima)

Tretman otpadnih voda

Otpadne vode iz procesa čišćenja dimnih gasova

Otpadne vode u insineratoru čine različite vrste voda kontaminiranih tokom procesa sagorevanja i povezanih aktivnosti. Proizvodnja i sastav otpadne vode u insineratoru može varirati u zavisnosti od dizajna, tehnika i opreme koja se koristi. Neki od poznatih izvora otpadnih voda u takvim objektima su:

- Sistem za prečišćavanje dimnih gasova (skruber),
- Sistem za rukovanje pepelom,
- Sistem vode za hlađenje,
- Otpadne vode nastale tokom pranja pepela (metoda prethodnog tretmana),
- Oticanje kišnice.

U većini slučajeva, dominante otpadne vode iz insineratora su one koje nastaju u procesu prečišćavanja dimnih gasova. Mokro čišćenje se obično izvodi u dve faze. U prvom kiselom skruberu, halogenidi vodonika (uglavnom HCl, ali i HF, HBr i HI u tragovima) se odvajaju od dimnih gasova fizičkom apsorpcijom u vodi. U drugom neutralnom skruberu, SO₂ koji je manje rastvorljiv u vodi se hemijski apsorbuje rastvorom natrijum-hidroksida.

Efluent kiselog skrubera obično pokazuje pH znatno ispod 1 i sadrži male količine finih čestica i metalnih jedinjenja (npr. živa). Efluent neutralnog skrubera sadrži uglavnom natrijum sulfite/sulfate. Konvencionalno, ovi efluenti se mešaju i zatim šalju u fazu korekcije pH, gde se Ca(OH)₂ dodaje u otpadnu vodu da bi se HCl pretvorio u neorganske soli (CaCl₂ i NaSO₄ u CaSO₄ i NaCl).

Otpadna voda se zatim šalje u klariflokulator, gde se CaSO₄ taloži sa flokulisanim metalnim hidroperoksidima. Istaložena materija se odvodnjava (nastaje ostatak poznat kao filterski kolač) i šalje se na trajno odlaganje na deponije za opasan otpad, dok se prečišćena otpadna voda ispušta u recipijent, nakon provere da je sadržaj hlorida ispod maksimalno dozvoljene vrednosti.

Tehnologija prečišćavanja otpadnih voda

Različite kombinacije nekoliko najboljih dostupnih tehnika, koje su opisane u Tabeli 22, koriste se za kontrolu kvaliteta otpadne vode koja se ispušta iz insineratora.

Tabela 22: Tehnologije za prečišćavanje otpadnih voda koje su najbolje dostupne tehnike (BREF WI)

| Najbolja dostupna tehnika | Materije koje se izdvajaju |
|------------------------------|---|
| Adsorpcija na aktivnom uglju | Rastvorljive supstance, organska jedinjenja, Hg |
| Taloženje | Sulfati, fluoridi, metali |
| Koagulacija i flokulacija | Suspendovane materije |
| Izjednačavanje (egalizacija) | Svi parametri |
| Filtracija | Suspendovane materije |
| Flotacija | Suspendovane materije |
| Jonska razmena | Jonski zagađivači |
| Neutralizacija | Podšavanje pH na oko 7 |
| Oksidacija | Sulfit SO ₃ ²⁻ |
| Reverzna osmoza | Zagađivači rastvoreni u vodi, npr. soli |
| Sedimentacija | Suspendovane materije |
| Stripovanje ili degazacija | Zagađivači koji se mogu izdvojiti iz tečne faze, npr. NH ₃ |

Adsorpcija na aktivnom uglju

Rastvorljive supstance (rastvorene materije) se uklanjaju iz otpadne vode prenošenjem na površinu čvrstih, visokoporoznih čestica adsorbenta. Aktivni uglj se obično koristi za adsorpciju organskih jedinjenja i elementarne žive.

Taloženje

Rastvoreni zagađivači se pretvaraju u nerastvorljiva jedinjenja dodavanjem hemijskih reaktanata (precipitanta). Nastali čvrsti precipitati se zatim odvajaju sedimentacijom, flotacijom ili filtracijom. Tipične hemikalije koje se koriste za taloženje metala su kreč, dolomit, natrijum-hidroksid, natrijum-karbonat, natrijum-sulfid i organosulfidi. Kalcijumove soli (osim kreča) se koriste za taloženje sulfata ili fluorida.

Koagulacija i flokulacija

Koagulacija i flokulacija se koriste za odvajanje suspendovanih čvrstih materija iz otpadne vode i često se vrše u više uzastopnih koraka. Koagulacija se vrši dodavanjem koagulanta (npr. gvožđe hlorida) sa naelektrisanjem suprotnim od naelektrisanja suspendovanih čvrstih materija. Flokulacija se vrši dodavanjem polimera, tako da sudari čestica mikrofloakula dovode do njihovog vezivanja, čime nastaju veće flokule. Formirane flokule se zatim odvajaju sedimentacijom, flotacijom vazduhom ili filtracijom.

Izjednačavanje (egalizacija)

Ovo podrazumeva balansiranje tokova i izjednačavanje opterećenja zagađujućim materijama korišćenjem rezervoara, bazena i sličnih spremnika u kojima se voda ostavi da odleži u cilju ujednačavanja svih parametara.

Filtracija

Filtracija je odvajanje čvrstih materija iz otpadne vode prolaskom kroz porozni medijum. Uključuje različite vrste tehnika, npr. filtraciju peskom, mikrofiltraciju i ultrafiltraciju.

Uobičajeni tipovi filterskih sistema su npr. peščani filteri (za uklanjanje krupnih čestica) i filter prese (za uklanjanje finih čestica i filtriranje mulja).

Flotacija

Flotacija označava odvajanje čvrstih ili tečnih čestica, koje su hidrofobne ili postaju hidrofobne pomoću aditiva iz otpadne vode vezivanjem na fine mehuriće gasa, obično vazduha. Plivajuće čestice se akumuliraju na površini vode i sakupljaju.

Jonska razmena

Zadržavanje jonskih zagađivača (katjona i anjona) iz otpadnih voda i njihova zamena prihvatljivijim jonima (H^+ i OH^-) odvija se na površini jonoizmenjivačke smole (polimera). Zagađivači se privremeno zadržavaju na površini smole.

S vremena na vreme katjonski i anjonski izmenjivači moraju da se regenerišu. Ispiraju se kiselinom (obično HCl) ili bazom (obično NaOH). Ispiranjem se uhvaćeni jonski zagađivači odvajaju od smole i uklanjaju preko tečnosti za povratno ispiranje, dok se u isto vreme ponovo nanose H^+ i OH^- , respektivno, na površinu smole.

Neutralizacija

Neutralizacija je podešavanje pH otpadne vode na neutralnu vrednost (približno pH 7) dodavanjem hemikalija. Natrijum hidroksid (NaOH) ili kalcijum hidroksid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se generalno koriste za povećanje pH, dok se sumporna kiselina (H_2SO_4), hlorovodonična kiselina (HCl) ili ugljen-dioksid (CO_2) koriste za smanjenje pH vrednost. Tokom neutralizacije može doći do taloženja nekih supstanci.

Oksidacija

Oksidacija se koristi za pretvaranje zagađujućih materija hemijskim oksidacionim agensima u slična jedinjenja koja su manje opasna i/ili lakša za uklanjanje. U slučaju otpadnih voda od upotrebe mokrih prečišćivača, vazduh se može koristiti za oksidaciju sulfita (SO_3^{2-}) u sulfat (SO_4^{2-}).

Reverzna osmoza

Reverzna osmoza je membranski proces u kome razlika pritiska primenjena između dva dela odvojena membranom dovodi do toga da voda teče iz više koncentrisanog rastvora u manje koncentrovani.

Sedimentacija

Sedimentacija je odvajanje suspendovanih čvrstih materija gravitacionim taloženjem.

Stripovanje (degazacija)

Stripovanje je uklanjanje rastvorenih zagađujućih materija (npr. amonijaka NH_3) iz otpadnih voda kontaktom sa velikim protokom gasne struje kako bi one prešle u gasnu fazu. Zagađujuće materije se naknadno izdvajaju (npr. kondenzacijom) za dalju upotrebu ili skladištenje. Efikasnost uklanjanja može se poboljšati povećanjem temperature ili smanjenjem pritiska jer je ovaj proces suštinski proces degazacije koji je efikasniji pri višim temperaturama i nižim pritiscima.

Tipična konfiguracija

Tipičan redosled faza tretmana otpadnih voda, koji se koristi za prečišćavanje otpadnih voda iz sistema za vlažno prečišćavanje dimnih gasova, dat je u sledećem primeru:

Prvi korak: Uklanjanje teških metala.

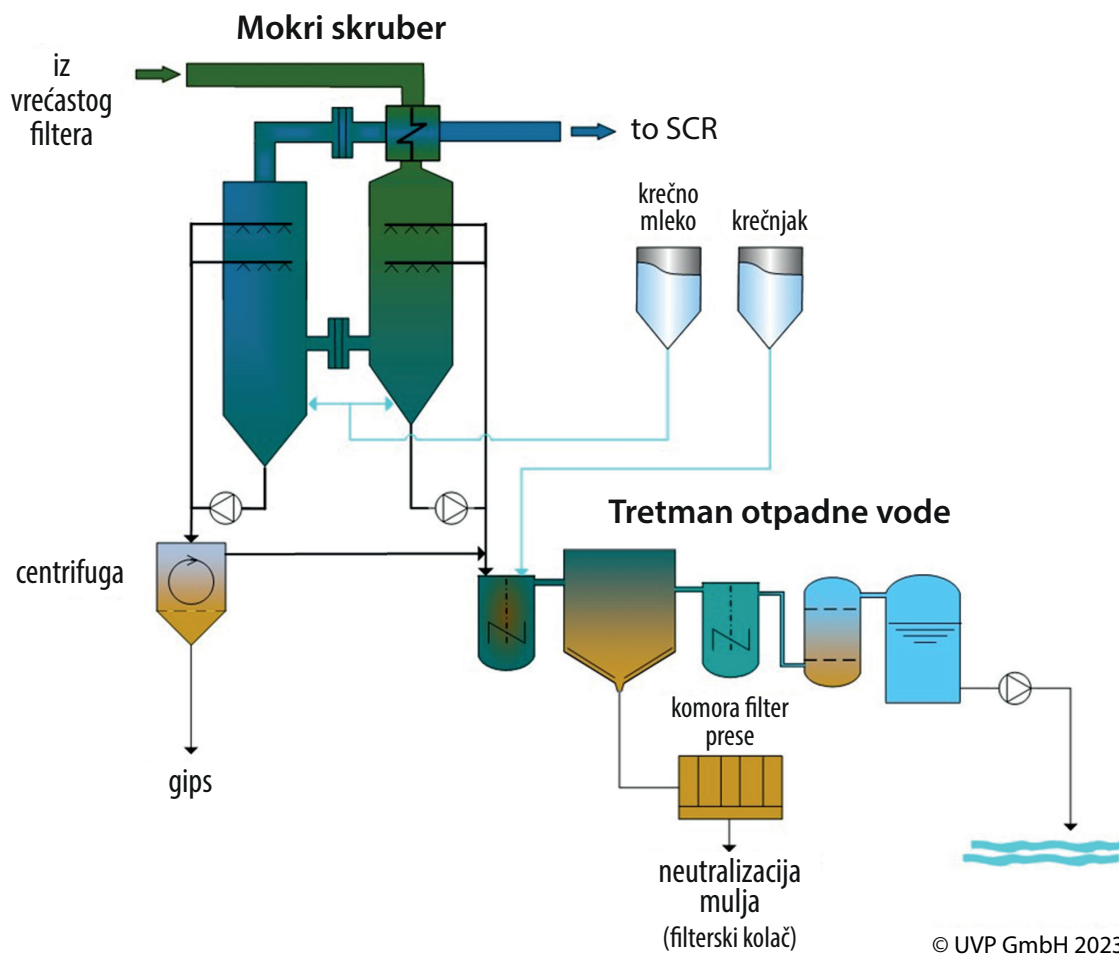
- 1) Neutralizacija,
- 2) Precipitacija,
- 3) Flokulacija,
- 4) Sedimentacija.

Drugi korak: Uklanjanje suspendovanih čestica, jona, organskih jedinjenja i žive.

- 5) Peščani filter,
- 6) Jonski izmenjivač,
- 7) Filter sa aktivnim ugljem.

Treći korak:

- Konačna neutralizacija,
- Ispuštanje u recipijent.



Slika 21: Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda iz postrojenja mokrog prečišćavanja dimnih gasova, kao što je izvedeno u RHKW Linz instalaciji – Princip rada (© UVP GmbH)

7.5 Praćenje

Stalno praćenje mera za sprečavanje zagađenja je od suštinskog značaja za procenu uticaja emisija iz inisineratora na životnu sredinu i za obezbeđivanje usklađenosti sa regulatornim standardima. Direktiva o industrijskim emisijama Evropske unije (IED, Direktiva 2010/75/EU) definiše granične vrednosti emisije i zahteva od postrojenja za dobijanje energije iz otpada da dobiju dozvole na osnovu najboljih dostupnih tehnika (BAT). EU koristi proces nazvan „Seviljski proces“ da bi odredila najbolje dostupne tehnike (BAT) i njihove povezane ekološke performanse na nivou EU tako što razvija „referentne dokumente o najboljim dostupnim tehnikama“ (BREF) za svaki uključeni sektor. Ovaj proces uključuje sveobuhvatnu procenu na nivou EU. Završna poglavlja BREF-a za sagorevanje otpada usvojena su kao Implementaciona odluka Komisije (EU) 2019/2010 od 12. novembra 2019. godine, odnosno BAT zaključci. Ovo obezbeđuje da ovi objekti rade na ekološki odgovoran način, ublažavajući potencijalne štetne efekte na vazduh, vodu i kvalitet zemljišta. Pored toga, monitoring ugljen-dioksida (CO₂) je još jedan instrument koji je deo evoluirajućeg regulatornog okvira na nivou EU.

Praćenje zagađivača i radnih parametara

Praćenje rada inisineratora mora biti sveobuhvatno. Dosledno poštovanje standarda emisija, monitoringa i efikasnosti obezbeđuje da ovakvi sistemi doprinesu zaštiti životne sredine i pravilnom upravljanju otpadom.

Različiti tokovi emisija uključuju:

- emisije u vazduh (kanalne ili difuzione),
- emisije u vodu, i
- emisije u zemljište.

„Emisije zagađujućih materija“ označavaju gasove i/ili čestice ispuštene u vazduh, vodu i zemljište, dok su „ostaci“ čvrsti ostaci procesa sagorevanja, kao što su pepeo, leteći pepeo ili filter kolač iz prerade otpadnih voda.

Primenom Direktive o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) u sektoru sagorevanja otpada, zakonodavac je želeo da obezbedi sveukupnu zaštitu životne sredine, zdravlja ljudi i prevenciju i kontrolu zagađenja, postavljanjem graničnih vrednosti emisija zajedno sa odgovarajućim zahtevima za praćenje i kontrolu.

Da bi mogli da dobiju dozvolu za rad insineratori moraju biti usklađeni sa pravilima koje propisuje Direktiva o industrijskim emisijama (IED), i moraju biti izgrađeni na osnovu najboljih dostupnih tehnika (BAT). Dozvola izdata na osnovu čl. 14 IED mora uključiti odgovarajuće zahteve za praćenje emisija koji navode metodologiju merenja, učestalost i proceduru evaluacije.

Operater insineratora dužan je da redovno, a najmanje jednom godišnje, dostavlja nadležnom organu informacije na osnovu rezultata monitoringa emisija i druge potrebne podatke koji omogućavaju nadležnom organu da proveri ispunjenost uslova iz dozvole. Štaviše, operater mora prijaviti odgovarajuće zahteve u vezi sa periodičnim praćenjem zemljišta i podzemnih voda, o relevantnim opasnim supstancama koje će se verovatno naći na lokaciji postrojenja i u vezi sa mogućnošću kontaminacije zemljišta i podzemnih voda na mestu instalacije najmanje jednom godišnje.

Prema čl. 16 IED, zahtevi za praćenje moraju biti zasnovani na zaključcima o praćenju kako je opisano u BAT zaključcima. Nadležni organ, kao što je navedeno u pojedinačnoj dozvoli za instalaciju ili opštim obavezujućim pravilima, određuje učestalost periodičnih praćenja zemljišta i podzemnih voda. Prema prvoj odredbi, osim ako je praćenje ukorenjeno u sistematskoj proceni rizika od kontaminacije, obavezno je periodično praćenje za podzemne vode svakih pet godina, a za zemljište svakih deset godina.

Što se tiče BAT-a, EU je uspostavila proces na nivou EU koji kreira referentne dokumente i BAT zaključke. Ovi zaključci imaju za cilj postizanje visokog nivoa zaštite životne sredine uz istovremeno razmatranje ekonomske i tehničke izvodljivosti. Ovi zaključci pokrivaju nivoe emisija i druge aspekte ekološkog učinka različitih proizvodnih tehnika i daju standarde za projektovanje, izgradnju, održavanje, rad i prestanak rada postrojenja. Pored toga, BAT zaključci se odnose na metode praćenja i učestalost.

Detaljan pregled IED i BAT propisa dat je u Poglavljima 9.1 i 10. Poglavlje IV i Aneks VI IED-a bave se tehničkim odredbama koje se posebno odnose na postrojenja za sagorevanje otpada i postrojenja za su-sagorevanje otpada, uključujući praćenje emisija.

Praćenje emisija ugljen-dioksida (CO₂)

Insineratori neopasnog otpada imaju obavezu praćenja ugljen-dioksida (CO₂).

U junu 2022. godine, Evropski parlament je odobrio reviziju EU šeme za trgovinu emisijama (EU ETS), koja je uključila insineratore komunalnog otpada u svoj delokrug (dok su insineratori opasnog otpada i dalje ostali van delokruga EU ETS). Zemlje članice EU moraju da mere, izveštavaju i verifikuju emisije iz insineratora komunalnog otpada počevši od 1. januara 2024. Na osnovu ovih izveštaja dostavljenih Evropskoj komisiji, ona će do kraja 2026. godine izraditi izveštaj o proceni uticaja u kojem će proceniti izvodljivost uključivanja insineratora u EU ETS od 2028. godine

EU ETS je alat za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG) putem „principa ograničenja i trgovine“. Dozvole za emisiju jedne metričke tone CO₂ ekvivalenta (CO₂-eq) se delimično dodeljuju učes-

nicima EU ETS (tj. industrijskim objektima koji emituju gasove staklene bašte) besplatno, delom se njima trguje na odgovarajućem tržištu („princip određivanja ograničenja i trgovine“).

Praćenje GHG emisija iz sagorevanja otpada i razlikovanje fosilnih i biogenih GHG emisija je stoga preduslov za insinatore koji učestvuju u EU ETS.

Sledeće standardizovane metode su trenutno dostupne za ovu svrhu:

- Ručno sortiranje prema evropskom standardu EN:15440:2011 (za detaljnije informacije vidi Schwarzböck, 2018; i Mohn et al., 2008).
- Korišćenje **podrazumevanih vrednosti** je još jedna opcija za procenu emisija GHG iz insinatora. Nemačka je svojom Uredbom o izveštavanju o emisijama za godine od 2023. do 2030. prema Zakonu o trgovini emisijama³ goriva kreirala standardne vrednosti za faktore emisije iz upotrebe otpada (Pohl et al., 2022).
- Radiokarbonska **metoda (metoda ¹⁴C)** se može koristiti za povezivanje biogenog sadržaja ugljenika u otpadu sa koncentracijom radioaktivnog izotopa ugljenika-14 (¹⁴C), koji ima poluživot od 5780 godina, prisutnog u otpadu i u ugljen-dioksid koji nastaje tokom sagorevanja (Mohn et al., 2008; Staber et al., 2008).
- Metoda **ravnoteže** je razvijena na Tehnološkom univerzitetu u Beču (Fellner et al., 2006) i standardizovana kao međunarodni standard ISO 18466:2016. Ova metoda kombinuje standardne podatke o hemijskom sastavu biogene i fosilne organske materije sa redovno merenim radnim podacima insinatora i stoga je lako primenljiva.

U maju 2023. godine stupila je na snagu Uredba EU o mehanizmu za prekogranično usklađivanje (cene) ugljenika (CBAM). Kako EU podiže sopstvenu klimatsku ambiciju i sve dok manje stroge klimatske politike preovladavaju u mnogim zemljama koje nisu članice EU, postoji rizik od takozvanog „curenja ugljenika“. Do curenja ugljenika dolazi kada kompanije sa sedištem u EU premeštaju proizvodnju u zemlje u kojima su na snazi manje stroge klimatske politike nego u EU, ili kada se proizvodi iz EU zamenjuju uvozom koji ima veću emisiju GHG gasova tokom proizvodnje. Prvog oktobra 2023. godine, CBAM je ušao u primenu u prelaznoj fazi, sa prvim izveštajnim periodom za uvoznike koji se završava 31. januara 2024. Nakon CBAM prelazne faze (2023-2026.) sledi definitivni režim CBAM (od 2026. nadalje). Industrijski sektori obuhvaćeni u prvoj fazi CBAM-a su proizvodnja cementa, gvožđa i čelika, aluminijuma, đubriva, električne energije i vodonika⁴.

³ Zakon o trgovini emisijama Nemačke www.bmuv.de/en/law/fuel-emissions-trading-act (pristupljeno 31.05.2024.)

⁴ https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en#legislative-documents (pristupljeno: 18.03.2024.)

8 Ostaci od sagorevanja otpada

Ostaci od sagorevanja otpada su čvrsti ostaci nakon sagorevanja otpada poput pepela, letećeg pepela i ostataka iz procesa prečišćavanja dimnih gasova (FGC), od kojih svaki zahteva posebne procedure rukovanja. Sastav ostataka od sagorevanja može varirati u zavisnosti od vrste otpada koji se sagoreva i tehnologija koje se koriste. Pravilno upravljanje ostacima od sagorevanja otpada je od suštinskog značaja za minimizaciju uticaja na životnu sredinu, obezbeđivanje usklađenosti sa regulatornim standardima i dobijanje materijala za reciklažu.

Upravljanje ostacima od sagorevanja, kao složenim nusproizvodima je od suštinskog značaja u pogledu tretmana otpada i zaštite životne sredine. Prioritet je da se obezbedi njihov minimalni uticaj na životnu sredinu, da se istraže alternativne metode odlaganja i ukoliko je moguće korišćenja.

Na nivou EU, deponovanje, najmanje poželjna opcija prema EU hijerarhiji otpada, mora biti ograničeno na neophodan minimum. Direktiva o deponijama (1999/31/EC) postavlja stroge operative i tehničke zahteve kako bi se sveli na minimum štetni efekti deponija na površinske vode, podzemne vode, zemljište, vazduh i zdravlje ljudi. Njen primarni cilj je zaštita životne sredine i zdravlja ljudi, sprečavanjem ili smanjenjem svakog štetnog uticaja izazvanog deponijama (Komisija EU, 2023). Od država članica se zahteva da ulože napore da obezbede da se sav otpad pogodan za reciklažu ili druge oblike iskorišćenja, posebno komunalni otpad, ne odlaže na deponijama, osim u slučajevima kada je deponovanje „najbolji ekološki ishod“ prema članu 4 Okvirne direktive o otpadu (2008/98/EC). Direktiva takođe uključuje dodatne odredbe za podsticanje prelaska na cirkularnu ekonomiju, određivanje koeficijenta propustljivosti za deponije i uspostavljanje standarda Evropske unije za uzorkovanje otpada. Stoga ovi propisi podržavaju i prelazak EU na cirkularnu ekonomiju.

Prema članu 6 Direktive o deponijama (1999/31/EC), postoje tri različite klase deponija otpada:

(i) Deponije za opasan otpad (otpad koji ispunjava kriterijume navedene u Aneksu II Direktive)

(ii) Deponije za neopasan otpad (uključujući komunalni otpad, neopasan otpad koji ispunjava kriterijume navedene u Aneksu II direktive, i stabilan, nereaktivan opasan otpad (npr. očvrstnuo ili ostakljen otpad čije su karakteristike izluživanja jednake onima za neopasan otpad iz tačke (ii) i koji ispunjava kriterijume navedene u Aneksu II Direktive))

(iii) Deponije za inertni otpad.

Za svaki tip deponije definisane su različite granične vrednosti za ukupni sadržaj i sadržaj ispiranja (videti Odluku Saveta od 19. decembra 2002. o utvrđivanju kriterijuma i procedura za prihvatanje otpada na deponijama u skladu sa članom 16. i Aneksom II Direktive o deponijama). Za nivo ispiranja otpada definisane su različite vrednosti u zavisnosti od primenjene metode ispitivanja, koje uključuju serijske testove ispiranja (pri odnosu tečnosti prema čvrstom stanju od 2 ili 10) i/ili test perkolacije i/ili test zavisnosti od pH vrednosti.

Čvrsti ostaci od sagorevanja otpada se obično odlažu na deponije (Tabela 23) ili se koriste u određene svrhe u nekim evropskim zemljama (npr. Danska, Holandija, Nemačka, UK).

Tabela 23: Tipičan tip odlaganja i korišćenja čvrstih ostataka od sagorevanja otpada

| Vrsta čvrstog ostatka | Deponija za neopasni otpad | Deponija za opasni otpad | Korišćenje ⁵ |
|---|---|--------------------------|--|
| Pepeo sa dna ložišta sa rešetkom (videti 8.1.) | x (bez očvršćavanja/stabilizacije) | | u izgradnji puteva (npr. DK, NL, IT, P, UK, DE) u industriji cementa (npr. IT, CH) |
| Pepeo sa dna ložišta sa fluidizovanim slojem (videti 8.2.) | | | |
| Pepeo sa dna ložišta sa rotacionom peći (videti 8.3.) | x (bez očvršćavanja/stabilizacije) ⁶ | | |
| Leteći pepeo (Pepeo iz kotla i filterski pepeo) – (videti 8.4.) | x (sa očvršćivanjem/stabilizacijom) ⁷ | X | |
| Ostaci prečišćavanja dimnih gasova, npr. zasićeni aktivni ugalj – (videti 8.5.) | x (sa očvršćivanjem/stabilizacijom) | X | |
| Filterski kolač (neutralizacioni mulj) – (videti 8.7.) | x (sa očvršćivanjem/stabilizacijom) | X | |

8.1 Pepeo sa dna ložišta (Bottom Asc, BA) iz postrojenja sa rešetkom

Pepeo sa dna ložišta predstavlja primarni čvrsti ostatak od sagorevanja komunalnog otpada (Blasenbauer et al., 2020). Pepeo sa dna ložišta čini 80-90% težine ukupnog ostatka od sagorevanja (Chen et al., 2023). Obično se sakuplja kao suv materijal ili u mokrom odšljakivaču na izlazu iz komore za sagorevanje i sastoji se pretežno od nezapaljivih (inertnih) materijala. Mokri odšljakivač ima dvostruku svrhu: hlađenje materijala i sprečavanje curenja vazduha u komoru za sagorevanje. Međutim, ovaj metod ima nedostatke, uključujući aglomeraciju čestica, formiranje staklastih sastojaka i upuštanje visokog sadržaja vode u pepeo sa dna ložišta. Ovi faktori mogu negativno uticati na potencijal za iskorišćenje metala iz pepela sa dna ložišta (Astrup et al., 2016).

Pepeo sa dna ložišta postojenja sa rešetkom sadrži staklo, mineralne sastojke tla, metale i metalne legure kao deo negorivih materijala, silikatne i oksidne minerale kao deo proizvoda topljenja. Mineralna frakcija čini značajan deo pepela sa dna ložišta, tipično oko 50-75%. Obično se pojavljuje kao zrnasti materijal u rasponu od svetlosive do tamnosive boje, iako se ponekad u njemu mogu naći veći spojeni komadi. Po raspodeli veličine čestica podseća na materijale dobrog kvaliteta, nalik na peskoviti šljunak. U isto vreme, crni metali (oko 5-13% mase pepela sa dna ložišta čine gvožđe i čelik), obojeni metali (uglavnom aluminijum i nerđajući čelik), teški obojeni metali (uglavnom Cu i Zn u sadržaju od 2-5%) i nesagorele organske materije su takođe prisutni u različitom stepenu (Astrup et al., 2016).

I mineralne i metalne frakcije pepela sa dna ložišta imaju potencijal za reciklažu. Mineralna frakcija se može ponovo koristiti kao agregat ili ugraditi u građevinske materijale kao što su cement, beton ili asfalt. Metalne frakcije, uključujući crne i obojene metale, mogu se reciklirati kao sekundarna sirovina u odgovarajućim

⁵ Za detalje videti Blasenbauer et al. (2020)

⁶ U nekim slučajevima može biti neophodna stabilizacija cementom, u zavisnosti od unosa otpada i propuštanja prizemnog sloja pepela

⁷ U nekim slučajevima može biti neophodna stabilizacija cementom, u zavisnosti od unosa otpada i propuštanja prizemnog sloja pepela

metaloprerađivačkim industrijama. Međutim, stepen interakcije između metala i mineralne frakcije utiče na mogućnost izvlačenja metala, pri čemu se fizički prilepljene metalne čestice lakše prerađuju od onih ugrađenih u mineralnu strukturu (Astrup et al., 2016).

Što se tiče hemijskih svojstava pepela sa dna ložišta, može se razlikovati:

Neorganski sadržaj: Neorganski sastav pepela sa dna ložišta insineratora varira u zavisnosti od faktora kao što su vrsta otpada, tehnologija i uslovi rada. Međutim, određeni elementi, uključujući alkalne, zemnoalkalne i teške metale, imaju tendenciju da se pojavljuju u određenom opsegu, bez obzira na poreklo otpada. Ovi elementi su grupisani u pet kategorija: glavni elementi, potencijalno ekološki rizični elementi, retki zemni metali, metali platinske grupe i drugi dragoceni i kritični elementi. Tabela u nastavku pokazuje uočene opsege za glavne elemente i elemente potencijalno štetne za životnu sredinu na osnovu različitih izvora literature. Među esencijalnim neorganskim sastojcima su Al, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Pb, S, Si, i Zn. Ovi elementi kontrolišu hemiju pepela sa dna ložišta i pH kao glavna svojstva čvrste faze. Vredi napomenuti da ukupan sadržaj metala u pepelu sa dna ložišta nije nužno u korelaciji sa njegovim potencijalnim uticajem na životnu sredinu tokom upotrebe ili odlaganja (Astrup et al., 2016).

Tabela 24: Uočeni opsezi koncentracija za glavne elemente i elemente potencijalno štetne za životnu sredinu u pepelu sa dna ložišta na osnovu različitih izvora literature, prilagođeno prema Astrup et al. (2016)

| Element | Opseg koncentracije (mg/kg) (minimum do maksimum) |
|--|--|
| Glavni elementi | |
| Al | 14 000 – 79 000 |
| Ca | 8600 – 170 000 |
| Fe | 3100 – 150 000 |
| K | 660 – 16 000 |
| Mg | 240 – 26 000 |
| Mn | 7,7 – 3200 |
| Na | 2200 – 42 000 |
| P | 440 – 10 500 |
| Si | 4300 – 308 000 |
| Elementi potencijalno štetni za životnu sredinu | |
| As | 0,12 – 190 |
| Ba | 69 – 5700 |
| Cd | 0,3 – 70 |
| Cu | 190 – 25 000 |
| Cr | 20 – 3400 |
| Mo | 2,5 – 280 |
| Ni | 7 – 4300 |
| Pb | 75 – 14 000 |
| Se | 0,05 – 10 |
| Sn | 2 – 470 |
| Tl | 0,0077 – 0,23 |
| V | 16 – 120 |
| Zn | 10 – 20 000 |

Organski sadržaj: Organski ugljenik je značajna komponenta pepela sa dna ložišta, jer je dokazano da utiče na ispiranje različitih neorganskih supstanci, čak i pri niskim koncentracijama. Ugljenik u pepelu sa dna ložišta se pojavljuje u formi elementarnog ugljenika i organskog ugljenika, pri čemu ove dve kategorije pokazuju različite karakteristike rastvorljivosti u vodi i stabilnosti. Zbog svoje hemijske strukture, elementarni ugljenik ima izuzetno nisku rastvorljivost i visoku stabilnost. Na površini elementarnog ugljenika odvija se adsorpcija organskih mikrozagađivača. S druge strane, organski ugljenik obuhvata organska jedinjenja koja su manje biološki stabilna i rastvorljiva, kao što su huminske i fulvo kiseline, i hidrofilna organska jedinjenja poput ugljenih-hidrata. Štaviše, frakcija ostaje nerastvorljiva i ne može se ekstrahovati pod kiselim ili baznim uslovima. Deo huminskih i fulvo kiselina, pored hidrofilnih organskih jedinjenja, koji se može isprati iz čvrstog matriksa, prisutan je u rastvoru. Prisutna opisana rastvorena organska jedinjenja su klasifikovana kao rastvoreni organski ugljenik (eng. Dissolved organic carbon, DOC). Stoga rastvoreni organski ugljenik predstavlja sveobuhvatan parametar koji je u vezi sa visokim kapacitetom za hemijsko reagovanje i nastajanje kompleksnih jedinjenja teških metala, uključujući Cu (Astrup et al., 2016).

Mineraloške karakteristike pepela sa dna ložišta su od suštinskog značaja zbog uticaja hemijskih svojstava materijala i svojstva ispiranja. Kao rezultat mineraloških promena tokom vremenskih uslova i međusobno povezanih procesa kao što su hidroliza, hidratacija, rastvaranje/taloženje, karbonizacija i drugi, očekuje se da će se osnovna svojstva pepela sa dna ložišta, uključujući pH i kapacitet neutralizacije kiseline, promeniti, što utiče na svojstva ispiranja i fizičke stabilnosti pepela. Sa mineraloške perspektive, pepeo sa dna ložišta je složen, amorfan materijal. Komponente koje se obično nalaze u njemu pokazuju različite karakteristike u pogledu njihovog hemijskog sastava i mineraloških asocijacija. U pepelu sa dna ložišta prisutne su sledeće komponente: šljaka male gustine ili rastopljene faze koja često sadrži metalne nečistoće i staklaste faze koje sadrže različite količine kristala i staklastih supstanci. Obično se pravi opšta razlika između vatrostatnih komponenti, koje uključuju čvrste materije sa visokom tačkom topljenja u originalnom materijalu koje ostaju primarno nepromenjene ili delimično istopljene tokom sagorevanja, i novonastalih staklastih i kristalnih supstanci (Astrup et al., 2016).

U zavisnosti od zemlje, za reciklažu pepela sa dna ložišta važe različiti kriterijumi i propisi. Uslovi za njegovu reciklažu zasnivaju se na ukupnom sadržaju zagađujućih materija u pepelu sa dna ložišta i njihovom potencijalnom ponašanju pri ispiranju. Bez obzira na različite kriterijume koji se primenjuju, postoji konsenzus da su Cu, Mo, Sb, Cl i SO₄ među najkritičnijim supstancama povezanim sa njegovom upotrebom. Stoga, kada se koristi u inženjerskim primenama, neophodno je preduzeti posebne mere, kao što je odgovarajući predtretman, kako bi se poboljšao ekološki profil materijala (Astrup et al., 2016).

Različite tehnike obrade pepela sa dna ložišta prvenstveno imaju dva cilja: odvajanje vrednih frakcija i svođenje na minimum potencijalnih uticaja na životnu sredinu. Preporučljivo je razmotriti kombinacije različitih metoda prerade, kao što su mehanička separacija, prirodno nestajanje i ciljani tretman frakcija. Primena postupaka prerade može poboljšati tehničke karakteristike i ekološke performanse komponenti u pepelu sa dna ložišta, posebno kada se uzme u obzir njegova potencijalna upotreba (Astrup et al., 2016).

Ovde je dat pregled glavnih tehnika obrade i tretmana pepela sa dna ložišta, naglašavajući njihov potencijal za reciklažu i potencijalne efekte na ponašanje materijala pri ispiranju.

Ekstrakcija i odvajanje pepela sa dna ložišta

Integrirano prečišćavanje ima ograničenu primenu. Iako se ovom metodom može smanjiti sadržaj lako rastvorljivih soli za više od 50%, on je neefikasan u pogledu uticaja na ispiranje metala. Integrirano prečišćavanje omogućava odvajanje rastvorljivih komponenti tokom gašenja i hlađenja pepela sa dna ložišta u posebnim rezervoarima. Relativno visoke temperature (oko 70°C) u rezervoaru za gašenje i hlađenje stvaraju uslove za visok nivo rastvaranja (Astrup et al., 2016).

Nasuprot tome, **mehaničko odvajanje** je postalo rutinska praksa i najrasprostranjeniji metod tretmana pepela sa dna ložišta u insinatorima širom Evrope. Kao izvor visokovrednih materijala, ovaj metod nudi

različite prednosti, kao što su očuvanje prirodnih resursa i sprečavanje emisija iz industrijskih procesa. Na primer, proizvodnja sekundarnog aluminijuma od recikliranih metalnih ostataka dobijenih iz pepela sa dna ložišta zahteva svega 6% energije potrebne za proizvodnju aluminijuma iz prirodnih sirovina, otprilike 45 kWh/kg metala. Odvajanje metalnih i mineralnih frakcija se postiže tradicionalnim načinima obrade i klasifikacije (separacija na sitima, drobljenje, magnetna separacija, separacija vrtložnim strujama, pneumatska separacija...), zajedno sa naprednim tehnikama (optička separacija, magnetna separacija po gustini, klasifikacija rendgenskim zracima i elektrodinamička fragmentacija). Obično se koristi suva obrada, ali su takođe predložene metode mokre obrade da bi se prevazišli štetni efekti visokog sadržaja vlage u pepelu sa dna ložišta koji mogu da utiču na preradu obojenih metala i kojima se poboljšava izdvajanje lake organske frakcije koja se lepi za metalne čestice (Astrup et al., 2016).

Ekstrakcije vodom, kiselinama i helatnim agensima su metode koje se primenjuju da bi se poboljšalo ponašanje mineralne frakcije koja se koristi kao agregatni materijal. Najjednostavniji način za uklanjanje rastvorljivih komponenti iz pepela sa dna ložišta je ispiranje vodom. Uslovi u rezervoaru za gašenje pepela sa dna ložišta su obično takvi da ne dozvoljavaju dostizanje potpune ravnoteže pri rastvaranju. Shodno tome, nakon gašenja, neke rastvorljive komponente ostaju u pepelu sa dna ložišta, i mogu se dalje ekstrahovati ispiranjem vodom. Smeša pepela sa dna ložišta i vode obično ima alkalni pH od oko 9,5 do 12, što je vrednost u kojoj mnoge vrste metala imaju minimalnu rastvorljivost. To je razlog relativno niske efikasnosti procesa uklanjanja metala koji je prisutan u niskim koncentracijama (u tragovima) pri ispiranju vodom. Ovim tretmanom eliminišu se glavne rastvorljive komponente kao što su hloridi, natrijum i sulfati.

U nekim slučajevima, ispiranje vodom pokazalo je sposobnost uklanjanja značajnih količina bakra (Cu) i, u manjoj meri, hroma (Cr) i olova (Pb). Ipak, često je potrebno postići veće uklanjanje da bi se koncentracije štetnih materija smanjila ispod regulatornih granica. Korišćenje pomoćnog ispiranja vodom, kao što je sa CO₂ radi snižavanja pH vrednosti, omogućava ekstrakciju različitih metala koji se javljaju u niskim koncentracijama (bakar, nikel i cink). Međutim, primećeno je da korišćenje pomoćnog ispiranja negativno utiče na karakteristike ispiranja, uzrokujući oslobađanje hroma, bakra, molibdena i nikla, verovatno zbog smanjenja pH vrednosti.

Hemijski procesi

Svrha hemijskog tretmana pepela sa dna ložišta je da se namerno ubrzaju prirodni procesi promene primarnih mineralnih faza u materijalu. Ovo se radi kako bi se postigla adekvatna stabilizacija u prihvatljivim vremenskim okvirima, u rasponu od nekoliko časova do nekoliko nedelja ili meseci. Hemijski tretman može biti ili predtretman ili pripremni korak za konačno odlaganje. Kada je pepeo sa dna ložišta namenjen za dalju upotrebu, hemijski tretmani poboljšavaju njegova svojstva i karakteristike, čineći ga pogodnijim za primenu. Alternativno, kada se trajno zbrinjava deponovanjem, hemijska obrada se koristi za poboljšanje kvaliteta materijala kako bi se ispunili standardi za deponovanje u smislu „konačnog skladištenja“. Ovaj pristup minimizira tehničke zahteve za sakupljanje i tretman procednih voda na deponijama (Astrup et al., 2016).

Prirodni procesi starenja i uticaj vremenskih uslova se spontano odvijaju u pepelu sa dna ložišta nakon njegovog kontakta sa atmosferskim agensima: vodom, O₂ i CO₂. Pri tome, zadovoljavajući stepen stabilizacije treba da se postigne u roku od nekoliko nedelja do nekoliko meseci. Tokom ovih relativno kratkih perioda, promene u mineralnom sastavu i promene u pH sredine mogu izmeniti mehanizme koji kontrolišu ispiranje, što može dovesti do oslobađanja značajnih jona i elemenata u tragovima. Ipak, istraživanja pokazuju da se samo odlaganjem pepela sa dna ložišta, njegovim odležavanjem i oslanjanjem na prirodne procese starenja materijala neće ispuniti kriterijumi kvaliteta neophodni za njegovu dalju upotrebu ili trajno deponovanje. Ovo ukazuje na to da je potreban dodatni tretman za određene zagađujuće materije, kao što su bakar (Cu), hrom (Cr) i molibden (Mo) (Astrup et al., 2016).

Prisilna karbonizacija je još jedan metod za modifikovanje mineraloških karakteristika pepela sa dna ložišta i njegovog ponašanja pri testovima ispiranja. Iz makroskopske perspektive, karbonizacija izaziva primetno smanjenje pH vrednosti pepela sa dna ložišta, pomerajući ga sa početnog alkalnog opsega (od 10,5 do 11,5) koji je uobičajen u tek dobijenom pepelu sa dna ložišta na vrednosti oko 8,3, prvenstveno zbog uticaja kalcita na pH. Promena pH je posledica različitih promena u mineralnom sastavu, koje uključuju formiranje novih mineralnih faza i nestajanje starih (Astrup et al., 2016). Prednost karbonizacije je u tome što pH pepela sa dna ložišta ostaje konstantan tokom dugog perioda sa relativno niskom rastvorljivošću teških metala.

Osnovni koncept **hemijskog vezivanja** uključuje podsticanje stvaranja mineralnih faza niske rastvorljivosti koje pokazuju i termodinamičku i geohemijsku stabilnost, bez obzira na to da li se materijal koristi ili deponuje. Različite metode hemijskog vezivanja podrazumevaju dodavanje hemijskih aditiva kao što su soli Al (III) i Fe (III) i drugi sorbenti poput šljake iz procesa proizvodnje čelika, apatit, alofan i boksit. Ovi aditivi mogu poboljšati sorpciona svojstva pepela sa dna ložišta, efikasno imobilizujući metale niskih koncentracija (Astrup et al., 2016).

Termički procesi

Termičke tehnike uključuju izlaganje pepela visokim temperaturama, obično između 1.000-1.500°C. Pri tim temperaturama odvijaju se promene u njegovim fizičkim i hemijskim svojstvima. U većini slučajeva, termička obrada poboljšava karakteristike tretiranog materijala, čineći ga pogodnim za različite namene i konačno odlaganje. Finalni proizvodi imaju smanjenu zapreminu, pokazuju mehanička svojstva idealna za inženjerske primene i pokazuju minimalno ispiranje sastojaka u poređenju sa polaznim materijalom. Smanjeno ispiranje se prvenstveno postiže imobilizacijom litofilnih metala kroz hemijske ili fizičke mehanizme i eliminisanjem zaostalih isparljivih jedinjenja u pepelu. Postizanje ovih ciljeva zavisi od faktora kao što su temperatura, trajanje tretmana i hemijski sastav materijala koji se obrađuje (Astrup et al., 2016).

Vitrifikacija je već dokazana metoda tretiranja pepela sa dna ložišta, iako se skoro ne primenjuje u Evropi. Generalno, svi procesi termičke obrade se retko primenjuju u Evropi. Većina primena termičkih tretmana pepela sa dna ložišta je u Japanu.

Tokom vitrifikacije, mešavina pepela sa dna ložišta, materija koje formiraju staklo i oksida za topljenje/stabilizaciju se tretira na temperaturama u rasponu od 1.000 do 1.500°C da bi se formirao jednofazni tečni rastvor. Ova rastopljena supstanca se zatim hladi da bi se dobio jednofazni staklasti proizvod u čvrstom agregatnom stanju. Dodatni materijali kao što su silicijum dioksid, kalcijum karbonat ili komadi recikliranog stakla mogu se uvesti kao procesni aditivi, koji čine 20% do 70% ukupne mase. Ovom tehnikom postiže se imobilizacija zagađujućih materija kroz mehanizme hemijskog vezivanja i inkapsulacije. Hemijsko vezivanje je značajno u slučajevima imobilizacije specifičnih metala koji formiraju kovalentne veze sa atomima kiseonika u kristalnoj rešetci silicijum dioksida ili se jonskim interakcijama vezuju u kristalnim rešetkama nastale staklaste čvrste faze. Inkapsulacija se, s druge strane, dešava tokom faze hlađenja rastopljenog materijala, gde staklast sloj obavlja sastojke bez odvijanja hemijskih reakcija unutar kristalne rešetke silicijum dioksida (Astrup et al., 2016).

Topljenje je slično vitrifikaciji, ali se vrši bez dodavanja materijala za formiranje stakla. Kao rezultat toga, proizvodi dobijeni procesom topljenja nisu ujednačeni. Oni mogu uključivati različite kristalne faze, posebnu fazu rastopljenog metala, ili čak čestice originalnog materijala koje se nisu u potpunosti istopile. To omogućava potencijalno izdvajanje i reciklažu specifičnih metalnih faza (Astrup et al., 2016).

Sinterovanje je proces koji uključuje zagrevanje pepela sa dna ložišta, bilo samog ili sa dodatnim supstancama, do temperatura neposredno ispod tačaka topljenja njegovih primarnih komponenti, obično oko 900°C. Tokom sinterovanja, materijal difunduje preko površina čestica, što dovodi do reakcija između različitih hemijskih faza i fizičko vezivanje čestica. Kao rezultat ovih vezivanja čestica i promena u hemijskim

fazama, brojne komponente su integrisane u stabilnu matricu. Sinterovanje na relativno niskim radnim temperaturama ima višestruke svrhe, uključujući sprečavanje gubitka isparljivih materija iz materijala, uštedu energije i smanjenje troškova tretmana. Sinterovanje je verovatno najznačajniji termički proces za tretman pepela sa dna ložišta. Potencijal za korišćenje sinterovanog pepela zasniva se na poboljšanim svojstvima nakon tretmana: materijal postaje mehanički otporniji i veće gustine, sa smanjenom poroznošću, pri čemu je mobilnost teških metala značajno smanjena (Astrup et al., 2016).

8.2 Pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem

U insineratorima sa fluidizovanim slojem, sloj peska je fluidizovan primarnim vazduhom za sagorevanje koji se uvodi preko mlaznica. Brzina stujanja vazduha za fluidizaciju u slobodnom preseku je nešto iznad druge kritične brzine fluidizacije, odnosno brzine kada počinje transport materijala. Pri toj brzini gasa gravitaciona sila koja deluje na pojedinačnu česticu je u ravnoteži sa silom uzgona. Ovo uzrokuje da čestice lebde i kreću se unutar fluidizovanog sloja. Ovi sistemi se obično koriste u ložištima čija je nominalna snaga do približno 100 MW. Dovedeni otpad se dozira u sloj vrelog peska, zahvaljujući fluidizaciji mešanje je gotovo idealno i u fluidizovanom sloju spontano sagoreva. Pri sagorevanju u fluidizovanom sloju nije moguća kontrola brzine sagorevanja regulacijom protoka vazduha. Zbog toga su ujednačenost kvaliteta otpadnog materijala na ulazu i karakteristike mešanja otpada u sloju peska veoma bitni i strogo kontrolisani parametri. Zahtevi u pogledu kvaliteta otpada na ulazu i karakteristika mešanja se generalno mogu ispuniti samo sa usitnjenim i pripremljenim frakcijama otpada. Usitnjeni otpad se preko dozirnih stanica ubacuje u peć iz međubunkera. Lake čestice pepela ulaze u tok dimnih gasova kao leteći pepeo, dok teške čestice tonu u sloj i ispuštaju se (Umweltbundesamt, 2007).

Uslovi sagorevanja u ložištu kotla sa fluidizovanim slojem su relativno homogeni. Zahvaljujući pojavi turbulencije, dolazi do bolje konverzije ulaznog materijala i više finih čestica pepela odlaze sa dimnim gasom (Blasenbauer et al., 2023). Sloj peska pokazuje veoma intenzivno horizontalno i vertikalno mešanje peska i čestica otpada sa vazduhom za sagorevanje (fluidizirajući vazduh). Zbog malih dimenzija i generalno male gustine, čestice goriva imaju vrlo kratko vreme zadržavanja u komori za sagorevanje, od nekoliko sekundi do minuta (Umweltbundesamt, 2007). Drugi specifičan kriterijum je da otpad treba da bude prethodno tretiran i da ima veličinu čestica manju od 250 mm. Pre sagorevanja, feritni (crni) metali se obično uklanjaju. Osim toga, pesak iz fluidizovanog sloja delimično se prenosi u leteći pepeo jer se on u fluidizovanom sloju usled abrazije dodatno usitnjava. Novi pesak se uvodi da bi se nadoknadili gubici usled iznošenja peska sa dimnim gasovima, odnosno kako bi se održala konstantna količina peska u fluidizovanom sloju.

Generalno, koncentracije aluminijuma, slabo-magnetičnih crnih metala, mesinga, bakra, stakla i nesagorele organske materije su veće u pepelu sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem u poređenju sa pepelom sa dna ložišta iz postrojenja sa rešetkom, dok su koncentracije magnetičnih crnih metala i mineralnih primesa manje. U sastavu stakla i slabo-magnetičnih crnih metala, pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem sadrži 2,8 puta više stakla od pepela sa dna ložišta iz postrojenja sa rešetkom. Staklo čini najznačajniju pojedinačnu frakciju u pepelu sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem, čineći oko 43% ukupne koncentracije (Blasenbauer et al., 2023). Tabela u nastavku prikazuje zabeležene opsege elemenata i elemenata od potencijalne štetnosti za životnu sredinu u pepelu sa dna ložišta u austrijskom postrojenju sa fluidizovanim slojem.

Tabela 25 daje poređenje kvaliteta pepela sa dna ložišta iz tri insineratora neopasnog otpada sa rešetkom (RA1, RA2, RA3) i tri insineratora neopasnog otpada sa fluidizovanim slojem (BA1, BA2, BA3), koji rade u Austriji (Lederer, 2023). Vrednosti pokazuju rezultate analize dobijene iz ovog pepela sa dna ložišta nakon njegovog odležavanja i starenja. Ispitani pepeo sa dna ložišta pokazuje manje koncentracije za većinu parametara.

