

Upravljanje otpadnom livačkom šljakom u skladu sa principima cirkularne ekonomije

ALEKSANDAR I. JOVIČIĆ, Visoka škola tehničkih
strukovnih studija, Čačak
DRAGANA M. ĐERGOVIĆ, Visoka broderska škola
akademske studija, Beograd
LAZO M. KUKOBAT, Telefonkabl, Beograd
SONJA B. KETIN, Visoka broderska škola
akademske studija, Beograd

Stručni rad
UDC: 669.13.046.58(497.11)
669.1:[628.4:005(497.11)
DOI: 10.5937/tehnika2201125J

Otpadna livačka šljaka, koja nastaje u procesu topljenja gvožđa i sakuplja se sa usta elektrolučnih peći, u svim livnicama u Srbiji skladišti se na privremenim deponijama, obično u krugu fabrike. S obzirom na velike količine otpadne šljake uočava se potreba trajnog rešavanja navedenog problema. Kao jedno od rešenja nameće se mogućnost odlaganja livačke šljake kao tampon podloge ispod betonskog pokrivača. Radi odlaganja ove vrste otpada izvršena su odgovarajuća geomehanička ispitivanja predmetnog otpada. Zaključeno je da otpadna livačka šljaka, bez primesa komadnih materijala, mlevena na granulaciju ispod 10 mm, skladištena tako da ne dođe do kontaminacije ugljovodonicima se može upotrebiti za izradu posteljice puta i izradu donjeg nosećeg tamponskog sloja u granulaciji ispod 31.5 mm. Na ovaj način unaprediće se sistem upravljanja i tretman otpadom kao materijalnim resursom zasnovan na naučnim saznanjima i postupcima a u skladu sa principima cirkularne ekonomije.

Ključne reči: otpadna livačka šljaka, tampon podloga, cirkularna ekonomija

1. UVOD

Iako je Cirkularna ekonomija koncept zasnovan „ekonomiji u zatvorenoj petlji“, u oblasti upravljanja otpadom iz livačke industrije (procesa reparacije i reciklaže u cilju ponovne upotrebe proizvoda, otpadne livačke šljake, otpadnog livačkog peska, otpadne filterske prašine), u slučaju Srbije – otpad u većini slučajeva završava na deponiji što se u teoriji predstavlja „linearni model privređivanja“ i upotrebe resursa koji je, ne treba ni naglašavati neodrživ sa stanovišta značajnih aspekata životne sredine i ekonomski neisplativ. Maksimalna ovakovog modela je: uzmi – napravi – koristi – baci (eng. take–make–use–dispose) [1].

Upravljanje otpadom realizuje se kroz brojne faze kao što su prikupljanje, separaciju, odlaganje i recikliranje. Održiv razvoj i Cirkularna ekonomija ukoliko se primene u livačkoj industriji mogu nam ponuditi trajna rešenja navedenog problema [1].

Adresa autora: Aleksandar Jovičić, Visoka škola
tehničkih strukovnih studija, Čačak, Svetog Save 65
e-mail: aleksandar.jovicic@ftn.kg.ac.rs
Rad primljen: 28.09.2021.
Rad prihvaćen: 13.10.2021.

2. OTPAD OD LIVAČKE INDUSTRIJE

Najzastupljeniji otpadi iz livačke industrije, otpadi iz samog procesa livenja su otpadna livačka šljaka, otpadni livački pesak i otpadna filterska prašina. U ovom radu akcenat će biti stavljen na otpadnu livačku šljaku jer se otpadni livački pesak (stari) koji se koristi za izradu kalupa u preko 90% može reciklitirati dok se sa otpadnom filterskom prašinom, koja nastaje kada se pri izlivanju odlivaka, postupa prema procedurama za postupanje sa praškastim materijama uz prethodnu stabilizaciju otpada ukoliko je dalji postupak upravljanja odlaganja u životnu sredinu.

Otpadna livačka šljaka, indeksni broj 10 09 03, koja nastaje u procesu topljenja gvožđa, krupno komadista do sitno granulirana do sitno zrnasta šljaka, sa komadima gvožđa i čelika, slabo vlažna, nehomogena. Sakuplja sa usta elektrolučnih peći, koja je prema fizičkim svojstvima čvrsta materija koja prema karakteru nije opasan otpad ali nije ni inertan, u svim livnicama su Srbiji se skladišti na privremenim deponijama u krugu fabrike.