Tabela 25: Kvalitet pepela sa dna ložišta dobijen iz insineratora neopasnog otpada sa rešetkom (RA1, RA2, RA3) i iz insineratora neopasnog otpada sa fluidizovanim slojem (BA1, BA2, BA3) (Lederer, 2023)

| Parametar | Jedinica | Granična vrednost za korišćenje kao osnovni sloj u izgradnji puteva | Betonski agregat | | Rezultati preliminarnе procene pepela sa dna BAWP* (veličine 0/8), nakon odležavanja i starenja | | | | | |
|--|----------|---|------------------------|------------------------|---|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | Frakcija betona < 20 % | Frakcija betona < 10 % | RA1 Rešetka | RA2 Rešetka | RA3 Rešetka | BA1 Fluidizovani sloj | BA2 Fluidizovani sloj | BA3 Fluidizovani sloj |
| Sadržaj preostalih metala > 4 mm | | | | | | | | | | |
| Udeo gvožđa (Fe) | % SM | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,02 | 0 | 0,03 | 0 | 0,002 | 0 |
| Neferozni metali | % SM | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,17 | 0,14 | 0,21 | 0,04 | 0,03 | 0,11 |
| Ukupan sadržaj kontaminanata | | | | | | | | | | |
| Pb | mg/mg SM | 900 | 400 | 600 | 248 | 576 | 426 | 229 | 208 | 125 |
| Cd | mg/mg SM | 10 | 3 | 4 | 2,34 | 2,19 | 2,44 | 1,98 | 1,52 | 0,63 |
| Cr | mg/mg SM | 800 | 200 | 300 | 610 | 177 | 186 | 50,7 | 43,6 | 62,2 |
| Ni | mg/mg SM | 300 | 100 | 200 | 162 | 82,4 | 123 | 25,4 | 12,8 | 38,1 |
| TOC | % SM | 1 | 1 | 1 | 0,81 | 0,99 | 1,41 | 0,48 | 0,54 | 0,47 |
| PCDD/-F | ng/kg SM | 100 | 100 | 100 | NA** | NA** | NA** | NA** | NA** | NA** |
| Koncentracija zagađivača u procednoj vodi | | | | | | | | | | |
| pH - vrednost | | 12 | 12 | 12 | 10,7 | 9,5 | 9,1 | 9 | 10 | 10,2 |
| Sb | mg/mg SM | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | <0,02 | 0,05 | 0,04 |
| As | mg/mg SM | 0,5 | 0,5 | 0,5 | <0,0007 | <0,0007 | <0,0007 | <0,0007 | <0,0007 | <0,0007 |
| Pb | mg/mg SM | 0,5 | 0,5 | 0,5 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Cr ukupni | mg/mg SM | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,09 | <0,001 | <0,001 | 0,1 | <0,001 |
| Cu | mg/mg SM | 4 | 2 | 2 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Mo | mg/mg SM | 1 | 0,5 | 1 | 0,52 | 0,28 | 0,69 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| Ni | mg/mg SM | 0,4 | 0,4 | 0,4 | <0,004 | <0,004 | <0,004 | <0,004 | <0,004 | <0,004 |
| Hlorid (kao Cl) | mg/mg SM | 3000 | 1500 | 2000 | 2000 | 1900 | 1900 | 1000 | 850 | 670 |
| Sulfat (kao SO ₄) | mg/mg SM | 5000 | 3000 | 5000 | 3100 | 2100 | 1600 | 3000 | 1500 | 4000 |
| Električna provodljivost | | Da se utvrdi | | | 145 | 111 | 101 | 96 | 64,5 | 106 |

SM - suve materije

*) BAWP = Bundesabafallwirtschaftsplan (Austrijski savezni plan upravljanja otpadom)

**) NA = nije analizirano

Što se tiče fizičkih karakteristika, pepeo sa dna ložišta iz insineratora sa fluidizovanim slojem ima tendenciju da bude finiji i zrnastiji. Potencijal izdvajanja metala iz pepela sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem je veći u poređenju sa pepelom sa dna ložišta iz postrojenja sa rešetkom ili postrojenja sa rotacionom peći. Ovo je zbog specifičnog dizajna i uslova rada u postrojenju sa fluidizovanim slojem. Visoko homogeni uslovi u komori za sagorevanje uzrokovani efikasnom transformacijom ulaznog materijala i predtretman otpada koji rezultira manjim frakcijama dovode do većeg izdvajanja razmatranih materija iz pepela sa dna ložišta u postrojenjima sa fluidizovanim slojem i njihovog prelaska u gasnu fazu. Da bi se smanjila potrošnja peska, pepeo sa dna ložišta se prosejava na sitima sa otvorima 2 mm odmah nakon ispuštanja. Sve čestice manje od ove veličine, uključujući pesak i sitne čestice pepela, vraćaju se u komoru za sagorevanje kao

materijal sloja. Zbog abrazije u sloju se čestice materijala dodatno usitnjavaju, te je njihovo iznošenje sa dimnim gasom veće i manje pepela ostaje izdvojeno na dnu ložišta (pojavljuje se više letećeg pepela koji se izdvaja u filterima za prečišćavanje dimnih gasova). Iz perspektive reciklaže, veće čestice su poželjnije jer se iz njih lakše izdvajaju metali. Pored toga, metali dobijeni iz pepela sa dna ložišta postrojenja sa fluidizovanim slojem su kvalitativno poželjniji za reciklažu jer su generalno manje oksidovani od metala iz pepela sa dna ložišta postrojenja sa rešetkom zbog toga što su čestice otpada u fluidizovanom sloju obično izložene nižim maksimalnim temperaturama u poređenju sa rešetkom (Blasenbauer et al., 2023).

8.3 Pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionom peći

Rotacione peći su dugački cilindrični reaktori, obično dužine oko deset metara i prečnika dva do četiri metra. Ovi reaktori su pokretni i polako se okreću oko svoje uzdužne ose brzinama u rasponu od 10 do 20 obrtaja na sat. Kontinualno obrtanje rotacione peći obezbeđuje temeljno mešanje otpada koji se nalazi u njoj, postepeno ga transportujući od tačke ulaza na prednjem zidu do izlaza šljake na suprotnom kraju. Pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionom peći se lagano sinteruje ili topi na kraju rotacione peći. U rotacionoj peći se materijal sagoreva, nastali pepeo topi i rastopljen kaplje u kadicu šljake. (Umweltbundesamt, 2007).

Rotacione peći se obično koristi za tretman opasnog otpada, uključujući hemijski otpad, farmaceutski otpad i druge materijale koji predstavljaju rizik po ljudsko zdravlje ili životnu sredinu. Visoke temperature rotacione peći (do 1.100°C) pomažu u efikasnom uništavanju opasnih komponenti. Što se tiče sastava pepela sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionom peći, dole navedene tabele pokazuju izmerene vrednosti za različite parametre, posebno za elemente potencijalne ekološke štetnosti u pepelu sa dna ložišta u dva austrijska insineratora sa rotacionim pećima.

Tabela 26: Sadržaj različitih jedinjenja u pepelu sa dna ložišta u insineratoru za opasan otpad sa rotacionom peći u Austriji (Thermische Behandlungsanlage Arnoldstein) u referentnoj 2005. godini, prilagođeno prema Umweltbundesamt (2007.)

| Parametri | Izmerena vrednost (mg/kg) |
|----------------------|---------------------------|
| As | 20 |
| Pb | 2530 |
| Cd | 9 |
| Cr | 2460 |
| Cu | 4730 |
| Ni | 1830 |
| HG | < 0,10 |
| Zn | 8070 |
| C _{org} | 2,1 |
| Indeks ugljovodonika | 26 |

Tabela 27: Sadržaj različitih jedinjenja u pepelu sa dna ložišta u insineratoru opasnog otpada sa rotacionom peći u Austriji (Thermische Abfallbehandlungsanlage Simmering) u referentnoj 2005. godini, prilagođeno prema Umweltbundesamt (2007.)

| Parametri | Izmerena vrednost (mg/kg) |
|----------------------------|---------------------------|
| P | 6 550 |
| Al | 38 600 |
| Kao | 8 |
| Ba | 6760 |
| Pb | 610 |
| Cd | 6 |
| Cr | 1170 |
| Co | 90 |
| Cu | 3550 |
| Ni | 760 |
| Hg | < 0,5 |
| Ag | 16 |
| Zn | 180 |
| C _{org} | 2 |
| PCDF/PCDD (ng TE/kg TS) | 4,5 |
| Indeks ugljovodonika | 2,4 |

Generalno, može se pretpostaviti da je pepeo sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionom peći potencijalno više kontaminiran od pepela sa dna ložišta iz postrojenja sa fluidizovanim slojem, pošto se otpad koji ulazi u rotacione peći u velikoj meri sastoji od opasnog otpada, koji se odlikuje većim opterećenjem zagađujućih materija u odnosu na otpad koji se koristi u postrojenjima sa fluidizovanim slojem. Veće fluktuacije u sastavu supstanci od potencijalne štetnosti za životnu sredinu mogu se očekivati u pepelu sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionim pećima. Veoma heterogeni unos otpada uzrokuje ovu činjenicu. U tom pogledu, generalizovana procena je veoma složena, a prikaz analize pepela sa dna ložišta iz postrojenja sa rotacionim pećima je uvek specifičan. Shodno tome, postoji opravdana zabrinutost u vezi sa potencijalom korišćenja materijala/metala dobijenih iz pepela sa dna ložišta postrojenja sa rotacionom peći zbog aglomeracije jako zagađenih mineralnih čestica na metalnim komponentama. Potencijal za dobijanje vrednih materijala iz pepela sa dna ložišta ograničen je usled velike fluktuacije i potencijalno visokog nivoa zagađujućih materija.

8.4 Leteći pepeo (Flying ash, FA)

Nusproizvod uređaja za sprečavanje zagađenja vazduha, mešavina letećeg pepela, reagensa kreča i aktivnog uglja u prahu, generalno se naziva ostaci iz sistema za sprečavanje zagađenja vazduha. U njima dominira leteći pepeo, koji se generiše u kotlu i izdvaja u filteru. Količina čestica koja se izdvoji kao filterski pepeo, obično čini oko 3–15% masenog udela od sagorene količine čvrstog komunalnog otpada, u zavisnosti od

tipa ložišta za sagorevanje i sistema za sprečavanje zagađenja vazduha koji se primenjuje. Leteći pepeo je veoma nepravilnog oblika i sadrži mnogo nestabilnih čestica i primesa. Pored toga, pomešan je sa malom količinom filamentoznih kristala (Zhang et al., 2021).

Na svojstva letjećeg pepela utiče nekoliko faktora, uključujući vrstu otpada koji se koristi, jedinica za sagorevanje i primenjene uređaje za sprečavanje zagađenja vazduha (Zhang et al., 2021). Osim tehničkih razlika, karakterizacija i sastav letjećeg pepela mogu varirati zbog geografskih karakteristika, urbanizacije i procesa industrijalizacije. Tabela ispod prikazuje prisustvo glavnih elemenata i potencijalno toksičnih elemenata u sastavu kotlovskeg letjećeg pepela i ostataka od sistema za sprečavanje zagađenja vazduha, na osnovu različitih literaturnih izvora.

Tabela 28: Opsezi koncentracija za glavne elemente i potencijalno toksične elemente u kotlovskom letjećem pepelu i izdvojenim česticama u sistemu za sprečavanje zagađenja vazduha, na osnovu različitih literaturnih izvora, prema Zhang et al. (2021)

| Element | Opseg koncentracije (%) | |
|--|-----------------------------|---|
| Glavni elementi | Kotlovski leteći pepeo | Ostatak iz sistema za sprečavanje zagađenja vazduha |
| Ca | 12 – 24 | 24 – 40 |
| Si | 3.9 – 8.4 | 0.8 – 3.6 |
| Al | 2.2 – 7.8 | 0.08 – 4.3 |
| Fe | 1.5 – 2.6 | 0.11 – 2.2 |
| Mg | 0.9 – 4.0 | 0.2 – 2.9 |
| Na | 6.2 – 9.7 | 0 – 3.7 |
| K | 1.8 – 8.4 | 0.1 – 5.6 |
| S | 0.8 – 6,4 | 0.12 – 4,4 |
| Cl | 3.5 – 12 | 0.6 – 21 |
| gubitak pri paljenju (440 °C do 1200 °C) | 3.2 – 20 | 5.4 – 35 |
| Element | Opseg koncentracije (mg/kg) | |
| Potencijalno toksični elementi | Kotlovski leteći pepeo | Ostatak iz sistema za sprečavanje zagađenja vazduha |
| Zn | 320 – 19 000 | 282 – 13 000 |
| Cu | 108 – 3200 | 43 – 6200 |
| Pb | 108 – 16 800 | 65 - 2300 |
| Cr | 26 – 450 | 25 – 190 |
| Cd | 20 – 350 | 0,80 – 180 |
| Ni | 9 – 260 | 17 – 160 |
| As | 6.2 – 60 | 3.6 – 210 |
| Sb | 26 – 1100 | 200 – 682 |

| Element | Opseg koncentracije (%) | |
|---------|-------------------------|-----------|
| Hg | 0,7 – 110 | 0.7 – 110 |
| Mn | 400 – 1500 | 270 – 710 |

Leteći pepeo se sastoji od finih čestica, tipično dimenzija nekoliko desetina ili stotina mikrometara, pri čemu preko 90% čestica ima veličinu manju od 300 µm. Veličina ovih čestica je određena uslovima rada insineratora i sistema koji se koriste za njihovo sakupljanje. Prethodna istraživanja su pokazala da se koncentracija potencijalno toksičnih elemenata u letećem pepelu povećava kako se veličina čestica smanjuje, uglavnom zbog smanjene efikasnosti mešanja unutar komore ložišta (Zhang et al., 2021).

Prema Listi otpada EU (LoW, Odluka Komisije 2014/955/EU), sistemu klasifikacije za različite kategorije otpada, ostaci od sistema za sprečavanje zagađenja vazduha su klasifikovani kao opasan otpad. Nasuprot tome, leteći pepeo se može klasifikovati na isti način kako je klasifikovana otpad na ulazu u postrojenje. Preslikani unos znači da priroda i nivo zagađivača navedenih kao HP1 do HP15 u Aneksu III Okvirne direktive o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC) određuju to da li otpadi spadaju u kategoriju opasnih ili neopasnih. Stoga, dalja evaluacija može klasifikovati leteći pepeo kao opasan ili neopasan. U skladu sa tim razmatraju se alternativne mogućnosti recikliranja i ponovne upotrebe (Quina et al., 2018). Međutim, na globalnom nivou, ostaci od sistema za sprečavanje zagađenja vazduha i leteći pepeo su klasifikovani kao opasan otpad u mnogim zemljama zbog visokog sadržaja potencijalno toksičnih elemenata kao što su olovo, kadmijum, živa, molibden, nikel, selen i drugih zagađivača poput dioksina, furana, sulfata, hlorida i kiselina. Stoga, zbog njegove opasne prirode, neophodan je poseban tretman za odlaganje letećeg pepela (Zhang et al., 2021). Njegovo konačno odlaganje ili recikliranje podleže regulatornim i ekološkim razmatranjima. Pravilno rukovanje i odlaganje letećeg pepela je suštinski aspekt aktivnosti sagorevanja otpada kako bi se obezbedila zaštita životne sredine i usklađenost sa propisima. Najčešće metode za tretiranje letećeg pepela date su u nastavku.

Stabilizacija/solidifikacija (S/S)

Solidifikacija je proces kombinovanja agensa za očvršćavanje (kao što su cement ili pepeo od uglja) sa letećim pepelom iz insineratora komunalnog otpada da bi se očvrstnuli opasni materijali i smanjila mogućnost ispiranja opasnih materijala, uglavnom kroz fizičku inkapsulaciju. Stabilizacija je postupak pretvaranja štetnih otpadnih materijala u manje toksične ili netoksične materijale dodavanjem hemikalija (kao što je Na₂S, natrijum-sulfid). Stabilizacija cementom, stabilizacija na visokim temperaturama, stabilizacija materijalima sa aktiviranim alkalijama i hemijska stabilizacija su primarno korišćene tehnologije.

Najčešći metod tretmana letećeg pepela pre odlaganja je stabilizacija cementom. Ugrađivanjem letećeg pepela u cementnu matricu, rastvorljivost soli i teških metala se značajno smanjuje. Stabilizacioni proces imobilizuje i inkapsulira opasne komponente, sprečavajući njihovo ispiranje u životnu sredinu. Obično se portland cement koristi kao popularno vezivo za stabilizaciju (Xiong et al., 2021). Ova tehnologija ima ekonomske benefite i omogućava konačno odlaganje letećeg pepela na deponijama za neopasni otpad. Međutim, ne proizvodi inertni otpad niti olakšava ponovno korišćenje materijala iz pepela (Quina et al., 2018).

Dekontaminacija i ponovno korišćenje materijala iz pepela

Procesi tretmana letećeg pepela ispiranjem (FLUWA) i tretman letećeg pepela cementom u cilju ponovnog korišćenja metala (FLUREC) predstavljaju inovativne pristupe upravljanja i korišćenju ekstrakcije materijala iz letećeg pepela.

Pri tretiranju letećeg pepela ispiranjem (FLUWA), koriste se višestepene kaskade sa kiselim i neutralnim vodama. Pre početka ispiranja letećeg pepela, koristi se selektivni jonski izmenjivač kako bi se odvojila živa rastvorena u kiseloj i neutralnoj vodi za prečišćavanje. Mogućnost izdvajanja metala kao što su Zn, Pb, Cu i Cd zavisi od različitih faktora, uključujući karakteristike letećeg pepela, kiselost vode za prečišćavanje,

odnos tečna/čvrsta faza (L/S), redoks potencijal, temperatura i vreme luženja. U zavisnosti od ovih parametara, ovim procesom se može ekstrahovati približno 60-80% Zn, 80-95% Cd i 50-85% Pb i Cu (Quina et al., 2018). Nakon baznog procesa FLUWA, kao naredna faza u dobijanju metalnih komponenata, može se primeniti FLUREC proces.

Tretman letećeg pepela cementnim rasvorom (FLUREC) je proces prilikom kojeg se prvenstveno ekstrahuje cink visoke čistoće (>99,995%) iz filtrata obogaćenog teškim metalima. Implementiran u insineratoru komunalnog otpada u Cuhvilu, Švajcarska, od 2012. godine, godišnje izdvoji oko 300 tona Zn. Redukcionim odvajanjem u FLUREC procesu metali Cd, Pb i Cu se odvajaju iz FLUWA filtrata, sa Zn prahom kao redukcionim agensom. Ovi metali formiraju metalni cement, posebno bogat Pb (50–70%) koji je pogodan za direktnu preradu u topionici olova. U fazi ekstrakcije rastvaračem selektivno se izdvaja preostali Zn, u formi organskog rastvora koji je nerastvoriv u vodi, sa stepenom efikasnosti izdvajanja 99,5% pri niskom pH. Pranjem se uklanjaju nečistoće pre elektrolitičke ekstrakcije Zn, uz regeneraciju pomoću sumporne kiseline. Primena jednosmerne struje daje rastvor cink-sulfata visoke čistoće, obnavljajući visokokvalitetni Zn na aluminijumskim katodama radi njegove dalje upotrebe (Quina et al., 2018).

Bezbedno odlaganje ostataka iz insineratora komunalnog otpada koji sadrže soli rastvorljive u vodi i potencijalno toksične metale može se postići korišćenjem starih rudnika soli i podzemnih šupljina. Ova metoda pomaže u sprečavanju ispiranja štetnih materija vodom. Još jedan praktičan pristup je pakovanje ostataka od sistema za sprečavanje zagađenja vazduha i letećeg pepela u izdržljive „velike vreće“ pre skladištenja.

8.5 Aktivni ugalj

Aktivni ugalj je specijalizovani adsorpcioni materijal koji zadržava i uklanja određene zagađujuće materije iz otpadnih gasova koji nastaju u insineratorima. Ubrizgavanje aktivnog uglja je najzastupljenija tehnika u upravljanju emisijom dioksina i žive. Faktori koji utiču na nivo adsorpcije su: temperatura, vreme kontakta, karakteristike materijala adsorbenta (uključujući veličinu zrna, strukturu pora i specifičnu površinu), količina aktivnog uglja, lignita, koksa ili mineralnog adsorbenta, karakteristike letećeg pepela, koncentracija zagađujućih materija i tip postrojenja za sagorevanje (Lu et al., 2013).

Ubrizgani aktivni ugalj, zasićen različitim zagađujućim materijama, se ili uklanja sa filterskim pepelom ili se ekstrahuje u mokrom skruberu i ispušta u tokove otpadnih voda. U svakom slučaju, ostatak koji sadrži zasićeni aktivni ugalj može se smatrati opasnim otpadom i mora se tretirati/odložiti na odgovarajući način.

8.6 Filter ostatak iz postrojenja za otpadne vode (neutralizacioni mulj) i gips

Filter kolač (neutralizacioni mulj)

Filterski kolač nastaje prečišćavanjem otpadnih voda efluenta kiselog skrubera. Ove otpadne vode se prečišćavaju u višestepenom postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda na licu mesta. Teški metali u kiselim skruberima se efikasno uklanjaju kroz niz procesa kao što su neutralizacija, precipitacija, flokulacija i sedimentacija. Mulj sa teškim metalima se zatim mehanički odvodi i skladišti u kontejnerima. Čvrsti ostaci dobijeni iz ovog koraka tretmana otpadnih voda nazivaju se neutralizacioni mulj ili filterski kolač. Klasifikovan je kao opasan otpad, jer sadrži teške metale, kao što je živa, i druge zagađujuće materije. U zavisnosti od svojih fizičkih i hemijskih svojstava, neutralizacioni mulj (filterski kolač) se ili šalje na podzemnu deponiju za opasan otpad ili se na drugi način stabilizuje, očvršćava i odlaže.

Tabela 29: Posmatrani prosečni sadržaji metala u filter ostacima u insinetaorima u Beču u periodu 2013-2014, prema Lutzu (2018)

| Element | Srednja vrednost sadržaja (mg/kg SM) |
|---------|--------------------------------------|
| Al | 3800 |
| Ba | 100 |
| Pb | 200 |
| Cd | 10 |
| Cr | 30 |
| Fe | 30 000 |
| Cu | 200 |
| Mn | 300 |
| Ni | 30 |
| HG | 500 |
| Sn | 30 |

Gips

Otpadne vode iz SO₂ skrubera se takođe prečišćavaju. Ako se za odvajanje SO₂ koristi NaOH, efluenti se tretiraju zajedno sa efluentima kiselog skrubera. Ako se za odvajanje SO₂ koristi kreč/krečnjak, stvoreni gips se pomoću centrifuge oslobađa viška vode, ponovo pere i sakuplja u kontejnere (Umweltbundesamt, 2022), dok se tečni efluenti centrifuge odvođe u isto postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda kao otpadne vode kiselog skrubera. Nakon ovog tretmana, dobijeni gips ima sadržaj vlage od oko 50%, što dalje smanjuje skladištenjem na otvorenom (Caprai et al., 2020). Na kraju, gips dobijen iz SO₂ skrubera se odlaže na deponiju.

8.7 Ponovna upotreba materijala

Tretman i ponovna upotreba materijala iz pepela sa dna ložišta su u praksi dobro proverene metode, uključujući njihovu industrijsku primenu (Lederer et al., 2022). Međutim, zastupljenost, vrste metoda i dobijeni proizvodi u postupcima ponovne upotrebe materijala iz pepela sa dna ložišta zavise od primenjenih metoda sagorevanja otpada, načina upravljanja otpadom u datoj regiji, specifičnih tehnologija i dostupne infrastrukture. Kako ekološka zabrinutost i nedostatak resursa postaju sve značajniji, sve je veći naglasak na poboljšanju tehnoloških rešenja ponovne upotrebe materijala iz procesa dobijanja energije iz otpada. To znači da će s vremenom ponovna upotreba materijala verovatno postati češća i sofisticiranija, posebno u regionima gde je ekonomski održiva i podržana propisima i infrastrukturom.

Materijali dobijeni iz pepela sa dna ložišta i letećeg pepela su različite vredne komponente. Međutim, osnovni materijali su metali, soli i minerali. Dok frakcija metala u pepelu sa dna ložišta iznosi 8-15%, mineralna frakcija iznosi 80-85% mase (Blasenbauer et al., 2023).

Pepeo sa dna ložišta se može koristiti kao **nevezivni ili vezivni agregat** u građevinarstvu za različite primene, kao što je izgradnja slojeva puteva, lučkih područja ili parkinga i za dobijanje strukturalnog

cementa i betonskih proizvoda. Iako je upotreba pepela sa dna ložišta kao nevezivnog materijala česta u mnogim zemljama, raste i interesovanje za korišćenje pepela sa dna ložišta kao agregata u betonskim proizvodima, iako može postojati zabrinutost u vezi sa konačnim tehničkim karakteristikama dobijenih proizvoda. Dok pepeo sa dna ložišta ispunjava konvencionalne tehničke standarde za izgradnju podloga za puteve, možda neće ispuniti kriterijume navedene za agregate koji se koriste u betonskim osnovnim slojevima, prvenstveno zbog svoje ograničene otpornosti na habanje (Astrup et al., 2016).

Ako se pepeo sa dna ložišta koristi kao **pucolanska mešavina**, ima potencijal da pokaže izvesno pucolansko ponašanje kada je u prisustvu kalcijum-hidroksida (Ca(OH)_2), s obzirom na njegov tipičan sastav bogat glavnim oksidima kao što su SiO_2 , CaO i Al_2O_3 . Međutim, inherentna pucolanska aktivnost sirovog pepela sa dna ložišta je relativno niska u poređenju sa drugim uobičajenim pucolanskim materijalima kao što su pepeo od uglja i dim silicijum dioksida. Ova niža reaktivnost je verovatno zbog mineraloških karakteristika amorfnih silikatnih i aluminosilikatnih faza u pepelu sa dna ložišta. Da bi se poboljšala pucolanska svojstva pepela sa dna ložišta i potencijalno bio zamena drugim pucolanskim materijalima, moguće ga je aktivirati kroz mehaničku, hemijsku i termičku aktivaciju. Što se tiče hemijske aktivacije, 2% CaCl_2 poboljšava mehanička svojstva kada se kombinuje sa portland cementom. Nasuprot tome, aktivatori na bazi natrijuma (Na) i kalijuma (K) ne daju slične rezultate. Međutim, efikasnost određene metode hemijske aktivacije verovatno zavisi od specifičnih mineraloških osobina pepela sa dna ložišta. Termička aktivacija se takođe pokazala efikasnom u povećanju hemijske reaktivnosti pepela sa dna ložišta u cementnim sistemima, uglavnom kroz procese kao što su predtretmani sinterovanja i vitrifikacije, koji podržavaju pucolanske reakcije. Alternativni pristup poboljšanju pucolanskih svojstava pepela sa dna ložišta podrazumeva mešanje sa drugim pepelom iz procesa sagorevanja ili mineralnim aditivima (Astrup et al., 2016).

Što se tiče upotrebe pepela sa dna ložišta kao **agregata u asfaltnim mešavinama**, postoje značajna istraživanja učvršćivanja bitumenskih struktura u Sjedinjenim Američkim Državama, posebno u demonstracionim projektima. U jednom takvom projektu, mešavina je kreirana mešanjem 7% bitumena sa kombinacijom agregata od 50% prirodnog agregata i 50% pepela sa dna ložišta. Ovaj sloj puta je zatim prekriven habajućom površinom od 2,5 cm. Nakon dve godine sveobuhvatnog praćenja terena i paralelnih laboratorijskih ispitivanja, utvrđeno je da ova smeša pokazuje identična fizička svojstva kao i asfaltna mešavina koja se sastoji u potpunosti od prirodnog agregata. Međutim, prvi su zahtevali značajniju količinu bitumena da bi se smanjila poroznost finalnog proizvoda (Astrup et al., 2016).

Kada je u pitanju ponovna upotreba metala iz letećeg pepela, postoje uspostavljene industrijske tehnologije za kiselo ispiranje cinka (Zn), kadmijuma (Cd), bakra (Cu) i olova (Pb). Ovi procesi se obično nazivaju FLUWA, FLUREC i HALOSEP. Ove metode su najefikasnije kada su početne koncentracije metala u letećem pepelu relativno visoke. Značajno je da leteći pepeo iz postrojenja sa fluidizovanim slojem obično sadrži niže koncentracije isparljivijih metala poput Zn, Cd i Pb od onih koje se nalaze u letećem pepelu iz postrojenja sa rešetkom (Lederer et al., 2022).

U kontekstu ponovne upotrebe soli iz letećeg pepela, u procesima HALOSEP ili Ash2Salt, koncentracija halogena, posebno hlora (Cl) i kalijuma (K), je ključna. Generalno, nivoi ovih halogena su niži u letećem pepelu iz postrojenja sa fluidizovanim slojem nego u letećem pepelu iz postrojenja sa rešetkom. Međutim, potrebno je dodatno istraživanje kako bi se istražilo u kojoj meri ova razlika može uticati na izvodljivost ovih procesa (Lederer et al., 2022).

Za razliku od rekuperacije metala, nizak sadržaj teških metala je prednost kada se leteći pepeo koristi u proizvodnji građevinskih materijala kao što je cement. To je zato što određene zemlje ograničavaju dozvoljeni sadržaj teških metala u sekundarnim sirovinama koje se koriste za proizvodnju cementa. Pored toga, korišćenje letećeg pepela u proizvodnji cementa zahteva specifične esencijalne materijale kao što su CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , and Fe_2O_3 . Osim cementa, istražene su različite alternativne upotrebe letećeg pepela kao osnove za građevinske materijale, uključujući primenu u staklu ili lakim agregatima. Međutim, većina ovih poduhvata, posebno u EU, još uvek je na nivou pilot projekata (Lederer et al., 2022).

9 Pregled zakonske regulative u Evropskoj uniji (EU), Austriji i Srbiji - Osnovna razmatranja

Zakonske regulative Evropske unije (EU), Austrije i Srbije za postrojenja za dobijanje energije iz otpada zajedno čine sveobuhvatan okvir za vođenje i uređivanje praksi upravljanja otpadom. Na nivou EU, Direktiva o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) postavlja stroge standarde za dobijanje energije iz otpada, sa posebnim akcentom na kontrolu emisija i primenu najboljih dostupnih tehnika (BAT). U Austriji, nacionalni propisi su usklađeni sa direktivama EU i pružaju pravni osnov za upravljanje otpadom. Srbija je usvojila pravni okvir za upravljanje otpadom kojim je obuhvaćeno i dobijanje energije iz otpada. Usklađenost propisa u Srbiji sa propisima EU je ključna za postrojenja za dobijanje energije iz otpada u cilju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

Uslovi koje propisuje zakonski okvir su odlučujući faktor u radu postrojenja za dobijanje energije iz otpada. Njihova precizna analiza je, stoga, ključna za određivanje uloge postrojenja za sagorevanje otpada i postrojenja za su-sagorevanje otpada u okviru evropskog integrisanog sistema upravljanja otpadom. Slično tome, uspeh inicijativa za dobijanje energije iz otpada u budućnosti će uglavnom zavisiti od toga da li EU i njene države članice imaju zakonodavnu i regulatornu strukturu koja neguje i podstiče ekonomsku izvodljivost ovih projekata. Tačnije, dva nivoa određuju zakonski okvir. S jedne strane, zakonodavstvo EU ima značajan uticaj na standarde i granične vrednosti za emisije iz postrojenja za dobijanje energije iz otpada. S druge strane, nacionalno zakonodavstvo ima slobodu da oblikuje dalje propise. Zakonski okviri EU predstavljeni su u prvom delu, a nakon toga i način na koji je Austrija prilagodila EU propise svojoj realnosti. Nakon toga dat je pregled zakonske regulative za ovu oblast u Srbiji i pojašnjen je značaj uključivanja javnosti u celokupan proces.

Važno je napomenuti da se propisi i zahtevi u vezi sa dobijanjem energije iz otpada mogu razlikovati među državama članicama EU, jer su one odgovorne za primenu i sprovođenje direktiva i principa EU u svom nacionalnom zakonodavstvu.

9.1 Zakonski okvir za dobijanje energije iz otpada u EU

Ugovor o funkcionisanju Evropske unije (TFEU) pruža zakonski okvir za zaštitu životne sredine na nivou EU, uključujući upravljanje otpadom i dobijanje energije iz otpada. On obezbeđuje mehanizme za sprovođenje politika upravljanja otpadom i osigurava usklađenost svih država članica EU. Države članice EU moraju preneti direktive EU u nacionalno zakonodavstvo i uspostaviti odgovarajuće mere za postizanje ciljeva postavljenih u ovim direktivama. TFEU takođe dozvoljava Evropskoj komisiji da preduzme pravne mere protiv država članica koje ne poštuju obaveze proistekle iz propisa EU o životnoj sredini, gde spada i upravljanje otpadom (EUR-Lex, 2023a).

Evropski Zeleni dogovor⁸ je najnovija razvojna politika zaštite životne sredine EU. Evropska komisija ga je odobrila u decembru 2019. godine i služi kao plan za borbu protiv klimatskih promena i degradacije životne sredine. Ovaj plan treba da obezbedi da EU postane savremena, resursno efikasna i konkurentna ekonomija sa povećanom efikasnošću korišćenja resursa, prelaskom na čistiju, cirkularnu ekonomiju, smanjujući nivo zagađenja i obnavljajući biodiverzitet. Osmi ekološki akcioni program, usvojen 2022. godine, usmerava izradu i sprovođenje politika zaštite životne sredine i klime, određujući pravac i smer kretanja do 2030. godine.

⁸ Green Deal, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Odgovarajuće odredbe TFEU u vezi sa dobijanjem energije iz otpada mogu se naći u članu 191. Ovaj član utvrđuje opšte ciljeve i načela politike zaštite životne sredine u EU, uključujući promovisanje održivog razvoja, načelo predostrožnosti i načelo zagađivač plaća (EUR-Lex, 2023a). Pored TFEU, u EU je veoma razvijeno zakonodavstvo i propisi koji se bave upravljanjem otpadom i dobijanjem energije iz otpada.

Okvirna direktiva o otpadu (2008/98/EC⁹, WFD)

Okvirna direktiva o otpadu sa izmenama i dopunama (2018) postavlja osnovne koncepte i definicije upravljanja otpadom. Kao temelj upravljanja otpadom EU, ova direktiva uspostavlja hijerarhiju otpada u članu 4. za upravljanje i odlaganje otpada (videti Poglavlje 3.1).

Obim Okvirne direktive o otpadu definisan je klasifikacijom otpada u članu 3. stav 1. Ona uključuje „svaku supstancu ili predmet koji vlasnik baca ili namerava ili je dužan da baci“. Utvrđivanje da li supstanca ili predmet spadaju u određenu klasu otpada prema Okvirnoj direktivi o otpadu je od ključnog značaja, kao i njena dalja klasifikacija nakon tretmana.

U članu 3. stav 2., definiše se opasan otpad kao „otpad koji ispoljava jedno ili više opasnih svojstava navedenih u Aneksu III“. Strogi zahtevi regulišu upravljanje opasnim otpadom, sa posebnim akcentom na:

- (i) Neophodnost da se obezbedi dokaz za praćenje otpada, po sistemu koji je uspostavila predmetna država članica – član 17. WFD.
- (ii) Zabranu mešanja opasnog otpada – član 18. WFD.
- (iii) Obavezu specifičnog obeležavanja i pakovanja – član 19. WFD.

Evropska lista otpada (eng. LoW) – Odluka Komisije 2000/532/EC služi kao standardizovani rečnik za jednoobraznu klasifikaciju otpada u EU. Ona igra vitalnu ulogu u upravljanju otpadom, uključujući i opasan otpad. Dodeljeni kodovi se koriste u različitim aktivnostima, kao što su dobijanje dozvola i transport otpada, kao i osnova za statistiku otpada. Dokument sa tehničkim smernicama – Obaveštenje Evropske komisije 2018/C 124/01 u vezi sa klasifikacijom otpada pomaže nadležnim organima i privrednim subjektima (na primer, po pitanju izdavanja dozvola) u tačnom razumevanju i primeni propisa.

Okvirna direktiva o otpadu uvodi načelo “zagađivač plaća”, osiguravajući da se troškovi sprečavanja, kontrole i prečišćavanja zagađenja odražavaju na cenu proizvoda i usluga. U tom smislu, programi „plati koliko baciš“ (PAYT) služe kao alat za pravično sprovođenje načela zagađivač plaća. U praksi, PAYT sistem se sprovodi na različite načine, obično uključujući:

- Programe zasnovane na količini: Naknade za otpad su određene veličinom ispražnjenih posuda, što znači da što je posuda veća, to je naknada veća.
- Programe zasnovane na vrećama: Naknade za otpad se obračunavaju na osnovu broja korišćenih vreća za otpad. Za odlaganje otpada mogu se obezbediti posebne unapred plaćene vreće, a naknade se odnose na količinu ovih vreća koje se koriste.
- Programe zasnovane na težini: Naknade za otpad se procenjuju prema težini otpada prikupljenog u određenoj posudi. Drugim rečima, što je teži otpad, to je veća odgovarajuća naknada.
- Programe zasnovane na učestalosti: Naknade za otpad se zasnivaju na učestalosti pražnjenja posuda za sakupljanje otpada. Naknada se povećava što je učestalost sakupljanja češća. Kombinovanje ovog pristupa sa programima zasnovanim na količini i težini je korisno za stvaranje sveobuhvatnije strukture cena (Komisija EU, 2023a).

⁹ Direktiva 2008/98/EC Evropskog parlamenta i Saveta od 19. novembra 2008. o otpadu i o stavljanju van snage određenih direktiva (Službeni list L 312, 22.11.2008., str. 3–30)

Pored toga, koncept "produžene odgovornosti proizvođača" (EPR) obezbeđuje pravila za sprovođenje ovog koncepta u državama članicama EU. EPR programi, na nivou države, pomažu zemljama EU da ispune konkretne ciljeve postavljene Okvirnom direktivom za otpad:

- (i) Do 2020. godine otpadni materijali iz domaćinstva, kao što su papir, metal, plastika i staklo, moraju biti reciklirani ili pripremljeni za ponovnu upotrebu do najmanje 50% masenog udela.
- (ii) Neopasan građevinski otpad i otpad od rušenja mora se reciklirati ili pripremiti za ponovnu upotrebu, zajedno sa drugim ponovnim iskorišćenjem materijala, uključujući poslove zatrpavanja korišćenjem otpada kao zamene za druge materijale, do najmanje 70% masenog udela.
- (iii) Komunalni otpad mora biti recikliran ili pripremljen za ponovnu upotrebu do najmanje 55%, 60% i 65% masenog udela do 2025., 2030., odnosno 2035. godine.

Komisija EU je 2023. objavila izveštaj u kom navodi države članice kod kojih postoji rizik od neostvarivanja ciljeva za reciklažu komunalnog i ambalažnog otpada do 2025. godine i cilja odlaganja na deponijama do 2035. godine. Procena je zasnovana na ocenama koje je sprovedla Evropska agencija za životnu sredinu (EEA) u svakoj državi članici. Zajedno sa osam drugih država članica, Austrija je na putu da ispuni oba cilja, 55% pripreme za ponovnu upotrebu i reciklažu komunalnog otpada i 65% reciklaže celokupnog ambalažnog otpada do 2025. godine (Komisija EU, 2023b).

Drugi važan aspekt je činjenica da Okvirna direktiva o otpadu promoviše smanjenje količina otpada koji završava na deponijama. Mnoge države članice EU uvele su deponijske takse ili druge vrste ekonomskih instrumenata kako bi obeshrabrile odlaganje otpada na deponije. Postrojenja za dobijanje energije iz otpada mogu predstavljati alternativu odlaganju otpada na deponijama. Austrija se, na primer, opredelila za ovaj put i od 1984. godine nudi finansijske subvencije za posebna ulaganja u zaštitu životne sredine i uvodi deponijsku taksu u skladu sa Zakonom o sanaciji kontaminiranih lokacija (nem. ALSAG) iz 1990. godine (Savezno ministarstvo poljoprivrede, šumarstva, životne sredine i vodoprivrede, 2015. godine).

Direktiva o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU)

Direktiva o industrijskim emisijama (IED) je sastavni deo zakonskog okvira EU o sagorevanju otpada. Direktiva o industrijskim emisijama ima za cilj smanjenje štetnih industrijskih emisija širom EU kako bi se zaštitilo zdravlje ljudi i životna sredina. Svaka država članica mora da transponuje pravila iz IED-a u nacionalno zakonodavstvo.

U kontekstu procesa sagorevanja i su-sagorevanja otpada, glavni instrument EU za izdavanje dozvola i praćenje emisija zagađivača i drugih relevantnih aspekata prakse održivog upravljanja otpadom je upravo IED. Njen cilj je regulisanje i kontrola emisija iz različitih industrijskih aktivnosti, uključujući postrojenja za dobijanje energije iz otpada, kao i zaštita životne sredine i zdravlja ljudi. IED obezbeđuje da postrojenja za dobijanje energije iz otpada podležu posebnim propisima i zahtevima za kontrolu emisija kako bi se njihov uticaj na životnu sredinu sveo na minimum. Ona zamenjuje sedam starih direktiva, odnosno:

- (i) IPPC direktivu 2008/1/EC,
- (ii) Direktivu 2001/80/EC o ograničenju emisija određenih zagađujućih materija u vazduh iz velikih postrojenja za sagorevanje (Direktiva o velikim postrojenjima za sagorevanje),
- (iii) Direktivu 2000/76/EC o spaljivanju otpada (Direktiva o spaljivanju otpada),
- (iv) Direktivu 1999/13/EC o ograničenju emisija isparljivih organskih jedinjenja usled upotrebe organskih rastvarača u određenim aktivnostima i postrojenjima (Direktiva o emisijama VOC iz rastvarača),
- (v) Tri druge direktive u vezi sa proizvodnjom titanijum dioksida,

uz pojednostavljenje i pojašnjenje zakonodavstva o industrijskim pogonima.

Definicija postrojenja za insineraciju i ko-insineraciju otpada data u IED-a glasi:

*„**postrojenje za insineraciju otpada** predstavlja stacionarnu ili mobilnu tehničku jedinicu i opremu namenjenu termičkoj obradi otpada, sa ili bez iskorišćenja generisane toplote dobijene sagorevanjem otpada oksidacijom, kao i drugim termičkim procesima, kao što su piroliza, gasifikacija ili proces plazme, ako se supstance koje nastaju iz tretmana naknadno spaljuju.“*

Za razliku od postrojenja za insineraciju,

*„**postrojenje za ko-insineraciju otpada** predstavlja stacionarnu ili mobilnu tehničku jedinicu čija je glavna namena proizvodnja energije ili materijalnih proizvoda, a koja koristi otpad kao redovno ili dodatno gorivo ili u kojoj se otpad termički obrađuje u svrhu odlaganja putem sagorevanja otpada oksidacijom, kao i drugim procesima termičke obrade, kao što su piroliza, gasifikacija ili proces plazme, ako se supstance koje nastaju ovakvom obradom naknadno spaljuju.“*

Najbolje dostupne tehnike (BAT): IED zahteva od postrojenja za sagorevanje otpada da koriste najbolje dostupne tehnike (BAT) u postupku izdavanja dozvola i kontroli emisija. BAT su tehnike i prakse koje su ekonomski održive i tehnički izvodljive uz obezbeđivanje visokog nivoa zaštite životne sredine (videti Poglavlje 10). Zaključci BAT-a za sagorevanje otpada sprovedeni su u skladu sa Odlukom Komisije (EU) 2019/2010 od 12. novembra 2019. godine.

Učešće javnosti: Član 55. IED-a utvrđuje opšte propise u vezi sa izveštavanjem i informisanjem javnosti o postrojenjima za sagorevanje i su-sagorevanje otpada. Aneks IV IED-a posvećen je učešću javnosti u donošenju odluka.

Direktiva o proceni uticaja na životnu sredinu (EIA, Direktiva 2011/92/EU, sa izmenama i dopunama 2014/52/EU)

Pre započinjanja značajnih građevinskih ili razvojnih projekata u Evropskoj uniji, ali i zemljama koje su transponovale Direktivu o proceni uticaja na životnu sredinu (EIA) u svoje nacionalno zakonodavstvo, mora se izvršiti Procena uticaja na životnu sredinu tih radova ili projekata kako bi se utvrdio njihov potencijalni uticaj na životnu sredinu. Prema EIA Direktivi, procena uticaja na životnu sredinu može biti potrebna za procenu potencijalnih uticaja na životnu sredinu postrojenja za sagorevanje otpada. Prema članu 4., stav 1. u vezi sa Aneksom I (10) Direktive, „postrojenja za odlaganje otpada putem sagorevanja ili hemijske obrade prema definiciji u Aneksu I Okvirne direktive o otpadu (2008/98/EC) pod naslovom D9 neopasnog otpada sa kapacitetom koji prelazi 100 tona dnevno“, zahtevaju procenu uticaja na životnu sredinu. Proces procene uticaja na životnu sredinu promovira transparentnost i zaštitu životne sredine prilikom donošenja odluka. Njen širok domet i sveobuhvatni cilj osiguravaju razmatranje pitanja životne sredine od samog početka novih građevinskih ili razvojnih projekata i njihovih izmena ili proširenja. Postupak procene uticaja na životnu sredinu takođe omogućava javnosti da aktivno učestvuje (Komisija EU, 2023c).

Direktiva o kontroli opasnosti od velikih udesa koji uključuju opasne materije (2012/18/EU, Direktiva Seveso III)

Opasne hemikalije u industrijskim udesima mogu biti opasne po ljude i životnu sredinu. Pored toga, ovi udesi mogu dovesti do značajnih ekonomskih gubitaka i ometati održivi rast. Direktiva o kontroli opasnosti od velikih udesa koji uključuju opasne materije (Direktiva Seveso III) je okvir koji ima za cilj da upravlja rizikom i spreči velike udesa koji uključuju opasne materije. Ona daje smernice za sprečavanje ovih udesa i smanjenje njihovih posledica radi zaštite zdravlja ljudi i životne sredine (Komisija EU, 2023d). Razlog za novu direktivu bila je potreba da se kriterijumi za klasifikaciju opasnih materija prilagode prema Uredbi (EC) br. 1272/2008 Evropskog parlamenta i Saveta od 16. decembra 2008. o klasifikaciji, obeležavanju i pakovanju supstanci i smeša, o izmeni i ukidanju Direktiva 67/548/EEC i 1999/45/EC i o izmenama i dopunama Uredbe (EC) br. 1907/2006 (WKO, 2023.).

Najznačajnije odredbe Direktive Seveso III za postrojenja za sagorevanje otpada su:

Klasifikacija i granične vrednosti: Odlučujući faktor je prekoračenje količinskih graničnih vrednosti definisanih u Aneksu I. Direktiva Seveso III pravi razliku između postrojenja niže i više kategorije:

„Postrojenje niže kategorije“ označava objekat u kom su opasne supstance prisutne u količinama jednakim ili većim od količina navedenih u koloni 2 dela 1 ili u koloni 2 dela 2 Aneksa I, ali manjim od količina navedenih u koloni 3 dela 1 ili u koloni 3 dela 2 Aneksa I, ukoliko je primenljivo koristeći pravilo sumiranja dato u napomeni 4. uz Aneks I;

„Postrojenje više kategorije“ označava objekat u kom su opasne supstance prisutne u količinama jednakim ili većim od količina navedenih u koloni 3 dela 1 ili u koloni 3 dela 2 Aneksa I, ukoliko je primenljivo, koristeći pravilo sumiranja dato u napomeni 4. uz Aneks I.

Izveštaji o bezbednosti: Prema članu 10. Direktive Seveso III, od operatera pogona više kategorije se zahteva da pripreme izveštaje o bezbednosti. Ovi izveštaji detaljno prikazuju potencijalne rizike povezane sa delatnostima koje obavljaju, uključujući proces sagorevanja, i navode mere za sprečavanje nezgoda i ublažavanje njihovih posledica.

Sistem upravljanja bezbednošću: Direktiva Seveso III u članu 12. naglašava značaj uspostavljanja i održavanja plana za vanredne situacije. Ova obaveza obuhvata procenu rizika, mere prevencije, plan reagovanja u vanrednim situacijama i obuku osoblja. Postrojenja za sagorevanje otpada trebalo bi da uvrste ove elemente u svoje poslove kako bi bezbedno rukovali opasnim otpadom.

Planiranje korišćenja zemljišta i javno informisanje: Prema članu 13. Direktive Seveso III, pogoni unutar određenih zona koji podležu zahtevima ove direktive moraju da se pridržavaju propisa o planiranju korišćenja zemljišta. Takođe treba da informišu javnost i nadležne organe o potencijalnim rizicima povezanim sa delatnostima koje obavljaju, planovima reagovanja u vanrednim situacijama i merama zaštite javne bezbednosti.

Kontrole i sprovođenje zakona: Prema članu 20., nadležni organi su odgovorni za sprovođenje kontrola objekata radi provere usklađenosti sa odredbama Direktive Seveso III. Neusklađenost može dovesti do prinudnih radnji, uključujući novčane kazne i naloge za otklanjanje nedostataka.

Bezbednosna kultura: Direktiva Seveso III promoviše razvoj bezbednosne kulture u objektima sa opasnim materijama, uključujući postrojenja za sagorevanje otpada. Ovo uključuje negovanje načina razmišljanja gde je bezbednost prioritet rukovodstva i integrisana je u sve aspekte rada postrojenja.

Razmena informacija: Pogoni obuhvaćeni Direktivom Seveso III moraju obavestiti nadležne organe u vezi sa inventarom opasnih supstanci, izveštajima o bezbednosti i merama za sprečavanje udesa. Ova razmena informacija osigurava da su vlasti upoznate sa potencijalnim rizicima i da mogu preduzeti odgovarajuće radnje kako bi osigurale bezbednost javnosti.

Učešće javnosti

U skladu sa Arhuskom konvencijom o pristupu informacijama, učešću javnosti u donošenju odluka i pristupu pravdi u pitanjima životne sredine (Arhuska konvencija), učešće javnosti je suštinska komponenta Direktive o industrijskim emisijama (IED), sa ciljem da se obezbedi transparentnost, odgovornost i demokratsko donošenje odluka. Posebne odredbe za učešće javnosti u okviru IED-a mogu se razlikovati u zavisnosti od države članice, ali generalno uključuju sledeće elemente:

Javni pristup informacijama: IED naglašava značaj pružanja dostupnih i sveobuhvatnih informacija o industrijskim pogonima, njihovim emisijama i potencijalnim uticajima na životnu sredinu i zdravlje ljudi tako što će informacije biti dostupne putem javnih registara, internet stranica i drugih sredstava.

Javne konsultacije: Države članice moraju pružiti priliku javnosti da izrazi mišljenje i zabrinutost tokom procesa izdavanja dozvola za nova industrijska postrojenja ili značajne modifikacije postojećih. Da bi se osiguralo učešće zajednice, različite metode kao što su javne konsultacije, saslušanja i angažman sa pojedincima i organizacijama mogu se koristiti za prikupljanje doprinosa i povratnih informacija o predloženim projektima.

Pristup pravdi: IED takođe naglašava pravo javnosti da traži pravne lekove i osporava odluke koje se odnose na industrijske emisije. Ona podstiče države članice da uspostave efikasne i blagovremene sudske procedure koje omogućavaju zainteresovanim pojedincima ili organizacijama da osporavaju dozvole ili druge odluke za koje smatraju da nisu u skladu sa direktivom.

Uključenost organizacija civilnog društva (OCD): IED prepoznaje ključnu ulogu organizacija civilnog društva (OCD) u zastupanju javnog interesa i omogućavanju učešća javnosti. Države članice se podstiču da uključe relevantne OCD u donošenje odluka, omogućavajući im da izraze stavove i doprinesu stručnošću.

Odgovarajuće odredbe se mogu naći u članu 24. IED (Pristup informacijama i učešće javnosti u postupku izdavanja dozvole) i članu 25. IED (Pristup pravdi), dok bi na takvo učešće trebalo da se primenjuje postupak utvrđen u Aneksu IV Direktive.

9.2 Zakonski okvir za sagorevanje otpada u Austriji

Ovde je dat zakonski okvir u Austriji u vezi sa sektorom upravljanja otpadom kao jednom od najboljih praksi među zemljama EU. Austrija je primenila stroge propise o upravljanju otpadom, koji obezbeđuju zakonski okvir za sprečavanje nastanka otpada, reciklažu i odlaganje otpada. Ovi propisi doprinose uspehu zemlje u upravljanju otpadom na održiv i bezbedan način za životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Propisi o sagorevanju i su-sagorevanju otpada u Austriji pretrpeli su značajan istorijski razvoj. Uredba o deponijama iz 1996. godine i izmena Zakona o vodama iz 1997. godine označili su kraj odlaganja otpada na deponijama i povezanih pitanja zaštite životne sredine. Uprkos otporu, ekonomski instrumenti, kao što su niski troškovi deponovanja pre donošenja zakonskih propisa, odigrali su ključnu ulogu u tranziciji. Uvođenje deponijske takse, poznate kao ALSAG naknada 1990. godine, imalo je za cilj da obezbedi ekonomske podsticaje za sprečavanje nastajanja, iskorišćenje i zbrinjavanje otpada i unapredi razvoj i ulaganje u sektor (Savezno ministarstvo poljoprivrede, šumarstva, životne sredine i vodoprivrede, 2015.). Austrija je 2004. godine dodatno podržala razvoj cirkularne ekonomije zabranom deponovanja reciklažnog i zapaljivog otpada, stavljajući naglasak na iskorišćenje energije i reciklažu materijala umesto na deponovanje. Ova strateška promena označila je ključni trenutak u austrijskom pristupu upravljanju otpadom. Austrija je danas na čelu modernih tehnologija dobijanja energije iz otpada. Dvanaest postrojenja za sagorevanje otpada radi sa kapacitetom većim od dve tone na sat, dok postoje i dvadeset tri postrojenja za su-sagorevanje otpada (nem. Umweltbundesamt, 2023.).

Savezni ustavni zakon. Austrija je savezna republika, što znači da su zakonodavna i izvršna vlast podeljena između savezne vlade i devet država (nem. Bundesländer). Savezni karakter Austrije ima određene posledice na zakonski okvir u sektoru upravljanja otpadom, što dovodi do kombinacije saveznih i državnih propisa. Shodno tome, za donošenje zakonskih propisa o upravljanju otpadom nadležne su države ako se ne primenjuju na opasan otpad ili drugi otpad za koji postoje jedinstveni savezni propisi. Obično, odgovornost za upravljanje komunalnim otpadom, naplatu pripadajućih naknada i projektovanje postrojenja za zbrinjavanje otpada leži na državama. U praksi, upravljanje i organizacija sakupljanja komunalnog otpada spadaju u nadležnost pojedinačnih opština ili udruženja za upravljanje otpadom u okviru lokalnih pokrajina i opština (nem. Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Abfallverbände, 2023.).

Zakon o upravljanju otpadom (Abfallwirtschaftsgesetz, AWG 2002.)

U Austriji, Zakon o upravljanju otpadom (AWG 2002) je primarni zakonski osnov za upravljanje otpadom. Pored AWG donetom 2002., svaka od devet država ima zakone koji uređuju upravljanje otpadom koji potpada pod njihovu nadležnost.

U primeni Okvirne direktive o otpadu (WFD) u okviru Zakona o upravljanju otpadom (AWG 2002), najveća pažnja posvećena je hijerarhiji upravljanja otpadom. AWG generalno prati hijerarhiju upravljanja otpadom, dajući prioritet prevenciji nastanka otpada, ponovnoj upotrebi i reciklaži u odnosu na metode dobijanja energije iz otpada i deponovanje. Sagorevanje i su-sagorevanje otpada se smatraju manje poželjnim opcijama u hijerarhiji upravljanja otpadom i treba ih koristiti kada druge, više poželjne opcije upravljanja otpadom nisu izvodljive.

AWG definiše odgovornost za sprovođenje zakonskih zahteva za odlaganje otpada, sprovođenje strategija upravljanja otpadom i određivanje lica odgovornih za otpad u preduzećima. Zakon definiše postrojenja za sagorevanje i su-sagorevanje otpada i prema tome podležu postupku ponovnog iskorišćenja.

U skladu sa AWG 2002, savezni ministar za zaštitu klime, životnu sredinu, energiju, mobilnost, inovacije i tehnologiju dužan je da svakih šest godina izradi Savezni plan upravljanja otpadom (Bundes-Abfallwirtschaftsplan, BAWP) kako bi se osiguralo postizanje ciljeva i poštovanje načela upravljanja otpadom. Najnoviji BAWP objavljen je 2023. godine.

Savezni plan upravljanja otpadom (Bundes-Abfallwirtschaftsplan, BAWP) daje sveobuhvatan pregled praksi upravljanja otpadom u Austriji i utvrđuje posebne mere, strategije i programe. Poseban deo BAWP je posvećen procesu učešća javnosti.

Prvi deo plana prikazuje trenutno stanje u upravljanju otpadom, uključujući detalje sprovedenih i planiranih mera za postizanje ciljeva AWG 2002-a, kao i načela koja usmeravaju upravljanje otpadom.

Drugi deo plana se fokusira na smernice za otpremu otpada preko državnih granica. Sadrži ilustrativne fotografije unosa klasifikovanih na Zelenoj listi, što ukazuje na prihvatljiv otpad za otpremu, i kontra primere otpada na Žutoj listi koji zahtevaju obaveštenje. Ovaj odeljak služi kao alat za donošenje odluka za regulatorne organe i profesionalce koji primenjuju Uredbu (Evropske zajednice) br. 1013/2006 Evropskog parlamenta i Saveta o prekograničnom kretanju otpadu.

Treći deo obuhvata program sprečavanja nastanka otpada, koji uspostavlja okvir za delatnosti koje imaju za cilj smanjenje otpada u proizvodnji i potrošnji. Ovaj program postavlja pravac za napore na sprečavanju nastanka otpada u narednim godinama.

(Savezno ministarstvo za klimatske mere, životnu sredinu, energiju, mobilnost, inovacije i tehnologiju, 2023.).

Zakon o sanaciji kontaminiranih lokacija (Altlastensanierungsgesetz, ALSAG)

Korišćenje ekonomskih mera je sprečilo veliku zavisnost od deponija prilikom zbrinjavanja otpada i posledično promovisalo razvoj reciklaže i dobijanje energije iz otpada. Austrija je uvela deponijsku taksu kroz Zakon o sanaciji kontaminiranih lokacija (ALSAG) 1989. godine. Od 2006. godine, sagorevanje otpada ili proizvodnja gorivnih proizvoda je dodatno oporezovano uz zadržavanje oslobođenja za ostatke od sagorevanja. U suštini, otpadni proizvodi koji nastaju iz postrojenja za sagorevanje i su-sagorevanje otpada ne podležu deponijskoj taksu jer su već oporezovani putem pretporeza na sagorevanje (Altlasten Portal, 2023.). Porez na sagorevanje otpada, uključujući proizvodnju goriva iz nerekiclabilnog komunalnog i industrijskog otpada, je isti bez obzira da li se koristi u zemlji ili se izvozi sa istom namenom.

Uredba o deponijama (Deponieverordnung 2008.)

Uredba o deponijama transponuje Okvirnu direktivu o deponijama (1999/31/EC) i Odluku Saveta o uspostavljanju kriterijuma i procedura za prihvatanje otpada na deponijama (2003/33/EC) u austrijsko nacionalno zakonodavstvo. Austrija ima zabranu odlaganja na deponijama od 1997. godine. Ona je u potpunosti sprovedena kroz Uredbu o deponijama 2004. godine, sa manjim izuzecima do 2008. godine. Član 7. uspostavlja zabranu odlaganja na deponijama koja isključuje različite vrste otpada i otpade sa sadržajem ukupnog organskog ugljenika (TOC) većim od 5%. Otpadima obrađenim određenim mehaničko-biološkim tretmanima, koji ispunjavaju specifične kriterijume biološke stabilnosti i kalorijske su vrednosti ispod određenog praga, mogu se odobriti ograničeni izuzeci od zabrane odlaganja na deponijama. Ovi izuzeci mogući su zahvaljujući odgovarajućem dizajnu i načinu rada u posebnom delu namenjenom za masovno odlaganje otpada (Savezno ministarstvo poljoprivrede, šumarstva, životne sredine i vodoprivrede, 2015.).

Uredba o sagorevanju (Abfallverbrennungsverordnung, AVV)

Uredba o sagorevanju otpada (AVV) transponuje Direktivu EU o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) u nacionalno zakonodavstvo Austrije¹⁰. Ona uređuje sagorevanje otpada u postrojenjima za sagorevanje otpada i proizvodnim postrojenjima u kojima se otpad su-sagoreva. Primenjuje se na opasan i neopasan otpad termički obrađen u postrojenjima za sagorevanje, sa ili bez korišćenja nastale toplote, ili u postrojenjima za su-sagorevanje za proizvodnju energije. Ovo uključuje:

- (i) stacionarna postrojenja za obradu za koja je potrebna dozvola u skladu sa članom 37. ili članom 52. Zakona o upravljanju otpadom (AWG 2002.),
- (ii) komercijalne pogone prema članu 74. stav 1. Zakona o trgovini Austrije (Gewerbeordnung 1994., GewO), i
- (iii) parne kotlove i gasne turbine iz člana 1. stav 1. sl. 1 i 2 Zakona o kontroli emisija za kotlovska postrojenja (EC-K),

u kojima se sagoreva ili su-sagorava čvrsti ili tečni otpad.

Članom 1. standardizuju se ciljevi Uredbe, pre svega, zaštita života i zdravlja ljudi od štetnih uticaja koji mogu nastati sagorevanjem ili su-sagorevanjem otpada i sprečavanje zagađenja životne sredine. Pored toga, emisije moraju biti niske i potrebno je osigurati efikasnost u korišćenju i primeni energije. U slučaju su-sagorevanja, prenošenje zagađujućih materija sadržanih u otpadu, posebno teških metala, u proizvod treba izbegavati koliko god je to moguće.

Prema propisima navedenim u članu 7. stav 11. AVV, potrebno je ponovo iskoristiti svu toplotu proizvedenu tokom sagorevanja ili su-sagorevanja u najvećoj mogućoj meri. AVV ima za cilj da uspostavi granične vrednosti za emisije u vazduh i vodu kako bi se smanjila ili izbegla šteta po životnu sredinu. Pored toga, AVV postavlja granične vrednosti za sadržaj zagađujućih materija u otpadu koji se sagoreva u cementarama, elektranama i drugim postrojenjima za su-sagorevanje. Takođe, AVV sadrži detaljne specifikacije o planiranju uzorkovanja, samom uzorkovanju i izvođenju testova na otpadu iz postrojenja za su-sagorevanje.

Aneksi 1 i 2 sadrže granične vrednosti za emisije u vazduh i specifikacije za njihovu usklađenost.

¹⁰ Sa izuzetkom emisija vode iz spaljivanja otpada, koje nisu uređene Uredbom o spaljivanju otpada, već Uredbom o emisiji gasova iz spaljivanja otpadnih voda (nem. Abwasseremissionsverordnung Verbrennungsgas, AEW Verbrennungsgas), uredbom prema austrijskom Zakonu o vodama (nem. Wasserrechtsgesetz 1959., WRG 1959.).

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu iz 2000. godine (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz UVP-G)

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu iz 2000. godine (UVP-G), transponuje EIA Direktivu 2011/92/EU. Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (UVP-G) navodi projekte dobijanja energije iz otpada i izmene i dopune ovih projekata u Aneksu 1 koji bi trebalo da budu predmet procene uticaja na životnu sredinu. Postrojenja za sagorevanje i su-sagorevanje otpada podležu proceni uticaja na životnu sredinu u skladu sa članom 3. stav 1. u vezi sa Aneksom 1 (1c) i (2c), posebno:

- (i) izgradnja drugih postrojenja za termičku ili hemijsku obradu opasnog otpada;
- (ii) modifikacije drugih postrojenja za termičku ili hemijsku obradu opasnog otpada kapaciteta do 10 000 t/god, ako modifikacija rezultira povećanjem kapaciteta od najmanje 5 000 t/god;
- (iii) izgradnja novih postrojenja za termičku obradu neopasnog otpada kapaciteta najmanje 35.000 t/god ili 100 t/dnevno, i
- (iv) proširenje postrojenja za termičku obradu neopasnog otpada ako primenjeno proširenje kapaciteta iznosi najmanje 35.000 t/god ili 100 t/dnevno.

Postupak procene uticaja na životnu sredinu, u osnovi, uključuje procenu potencijalnih uticaja na životnu sredinu konkretnih javnih ili privatnih projekata na sveobuhvatan i strukturiran način uključujući javnost pre nego što nadležni organi izdaju odobrenje. Glavni koraci postupka procene uticaja na životnu sredinu prema nacionalnom zakonu su sledeći:

- (i) Fakultativni prethodni postupak na zahtev podnosioca projekta.
- (ii) Pokretanje postupka izdavanja odobrenja dostavljanjem potrebne dokumentacije i izjave o uticaju na životnu sredinu od strane podnosioca projekta.
- (iii) Zahtev za izdavanje dozvole, izjava o uticaju na životnu sredinu i svi ostali dokumenti biće dostupni javnosti u opštini lokacije i kod nadležnog organa najmanje šest nedelja. Svako može da podnese komentare na projekat i izjavu o uticaju na životnu sredinu.
- (iv) Nadležni organ imenuje stručna lica iz širokog spektra disciplina za procenu mogućih uticaja projekta na životnu sredinu. Oni zajedno pripremaju sveobuhvatnu procenu uticaja na životnu sredinu. Rezultati procene uticaja na životnu sredinu su dostupni javnosti i poslati svim uključenim stranama.
- (v) Javna rasprava se održava fakultativno. Nakon usmene rasprave, nadležni organ odlučuje o mogućnosti odobrenja projekta.
- (vi) Odluka se stavlja na javni uvid u opštini lokacije i nadležnom organu najmanje osam nedelja. Informacije će takođe biti dostupne na internetu. Posle dve nedelje smatraće se da je rešenje uručeno i onima koji nisu učestvovali u postupku procene uticaja na životnu sredinu ili nisu blagovremeno učestvovali.
- (vii) Nakon završetka projekta, nadležni organ vrši prijemni pregled. Naknadni pregled je planiran nakon tri do pet godina (Umweltbundesamt, 2008.; Unternehmensservice Portal, 2023.).

Uredba o industrijskim udesima u vezi sa otpadom (Abfall-Industrieunfallverordnung, A-IUV)

Direktiva Seveso III (2012/18/EU) je transponovana u nacionalno zakonodavstvo 2015. godine. Sprovođenje se odvijala na saveznom nivou po Zakonu o trgovini iz 1994. (Gewerbeordnung 1994. GewO), čiji je stav 8a podvrgnut dalekosežnim izmenama takozvanom „Izmenom i dopunom Seveso III“, a pored toga i novim donošenjem Uredbe o industrijskim udesima iz 2015. godine.

Austrijski nacionalni zakon uređuje zahteve Direktive Seveso III za postrojenja za sagorevanje otpada u članovima od 59a do 59m Zakona o upravljanju otpadom iz 2002. godine (AWG 2002.) i Uredbi o industrijskim udesima (A-IUV). Član 59a AWG navodi da je cilj članova od 59b do 59m sprečavanje ozbiljnih udesa koji uključuju Seveso supstance i ograničenje njihovih posledica. Odlučujući faktor je prekoračenje količinskih graničnih vrednosti definisanih u Aneksu 6 AWG 2002. U ovom kontekstu, zakonodavac se poziva na član 2. stav 9. br. 20 AWG 2002 „[...] stvarno ili predviđeno prisustvo Seveso supstanci u Seveso postrojenju ili Seveso supstanci za koje se razumno može predvideti da će nastati u procesima van kontrole, uključujući poslove skladištenja, u pogonu unutar postrojenja, u količinama jednakim ili većim od kvalifikovanih količina navedenih u Aneksu 6“.

9.3 Aktuelni zakonski okvir za sagorevanje otpada u Srbiji

U Srbiji, zakonski okvir za sagorevanje otpada zasnovan je na različitim nacionalnim zakonima, propisima i podzakonskim aktima.

Poslednjih godina Srbija se sve više fokusirala na regulisanje pitanja upravljanja otpadom i usvojila je niz novih dokumenata, uz očekivanje da će biti doneti i dodatni podzakonski akti.

U ovom poglavlju predstavljeni su najznačajniji zakoni i podzakonski akti koji su zvanično usvojeni do maja 2024. godine bez cilja da ovaj pregled pruži sveobuhvatnu pravnu analizu.

Srbija u procesu pristupanja Evropskoj uniji usklađuje svoj zakonski okvir sa propisima Evropske unije. Značajan napredak u ovom usklađivanju je i potpisivanje Zelene agende za Zapadni Balkan, sveobuhvatnog okvira usmerenog na rešavanje kritičnih izazova u zaštiti životne sredine i održivom razvoju. Ovaj strateški okvir, uključen u Komunikaciju o ekonomskom i investicionom planu za Zapadni Balkan od strane Komisije EU, definiše pet stubova:

- (1) klimatske akcije, uključujući dekarbonizaciju, energiju i mobilnost,
- (2) cirkularnu ekonomiju, sa fokusom na upravljanje otpadom, reciklažu, održivu proizvodnju i efikasno korišćenje resursa,
- (3) očuvanje i obnova biodiverziteta,
- (4) borba protiv zagađenja vazduha, vode i zemljišta, i
- (5) negovanje održivih sistema ishrane i ruralnih područja.

Ovi stubovi su blisko usklađeni sa ciljevima Zelenog dogovora Evropske unije. Ova Zelena agenda uvodi sveobuhvatan pristup rešavanju ekoloških pitanja, a kako Srbija bude usklađivala svoje zakone sa ovim inicijativama, očekuje se da će se regulative koje se odnose na sagorevanje otpada, jednog od ključnih aspekata upravljanja otpadom, razvijati u skladu sa standardima održivosti i zaštite životne sredine Evropske unije.

Zakon o zaštiti životne sredine

Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik Republike Srbije” br. 135/2004-29, 36/2009-144, 36/2009-115 (drugi zakon), 72/2009-164 (drugi zakon), 43/2011-88. (Uredba Ustavnog suda), 14/2016-3, 76/2018-3, 95/2018-267 (drugi zakon)) je sveobuhvatni zakon u Srbiji koji uređuje pitanja životne sredine i pruža suštinski okvir za uređivanje sagorevanja otpada.

Promovišući smanjenje otpada, reciklažu i odgovarajuće metode tretmana otpada (uključujući sagorevanje, odlaganje na deponije, solidifikaciju, itd.), a u cilju smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, ovaj zakon postavlja stroge smernice za upravljanje opasnim otpadom, obezbeđujući bezbedno

rukovanje i odlaganje otpada. Takođe, zakon nalaže i pribavljanje odgovarajuće dozvole za objekte za upravljanje otpadom, uključujući i one u kojima se otpad sagoreva, kako bi se obezbedila usklađenost sa propisima o zaštiti životne sredine.

Ovaj zakon uspostavlja integrisani okvir za prevenciju i kontrolu zagađenja koji reguliše industrijske aktivnosti, uključujući sagorevanje otpada, sa ciljem smanjenja emisija i drugih uticaja na životnu sredinu.

Takođe, ovaj zakon nalaže izradu studije o proceni uticaja na životnu sredinu za određene delatnosti, uključujući uspostavljanje i rad postrojenja za sagorevanje otpada.

Na osnovu Uredbe o utvrđivanju liste projekata za koju je obavezna procena uticaja na životnu sredinu i liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, br. 114/2008), postrojenja za tretman otpada koji nije opasan spaljivanjem ili hemijskim postupcima kapaciteta više od 70 t na dan, spadaju u postrojenja za koje je obavezna Studija o proceni uticaja na životnu sredinu.

Zakon nameće i redovno praćenje i izveštavanje o aktivnostima upravljanja otpadom, uključujući i sagorevanje. Za sprečavanje kršenja i sprovođenja propisa o zaštiti životne sredine, ovaj zakon predviđa kazne za nepostupanje u skladu sa odredbama istog. Ove kazne uključuju novčane kazne i druge mere za očuvanje standarda zaštite životne sredine.

Zakon o upravljanju otpadom

Primarna zakonska regulativa u ovom kontekstu je Zakon o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS”, br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 i 35/2023) izrađen tako da bude u skladu sa Okvirnom direktivom o otpadu Evropske unije (WFD).

Zakon o upravljanju otpadom u Srbiji blisko odražava osnovna načela i ciljeve navedene u WFD. Pokriva spektar osnovnih aspekata, uključujući smanjenje i minimizaciju otpada, podsticanje reciklaže i ponovne upotrebe, garanciju odgovarajućeg odlaganja otpada i regulisanje upravljanja opasnim otpadom.

Ovaj zakon posebno uređuje: odgovornosti industrijskih proizvođača, odgovornosti proizvođača i vlasnika otpada, odgovornosti operatera otpada, upravljanje istrošenim baterijama i akumulatorima, upravljanje otpadnim uljima, upravljanje istrošenim gumama, upravljanje električnim i elektronskim otpadom, upravljanje otpadom od polihlorovanog bifenila, upravljanje otpadnim vozilima, upravljanje otpadom koji sadrži azbest, upravljanje medicinskim i farmaceutskim otpadom, upravljanje ambalažnim otpadom, izdavanje i vrste dozvola koje se izdaju, nadležnost za izdavanje dozvola, rok važenja dozvola, inspekcija i nadzor i drugo.

Zakon o upravljanju otpadom definiše sagorevanje otpada kao „termički tretman otpada u stacionarnom ili mobilnom postrojenju sa ili bez iskorišćenja energije proizvedene sagorevanjem putem oksidacije, kao i ostalim postupcima termičkog tretmana otpada, kao što su piroliza, gasifikacija ili plazma postupak, ako se supstance koje su rezultat obrade naknadno spaljuju.“

Zakon takođe definiše su-sagorevanje kao „termički tretman otpada u kom se otpad izložen visokim temperaturama koristi kao gorivo za proizvodnju energije i/ili proizvoda“. Su-sagorevanje se najčešće povezuje sa cementarama i termičkom obradom otpada u rotacionim pećima.

Uspostavljajući hijerarhijski pristup gde se sagorevanje otpada smatra poslednjim izborom pre deponovanja, ovaj propis podstiče smanjenje nastajanja otpada, ponovnu upotrebu, reciklažu i druge metode tretmana otpada. Dakle, zakonom je zabranjeno odlaganje i sagorevanje otpada koji ispunjava standarde za ponovnu upotrebu ili reciklažu, osim kada je to ekonomski opravdano i ne ugrožava zdravlje ljudi i životnu sredinu, a uz prethodnu dozvolu Ministarstva.

Zakon o upravljanju otpadom uređuje sledeće aspekte u vezi sa sagorevanjem otpada:

- a) Tehnički zahtevi i emisije,
- b) Nadzor i praćenje,
- c) Odlaganje pepela i ostataka,
- d) Odgovornost i sankcije.

Termička obrada otpada uređuje se članom 41. ovog zakona, koji propisuje da se termička obrada otpada vrši u objektima koji su projektovani, izgrađeni i opremljeni u skladu sa odgovarajućim zakonima koji se odnose na izgradnju tih objekata.

Vlada dalje uređuje tehničko-tehnološke uslove za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad objekta, kao i vrste otpada za termičku obradu, granične vrednosti emisija i njihovo praćenje.

Kako proces sagorevanja otpada ostavlja za sobom ostatke kao što su šljaka i pepeo, u cilju sprečavanja daljeg zagađivanja i negativnog uticaja na životnu sredinu, **Uredba o odlaganju otpada na deponije** („Službeni glasnik RS”, br. 92/2010), propisuje bliže uslove i kriterijume za određivanje lokacije, tehničko-tehnološke uslove za projektovanje, izgradnju i rad deponija otpada. Ovom Uredbom su definisane i vrste otpada za koje je zabranjeno odlaganje na deponije, kao i količine biorazgradivog otpada koje se mogu odlagati. Nadalje, precizirani su kriterijumi i procedure za prihvatanje ili odbacivanje, odlaganje otpada na deponije, kao i metode i procedure za rad i zatvaranje deponija. Ova Uredba obuhvata i sadržaj i način praćenja rada deponija, kao i održavanje nakon zatvaranja.

Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS”, br. 56/2010-39/2021) dopunjava Zakon o upravljanju otpadom tako što nudi sveobuhvatnu klasifikaciju otpada u odgovarajuće kategorije što je važno za utvrđivanje najpogodnije metode sagorevanja otpada i obezbeđivanje poštovanja ekoloških standarda.

Poslednje izmene i dopune Zakona o upravljanju otpadom usvojene su u aprilu 2023. godine. Cilj izmena je da se uspostave stroži uslovi koje proizvođači otpada i operateri za upravljanje otpadom moraju da ispune, kako pre početka rada, tako i tokom obavljanja delatnosti.

Jedna od novina je uvođenje finansijskih garancija za sve poslove u sektoru upravljanja otpadom, čime se obezbeđuje da se načelo odgovornosti vlasnika otpada i dalje poštuje i nakon što objekat prestane sa radom ili ode u stečaj.

Među značajnim novinama je i zahtev za sprovođenje Procene uticaja na životnu sredinu za mobilne objekte koji se bave upravljanjem opasnim otpadom, čime se smanjuju šanse za razne udese u budućnosti. Pored toga, operateri mobilnih objekata moraće da pribave saglasnost jedinice lokalne samouprave za rad, čime će se izbeći dosadašnja zloupotreba ovih postrojenja, kojima je dozvoljeno tretiranje opasnog otpada čak i u stambenim naseljima.

U novembru 2023. godine, usvojena je nova **Uredba o tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja i vrstama otpada za termički tretman otpada, granične vrednosti emisija i njihovo praćenje** („Službeni glasnik RS”, br. 103/2023).

Ovom uredbom utvrđuju se tehnički i tehnološki uslovi za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja i vrste otpada za termički tretman otpada, granične vrednosti emisija i njihovo praćenje. Termičkim tretmanom otpada obezbeđuju se i osiguravaju uslovi za sprečavanje ili ograničavanje negativnih uticaja na životnu sredinu, posebno zagađenja emisijama u vazduh, zemljište, površinske i podzemne vode, kao i mogućih rizika na zdravlje ljudi od termičkog tretmana otpada, uz ispunjavanje tehničkih uslova u skladu sa utvrđenim graničnim vrednostima emisije za insineraciju i ko-insineraciju, odnosno druge uslove predviđene projektno-tehničkom dokumentacijom upravljanja otpadom, u skladu sa dozvolom, zakonom i ovom uredbom. Uredbom je definisan monitoring. Monitoring se vrši merenjem pod uslovima i na način

utvrđen dozvolom, u skladu sa zakonom. Postrojenje i ispravan rad automatske opreme za monitoring emisija u vazduh i vodu podležu godišnjim kontrolnim merenjima. Takođe, definisani su tehničko tehnološki uslovi za rad postrojenja za termički tretman otpada.

Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (Zakon o IPPC)

Zakon o IPPC („Službeni glasnik RS”, br. 135/2004, 25/2015, 109/2021), ustanovljen u skladu sa principima Direktive o industrijskim emisijama Evropske unije (IED, ranije Direktiva o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja - Direktiva o IPPC), primenjuje se na postrojenja za sagorevanje otpada i ima za cilj da spreči ili smanji industrijsko zagađenje.

U cilju harmonizacije i jačanja industrije kako bi se smanjio njen uticaj na životnu sredinu, ovaj propis postavlja zahteve za izdavanje dozvola, praćenje i kontrolu emisija, energetske efikasnosti i upravljanje otpadom.

Primarni ciljevi Zakona o IPPC su dvostruki: da spreči ili smanji emisije iz industrijskih postrojenja i da promoviše održivo korišćenje resursa. Ovaj propis podstiče industrijske operatere da sprovedu najbolje dostupne tehnike (BAT) kako bi sveli zagađenje na minimum, istovremeno osiguravajući ekonomsku održivost. Industrijski operateri su dužni da sprovedu BAT-ove u postrojenjima kako bi postigli najviši mogući nivo zaštite životne sredine, što je dalje uređeno **Uredbom o kriterijumima za određivanje najboljih dostupnih tehnika za primenu standarda kvaliteta, kao i za određivanje graničnih vrednosti emisija u integrisanoj dozvoli** („Službeni glasnik RS”, br. 84/2005).

S primenom na širok spektar privrednih delatnosti u različitim sektorima (uključujući proizvodnju energije, proizvodnju, hemijsku preradu, sagorevanje otpada, itd.), ova uredba se proširuje i na nova i na postojeća industrijska postrojenja koja imaju potencijal da izazovu značajno zagađenje. Usklađenost sa ovom uredbom zahteva stalno praćenje emisija i ekološkog učinka. Industrijski operateri su dužni da redovno prijavljuju podatke o praćenju (monitoringu) nadležnim organima.

Integrirana dozvola (IPPC dozvola)

Za dobijanje IPPC dozvole, operator postrojenja za upravljanje opasnim otpadom dužan je da Ministarstvu zaštite životne sredine dostavi dokumente definisane članom 9.:

1. Projektu dokumentaciju objekta;
2. Izveštaj o poslednjem tehničkom pregledu;
3. Plan praćenja (monitoringa);
4. Rezultate merenja emisija zagađujućih materija tokom probnog rada;
5. Plan upravljanja otpadom (u skladu sa članom 16. Zakona o upravljanju otpadom);
6. Plan efikasnog korišćenja energije;
7. Plan zaštite životne sredine nakon zatvaranja objekta i prestanka rada;
8. Dokument o pravu korišćenja prirodnih dobara;
9. Izjavu kojom se potvrđuje tačnost, istinitost, potpunost i dostupnost javnosti informacija navedenih u zahtevu;
- 10.1. Za nove objekte - saglasnost na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu i saglasnost na odgovarajući dokument iz oblasti prevencije velikih hemijskih udesa;
- 10.2. Za postojeće objekte - saglasnost za izradu studije uticaja postojećeg stanja, saglasnost na odgovarajuću dokumentaciju u skladu sa propisima kojima se uređuje sprečavanje velikih hemijskih udesa i program prilagođavanja rada postojećeg objekta ili delatnosti u skladu sa uslovima propisanim ovim zakonom.

IPPC dozvola mora da sadrži detalje o definisanim merama za zaštitu vazduha, vode i zemljišta kako je navedeno u Zakonu o IPPC i propisima Direktive o industrijskim emisijama EU koje se odnose na IPPC postrojenja.

Postupak izdavanja integrisane dozvole može se ukratko opisati na sledeći način:

- Podnošenje zahteva za izdavanje dozvole,
- Procena zahteva za izdavanje dozvole,
- Informacije za javnost, organe i organizacije o podnošenju zahteva za izdavanje dozvole,
- Nacrt dozvole,
- Informacije za javnost, organe i organizacije o nacrtu dozvole,
- Rad tehničke komisije,
- Proces donošenja odluke,
- Informacije za javnost, organe i organizacije o konačnoj odluci.

Zahtev za IPPC dozvolu će pokazati da li je operater novog postrojenja za upravljanje opasnim otpadom ispunio uslove u skladu sa zahtevima za emisije koji su utvrđeni Zakonom i da projektovano i izgrađeno postrojenje primenjuje najbolju dostupnu tehnologiju koja će stalno biti u skladu sa industrijskim standardima i zakonima o emisijama.

Članom 5. Zakona o IPPC propisano je da je za izdavanje IPPC dozvole odgovoran nadležni organ za izdavanje građevinske dozvole.

Za izdavanje integrisanih (IPPC) dozvola nadležno je Ministarstvo zaštite životne sredine (Odsek za integrisane dozvole), Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i organi jedinice lokalne samouprave nadležni za zaštitu životne sredine.

Ovi organi daju dozvolu za postrojenja ili delatnost za koje je dozvolu ili saglasnost za izgradnju i početak rada ili izvođenje delatnosti izdalo drugo nadležno ministarstvo, nadležni pokrajinski organ i nadležni organ lokalne samouprave, u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji.

Zakon o planiranju i izgradnji (ZPI)

Zakon o planiranju i izgradnji (ZPI) („Službeni glasnik RS”, br. 72/2009, 81/2009 (ispravka), 64/2010 (odluka Ustavnog suda), 24/2011, 121/2012, 42/2013 (odluka Ustavnog suda), 50/2013 (odluka Ustavnog suda), 98/2013 (odluka Ustavnog suda), 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 (drugi zakon), 9/2020 i 52/2021 i 62/2023) sadrži odredbe koje se odnose na planiranje, projektovanje, izgradnju, uspostavljanje i puštanje u rad postrojenja za sagorevanje otpada.

Ovaj zakon definiše koncept prostornog planiranja i postavlja okvir za integrisanje aktivnosti upravljanja otpadom, uključujući sagorevanje, u regionalne i lokalne razvojne planove. To zahteva razmatranje principa zaštite životne sredine i prakse održivog upravljanja otpadom prilikom izrade prostornih planova.

Za sprečavanje potencijalnih problema u naseljenim područjima i osetljivim zonama životne sredine, čuvajući javno zdravlje i ekološku ravnotežu, ovaj zakon utvrđuje uslove za korišćenje zemljišta obezbeđujući da se postrojenja za sagorevanje otpada na odgovarajući način lociraju u određenim zonama koje su pogodne za ove delatnosti.

Članom 133. propisana je nadležnost organa u skladu sa vrstom objekta, pa su u nadležnosti Republike Srbije insineratori, deponije opasnog otpada i postrojenja za fizičko-hemijski tretman otpada. Takođe, ovaj

zakon definiše spisak građevinskih objekata koji su u nadležnosti ministarstva/pokrajine. Ostali objekti koji nisu navedeni u članu 133. u nadležnosti su lokalne samouprave.

Postupci i kriterijumi za dobijanje građevinske dozvole prema ovom propisu definisani su članom 135.

Što se tiče postrojenja za tretman otpada, član 133. odnosi se na:

- 6) termoelektrane snage 10 MW i više, termoelektrana-toplane električne snage 10 MW i više i druge objekti za proizvodnju električne energije snage 10 MW i više, kao i elektroenergetske vodove i transformatorske stanice napona 110 kV i više;
- 10) postrojenja za tretman neopasnog otpada sagorevanjem ili hemijskim postupcima kapaciteta većeg od 70 t dnevno;
- 11) postrojenja za tretman opasnog otpada sagorevanjem, termičkim i/ili fizičkim, fizičko-hemijskim i hemijskim postupcima, kao i centralna skladišta i/ili deponije za odlaganje opasnog otpada;
- 19) regionalne deponije, odnosno deponije za odlaganje neopasnog otpada za područje sa više od 200.000 stanovnika.

Napomena: Postrojenja za dobijanje energije iz otpada (WtE) i deponije za odlaganje ostataka od tretmana su pod planskom i građevinskom dozvolom Republike Srbije/Autonomne Pokrajine Vojvodine (ako su kapaciteti u skladu sa članom 133.), a u zavisnosti od geografskog položaja lokacija za tretman otpada.

Dozvole i odobrenja, kako je propisano Zakonom o planiranju i izgradnji, odnose se na dva aspekta:

- 1) Prostorno planiranje,
- 2) Izgradnju.

Prostorno planiranje

Prostorni plan Republike Srbije izrađuje se za teritoriju republike i predstavlja osnovni plansko-razvojni dokument za prostorno planiranje u zemlji. Svi ostali planski dokumenti moraju biti usklađeni sa Prostornim planom Republike Srbije, koji ima i stratešku razvojnu i opštu regulatornu funkciju.

Prostorni plan Republike Srbije osmišljen je za period od najmanje 10 godina i može se produžiti do 25 godina, usmeravajući dugoročnu viziju prostornog razvoja zemlje. Srbija je trenutno u procesu donošenja novog prostornog plana. Izrađen je Prostorni plan Republike Srbije za period od 2021. do 2035. godine¹¹, ali ovaj dokument do aprila 2024. godine nije zvanično usvojen.

Prema ovom nacrtu, Srbija planira izgradnju postrojenja za dobijanje energije iz otpada u različitim gradovima, uključujući Novi Sad, Niš, Kragujevac i Beograd. Beograd je započeo sa dobijanjem energije iz otpada kroz javno-privatno partnerstvo. Cilj koji je postavljen planom usmeren je ka promovisanju efikasnog upravljanja otpadom primenom principa nadoknade troškova i uvođenjem podsticaja za reciklažu otpada. Pored toga, plan predviđa izgradnju objekata za upravljanje opasnim otpadom, uključujući sabirne centre za opasan otpad iz domaćinstava. U planu su previđena i postrojenja za fizičko-hemijski tretman i sagorevanje opasnog otpada. Međutim, važno je napomenuti da trenutno ne postoje odobrene lokacije za nove deponije opasnog otpada ili postrojenja za tretman, a ove lokacije će biti određene u budućim planskim dokumentima.

¹¹ Prostorni plan Republike Srbije za period od 2021. do 2035. godine, nacrt <https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/PPRS%20Nacrt.pdf>

Izgradnja

Izgradnja objekata se vrši na osnovu građevinske dozvole izdate na osnovu tehničke dokumentacije.

Pre početka izrade tehničke dokumentacije za izgradnju objekta iz člana 133. za koji građevinsku dozvolu izdaje ministarstvo nadležno za poslove građevinarstva/Sekretarijat autonomne pokrajine, izvode se pripremni radovi na osnovu rezultata prethodne studije opravdanosti ili studije opravdanosti pripremljene za određeno postrojenje.

Za izgradnju objekata iz člana 133. Zakona o planiranju i izgradnji, za koje se na osnovu planskog dokumenta mogu izdati lokacijski uslovi, ne izrađuje se prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom.

Pripremni radovi, u zavisnosti od klase i karakteristika objekta, obuhvataju: istraživanja i izradu analiza i projekata i drugog stručnog materijala; nabavku informacija kojima se analiziraju i razrađuju geološki, inženjersko-geološki, geotehnički, geodetski, hidrološki, meteorološki, urbanistički, tehnički, tehnološki, ekonomski, energetski, seizmički, vodovodni i saobraćajni uslovi; uslovi zaštite od požara i zaštite životne sredine, kao i drugi uslovi koji utiču na izgradnju i korišćenje određenog objekta.

Prethodnom studijom opravdanosti posebno se utvrđuje prostorna, ekološka, socijalna, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost ulaganja za različita rešenja definisana generalnim projektom, na osnovu kog je usvojen planski dokument, kao i odluka o opravdanosti ulaganja u pripremne radove u vezi sa idejnim projektom i izradom studije opravdanosti. Prethodna studija opravdanosti sadrži generalni (opšti) projekat iz člana 117. Zakona o planiranju i izgradnji.

Studijom opravdanosti utvrđuje se prostorna, ekološka, socijalna, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije za izabrano rešenje, razrađeno idejnim projektom, na osnovu kog se donosi odluka o opravdanosti investicije, za projekte u čijem finansiranju učestvuju korisnici javnih sredstava, bez obzira na to da li je investitor korisnik javnih sredstava. Studija opravdanosti sadrži idejni projekat iz člana 118. Zakona o planiranju i izgradnji.

Napomena: Za izgradnju objekata iz člana 133. za koje se na osnovu planskog dokumenta mogu izdati lokacijski uslovi, ne izrađuje se prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom.

Postupak izgradnje definisan je članom 109.

Tehnička dokumentacija se izrađuje na osnovu **Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta** („Službeni glasnik RS“, br. 96/2023), i to:

- 1. Generalni projekat** sadrži naročito podatke o: makrolokaciji objekta; opštoj dispoziciji objekta; tehničko-tehnološkoj koncepciji objekta; načinu obezbeđenja infrastrukture; mogućim varijantama prostornih i tehničkih rešenja sa stanovišta uklapanja u prostor; prirodnim uslovima; proceni uticaja na životnu sredinu; inženjerskogeološkim-geotehničkim karakteristikama terena sa aspekta utvrđivanja generalne koncepcije i opravdanosti izgradnje objekta; istražnim radovima za izradu idejnog projekta; zaštiti prirodnih i nepokretnih kulturnih dobara; funkcionalnosti i racionalnosti rešenja.
- 2. Idejno rešenje** predstavlja prikaz planirane koncepcije objekta koje se izrađuje za potrebe pribavljanja lokacijskih uslova, a može biti i deo urbanističkog projekta za potrebe urbanističko-arhitektonske razrade lokacije u skladu sa propisom kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije. Idejnim rešenjem obavezno se prikazuju samo podaci neophodni za izdavanje lokacijskih uslova, odnosno podaci neophodni za utvrđivanje usklađenosti sa planskim dokumentom, bez razrade tehničkih rešenja.

- 3. Idejni projekat** se izrađuje za potrebe izrade studije opravdanosti iz člana 144. Zakona i podleže reviziji (stručnoj kontroli) projekta, kao i za potrebe pribavljanja rešenja o odobrenju za izvođenje radova iz člana 145. Zakona, pribavljanja rešenja o odobrenju za izvođenje radova iz člana 145. Zakona o planiranju i izgradnji.

Ministarstvo ili autonomna pokrajina su nadležni za izdavanje građevinske dozvole za postrojenja iz člana 133. Zakona o planiranju i izgradnji.

- 4. Projekat za građevinsku dozvolu** se izrađuje za potrebe pribavljanja rešenja o građevinskoj dozvoli u skladu sa podzakonskim aktom kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije. Projektom za građevinsku dozvolu se vrši razrada planirane koncepcije objekta utvrđene idejnim rešenjem na osnovu koga su izdati lokacijski uslovi, a moguća su i njegova odstupanja od tog idejnog rešenja u skladu sa propisom kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije. Za objekte za koje je zakonom kojim se uređuje zaštita od požara propisana obaveza izrade Glavnog projekta zaštite od požara i pribavljanje saglasnosti na projekat za izvođenje, uz projekat za građevinsku dozvolu obavezno se prilaže i Elaborat o zaštiti od požara.
- 5. Projekat za izvođenje** izrađuje se za potrebe građenja objekata i izvođenja radova, ako je to propisano podzakonskim aktom¹² kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije. Projekat za izvođenje je skup međusobno usaglašenih projekata kojim se utvrđuju građevinsko-tehničke, tehnološke i eksploatacione karakteristike objekta sa opremom i instalacijama, tehničko-tehnološka i organizaciona rešenja za gradnju objekta, investiciona vrednost objekta i uslovi održavanja objekta.
- 6. Projekat izvedenog objekta** izrađuje se za potrebe pribavljanja upotrebne dozvole, korišćenja i održavanja objekta. Ovaj projekat izrađuje se za sve objekte za koje se po odredbama Zakona o planiranju i izgradnji pribavlja građevinska dozvola. Projekat izvedenog objekta je projekat za izvođenje sa izmenama nastalim u toku građenja objekta i ne podleže tehničkoj kontroli, osim kada se izrađuje za potrebe legalizacije objekata.

Za objekte za koje se u skladu sa zakonom kojim se uređuje zaštita od požara pribavlja saglasnost na tehnički dokument, pre izdavanja upotrebne dozvole pribavlja se saglasnost na projekat za izvođenje.

Saglasnost na idejni projekat i studiju opravdanosti

Saglasnost na idejni projekat i studiju opravdanosti daje komisija za reviziju koju obrazuje ministar/pokrajinski sekretarijat (Ministar nadležan za poslove građenja i planiranja), u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik RS”, br. 72/09, 81/2009 - ispravka, 64/2010 - US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - US, 50/2013 - US, 98/2013 - US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon, 9/2020, 52/2021, 62/2023). Prema Zakonu o planiranju i izgradnji za pripremu infrastrukturnih projekata potrebna su sledeća dokumenta:

Lokacijski uslovi se izdaje u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom, Zakonom o planiranju i izgradnji, kojim se uređuju uslovi i načini planiranja i uređenja građevinskog zemljišta, kao i zahtevima dobijenim od nadležnih organa i organizacija.

¹² Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata („Službeni glasnik Republike Srbije”, br. 96/2023).

Takođe, potrebno je rešiti pitanje svojine zemljišta (mora biti javna svojina) i kategorije zemljišta (mora biti građevinsko). U slučaju da je odabrana lokacija poljoprivredno zemljište, Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture mora da izda saglasnost na promenu namene (konverziju) zemljišta (formiranje građevinske parcele), na osnovu uplatnice, odnosno dokaza o plaćanju takse za konverziju zemljišta Katastru, u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu („Službeni glasnik RS”, br. 62/06, 65/2008 -, 41/2009, 112/2015, 80/2017 i 95/2018), članovima od 24. do 26., koji definišu zaštitu zemljišta i uslove za eksploataciju minerala i odlaganje otpada, uslove za pretvaranje poljoprivrednog zemljišta u građevinsko i dr.

Lokacijski uslovi sadrže sve urbanističke, tehničke i druge uslove i podatke potrebne za izradu idejnog projekta, projekta za građevinsku dozvolu i projekta za izvođenje i izdaju se za katastarsku parcelu koja ispunjava uslove za građevinsku parcelu.

Lokacijske uslove za objekte iz člana 133. Zakona o planiranju i izgradnji izdaje ministarstvo nadležno za poslove urbanizma, odnosno nadležni organ autonomne pokrajine za objekte iz člana 134. ovog zakona.

Uz zahtev za izdavanje lokacijskih uslova podnosi se idejni projekat budućeg objekta, odnosno dela objekta (skica, crtež, grafički prikaz i sl.), izrađen u skladu sa pravilnikom kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije.

Lokacijskim uslovima može se predvideti i fazna, odnosno etapna izgradnja.

Lokacijski uslovi se pribavljaju u okviru objedinjene procedure koju sprovodi organ nadležan za izdavanje lokacijskih uslova u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji i **Uredbom o lokacijskim uslovima** („Službeni glasnik RS”, br. 87/2023) kojim je preciziran sadržaj lokacijskih uslova.

Napomena: Zahtevi za projektovanje i priključenje koji moraju da se pribave od nosilaca javnih ovlašćenja u postupku izdavanja lokacijskih uslova navedeni su u Uredbi o lokacijskim uslovima („Službeni glasnik RS”, br. 87/2023).

Lokacijski uslovi za postrojenja za dobijanje energije iz otpada izdaju se na osnovu planskih akata i predstavljaju osnovnu dokumentaciju sa pravilima i procedurama za izradu tehničke dokumentacije neophodne za izgradnju postrojenja.

Građevinska dozvola se izdaje u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, kojim se uređuju uslovi i načini planiranja i uređenja građevinskog zemljišta, kao i izgradnje i korišćenja postrojenja.

Građevinska dozvola se izdaje investitoru koji uz zahtev za izdavanje građevinske dozvole dostavi projekat za građevinsku dozvolu i izvod iz projekta za građevinsku dozvolu, izrađene u skladu sa propisom kojim se bliže uređuje sadržina tehničke dokumentacije, koji ima odgovarajuće pravo na zemljištu ili objektu i koji je dostavio dokaze o uplati odgovarajućih taksu i naknada i druge dokaze propisane propisom kojim se bliže uređuje postupak sprovođenja objedinjene procedure.

Za izgradnju elektroenergetskih objekata, pre izdavanja građevinske dozvole, investitor pribavlja energetska dozvolu, u skladu sa posebnim zakonom.

Građevinska dozvola se izdaje na osnovu postojećih lokacijskih uslova, bez obzira na to čiji je zahtev bio osnov za izdavanje lokacijskih uslova.

Za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje ministarstvo, odnosno nadležni organ autonomne pokrajine, pre izdavanja građevinske dozvole potrebno je pribaviti izveštaj revizije komisije.

Građevinska dozvola se izdaje prema **Pravilniku o sadržini i načinu izdavanja građevinske dozvole** („Službeni glasnik RS“, br. 93/2011 i 103/2013 – odluka Ustavnog suda).

Na osnovu poslednje izmene Zakona o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS“, br. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 - dr. zakon, 35/2023) definisana su nova pravila za upravljanje građevinskim otpadom. Uredbom o načinu i postupku upravljanja otpadom od građenja i rušenja („Službeni glasnik RS“, br. 93/2023 i 94/2023 - ispravka), članom 6 definisano je sledeće:

- Proizvođač otpada od građenja i rušenja dužan je da sačini plan upravljanja otpadom od građenja i rušenja (u daljem tekstu: Plan upravljanja otpadom), pribavi saglasnost na Plan upravljanja otpadom i organizuje njegovo sprovođenje, ako se radovi izvode na objektu koji je kategorije B, V i G.
- Uz zahtev za izdavanje rešenja o građevinskoj dozvoli, posebnoj dozvoli za izvođenje pripremljenih radova, privremenoj dozvoli i dozvoli za izvođenje radova dostavlja se rešenje o saglasnosti na Plan upravljanja otpadom.
- Za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje ministarstvo nadležno za poslove građevinarstva, saglasnost na Plan upravljanja otpadom izdaje ministarstvo nadležno za poslove zaštite životne sredine.
- Za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje nadležni pokrajinski organ saglasnost na Plan upravljanja otpadom izdaje pokrajinski organ nadležan za zaštitu životne sredine.
- Za objekte za koje građevinsku dozvolu izdaje nadležni organ jedinice lokalne samouprave, saglasnost na Plan upravljanja otpadom daje organ jedinice lokalne samouprave nadležan za zaštitu životne sredine.

Upotrebna dozvola se izdaje u skladu sa članovima od 154. do 160. Zakona o planiranju i izgradnji koji uređuje tehnički pregled objekta koji vrši komisija koju obrazuje ministar ili ovlašćeno preduzeće, za puštanje objekta u rad i izdavanje dozvole za rad, kao i održavanje objekta.

Pogodnost objekta za upotrebu utvrđuje se tehničkim pregledom. Tehnički pregled objekta vrši se nakon završetka izgradnje objekta, odnosno dela objekta koji predstavlja tehničko-tehnološku celinu i kao takav može se samostalno koristiti u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji.

Upotrebna dozvola se ne može izdati ako imenovano lice ne potvrdi da su ispunjeni uslovi iz rešenja o davanju saglasnosti na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu. Za dobijanje upotrebne dozvole potrebno je dostaviti i projekat izvedenog objekta, odnosno projekat za izvođenje i izjavu stručnog nadzora, izvođača radova i investitora da nije odstupljeno od projekta za izvođenje, a za objekte iz člana 145. Zakona o planiranju i izgradnji za koje nije propisana izrada projekta za izvođenje, izjava investitora, vršioca stručnog nadzora i odgovornog izvođača radova da nije odstupljeno od idejnog projekta kao i drugi dokazi predviđeni članom 158. Zakona o planiranju i izgradnji.