S obzirom na velike kapaciteta najvećih livnica u Srbiji (Livnica Kikinda, Livnica Ljig, Livnica Guča, Livnica Topola, Livnica Bačka Topola, Livnica

Leskovac, Livnica Požega...) koji premašuju 20 t liva na dan, a uzimajući u obzir činjenicu da najveće srpske livnice rade sa mnogo većim kapacitetima, uočava se potreba trajnog rešavanja navedenog problema.

3. PRINCIP CIRKULARNE EKONOMIJE KAO REŠENJE PROBLEMA

Prva zemlja koja je formalno prihvatila koncept cirkularne ekonomije i inkorporirala njegove ideje u svoje zakonodavstvo jeste Nemačka, koja je 1996. godine donela Zakon o zatvorenom ciklusu upravljanja otpadom. Japan ovaj koncept prihvata 2000. godine donošenjem Zakona o uspostavljanju društva zasnovanog na recikliranju. Najveći napredak u tranziciji ka cirkularnoj ekonomiji do sada su ostvarile NR Kina i Evropska unija [2]. Na žalost ovaj koncept se u Srbiji samo spominje, gotovo da nema primera primene ovog koncepta u praksi.

Kao jedno od rešenja postupanja sa otpadnom livačkom šljakom nameće se mogućnost odlaganja neopasnog otpada (livačke šljake) kao tampon podloge ispod betonskog pokrivača. Radi odlaganja ove vrste otpada potrebno je izvršiti odgovarajuća geomehnička ispitivanja predmetnog otpada.

Radi mogućnosti odlaganja otpadne livačke šljake kao tampon podloge ispod betonskih pokrivača u odnosu na uticaj predmetnog otpada na životnu sredinu, uzimajući u obzir dugoročno ponašanje materijala u očekivanim uslovima izlaganja životnoj sredini u laboratorijama za karakterizaciju otpada potrebno je izvršiti seriju laboratorijskih ispitivanja predmetnog materijala i to u periodu od od najmanje dve godine. Ispitivanje predmetnog otpada potrebno je izvršiti u smislu njegovog odlaganja u životnu sredinu.

Podrazumeva se da šljaku treba potpuno očistiti od primesa neistopljenog metala.

4. PRIMER DOBRE PRAKSE

4.1. Hemijska analiza dostavljenih uzoraka otpadne livačke šljake

U svrhu mogućnosti odlaganja otpadne livačke šljake kao tampon podloge ispod betonskih pokrivača, za potrebe livnice Guča, kao jedne od najvećih srpskih livnica, kako po kapacitetima, tako i po ostvarenom obimu proizvodnje, izvršena je hemijska analiza dostavljenih uzoraka otpadne livačke šljake sakupljene sa usta elektrolučnih peći za topljenje čelika.

Ispitivanja su vršena na uzorcima koji su dobijeni slučajnim uzorkovanjem u dve godine u različitim delovima godine, tj. godišnjem dobu. U jednoj godini uzorkovanje je izvršeno u februaru posle obilnih padavina, dok je za drugu godinu izvršeno uzorkovanje u junu u sušnom periodu [3].

Za godinu kada su uzorci uzimani u februaru mesecu otpadna šljaka je imala karakter neopasan/inertan otpad zbog povećane koncentracije ukupnih ugljovodonika, frakcije C10-C40 u otpadu. Ostali parametri su u granicama referentne vrednosti. Tokom vremena vrednost u eluatu se povećava tokom sedmodnevnog testa izluživanja, ali su i dalje ispod referentnih vrednosti za prihvatanje otpada na deponiju inertnog otpada [3].

U godini kada je uzorkovanje vršeno u letnjem periodu, otpadna livačka šljaka imala je karakter neopasan/inertan otpad. Tokom sedmodnevnog izluživanja vrednosti koncentracija opadaju ili ostaju iste i ispod su referentnih vrednosti za prihvatanje otpada na deponiju.

Koncentracija ukupnih ugljovodonika očekivano varira s obzirom na način skladištenja predmetnog otpada: na otvorenom, na zemlji, bez podloge sa ostalim otpadima koji nastaju u industrijskom procesu livenja odlivaka, tako da se nađena koncentracija ukupnih ugljovodonika ne može uzeti u obzir za razmatranje stepena opasnosti otpadne livačke šljake [3].