Nakon izgradnje objekta, potrebno je izraditi projekat izvedenog objekta.

U postupku tehničke provere za projekte za koje je izdato odobrenje na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, utvrđuje se da li su ispunjeni svi uslovi iz rešenja o davanju saglasnosti na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, te da li su u skladu sa zakonom kojim se uređuje izgradnja objekta. Nadležni organ koji je vodio postupak studije o proceni uticaja na životnu sredinu imenuje lice za učešće u radu komisije za tehnički prijem.

Probni rad. Ako se, radi utvrđivanja podobnosti objekta za upotrebu, moraju vršiti prethodna ispitivanja i provera instalacija, uređaja, postrojenja, stabilnosti ili bezbednosti objekta, uređaja i postrojenja za

zaštitu životne sredine, uređaja za zaštitu od požara ili druga ispitivanja, ili ako je to predviđeno tehničkom dokumentacijom, komisija za tehnički pregled, odnosno preduzeće ili drugo pravno lice kome je povereno vršenje tehničkog pregleda može da odobri puštanje objekta u probni rad, pod uslovom da utvrdi da su za to ispunjeni uslovi, i o tome bez odlaganja obavesti nadležni organ.

Probni rad može trajati najduže godinu dana. Obaveza je investitora da prati rezultate probnog rada.

Komisija za tehnički pregled, odnosno preduzeće ili drugo pravno lice kome je povereno vršenje tehničkog pregleda, u toku probnog rada objekta proverava ispunjenost uslova za izdavanje upotrebne dozvole i izveštaj o tome dostavlja investitoru. Nadležni organ mora da izda dozvolu za probni rad za postrojenja za dobijanje energije iz otpada.

Članom 44. Zakona o upravljanju otpadom propisani su uslovi za upravljanje opasnim otpadom:

„Vlada obezbeđuje sprovođenje mera postupanja sa opasnim otpadom.

Tretman opasnog otpada ima prioritet u odnosu na tretmane drugog otpada i vrši se samo u postrojenjima koja imaju dozvolu za tretman opasnog otpada u skladu sa ovim zakonom.

Prilikom sakupljanja, razvrstavanja, skladištenja, transporta, ponovnog iskorišćenja i odlaganja, opasan otpad se pakuje i obeležava na način koji obezbeđuje sigurnost po zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Opasan otpad se pakuje prema karakteristikama opasnog otpada (zapaljiv, eksplozivan, infektivan i dr.) u posebne kontejnere i obeležava.

Zabranjeno je mešanje različitih kategorija opasnog otpada ili mešanje opasnog otpada sa neopasnim otpadom, osim pod nadzorom kvalifikovanog lica ili tokom tretmana opasnog otpada.

Zabranjeno je odlaganje opasnog otpada bez prethodnog tretmana kojim se značajno smanjuju opasne karakteristike otpada.

Zabranjeno je razblaživanje opasnog otpada radi ispuštanja u životnu sredinu.

Ministar propisuje način skladištenja, pakovanja i obeležavanja opasnog otpada.”

Dozvola/saglasnost na izabranu lokaciju

Dozvolu/saglasnost na lokaciju za izgradnju i rad postrojenja za tretman otpada izdaje Ministarstvo nadležno za zaštitu životne sredine i druga nadležna ministarstva. Izbor lokacije vrši se u skladu sa kriterijumima koje propisuje ministar, u skladu sa članom 34. stav 3. Zakona o upravljanju otpadom.

Uslučaju izgradnje postrojenja za tretman, odnosno ponovno iskorišćenje ili odlaganje opasnog otpada, Ministarstvo donosi rešenje o lokaciji, u skladu sa zakonom i uz prethodno pribavljeno mišljenje jedinice lokalne samouprave, odnosno autonomne pokrajine ukoliko se nalazi na njenoj teritoriji.

Prilikom izbora lokacije za izgradnju i rad postrojenja za upravljanje otpadom posebno se vodi računa o sledećem:

- 1) Količina i vrsta otpada;
- 2) Način skladištenja, tretmana, odnosno ponovnog iskorišćenja ili odlaganja otpada, odnosno vrsta objekta i postrojenja;

- 3) Planirana namena prostora i mogućnost izgradnje i rada postrojenja u skladu sa urbanističkim zahtevima i zahtevima zaštite životne sredine;
- 4) Geološka, hidrološka, hidrogeološka, topografska, seizmološka i pedološka svojstva zemljišta i mikroklimatske karakteristike regiona;
- 5) Blizina zaštićenih prirodnih dobara i karakteristike regiona.

Dozvole za upravljanje otpadom, u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom, odnosno članovima 16., 29. i od 59. do 69., ne izdaje se ako je objekat predmet Zakona o IPPC, odnosno ako je objekat dobio IPPC dozvolu.

Za obavljanje jedne ili više delatnosti u oblasti upravljanja otpadom potrebno je pribaviti sledeće dozvole (član 60.):

- Dozvola za sakupljanje otpada (član 70.);
- Dozvola za transport otpada (član 70.);
- Dozvola za skladištenje otpada;
- Dozvola za tretman otpada, i to:
 1. Dozvola za ponovno iskorišćenje;
 2. Dozvola za odlaganje.

Integrisana dozvola za obavljanje više delatnosti se može izdati operateru koji obavlja više delatnosti upravljanja otpadom.

Napomena: Dozvole za sakupljanje, transport, tretman i/ili skladištenje, ponovno iskorišćenje i odlaganje opasnog otpada, dozvolu za tretman inertnog i neopasnog otpada sagorevanjem i dozvolu za tretman otpada u mobilnom postrojenju izdaje Ministarstvo/Pokrajinski sekretarijat. Dozvola za sakupljanje i transport opasnog otpada izdaje se u skladu sa ovim zakonom i drugim propisima.

Sadržina zahteva za izdavanje dozvole propisana je članovima od 60. do 70. Zakona o upravljanju otpadom.

Za dobijanje **dozvole za tretman opasnog otpada**, operater postrojenja za tretman opasnog otpada mora da dostavi sledeća dokumenta definisana članom 62. Zakona o upravljanju otpadom:

- 1) Potvrda o registraciji;
- 2) Radni plan za objekat za upravljanje otpadom (Sadržaj radnog plana definisan je članom 16. Zakona o upravljanju otpadom);
- 3) Saglasnost na plan zaštite od udesa i plan zaštite od požara, ako je operater u obavezi da pribavi ovu saglasnost, odnosno pravila zaštite od požara, u zavisnosti od stepena podložnosti požaru, i programa osnovne obuke zaposlenih iz oblasti zaštite od požara, u skladu sa zakonom;
- 4) Plan zatvaranja objekta;
- 5) Izjava koja sadrži metode tretmana i/ili ponovnog iskorišćenja ili odlaganja otpada;
- 6) Izjava koja sadrži metode tretmana i/ili ponovnog iskorišćenja i odlaganja ostataka iz objekta;
- 7) Saglasnost na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, ili studije detaljne provere, ili dokumenta o izuzeću od obaveze izrade studije o proceni uticaja na životnu sredinu, u skladu sa zakonom;
- 8) Kopije odobrenja i saglasnosti pribavljenih od drugih nadležnih organa, izdatih u skladu sa zakonom;
- 9) Finansijske i druge garancije ili odgovarajuće osiguranje u slučaju nezgode ili štete nanosene trećim licima;

- 9a) Finansijske ili druge garancije koje obezbeđuju ispunjenje uslova iz dozvole za odlaganje otpada na deponije, sa rokom važenja koji je jednak periodu rada deponije, uključujući postupak zatvaranja deponije i održavanje nakon zatvaranja u skladu sa članom 30. ovog zakona.;
- 10) Potvrda o uplati odgovarajuće administrativne takse.

Zahtev za izdavanje **dozvole za odlaganje opasnog otpada na deponije**, pored navedenih podataka, sadrži i podatke o postupku zatvaranja i naknadnog zbrinjavanja deponije.

Izuzetno, navedene dozvole se izdaju i za rad novih i postojećih postrojenja za upravljanje otpadom za koje se izdaje integrisana dozvola, uključujući i trajanje probnog perioda, a ne duže od dodatnih 240 dana po isteku probnog perioda, kao privremena dozvola do izdavanja integrisane dozvole.

Dozvole se **ne izdaju** za:

- 1) Kretanje otpada u okviru lokacije proizvođača otpada;
- 2) Kontejnere za kućni otpad na javnim mestima;
- 3) Skladišta čiji je kapacitet manji od 10 tona inertnog otpada;
- 4) Skladišta čiji je kapacitet manji od 2 tone neopasnog otpada;
- 5) Mašinsku pripremu neopasnog otpada za transport (presovanje, baliranje, usitnjavanje i dr.);
- 6) Slučaj ispitivanja koje se sprovodi radi utvrđivanja tehničko-tehnoloških parametara ponovnog iskorišćenja otpada radi dobijanja podataka u cilju sprovođenja postupka izrade studije procene uticaja.

Sadržaj dozvole za upravljanje otpadom definisan je članom 64. Zakona o upravljanju otpadom. Odgovornosti operatera definisane su članom 29. Zakona o upravljanju otpadom.

Dozvola za sakupljanje i transport opasnog otpada. Prema Zakonu o upravljanju otpadom, član 60., Ministarstvo zaštite životne sredine nadležno je za izdavanje dozvole za sakupljanje, transport, skladištenje, tretman i odlaganje opasnog otpada. Izdavanje dozvole za transport opasnog otpada propisano je članom 70.

Prema članu 35. Zakona o upravljanju otpadom, „Opasan otpad se posebno sakuplja i transportuje. Na transport opasnog otpada primenjuju se propisi kojima se uređuje transport opasnog tereta.”

Zakon o transportu opasne robe („Službeni glasnik RS”, br. 104/2016, 83/2018, 95/2018 i 10/2019) prati zakonodavstvo EU i propisuje da se transport mora obavljati po ADR, RID i ADN procedurama, članovi od 2. do 5. Opasna materija je ovim zakonom definisana kao opasna supstanca, roba ili otpad, član 7.

Izuzetno, dozvola se izdaje i za nova i postojeća postrojenja za upravljanje otpadom za koja se izdaje integrisana dozvola, uključujući i trajanje probnog perioda, ali ne duže od 240 dana od završetka probnog perioda, kao privremena dozvola do izdavanja integrisane dozvole.“ (član 59.).

Zakon o vodama

U Srbiji, **Zakon o vodama** („Službeni glasnik RS”, br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 u 95/2018 - dr. zakon) predstavlja ključni zakonski okvir za zaštitu vodnih resursa. Spaljivanje otpada, kao potencijalni izvor zagađivanja, u ovom propisu regulisano je kroz nekoliko odredbi.

Članom 97. ovog Zakona propisane su zabranjene radnje kao što su unošenje u površinske vode otpadnih voda koje sadrže opasne i zagađujuće supstance iznad propisanih graničnih vrednosti emisije koje mogu

dovesti do pogoršanja trenutnog stanja, ispuštanje otpadnih voda u stajaće vode ako je ta voda u kontaktu sa podzemnom vodom, koja može prouzrokovati ugrožavanje dobrog ekološkog ili hemijskog statusa stajaće vode, ili ispuštanje sa plovnih objekata ili sa obale zagađujućih supstanci koje direktno ili indirektno dospevaju u vode, a potiču od bilo kog uređaja sa broda ili uređaja za prebacivanje na brod ili sa broda.

Zagađivači su dužni da tretiraju otpadne vode u skladu sa članom 98. Oni koji ispuštaju ili odlažu materijale koji mogu da zagade vodu moraju te materije ukloniti i obraditi pre ispuštanja u javnu kanalizaciju ili recipijent. U izuzetnim slučajevima, stroži uslovi ispuštanja ili granične vrednosti emisije utvrđuju se vodnom i/ili integrisanom dozvolom u skladu sa zakonom i na osnovu standarda kvaliteta životne sredine.

Radi obezbeđivanja tretmana otpadnih voda, subjekti koji ispuštaju otpadne vode u recipijent ili javnu kanalizaciju dužni su da obezbede finansijska sredstva i odrede rokove za izgradnju i rad postrojenja ili objekata za tretman otpadnih voda u skladu sa akcionim planom za postizanje graničnih vrednosti emisije za zagađivače u vodama, plan zaštite voda i plan upravljanja vodama.

Vodoprivreda je u nadležnosti Republike, ali se ostvaruje preko nadležnog ministarstva, regionalnih i lokalnih državnih organa i javnih vodoprivrednih preduzeća.

Članom 113. Zakona o vodama propisana je lista vodnih akata. Vodni akti se izdaju u cilju obezbeđenja jedinstvenog režima voda i ostvarivanja upravljanja vodama, u skladu sa Strategijom, planom upravljanja vodama i odgovarajućom tehničkom dokumentacijom. U vodne akte spadaju:

- 1) vodni uslovi;
- 2) vodna saglasnost;
- 3) vodna dozvola.

Vodni uslovi, vodna saglasnost i vodna dozvola

Ovim Zakonom su propisane vodne dozvole potrebne za ispuštanje otpadnih voda u površinske vode i kanalizaciju. Odgovornost za izdavanje vodne dozvole zavisi od vodnog resursa. Spisak objekata utvrđen je članom 116. Zakona.

U slučaju postrojenja za upravljanje opasnim otpadom, nadležni organ je Direkcija za vode. Izdavanje vodne dozvole vrši se na osnovu mišljenja nadležnog organa, najčešće Republičkog hidrometeorološkog zavoda i Javnog preduzeća Srbijavode/Vojvodinavode.

Zahtev za izdavanje navedene vodne dokumentacije podnosi subjekt koji, u skladu sa članom 14. Zakona o planiranju i izgradnji, podnosi zahtev za izdavanje građevinske dozvole.

U postupku izrade tehničke dokumentacije neophodne za izgradnju novih objekata i rekonstrukciju postojećih i za izvođenje drugih radova koji mogu dovesti do izmena vodnog režima, investitor je dužan da pribavi vodne uslove, prema članu 115. Ovi vodoprivredni uslovi izdaju se za izradu idejnog projekta.

Građevinska dozvola za nove objekte i rekonstrukciju postojećih može se izdati samo po prethodno pribavljenoj **vodnoj saglasnosti**, prema članu 119. Investitor je dužan da po izdavanju vodoprivredne saglasnosti otpočne radove u roku od dve godine.

Po završetku radova, investitor podnosi zahtev za izdavanje vodne dozvole, prema članu 122., koja je neophodna za dobijanje upotrebne dozvole. Vodoprivredna dozvola se izdaje radi utvrđivanja uslova potrošnje i ispuštanja vode u recipijent (i u javne kanalizacione sisteme samo u Beogradu). Dozvola se izdaje na ograničeni rok od najviše deset godina.

Vodovodna preduzeća, industrija, poljoprivreda i drugi korisnici vode plaćaju korisničku naknadu za zahvatanje vode prema tarifama utvrđenim Godišnjom uredbom o naknadama za zahvatanje voda, zaštitu voda i materijal koji se iskopava iz vodnih tela. Naknade za otpadne vode (naknade za zaštitu voda) moraju plaćati oni koji ispuštaju otpadne vode u površinske vode. Naknade se zasnivaju na obimu ispuštanja i kvalitetu recipijenta. Naknade za nepoštovanje su generalno postavljene ispod nivoa podsticaja. Zakonom o zaštiti životne sredine zabranjeno je ispuštanje prekomerne količine opasnih materija.

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (ZoPU)

Slično navedenom, **Zakonom o proceni uticaja na životnu sredinu** (ZoPU, „Službeni glasnik RS”, br. 135/2004 i 36/2009) obezbeđuje se da svaki projekat koji se odnosi na izgradnju, proširenje ili rad postrojenja za sagorevanje otpada i drugih postrojenja za tretman opasnog otpada prolazi sveobuhvatnu procenu uticaja na životnu sredinu pre odobrenja.

Ovim Zakonom uređuje se postupak procene uticaja na životnu sredinu projekata koji mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu, sadržaj studije o proceni uticaja na životnu sredinu, učešće nadležnih organa i organizacija, kao i javnosti, prekogranično obaveštenje za projekte koji mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu druge zemlje, nadzor i druga pitanja od značaja za procenu uticaja na životnu sredinu.

Član 3. utvrđuje obim procesa procene uticaja na životnu sredinu. Projekti sagorevanja otpada su eksplicitno uključeni u ovaj obim, naglašavajući značaj evaluacije njihovog potencijalnog uticaja na životnu sredinu.

Ovaj Zakon navodi zahteve za sadržaj izveštaja o proceni uticaja na životnu sredinu za projekte sagorevanja otpada, koji sadrži: detaljne informacije o predloženom projektu, vrste i količine otpada koji će se sagorevati, tehnologiju sagorevanja koja će se koristiti i potencijalne posledice po životnu sredinu koje mogu nastati realizacijom projekta.

Učešće javnosti je još jedan ključni aspekt Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu, koji naglašava značaj uključivanja javnosti u proces procene projekata sagorevanja otpada. Ovaj Zakon nalaže da relevantni organi obaveste javnost o predloženom projektu i pruže mogućnosti za javne konsultacije i doprinos.

Tokom implementacije projekta, postrojenja za sagorevanje otpada podležu redovnom praćenju, uključujući usklađenost sa standardima životne sredine i dogovorenim merama ublažavanja.

Saglasnost na procenu uticaja na životnu sredinu izdaje se u skladu sa Zakonom o proceni uticaja na životnu sredinu.

Procena uticaja na životnu sredinu izrađuje se na osnovu idejnog projekta postrojenja za upravljanje opasnim otpadom kojim se implementiraju sve mere zaštite životne sredine koje su predviđene Zakonom o zaštiti životne sredine.

Uredba o utvrđivanju liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, br. 114/08) sadrži: (1) listu projekata koji uvek podležu proceni uticaja na životnu sredinu, i (2) listu projekata za koje nadležni organi mogu da zahtevaju procenu uticaja na životnu sredinu u zavisnosti od prirode projekta i obima. Procena uticaja na životnu sredinu je potrebna za projekte u sektoru privrede, rudarstva, energetike, saobraćaja, turizma, poljoprivrede, šumarstva, vodoprivrede, upravljanja otpadom i komunalnih usluga, kao i za projekte koji se planiraju na zaštićenom prirodnom dobru i u zaštićenoj okolini nepokretnog kulturnog dobra.

Na osnovu Uredbe o utvrđivanju liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, br. 114/08), Projekat postrojenja za upravljanje opasnim otpadom podleže obaveznoj proceni uticaja na životnu sredinu. U skladu sa članovima od 12. do 15. Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu, nadležni organ (Ministarstvo) odlučuje o potrebnom obimu i sadržaju studije o proceni uticaja na životnu sredinu. Član 17. Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu navodi obavezne podatke za studiju o proceni uticaja na životnu sredinu.

Studija o proceni uticaja na životnu sredinu sadrži obavezne podatke definisane **Pravilnikom o sadržini procene uticaja na životnu sredinu** („Službeni glasnik RS”, br. 69/05).

Predlagač projekta za koji je potrebna studija o proceni uticaja na životnu sredinu i projekta za koji je utvrđeno da zahteva procenu uticaja na životnu sredinu, ne može pristupiti realizaciji, odnosno izgradnji i realizaciji projekta bez saglasnosti nadležnog organa na studiju procene uticaja na životnu sredinu. Postupak procene uticaja na životnu sredinu sastoji se od sledećih faza:

- odlučivanje o potrebi procene uticaja na životnu sredinu za projekat;
- određivanje obima i sadržaja studije o proceni uticaja;
- odlučivanje o davanju saglasnosti na studiju o proceni uticaja.

Saglasnost na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu

Predlagač projekta podnosi zahtev za izdavanje saglasnosti na studiju o proceni uticaja nadležnom organu i dužan je da podnese zahtev za davanje saglasnosti najkasnije u roku od godinu dana od dana donošenja konačne odluke kojom se utvrđuje obim i sadržina studije o proceni uticaja. Nadležni organ obrazuje tehničku komisiju za ocenu procene uticaja na životnu sredinu i donosi odluku o davanju saglasnosti na studiju o proceni uticaja ili odbijanju saglasnosti na osnovu postupka i izveštaja tehničke komisije.

Studija o proceni uticaja i **saglasnost na studiju o proceni uticaja**, odnosno odluka da nema potrebe za studijom o proceni uticaja, sastavni su deo dokumentacije koja se prilaže uz zahtev za izdavanje odobrenja za izgradnju ili uz zahtev za početak realizacije projekta (izgradnje, izvođenja radova, promene tehnologije, promene delatnosti i druge delatnosti)

Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu

Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS” br., 135/2004 i 88/2010) sadrži ključne odredbe koje se direktno odnose na projekte upravljanja otpadom i njihov potencijalni uticaj na životnu sredinu.

Ovim Zakonom uređuje se postupak sprovođenja strateških procena za konkretne planove i programe koji utiču na životnu sredinu. Cilj je da se principi zaštite životne sredine integrišu u ove planove i programe kako bi se obezbedila zaštita životne sredine i podržao održivi razvoj. Strateške procene se vrše za različite sektore kao što su korišćenje zemljišta, poljoprivreda, energetika, transport i očuvanje divljih životinja, stvarajući okvir za odobravanje budućih razvojnih projekata u skladu sa propisima o proceni uticaja na životnu sredinu.

Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu nalaže da projekti koji uključuju upravljanje otpadom, uključujući postrojenja za sagorevanje otpada, prođu temeljnu procenu uticaja na životnu sredinu. Ovom procenom ocenjuju se potencijalni uticaji projekta na životnu sredinu, uzimajući u obzir faktore kao što su vrste otpada, količine, metode tretmana i prakse odlaganja.

Ovaj propis naglašava značaj razmatranja alternativnih metoda upravljanja otpadom tokom procesa procene. Kako proces strateške procene uticaja na životnu sredinu za projekte upravljanja otpadom uključuje interdisciplinarni pristup, zakon prepoznaje značaj angažovanja različitih zainteresovanih strana, stručnjaka i javnosti.

Strateška procena vrši se za sve planove, programe i sektorske master planove (u daljem tekstu: planovi i programi) u oblastima prostornog i urbanističkog planiranja ili planiranja korišćenja zemljišta, planiranja u oblasti poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, lova, energetike, industrije, saobraćaja, upravljanja otpadom, vodoprivrede, telekomunikacija, turizma, očuvanja prirodnih staništa i divljeg sveta (flora i fauna), koji postavljaju okvire za davanje saglasnosti na buduće razvojne projekte definisane zakonima povezanim sa procenom uticaja na životnu sredinu.

Osnova strateške procene je plan ili program koji definiše okvir za razvoj određenog sektora, odnosno njegove karakteristike, ciljeve i zahvaćeni prostor.

Studija o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu izrađuje se u skladu sa Zakonom o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu („Službeni glasnik RS”, br. 135/04 i 88/10). Uslove izdaju lokalni ili državni organi ili povezana preduzeća/ustanove (vodni uslovi, električna energija, putevi, zaštićeno područje, zaštićeni spomenici kulture, arheološko područje, itd.).

Postupak javnih konsultacija sprovodi se u skladu sa Zakonom o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu, te u skladu sa Zakonom o potvrđivanju Konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine („Službeni glasnik RS”, br. 38/09).

Nadležni organ za zaštitu životne sredine daje saglasnost ili odbija zahtev za izradu izveštaja o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu na osnovu ocene iz člana 21. Zakona o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu.

Zakon o zaštiti vazduha

Zakon o zaštiti vazduha („Službeni glasnik RS”, br. 36/2009, 10/2013, 26/2021 – drugi zakon) ima ključnu ulogu u regulisanju aktivnosti sagorevanja otpada, sa posebnim fokusom na kontrolu emisija i zaštitu životne sredine. Ovaj zakon obuhvata propise koji imaju za cilj očuvanje i poboljšanje kvaliteta vazduha. U okviru šireg obima ovog Zakona, konkretni članovi posvećeni su pitanjima koja se odnose na sagorevanje otpada.

Ovim Zakonom se utvrđuju granične vrednosti emisija, tehnički zahtevi za postrojenja za sagorevanje otpada i odredbe za praćenje i izveštavanje o emisijama. On ističe potrebu za održivom praksom upravljanja otpadom koja smanjuje štetne uticaje na kvalitet vazduha i zdravlje ljudi koji su dalje uređeni drugim podzakonskim aktima, kao što je **Uredba o merenjima emisija zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora zagađivanja** („Službeni glasnik RS”, br. 5/2016, 10/2024).

Za očuvanje kvaliteta vazduha i smanjenje ispuštanja štetnih materija, zagađivači moraju da se pridržavaju konkretnih graničnih vrednosti emisija, kao što je navedeno u članu 19. Usklađenost sa ovim standardima emisija je obavezna za postrojenja za sagorevanje otpada.

Postrojenja za sagorevanje otpada i drugi objekti za tretman otpada kao što su deponije i postrojenja za fizičko-hemijski tretman dužni su da stalno prate emisije i odgovarajuće parametre povezane sa procesom. Uspostavljanjem sistema za praćenje i planova zaštite kvaliteta vazduha, oni mogu da prate i procenjuju nivo zagađujućih materija ispuštenih u vazduh.

Prema članu 41. ovog Zakona, Vlada propisuje granične vrednosti za emisije zagađujućih materija iz postrojenja za sagorevanje, uzimajući u obzir faktore kao što su vrsta, kapacitet, starost, planirani radni vek i gorivo koje se koristi u objektu. S tim u vezi, doneta je **Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh iz postrojenja za sagorevanje** („Službeni glasnik RS“, br. 6/2016 i 67/2021). Pored toga, u ovom članu se preciziraju metode i procedure za merenje emisija, kriterijumi za izbor mernih mesta, proces verifikacije tačnosti merenja (uključujući kontrolna merenja i kalibracije), metode obrade podataka i vremenski okvir za dostavljanje podataka o emisijama. Nadalje, navodi se postupak za određivanje ukupnih godišnjih emisija iz postrojenja za sagorevanje.

Propisi u vezi sa hemijskim udesima

Posebni članovi Zakona o zaštiti životne sredine odnose se na zaštitu od hemijskih udesa. Operater Seveso postrojenja, odnosno objekta u kome se obavljaju aktivnosti u kojima je prisutna ili može biti prisutna jedna ili više opasnih materija u količinama jednakim ili većim od propisanih, dužan je da dostavi Obaveštenje, odnosno da sačini Politiku prevencije udesa ili Izveštaj o bezbednosti i Plan prevencije udesa, u zavisnosti od količine opasnih materija koje se koriste za obavljanje ovih delatnosti i da preduzme mere za sprečavanje hemijskog udesa i za obuzdavanje uticaja tog udesa na život i zdravlje ljudi i životnu sredinu, a kako je utvrđeno navedenim dokumentima.

Odredbe **Seveso II** (Direktiva 82/96/EC) u potpunosti su prenesene u Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik RS“, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon), čime su stvoreni uslovi za izradu tri podzakonska akta (Pravilnik o sadržini politike prevencije udesa i sadržini i metodologiji izrade Izveštaja o bezbednosti i Plana reagovanja u slučaju vanredne situacije, Pravilnik o sadržini obaveštenja i Pravilnik o listi opasnih materija i njihovim količinama).

Operateri imaju **obavezu da pripreme Izveštaj o bezbednosti i Plan reagovanja u slučaju vanredne situacije koje treba dostaviti ministarstvu nadležnom za zaštitu životne sredine** (Odsek za upravljanje rizicima) na **odobrenje**. Postrojenja za dobijanje energije iz otpada su Seveso objekti i moraju pribaviti saglasnost na Politiku prevencije udesa, Izveštaj o bezbednosti i Plan reagovanja u slučaju vanredne situacije.

Direktiva Seveso II zahteva sprovođenje dve vrste procedura, **u zavisnosti od količine opasnih materija koje koriste operateri**.

- **Izveštaj o bezbednosti** mora posebno uključiti: informacije o sistemu upravljanja i organizaciji operatera u cilju sprečavanja hemijskih udesa; opis lokacije na kojoj se nalazi Seveso postrojenje, odnosno objekat; opis Seveso postrojenja, odnosno objekta; analizu rizika od hemijskog udesa i načine sprečavanja istog; mere zaštite i intervencije za suzbijanje posledica hemijskog udesa; popis opasnih materija i dr.
- **Plan prevencije udesa** posebno uključuje mere koje treba preduzeti u okviru Seveso postrojenja, odnosno objekta u slučaju hemijskog udesa ili u slučaju nastanka okolnosti koje mogu izazvati hemijski udes. Izveštaj o bezbednosti i Plan prevencije udesa sastavlja operater iz člana 58. Zakona o zaštiti životne sredine.

Kvalitetni izveštaji o bezbednosti, planovi reagovanja u slučaju vanredne situacije i politika prevencije udesa su preduslov za sprečavanje hemijskih udesa. Takođe, izveštaji o bezbednosti i planovi reagovanja u slučaju vanredne situacije biće deo dokumentacije za dobijanje IPPC dozvole koju operateri moraju da dostave nadležnom organu.

Zakon o kontroli opasnosti od velikih udesa koji uključuju opasne supstance

Zakon o kontroli opasnosti od velikih udesa koji uključuju opasne supstance nije usvojen do objavljivanja ove publikacije (maj 2024. godine), iako se nalazio u skupštinskoj proceduri. Kada bude usvojen, ovaj Zakon će preneti direktivu SEVESO III u domaće zakonodavstvo.

Zakon o hemikalijama

Zakonom o hemikalijama („Službeni glasnik RS”, br. 36/2009, 88/2010, 92/2011, 93/2012, 25/2015) uređuje se integrisano upravljanje hemikalijama, klasifikacija, pakovanje i obeležavanje hemikalija, integralni registar hemikalija i registar hemikalija koje su stavljene u promet, ograničenja i zabrane proizvodnje, stavljanja u promet i korišćenja hemikalija, uvoz i izvoz određenih opasnih hemikalija, dozvole za obavljanje delatnosti prometa i dozvole za korišćenje naročito opasnih hemikalija, stavljanje u promet deterdženta, sistematsko praćenje hemikalija, dostupnost podataka, nadzor i druga pitanja od značaja za upravljanje hemikalijama.

Svaka hemikalija proizvedena ili uvezena na tržište Republike Srbije upisuje se u Registar hemikalija.

Proizvođač, uvoznik ili dalji korisnik (u daljem tekstu: lice koje upisuje hemikalije) podnosi zahtev Agenciji radi upisa hemikalije u Registar hemikalija, najkasnije do 31. marta tekuće godine za hemikalije proizvedene, odnosno uvezene prethodne godine.

Postrojenje za dobijanje energije iz otpada kao korisnik hemikalija mora da poštuje pravila i procedure propisane zakonom.

Zakon o vanrednim situacijama

Postupak sprečavanja udesa u slučaju hemijskog udesa za operatere koji nisu predmet direktive Seveso uređen je Zakonom o vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS”, br. 111/2009, 92/2011, 93/2012) i u nadležnosti je Ministarstva unutrašnjih poslova. Operateri koji ne podležu Seveso postupku dužni su da podnesu Plan zaštite u vanrednim situacijama Ministarstvu unutrašnjih poslova, u skladu sa članom 80. Zakona o vanrednim situacijama.

Zakon o zaštiti od požara

Zakonom o zaštiti od požara („Službeni glasnik RS”, br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018 – drugi zakoni) uređuju se sistem zaštite od požara, prava i obaveze državnih organa, organa autonomne pokrajine i jedinice lokalne samouprave, preduzeća, drugih pravnih i fizičkih lica, organizacije vatrogasne službe, nadzor nad sprovođenjem ovog Zakona i druga pitanja od značaja za sistem zaštite od požara.

Procena opasnosti od požara jeste deo glavnog projekta zaštite od požara odnosno deo tehničke dokumentacije za izgradnju objekata kojim se utvrđuju zahtevi u pogledu mera zaštite od požara za konstrukciju, materijale, instalacije i potreba za opremanjem zaštitnim sistemima i uređajima, kada to nije utvrđeno propisom.

Područne jedinice organa državne uprave nadležne za poslove zaštite od požara daju saglasnost na tehničku dokumentaciju u vezi sa merama zaštite od požara, za izgradnju, rekonstrukciju i proširenje objekata sa svim pripadajućim instalacijama, opremom i uređajima, odnosno za:

- Objekte i prostore koji se koriste za proizvodnju, preradu i skladištenje hemikalija koje mogu izazvati požar ili eksploziju ili ugroziti zdravlje i bezbednost ljudi i materijalne imovine; hidroelektrane i hidroelektrane sa pripadajućom branom, snage do 10 MW, termoelektrane snage do 10 MW i termoelektrane - toplane, električne snage do 10 MW, te dalekovode i trafostanice sa naponom do 110 kV;
- Postrojenja za tretman neopasnog otpada spaljivanjem ili hemijskim tretmanima, utvrđena posebnim propisom;
- Postrojenja za tretman opasnog otpada spaljivanjem, termičkim i/ili fizičkim, fizičko-hemijskim, hemijskim tretmanima, kao i centralna skladišta i/ili deponije za odlaganje opasnog otpada i regionalne deponije, odnosno deponije za odlaganje opasnog otpada, određene posebnim propisom;
- Objekte za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora energije (vetar, biogas, solarna energija, geotermalna energija, biomasa, deponijski gas, gas iz komunalnih otpadnih voda i dr.) i elektrane sa kombinovanom proizvodnjom, pojedinačne snage do 10 MW.

Uslovi zaštite od požara i posebni tehnički normativi zaštite od požara za izgradnju, dogradnju i rekonstrukciju industrijskih objekata utvrđeni su **Pravilnikom o tehničkim normativima za zaštitu industrijskih objekata od požara** („Službeni glasnik RS“, br. 1/2018, 22/2023).

Zakon o energetici

Zakon o energetici („Službeni glasnik RS“, br. 145/2014, 95/2018 (sa izmenama i dopunama), 40/2021 i 35/2023 (sa izmenama i dopunama), 62/2023) obuhvata različite aspekte koji se odnose na regulisanje energetike. Pokriva ciljeve energetske politike i način njenog ostvarivanja, te obezbeđuje pouzdano, bezbedno i kvalitetno snabdevanja energijom i energentima, kao i bezbedno snabdevanja potrošača. Ovaj Zakon takođe navodi uslove za izgradnju novih energetske postrojenja i uređuje način sprovođenja energetske delatnosti.

Takođe, ovim Zakonom se utvrđuje organizacija i funkcionisanje tržišta električne energije i prirodnog gasa, definišu prava i obaveze učesnika na tržištu i obezbeđuje zaštita kupaca energije. Pored toga, ovaj Zakon se bavi proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, uz preciziranje uslova i podsticaja za ovu praksu.

U sprovođenju ovog Zakona i praćenju njegove primene, posebna prava i dužnosti imaju državni organi i Agencija za energetiku Republike Srbije (u daljem tekstu: Agencija). Energetski subjekti mogu da otpočnu obavljanje poslova u oblasti energetike po dobijanju dozvole Agencije, osim ako ovim Zakonom nije drugačije uređeno.

Ističući izuzetan značaj zaštite životne sredine u proizvodnji energije, ovaj Zakon nameće stroge ekološke standarde za spaljivanje otpada i druge aktivnosti vezane za energiju, sa ciljem da se ublaži zagađenje vazduha i vode uz očuvanje prirodnih resursa.

Energetski subjekt može da počne sa obavljanjem energetske delatnosti na osnovu licence koju izdaje Agencija za energetiku. Ova licenca se izdaje rešenjem u roku od 30 dana od dana podnošenja zahteva za izdavanje licence, ako su ispunjeni uslovi utvrđeni Zakonom i propisima donesenim na osnovu ovog Zakona. Licenca posebno sadrži: naziv energetske subjekta, energetske delatnosti, spisak energetske delatnosti.

objekata koji se koriste za obavljanje delatnosti, tehničke karakteristike tih objekata, podatke o lokaciji, odnosno području na kome će se obavljati energetska delatnost i period na koji se izdaju ove licence, obaveze u vezi sa nesmetanim obavljanjem delatnosti, transparentnošću i izveštavanjem.

Licenca nije potrebna za obavljanje sledećih energetskih delatnosti:

- 1) proizvodnja električne energije u objektima ukupne odobrene priključne snage do 1 MW;
- 2) proizvodnja električne energije isključivo za sopstvene potrebe;
- 3) proizvodnja biogoriva do 1000 tona godišnje i proizvodnja biogoriva za sopstvene potrebe;
- 4) transport nafte naftovodima isključivo za sopstvene potrebe;
- 5) transport naftnih derivata naftovodima za sopstvene potrebe;
- 6) transport nafte, naftnih derivata i biogoriva drugim transportnim sredstvima;
- 7) skladištenje nafte, naftnih derivata i biogoriva za sopstvene potrebe;
- 8) proizvodnja toplotne energije u objektima ukupne snage do 1 MWt i proizvodnja toplotne energije isključivo za sopstvene potrebe;
- 9) kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije u termoelektranama – toplanama u objektima do 1 MW ukupne odobrene priključne snage i 1 MWt ukupne toplotne snage kao i kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije isključivo za sopstvene potrebe;
- 10) trgovina na malo bocama za tečni naftni gas.

Licenca se izdaje u sledećim slučajevima:

- 1) ako je podnosilac zahteva registrovan za obavljanje energetske delatnosti za koju se izdaje licenca;
- 2) ako je energetskom objektu izdata upotrebna dozvola;
- 3) ako energetski objekti i ostali uređaji, instalacije, odnosno postrojenja neophodni za obavljanje energetske delatnosti ispunjavaju uslove i zahteve utvrđene tehničkim propisima, propisima o energetske efikasnosti, propisima o zaštiti od požara i eksplozija, kao i propisima o zaštiti životne sredine;
- 4) ako podnosilac zahteva ispunjava propisane uslove u pogledu stručnog kadra za obavljanje poslova tehničkog rukovođenja, rukovanja i održavanja energetskih objekata, odnosno uslove u pogledu broja i stručne osposobljenosti zaposlenih lica za obavljanje poslova na održavanju energetskih objekata, kao i poslove rukovaoca u tim objektima;
- 5) ako podnosilac zahteva ispunjava finansijske uslove za obavljanje energetske delatnosti;
- 6) ako direktor, odnosno članovi organa upravljanja nisu pravosnažno osuđivani za krivična dela u vezi sa obavljanjem privredne delatnosti;
- 7) ako podnosiocu zahteva nije izrečena mera zabrane obavljanja delatnosti ili ako su prestale pravne posledice izrečene mere;
- 8) ako podnosilac zahteva poseduje dokaz o pravnom osnovu korišćenja energetskog objekta u kojem se obavlja energetska delatnost;
- 9) ako protiv podnosioca zahteva nije pokrenut postupak stečaja i likvidacije;

Energetska dozvola propisana je članom 27. Energetski objekti se grade u skladu sa zakonom kojim se uređuje prostorno planiranje i izgradnja objekata, tehničkim i drugim propisima i uz prethodno pribavljenu energetska dozvolu izdatu u skladu sa ovim Zakonom.

Energetska dozvola se pribavlja pre izgradnje sledećih objekata:

- 1) objekti za proizvodnju električne energije snage 1 MW ili više;
- 2) objekti za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije u termoelektranama - toplanama, u objektima električne snage 1 MW ili više i ukupne toplotne snage 1 MWt ili više;
- 3) objekti za prenos i distribuciju električne energije napona 110kV i više;
- 4) objekti za proizvodnju naftnih derivata;
- 5) direktni dalekovodovi i gasovodi;
- 6) naftovodi i produktovodi, objekti za skladištenje nafte i ukupni rezervoarski prostor za naftne derivate veći od 50 m³;
- 7) objekti za transport prirodnog gasa, objekti za distribuciju prirodnog gasa i objekti za skladištenje prirodnog gasa;
- 8) objekti za proizvodnju toplotne energije snage 1 MWt i više;
- 9) objekti za proizvodnju biogoriva kapaciteta preko 1000 tona godišnje.

Za energetske objekte koji se grade na osnovu date koncesije za izgradnju energetskog objekta na određenom području nije potrebno pribavljanje energetske dozvole u smislu ovog Zakona.

Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije

Zakonom o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije („Službeni glasnik RS”, br. 40/21) utvrđuju se smernice za efikasno korišćenje energije i energetskih resursa, politika energetske efikasnosti, sistem upravljanja energijom i mere politike energetske efikasnosti. Ove mere obuhvataju korišćenje energije u zgradama, kod energetskih delatnosti i krajnjih kupaca, za energetska postrojenja i energetske usluge. Pored toga, ovaj Zakon pokriva zahteve za energetske obeležavanje i ekološki dizajn, kao i finansiranje, podsticajne i druge odgovarajuće mere. Utvrđuje uslove za efikasno korišćenje energije i energetskih resursa; politiku efikasnog korišćenja energije; sistem upravljanja energijom; mere politike energetske efikasnosti: korišćenje energije u zgradama, kod energetskih delatnosti i krajnjih kupaca, za energetska postrojenja i energetske usluge; energetske obeležavanje i zahteve koji se odnose na ekološki dizajn; finansiranje, podsticajne i druge mere u ovoj oblasti.

Ovaj Zakon definiše mere energetske efikasnosti kao radnje koje dovode do proverljivog i merljivog ili procenljivog povećanja energetske efikasnosti i preduzimaju se kao rezultat mere politike energetske efikasnosti; merom energetske efikasnosti smatra se i proizvodnja električne ili toplotne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije, pod uslovom da se proizvedena električna ili toplotna energija koristi na mestu proizvodnje.

Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije

Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije („Službeni glasnik RS”, br. 40/2021, 35/2023) predviđa mere i aktivnosti u cilju postizanja dugoročnih ciljeva, koji uključuju smanjenje oslanjanja na fosilna goriva, promovisanje korišćenja obnovljivih izvora energije za zaštitu životne sredine i smanjenje uvoza energije. Pored toga, ima za cilj da stimuliše otvaranje novih radnih mesta i preduzetništvo u sektoru obnovljivih izvora energije, podstakne istraživanje, inovacije i konkurentnost u ovoj oblasti, te pojednostavi procedure putem digitalizacije i efikasnosti.

Ovaj Zakon olakšava integraciju električne energije iz obnovljivih izvora u tržište električne energije, omogućavajući proizvođačima da se prilagode promenama tržišnih cena u cilju optimizacije prihoda. Osigurava stabilnost tržišta električne energije, razmatra troškove integracije obnovljivih izvora energije i podržava regionalni razvoj u ovom sektoru.

Za podsticanje projekata obnovljivih izvora energije, Zakon predviđa državnu pomoć u vidu tržišnih premija koje se dodeljuju putem transparentnih aukcija. Mala postrojenja i demonstracioni projekti mogu biti izuzeti od ovog zahteva. Zakon podstiče održiv i nezavisan razvoj povećanjem nacionalnih naučno-istraživačkih kapaciteta, tehnološko-razvojnih kapaciteta i ljudskih resursa prilikom planiranja proširenja upotrebe obnovljive energije.

Nadalje, Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije uvodi aukcije za dodelu premija za izgradnju elektrana na vetar i solarnu energiju, podstičući rast tržišta obnovljive energije. Takođe omogućava pojedincima i preduzećima da proizvode električnu energiju za sopstvenu potrošnju, promovisući koncept potrošača koji istovremeno i proizvodi energiju.

Ovaj Zakon definiše mere i aktivnosti koje je potrebno preduzeti da bi se postigli dugoročni ciljevi, i to:

- smanjenje upotrebe fosilnih goriva i povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije u cilju zaštite životne sredine;
- dugoročno smanjenje zavisnosti od uvoza energije;
- stvaranje novih radnih mesta i razvoj preduzetništva u oblasti obnovljivih izvora energije;
- podsticanje istraživanja, inovacija i konkurentnosti u oblasti obnovljivih izvora energije;
- digitalizacija, jednostavnost, ekonomičnost i efikasnost postupaka u oblasti obnovljivih izvora energije;
- integracija električne energije iz obnovljivih izvora u tržište električne energije, što uključuje izloženost proizvođača električne energije promenama tržišnih cena električne energije u cilju povećanja njihovih tržišnih prihoda;
- obezbeđivanje stabilnosti tržišta električne energije, s obzirom na troškove integracije obnovljivih izvora energije u sistem i stabilnost mreže;
- regionalni razvoj korišćenja obnovljivih izvora energije;
- stabilnost sistema podsticaja i primena operativne državne pomoći u vidu tržišne premije, osim za mala postrojenja i demonstracione projekte;
- dodeljivanje podsticaja putem aukcija na javan, transparentan, konkurentan i ekonomičan način, bez diskriminacije, čime se obezbeđuje visok stepen realizacije projekata, osim u slučaju malih postrojenja i demonstracionih projekata kada podsticaji ne moraju da se dodeljuju putem aukcija;
- održiv i samostalan razvoj kroz maksimalno korišćenje nacionalnih naučno-istraživačkih kapaciteta, tehnološko-razvojnih kapaciteta i ljudskih kapaciteta u procesu planiranja povećanja korišćenja obnovljivih izvora energije.

Uredba o tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja i vrstama otpada za termički tretman otpada, granične vrednosti emisija i njihovo praćenje ("Službeni glasnik RS" br. 103/2023)

Ova uredba reguliše termički tretman otpada, uključujući vrste otpada koje se tretiraju, uslove i kriterijume za lokaciju postrojenja, tehničke i tehnološke uslove za projektovanje, izgradnju, opremanje i rad postrojenja, kao i postupanje sa ostacima nakon spaljivanja. Uredba takođe definiše da je cilj termičkog tretmana otpada sprečavanje ili ograničavanje njegovog negativnih uticaja na životnu sredinu i zdravlje

ljudi, uključujući emisije u vazduh, zemljište i vodu. Propisuje da postrojenja za termički tretman otpada obuhvataju postrojenja za insineraciju (spaljivanje) i ko-insineraciju (su-spaljivanje) otpada.

9.4 Razlika između propisa EU i Srbije

U „Izveštaju o Srbiji 2022.“, odnosno Saopštenju Komisije Parlamentu EU, Savetu, Evropskom ekonomsko socijalnom komitetu i Komitetu regiona o politici proširenja EU (Brisel, 12.10.2022. SWD(2022.) 338, konačna verzija), data je sledeća ocena o usklađenosti propisa Srbije sa propisima EU:

Kvalitet vazduha

U oblasti kvaliteta vazduha, Srbija ima dobar nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU. Međutim, Srbija mora da ubrza implementaciju, uključujući i planove za kvalitet vazduha, i dalje unapredi sistem praćenja kvaliteta vazduha.

Srbija još uvek nije uskladila svoje zakonodavstvo sa zahtevima pravnih tekovina EU za nacionalne gornje granice emisija. Usklađivanje sa pravnim tekovinama EU o emisijama isparljivih organskih jedinjenja treba nastaviti.

Upravljanje otpadom

Što se tiče upravljanja otpadom, Srbija ima dobar nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU; međutim, implementacija je i dalje u ranoj fazi. Početkom 2022. godine, Srbija je usvojila nacionalni program upravljanja otpadom za period od 2022. do 2031. i akcioni plan za otpad za period od 2022. do 2024., koji je razvijen uz podršku EU i Švedske. Inspekcijski kapaciteti Srbije u sektoru otpada su nedovoljni.

Vodoprivreda

Nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU o kvalitetu vode je umeren. Zagađenje azotom i fosforom potiče od energetike, javnih preduzeća koja upravljaju otpadom i otpadnim vodama, hemijske i mineralne industrije. Neusaglašenost sa standardima kvaliteta vode ostaje velika zabrinutost u nekim oblastima, poput onih u kojima je prisutan arsen. Srbija je jula 2021. godine usvojila akcioni plan za sprovođenje strategije upravljanja vodama. Srbija bi trebalo da pojača napore da dodatno uskladi svoje zakonodavstvo sa pravnim tekovinama EU i ojača administrativne kapacitete, posebno za praćenje, sprovođenje i usaglašenost između institucija.

Direktiva o industrijskim emisijama

Što se tiče industrijskog zagađenja i upravljanja rizikom, usklađivanje sa većinom pravnih tekovina EU je u ranoj fazi u industrijskom sektoru, uključujući i Direktivu EU o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU). Srbija je novembra 2021. godine odložila rok za izdavanje integrisanih dozvola za velike zagađivače sa 2020. na 2024. godinu. Inspekcija i sprovođenje zakona i dalje predstavljaju razlog za zabrinutost. Srbija bi trebalo da poveća kapacitete za upravljanje procesima integrisanih dozvola. Srbija bi trebalo da primenjuje princip „zagađivač plaća“ kako bi podstakla industriju da ulaže u zelena rešenja.

Hemikalije

Srbija ima visok nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU o hemikalijama. Srbija je novembra 2021. godine usvojila novi Zakon o biocidnim proizvodima, čime je pojačana usklađenost sa Uredbom EU o

biocidnim proizvodima. Razvoj propisa REACH i CLP i o eksperimentima na životinjama i azbestu uveliko je stagnirao poslednje tri godine. Srbija bi trebalo da ojača administrativne kapacitete za primenu zakona u ovim oblastima i obezbedi odgovarajući monitoring postojećih organskih zagađivača.

Horizontalno zakonodavstvo

U oblasti horizontalnog zakonodavstva, Srbija ima visok nivo usklađenosti sa pravnim tekovinama EU, ali implementaciju i sprovođenje treba dalje poboljšati, posebno jačanjem administrativnih kapaciteta na centralnom i lokalnom nivou, uključujući inspektorate i pravosuđe.

Uvođenje procene uticaja na životnu sredinu mora biti značajno ojačano. Srbija bi trebalo da obezbedi transparentnost investicija i njihovih efekata na životnu sredinu, te poštovanje slobode izražavanja i okupljanja u sektoru životne sredine. Srbija bi trebalo da izvrši strateške procene životne sredine za sve planove i programe, koji postavljaju okvir za projekte navedene u Direktivi o proceni uticaja na životnu sredinu. Prekogranična saradnja je poboljšana tokom perioda izveštavanja.

ZAKLJUČAK

Srbija je postigla određeni nivo pripremljenosti u oblasti životne sredine i klimatskih promena. Sve u svemu, Srbija je ostvarila ograničen napredak tokom perioda izveštavanja, uključujući i ranije preporuke, posebno nastavljajući da povećava sredstva za zaštitu životne sredine i investicije, unapređujući prekograničnu saradnju i razvijajući nacionalni energetske i klimatski plan. Čeka se usvajanje važnih zakona i strateških dokumenata. Preporuke iz 2022. ostaju uglavnom validne. Srbija bi trebalo da značajno pojača ambicije ka zelenoj tranziciji i fokusira se na:

- usvajanje i početak implementacije ambicioznog nacionalnog energetskog i klimatskog plana kroz transparentne konsultativne procedure, u skladu sa ciljem nultih emisija evropskog Zelenog dogovora za 2050. godinu i Zelenom agendom za Zapadni Balkan;
- intenziviranje rada na implementaciji i sprovođenju, kao što je osiguranje striktnog poštovanja pravila o proceni uticaja na životnu sredinu, zatvaranje nesanitarnih deponija, povećanje ulaganja u smanjenje otpada, separaciju i reciklažu, poboljšanje kvaliteta vazduha i voda uključujući postepeno izbacivanje uglja, dalje intenziviranje prekogranične saradnje, unapređenje sprovođenja zakona od strane inspektorata i pravosuđa, usvajanje plana upravljanja rečnim slivom Srbije od 2021. do 2027. i nastavak priprema za Naturu 2000;
- unapređenje administrativnih i finansijskih kapaciteta centralnih i lokalnih vlasti, posebno u Agenciji za zaštitu životne sredine Srbije i inspekcijama za životnu sredinu, daljim unapređenjem usaglašavanja rada između institucija, daljim podizanjem nivoa osoblja, nastavkom povećanja investicija u zaštitu životne sredine, kao i daljim unapređenjem strateškog planiranja investicija i upravljanja uključujući transparentnost procedura. Potrebna je usaglašena institucionalna struktura da bi se obezbedili obim i kvalitet investicija koje su Srbiji potrebne.

9.5 Učešće javnosti

U Srbiji je učešće javnosti po pitanjima zaštite životne sredine uređeno **Arhuskom konvencijom** (Konvencija UNECE o pristupu informacijama, učešću javnosti u donošenju odluka i pristupu pravdi u pitanjima životne sredine), međunarodnim sporazumom koji obuhvata pristup informacijama o životnoj sredini, učešće javnosti u donošenju odluka i pristup pravdi. Srbija je ratifikovala ovu konvenciju 2011. godine, ugradivši njene odredbe u nacionalno pravo (UNECE, „Službeni glasnik RS – Međunarodni dokumenti“, br. 38/2009).

Arhuska konvencija osigurava pravo građana na pristup informacijama o životnoj sredini tokom svih faza donošenja odluka, podstiče njihovo učešće u značajnim ekološkim procesima i nudi pravnu zaštitu za pitanja životne sredine. Ona nalaže blagovremena obaveštenja i razumne vremenske okvire za postupke donošenja odluka.

Ovaj međunarodni sporazum štiti ekološka prava građana kroz različite procese.

Agenda za održivi razvoj do 2030. koju su uspostavile UN 2015. godine, usredsređena je na inkluzivni princip „Ne izostaviti nikoga iz razvoja“. Ovaj pristup ima za cilj da eliminiše siromaštvo, okonča diskriminaciju i smanji ekonomske razlike među ljudima, ali takođe naglašava značaj omogućavanja svim grupama, posebno najugroženijim, da aktivno učestvuju u procesima donošenja odluka.

Ovi međunarodni sporazumi omogućavaju učešće javnosti od početnih faza donošenja odluka, tokom cele faze implementacije, pa sve do praćenja rada.

Faza planiranja

Za osiguranje učešća javnosti u izradi prostornih planova i pratećih dokumenata u Srbiji, postoji nekoliko važnih propisa:

- 1) Zakon o planskom sistemu („Službeni glasnik RS“, br. 30/18),
- 2) Zakon o planiranju i izgradnji,
- 3) Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja („Službeni glasnik RS“, br. 32/2019)
- 4) Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu, i
- 5) Uredba o učešću javnosti u izradi određenih planova i programa zaštite životne sredine („Službeni glasnik RS“, br. 117/2021).

Ovi propisi oslikavaju zakonski okvir i postupke za uključivanje i angažovanje javnosti u procesima planiranja i razvoja, obezbeđujući da se glasovi i zabrinutosti javnosti uzmu u obzir.

Uredbom o učešću javnosti u izradi određenih planova i programa zaštite životne sredine utvrđuju se smernice za učešće javnosti u izradi planova i programa zaštite životne sredine. Ova Uredba pokriva oblasti kao što su: planovi za kvalitet vazduha, planovi upravljanja otpadom, smanjenje buke i planovi za sprečavanje zagađenja vode, osiguravajući da javnost ima dovoljno mogućnosti da bude informisana, angažovana i saslušana tokom procesa planiranja, podstičući transparentnost i odgovornost u odlučivanju. Ovo je ključan aspekt odgovornog i održivog prostornog planiranja u Srbiji.

Procena uticaja na životnu sredinu

Zakon o potvrđivanju Protokola o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu uz Konvenciju o proceni uticaja na životnu sredinu u prekograničnom kontekstu („Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori“, br. 4/2016) uvodi ovaj Protokol u zakonski okvir Srbije. Ovaj Protokol navodi uključivanje javnosti u ranim fazama donošenja odluka, koje svaka potpisnica mora osigurati na blagovremen i efikasan način kada su otvorene sve opcije za Stratešku procenu uticaja planova i programa na životnu sredinu.

Proces procene uticaja na životnu sredinu u Srbiji takođe uključuje značajno učešće javnosti.

Javne konsultacije i objavljivanje informacija

Prvi ključni element u procesu uključivanja javnosti je javno objavljivanje informacija. Nakon što nadležni organ primi zahtev za davanje saglasnosti na procenu uticaja na životnu sredinu, dužan je da u roku od sedam dana obavesti predlagača projekta, nadležne organe, organizacije i javnost o vremenu i mestu javnog objavljivanja informacija.

Ovo omogućava građanima da se upoznaju sa predloženim projektom i daju svoj doprinos davanjem komentara i povratnih informacija.

Javna prezentacija

Nakon javnog objavljivanja informacija, nadležni organ organizuje javnu prezentaciju i raspravu o proceni uticaja na životnu sredinu. Ovi sastanci omogućavaju učesnicima da postavljaju pitanja, razmenjuju mišljenja i izraze stavove u vezi sa projektom. Zakon zahteva prisustvo predlagača projekta na ovim sastancima kako bi odgovarao na pitanja i komentare javnosti.

Sve komentare i povratne informacije dobijene od građana, interesnih grupa i organizacija procenjuje i razmatra tehnička komisija. Ova komisija je odgovorna za procenu punovažnosti i značaja komentara i sugestija. Ukoliko se utvrdi da bi određene izmene ili dopune mogle unaprediti plan ili projekat u pogledu zaštite životne sredine, tehnička komisija može zahtevati od predlagača projekta da ih sprovede.

Obaveštenje o konačnoj odluci

Na kraju ovog procesa, nadležni organ donosi konačnu odluku u vezi sa odobravanjem ili odbijanjem procene uticaja na životnu sredinu. Ova odluka obuhvata uslove i mere donesene za sprečavanje, smanjenje ili ublažavanje potencijalnih štetnih uticaja na životnu sredinu. Prvo se ova odluka saopštava predlagaču projekta i nadležnom inspektorcu za zaštitu životne sredine radi praćenja sprovođenja ovih mera. Potom nadležni organ obaveštava javnost, interesne grupe i organizacije o odluci, njenom osnovu i predloženim merama zaštite životne sredine.

Ukoliko postoji nezadovoljstvo odlukom nadležnog organa, podnosioci zahteva i zainteresovani građani imaju mogućnost da pokrenu upravni postupak za osporavanje odluke.

Faza rada

Kada insinerator počne sa radom, građani i lokalna zajednica zadržavaju prava i odgovornosti u skladu sa relevantnim zakonodavstvom. Ovi zakoni obuhvataju, između ostalog, Zakon o zaštiti životne sredine, Zakon o upravljanju otpadom, Zakon o inspekcijском nadzoru, kao i Zakon o slobodnom pristupu informacijama od javnog značaja.

Pravo na informacije o stanju životne sredine

Građani imaju pravo pristupa informacijama koje se odnose na emisije iz insineratora i potencijalne posledice istih na životnu sredinu i javno zdravlje. Operater, u saradnji sa relevantnim institucijama, ima obavezu doslednog objavljivanja izveštaja o emisijama uz očuvanje transparentnosti u delatnostima koje obavlja.

U skladu sa članom 78. Zakona o zaštiti životne sredine, državni organi, uključujući republičke, pokrajinske i lokalne organe, zajedno sa relevantnim organizacijama, dužni su da dosledno, pravovremeno i otvoreno obaveštavaju javnost o uslovima životne sredine, nivoima zagađivača, emisijama, i potencijalnim pretnjama po ljudski život i dobrobit.

U slučajevima kada se zahtevi odnose na informacije u vezi sa postupcima merenja kao što su analize, uzorkovanje, metode prethodne obrade i internet stranice na kojima se nalaze ove informacije, državni organ će podnosiocu zahteva dostaviti pojedinosti u vezi sa standardnim postupkom koji se primenjuje.

U slučajevima kada, iz tehničkih razloga, tražene informacije ne mogu biti dostavljene u željenom formatu, one će biti dostavljene u drugom formatu uz prateće objašnjenje.

Državni organi su obavezni da čuvaju podatke o životnoj sredini na način da im se može lako pristupiti i da su dostupni u elektronskom obliku.

Zakonom o slobodnom pristupu informacijama od javnog značaja propisana je procedura za traženje informacije o radu insineratora, izveštaje o emisijama, druge podatke od značaja, kao i rezultate rutinskog inspekcijskog nadzora i drugo.

Ukoliko građani sumnjaju da insinerator nije u skladu sa zakonskim standardima, imaju pravo da pokrenu postupak kod nadležnih institucija.

Pored toga, građani imaju pravo na pristup sudskim postupcima kako bi zaštitili svoja prava i zahtevali poštovanje zakona.

10 Najbolje dostupne tehnike (BAT)

Najbolje dostupne tehnike (BAT) definišu najefikasnije i najnaprednije tehnike koje se mogu primeniti u cilju sprečavanja ili smanjenja emisija i njihovog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi. One su obavezne za industrijska postrojenja kako bi bila u skladu sa zahtevima IPPC dozvole. Među svim industrijskim sektorima, sagorevanje otpada je sektor sa najstrožim propisima kada su u pitanju granične vrednosti emisije, BAT i IPPC zahtevi.

10.1 Integrisana prevencija i kontrola zagađenja (IPPC)

IPPC predstavlja „Integrisanu prevenciju i kontrolu zagađenja“, režim strogih propisa za integrisanu zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi za industrijska postrojenja određene veličine. IPPC postrojenja zahtevaju integrisanu radnu dozvolu koja obuhvata sve aspekte životne sredine: vazduh, voda, otpad, zemljište, buka, energija.

Direktiva EU o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) postavlja pravila o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja koje proizilazi iz industrijskih aktivnosti.

Aneks II IED-a definiše industrijske delatnosti za koje je IPPC relevantna. Za svaku delatnost su date pojedinačne granične vrednosti koje se odnose na proizvodne kapacitete ili rezultate. Ako industrijsko postrojenje premašuje ove granične vrednosti, primenjuju se propisi IPPC režima.

Za sagorevanje otpada primenjuju se sledeće granične vrednosti iz Aneksa I uz IED, Aktivnost 5 („Upravljanje otpadom“):

„5.2. Odlaganje ili povraćaj otpada u postrojenjima za sagorevanje ili u postrojenjima za su-sagorevanje otpada:

(a) za **neopasni otpad** čiji kapacitet **prelazi 3 tone na sat;**

(b) za **opasni otpad** čiji kapacitet **prelazi 10 tona na dan.“**

Najbolje dostupne tehnike (BAT)

Član 3 IED-a daje sledeće definicije u vezi sa najboljim dostupnim tehnikama:

„(10) „najbolje dostupne tehnike“ označavaju najefikasniju i najnapredniju fazu u razvoju tehnologija i metoda njihovog funkcionisanja koja ukazuje na praktičnu prikladnost pojedinih tehnika za obezbeđivanje osnove za granične vrednosti emisija i druge uslove za dozvolu **namenjenu sprečavanju i, gde to nije izvodljivo, smanjenju emisija i uticaja na životnu sredinu u celini:**

(a) **„tehnike“ uključuju i korišćenu tehnologiju i način na koji je postrojenje projektovano, izgrađeno, održavano, kako radi i kako je stavljeno van pogona;**

(b) **„dostupne tehnike“ označavaju one razvijene tehnike u obimu koji omogućava implementaciju u relevantnom industrijskom sektoru, pod ekonomski i tehnički održivim uslovima, uzimajući u obzir troškove i prednosti, bez obzira da li se tehnike koriste ili proizvode unutar dotične države članice, sve dok su dostupni operateru u razumnom okviru;**

(c) **„najbolji“ znači najefektniji u dostizanju visokog opšteg stepena zaštite životne sredine u celini.“**

Kriterijumi za određivanje najboljih dostupnih tehnika

Kriterijumi koji se koriste pri utvrđivanju najboljih dostupnih tehnika dati su u Aneksu III IED-a, kako sledi:

1. korišćenje tehnologije sa malom količinom otpada;
2. korišćenje manje opasnih supstanci;
3. povećanje povraćaja i reciklaže supstanci koje se stvaraju i koriste u procesu i otpada, gde je to potrebno;
4. uporedivi procesi, postrojenja ili metode rada koji su uspešno isprobani na industrijskom nivou;
5. tehnološki napredak i promene u naučnim saznanjima i razumevanju;
6. priroda, efekti i obim dotičnih emisija;
7. datumi puštanja u rad novih ili postojećih postrojenja;
8. vreme potrebno za uvođenje najbolje dostupne tehnike;
9. potrošnja i priroda sirovina (uključujući vodu) koje se koriste u procesu i energetska efikasnost;
10. potreba za sprečavanjem ili smanjenjem na minimum ukupnog uticaja emisija na životnu sredinu i rizika po nju;
11. potreba sprečavanja nesreća i minimiziranja posledica po životnu sredinu;
12. informacije koje objavljuju javne međunarodne organizacije.

Referentni dokumenti za BAT (BREF)

Najbolje dostupne tehnike (BAT) su navedene u Referentnim dokumentima za BAT (BREF). One su rezultat razmene informacija koju je organizovala Evropska komisija u skladu sa Članom 13 IED-a. Razmena informacija koordinira se od strane Generalnog direktorata za životnu sredinu (DG Environment) preko Evropskog biroa za IPPC u Zajedničkom istraživačkom centru Generalnog direktorata (Jedinica za cirkularnu ekonomiju i industrijsko liderstvo u Direktoratu B – Rast i inovacije), koja se nalazi u Sevilji, u Španiji.

Referentni dokument za BAT (BREF) koji je pripremljen za definisane delatnosti označava dokument koji je nastao kao rezultat ove razmene informacija i opisuje:

- primenjene tehnike,
- trenutne nivoe emisije i potrošnje,
- tehnike koje se razmatraju za određivanje najboljih dostupnih tehnika,
- zaključci o BAT-u i
- sve nove tehnike,

uz posvećivanje posebne pažnje kriterijumima navedenim u Aneksu III kao što je gore opisano.

Zaključci o BAT tehnikama (BATC)

Svaki BREF sadrži posebno poglavlje o zaključcima o najboljim dostupnim tehnikama (BAT Conclusions, BATC), koje sadrže kratak opis identifikovanih najboljih dostupnih tehnika. Zaključci o BAT tehnikama (BATC) se naknadno usvajaju procedurom pred Komitetom i objavljuju u Službenom listu Evropske unije. Oni daju referencu za određivanje graničnih vrednosti emisije i izdavanje dozvola za rad za industrijska postrojenja u državama članicama EU, tako što propisuju:

- zaključke o najboljim dostupnim tehnikama,
- njihov opis,
- informacije za procenu njihove primenljivosti,
- nivoe emisije povezane sa najboljim dostupnim tehnikama,
- povezano praćenje,
- povezane nivoe potrošnje i,
- po potrebi, relevantne mere sanacije lokacije.

Seviljski proces

Razmena informacija se naziva „Seviljski proces“ i uključuje:

- države članice EU,
- obuhvaćene industrije,
- organizacije civilnog društva koje se bave zaštitom životne sredine, i
- Evropsku komisiju.

Relevantni akteri i učesnici u Seviljskom procesu su (EIPPCB, 2023):

Evropski biro za IPPC (EIPPCB) je osnovan 1997. godine i vodio je i koordinirao ovaj proces u proteklih 20 godina iz Zajedničkog istraživačkog centra u Sevilji; pomaže efikasnu implementaciju Direktive o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU) širom Evropske unije.

U Evropskoj komisiji, **Generalni direktorat za životnu sredinu (DG Environment)** je odgovoran za implementaciju Direktive o industrijskim emisijama (IED).

Komitet se sastoji od predstavnika država članica, i njime predsedava Komisija; isti: 1) glasa o procedurama za prikupljanje podataka i pripremu referentnih dokumenata za BAT, i 2) zvanično usvaja zaključke o BAT tehnikama.

Forum je formalna ekspertska grupa koja nadgleda razmenu informacija o referentnim dokumentima za BAT i sastoji se od predstavnika Komisije, država članica, industrije i organizacija civilnog društva koje se bave zaštitom životne sredine. Ima ključnu ulogu u davanju mišljenja o programu rada Evropskog biroa za IPPC i o predloženom sadržaju konačnog nacrtu referentnih dokumenata za BAT (BREF).

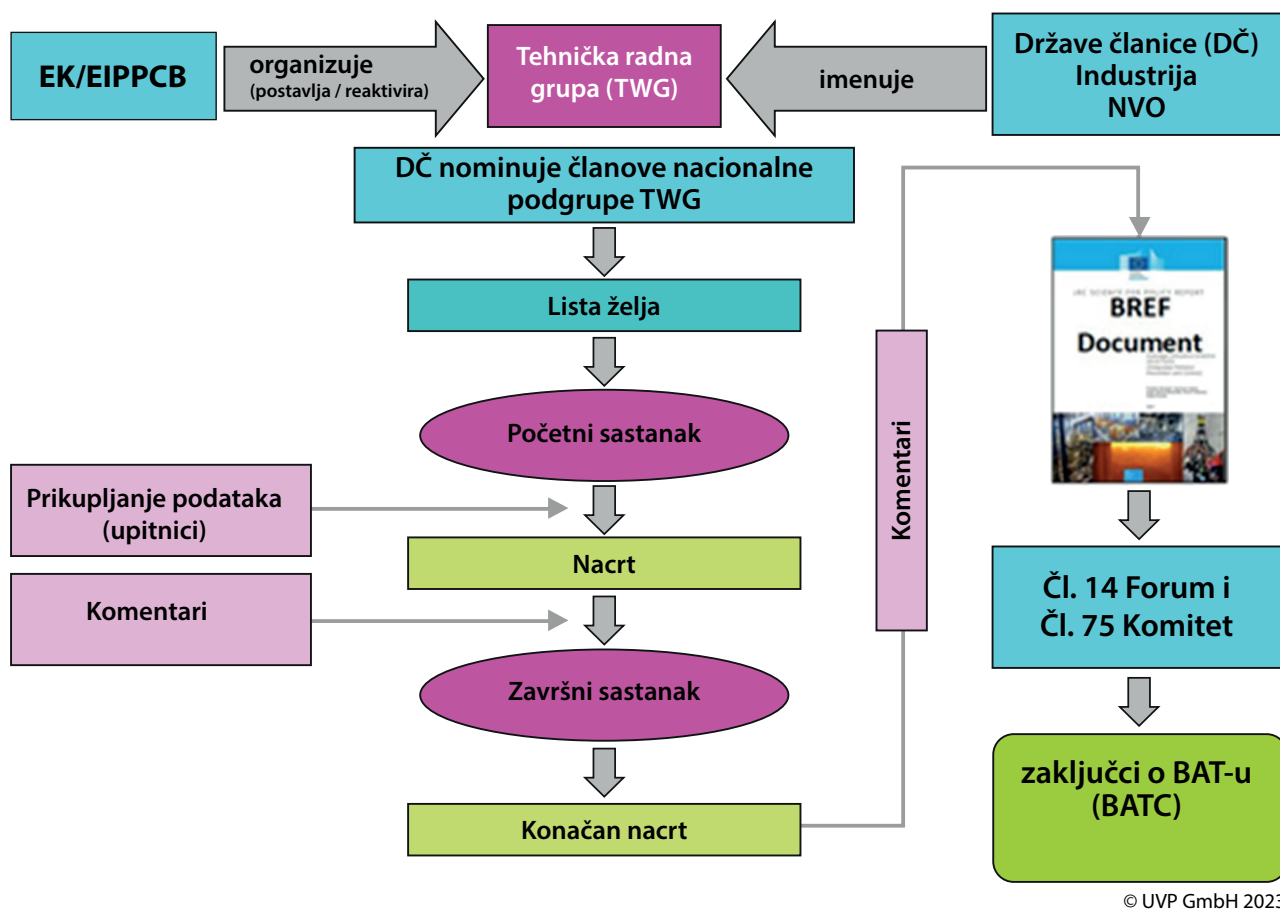
Ekspertska grupa za industrijske emisije (IEEG) je neformalna ekspertska grupa koja potpomaže razmenu iskustava i dobrih praksi u tumačenju, transponovanju i primeni Direktive o industrijskim emisijama (IED). Sastoji se od stručnjaka iz zemalja članica EU i zemalja pristupnica EU.

Države članice EU su odgovorne za implementaciju Direktive o industrijskim emisijama (IED) na nacionalnom nivou.

Tehničke radne grupe (TWG) uspostavlja ili ponovo aktivira Komisija u cilju prikupljanja i razmene informacija za sastavljanje, pregled ili ažuriranje referentnih dokumenata za BAT. Svaka TWG se sastoji od tehničkih stručnjaka iz Komisije, država članica, industrije i organizacija civilnog društva koje se bave zaštitom životne sredine. Da bi postali član TWG, eksperti moraju biti imenovani od strane Foruma iz IED Člana 13. TWG se obično sastoji od 100 do 200 tehničkih stručnjaka.

Slika 22. prikazuje kako funkcioniše Seviljski proces za razvoj i reviziju referentnih dokumenata za BAT i zaključaka o BAT tehnikama.

Seviljski proces



Slika 22: Razvoj i revizija referentnih dokumenata za BAT i zaključaka o BAT tehnikama u okviru Seviljskog procesa (© UVP GmbH)

10.2 Referentni dokumenti za BAT o insineraciji otpada (BREF WI)

Referentni dokument za BAT o insineraciji otpada (BREF WI) je prvi put objavljen 2006. godine. Nakon što je prošao proces revizije od 2014. nadalje, revidirani BREF WI i odgovarajući zaključci o BAT tehnikama (BATC) objavljeni su u decembru 2019. Oni su stupili na snagu decembra 2023. godine.

Poglavlje 1 BATC-a predstavlja najbolje dostupne tehnike (BAT) za insineraciju otpada, čiji je pregled dat u Tabeli 30.

Poglavlje 2 BATC-a opisuje tehnike:

- Poglavlje 2.1 – Opšte tehnike,
- Poglavlje 2.2 – Tehnike za smanjivanje emisije u vazduh,
- Poglavlje 2.3 – Tehnike za smanjivanje emisije u vodu,
- Poglavlje 2.4 – Tehnike za upravljanje.

Tabela 30: Pregled BAT tehnika za insineraciju otpada prema poglavlju 1 referentnog dokumenta za BAT za insineraciju otpada (BREF WI, 2019)

| BAT | Sadržaj |
|--------|---|
| | Sistem upravljanja zaštitom životne sredine (EMS) |
| BAT 1 | U cilju poboljšanja ukupnih ekoloških performansi, BAT tehnike trebaju da razrade i implementiraju sistem upravljanja zaštitom životne sredine (EMS) koji uključuje sve sledeće karakteristike (...) |
| BAT 2 | Praćenje energetske efikasnosti BAT tehnike trebaju da odrede ili bruto električnu efikasnost, bruto energetska efikasnost ili efikasnost kotla postrojenja za insineraciju u celini ili svih relevantnih delova insineratora (...) |
| BAT 3 | Praćenje ključnih parametara procesa BAT tehnike treba da prate ključne parametre procesa od značaja za emisije u vazduh i vodu, uključujući one koje su date u nastavku (...) |
| BAT 4 | Praćenje kanalisanih emisija u vazduh BAT tehnike treba da prate kanalisane emisije u vazduh bar onoliko često koliko je dato ispod i u skladu sa EN standardima. Ako EN standardi nisu dostupni, BAT će koristiti ISO, nacionalne ili druge međunarodne standarde koji obezbeđuju davanje podataka ekvivalentnog naučnog kvaliteta (...) |
| BAT 5 | Praćenje kanalisanih emisija u vazduh tokom prelaznih radnih režima (period startovanja i gašenja postrojenja) BAT tehnike treba da prikladno prate kanalisane emisije u vazduh iz insineratora tokom prelaznih radnih režima (...) |
| BAT 6 | Praćenje emisija u vodu BAT tehnike treba da prate emisije u vodu iz postrojenja za prečišćavanje gasova i/ili tretmana šljake bar onoliko često koliko je dato ispod i u skladu sa EN standardima. Ako EN standardi nisu dostupni, BAT će koristiti ISO, nacionalne ili druge međunarodne standarde koji obezbeđuju davanje podataka ekvivalentnog naučnog kvaliteta (...) |
| BAT 7 | Praćenje nesagorelih materija u šljaci i pepelu BAT tehnike treba da prate sadržaj nesagorelih materija u šljaci u insineratoru bar onoliko često koliko je dato ispod i u skladu sa EN standardima (...) |
| BAT 8 | Praćenje dugotrajnih organskih zagađivača (POP) pri insineraciji opasnog otpada Za insineraciju opasnog otpada koji sadrži POP zagađivače, BAT tehnike treba da odrede sadržaj POP-a u izlaznim tokovima (npr. šljaka i pepeo, dimni gas, otpadna voda) nakon puštanja u rad insineratora i nakon svake promene koja može značajno uticati na POP sadržaj u izlaznim tokovima (...) |
| BAT 9 | Upravljanje tokovima otpada Kako bi unapredili celokupan ekološki učinak insineratora upravljanjem tokovima otpada (videti BAT 1), BAT tehnike će koristiti sve tehnike od (a) do (c) date u nastavku, i, gde je relevantno, takođe i tehnike pod (d), (e) i (f) (...) |
| BAT 10 | Upravljanje kvalitetom izlaza Da bi se poboljšao ukupni ekološki učinak postrojenja za preradu šljake, BAT treba da uključi karakteristike upravljanja kvalitetom izlaza u EMS (videti BAT 1) (...) |
| BAT 11 | Praćenje isporuke otpada Da bi se poboljšao ukupni ekološki učinak insineratora, BAT treba da prati isporuke otpada kao deo procedura za prihvatanje otpada (videti BAT 9(c)), uključujući i elemente date u nastavku, u zavisnosti od rizika koji primljeni otpad predstavlja (...) |
| BAT 12 | Smanjenje ekoloških rizika povezanih sa prijemom, rukovanjem i skladištenjem otpada Kako bi se smanjili rizici po životnu sredinu povezani sa prijemom, rukovanjem i skladištenjem otpada, BAT treba da koristi obe dole navedene tehnike (...) |

| BAT | Sadržaj |
|--------|---|
| BAT 13 | Smanjenje ekološkog rizika povezanog sa skladištenjem i rukovanjem kliničkim otpadom Kako bi se smanjio rizik po životnu sredinu povezan sa skladištenjem i rukovanjem kliničkim otpadom, BAT treba da koristi kombinaciju tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 14 | Poboljšanje ukupnih ekoloških performansi sagorevanja otpada Kako bi se poboljšao ukupni ekološki učinak sagorevanja otpada, smanjio sadržaj nesagorelih materija u šljaci i smanjile emisije u vazduh iz procesa sagorevanja otpada, BAT treba da koristi odgovarajuće kombinacije tehnika datih ispod (...) |
| BAT 15 | Napredni sistem kontrole Kako bi se poboljšale ukupne ekološke performanse insineratora i smanjile emisije u vazduh, BAT treba da uspostavi i primeni procedure za prilagođavanje postavke postrojenja, npr. preko naprednog sistema kontrole (videti opis u Odeljku 2.1), kada je to potrebno i izvodljivo, na osnovu karakterizacije i kontrole otpada (videti BAT 11). |
| BAT 16 | Operativne procedure Da bi se poboljšao ukupni ekološki učinak insineratora i smanjile emisije u vazduh, BAT treba da uspostavi i implementira operativne procedure (npr. organizacija lanca snabdevanja, kontinualni, a ne šaržni rad) kako bi se ograničile, koliko je to izvodljivo, operacije gašenja i pokretanja. |
| BAT 17 | Odgovarajući dizajn sistema za prečišćavanje dimnih gasova i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Kako bi se smanjile emisije u vazduh i, gde je relevantno, u vodu iz insineratora, BAT treba da obezbedi da sistem za prečišćavanje dimnih gasova i postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda budu projektovani na odgovarajući način (npr. uzimajući u obzir maksimalnu brzinu protoka i koncentracije zagađivača), da rade u okviru njihovih projektovanih parametara i da se održavaju tako da se osigura optimalna pogonska spremnost. |
| BAT 18 | Plan za upravljanje prelaznim režimima zasnovan na riziku U cilju smanjenja učestalosti pojave startovanja i gašenja i smanjenja emisija u vazduh i, gde je relevantno, u vodu iz insineratora tokom startovanja i gašenja postrojenja, BAT treba da uspostavi i implementira plan upravljanja ovim i drugom prelaznim režimima zasnovan na riziku kao deo ekološkog sistem upravljanja (videti BAT 1) koji uključuje sve sledeće elemente (...) |
| BAT 19 | Upotreba kotla za rekuperaciju toplote U cilju povećanja efikasnosti insineratora, BAT treba da koristi kotao za rekuperaciju toplote (...) |
| BAT 20 | Povećanje energetske efikasnosti Kako bi se povećala energetska efikasnost insineratora, BAT treba da koristi odgovarajuće kombinacije tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 21 | Sprečavanje ili smanjenje difuznih emisija i emisija mirisa U cilju sprečavanja ili smanjenja difuznih emisija iz insineratora uključujući emisije mirisa, BAT treba da (...) |
| BAT 22 | Sprečavanje difuznih emisija isparljivih jedinjenja Kako bi se sprečile difuzne emisije isparljivih jedinjenja pri rukovanju gasovitim i tečnim otpadom koji ima miris i/ili sklon je oslobađanju isparljivih supstanci u insineratorima, BAT treba da ih uvede direktno u peć (...) |
| BAT 23 | Sprečavanje ili smanjenje difuznih emisija prašine Kako bi se sprečile ili smanjile difuzne emisije prašine u vazduh od tretmana šljake i pepela, BAT treba da u sistem upravljanja životnom sredinom (videti BAT 1) uključi sledeće karakteristike upravljanja emisijama difuzne prašine (...) |
| BAT 24 | Sprečavanje ili smanjenje difuznih emisija prašine od tretmana šljake i pepela Kako bi se sprečila ili smanjila difuzna emisija prašine u vazduh od tretmana šljake i pepela, BAT treba da koristi odgovarajuće kombinacije tehnika datih u nastavku (...) |

| BAT | Sadržaj |
|---------------|---|
| BAT 25 | Smanjenje kanalisanih emisija prašine, metala i metaloida u vazduh Kako bi se smanjile kanalisane emisije prašine, metala i metaloida u vazduh iz insineratora, BAT treba da koristi jednu ili kombinaciju tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 26 | Smanjenje kanalisanih emisija prašine u vazduh od tretmana šljake i pepela Da bi se smanjile kanalisane emisije prašine u vazduh iz zatvorenog tretmana šljake i pepela sa ekstrakcijom vazduha (videti BAT 24(f)), BAT treba da otpadni vazduh iz sistema ventilacije tretira vrećastim filterom (videti Odeljak 2.2) (...) |
| BAT 27 | Smanjenje kanalisanih emisija HCl, HF i SO₂ u vazduh Kako bi se smanjile kanalisane emisije HCl, HF i SO ₂ u vazduh iz insineratora, BAT treba da koristi jednu ili kombinaciju tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 28 | Smanjenje kanalisanih vršnih emisija HCl, HF i SO₂ u vazduh Da bi se smanjile kanalisane vršne emisije HCl, HF i SO ₂ u vazduh iz insineratora pri ograničavanju potrošnje reagenasa i količine ostataka koji nastaju pri ubrizgavanju suvog sorbenta i iz poluvlažnih apsorbera, BAT treba da koristi tehniku (a) – optimizacija i automatizacija doziranja reagensa ili obe dole navedene tehnike – optimizacija i automatizacija doziranja reagensa i recirkulacija reagensa (...) |
| BAT 29 | Smanjenje kanalisanih emisija NO_x, CO i NH₃ u vazduh Da bi se smanjile kanalisane emisije NO _x u vazduh uz ograničavanje emisija CO i N ₂ O iz insineratora i emisija NH ₃ od upotrebe SNCR i/ili SCR, BAT treba da koristi odgovarajuće kombinacije tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 30 | Smanjenje kanalisanih emisija organskih jedinjenja u vazduh, uključujući PCDD/F i PCB Kako bi se smanjile kanalisane emisije organskih jedinjenja, uključujući PCDD/F i PCB, iz insineratora, u vazduh, BAT treba da koristi tehnike (a), (b), (c), (d) i jednu ili kombinacije tehnika (e) do (i) datih u nastavku (...) |
| BAT 31 | Smanjenje kanalisanih emisija žive u vazduh Da bi se smanjile kanalisane emisije žive u vazduh (uključujući vršne vrednosti emisije žive) iz insineratora, BAT treba da koristi jednu ili kombinaciju tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 32 | Segregacija i odvojeni tretman tokova otpadnih voda Kako bi se sprečila kontaminacija nezagađene vode, smanjile emisije u vodu i povećala efikasnost resursa, BAT treba da odvoji tokove otpadnih voda i tretira ih odvojeno, u zavisnosti od njihovih karakteristika (...) |
| BAT 33 | Smanjenje upotrebe vode i sprečavanje ili smanjenje proizvodnje otpadnih voda Kako bi se smanjila potrošnja vode i sprečilo ili smanjilo stvaranje otpadne vode iz postrojenja za spaljivanje, BAT treba da koristi jednu ili kombinaciju tehnika datih u nastavku (...) |
| BAT 34 | Smanjenje emisije u vodu Kako bi se smanjile emisije u vodu iz postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova i/ili iz skladištenja i tretmana šljake i pepela, BAT treba da koristi odgovarajuću kombinaciju dole navedenih tehnika i da koristi sekundarne tehnike što bliže izvoru kako bi se izbeglo razblaživanje (...) |
| BAT 35 | Povećanje efikasnosti ponovnog iskorišćenja materijala Kako bi se povećala efikasnost resursa, BAT treba da rukuje i tretira šljaku i pepeo sa dna ložišta odvojeno od ostataka iz postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova. |
| BAT 36 | Povećanje efikasnosti ponovnog iskorišćenja materijala iz tretmana šljake i pepela sa dna ložišta Kako bi se povećala efikasnost iskorišćenja materijala iz tretmana šljake i pepela, BAT treba da koristi odgovarajuću kombinaciju dole navedenih tehnika na osnovu procene rizika u zavisnosti od opasnih svojstava šljake i pepela (...) |
| BAT 37 | Sprečavanje ili smanjenje emisije buke Da bi se sprečila ili, gde to nije izvodljivo, smanjila emisija buke, BAT treba da koristi jednu ili kombinaciju dole navedenih tehnika (...) |

10.3 Ostali relevantni BREF dokumenti

Ostali zaključci i referentni dokumenti o BAT tehnikama koji bi mogli biti relevantni za delatnosti pokrivene zaključcima o BAT tehnikama za insineraciju su sledeći:

- BREF za Tretman otpada (WT), objavljen u avgustu 2018.;
- BREF za Ekonomska pitanja i prenošenje zagađenja na druge medijume životne sredine (ECM), objavljen u julu 2006.;
- BREF za Emisije iz skladišta (EFS), objavljen u julu 2006.;
- BREF za Energetsku efikasnost (ENE), objavljen u februaru 2009.;
- BREF za Industrijske rashladne sisteme (ICS), objavljen u decembru 2001.;
- BREF za Monitoring emisija iz IED postrojenja (ROM), objavljen u julu 2018.;
- BREF za Velika postrojenja za sagorevanje (LCP), objavljen u decembru 2021.;
- BREF za Zajedničke sisteme za tretman/upravljanje otpadnim vodama i otpadnim gasovima u hemijskom sektoru (CWW), objavljen u junu 2016.

Svi ovi referentni dokumenti za BAT i njihovi relevantni zaključci o BAT tehnikama (ako je primenljivo) mogu se naći na veb sajtu Evropskog biroa za IPPC.

11 Dobijanje energije iz otpada i javno zdravlje

11.1 Uticaj dobijanja energije iz otpada na zdravlje

Insineracija otpada (dobijanje energije iz otpada) ima zanemarljive negativne uticaje na zdravlje kada se obavlja u normalnim radnim uslovima i u skladu sa zakonskim zahtevima. Rešavanje i ublažavanje potencijalnih uticaja na zdravlje ljudi je od suštinskog značaja kroz primenu naprednih tehnologija, regulatornih mera i angažovanje zajednice. Tehnološke inovacije u sektoru dobijanja energije iz otpada oblikuju kretanje industrije u smeru rešavanja izazova upravljanja otpadom i unapređenju efikasnosti dobijanja energije, uz neutralizaciju ili minimizaciju emisija zagađujućih materija.

Tehnologije dobijanja energije iz otpada nude prednosti kao što su smanjenje otpada i proizvodnja energije, a različiti izazovi su povezani sa njihovom primenom, pre svega potencijalni negativni uticaji na ljudsko zdravlje, životnu sredinu i klimu. Čak i sa naprednim tehnologijama za kontrolu emisija, postrojenja kojima se loše upravlja i dalje mogu generisati štetne emisije (UNEP, 2019). Isto tako, protivljenje primeni ovih tehnologija od strane lokalnih zajednica je intenzivirano zbog zagađujućih materija u dimu koji proizilazi iz procesa sagorevanja (Di Maria et al., 2021). U isto vreme, postrojenja za insineraciju otpada doprinose rešavanju probleme u vezi sa deponovanjem otpada i omogućavaju dobijanje sekundarnih materijala, kao što su crni i obojeni metali, čime podržavaju cirkularnu ekonomiju (Umweltbundesamt, 2022).

Postupak sagorevanja otpada smanjuje njegovu zapreminu za oko 90% i masu za oko 75% (ÖWAV, 2020). Mogućnost povraćaja energije u insineratorima je široko proučavana. Prema Međunarodnoj asocijaciji za čvrsti otpad - ISWA (2016), različita evropska postrojenja generisala su značajne količine električne i toplotne energije, u rasponu od 37.900 MWh do 226.337 MWh, odnosno od 20.500 MWh do 588.130 MWh, respektivno. Iako tehnologije dobijanja energije iz otpada nude prednosti u poređenju sa zagađenjem vazduha, vode i zemljišta koje se javlja pri otvorenom spaljivanju ili deponovanju, one neće potpuno smanjiti emisije gasova staklene bašte ili ukloniti potrebu za deponijama (UNEP, 2019; Cole-Hunter et al., 2020). Stoga je ključno uzeti u obzir različite činioce kako bi se evidentirali strateški, zdravstveni, ekološki, socijalni, ekonomski, tehnički i pravni aspekti u sistem upravljanja otpadom koji dobro funkcioniše (UNEP, 2019).

Generalno gledano, Cole-Hunter i autori (2020) su u svom sistematskom pregledu literature utvrdili da je sprovedeno ograničeno istraživanje potencijalnih zdravstvenih uticaja emisija povezanih s dobijanjem energije iz otpada, čak i u zemljama gde takva postrojenja rade veći niz godina, poput Švedske. Međutim, neke praktične implikacije mogu se izvući iz sprovedenih istraživanja. Pregled Cole-Hunter i autora (2020) uključivao je epidemiološka istraživanja, praćenje životne sredine, procene rizika za zdravlje, uticaj na zdravlje i analize životnog ciklusa. Neki od potencijalnih zdravstvenih uticaja povezanih sa sagorevanjem otpada dati su u nastavku.

Zagađenje vazduha i zdravlje respiratornih organa

Sagorevanje proizvodi emisije koje sadrže čestice, teške metale, nestabilne organske smeše (VOC-ove) i gasove poput azotnih oksida. Izloženost ovim zagađivačima može dovesti do respiratornih problema kao što su pogoršana astma, bronhitis i druge bolesti pluća. Međutim, jedno istraživanje je otkrilo da stanovanje blizu insineratora nije povezano s većom izloženošću teškim metalima (Cole-Hunter et al., 2020). Nasuprot tome, sitne čestice (PM) mogu prodreti duboko u pluća, izazivajući zdravstvene probleme. Čak i izloženost niskim nivoima PM-a čestica može povećati rizik od smrtnosti, kardiovaskularne morbidnosti, raka pluća i drugih bolesti (Cole-Hunter et al., 2020). Međutim, gasovite smeše i PM čestice su standardni zagađivači vazduha i predstavljaju manji zdravstveni rizik u poređenju sa toksičnim emisijama o kojima se govori u nastavku (Cole-Hunter et al., 2020).

Toksične emisije

Sagorevanje generiše toksične smeše poput dioksina, furana, polihloriranih bifenila (PCB-ova) i drugih perzistentnih organskih zagađivača (POPs). Toksični i perzistentni organski zagađivači, poznati kao dioksini (polihlorovani dibenzo-p-dioksini) i furani (polihlorovani dibenzofurani), opasni su po ljudsko zdravlje. Ove supstance nastaju kao nusproizvodi visokotemperaturnih termičkih procesa zbog nepotpunog sagorevanja i prisustva prekursora (IPEN, 2005). Kratkotrajna izloženost visokim nivoima dioksina može izazvati promene na koži poput hlorakne, promene u funkciji jetre i tamnjenje kože (WHO, 2016). Duža izloženost ovim supstancama može dovesti do različitih zdravstvenih problema, uključujući kancer, razvojne probleme, poremećaje imunološkog sistema i neurološke poremećaje. Sagorevanje plastičnog komunalnog otpada je najznačajniji zdravstveni problem koji se ističe u pregledu studija koje su sprovele Cole-Hunter i autori (2020). Što se tiče minimizacije izloženosti, ključno je da se integrišu osetljivi i kritični sistemi kontrole emisija, kako je zahtevano zakonodavstvom Evropske unije. Slično tome, od ključne je važnosti održavati odgovarajuće uslove sagorevanja kako bi se smanjile emisije dioksina u insineratorima. Još jedan važan aspekt koji se razmatra u radu Cole-Hunter i autori (2020) je varijacija u sirovinama, koja, kako se navodi, utiče na koncentraciju zagađujućih materija u emisijama.

Kontaminacija vode i zemljišta

Ostaci od sagorevanja otpada mogu dovesti do zagađenja vode i zemljište. Ako ove zagađujuće materije uđu u lanac ishrane, mogu predstavljati rizik po zdravlje kroz konzumiranje kontaminirane hrane. Povećani potencijal za zdravstveni rizik ističe se za olovo i druge teške metale u pepelu sa dna ložišta i letećem pepelu u fazi posle sagorevanja, ako ostaci nisu adekvatno deponovani (Cole-Hunter et al., 2020). Pored toga, nekoliko faktora se mora uzeti u obzir prilikom korišćenja pepela sa dna ložišta u građevinskom sektoru. Hemijski sastav pepela sa dna ložišta koji je prošao mehaničku obradu značajno se razlikuje od prirodnog šljunka, što može dovesti do unošenja značajne količine teških metala u putnu mrežu. Ova okolnost ima potencijal da zagađuje zemljište i podzemne vode tokom dužih perioda, dok istovremeno predstavlja rizik za recikliranje materijala za buduću izgradnju puteva (Rechberger & Brunner, 2015).

Profesionalne opasnosti

Radnici na lokaciji insineratora mogu biti izloženi zagađujućim i opasnim materijama, što može dovesti do potencijalnih rizika po zdravlje na radu. Pravilne mere bezbednosti i zaštitna oprema su ključni kako bi se minimizirali ovi rizici. Tait i autori (2020) su prijavili povećane nivoe supstanci kod osoba koje rade (ili žive ili oboje) blizu insineratora. Što se tiče kontaminacije hrane i unosa zagađujućih materija, primarna istraživanja sugerišu da kod grupa zaposlenih na postrojenju insineratora postoji veća verovatnoća da će doživeti negativne efekte nego kod opšte populacije. Međutim, broj zaposlenih je značajno manji u poređenju sa stanovništvom koje živi u blizini insineratora. Zaposleni se smatraju populacijom u sentinelnom nadzoru za negativne posledice, ali su oni istovremeno i lokalni stanovnici, i mogu biti izloženi zagađujućim materijama i van radnog mesta. Dodatno, lokalni stanovnici koji konzumiraju hranu uzgajanu blizu insineratora i oni koji konzumiraju hranu koja se transportuje iz područja blizu insineratora takođe mogu biti izloženi zagađujućim materijama (Tait et al., 2020).

Zabrinutost zajednice

Zajednice koje se nalaze blizu insineratora mogu biti suočene s zdravstvenim problemima usled izloženosti emisijama i zagađujućim materijama. Na primer, tokom 1980-ih godina u Japanu, pažnja javnosti bila je usmerena ka emitovanju kiselih gasova i drugih opasnih materijala iz sagorevanja, koji su doveli do ozbiljnog zagađenja vazduha, vode i zemljišta, kao i zabrinutosti za javno zdravlje. Kao rezultat toga,

insinerator u gradu Nose u regiji Osaka je zatvoren zbog javnih protesta. Međutim, razvoj tehnologije za kontrolu dioksina i zagađenja i uvođenje strožih standarda za emisije i ciljanih propisa značajno su smanjili nivo dioksina iz insineratora u poređenju sa nivoima iz 1990-ih godina (UNEP, 2019). Ovi razvoji ukazuju na to da uvođenje odgovarajućih kontrola emisija i zakonskih propisa garantuje održavanje visokih standarda zaštite životne sredine; stoga, insineratori više ne bi trebalo da predstavljaju opasnost po javnost. Međutim, uprkos sofisticiranim sistemima kontrole zagađenosti vazduha i ispunjavanju standarda EU, mnoga postrojenja za dobijanje energije iz otpada (insineratori) ponekad se suočavaju sa otporom zbog zabrinutosti oko nepovratnih ekoloških i zdravstvenih efekata, kao i sa fenomenom „Ne u mom dvorištu“ koji proizlazi iz lokacije ovih postrojenja (UNEP, 2019). Međutim, ove zabrinutosti često se zasnivaju na neosnovanim nalazima i mogu biti neopravdane. Prethodna epidemiološka istraživanja pronašla su umerene do slabe veze između emisija dioksina i povećanja stope kancera, poput Non-Hodžkin limfoma i sarkoma kod osoba koje žive ili rade u blizini insineratora. Konkretno, ova istraživanja su sprovedena pre primene strožih propisa, koji su doveli do smanjenja obima emisija iz insineratora. Stoga, nalazi ovih studija ne mogu se direktno primeniti na aktuelne tehnologije insineracije otpada (Cole-Hunter et al., 2020).

Uticaj na ranjive slojeve stanovništva

Određene grupe populacije, kao što su deca, stariji i osobe s postojećim zdravstvenim problemima, mogu biti podložnije zdravstvenim posledicama insineracije otpada zbog njihovog oslabljenog imunološkog sistema ili tela u razvoju. U njihovoj analizi, Cole-Hunter i autori (2020) su izvestili o prolaznom negativnom efektu na socijalni razvoj dece koja žive u krugu od 3 km od insineratora u studiji koja je pratila jednu starosnu grupu iz 2020. godine na Tajvanu. Međutim, ovaj efekat bio je primetan nakon šest meseci, ali ne i nakon 18 meseci. Jedno ograničenije pregledane studije bilo je samostalno prijavljivanje procene izloženosti, što bi moglo dovesti do netačne klasifikacije (Cole-Hunter et al., 2020). Drugo istraživanje sprovedeno 2014. sugerisalo je da je neispravan rad kanadskog insineratora doveo do kontaminacije majčinog mleka dioksinima i furanima. Iako ova okolnost ne utiče direktno na zdravlje, tokom vremena dioksini i furani se mogu akumulirati i izazvati zdravstvene rizike (Cole-Hunter et al., 2020). U ovim okolnostima, međutim, treba naglasiti da je studija pretpostavila rad neispravnog insineratora. Kada insineratori rade u normalnim uslovima i prate zakonske zahteve, mogu se sprečiti negativni zdravstveni efekti kod ranjivih slojeva stanovništva.

Shodno tome, dostupna baza dokaza pregledana od strane Cole-Hunter i autora (2020) ne može podržati uzročnu vezu između izloženosti emisijama koje se prenose vazduhom iz insineratora i negativnih zdravstvenih posledica. Iako je baza dokaza generalno slaba, i postoje mali pokazatelj negativnih efekata pod normalnim uslovima rada insineratora, pregled je identifikovao neka potencijalna područja za dalja istraživanja. Potrebno je više studija kako bi se istražio potencijalni zdravstveni uticaj insineratora.

U ovom kontekstu, važno je naglasiti da insineratori nude višestruka rešenja za upravljanje otpadom i proizvodnju energije kada se njima upravlja odgovorno i u skladu sa propisima. U sprečavanju negativnih zdravstvenih uticaja o kojima se govori, usklađenost rada insineratora sa propisima poput Direktive o industrijskim emisijama (IED) osigurava fokusiranje na zaštitu životne sredine. Strogi standardi pomažu u sprečavanju negativnih uticaja na kvalitet vazduha, vode i zemljišta. Konkretno, IED osigurava da se u insinerator integrišu najbolje dostupne tehnologije za kontrolu emisija. Ove tehnologije pomažu u minimiziranju pojave zagađujućih materija u vazduhu poput sitnih čestica (PM), sumpor-dioksida, azotnih oksida i teških metala, doprinoseći poboljšanju kvaliteta vazduha. S obzirom na slabe dokaze i minimalne indikacije o negativnim zdravstvenim uticajima o kojima se govorilo i očekivani tehnološki napredak u procesima dobijanja energije iz otpada, insineratori su efikasno i ekološki prihvatljivo rešenje u sektoru upravljanja otpadom.

11.2 Uticaj aktuelne prakse odlaganja otpada na deponije u Srbiji na zdravlje

Nepravilno upravljanje otpadom i nelegalno odlaganje otpada mogu imati neželjene posledice po životnu sredinu i javno zdravlje. Kao rezultat lošeg upravljanja otpadom i odlaganja, svi ekološki mediji su zagađeni: vazduh, zemljište, voda. Neodgovarajuće odlaganje ili neobrađeni otpad mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme za stanovništvo koje živi u neposrednoj blizini područja predviđenog za odlaganje otpada (npr. gradske deponije), ali i u drugim područjima koja nisu u neposrednoj blizini zbog prisustva perzistentnih hemikalija u potrošačkim proizvodima. Emisije sa takvih lokacija, koje mogu biti pojačane otvorenim spaljivanjem otpada, između ostalog, dovode do zagađenja ambijentalnog vazduha opasnim hemikalijama, poput teških metala i perzistentnih organskih zagađivača (POPs), kao što su poliaromatični ugljovodonici (PAHs), polihlorovani bifenili (PCBs), dioksini i furani, što može rezultirati ozbiljnim zdravstvenim problemima (SZO, 2016.).

11.3 Uzroci i mehanizmi požara na deponijama

Deponije predstavljaju sve veću pretnju po životnu sredinu i zdravlje ljudi zbog pojave požara. Nekontrolisani požari na deponijama mogu biti uzrokovani, između ostalog, varnicama koje nastaju od mašina koje se koriste na deponiji, udarima gromova i samozapaljenjem (Øygaard, J.K.et al.). Požari na deponiji se lako šire usled hemijskih reakcija sagorevanja tokom kojih se oslobađa toplota. To dovodi do situacije u kojoj se otpad održava iznad temperature samopaljenja i nastavlja da gori. Visoke temperature od postojećeg požara mogu zagrejati okolni otpad do tačke pirolize i pojave gasne faze koja se lako pali i sagoreva. Biološka i hemijska razgradnja komponenti čvrstog komunalnog otpada dovodi do povećanja temperature unutar deponija čvrstog komunalnog otpada (Rykała, W. et al.). Mnoga istraživanja su utvrdila da požari usled samozapaljenja nastaju zbog toplote generisane aerobnim procesima nakon što je kiseonik unešen u anaerobne delove deponije (Manjunatha, G.S. et al.). Pored toga, treba napomenuti da anaerobna razgradnja organskih materija oslobađa metan, koji je eksplozivan kada njegova prisutnost u vazduhu dostigne između 5,3 i 13,9% (Hogland, W. et al.). Zaključak je da su brojni mehanizmi koji mogu dovesti do požara na deponijama.

Preventivne mere

Kada su u pitanju projektovanje deponija i uslovi bezbednog odlaganja otpada u cilju smanjenja rizika od požara i eksplozija, zagađenja vazduha, vode i zemljišta, može se izdvojiti pet nivoa zaštite deponija (Tabela 31). Stepem zaštite divljih deponija je 0, stepen zaštite 1, 2 i 3 je dodeljen nesanitarnim opštinskim deponijama, dok sanitarne deponije imaju najviši stepen zaštite 4. (I. A. Idowu et al. 2019)

Tabela 31: Stepene zaštite od požara i negativni uticaji na životnu sredinu (I. A. Idowu et al., 2019)

| Stepen | Stepen kontrole | Upravljanje i operacija | Operativno postrojenje |
|--------|-----------------|--|--|
| 0 | Nema | Nekontrolisano odlaganje, bez kontrole | Nekontrolisano spaljivanje, nedostatak većine „kontrolnih“ aktivnosti |
| 1 | Nizak | Osoblje na lokaciji; otpad se odlaže na za to predviđeno mesto; nešto opreme na lokaciji | Osoblje je na lokaciji, određeno obuzdavanje i upravljanje procesom sagorevanja; osnovne operativne procedure za kontrolu smetnji |
| 2 | Srednji | Otpad se sabija upotrebom opreme na lokaciji; otpad se pokriva (bar neredovno) | Kontrola emisije praškastih materija PM; obučeno osoblje prati postavljene operativne procedure; oprema pravilno održavana; pepelom se pravilno upravlja |

| Stepen | Stepen kontrole | Upravljanje i operacija | Operativno postrojenje |
|--------|-------------------|---|--|
| 3 | Srednji/ Visok | Lokalitet inženjerske deponije: dnevna upotreba pokrivnog materijala; određeni nivo kontrole i tretmana lako rastvorljivih materija; prikupljanje deponijskog gasa | Visoki nivoi inženjeringa i kontrole procesa nad vremenom zadržavanja, turbulencijom i temperaturom; kontrole emisija radi hvatanja kiselih gasova i doksina; aktivno upravljanje pepelom |
| 4 | Visok | Potpuno funkcionalan lokalitet sanitarne deponije: pravilno je postavljena i projektovana; zadržavanje procednih voda (prirodno konsolidovana glina na licu mesta ili izgrađeni sloj); sakupljanje procednih voda i gasova; završni sloj; plan nakon zatvaranja | Izgrađeno i radi u skladu sa najboljom međunarodnom praksom uključujući npr. EU ili druge slične stroge kriterijume emisije iz dimnjaka i gasova staklene bašte kojima se upravlja kao opasnim otpadom koristeći najbolju odgovarajuću tehnologiju |

Broj registrovanih požara na deponijama u Srbiji u periodu od 2016-2022.

Požari su primarni izvor zagađenja vazduha sa deponija. Većina nesanitarnih deponija nema sistem za kontrolu deponijskog gasa, što može dovesti do požara ili eksplozija na deponijama. Prema podacima Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Sektora za vanredne situacije (MUP, 2023), broj registrovanih požara na deponijama je u porastu.

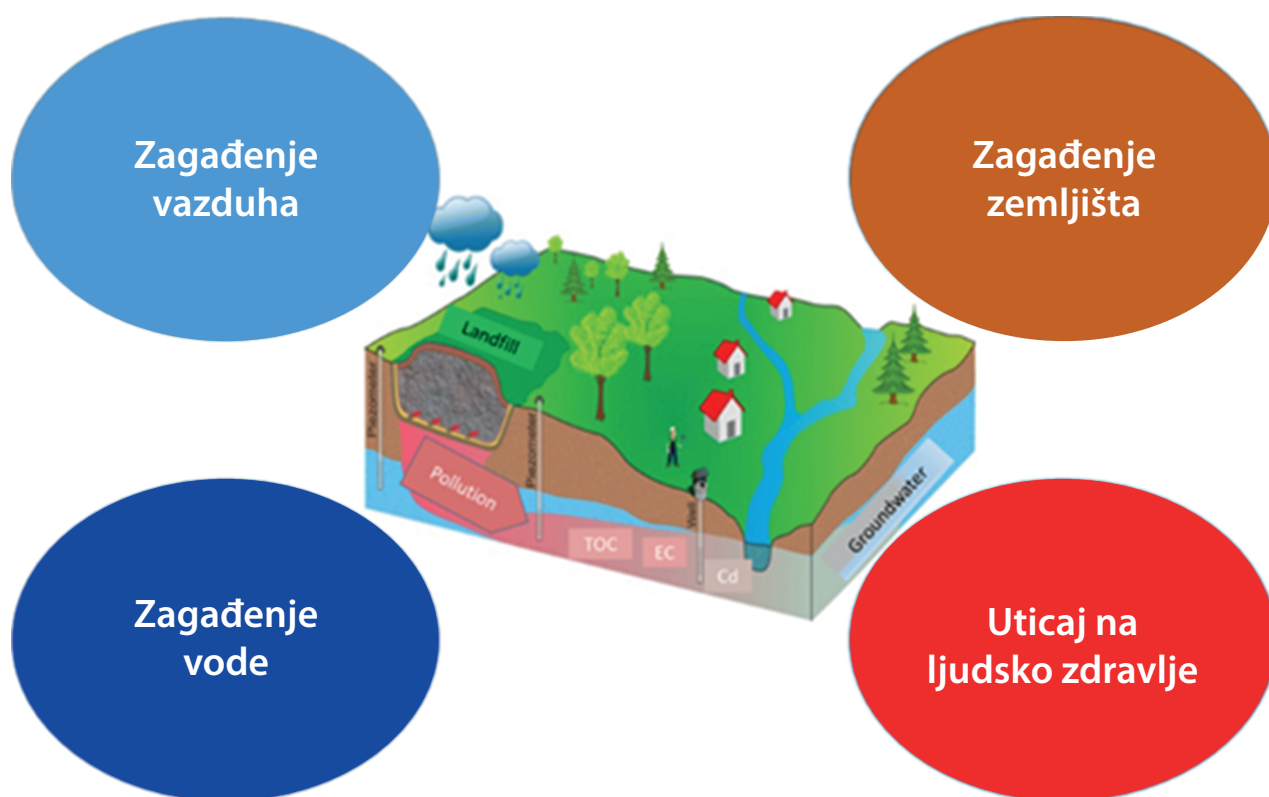
Tabela 32: Broj požara na deponijama u Srbiji po godinama (MUP, 2023)

| Godina | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Br. požara | 877 | 584 | 1296 | 950 | 1.244 | 1.205 | 1.715 | 1.760 |

Deponije komunalnog otpada – Uticaj na životnu sredinu i javno zdravlje

Komunalni otpad često sadrži različite supstance poput teških metala, perzistentnih organskih zagađivača, sulfata, hlorida, policikličnih aromatskih ugljovodonika iz baterija, odbačenog tretiranog drveta i odbačenih elektronskih uređaja (Yin, K., et al., 2017). Stare napuštene deponije čija je struktura heterogena takođe predstavljaju pretnju, jer je teško odrediti vrstu otpada koji se u njima nalazi (Kondracka, M., et al., 2021). Sagoreli otpad generiše ostatke u obliku pepela i šljake (Zhu, X., et al., 2018). Pošto se ovi ostaci tretiraju kao opasan otpad, ispiranje zagađivača iz njih predstavlja pretnju za podzemne vode (Werner, A. et al., 2018). Procedne vode iz otpada koji je spaljen predstavljaju znatno veću pretnju za podzemne vode od procednih voda iz neobrađenog otpada, zbog veće migracije zagađujućih komponenti iz spaljenog otpada (Gwenzi, W. et al., 2016). Među najpoznatijim zagađivačima koji se oslobađaju u atmosferu tokom sagorevanja treba obratiti pažnju na ugljen-monoksid i dioksid, azotne okside, hlorovodoničnu kiselinu, cijanovodoničnu kiselinu, isparljiva organska jedinjenja, perzistentne organske zagađivače, ketone, aldehide i čestice (Bihalowicz, J. et al., 2021). Ulazak zagađujućih materija u vode (kao i emisija zagađujućih materija u vazduh) evidentirana je pri gorenju u požarima različitih vrsta otpadnog materijala, npr. pri požarima na deponiji guma (Singh, A. et al., 2015), požarima na deponijama (Morales, S. et al., 2018), i dugotrajnim požarima na deponijama (Weichenthal, S. et al., 2015).

Kao što je prikazano na Slici 23, deponije štetno utiču na životnu sredinu i javno zdravlje, zbog emisija opasnih hemikalija u ambijentalni vazduh (čestice, materije), zemljište (procedne vode i taloženje PM čestica), podzemne vode (procedne vode), čak i bez prisustva požara na licu mesta. (Siddiqua A. et al., 2022).



Slika 23: Uticaji blizine deponije na životnu sredinu i zdravlje (Siddiqua A. et al., 2022)

Uticaji požara na deponijama na zdravlje – Zagađenje vazduha kao problem po javno zdravlje

Otvoreno sagorevanje otpada je oblik sagorevanja na niskim temperaturama sa visokim emisijama zagađivača, posebno crnog ugljenika, koji značajno doprinosi zagađenju vazduha i ima uticaj na zdravlje i životnu sredinu (US EPA, 1999). Na osnovu studija Agencije za zaštitu životne sredine Sjedinjenih američkih država (US EPA), pored ugljenika, pri požarima na deponijama dolazi do emisija: ugljen-monoksida i dioksida (CO i CO₂), azotnih oksida (NO_x), hlorovodonične kiseline (HCl), cijanovodonika (HCN), isparljivih organskih jedinjenja (VOC), perzistentnih organskih zagađivača (POP), ketona, aldehida i PM čestica. Izveštaj Evropske agencije za životnu sredinu iz 2016. (EEA., 2016) ističe emisije metala, kao što su olovo (Pb), kadmijum (Cd), živa (Hg), arsen (As), hrom (Cr), bakar (Cu), nikl (Ni), selen (Se) i cink (Zn) tokom sagorevanja otpada na deponijama (Weichenthal, S. et al, 2015). Među složenim POP zagađivačima, oni koji imaju najveće posledice po javno zdravlje su:

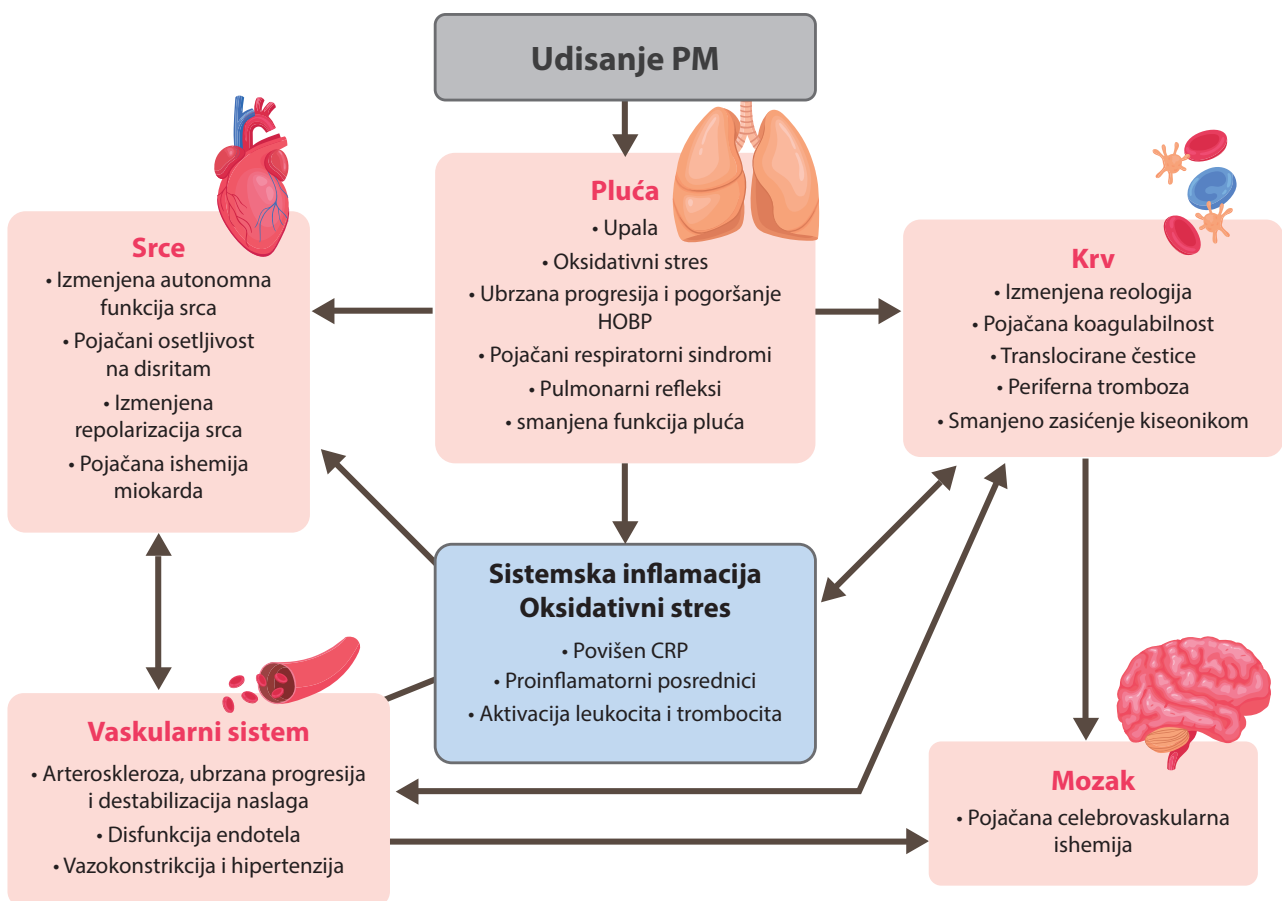
- Hlorisani parafni,
- Pesticidi,
- Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH),
- PCDD/PCDF i drugi nenamerno proizvedeni POP zagađivači,
- Polibromovani i bromovani/hlorovani dibenzo-p-dioksini i dibenzofurani (PBDD/PBDF i PKSDD/PKSDF);

- Polihlorovani bifenili (PCB);
- Polibromovani difenil etri (PBDE) i drugi usporivači plamena (BFR, PFR);
- Per- i polifluorovane alkilovane supstance (PFAS);
- Bisfenol A (BPA) i njegovi derivati.

Visoke temperature mogu uzrokovati razlaganje isparljivih jedinjenja koji mogu emitovati gust crni dim (Ministarstvo životne sredine Novog Zelanda); jedna od najvećih pretnji po ljude u vezi sa ovim je negativan uticaj PM₁₀ čestica (Pope, C.A. et al, 1992; Schwartz, J. et al, 1991, Spurny, K.R. et al., 1996).

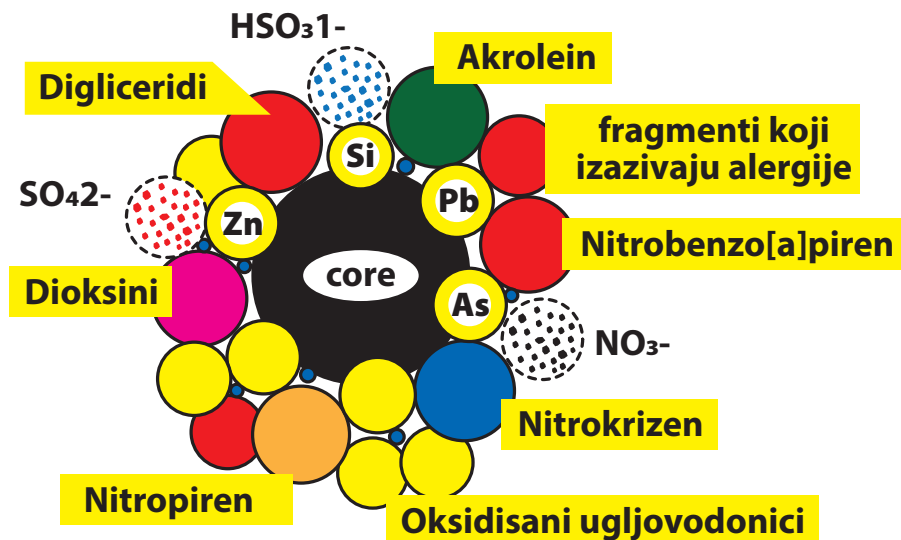
Uticaji deponija na zdravlje zbog opasnih zagađivača (PM čestice i dioksini)

Uočeni su klinički efekti izlaganja PM česticama i istraženi su različiti patofiziološki ili mehanički putevi. Nijedan od ovih puteva nije definitivno dokazan kao put koji jasno i direktno povezuje izloženost ambijentalnom zagađenju PM česticama sa kardiopulmonalnim morbiditetom i mortalitetom. U stvari, malo je verovatno da je bilo koji pojedinačni put odgovoran. Gotovo sigurno postoji više mehaničkih puteva sa složenim interakcijama i međuzavisnostima. Šema nekih od hipotetičkih mehaničkih puteva koji povezuju PM čestice sa kardiopulmonalnim oboljenjem data je na Slici 24. (Pope CA and Dockery, 2006).



Slika 24: Potencijalni opšti patofiziološki putevi koji povezuju izloženost PM česticama sa kardiopulmonalnim morbiditetom i mortalitetom (Pope CA i Dockery, 2006)

Treba jasno reći da PM_{10} i $PM_{2,5}$ nisu pojedinačne komponente, već složene i heterogene smeše, različite veličine i sastava čestica, u zavisnosti od lokacije, vremenskih uslova, godišnjeg doba i izvora emisije. Mnoge komponente mogu biti adsorbovane na ugljениčno jezgro kao npr. kiseline, delimično neutralizovane soli, alifatična i (policiklična) aromatična jedinjenja, metali (teški metali, prelazni metali), biomaterijali poput alergena, fragmenti polena i endotoksini (Slika 25) (Richards, 1997).



Slika 25: Pojednostavljena umetnička ilustracija moguće složene hemijske heterogenosti PM čestica u vazduhu (Cassee et al, 1998)

Još jedna ozbiljna briga u vezi sa požarima na deponijama je emisija dioksina. Slučajni požari na deponijama i nekontrolisano spaljivanje komunalnog otpada smatraju se najvećim izvorima emisije dioksina. Pojam dioksini odnosi se na grupu hemijskih jedinjenja sa sličnim hemijskim i biološkim karakteristikama koje se oslobađaju u vazduh tokom procesa sagorevanja. Dioksini su takođe prirodno prisutni i nalaze se u životnoj sredini. Kratkotrajna izloženost visokim nivoima dioksina kod ljudi može rezultirati kožnim lezijama, poput hlorakne i tamnih fleka na koži, kao i promenjenom funkcijom jetre. Dugotrajna izloženost povezana je sa oštećenjem imunološkog sistema, nervnog sistema u razvoju, endokrinog sistema i reproduktivnih funkcija.¹³

Prema UNEP-u, u bliskoj budućnosti, neindustrijski izvori emisija kao što su požari na deponijama i burad za spaljivanje otpada verovatno će postati važniji i dominirati ukupnim godišnjim emisijama polihlorovanih dioksina i furana (PCDD/F) u Evropi. Istraživanje međunarodnih studija dosledno identifikuje visoke koncentracije dioksina u oblastima pogođenim otvorenim sagorevanjem otpada, a studija obrasca kongenera zaključila je da je uzorak sa najvišom koncentracijom dioksina „tipičan za pirolizu PVC-a“. Druge studije u EU pokazuju da PVC verovatno „zahvata ogromnu većinu hlora koji je dostupan za formiranje dioksina tokom požara na deponijama“. (Irene Vassiliadou et al., 2009)

Iako se, iz bezbednosnih razloga, deponije ne nalaze u blizini gusto naseljenih područja, neizbežno postoje neki slučajevi gde se kontaminacija prenosi na mesta poljoprivredne proizvodnje i uzgoja životinja, i stoga se zadržava u lancu ishrane (Wittsiepe et al., 2007). Pošto je hrana generalno prepoznata kao glavni izvor unosa PCDD/F-a i dioksinu sličnih PCB-ova (polihlorovani bifenili) kod ljudi (Panithi Saktrakulka et al., 2020), a uzimajući u obzir da hronična izloženost ljudi ovim jedinjenjima izaziva različite probleme uklju-

¹³ Sajt SZO <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1257905/retrieve>.

čujući dermalnu toksičnost, imunotoksičnost, uticaj na reproduktivnost i teratogenost, izaziva endokrine poremećaje i kancerogenost (Van den Berg et al., 1998, SZO, 1998), kontaminacija hrane uzrokovana deponijama je veliki problem za javno zdravlje.

Blizina deponija kao potencijalna opasnost po javno zdravlje

Deponije s najvećim rizikom po životnu sredinu i ljudsko zdravlje su one smeštene na manje od 50 m od obale reke, potoka, jezera ili veštačkog jezera. Nusproizvodi čvrstog otpada deponovanog na deponiji imaju negativne efekte na životnu sredinu i ljude koji žive bliže lokacijama deponija (Njoku PO et al., 2019). Živeti blizu deponije može predstavljati rizik po zdravlje stanovnika, budući da su izloženi zagađujućim materijama na nekoliko načina: udisanjem iz ambijentalnog vazduha, konzumiranjem zagađene vode ili hrane koja je uzgajana na zagađenom zemljištu (SZO, 2016).

Vrijheid (2000) je izvestio o zdravstvenim problemima koji su povezani sa ljudima koji žive bliže deponijama. Okidač za ovu studiju bio je činjenica da su određeni oblici raka, defekti pri rođenju, kao i niska težina pri rođenju, evidentirani u populacijama koje žive bliže deponijskim područjima. Pokazano je da je život bliže deponijama povezan sa respiratornim bolestima poput astme. Ovo se uglavnom pripisuje emisijama gasova u vazduh koji utiču na zdravstvene ishode pojedinaca.

Limoli i autori (2019) izvestili su da ilegalno deponovanje ima štetne posledice po zdravlje ljudi koji žive blizu deponija i da je to štetnije za decu, jer im je imunološki sistem još u razvoju i zato što veći deo vremena provode napolju. Primećeno je da zdravstveni uticaji mogu varirati od akutne intoksikacije do kancerogenosti, toksičnosti povezane sa endokrinim sistemom, genotoksičnosti i mutagenosti, u zavisnosti od zagađujućih materija. Prilikom kontakta sa vodom, neke zagađujuće materije se rastvaraju i prodiru u zemljište i zagađuju podzemne vode. Zagađujuće materije koji se rastvaraju u tečnosti uključuju: amonijumski azot koji može izazvati eutrofikaciju, hloride koji mogu izmeniti reproduktivne stope morskih životinja i biljaka, organske materije koje doprinose pogoršanju kvaliteta vode, perzistentne organske zagađivače (POP) koji mogu izazvati bioakumulaciju i biomagnifikaciju u lancu ishrane i sulfate koji mogu povećati nivoe hranljivih materija u vodenoj sredini, što dovodi do eutrofikacije, uz podsticanje proizvodnje metilžive od strane nekih bakterija, koja je toksična. Kao deo gasovitih emisija, NO_x pokreće fotohemijski smog i doprinosi kiselim kišama i fitotoksičnosti, čestice organske materije smanjuju fotosintetičku stopu i pomažu u formiranju fotohemijskog smoga, sumpor oksidi izazivaju kisele kiše, a isparljiva organska jedinjenja (VOC) dovode do stvaranja štetnog ozona pri tlu (Limoli et al. 2019).

Xu i autori (2018) sproveli su studiju kako bi otkrili korelaciju između zagađivača vazduha povezanih sa deponijom i respiratornog zdravlja dece koja žive u blizini određene deponije u Kini. Oni su izvestili da su CH₄, H₂S, CO₂, NH₄ i drugi zagađivači vazduha otpušteni anaerobnim razlaganjem otpada na deponijama komunalnog otpada. Iako je objavljeno da je koncentracija ovih zagađivača niža od regulatornih granica, svako izlaganje gasovima sa deponije (LFG) kao što su H₂S i NH₄, čak i pri nižim koncentracijama, imalo je negativan uticaj na respiratorni sistem i opšti imunitet dece koja žive u blizini deponije.

Veza između požara na deponiji, blizine mesta stanovanja, ishoda trudnoće i urođenih mana

U longitudinalnoj studiji na Siciliji (Italija) proučavana je zajednica koja živi blizu najveće deponije otpada na otvorenom na Siciliji, kako bi se istražili potencijalni uticaji na trudnoće u različitim gestacijskim dobima zbog zagađivača emitovanih iz deponije koja je gorela (Mazzucco et al, 2020). Primećen je višak veoma prevremenih i vrlo niskih porođajnih težina među novorođenčadi čije su majke bile izložene emisijama iz deponije koja je gorela tokom začeca ili rane trudnoće.

Kolaborativna evropska studija (EUROHAZCON) ispitala je povezanost nehromozomskih kongenitalnih anomalija sa 21 odlagalištem opasnog otpada. U ovoj studiji, "bliska" zona sa radijusom od 3 km od lokacije (unutar koje se pretpostavljalo da će većina izloženosti hemijskim zagađivačima nastati) upoređena je sa zonom sa radijusom od 3-7 km od lokacije. Prijavljeno je povećanje rizika od nehromozomskih anomalija za 33% kod stanovnika koji žive unutar 3 km od lokacija (Dolk et al., 1998). Nedavno je slična analiza za hromozomske anomalije sugerisala nivo rizika koji je uporediv sa onim pronađenim za nehromozomske anomalije (Vrijheid et al., 2002). U Velikoj Britaniji, rizici nepovoljnih ishoda na porođaju u populacijama koje žive unutar 2 km od 9.565 odlagališta otpada koja su bila u funkciji u nekom trenutku između 1982. i 1997. godine upoređeni su sa onima u referentnoj populaciji koja je živela na udaljenosti većoj od 2 km od svih poznatih odlagališta otpada. Za sve kongenitalne anomalije zajedno, relativni rizik za boravak blizu odlagališta otpada, prilagođen povezujućim varijabilama (npr. socijalna deprivacija), iznosio je 1.01 (Elliot et al., 2001). Preciznost procene relativnog rizika je visoka zbog veličine uzorka koji je uključen. Interval poverenja (IP) procena je važan i definiše (na određenom nivou verovatnoće) opseg u kojem će se naći procena relativnog rizika. Za sve kongenitalne anomalije zajedno, 99% intervala poverenja za relativni rizik je u opsegu od 1.005 do 1.023.

Neki autori koji sprovode studije o problemima stanovanja blizu opštinskih deponija primetili su pojavu specifičnih neoplazmi kod odraslih (Vrijheid M, 2000; Weinstein, 2022; Goldberg, 1995), kao što su jetra (C22), bubrezi (C64), neoplazme pankreasa (C25) i grkljana (C32).

S obzirom na relativno dugu indukciju i latentni period solidnih tumora kod odraslih, studije bi morale da uključe istorije stanovanja čak 15-30 godina pre dijagnoze tumora da bi se uhvatile relevantne izloženosti u okolini (Brender JD et al., 2011).

U Srbiji do sada nije sprovedena nijedna studija koja bi imala za cilj da poveže slučajeve morbiditeta i mortaliteta od specifičnih neoplazmi sa životom u blizini deponija, sa fokusom na one kod kojih su često detektovana izbijanja požara.

12 Moguće alternative insineraciji otpada

Energija se može dobiti iz vrsta otpada koje nije moguće podvrgnuti reciklaži materijala ili reciklaži sirovina, zbog problema sa kvalitetom. Na tržištu postoje različiti procesi koji bi potencijalno mogli biti alternativa sagorevanju otpada. Neki od njih zahtevaju predtretman otpada, drugi su primenljivi samo na određene frakcije otpada koje bi inače bile podvrgnute sagorevanju, dok neki pokazuju nedovoljne ukupne performanse i primenljivost. Malo alternativnih procesa za tretman otpada uspešno je funkcionisalo u industrijskim postrojenjima, dok su drugi do sada pokazali nedostatak ekonomske i ekološke održivosti.

Uloga insineracije otpada u cirkularnoj ekonomiji

Iako sprovođenje mera za prevenciju nastanka otpada i postizanje visoko razvijene cirkularne ekonomije moraju biti najviši ciljevi održivog upravljanja otpadom, nikada neće biti izvodljivo dostići 100% ponovne upotrebe ili reciklaže otpadnih materijala. Uvek će postojati određene frakcije otpada koje će morati da se podvrgnu povraćaju energije iz njih, pa čak i operacijama odlaganja. Što je cilj reciklaže više postavljen, to će više otpada manjeg kvaliteta morati da se sortira i prethodno tretira u svrhu reciklaže jednog njegovog dela, a samim tim će biti i veće količine ostataka od sortiranja koji moraju biti podvrgnuti termičkom tretmanu ili deponovanju.

Insineracija pruža mogućnost tretiranja frakcija otpada koje se ne mogu ponovo koristiti ili reciklirati usled koncentracija štetnih materija u njima. Ona obezbeđuje „zatvaranje“ zagađujućih materija u male masene frakcije radi bezbednog odlaganja.

Insineracija sa efikasnim korišćenjem dobijene energije je klasifikovana kao operacija reciklaže (**R1** „Korišćenje otpada uglavnom kao goriva ili se iz njega na drugi način dobija energija“).

Sagorevanje otpada bez efikasnog korišćenja energije je klasifikovano kao operacija deponovanja (**D10** „Spaljivanje otpada na tlu“). U poređenju sa tretmanom R1, D10 je inferiorna, manje održiva, i treba je izbegavati.

Predtretmanom otpada pre insineracije, kao i tretmanom ostataka od insineracije, mogu se odvojiti i poslati na reciklažu materijali kao što su crni metali, obojeni metali, agregati, pri tome bi ti tretmani bili klasifikovani kao, na primer, **R4** „Recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala“, **R5** „Recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih neorganskih materijala“.

Mali procenat otpada iz kojeg se dobija energije će dati ostatke koji se ne mogu podvrgnuti reciklaži, već moraju biti bezbedno deponovani što bi se klasifikovalo npr. kao **D1** „Odlaganje otpada u ili na tlo (na primer odlagalište itd.)“ ili **D5** „Odlaganje otpada na posebno pripremljeno odlagalište“.

Osnovna razmatranja o dobijanju energije iz otpada i uloge koju ono ima u hijerarhiji otpada data su u Poglavlju 3.

Alternativni tretmani otpada pogodnog za insineraciju

Za obradu otpada je razvijeno mnogo tretmana. U ovom delu biće opisane moguće alternative insineraciji otpada – tj. alternativne opcije za tretman otpada koji se može sagoreti. Tabela 33 daje pregled najčešće korišćenih alternativnih postupaka za tretiranje otpada pogodnog za insineraciju

Tabela 33: Pregled alternativnih postupaka, za vrste otpada koje se koriste u insineraciji (© UVP GmbH)

| Postupak obrade | Nereciklabilni zapaljivi otpad | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------|
| | Čvrsti komunalni otpad | Plastični otpad | Stare gume | Opasan otpad | Drveni otpad | Organski otpad | Otpadno ulje | Otpadni rastvarači | Kanalizacioni mulj |
| Deponovanje | X | X | X | [X] | X | X | | | (X) |
| Koinsineracija | (X) | (X) | [X] | X | (X) | (X) | X | X | (X) |
| Meh. biološki tretman (MBT) | X | | | | (X) | X | | | (X) |
| Anaerobna digestija (AD) | X | | | | (X) | X | | | (X) |
| Aerobna digestija (kompostiranje) | | | | | (X) | X | | | (X) |
| Piroliza | X | X | X | X | (X) | X | X | X | (X) |
| Gasifikacija | X | X | X | X | (X) | X | X | X | (X) |
| Plazma proces | X | X | X | X | (X) | X | X | X | (X) |

X ... Primenjeno

(X) ... Primenjeno nakon predtretmana / sa određenim ograničenjima

[X] ... Primenjeno sa ili bez predtretmana

12.1 Deponovanje

Deponovanje otpada je deo integrisanog sistema upravljanja otpadom. Međutim, deponije se moraju pridržavati strogih tehničkih mera kako bi se njihov negativan uticaj na životnu sredinu minimizirao, posebno u pogledu zagađenja površinskih voda, podzemnih voda, zemljišta, vazduha i generalno životne sredine, uključujući efekat staklene bašte, kao i svaki rizik po zdravlje ljudi koje bi odlaganje otpada moglo predstavljati tokom životnog ciklusa deponije.

Najsavremenije deponije

Tehničke mere koje se primenjuju na najsavremenijim deponijama kojima se dobro upravlja su:

- dovoljan prirodni ili veštački zaptivni sloj;
- regulisani proces odvođenja, kontrole i tretmana procednih voda;
- mehaničko sabijanje otpada;

- sistem za ekstrakciju i korišćenje deponijskog gasa sa prekrivnim zaštitnim slojem na deponiji;
- mere za sprečavanje širenja mirisa, prašine i mogućnosti požara i udesa;
- sistem za praćenje okoline deponije.

Iskorišćenje deponijskog gasa

Iskorišćenje deponijskog gasa i korišćenje njegove energije je jedini aspekt koji može bar delimično da kompenzuje negativne uticaje deponije na životnu sredinu. Deponovanjem se u atmosferu ispušta metan (CH₄), gas koji izaziva efekat staklene bašte sa višestruko negativnijim posledicama u odnosu na ugljen-dioksid (CO₂).

Austrijska iskustva pokazala su da se može očekivati da će rad deponije proizvesti približno 200m³ deponijskog gasa po toni komunalnog otpada tokom maksimalnog perioda od približno 30 godina. Zbog neizbežnog otvorenog prostora potrebnog za deponovanje otpada i nesavršenog zaptivanja deponije, samo oko 40% deponijskog gasa se zaista može prikupiti. Prosečna kalorijska vrednost deponijskog gasa je oko 21 MJ/m³, što omogućava dobijanje oko 1.700 MJ po toni deponovanog otpada. Maksimalan povraćaj energije kroz takav rad deponije je stoga 5 do 6 puta niži od kalorijske vrednosti dostupne za energetska iskorišćenje u insineratoru (BMLFUW 2015).

Tretman procednih voda na deponiji

Tretman procednih voda na deponiji je još jedna neophodna tehnička mera za pouzdan rad deponije tokom njenog korišćenja i u periodu nakon njenog zatvaranja. Najefikasnija tehnologija tretmana procednih voda zasniva se na principu reverzne osmoze, što je proces filtracije kroz tehničku membranu pod pritiskom od oko 60 bara. Omogućava uklanjanje više od 99,9% organskih i neorganskih zagađujućih materija iz procednih voda deponije. Prečišćena voda se može ili ispuštati u skladu sa zahtevanim standardima kvaliteta direktno u prijemno vodno telo ili koristiti za navodnjavanje u poljoprivredi. Koncentrat (sa zarobljenim opasnim organskim i neorganskim zagađivačima) zahteva dalju preradu, a to uključuje posebno sagorevanje u skladu sa najnovijom tehnologijom (npr. u insineratorima za opasan otpad ili u proizvodnji cementnog klinkera). Reverzna osmoza je energetska intenzivan proces koji zahteva oko 10 do 15 kWh električne energije za preradu 1 m³ procedne vode, što je potrebno za postizanje potrebnog visokog radnog pritiska.

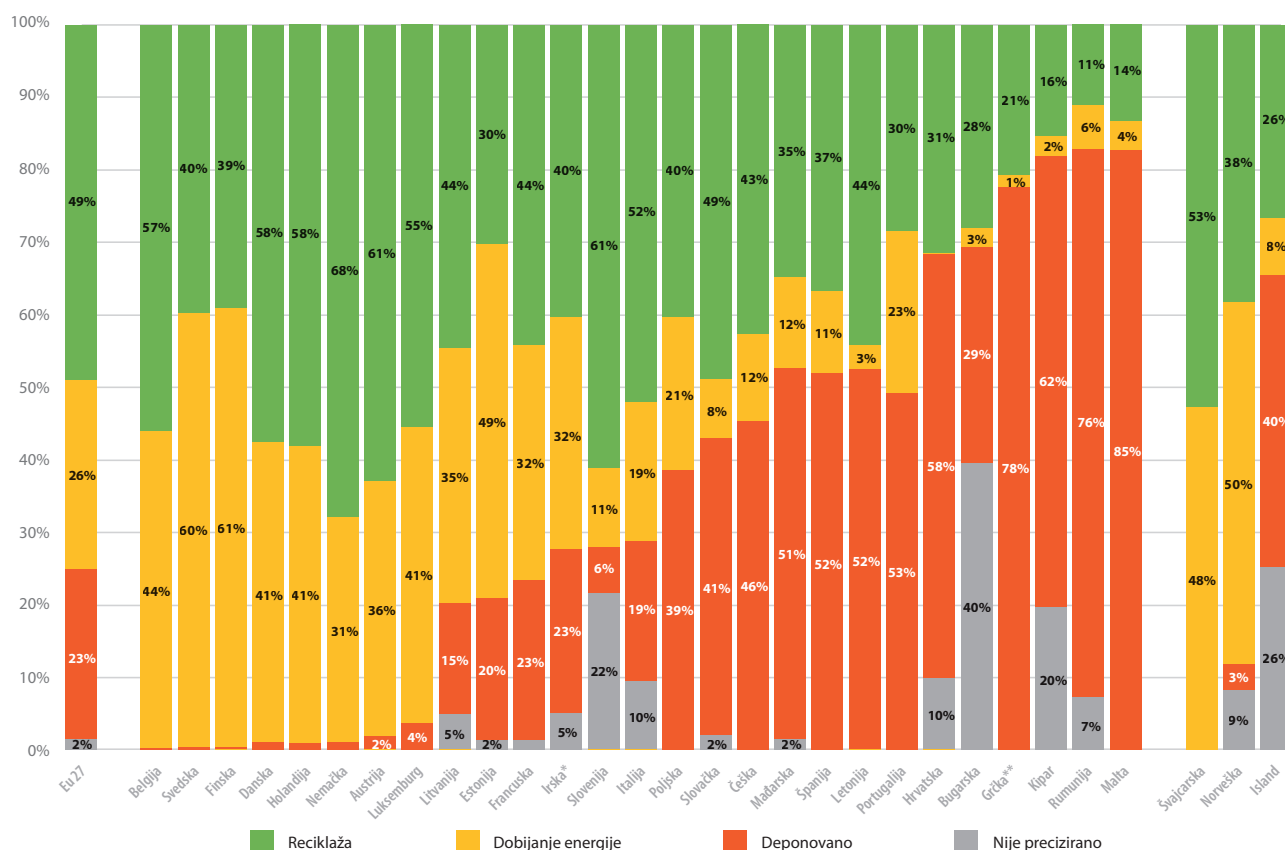
Preusmeravanje otpada sa deponije

Stope deponovanja komunalnog otpada, ključni tok otpada i cilj politika u vezi sa otpadom, jako variraju između evropskih zemalja. Između 2010. i 2020. godine, skoro sve zemlje su smanjile odlaganje na deponije. Politike koje su se pokazale kao uspešne u smanjenju odlaganja otpada na deponije uključuju zabrane i deponijske takse, kao i podsticaje za izgradnju reciklažne infrastrukture i samu reciklažu.

Prema podacima Eurostata, 48% celokupnog komunalnog otpada nastalog u EU u 2019. godini reciklirano je ili kompostirano, 27% je korišćeno za dobijanje energije, a 24% je završilo na deponijama. Na Slici 26 prikazane su količine komunalnog otpada koji je recikliran, iskorišćen za dobijanje energije, odnosno deponovan u evropskim zemljama u 2021. godini.

U skladu sa Direktivom o deponijama EU, do 2035. godine države članice moraju smanjiti količinu komunalnog otpada koji se šalje na deponiju na 10% ili manje od ukupne količine proizvedenog komunalnog otpada. U 2020. godini 9 država članica i 2 zemlje koje nisu članice EU postiglo je ovaj nivo (Austrija, Belgija, Danska, Finska, Nemačka, Luksemburg, Holandija, Norveška, Slovenija, Švedska i Švajcarska), pri čemu je nekoliko ovih zemalja koristilo znatnu količinu komunalnog otpada za dobijanje energije.

Tretman komunalnog otpada u 2021.



Slika 26: Tretman komunalnog otpada u 2021. (CEWEP 2023, na osnovu podataka EUROSTAT-a; poslednje ažuriranje u septembru 2023.)

Za Srbiju ne postoje tačni podaci, ali se procenjuje da preko 90% komunalnog otpada u zemlji završi na sanitarnim, nesanitarnim i divljim deponijama, uključujući značajan deo industrijskog otpada koji se može iskoristiti za dobijanje energije (BGEN 2022).

12.2 Koinsineracija

Postoje tri različita tipa postrojenja za koinsineraciju otpada koje definiše IED-a:

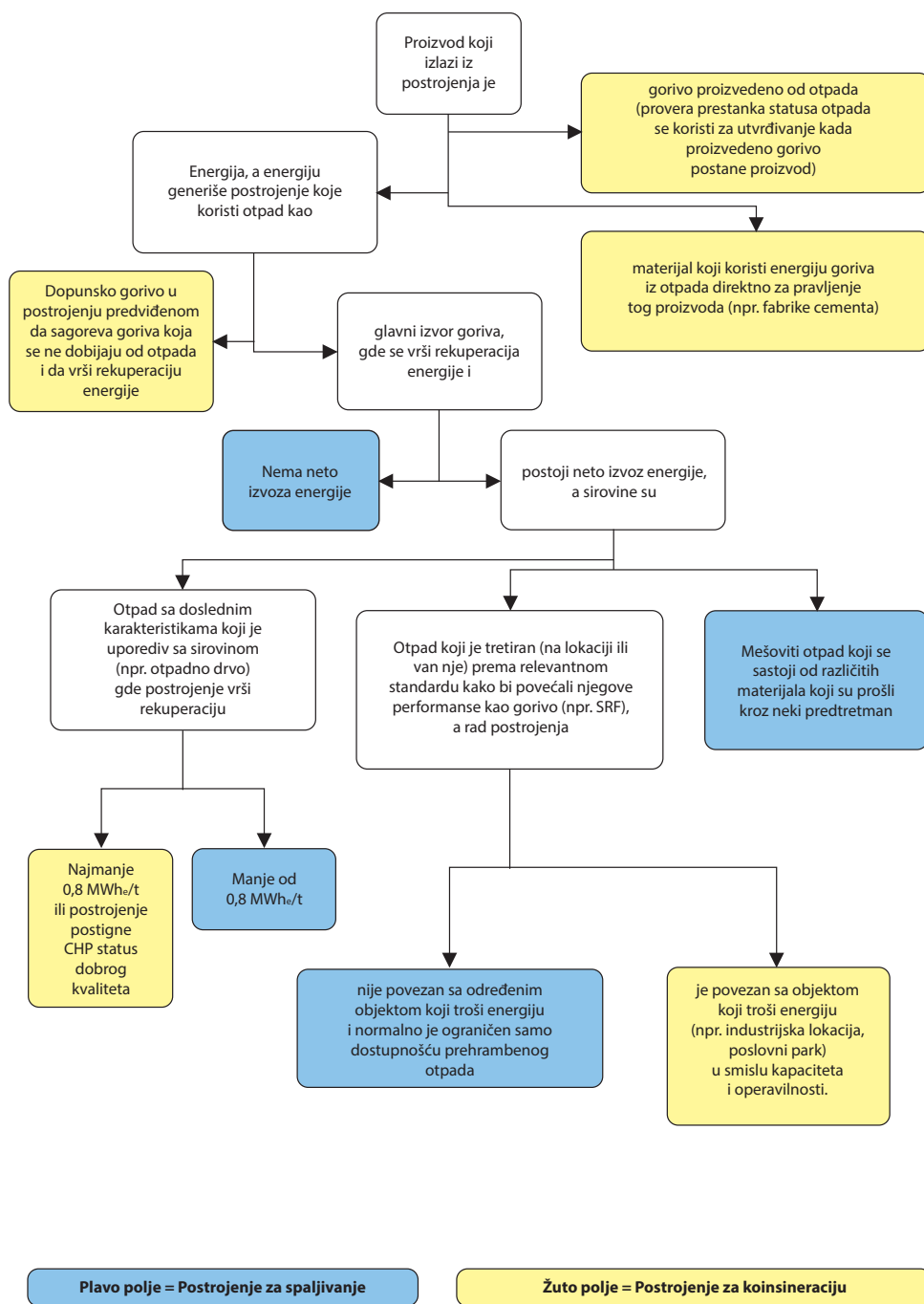
- Cementne peći za koinsineraciju otpada,
- Postrojenja za sagorevanje za koinsineraciju otpada, i
- Druga postrojenja za koinsineraciju otpada, tj. postrojenja za koinsineraciju otpada u industrijskim sektorima koji nisu pokriveni stavkama a) i b).

Za sve ove tri vrste koinsineratora otpada postoje posebne odredbe i posebni setovi graničnih vrednosti emisije, koje generalno nisu tako stroge kao one koje su definisane za insineratore otpada.

Najčešći tip je koinsineracija otpada u cementnim pećima.

Razlika između insineracije i koinsineracije otpada

Sledeći dijagram koji se koristi u Nemačkoj, dat na Slici 27, daje smernice za pravljenje razlike između insineracije i koinsineracije otpada (NRW, 2014).



Slika 27: Dijagram za pravljenje razlike između insineracije i koinseracije otpada koji se primenjuje u Nemačkoj (NRW, 2014)

Koinsineracija otpada u cementnim pećima

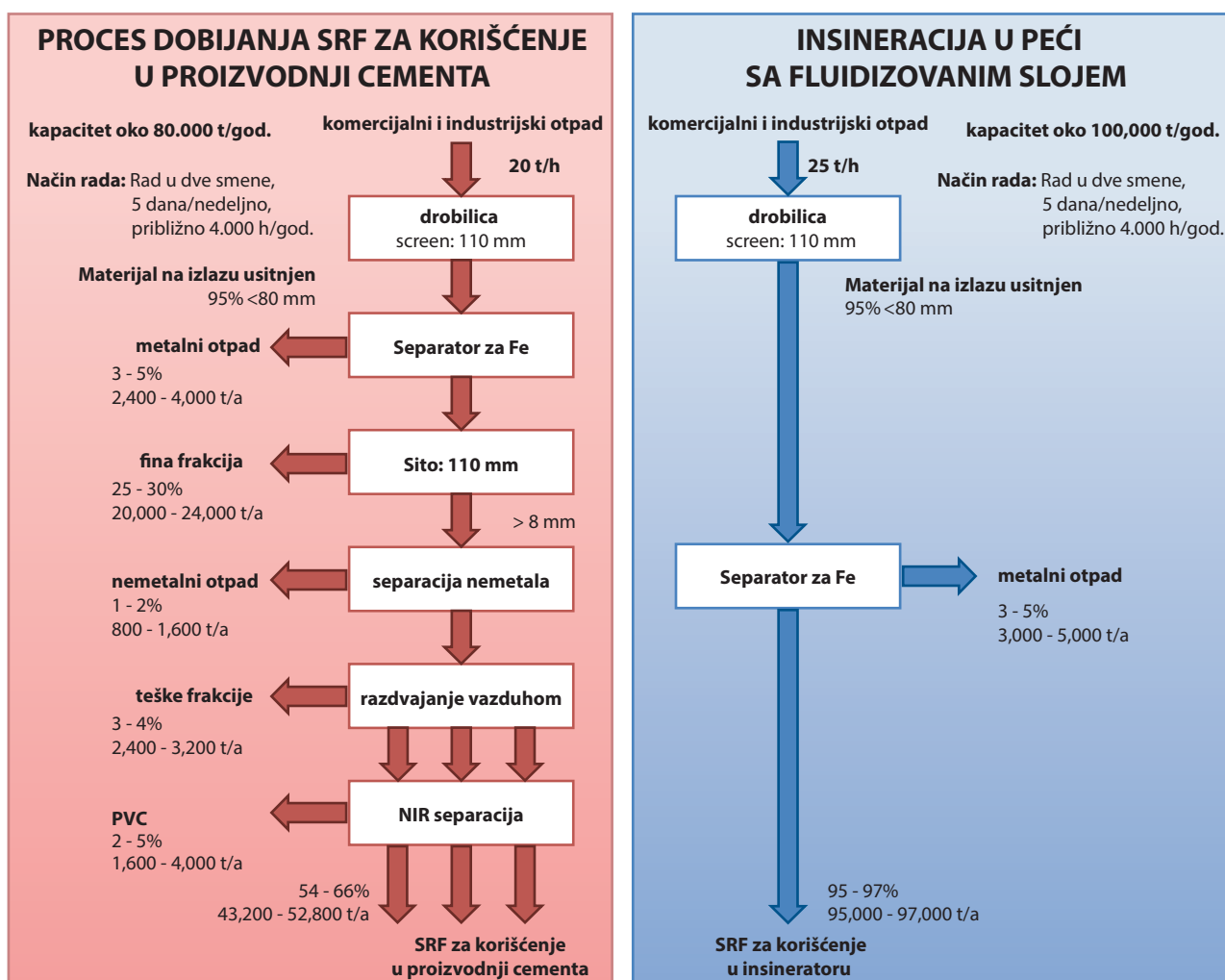
Koinsineracija otpada u industriji cementa je često primenjivana alternativa smanjenju količine deponovanog otpada, a u isto vreme otpad se koristi kao zamena za primarna fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas) koja se koriste. Osnovni uslov je kvalitet otpada koji mora biti pogodan za upotrebu u industriji cementa (naročito u pogledu kalorijske vrednosti, hemijskog sastava, stabilnosti skladištenja, mogućnosti doziranja). Iz tog razloga, koinseracija neobrađenog mešanog komunalnog otpada u cementarama nije izvodljiva, jer ova postrojenja nisu tehnički opremljena u ovu svrhu (npr. u pogledu hvatanja žive i POP zagađivača). Za razliku od insineracije otpada, koje obezbeđuje konačan način zbrinjavanja otpada i sigurno

odvajanje zagađujućih materija koji dolaze sa ulaznim otpadom, u cementnoj peći mnoge zagađujuće materije, posebno teški metali, ne mogu se kvantitativno odvojiti i stoga ostaju unutar proizvoda, cementnog klinkera. Između ostalog, ovo se odnosi na teški metal hrom, koji nakon sagorevanja oksidira do Cr(VI), a zatim se nalazi u cementu, što dovodi do sve većeg broja alergijskih reakcija kod ljudi koji rade sa proizvodom (tzv. „zidarski svrab“, ekcem i zapaljenje kože ruku praćeno jakim svrabom, koji se javlja kod zidara i uzrokovan je kontaktom sa cementom i malterom).

Predtretman otpada za koinsineraciju otpada u cementnim pećima

Zbog heterogenog sastava mešovitog komunalnog otpada, čiji je kvalitet veoma promenljiv, neophodan je njegov mehanički predtretman – odnosno proizvodnja goriva od otpada (RDF). Za proizvodnju RDF-a koriste se i druge visokokalorične frakcije otpada, kako bi se dobilo gotovo sekundarno gorivo prema specifikaciji cementare. Za ovo gorivo se takođe koristi izraz sekundarno obnovljeno gorivo (SRF), što ukazuje na kvalitet goriva koji je nešto bolji od kvaliteta RDF-a (vidi polavlje 4.7).

Slika 28 prikazuje mehanički predtretman za proizvodnju SRF (RDF) potreban za koinsineraciju u cementnoj peći, u poređenju sa mehaničkim predtretmanom potrebnim za insinerator sa fluidizovanim slojem (koji je znatno jednostavniji)



Slika 28: Poređenje postupka predtretmana otpada za korišćenje u proizvodnji cementa i insineraciju u peći sa fluidizovanim slojem (BMLFUW, 2015)

Kao što se može videti na Slici 28, mehanički predtretman koji je potreban da bi se proizveo SRF iz komercijalnog i industrijskog otpada značajno se razlikuje, u zavisnosti od toga da li je SRF koji se dobije u procesu namenjen za korišćenje u cementarama ili insineratoru sa fluidizovanim slojem.

Ako se SRF koristi u insineratoru sa fluidizovanim slojem, mehanički predtretman se sastoji samo od prilagođavanja veličine čestica usitnjavanjem nakon čega sledi uklanjanje crnih metala pomoću magnetnog separatora. Ovi koraci obezbeđuju veličinu i specifične težine čestica otpadnog goriva koje se može fluidizovati zajedno sa slojem peska. Zagađujuće materije koje dolaze sa otpadom i koje se ne mogu uništiti sadržane su u koncentrovanom obliku u malim količinama određenih čvrstih ostataka (obično pepeo iz vrećastog filtera i filter kolačima od tretmana otpadnih voda), dok su tokovi velike mase (poput dimnih gasova i otpadnih voda od mokrog čišćenja dimnih gasova) čisti i mogu se ispuštati u životnu sredinu.

Ovo odgovara osnovnom principu sagorevanja otpada, a to je da se kroz instalaciju očisti najveći deo masovnog protoka, dok se zagađujuće materije hvataju u čvrste ostatke insineracije, koji se odvajaju i bezbedno odlažu.

Nasuprot tome, proces proizvodnje cementa ne nudi sličan konačan način odlaganja koji razdvaja zagađujuće materije pomoću čvrstih ostataka. U procesu dobijanja cementa, čvrsti „ostatak“ termičke obrade je sam cementni klinker. Goriva od otpada se doziraju u cementnu peć zajedno sa sirovinom, a deo zagađujućih materija prvobitno sadržanih u gorivu od otpada biće potom sadržan u proizvodu, odnosno u cementnom klinkeru.

Da bi se ispunili zahtevi u pogledu kvaliteta definisanih za cementni klinker, mehanički predtretman koji isporučuje SRF za upotrebu kao alternativno gorivo iz otpada za koinsineraciju u industriji cementa je mnogo složeniji nego što je to slučaj sa SRF-om koji se koristi u insineratorima sa fluidizovanim slojem. Dodatni koraci koji su neophodni za proizvodnju SRF-a za industriju cementa obuhvataju npr. uklanjanje finih čestica i uklanjanje teške frakcije, koje su i relativno bogate zagađujućim materijama, kao i uklanjanje PVC-a.

12.3 Mehaničko-biološki tretman (MBT)

Mehaničko-biološki tretman (MBT) mešovito čvrstog otpada je kombinacija mehaničkog tretmana sa biološkim prilagođavanjem, tipično aerobnom digestijom (kompostiranje; videti Poglavlje 12.4).

Ulaz

Mešoviti čvrsti otpad sa određenim sadržajem biootpada, kao što je čvrsti komunalni otpad.

Izlaz

Izlazne frakcije su (ewia, 2020):

- **Laka frakcija (suva):** Ova frakcija se sastoji od lakog materijala, kao što su komadi papira i plastike. Obično se koristi za proizvodnju alternativnog goriva od otpada (RDF) koje se podvrgava naknadnoj termičkoj obradi sa dobijanjem energije.
- **Teška frakcija (mokra):** U ovoj frakciji su prisutne i druge komponente otpada, posebno biorazgradive materije. Ova frakcija se dalje obrađuje, bilo aerobnom ili anaerobnom digestijom. U prisustvu vazduha, vrši se kompostiranje i dobijeni proizvod se može koristiti kao kompost, u slučaju da dobijeni kvalitet proizvoda odgovara kriterijumima kvaliteta koji su na snazi

za kompost. Kada se tretira bez vazduha, metan se dobija anaerobnom digestijom, koji se koristi za proizvodnju energije u gasnim motorima, dok se ostatak ponovo kompostuje ili sagoreva.

- **Ostaci**, šalju se na deponiju.

Proces

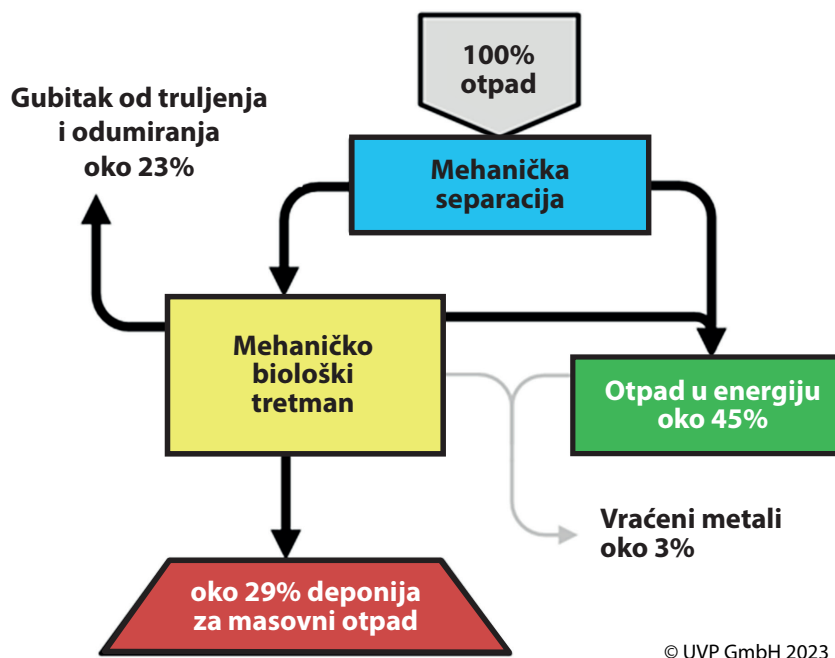
MBT je skup više tehnologija, čiji je cilj da se iz mešanog komunalnog otpada izvuče još više upotrebljivih materija. U MBT tehnologiji, mešani komunalni otpad se drobi, a zatim sortira na različitim sitima, što rezultira sa tri glavne izlazne frakcije.

Tipični koraci u procesu su (Abfallwirtschaft Steiermark, 2023a):

- Drobljenje, usitnjavanje;
- Prosejavanje;
- Balističko razdvajanje;
- Ručno i/ili mehaničko sortiranje (uklanjanje crnih i obojenih metala);
- Mešanje (npr. nakon dodavanja mulja iz kanalizacije);
- Biološki tretman.

MBT tretman mešanog komunalnog otpada treba da dovede do njegove stabilizacije i smanjenja konačne zapremine. Međutim, upotreba ovako sortiranih komponenti ostaje nerešen problem.

Slika 29 prikazuje ukupan bilans mase za austrijska MBT postrojenja (BMLFUW 2015; Umweltbundesamt, 2006b).



Slika 29: Bilans mase iz MBT tretmana u Austriji (BMLFUW 2015, na osnovu Umweltbundesamt, 2006b)

Prema ovom izvoru, samo 3% od ukupnog unosa otpada u austrijska MBT postrojenja se može povratiti (u vidu metala), dok je od 97% unete mase:

- koinsinirano (45%) kao RDF sa 15-18 MJ/kg u industriji cementa,
- poslato na deponiju (29%),
- ili je ispušteno u atmosferu u obliku gubitaka usled truljenja i/ili sušenja (23%).

MBT je alternativni tretman za tokove mešanog otpada uključujući mešani komunalni otpad. Da li i kako se izlazne frakcije mogu reciklirati ili povratiti zavisi od kvaliteta ulaznih tokova otpada. Uzimajući u obzir da se loš kvalitet proizvoda može javiti čak i u najsavremenijim MBT postrojenjima, treba da se razmotri opravdanost podvrgavanja ovih tokova otpada MBT tretmanu pre sagorevanja ili odlaganja na deponiju, umesto njihovog direktnog sagorevanja.

12.4 Aerobna digestija (kompostiranje)

Aerobna digestija (kompostiranje) je proces u kom bakterije razgrađuju određene vrste biootpada **u prisustvu kiseonika** i proizvode kompost.

Ulaz

Proces kompostiranja zahteva prisustvo četiri faktora kako bi započeo, tj. organske materije, vlage, kiseonika i mikroorganizama. Početni materijal se definiše prema svojim fizičko-hemijskim i mikrobiološkim karakteristikama.

Odnos ugljenika prema azotu (C:N) u smeši supstrata je ključan za proces. Da bi se mikroorganizmima pružila optimalna ishrana, odnos C:N treba da bude u opsegu od 25-35:1. Na primer, odnos C:N za otpad od hrane je oko 15:1, a za baštenski otpad oko 40:1. Organski otpad koji treba kompostirati mora biti odgovarajuće umešan. Određeni materijali (npr. slama i ljuspice) dodaju se kako bi se regulisali poroznost, odnos C:N i sadržaj suve materije. Ovi materijali povećavaju zapreminu praznog prostora (poroznost) u ulaznoj smeši radi boljeg snabdevanja kiseonikom. Tipično se koristi mešavina od 40% organskog otpada i 60% materijala za povećanje poroznosti. Različiti aditivi se dodaju i kako bi se poboljšao proces kompostiranja uticajem na temperaturu i pH vrednost (Abfallwirtschaft Steiermark 2023b).

U aerobnoj digestiji se obično koriste sledeći tipovi biogenog otpada:

- organski materijali iz odvojenog sakupljanja,
- komunalni mulj,
- otpad od košenja,
- lišće,
- ostaci od obrezivanja drveća i grmlja,
- stajnjak.

Izlaz

U zavisnosti od čistoće ulaznog materijala, dobijeni kompost može varirati u kvalitetu, posebno u sadržaju teških metala. Kompost boljeg kvaliteta se može koristiti u poljoprivredi, lošiji kvaliteti se koriste van poljoprivrede, npr. za potrebe uređenja i rekultivacije.

Proces

Proces se sastoji od šaržiranja materijala u gomile ili linije i njihovog redovnog prevrtanje, u cilju dovođenja svežeg vazduha u proces. Takođe se reguliše sadržaj vode, jer materijal za kompostiranje ne sme biti ni previše suv ni previše vlažan.

Nedostatak kiseonika dovodi do anaerobnih procesa (truljenja) koji izazivaju emisiju neprijatnih mirisa, što može izazvati probleme posebno u otvorenim sistemima.

Postoji nekoliko vrsta otvorenih i zatvorenih sistema dostupnih za aerobnu digestiju.

Parametri koji utiču na proces kompostiranja su:

- Sastav ulazne mešavine:
 - dodati materijal za povećanje poroznosti,
 - mešavina materijala za kompostiranje,
 - aditivi;
- Dovod kiseonika,
- Sadržaj vode / vlažnost,
- Temperatura na kojoj se proces odvija,
- Vreme kompostiranja.

Aerobna digestija je pogodna opcija za tretman otpada organskog sastava, ali nije primenljiva za tretman drugih vrsta otpada osim biorazgradivih vrsta otpada koje su gore navedene.

12.5 Anaerobna digestija (AD)

Anaerobna digestija je proces u kom anaerobne bakterije razgrađuju određene vrste organskog otpada. Proces se odvija **bez prisustva kiseonika** i proizvodi gorivi gas i ostatak digestije (suspenzija).

Ulaz

Mogu se koristiti različite vrste biorazgradivog otpada, tipično frakcije otpada sa vodenim sadržajem koji je previsok da dozvoli aerobnu digestiju (kompostiranje). Anaerobna digestija se koristi za tretman:

- poljoprivrednog otpada, npr. obnovljive sirovine, poljoprivredno đubrivo, otpalo voće, ostaci žetve, trulo seme;
- otpad od proizvodnje hrane i prehrambenih proizvoda, npr. pogača uljane repice, komina, kaša, tečni otpad šećerne repe;
- drugi organski otpad lošijeg kvaliteta, npr. biootpad iz kante za organski otpad, kanalizacioni mulj, ostaci separatora masti.

Izlaz

Anaerobna digestija proizvodi **biogas** tipičnog sastava (Abfallwirtschaft Steiermark, 2023c):

- 40 -75 Vol% metan (CH₄)
- 25 -60 Vol% ugljen dioksid (CO₂)
- 0 - 7 Vol% azot (N₂)
- 0 - 2 Vol% kiseonik (O₂)
- 0 - 1 Vol% vodonik (H₂)
- 0 - 1 Vol% vodonik sulfid (H₂S)

S obzirom na toplotnu vrednost od oko 5,0-7,5 kWh/m³ (18-27 MJ/m³), biogas se može koristiti u gasnim motorima i koristiti za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP).

Digestivni ostatak je suspenzija čvrstih nerazgradivih ostataka u tečnosti, sa neprijatnim mirisom koji potiče od sadržaja organskih kiselina i drugih organskih jedinjenja. Opcije njegovog tretmana zavise od sadržaja zagađujućih materija, odnosno od kvaliteta biorazgradivog otpada koji je podvrgnut anaerobnoj digestiji. Ostaci digestije sadrže biljne hranjive materije i mogu se ili rasipati na poljoprivredno zemljište kao đubrivo (ako to njihov kvalitet dozvoljava) ili sagorevati (ukoliko su lošeg kvaliteta).

Proces

Anaerobna digestija je rasprostranjena u prirodi i dešava se kad god organski materijal truli bez prisustva kiseonika, npr. na dnu jezera, unutar stajnjaka i u stomaku preživara.

U anaerobnom varenju aktivni su različiti sojevi bakterija. Proces se odvija u četiri uzastopna koraka:

1) Faza hidrolize:

Čvrste supstance (proteini, masti, ugljeni hidrati) se razlažu (hidrolizuju) uz pomoć bakterijskih enzima, dajući kraće molekule kao što su aminokiseline, masne kiseline i glukoza.

2) Formiranje kiseline (Acidifikacija):

Ovi molekuli prolaze dalje degradacije, dajući organske kiseline (sirćetna kiselina, propionska kiselina, buterna kiselina), niže alkohole, aldehide, vodonik (H₂), ugljen-dioksid (CO₂) i druge gasove kao što su amonijak (NH₃), vodonik sulfid (H₂S). Acidifikacija se odvija veoma brzo i prestaje kada se bakterije inhibiraju sopstvenim proizvodima razgradnje (niska pH vrednost).

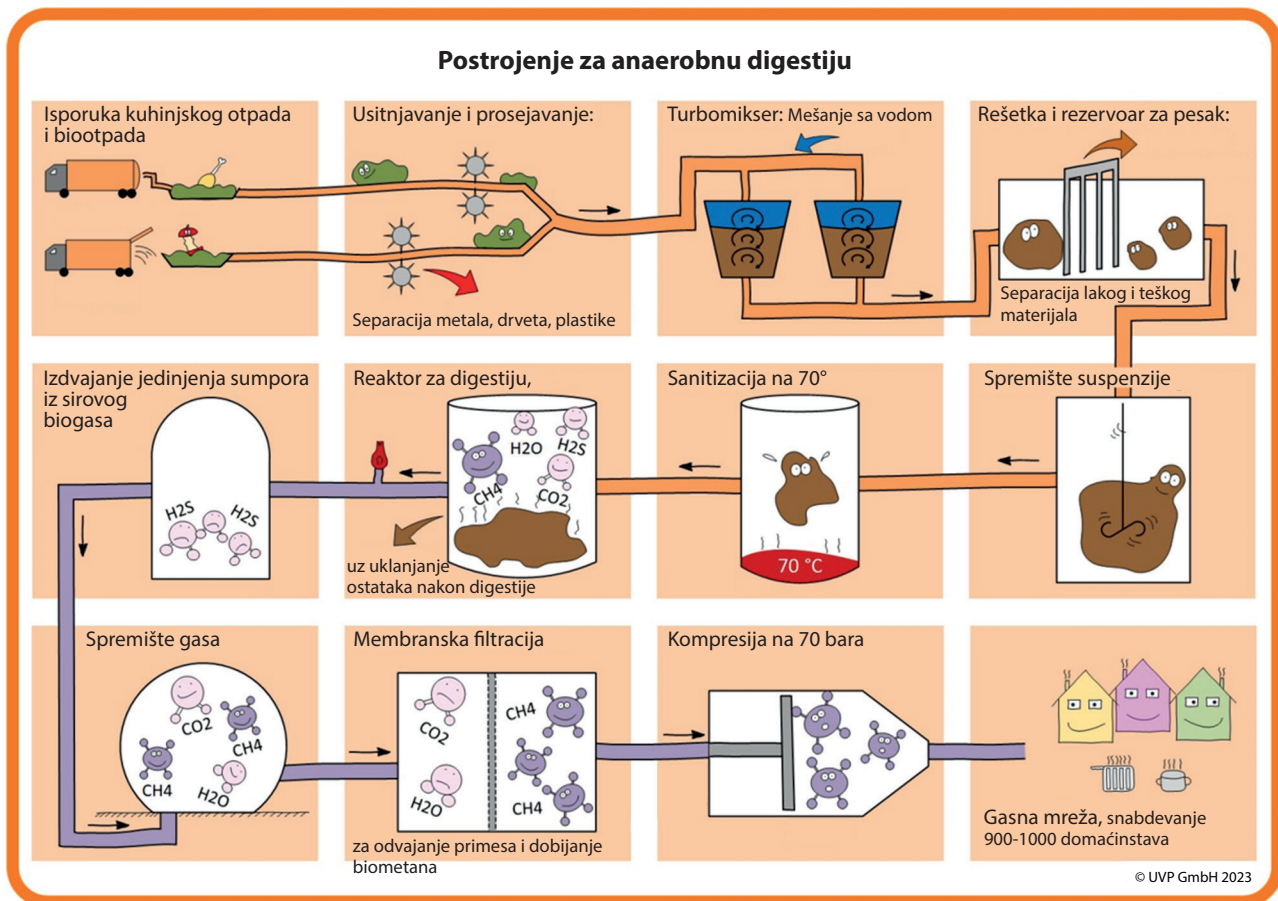
3) Acetogeni korak:

Intermedijarni proizvodi se dalje razgrađuju u sirćetnu kiselinu.

4) Metanizacija:

U strogo anaerobnom miljeu i pri pH vrednostima između 6,7 i 8,0 formiraju se konačni produkti razgradnje: metan (CH₄) i ugljen-dioksid (CO₂).

Slika 30 prikazuje princip rada najsavremenijeg postrojenja za anaerobnu digestiju (AD) kojim upravlja grad Beč. Postrojenje za anaerobnu digestiju je počelo sa radom 2007. godine, a 2015. godine na lokaciji je dodato postrojenje za prečišćavanje biogasa koje prečišćava biogas do nivoa da se može ubaciti u mrežu prirodnog gasa. U ovom postrojenju se tretira oko 22.000 tona biootpada godišnje, koji je prikupljen u Beču u kantama za organski otpad u domaćinstvima i restoranima. Biogas dobijen ovim procesom sadrži oko 64% metana (CH₄) i nakon toga prolazi kroz prečišćavanje u modernom postrojenju za membransku filtraciju i prelazi u biometan sa sadržajem CH₄ od 99%. Nakon kompresije do 70 bara, uvodi se u mrežu prirodnog gasa grada Beča. Godišnje se proizvodi preko 1 milion m³ biometana koji služi za snabdevanje gasom 900-1.000 domaćinstava (MA48 2023).



Slika 30: Primer postrojenja za anaerobnu digestiju kojim upravlja grad Beč, Austrija (© UVP GmbH, na osnovu instruktivne table na lokaciji od strane MA48, Odeljenje za upravljanje otpadom grada Beča)

Anaerobna digestija je izvodljiva opcija za tretman organskog otpada i može doprineti alternativnom i decentralizovanom stvaranju energije. Pa ipak, ovaj proces nije primenljiv za tretman drugih vrsta otpada osim biorazgradivih vrsta otpada koje su gore navedene.

12.6 Piroлиза

Nereciklabilni otpad se može podvrgnuti pirolizi kao opciji za tretman. Piroлиза je razlaganje ugljovodonika iz npr. biomase, ali i plastike i drugih organskih jedinjenja na višoj temperaturi i u odsustvu kiseonika, odnosno vazduha. Proces daje mešavinu manjih molekula koji nastaju u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju.

Proizvodi pirolize imaju značajnu energetska vrednost (toplotnu moć) i mogu se uglavnom koristiti na dva različita načina:

a) Hemijska reciklaža (Recikliranje sirovine):

Ako se proizvodi pirolize otpada koriste u druge svrhe osim za direktno sagorevanje – npr. za potrebe sinteze, kao ulaz u hemijske procese, ili kao sirovina za rafinerije nafte i gasa - piroliza je metoda hemijske reciklaže (reciklaža sirovina). Brojni istraživački i razvojni projekti se trenutno sprovode od strane različitih industrija, kako bi se proces pirolize koristio za reciklažu otpada. Reciklaža sirovina zahteva relativno čist unos otpada, npr. prethodno sortirani plastični otpad.

b) Dobijanje energije:

Nasuprot tome, proizvodi pirolize otpada mogu se koristiti i kao gorivo. U ovom slučaju se sagorevaju u cilju dobijanja energije, pri čemu je piroliza prva faza dvostepenog procesa dobijanja energije iz otpada, koji se sastoji od pirolize (1) i sagorevanja (2).

Ovo je piroliza otpada isključivo posmatrana kao metod za dobijanje energije iz otpada, i kao alternativa insineraciji otpada.

1970-ih i 1980-ih godina, kada su alternative konvencionalnoj tehnologiji sagorevanja otpada bile poželjne iz raznih razloga, veliki broj različitih procesa pirolize predložen je za različite vrste otpade.

Tabela 34 daje pregled tehnoloških razlika između spaljivanja i pirolize.

Tabela 34: Poređenje spaljivanja i pirolize (© UVP GmbH)

| Parametar | Spaljivanje | Piroliza |
|---|--|--|
| Proces | Potpuna oksidacija (sagorevanje) | Ne dolazi do oksidacije, samo do razlaganja složenih organskih molekula na manje delove pod uticajem visoke temperature |
| Snabdevanje kiseonikom | Kiseonik dodat u višku | Nije dodat kiseonik |
| Oksidirajuće sredstvo | Vazduh | Nema, ili inertni gas |
| Stohiometrijski odnos vazduh/gorivo | $\lambda > 1$ | $\lambda = 0$ |
| Entalpija reakcije | $\Delta H \gg 0$ Egzotremna, energija se otpušta | $\Delta H < 0$ Endotermna, proces mora biti snabdeven energijom, obično se deo proizvoda sagoreva da bi se proces održao |
| Proizvodi reakcije | Dimni gas Čvrsti ostaci (inertni) | Pirolitički gas Pirolitičko ulje Katran iz pirolize Koks iz pirolize |
| Sastav sintetičkog gasa (glavne komponente) | CO ₂ H ₂ O SO _x NO _x HCl HF | CO ₂ , CO H ₂ O, H ₂ SO _x , H ₂ S, R-SH, R-S-R ... NO _x , NH ₃ , R-NH ₂ ... HCl HF Razni C _x H _y (alkani, alkeni, alkini, benzen, toluen...) |
| Tečni proizvodi | Ne proizvode se tečnosti | C _x H _y u bilo kom obliku, uključujući POP |
| Produkti katrana | Ne proizvodi se katran | Značajna količina katrana |
| Čvrsti proizvodi | Inertne čvrste čestice sa maks. 3% TOC | Inertne čvrste čestice sa visokim nivoom TOC Čađ Gasni i tečni ugljovodonici adsorbovani na ugljeniku |
| Kontrola reakcije | Može se dobro kontrolisati | Nepredvidivo pucanje hemijskih veza u složenim organskim molekulima rezultira dobijanje kraćih organskih molekula, reakcija se može kontrolisati samo pomoću p, T, vremena zadržavanja |
| Najbolja dostupna tehnika (BAT) opisana u BREF WI i BATC (2019) | BAT je detaljno preciziran, stotine referentnih BAT postrojenja u funkciji u Evropi | Nikakav BAT nije preciziran u BREF WI, ni jedno referentno evropsko postrojenje nije opisano |

Pirolitički procesi za tretman otpada su bili predmet velikog istraživanja i razvoja od kraja 1960-ih. Nekoliko pilot postrojenja je bilo u funkciji 1990-ih. Trenutno su neki procesi u razvoju, ali oni tek treba da dokažu ekonomsku i ekološku održivost industrijskog obima.

Dosadašnja iskustva sa poznatim pirolitičkim procesima, kao i njihovi energetske rezultati, otkrivaju značajne nedostatke u tretmanu komunalnog otpada i sličnog mešanog otpada u poređenju sa tehnologijama insineracije sa rešetkom i u fluidizovanom sloju.

Pa ipak (osim reciklaže sirovina, koja se intenzivno istražuje u ovom trenutku), piroliza može biti proces termičke obrade otpada za posebne primene, na primer za uklanjanje plastičnog materijala sa metala koji će biti podvrgnut reciklaži materijala, uklanjanje plastične izolacije sa otpadnih kablova i žica, ili uklanjanje plastičnih delova sa električnog i elektronskog otpada (WEEE).

12.7 Gasifikacija

Nereciklabilni otpad se može podvrgnuti gasifikaciji kao opciji za tretman otpada. Gasifikacija znači razlaganje jedinjenja koja sadrže ugljenik, poput ugljovodonika (npr. biomase, plastike, nafte), ali i čađi i aktivnog uglja od otpada – na višoj temperaturi i u prisustvu substehiometrijske količine kiseonika ili vazduha, što ne dozvoljava potpunu oksidaciju (sagorevanje). Proces gasifikacije daje mešavinu delimično oksidovanih gasovitih proizvoda, pretežno ugljen-monoksida (CO) i vodonika (H₂), ali i manje količine ugljen-dioksida (CO₂) i vode (H₂O), zajedno sa drugim gasovima, čađi i tragovima tečnih proizvoda veće molekularne mase (tj. katrana).

Gasna mešavina koja se sastoji uglavnom od CO i H₂ naziva se „sintetički gas“ ili „singas“, i može se koristiti kao supstrat za hemijsku sintezu organskih molekula, kao što je metanol (CH₃OH).

Sintetički gas ima značajan energetske sadržaj (toplotnu moć) i mogu se uglavnom koristiti na dva različita načina:

a) Hemijska reciklaža (Recikliranje sirovine):

Ako se sintetički gas dobijen iz gasifikacije otpada koristi u svrhu sinteze (npr. Fischer Tropsch sinteza ugljovodonika), gasifikacija je metod hemijske reciklaže (recikliranje sirovina).

b) Obnavljanje energije:

Nasuprot tome, singas se može koristiti i kao gorivo. U ovom slučaju se singas sagoreva u cilju dobijanja energije, pri čemu je gasifikacija prva faza dvostepenog procesa dobijanja energije iz otpada, koji se sastoji od gasifikacije (1) i sagorevanja (2).

Ovo poglavlje se bavi isključivo gasifikacijom otpada kao metodom za dobijanje energije iz otpada, i kao alternativom insineraciji otpada.

Princip gasifikacije za dobijanje energije iz otpada je da se supstrat oksidira samo delimično, dok ga sagorevanje potpuno oksidira, i da se iskoristi toplotna moć proizvedenog gasa.

Već početkom 19. veka gasifikacija je korišćena za dobijanje zapaljivog gasa iz uglja. Ovaj gas se nekoliko decenija koristio kao „gradski gas“ za grejanje i osvetljenje, a potom je sredinom 20. veka zamenjen prirodnim gasom.

Tabela 35 daje pregled tehnoloških razlika između sagorevanja i gasifikacije.

Tablela 35: Poređenje spaljivanja i gasifikacije (© UVP GmbH)

| Parametar | Sagorevanje | Gasifikacija |
|---|--|--|
| Proces | Potpuna oksidacija | Delimična oksidacija |
| Snabdevanje kiseonikom | Kiseonik dodat u višku | Substehiometrijska količina dodatog kiseonika |
| Oksidirajuće sredstvo | Vazduh | Vazduh, vodena para |
| Stohiometrijski odnos vazduh/gorivo | $\lambda > 1$ | $\lambda < 1$ |
| Entalpija reakcije | $\Delta H \gg 0$ Egzotremna, energija se otpušta | Autotermalna reakcija, kombinacija nekoliko endotermnih i egzotermnih reakcija / hemijska ravnoteža |
| Proizvodi reakcije | Dimni gas Čvrsti ostaci (inertni) | Sintetički gas Čvrsti ostaci (inertni) |
| Sastav sintetičkog gasa (glavne komponente) | CO ₂ H ₂ O SO _x NO _x HCl HF | CO ₂ , CO H ₂ O, H ₂ SO _x , H ₂ S NO _x , NH ₃ HCl HF |
| Tečni proizvodi | Ne proizvode se tečnosti | Ne proizvode se tečnosti |
| Produkti katrana | Ne proizvodi se katran | Vide se tragovi katrana |
| Čvrsti proizvodi | Inertne čvrste čestice sa maks. 3% TOC | Inertne čvrste čestice sa niskim TOC |
| Kontrola reakcije | Može se dobro kontrolisati | Može se dobro kontrolisati |
| Najbolja dostupna tehnika (BAT) opisana u BREF WI i BATC (2019) | BAT je detaljno preciziran, stotine referentnih BAT postrojenja u funkciji u Evropi | Nikakav BAT nije preciziran u BREF WI, referentno postrojenje Kymijärvi II njime upravlja Lahti Energia Oy iz Finske |

Postoji jedno dobro poznato referentno postrojenje Kymijärvi II u Lahtiju, u Finskoj, kojim upravlja dobavljač energije Lahti Energia Oi. U njemu se godišnje gasifikuje oko 250.000 tona sekundarno obnovljenog goriva (SRF), a prečišćeni sintetički gas se dovodi u susedno veliko postrojenje Kymijärvi I za sagorevanje ugljene prašine, za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP). Postrojenje za gasifikaciju Kymijärvi II počelo je sa radom 2012. godine i još uvek je prilično jedinstven tip postrojenja. Zahvaljujući integraciji u termoelektranu na ugalj, može se postići visoka energetska efikasnost (Valmet 2013).

Gasifikacija još uvek nije rasprostranjen proces termičke obrade otpada.

12.8 Hidrotermički tretman otpada

Osim „klasičnih“ alternativnih procesa tretmana otpada, pirolize i gasifikacije, u poslednjih nekoliko godina sprovedena su i neka nova istraživanja, a jedno od njih su različite vrste hidrotermičkog tretmana otpada.

Tabela 36: Pregled hidrotermičkih tretmana otpada prema UBA-DE 2017

| | Hidrotermička karbonizacija | Hidrotermička likvefakcija | Hidrotermička gasfikacija | Vapotermička karbonizacija |
|----------------------|--|--|--|----------------------------|
| Reaktant | Voda, tečnost | Voda, tečnost | Voda, superkritično | Zasićena para |
| Temperatura | 170 – 250 °C | 250 – 350 °C | 600 – 700 °C | 180 – 250 °C |
| Pritisak | 10 – 40 bar | 50 – 200 bar | 250 – 300 bar | 16 – 42 bar |
| Vreme reakcije | 2 – 16 h | 10 – 15 min | 1 – 5 min | 3 h |
| Aditiv / Katalizator | Limunska kiselina, Fe ₂ SO ₄ | Alkalni karbonati Alkalni hidroksidi | Uglavnom nema | Nema |
| Glavni produkt | Karbonizacija | Uljana tečnost bogata fenolima | H ₂ , CO ₂ , CH ₄ | Karbonizacija |
| Separacija proizvoda | Odvodnjavanje Sušenje | Razdvajanje faza hidrofilna - hidrofobna | Razdvajanje faza gasna – tečna | Sušenje |

UBA-DE 2017 sadrži više i detaljnije informacije o „klasičnim“ i „novim“ alternativnim procesima tretmana, i zaključuje sledeće:

„Kao što je ranije opisano, samo biogene ulazne frakcije mogu se tretirati hidrotermičkim procesima. U osnovi, oni nisu opcija za tretman frakcija mešanog komunalnog otpada.

Hidrotermički tretman bi mogao biti interesantna opcija za tretman kanalizacionog mulja i drugih veoma vlažnih supstrata, jer hidrotermički procesi rezultiraju boljim odvodnjavanjem supstrata i stoga mogu igrati ulogu u optimizaciji odvodnjavanja i sušenja takvih supstanci u budućnosti.

Da bi se došlo do ove tačke, potrebno je stalno istraživanje i razvoj. Posebno pitanja koja se javljaju u vezi sa tretmanom ostataka i nusproizvoda (otpadne vode sa CSB, otpadni gas opterećen organskim supstancama), u vezi sa efektom i neophodnošću upotrebe katalizatora (često se koristi limunska kiselina, ali se ne može smatrati katalizatorom, jer se troši tokom procesa) i energetski bilans celog procesa tek treba da se razjasni. Trenutno, nijedan od opisanih procesa (...) ne bi bio klasifikovan iznad 3. nivoa u pogledu tehnološke zrelosti prema VDI smernici 3460, tabela 31.

Nadalje, tek treba da se razjasni koji će status proizvodi iz HTC tretmana dobiti. U osnovi, pravilo je da otpad ostaje otpad i nakon tretmana. Kao posledica toga, to znači da bi termička obnova HTC karbonizata bila moguća tek prema 17. BImSchV¹⁴.”

12.9 Plazma proces

Još jedan primer „alternativnog procesa“ za termičke obradu otpada je plazma proces, gde se spaljivanje otpada ili gasifikacija otpada vrši sa naknadnim sagorevanjem. Plazma se proizvodi pomoću elektrolučne peći ili plazma gorionika koji daje reakcione temperature od najmanje 2.000°C (UBA-DE, 2017), ali su takođe prijavljene temperature do 5.500°C (Willis et al, 2010.). Zbog ovih visokih temperatura spaljivanja, mineralni sadržaj otpada se topi i proizvodi šljaku; ovo zaista čini razliku u odnosu na šljaku od sagorevanja

¹⁴ Znači: „kao otpad“ – 17. BImSchV je nemačka uredba prema nemačkom saveznom zakonu o zaštiti od imisija i nemačka transpozicija IED poglavlja IV i Aneksa VI propisa o spaljivanju i koineraciji otpada u nacionalni zakon.

otpada¹⁵, što može biti prednost pošto je ispiranje teških metala značajno smanjeno kada su blokirani unutar kristalne rešetke granulata šljake dobijenog plazma procesom.

S druge strane, proces plazme je izuzetno skup i troši ogromne količine energije za stvaranje ovih ekstremno visokih temperatura. Tehnologija se pretežno koristi u Japanu, gde je gustina naseljenosti velika, a prostora nema dovoljno, i primena ovog skupog procesa čini se prihvatljivom za donosiocce odluka. Postoje i postrojenja u SAD i Kanadi.

U Evropi se tretman plazmom ne smatra odgovarajućom i održivom opcijom tretmana za visokokalorični otpad. Ukupni učinak i energetski bilans za plazma procese do sada se još nije pokazao ekonomski održivim u poređenju sa najsavremenijim insineratorima.

„Plazma procese karakterišu visoki troškovi ulaganja, rada i održavanja. Tehnologija je relativno sklona poremećajima u radu. Elektrode imaju kratak životni vek, elektronski uređaji su veoma osetljivi. Trenutno, nijedan plazma proces nije pružio potpuni dokaz tehnološke zrelosti u industrijskom kontinuiranom radu.“ (UBA-DE, 2017)

¹⁵ Takođe za šljaku od „normalnog“ sagorevanja otpada na temperaturama od oko 850-1100°C, koristi se izraz pepeo, iako se topljenje i vitrifkacija sadržaja mineralnog otpada obično ne dešava na ovim temperaturama.

13 Zaključak i budući trendovi u insineraciji otpada

Na samom početku industrijalizacija je u evropskim zemljama sprovedena ne uzimajući previše u obzir efekte koje ona ima na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Značajne emisije su ispuštene u okolinu, a zajedno sa porastom životnog standarda počele su da se gomilaju i količine otpada koji se proizvodi. U dužem vremenskom periodu, odlaganje otpada na deponiju ili odlaganje u šumu ili u jarak pored puta činilo se prihvatljivim.

Trebalo je vremena da se shvati koliko je važna zdrava životna sredina i koliki je njen uticaj na zdravlje ljudi. Jedna od najznačajnijih mera zaštite životne sredine je razvoj sistema upravljanja otpadom koji dobro funkcioniše. U zavisnosti od količine i kvaliteta različitih vrsta otpada koji se stvaraju, mora se uspostaviti optimizovan sistem prikupljanja i tretmana otpada. Evropska hijerarhija otpada definiše principe i daje smernice za uspostavljanje sistema upravljanja otpadom. Ona sadrži pet nivoa upravljanja otpadom i postavlja njihovu hijerarhiju na sledeći način: Prevencija nastanka; Priprema za ponovnu upotrebu; Reciklaža; Prerada otpada - iskorišćenje materijala i energije; Odlaganje - deponovanje.

Insineracija i koincineracija otpada su operacije prerade otpada, jer predstavljaju načine stvaranja energije i/ili sekundarnih materijala iz termički tretiranog otpada. Insineracija i koincineracija nisu konkurencija reciklaži i ponovnoj upotrebi. Oni dopunjuju ove sisteme. Statistički podaci jasno pokazuju da su zemlje sa najvišim stopama reciklaže istovremeno i zemlje sa najvećim stopama dobijanja energije iz otpada.

Insineracija i reciklaža uvek idu ruku pod ruku. Na primer, u tretmanu mešovitog plastičnog otpada, oni plastični materijali koji su pogodni za reciklažu se odvajaju pozitivnim sortiranjem, ostavljajući za sobom mešavinu plastičnog otpada koji se zbog lošeg kvaliteta ne može podvrgnuti reciklaži. Ovi ostaci od sortiranja i dalje predstavljaju odgovarajuće gorivo, jer imaju značajnu toplotnu moć i mogu se bezbedno koristiti za proizvodnju energije.

Sagledavajući sistem upravljanja otpadom u Srbiji i njegov štetan uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, uključivanje insineracije u sistem upravljanja otpadom trebalo bi prvenstveno da dovede do smanjenja količina deponovanog otpada i štetnih materija koje se nalaze u njemu, a koje trenutno sa deponija odlaze u životnu sredinu. Insineracija predstavlja ekološki prihvatljiviju alternativu deponovanju i značajna je mogućnost za rešavanje dvostrukog problema u Srbiji: smanjenja negativnog uticaja otpada na životnu sredinu i zdravlje ljudi (1) i dobijanja dodatne energije (2).

Insineracija je u Evropskoj uniji uobičajena praksa, sa preko 500 insineratora u radu. Za insineraciju otpada razvijen je visok nivo sistema zaštite životne sredine, čiji standardi su najoštriji u odnosu na sve industrijske sektore. Celokupan proces planiranja, izgradnje i rada insineratora pod budnim je okom javnosti i njeno uključivanje i informisanje je od ključnog značaja.

Prema Direktivi o industrijskim emisijama EU (IED), za sve IPPC instalacije tj. industrijske instalacije iznad određene veličine (kapaciteta), moraju se primeniti najbolje dostupne tehnike (BAT). Preporučuje se da i manja postrojenja, koja nisu IPPC postrojenja, ipak poštuju Zaključke o BAT-u koliko god je to moguće, kako bi se obezbedio viši nivo zaštite životne sredine.

U vezi sa insineracijom otpada, Srbija je već u domaće zakonodavstvo prenela deo propisa EU, i nastaviće sa tim procesom do potpunog usaglašavanja. Paralelno sa time, neophodno je da nastavi sa razvojem sistema upravljanja otpadom i ulaganja u njega, pre svega sa aspekta primarne selekcije otpada, unapređenja tokova otpada, pokrivenosti stanovništva i industrije uslugama prikupljanja i transporta otpada i zatvaranja nesanitarnih i divljih deponija.

Ključno za usvajanje novih obrazaca ponašanja u sistemu upravljanja otpadom ima pravilno i transparentno informisanje javnosti i njena edukacija o metodama i tehnikama za tretman i upravljanje otpadom.

Cilj uspostavljanja sistema upravljanja otpadom treba da bude da je on samoodrživ i bez štetnih posledica na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Insineracija ima svoju ulogu u uspostavljanju ovakvog sistema i pogodna je kako za razvojne državne projekte, tako i za privatne ili zajedničke investicije države i privrede. Pored iskorišćenja energije zarobljene u otpadu insineracijom se dobijaju sekundarni materijali (npr. crni i obojeni metali, inertna frakcija za građevinski sektor) koji mogu da se recikliraju. Istovremeno, emisije gasova sa efektom staklene bašte, ali i zagađenje životne sredine u poređenju sa dosadašnjom praksom deponovanja u Srbiji će se smanjiti. Da bi insineracija bila prihvaćena od strane društva ona mora poštovati stroge standarde zaštite životne sredine i transparentnosti u radu, radi stvaranja sigurnog i bezbednog okruženja za dalji razvoj.

Izvori

Abfallwirtschaft Steiermark (2023a): Department of Waste Management of the Province Government of Styria, Austria; Website on MBT Technology: <https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4335876/DE/> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Abfallwirtschaft Steiermark (2023b): Department of Waste Management of the Province Government of Styria, Austria; Website on Aerobic Digestion Technology (Composting): <https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4335814/DE/> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Abfallwirtschaft Steiermark (2023c): Department of Waste Management of the Province Government of Styria, Austria; Website on Anaerobic Digestion Technology: <https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/23822284/DE/> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Altlasten Portal (2023): Altlastenbeitrag. <https://www.altlasten.gv.at/finanzierung/altlastenbeitrag.html> (Pristupljeno: 24.07.2023)

Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Abfallverbände. (2023): Aufgaben der Abfallverbände in den Bundesländern. <https://www.argeawv.at/%C3%BCber-uns/> (Pristupljeno: 24.07.2023)

Astrup, T., Muntoni, A., Poletini, R., Pomi, R., Van Gerven, T & Van Zomeren, A. (2016): Treatment and Reuse of Incineration Bottom Ash in Environmental Materials and Waste, edited by Prasad, M.N.V. & Shih, K., 607-645. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.01001-5> (Pristupljeno: 11.02.2024)

Baskar, C., Ramakrishna, S., Baskar, S., Sharma, R., Chinnappan, A. and Sehrawat, R. eds., 2022. Handbook of Solid Waste Management: Sustainability Through Circular Economy (pp. 3-190). Singapur: Springer.

Blasenbauer, D., Huber, F., Mühl, J., Fellner, J. & Lederer, J. (2023): Comparing the quantity and quality of glass, metals, and minerals present in incineration bottom ashes from a fluidized bed and a grate incinerator. Waste Management 161, 142-155.

BGEN (2022): Balkan Green Energy News: Waste-to-energy in Serbia – a cause for concern or an opportunity to reap environmental-climate-energy benefits. Datum objavljivanja: 11.11.2022. <https://balkangreenenergynews.com/waste-to-energy-in-serbia-a-cause-for-concern-or-an-opportunity-to-reap-environmental-climate-energy-benefits/> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Bihalowicz, J.; Rogula-Kozłowska, W.; Krasuski, A. Contribution of landfill fires to air pollution—An assessment methodology. Waste Manag. 2021, 125, 182–191.

BMLFUW (2015): Neubacher, F. (UVP GmbH): Waste-to-Energy in Austria, Whitebook – Figures, Data, Facts. 3rd. Edition, published by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; meanwhile BMK Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie), Beč, Austrija, 2015. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:40b93468-8ffc-4581-a7f3-a0dedec04350/Whitebook_Waste_to_Energy.pdf (Pristupljeno: 29.11.2023)

BMWA (2022): BMWA Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Austrian Federal Ministry of Economy and Work): TG Biogasanlagen - Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen. (Technical Basis for the Assessment of Biogas Installations.) Vienna, Austria, 2022. <https://www.bmaw.gv.at/dam/jcr:654ac930-0e3c-4a86-a54a-233ad73a1bc5/TG%20Biogasanlage%202022.pdf> (Pristupljeno: 11.02.2024)

Brender JD, Maantay JA, Chakraborty J. Residential proximity to environmental hazards and adverse health outcomes. Am J Public Health. 2011 Dec; 101 Suppl 1 (Suppl 1):S37-52. doi: 10.2105/AJPH.2011.300183. Epub 2011 Oct 25. PMID: 22028451; PMCID: PMC3222489.

- Brunner, P.H. & Rechberger, H. (2015): Waste to energy – key element for sustainable waste management. *Waste Management* 37, 3-12.
- Caprai, V., Schollbach, K., Florea, M.V.A. & Brouwers, H.J.H. (2020). Evaluation of municipal solid waste incineration filter cake as supplementary cementitious material. *Construction and Building Materials* 250. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118833>.
- Cassee et al. (1998): Cassee, F.R., Groten J.P., Van Bladeren P.J., Feron V.J. (1998). Toxicological evaluation and risk assessment of chemical mixtures. *Crit.Rev.Toxicol.* 28(1): 73-101.
- CEWEP (2010): The R1 – Formula, an energy efficiency criterion for Municipal Waste Incinerators. https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/11/509_10_hubert_de_chefdebien_r1_guideline.pdf (Pristupljeno: 19.07.2023)
- CEWEP (2021): Latest Eurostat Figures: Municipal Waste Treatment 2019. <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2019/> (Pristupljeno: 23.10.2023)
- CEWEP (2023): Website of CEWEP Confederation of European Waste-to-Energy Plants, Brussels, Belgium. <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2020-2/> (Pristupljeno: 29.11.2023)
- CEWEP (2023a): Bottom ash fact sheet. <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/09/FINAL-Bottom-Ash-factsheet.pdf> (Pristupljeno: 08.09.2023)
- CEWEP (2023b): Waste-to-energy-cycle. <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-cycle/> (Pristupljeno: 30.08.2023)
- CEWEP (2023c): Waste-to-Energy Plants in Europe in 2020. <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2020/> (Pristupljeno: 19.02.2024)
- Chen, B., Perumal, P., Illikainen, M. & Ye, G. (2023). A review on the utilization of municipal solid waste incineration (MSWI) bottom ash as a mineral resource for construction materials. *Journal of Building Engineering* 71, 1-18.
- Chen, D., Zhang, Y., Xu, Y., Nie, Q., Yang, Z., Sheng, W., & Guangren Qian. (2022). Municipal solid waste incineration residues recycled for typical construction materials - a review. *Royal society of chemistry*, 12 (10): 6279–6291. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8981596/#:~:text=Compared%20with%20fly%20ash%20and,%2C%20Ni%2C%20Cd%2C%20etc.&text=and%20poisonous%20substances> (Pristupljeno: 08.09.2023)
- Cole-Hunter, T., Johnston, F.H., Marks, G.B, Morawska, L., Morgan, G.G., Overs, G., Porta-Cubas, A. & Cowie, C.T. The health impacts of waste-to-energy emissions: a systematic review of the literature. *Environmental Research Letters* 15.
- Commission notice 2018/C 124/01 on technical guidance on the classification of waste. (2018): Official Journal C124. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0409\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0409(01)) (Pristupljeno: 28.07.2023)
- Dadario et al. (2023): Dadario, N. et al.: Waste-to-Energy Recovery from Municipal Solid Waste: Global Scenario and Prospects of Mass Burning Technology in Brazil. *Sustainability* 2023, 15(6), 5397. <https://doi.org/10.3390/su15065397> (Pristupljeno: 11.02.2023)
- Di Maria, F., Mastrantonio, M. & Uccelli, R. (2021): The life cycle approach for assessing the impact of municipal solid waste incineration on the environment and on human health. *Science of the Total Environment* 776.
- Direktiva 2000/76/EZ Evropskog parlamenta i Saveta od 04. decembra 2000. o spaljivanju otpada (OJ L332, P91 – 111)
- Direktiva 2008/98/EZ Evropskog parlamenta i Saveta od 19. novembra 2008. O otpadu i ukidanju određenih direktiva – Okvirna Direktiva EU o otpadu (Waste Framework Directive, WFD).

Direktiva 2010/75/EU Evropskog parlamenta i Saveta od 24. novembra 2010. o industrijskim emisijama (integrisano sprečavanje i kontrola zagađenja) (Industrial Emissions Directive, IED) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010L0075-20110106> (Pristupljeno: 12.02.2024)

Direktiva 2011/92/EU Evropskog parlamenta i Saveta od 13. decembra 2011. o proceni uticaja određenih javnih i privatnih projekata na životnu sredinu, izmenjena i dopunjena Direktivom 2014/52/EU (EIAD)

Direktiva 2012/18/EU Evropskog parlamenta i Saveta od 04. jula 2012. o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne materije, o izmeni i kasnijem stavljanju van snage Direktive Saveta 96/82/EC (Seveso III Direktiva)

Direktiva 2014/34/EU Evropskog parlamenta i Saveta od 26. februara 2014. o usaglašavanju zakonodavstava država članica u vezi sa opremom i zaštitnim sistemima predviđenim za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama (ATEX Direktiva)

Direktiva 2014/52/EU Evropskog parlamenta i Saveta od 16. aprila 2014. kojom se menja i dopunjuje Direktiva 2011/92/EU o proceni uticaja određenih javnih i privatnih projekata na životnu sredinu (EIAD)

Generalni direktorat Evropske komisije (2011): Smernice o tumačenju formule energetske efikasnosti R1 za postrojenja za spaljivanje namenjena preradi komunalnog čvrstog otpada prema Aneksu II Direktive 2008/98/EK o otpadu. Dokument sa smernicama koji je objavio Generalni direktorat za životnu sredinu Evropske komisije, Brisel, 2011. <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/framework/guidance.pdf> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Dolk H., Vrijheid M., Armstrong B., Abramsky L., Bianchi F., Garne E., Nelen V., Robert E., Scott JES, Stone D. and Tenconi R. (1998): Risk of congenital anomalies near hazardous waste landfill sites in Europe: the Eurohazion study. *Lancet*, 352, 423–427, 1998.

EEA (2016): EMEP/EEA Vodič za inventar emisija zagađujućih materija u vazduh; Evropska agencija za životnu sredinu, Copenhagen, Danska, 2016.

Elliott P., Briggs D., Morris S., de Hoogh C., Hurt C., Jensen T.K., Maitland I., Richardson S., Wakefield J. and Jarup L., 2001 Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *British Medical Journal*, 363–368

EUR-Lex. (2023a): Ekološka politika EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:environment> (Pristupljeno: 16.06.2023)

EUR-Lex. (2023b): Hijerarhija otpada. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/glossary/waste-hierarchy.html> (Pristupljeno: 16.06.2023)

Komisija EU (2023): Energija, klimatske promene, ekologija. Direktiva o industrijskim emisijama (IED, Direktiva 2010/75/EU). https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-emissions-directive_en (Pristupljeno: 08.09.2023)

Komisija EU (2023): Energija, klimatske promene, ekologija. Okvirna direktiva o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EK). https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en (Pristupljeno: 13.06.2023)

Komisija EU (2023a): Green Best Practice Community. Pay-as-you-throw. <https://greenbestpractice.jrc.ec.europa.eu/node/7> (Pristupljeno: 27.07.2023)

Komisija EU (2023b): Izveštaj Komisije EU parlamentu, Savetu, Ekonomskom i socijalnom komitetu i Komitetu regiona. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0304> (Pristupljeno: 27.07.2023)

Komisija EU (2023c): Energija, klimatske promene, ekologija. Procena ekološkog uticaja. https://environment.ec.europa.eu/law-and-governance/environmental-assessments/environmental-impact-assessment_en (Pristupljeno: 22.06.2023)

- Komisija EU (2023d): Energija, klimatske promene, ekologija. Industrijska bezbednost. https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-accidents_en (Pristupljeno: 27.06.2023)
- Evropski biro za životnu sredinu (2022): Transparentnost i učešće u donošenju odluka o životnoj sredini. https://eeb.org/wp-content/uploads/2022/07/20220712-EEB-briefing-on-IEP_FIN.pdf (Pristupljeno: 18.07.2023)
- Evropski IPPC Biro (2019): Referentni dokument o najboljim dostupnim tehnikama (BAT) za spaljivanje otpada. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118637_WI_Bref_2019_published_0.pdf (Pristupljeno: 14.07.2023)
- EIPPCB (2023): Zvanična internet stranica Evropskog IPPC birao (EIPPCB): <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/about> (Pristupljeno: 29.11.2023) https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/about/who_is_who (Pristupljeno: 29.11.2023)
- Evropska agencija za životnu sredinu, Informativni list o zemlji, Upravljanje komunalnim otpadom u Srbiji, 2021 <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/municipal-waste-management-country/serbia-municipal-waste-factsheet-2021/view>
- ewia (2020): Stoiber, H.; Kurz, G.; Halász, L.; Chovanec, L.; Šimkovicová, V.: Biela kniha energetického zhodnocovania odpadov v Slovenskej Republike – Údaje, Číslo, Fakty." (White Book of Waste Incineration in the Slovak Republic – Figures, Data, Facts." Report, ISBN 978-80-570-2270-1, published by ewia s.a., Bratislava, Slovakia, Sept. 2020. <https://www.ewia.sk/wp-content/uploads/2021/03/biela-kniha.pdf> (Pristupljeno: 29.11.2023)
- Federalno ministarstvo za klimatsku akciju, životnu sredinu, energiju, mobilnost, inovacije i tehnologiju. (2023): Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2023. Dostupno na: https://www.bmk.gv.at/themen/klima/umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp2023.html (Pristupljeno: 12.07.2023)
- Federalno ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo, životnu sredinu i vodoprivredu. (2015): Od otpada do energije u Austriji, cifre, podaci, činjenice iz Bele knjige. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:40b93468-8ffc-4581-a7f3-a0dedec04350/Whitebook_Waste_to_Energy.pdf (Pristupljeno: 05.06.2023)
- Fellner, J., Cencic, O., & Rechberger, H. (2006): Bilanzmethode - Ein Verfahren zur Bestimmung der fossilen CO₂-Emissionen In Abfall- und Deponietechnik, Abfallwirtschaft, Altlasten, 341–348
- Fellner, J., Rechberger, H., Cencic, O. & Schwarzböck, T. (2021): Determination of fossil CO₂ emissions and the share of renewable energy from Waste to Energy plants In Abfall und Müll 11 (21), 606-610
- Goldberg, M.S.; Al-Homsi, N.; Goulet, L.; Riberdy, H.: Incidence of Cancer among Persons Living Near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Québec, Archives of Environmental Health: An International Journal, 50:6, 416-424, (1995) DOI: [10.1080/00039896.1995.9935977](https://doi.org/10.1080/00039896.1995.9935977)
- Gwenzi, W.; Gora, D.; Chaukura, N.; Tauro, T. Potential for leaching of heavy metals in open-burning bottom ash and soil from a non-engineered solid waste landfill. Chemosphere 2016, 147, 144–154.
- Hogland, W.; Bramryd, T.; Persson, I. Physical, biological and chemical effects on unsorted fractions of industrial solid waste in waste fuel storage. Waste Manag. Res. 1996, 14, 197–210
- Idowu, I.A.; Atherton, W.; Hashim, K.; Kot, P.; Alkhaddar, R.; Alo, B.I.; Shaw, A.: An analysis of the status of landfill classification systems in developing countries: Sub Saharan Africa landfill experiences, Waste Management, 87 (2019) 761–771
- ISWA Međunarodno udruženje za čvrsti otpad (2012): Najnoviji izveštaj o pretvaranju otpada u energiju. Međunarodno udruženje za čvrsti otpad, Beč.
- Johnke, B., Emissions from waste incineration: in Background papers IPPC Expert Meeting on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (2000). http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/5_3_Waste_Incineration.pdf

- Kalogirou, N., Waste to Energy Technologies and Global Applications, CRC Press, 2018
- Klinghoffer, N.B. and Castaldi, M.J. eds., 2013. Waste to energy conversion technology. Elsevier.
- Kondracka, M.; Stan-Kłęczek, I.; Sitek, S.; Ignatiuk, D. Evaluation of geophysical methods for characterizing industrial and municipal waste dumps. *Waste Manag.* 2021, 125, 27–39.
- Lederer, J., Blasenbauer, D., Fellner, J., Hofer, S., & Mühl, J. (2022): Circular Economy Options for Bottom Ashes and Fly Ashes from Municipal Solid Waste Incineration. In: S. Thiel, E. Thome-Kozmiensky, F. Winter, & D. Juchelkova (Eds.), *Waste Management* 10, 201–214. TK Verlag
- Lederer, J. (2023): Neue Entwicklungen bei der Verwertung von Bett- und Rostaschen aus der Müllverbrennung in Österreich (New developments in recovery of bed ashes and grate ashes from waste incineration in Austria). Proceedings of the 13th Meeting of the Austrian IEA Fluidized Bed Technology Working Group, Vienna, Austria, September 2023. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/events/20230922-proceedings-13-iea-wirbelschichttreffen.pdf (Pristupljeno: 11.02.2024)
- LFL (2024): LFL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Database on Biogas Yield from various Substrates. <https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/index.php> (Pristupljeno: 11.02.2024)
- Limoli A, Garzia E, De Pretto A, De Muri C. Illegal landfill in Italy (EU) — a multidisciplinary approach. *Environ Forensic.* 2019;20:26–38. doi: 10.1080/15275922.2019.1566291.
- Lutz, H. (2018): Untersuchungen zum Ressourcenpotential von Filterkuchen aus Müllverbrennungsanlagen. Diploma Thesis, Technische Universität Wien. <https://doi.org/10.34726/hss.2018.52248>
- Lu S., Ji Y., Buekens A., Ma, Z., Jin, Y., Li, X. & Yan, J. (2013): Activated carbon treatment of municipal solid waste incineration flue gas. *Waste Management & Research* 31, 169-177. <https://doi:10.1177/0734242X12462282>
- Manjunatha, G.S.; Chavan, D.; Lakshmikanthan, P.; Singh, L.; Kumar, S.; Kumar, R. Specific heat and thermal conductivity of municipal solid waste and its effect on landfill fires. *Waste Manag.* 2020, 116, 120–130.
- MA48 (2023): Website of the City of Vienna, Department of Waste Management, Street Cleaning and Vehicle Fleet (Dpt. no. 48). <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/abfallbehandlungsanlagen/biogasanlage.html> (Pristupljeno: 29.11.2023)
- Mazzucco W, et al. (2018): Do emissions from landfill fires affect pregnancy outcomes? A retrospective study after arson at a solid waste facility in Sicily, *BMJ Open* 2019; 9:e027912. doi:10.1136/bmjopen-2018-027912
- Milošević, L.; Mihajlović, E.; Malenović Nikolić, J.: Analysis and measures of landfill fire prevention; *Safety Engineering* Vol 11, No1 (2021) 25-30 DOI: 10.5937/SE2101025M <https://www.znrfak.ni.ac.rs/SE-Journal/Archive/SE-Web%20Journal%20-%20Vol11-1/PDF/05%20Lidija%20Milosevic.pdf>
- Mohn, J., Szidat, S., Fellner, J., Rechberger, H., Quartier, R., Buchmann, B. & Emmenegger, L. (2008). Determination of biogenic and fossil CO₂ emitted by waste incineration based on ¹⁴C and mass balances In *Bioresource Technology* 99, 6471–6479
- Morales, S.; Toro, A.; Morales, L.; Leiva, G. (2018): Landfill fire and airborne aerosols in a large city: Lessons learned and future needs. *Air Qual. Atmos. Health* 2018, 11, 111–121.
- Muzak, G. (2020): Bundes-Verfassungsrecht⁶ (B-VG) Art 10. Vienna: MANZ.
- Njoku PO, Edokpayi JN, Odiyo JO. (2019): Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Jun 15;16(12):2125. doi: 10.3390/ijerph16122125. PMID: 31208082; PMCID: PMC6617357.
- NRW (2005): Alwast, H.; Koepp, N.: Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen. Guidance document on the energetic recover of waste

- in cement, lime and power production in North Rhine Westfalia. Report published by the Ministry of Environment, Nature Protection, Agriculture and Consumer Protection of the German Province of North Rhine Westfalia, Düsseldorf, Germany, 2005. https://www.th-owl.de/files/webs/umwelt/download_autoren/immissionsschutz/Interpretation/NRW0509yyLeitfEnergVerw02.pdf (Pristupljeno: 11.02.2024)
- NRW (2014): Natural Resources Wales. Guidance on when a plant is Co-incineration plant. Version 3. 2014
- Obeid, A.; Kamarudin, S.; Zahirasri, M.; Tohir, M. (2020): Fire risk and health impact assessment of a malaysian landfill fire. *Perintis eJ.* 2020, 10, 68–83. [Google Scholar]
- ÖWAV (2020): Der Stellenwert der thermischen Abfallverwertung in der Kreislaufwirtschaft am Beispiel Österreich. Wien. <https://www.oewav.at/Publikationen?current=399829&mode=form> (Pristupljeno: 22.11.2023)
- Øygaard, J.K.; Maage, A.; Gjengedal, E. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the metal content of the deposited waste and the leachate. *Water Res.* 2014, 38, 2851–2858.
- Panithi Saktrakulkla et al., PCBs in Food, *Environ Sci Technol.* 2020 September 15; 54(18): 11443–11452. doi:10.1021/acs.est.0c03632.
- Pichtel, J. (2005). *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420037517>
- Pohl, M., Becker, G., Heller, N., Birnstengel, B. & Zotz, F. (2022): Auswirkungen des nationalen Brennstoffemissionshandels auf die Abfallwirtschaft. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/studie-auswirkungen-des-nationalen-brennstoffemissionshandels-auf-die-abfallwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Pristupljeno: 22.09.2023)
- Pope, C.A.; Schwartz, J.; Ransom, M.R. (1992): Daily Mortality and PM 10 Pollution in Utah Valley. *Arch. Environ. Health Int. J.* 1992, 47, 211–217.
- Pope CA 3rd, Dockery DW (1997): Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006 Jun;56(6):709-42. doi: 10.1080/10473289.2006.10464485. PMID: 16805397 Richards, J.H. (1997) Small particles, big problems? *Biologist* 44 :249-251. Figure 6
- Quina, M.J., Bontempi, E., Bogush, A., Schlumberger, S., Weibel, G., Braga, R., Funari, V., Hyks, J., Rasmussen, E. & Lederer, J. (2018): Technologies for the management of MSW incineration ashes from gas cleaning: New perspectives on recovery of secondary raw materials and circular economy In *Science of The Total Environment* 635, 526-542.
- Rand, T., Haukohl, J., Marxen, U. (2000): *Municipal Solid Waste Incineration - Decision Makers' Guide*, IBRD, 2000
- Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May establishing a carbon border adjustment mechanism (CBAM)
- Rykała, W.; Fabiańska, M.J.; Dąbrowska, D. (2022): The Influence of a Fire at an Illegal Landfill in Southern Poland on the Formation of Toxic Compounds and Their Impact on the Natural Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 13613.
- Schwartz, J.; Spix, C.; Wichmann, H.E.; Malin, E. (1991): Air pollution and acute respiratory illness in five german communities. *Environ. Res.* 1991, 56, 1–14.
- Schwarzböck, T. (2018): Determination of biogenic and fossil matter in wastes, refuse-derived fuels and other plastic-containing mixtures – Potentials and limitations. <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/5425/2/Schwarzboeck%20Therese%20-%202018%20-%20Determination%20of%20biogenic%20and%20fossil%20matter%20in...pdf> (Pristupljeno: 27.09.2023)
- SEPA 2023, Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2022. godinu, SEPA, 2023
- SEPAa 2023; Upravljanje otpadom u Republici Srbiji u periodu 2011-2022, SEPA, 2023

Registar za rak u Republici Srbiji. ISBN 978-86-7358-111-8 <https://www.batut.org.rs/download/publikacije/MaligniTumori2016.pdf>

Shareefdeen, Z. (2022): Hazardous Waste Management - Advances in Chemical and Industrial Waste Treatment and Technologies, Springer, 2022, ISBN 9783030952617

Shareefdeen, Z., Youssef, N., Taha, A., Masoud, C. (2019): Comments on waste to energy technologies in the United Arab Emirates, in Environmental Engineering Research, (Korean Society of Environmental Engineers, Seoul, 2019). <https://doi.org/10.4491/eer.2018.387>

Siddiqua, A., Hahladakis, J.N. & Al-Attiya, W.A.K.A. (2022): An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. Environ Sci Pollut Res 29, 58514–58536 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>

Singh, A.; Spak, S.N.; Stone, E.A.; Downard, J.; Bullard, R.L.; Pooley, M.; Kostle, P.A.; Mainprize, M.W.; Wichman, M.D.; Peters, T.M.; et al. (2015): Uncontrolled combustion of shredded tires in a landfill—Part 2: Population exposure, public health response, and an air quality index for urban fires. Atmos. Environ. 2015, 104, 273–283.

Spurny, K.R. (1996): Chemical mixtures in atmospheric aerosols and their correlation to lung diseases and lung cancer occurrence in the general population. Toxicol. Lett. 1996, 88, 271–277.

Staber, W., Flamme, S. & Fellner, J. (2008): Methods for determining the biomass content of waste In Waste Management & Research 26, 78–87.

Stahel, W. (2016): The Circular Economy. Nature (London), Vol. 531. <https://www.nature.com/articles/531435a.pdf> (Pristupljeno: 14.06.2023)

Stoiber, H. (1998): Pyrolyse von Kunststoff in einem intern zirkulierenden Wirbelschichtreaktor (Pyrolysis of Plastics in an Internally Circulating Fluidized Bed Reactor.) Dissertation TU Wien, Vienna, Austria, 1998.

Tait, P.W., Brew, J., Che, A., Costanzo, A., Danyluk, A., Davis, M., Khalaf, A., McMahon, K., Watson, A., Rowcliff, K. & Bowles, D. (2020): The health impacts of waste incineration: A systematic review. Australian and New Zealand Journal of Public Health 44, 40-48.

Tchobanoglous, G. and Kreith, F. (2002): Handbook of solid waste management. McGraw-Hill Education.

The Law on Waste Management, Official Gazette of the Republic of Serbia, no. 36/2009, 88/2010, 14/2016, 95/2018 and 35/2023

TU Wien (1999): Fehringer, R.; Rechberger, H.; Brunner, B.: Positivlisten für Reststoffe in der Zementindustrie (PRIZMA). Report by TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, on behalf of the Austrian cement industry. Beč, 1999.

UBA-DE (2008): The Role of Waste Incineration in Germany. Nemačka Agencija za životnu sredinu (Umweltbundesamt), Dessau, Nemačka, 2008. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3872.pdf> (Pristupljeno: 11.02.2024).

UBA-DE (2017): Quicker, P; et al.: Sachstand zu den alternativen Verfahren für die thermische Entsorgung von Abfällen. (Stanje alternativnih procesa za termičko odlaganje otpada.) Izveštaj objavljen od strane nemačke Agencije za životnu sredinu (Umweltbundesamt), Texte 07/2017, Dessau, Nemačka, 2017. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sachstand-zu-den-alternativen-verfahren-fuer-die> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Umweltbundesamt (1992): Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992, Band 1 – Bestandsaufnahme der Situation der Abfallwirtschaft. Beč.

Umweltbundesamt (2001): Grech, H.; Angerer, T. & Scheibengraf, M.: Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich. (Inventar termičke obrade prerađenih životinjskih proteina u Austriji.) Berichte, Bd. BE-192, Umweltbundesamt (Austrijska Agencija za životnu sredinu), Beč, 2001.

Umweltbundesamt (2003): Böhmer, S.; Schindler, I.; Szednyj, I. & Winter, B.: Stand der Technik bei Kalorischen Kraftwerken und Referenzanlagen in Österreich. (Najsavremenija tehnologija u kaloričnim elektranama i referentnim postrojenjima u Austriji). Monographien, Bd. M-162. Umweltbundesamt (Austrijska Agencija za životnu sredinu), Beč, Austrija, 2003.

Umweltbundesamt (2006a): Denner, M. & Kügler, I.: Erarbeitung eines Beprobungskonzeptes für Ersatzbrennstoffe. (Razrada koncepta uzorkovanja goriva dobijenih iz otpada). Izveštaj pripremio Umweltbundesamt (Austrijska Agencija za životnu sredinu) ispred BMLFUW, austrijskog Federalnog ministarstva za poljoprivredu, šumarstvo, životnu sredinu i vodoprivredu. Umweltbundesamt, Reports, Band 0059, ISBN 3-85457-857-1, Beč, Austrija, 2006.

Umweltbundesamt (2006b): Neubauer, Ch.; Öhlinger, A.: Ist-Stand der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) in Österreich – Zustandsbericht 2006. (Status kvo u tretmanu mehaničko-biološkog otpada (MBT) u Austriji – Statusni izveštaj 2006.) Izveštaj REP-0017, ISBN 3-85457-868-7, objavljen od strane Federalne Agencije za životnu sredinu Austrije (Umweltbundesamt), Beč, Austrija, 2006. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0017.pdf> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Umweltbundesamt (2007): Böhmer, S.; Kügler, I.; Stoiber, H.; Walter, B.: Abfallverbrennung in Österreich – Statusbericht 2006. (Spaljivanje otpada u Austriji – Statusni izveštaj 2006.) Izveštaj REP-0113, ISBN 3-85457-911-X, objavljen od strane Federalne Agencije za životnu sredinu Austrije (Umweltbundesamt), Beč, Austrija, 2007. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:784f65bb-0265-44dc-aeae-1d9cd2d81f17/Verbrennung_Statusbericht2006_cover.jpg (Pristupljeno: 11.02.2024)

Umweltbundesamt (2008): Erstellung von Umweltverträglichkeitserklärungen: Leitfaden für Abfallverbrennungsanlagen, thermische Kraftwerke und Feuerungsanlagen. [file:///C:/Users/kuder/Downloads/UEVE L Abfallverbrennungsanlagen_therm_Kraftwerke_Feuerungsanlagen%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/kuder/Downloads/UEVE_L_Abfallverbrennungsanlagen_therm_Kraftwerke_Feuerungsanlagen%20(7).pdf) (Pristupljeno: 21.07.2023)

Umweltbundesamt (2022): Kellner, M.; Schindler, I; Jany, A.: Statusbericht Abfallverbrennung – Berichtsjahr 2020 (Statusni izveštaj o spaljivanju otpada – Izveštajna godina 2020). Izveštaj REP-0830, ISBN 978-3-99004-656-2, objavljen od strane Federalne Agencije za životnu sredinu Austrije (Umweltbundesamt), Beč, Austrija, 2022. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0830.pdf> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Umweltbundesamt (2023): Abfallbehandlung und Abfallverbrennung. <https://www.umweltbundesamt.at/industrie/abfallbehandlung#:~:text=In%20%C3%96sterreich%20gibt%20es%20derzeit,Verbrennung%20von%20KI%C3%A4rschlamm%20ausger%C3%BCstet%20sind.> (Pristupljeno: 27.06.2023)

UNEP (2019): Waste-to-Energy: Considerations for Informed Decision-Making. <https://www.unep.org/ietc/resources/publication/waste-energy-considerations-informed-decision-making> (Pristupljeno: 22.11.2023)

Agencija za zaštitu životne sredine SAD, <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>

Institut Ujedinjenih nacija za obuku i istraživanje. (2023): Stop otvorenom sagorevanju otpada. <https://stopopenburning.unitar.org/#> (Pristupljeno: 06.09.2023)

Unternehmensservice Portal (2023): UVP-Verfahren (Austrijski portal za preduzetnike: EIA Procedura). <https://www.usp.gv.at/umwelt-verkehr/umweltvertraeglichkeitspruefung/uvp-verfahren.html> (Pristupljeno: 21.07.2023)

US EPA National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Cem. Manuf. Ind. Fed. Regist. 1999, 64, 113.

US NRC (2000): US NRC, National Research Council (US) Committee on Health Effects of Waste Incineration. Waste Incineration & Public Health. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. 2, Waste Incineration Overview. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233614/>

Valmet (2013): Highest electrical efficiency from waste: Lahti Energia, Lahti Finland." Saopštenje za medije na zvaničnom sajtu privrednog društva „Valmet“, snabdevača postrojenja „Kymijärvi II“ u Lahtiju, Finska, februar 2013. <https://www.valmet.com/insights/articles/all-articles/highest-electrical-efficiency-from-waste-lahti-energia-lahti-finland/> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Van den Berg, M (1998), Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife, Environmental Health Perspectives, vol. 106, no. 12, str. 775-792.

Vassiliadou, I.; Papadopoulos, A.; Costopoulou, D.; Vasiliadou, S.; Christoforou, S.; Leondiadis, L. (2009): Dioxin contamination after an accidental fire in the municipal landfill of Tagarades, Thessaloniki, Greece, Chemosphere, Volume 74, Issue 7, 2009, strane 879-884, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.016>

VDZ (2009): VDZ - Verein deutscher Zementwerke e.V. (Nemačka asocijacija proizvođača cementa): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2008 (Ekološki podaci nemačke cementne industrije za 2008.). Düsseldorf, Nemačka, 2009. <https://www.vdz-online.de/wissensportal/publikationen/umweltdaten-der-deutschen-zementindustrie-2008> (Pristupljeno: 11.02.2024)

VDZ (2021): VDZ - Verein deutscher Zementwerke e.V. (Nemačka asocijacija proizvođača cementa): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2020 (Ekološki podaci nemačke cementne industrije za 2020.). Düsseldorf, Nemačka, 2021. <https://www.vdz-online.de/wissensportal/publikationen/umweltdaten-der-deutschen-zementindustrie-2020> (Pristupljeno: 11.02.2024)

Vrijheid M. (2000): Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. Environ Health Perspect. 2000; 108(1):101–112. doi: 10.1289/ehp.00108s1101.

Vujić, G., Jovović, A., Mitrović, S. (2023): Studija analize potencijala proizvodnje RDF/SRF iz regiona Srbije, Beograd

Weichenthal, S.; Van Rijswijk, D.; Kulka, R.; You, H.; Van Ryswyk, K.; Willey, J.; Dugandzic, R.; Sutcliffe, R.; Moulton, J.; Baike, M.; et al. (2015): The impact of a landfill fire on ambient air quality in the north: A case study in Iqaluit, Canada. Environ. Res. 2015, 142, 46–50.

Weinstein, B.; Da Silva, A.; Carpenter, D.O. (2022): Exocrine pancreatic cancer and living near to waste sites containing hazardous organic chemicals, New York State, USA – an 18-year population-based study; International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 2022; 35(4):459–471 <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.01886>

Werner, A.; Meschke, K.; Bohlke, K.; Daus, B.; Haseneder, R.; Repke, J. (2018): Resource Recovery from Low-Grade Ore Deposits and Mining Residuals by Biohydrometallurgy and Membrane Technology. Potentials and Case Studies. ChemBioEng Rev. 2018, 5, 6–17.

Willis et al. (2010): Willis, K.P.; Osada, S.; Willerton, K.L.: Plasma Gasification: Lessons Learned at Ecovalley WTE Facility." Proceedings of the 18th Annual North American Waste-to-Energy Conference, NAWTEC18, May 11-13, 2010, Orlando, Florida, SAD. <http://energy.cleartheair.org.hk/wp-content/uploads/2013/05/ecovalley-hokkaido-plasma-lessons-learned.pdf> (Pristupljeno: 29.11.2023)

Wirtschaftskammer Österreich. (2023): Industrieunfallrecht (Privredna komora Austrije: Zakon o industrijskim nesrećama). <https://www.wko.at/service/umwelt-energie/Industrieunfallrecht.html> (Pristupljeno: 22.08.2023)

Wittsiepe, J.; Erenkämper, B.; Welge, P.; Hack, A.; Wilhelm, M. (2007): Bioavailability of PCDD/F from contaminated soil in young Goettingen minipigs, Chemosphere, Volume 67, Issue 9, 2007, Pages S355-S364, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.129>.

Svetska zdravstvena organizacija (STO), Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1257905/retrieve>

Svetska zdravstvena organizacija (STO) (1998), World Health Organization European Centre for Environment and Health, Geneva, Switzerland. Executive Summary - Assessment of the health risk of

dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI), <http://www.who.int/pcs/docs/dioxin-exec-sum/exe-sum-final.html>.

Svetska zdravstvena organizacija (STO) (2016), Waste and Human Health: Evidence and needs (2016) World Health Organization (WHO) Meeting Report, 5-6 November 2016, Bonn, Germany. Dostupno na: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/317226/Waste-human-health-Evidence-needs-mtg-report.pdf

WMP, 2022 - Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022. godine - 2031, Službeni glasnik RS, br. 12/2022

Xu Y, Xue X, Dong L, Nai C, Liu Y, Huang Q. (2018): Long-term dynamics of leachate production, leakage from hazardous waste landfill sites and the impact on groundwater quality and human health. *Waste Manag.* 2018; 82:156–166. doi: 10.1016/j.wasman.2018.10.009.

Yin, K.; Tong, H.; Giannis, A.; Wang, J.Y.; Chang, V.W.C. (2017): Multiple geophysical surveys for old landfill monitoring in Singapore. *Environ. Monit. Assess.* 2017, 189, 1–13.

Zhang, Y., Wang, L., Chen, L., Ma, B., Zhang, Y., Ni, W. & Tsang, D.C.W. (2021): Treatment of municipal solid waste incineration fly ash: State-of-the-art technologies and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials* 411, 1-19.

Zhu, X.; Chen, X.; Struble, L.; Yang, E. (2018): Characterization of calcium-containing phases in alkali-activated municipal solid waste incineration bottom ash binder through chemical extraction and deconvoluted Fourier transform infrared spectra. *J. Clean. Prod.* 2018, 192, 782–789.

Skraćenice

| | |
|-----------------|--|
| A-IUV | Abfall-Industrieunfallverordnung |
| ALSAG | Altlastensanierungsgesetz |
| APC | Kontrola zagađenja vazduha |
| AVV | Abfallverbrennungsverordnung |
| AWG 2002 | Abfallwirtschaftsgesetz 2002 |
| BA | Šljaka |
| BAT | Najbolje dostupne tehnike |
| BAWP | Bundes-Abfallwirtschaftsplan |
| BC | Čađ |
| BFB | Mehurasti fluidizovani sloj |
| B-VG | Bundes-Verfassungsgesetz |
| CBAM | Mehanizam za prekogranično prilagođavanje ugljenika |
| CEWEP | Konfederacija evropskih postrojenja za energetske tretman otpada |
| CFB | Cirkulišući fluidizovani sloj |
| CO ₂ | Ugljen dioksid |
| DM | Suva materija |
| DS | Suva supstanca |
| DOC | Rastvoreni organski ugljenik |
| EEA | Evropska agencija za životnu sredinu |
| EIA | Procena uticaja na životnu sredinu |
| ELV | Granična vrednost emisije |
| EOW | Prestanak statusa otpada (End-of-Waste) |
| EPR | Produžena odgovornost proizvođača |
| EU | Evropska unija |
| EU ETS | Sistem trgovine emisijama Evropske unije |
| EWC | Evropska klasifikacija otpada |
| FA | Elektrofilterski pepeo |
| FBC | Sagorevanje u fluidizovanom sloju |
| FGC | Čišćenje dimnog gasa |
| FLUREC | Korišćenje elektrofilterskog pepela u zamenskom cementu |
| FLUWA | Korišćenje elektrofilterskog pepela u tretmanu voda |
| GCV | Bruto kalorijska vrednost (=HHV) |

| | |
|-----------|---|
| GewO 1994 | Gewerbeordnung 1994 |
| GHG | Emisija gasova staklene bašte |
| GI | Spaljivanje na rešetki |
| HHV | Gornja toplotna moć (=GCV) |
| IEA | Međunarodna agencija za energiju |
| IED | Direktiva o industrijskim emisijama |
| IPCC | Međuvladin panel o klimatskim promenama |
| IPPC | Integrisano sprečavanje i kontrola zagađivanja |
| ISWA | Međunarodno udruženje za čvrst otpad |
| LCP | Veliko postrojenje za sagorevanje |
| LCV | Donja toplotna moć (=NCV) |
| LoW | Lista otpada |
| MSW | Čvrsti komunalni otpad |
| MSWI | Spalionica čvrstog komunalnog otpada |
| NCV | Neto kalorijska vrednost (=LHV) |
| NFeM | Obojeni metali |
| NOC | Normalni uslovi rada |
| OPC | Običan Portland cement |
| OTNOC | Nenormalni uslovi rada |
| PAYT | Plati koliko baciš |
| PCDD/F | Polihlorovani dioksini i furani |
| POP | Perzistentni organski zagađivači |
| PTE | Potencijalno toksični elementi |
| RDF | Gorivo dobijeno iz otpada |
| SRF | Sekundarno gorivo |
| S/S | Stabilizacija/solidifikacija |
| TFEU | Ugovor o funkcionisanju Evropske unije |
| UNEP | Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu |
| UNITAR | Institut za obuku i istraživanje Ujedinjenih nacija |
| UVP-G | Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz |
| WDF | Gorivo dobijeno iz otpada |
| WFD | Okvirna direktiva o otpadu |
| WWT | Tretman otpadnih voda |

Lista slika

Slika 1: Hijerarhija upravljanja otpadom propisana Okvirnom direktivom EU o otpadu (WFD, Direktiva 2008/98/EC)

Slika 2: Prosečni maseni tokovi postrojenja za dobijanje energije iz otpada, opremljenog sistemom za kontrolu zagađenja vazduha, izraženi u kilogramima po kilogramu čvrstog komunalnog otpada. Za funkcionisanje procesa sagorevanja potrebno je oko 5 kg vazduha po 1 kg čvrstog komunalnog otpada. Zbog toga se i količina dimnog gasa uvećava za istu veličinu. (VIRWa, 2023)

Slika 3: Prikaz dobijanja električne i toplotne energije iz otpada i uštede fosilnih goriva, prema CEWEP-u (CEWEP, 2023b)

Slika 4: Struktura generisanog otpada u Republici Srbiji po sektorima privredne delatnosti u 2022. godini (Izvor: Republički zavod za statistiku, 2023.)

Slika 5: Morfološki sastav komunalnog otpada u 2022. godini (SEPA a, 2023.)

Slika 6: Pregled insineratora u Evropi 2020. (CEWEP, 2023c)

Slika 7: Ilustracija pojedinačnih koraka procesa sagorevanja (spaljivanja) (BMLFUW, 2015)

Slika 8: Šema procesa tipičnog postrojenja za spaljivanje otpada (© UVP GmbH)

Slika 9: Princip fluidizacije (© Stoiber, 1998)

Slika 10: Šema procesa insineratora sa fluidizovanim slojem sa mehurićima (BFB) (© UVP GmbH; RHKW Linc, Austrija, 72 MW, pušten u rad 2011.)

Slika 11: Šema procesa insineratora sa cirkulacionim fluidizovanim slojem (© UVP GmbH; RVL Lenzing, Austrija, 110 MW, pušten u rad 1998.)

Slika 12: Poređenje insineratora sa kondenzacionom turbinom za proizvodnju električne energije u odnosu na kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije (CHP postrojenje) (© UVP GmbH)

Slika 13: Propisi Direktive o industrijskim emisijama Evropske unije koji se primenjuju na sve insineratore, i propisi koji se primenjuju na insineratore koji se tretiraju kao IPPC postrojenja (© UVP GmbH)

Slika 14: Vrećasti filter (filter sa elastičnim filterskim pregradama) – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 15: Ubrizgavanje suvog sorbenta sa recirkulacijom – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 16: Elektrostatički filter (ESP) – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 17: Selektivna katalitička redukcija (SCR) azotnih oksida – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 18: Dvostepeni sistem za prečišćavanje dimnih gasova mokrim postupkom – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 19: Ciklon za prethodno otprašivanje krupnih čestica – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 20: Pregled 408 mogućih kombinacija tehnika prečišćavanja dimnih gasova (FGC) navedenih u BREF WI (© UVP GmbH zasnovano na BREF WI podacima)

Slika 21: Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda iz postrojenja mokrog prečišćavanja dimnih gasova, kao što je izvedeno u RHKW Linz instalaciji – Princip rada (© UVP GmbH)

Slika 22: Razvoj i revizija referentnih dokumenata za BAT i zaključaka o BAT tehnikama u okviru Seviljskog procesa (© UVP GmbH)

Slika 23: Uticaji blizine deponije na životnu sredinu i zdravlje (Siddiqua A. et al., 2022)

Slika 24: Potencijalni opšti patofiziološki putevi koji povezuju izloženost PM česticama sa kardiopulmonalnim morbiditetom i mortalitetom (Pope CA i Dockery, 2006)

Slika 25: Pojednostavljena umetnička ilustracija moguće složene hemijske heterogenosti PM čestica u vazduhu (Cassee et al, 1998)

Slika 26: Tretman komunalnog otpada u 2021. (CEWEP 2023, na osnovu podataka EUROSTAT-a; poslednje ažuriranje u septembru 2023.)

Slika 27: Dijagram za pravljenje razlike između insineracije i koincineracije otpada, koji se primenjuje u Nemačkoj (NRW, 2014)

Slika 28: Poređenje postupka predtretmana otpada za korišćenje u proizvodnji cementa i insineraciju u peći sa fluidizovanim slojem (BMLFUW, 2015)

Slika 29: Bilans mase iz MBT tretmana u Austriji (BMLFUW 2015, na osnovu Umweltbundesamt, 2006b)

Slika 30: Primer postrojenja za anaerobnu digestiju kojim upravlja grad Beč, Austrija (© UVP GmbH, na osnovu instruktivne tabele na lokaciji od strane MA48, Odeljenje za upravljanje otpadom grada Beča)

Lista tabela

Tabela 1: Tipični opseg donjih toplotnih moći (Lower Heating Value, LHV) za različite vrste goriva dobijenih iz otpada (Waste Derived Fuels, WDF) koje se mogu pronaći u literaturi (Izvori: BMWA, 2022; LFL, 2024; NRW, 2005; TU Wien, 1999; Umweltbundesamt, 1992; Umweltbundesamt, 2001; Umweltbundesamt, 2003; Umweltbundesamt, 2006a; VDZ, 2009; VDZ, 2021)

Tabela 2: Ukupna količina otpada po kategorijama otpada iz Kataloga otpada u (t/god), bez Grupe 1 (rudarskog otpada) (SEPAa, 2023)

Tabela 3: Indikatori komunalnog otpada (SEPA a, 2023)

Tabela 4: Indikatori komunalnog otpada prema Eurostat-u, za Republiku Srbiju (SEPAa, 2023.)

Tabela 5: Evidentirane količine proizvedenog otpada za 2022. godinu prema poreklu bez komunalnog otpad iz domaćinstava (SEPA, 2023.)

Tabela 6: Vrste opasnog otpada stvorenog tokom 2022. godine sa značajnim količinama (SEPAa, 2023)

Tabela 7: Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2022. (SEPA, 2023.)

Tabela 8: Količine odloženog otpada prema D oznakama (SEPA, 2023.)

Tabela 9: Količine ponovo iskorišćenog otpada prema R oznakama u 2022. (SEPA, 2023.)

Tabela 10: Uvoz otpada u Srbiju i izvoz otpada iz Srbije u tonama godišnje u 2022. (prema: SEPA, 2023)

Tabela 11: Količina pojedinih vrsta proizvoda koji nakon upotrebe postaju posebni tokovi otpada, evidentirana u informacionom sistemu NRPS do 24. avgusta 2023. (prema: SEPA, 2023)

Tabela 12: Količine i način postupanja sa posebnim tokovima otpada u 2022. godini (SEPA, 2023)

Tabela 13: Klase i karakteristike SRF u skladu sa EN 15359 (Vujić, G., Jovović, A., Mitrović, S., 2023)

Tabela 14: Pregled mogućnosti prerade pojedinih vrsta otpada različitim procesima spaljivanja (BMLFUW, 2015)

Tabela 15: Pregled R1 vrednosti za insinatore u Austriji (© UVP GmbH na osnovu podataka objavljenih u Umweltbundesamt-u, 2022)

Tabela 16: Prosečne dnevne granične vrednosti emisije za insinatore u (mg/Nm^3) za sledeće supstance (kontinuirano praćenje)

Tabela 17: Polučasovne prosečne granične vrednosti emisija za insinatore u (mg/Nm^3) za sledeće supstance (kontinuirano praćenje)

Tabela 18: Prosečne granične vrednosti emisija za insinatore u (mg/Nm^3) za teške metale tokom perioda uzorkovanja od najmanje 30 minuta i maksimalno 8 sati (diskontinualno praćenje)

Tabela 19: Prosečna granična vrednost emisije za insinatore u (ng/Nm^3) za dioksine i furane tokom perioda uzorkovanja od najmanje 6 sati i maksimalno 8 sati (diskontinualno praćenje)

Tabela 20: Granične vrednosti emisija u (mg/l) i (ng/l) za ispuštanje otpadnih voda od prečišćavanja otpadnih gasova nakon sagorevanja otpada

Tabela 21: Pregled tehnika prečišćavanja dimnih gasova koje se smatraju najboljim dostupnim tehnikama (BREF WI)

Tabela 22: Tehnologije za prečišćavanje otpadnih voda koje su najbolje dostupne tehnike (BREF WI)

Tabela 23: Tipičan tip odlaganja i korišćenja čvrstih ostataka od sagorevanja otpada

Tabela 24: Uočeni opsezi koncentracija za glavne elemente i elemente potencijalno štetne za životnu sredinu u pepelu sa dna ložišta na osnovu različitih izvora literature, prilagođeno prema Astrup et al. (2016)

Tabela 25: Kvalitet pepela sa dna ložišta dobijen iz insineratora neopasnog otpada sa rešetkom (RA1, RA2, RA3) i iz insineratora neopasnog otpada sa fluidizovanim slojem (BA1, BA2, BA3) (Lederer, 2023)

Tabela 26: Sadržaj različitih jedinjenja u pepelu sa dna ložišta u insineratoru za opasan otpad sa rotacionom peći u Austriji (Thermische Behandlungsanlage Arnoldstein) u referentnoj 2005. godini, prilagođeno prema Umweltbundesamt (2007.)

Tabela 27: Sadržaj različitih jedinjenja u pepelu sa dna ložišta u insineratoru opasnog otpada sa rotacionom peći u Austriji (Thermische Abfallbehandlungsanlage Simmering) u referentnoj 2005. godini, prilagođeno prema Umweltbundesamt (2007.)

Tabela 28: Opsezi koncentracija za glavne elemente i potencijalno toksične elemente u kotlovskom letećem pepelu i izdvojenim česticama u sistemu za sprečavanje zagađenja vazduha, na osnovu različitih literaturnih izvora, prema Zhang et al. (2021)

Tabela 29: Posmatrani prosečni sadržaji metala u filter ostacima u insineratorima u Beču u periodu 2013-2014, prema Lutzu (2018)

Tabela 30: Pregled BAT tehnika za insineraciju otpada prema poglavlju 1 referentnog dokumenta za BAT za insineraciju otpada (BREF WI, 2019)

Tabela 31: Stepene zaštite od požara i negativni uticaji na životnu sredinu (I. A. Idowu et al., 2019)

Tabela 32: Broj požara na deponijama u Srbiji po godinama (MUP, 2023)

Tabela 33: Pregled alternativnih postupaka, za vrste otpada koji se koriste u insineraciji (© UVP GmbH)

Tabela 34: Poređenje spaljivanja i pirolize (© UVP GmbH)

Tabela 35: Poređenje spaljivanja i gasifikacije (© UVP GmbH)

Tabela 36: Pregled hidrotermičkih tretmana otpada prema UBA-DE 2017

Autori

Agnieszka Maria KUDERER je iskusni pravni profesionalac i zagovornik zaštite životne sredine sa raznovrsnom karijerom koja obuhvata zakonodavno savetovanje, upravljanje projektima i pravno zastupanje. Kao magistar prava sa masterom iz tehnologije zaštite životne sredine i međunarodnih odnosa na Bečkoj školi za međunarodne studije i Tehnološkom univerzitetu u Beču, Agnješkina stručnost leži tamo gde se prepliću pravo, održivost životne sredine i međunarodni odnosi. Radi u Bečkom institutu za resurse i otpad, gde je uključena u različite međunarodne projekte u sektoru upravljanja otpadom.

Branislava MATIĆ SAVIĆEVIĆ je diplomirala i doktorirala medicinske nauke na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i Fakultetu medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Srbija. Specijalizovala je higijenu i medicinsku ekologiju. Od 2000. godine radi u Institutu za javno zdravlje Srbije u različitim oblastima zdravlja životne sredine, uključujući uticaj zagađenja vazduha, zagađenja opasnim otpadom, industrijski kontaminiranih lokacija na zdravlje izloženih ugroženih grupa stanovništva. Od 2013. godine deluje kao imenovana nacionalna fokalna tačka Ministarstva zdravlja Srbije u procesu zaštite životne sredine i zdravlja Svetske zdravstvene organizacije (Evropski region) u oblastima zagađenja vazduha, kontaminiranih lokacija i klimatskih promena i zdravlja. Ona je takođe imenovana od strane Ministarstva zdravlja kao NFP za zdravstveni sektor u THE PEP (Panevropski program o transportu, zdravlju i životnoj sredini), koji vodi UNECE. Od 2017. godine je imenovana kao nacionalna kontakt tačka u Globalnoj mreži za hemikalije i zdravstvo SZO, u ime Ministarstva zdravlja.

Dejan UBAVIN je doktorirao u oblasti inženjerstva zaštite životne sredine na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu (UNS, FTN). Radi u nekoliko oblasti upravljanja otpadom, uključujući iskorišćavanje deponijskog gasa, projektovanje, rad, zatvaranje i remedijaciju deponija i tehnologije pretvaranja otpada u energiju. Od 2022. godine je redovni profesor na FTN-u, gde je aktivno uključen u razvoj i implementaciju inženjerstva zaštite životne sredine i kurseva bezbednosti i zdravlja na radu na pet studijskih programa. Pored njegovog akademskog rada, ima veliko iskustvo kao konsultant za upravljanje otpadom za Svetsku banku, UNDP, GIZ i druge organizacije.

Helga STOIBER je diplomirala i doktorirala hemijski inženjering na Tehnološkom univerzitetu u Beču, Austrija. Specijalizovala se za tehnologiju fluidizovanog sloja i ekološku tehnologiju. Njeno radno iskustvo od preko 25 godina obuhvata nekoliko godina na poslovima projektnog inženjera i projektnog menadžera u oblasti ekološkog konsaltinga, kao i u ulozi procesnog inženjera kod dobavljača spalionica sa fluidizovanim slojem. Ona je 13 godina bila tehnički ekspert za spaljivanje otpada u Austrijskoj agenciji za životnu sredinu (Umweltbundesamt), učestvovala je u pregovorima o BREF procesu revizije spaljivanja otpada kao nacionalni stručnjak ispred Austrije u Seviljskom procesu. Od 2018. godine je samozaposlena kao Senior Partner u kompaniji „UVP Environmental Management and Engineering GmbH“.

Hristina STEVANOVIĆ ČARAPINA je diplomirani inženjer tehnologije, magistar hemijskog inženjerstva i doktor prirodnih nauka. Hristina je licencirani inženjer tehnologije sa 45 godina iskustva. Već 10 godina radi kao profesor na Fakultetu zaštite životne sredine. Ona je stručnjak za zaštitu životne sredine sa više od 30 godina iskustva u sektoru zaštite životne sredine i radu na podršci transpoziciji/implementaciji/sprovođenju pravnih tekovina EU u oblasti životne sredine u Srbiji, kao i u regionu balkanskih zemalja, posebno u okviru sledećih oblasti: horizontalno zakonodavstvo u oblasti životne sredine (IPPC, EIA, SEA, SEVESO), upravljanje otpadom i MEA, priprema projekata za projektovanje infrastrukture. Hristina je radila na izgradnji kapaciteta lokalnih vlasti i industrije, kao i sa javnim sektorom, posebno na transponovanju pravnih tekovina EU u oblasti životne sredine. Ona je takođe iskusan stručnjak za otpad sa više od 30 godina rada, uglavnom kao projektant. Od 2014. godine je samozaposlena kao inženjer konsultant u konsultantskoj agenciji "Envicon" u Beogradu.

Igor JEZDIMIROVIĆ je master inženjer zaštite životne sredine, trenutno na doktorskim studijama. Predsednik je udruženja Inženjeri zaštite životne sredine. Sa preko 20 godina iskustva, konsultant je na međunarodnim i nacionalnim projektima iz oblasti cirkularne ekonomije i upravljanja otpadom. Aktivno je uključen u realizaciju međunarodnih ekoloških projekata i aktivni je član Saveta Evropskog biroa za životnu sredinu. Igor je takođe član nekoliko radnih grupa na nacionalnom, regionalnom i lokalnom nivou, gde doprinosi izradi strateških dokumenata u oblastima cirkularne ekonomije, upravljanja otpadom i održivog razvoja.

Ivana MILOVAC je diplomirani pravnik i ima 7 godina iskustva u oblasti prava životne sredine, specijalizovana za oblasti poput upravljanja otpadom i javnog zastupanja. Njeno veliko iskustvo u analizi i primeni propisa o zaštiti životne sredine potiče iz perioda kada je radila kao koordinator u grupi Inženjeri zaštite životne sredine (IZZS). Dok je bila u IZZS, učestvovala je u različitim projektima fokusiranim na analizu sistema sakupljanja i odlaganja otpada širom Srbije, negujući posvećenost javnom angažovanju u donošenju odluka o životnoj sredini. Aktivno je bila angažovana na podršci učešću građana u ekološkim procesima i zastupanju njihovih interesa. Ivana trenutno koristi njenu pravnu ekspertizu kao konsultant u oblasti tehnološkog prava, dok svojim konsultantskim radom nastavlja da doprinosi zaštiti životne sredine. Ivana se ističe u istraživanju, analizi politika i građenju saradnje između različitih aktera.

Johann FELLNER je vanredni profesor za upravljanje otpadom u TU Beč u Austriji. Ima višegodišnje iskustvo u oblasti termičke prerade i deponovanja otpada i objavio je više od 100 naučnih radova. Pored toga, njegov glavni istraživački interes je usmeren ka prenosima odgovarajućih tehnologija obrade otpada u zemlje sa srednjim i nižim prihodima.

Siniša MITROVIĆ je master analitičar životne sredine i predavač na Fakultetu za primenjenu ekologiju "Futura". Aktivno radi u Privrednoj komori Srbije, kao direktor Centra za cirkularnu ekonomiju, na poslovima zelenog rasta srpske industrije, ekoloških evropskih integracija i upotrebe najboljih tehnologija u upravljanju otpadom i otpadnim vodama. Jedan je od vodećih promotera doktrine cirkularne ekonomije, kao novog alata konkurentne privrede, energetske efikasne i odgovorne prema lokalnoj zajednici. Član je Upravnog odbora Globalnog dogovora UN u Srbiji i predsedavajući grupe za promociju Milenijumskih ciljeva održivog razvoja. Aktivno radi na uključivanju malih i srednjih preduzeća u promociju održivog razvoja lokalnih zajednica, očuvanja vrednosti lokalnih resursa i novog kvaliteta života u stvaranju lokalnih radnih mesta, kao i na inkluziji Roma u poslovni sektor.

Recenzenti

Aleksandar JOVOVIĆ je redovni profesor Odseka za procesnu tehniku i zaštitu životne sredine Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Njegovi istraživački interesi su usmereni na proizvodnju čiste energije, zagađenje vazduha iz stacionarnih izvora, modeliranje disperzije vazduha itd. Predsednik je Veća grupacije tehničko-tehnoloških nauka Univerziteta u Beogradu i Društva za procesnu tehniku SMEITS. Član je Akademskog odbora Čovek i životna sredina SANU, Naučnog društva Srbije, Matičnog naučnog odbora za uređenje, zaštitu i korišćenje voda, vazduha i zemljišta. Tehnički je ekspert za ocenu izveštaja u skladu sa Okvirnom konvencijom UN o promeni klime (UNFCCC) i na listi eksperata za izradu uputstava Stokholmske Konvencije.

Učesnik je i rukovodilac velikog broja generalnih, idejnih i glavnih projekata, kao i nacionalnih strateških dokumenata, propisa i studija iz oblasti zaštite životne sredine, energetike i održivog razvoja. U okviru naučnih aktivnosti objavljuje radove u časopisima i na konferencijama međunarodnog i nacionalnog značaja.

Dejan RADIĆ je diplomirao i doktorirao na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Trenutno radi kao redovni profesor na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, Katedra za procesnu tehniku na predmetima: Zaštita vazduha, Termohemijski i biohemijski procesi i oprema, Energetska efikasnost u industriji, Gorivi, tehnički i medicinski gasovi i Merenja i upravljanje u procesnoj tehnici. Rukovodilac je akreditovane Laboratorije za procesnu tehniku, zaštitu životne sredine i energetske efikasnost. Doktorska disertacija iz oblasti visokotemperaturske regeneracije aktivnog uglja. Magistarska teza iz oblasti sagorevanja otpadnih materijala iz industrije papira i kartona. Odgovorni je projektant prema Zakonu o planiranju i izgradnji. Ima oko 30 godina iskustva u izradi velikog broja naučnih i inženjerskih projekata, uključujući projekte iz oblasti zaštite životne sredine, studija o proceni uticaja na životnu sredinu, visokotemperaturskih procesa, naučnoistraživačkih projekata u oblasti proizvodnje toplotne i električne energije, sagorevanja otpada, tretmana otpada i otpadnih voda i zaštite vazduha. Objavio je više od 90 naučno-stručnih radova.