Otpadna livačka šljaka je promenljive granulacije i promenljivog sastava. Sastav otpadne livačke šljake zavisi od čistoće ulaznih komponenti, uglavnom otpada od gvožđa i čelika. Takođe, sastav zavisi i od samog temperaturnog procesa livenja na šta ukazuje različita masa komadnog metala u šljaci. [3]

Takođe, na uzorku otpadne livačke šljake izvršena je analiza sadržaja radionuklida. Ispitivanje je izvršeno tehnikom niskofonske gamaspektrometrije na poluprovodničkom HPGe detektoru po metodi IAEA TR-295 [4].

Rezultati analize pokazuju da je sadržaj radionuklida u ispitivanom uzorku ispod granica radioaktivne kontaminacije propisane za industrijski otpadni materijal pa ispitivani uzorak u pogledu radioaktivne kontaminacije zadovoljava uslove za odlaganje u životnu sredinu [4].

Za potrebe Livnice Guča, Instituta IMS AD Beograd, izvršio je određena laboratorijska ispitivanja:

Identifikaciono-klasifikaciona ispitivanja: određivanje granulometrijskog sastava SRPS.U.B1.018:2005 i fizičko-mehanička i hemijska ispitivanja tla: određivanje odnosa vlažnosti i suve zapreminske mase tla-Proktorov opit SRPS U.B1.038:1997 i laboratorijsko određivanje kalifornijskog indeksa nosivosti SRPS U.B1.042:1997. Sva laboratorijska ispitivanja izvršena su na primarnoj šljaci u laboratoriji i prosejanoj kroz sito otvra 31.5 mm.

4.2. Određivanje granulometrijskog sastava

Određivanje granulometrijskog sastava uzorka otpadne livačke šljake izvršeno je metodom sejanja.

Učešće pojedinih frakcija materijala zrnastih frakcija izraženo je u procentima u odnosu na ukupnu masu, pri čemu je dobijeno:

Prema opštoj klasifikaciji tla ispitani materijal pripada grupi GW, dobro granulirana šljaka. [5]

Tabela 1. Učešće frakcija [5]

Učešće frakcija					Cu	Cc
Glin a	Prašin a	Pesak	Šljunak	Drob ina		
<0.002	0.002-0.06	0.06-2.0	2.0-60.0	>60.0		
0%	1%	29%	70%	0%	17.5	1.58

4.3. Određivanje odnosa vlažnosti i suve zapremine tla

Određivanje odnosa vlažnosti i suve zapremine tla uzorka otpadne livačke šljake izvršeno je standardnim Proktorovim opitom u kalupu zapremine 2.125 m³ uz primenu energije zbijanja po jedinici zapremine od 2.75 MJ/m³, pri čemu je su dobijeni sledeći rezultati:

Tabela 2. Proktorov opit [5]

Proktorov opit E=2.75 MJ/m ³	
$\gamma_{d \max}=2.023 \text{ t/m}^3$	$W_{\text{opt}}=5.4\%$

Rezultati ispitivanja prikazani su u predmetnom izveštaju [5].

4.4. Rezultati ispitivanja određivanja kalifornijskog indeksa nosivosti - CBR

Kalifornijski indeks nosivosti je određen na laboratorijski pripremljenim uzorcima dostavljenog materijala. Pri stepenu zbijenosti Sz=95% u odnosu na standardi Protokov opit, dobijeno je sledeće:

Tabela 3. CBR pri zahtevanoj zbijenosti [5]

CBR pri zahtevanoj zbijenosti			
Zahtevana zbijenost - Sz	$\gamma_{d \max}$	95% od $\gamma_{d \max}$	CBR
95%	2.023 t/m ³	1.922 t/m ³	39%

Rezultati određivanja kalifornijskog indeksa nosivosti - CBR prikazani su u [5].

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja livačka šljaka se može upotrebiti za izradu posteljice puta i izradu donjeg nosećeg tamponskog sloja. Šljaku treba pripremiti tako da sva masa prolazi kroz sito 31.5 mm. Šljaku treba potpuno očistiti od primesa neistopljenog metala. Laboratorijska ispitivanja treba sprovesti na više uzoraka da bi se pouzdano dokazala upotrebljivost za izradu donjih nosećih slojeva puta. Posle završenih ispitivanja uraditi probno polje od

pripremljene šljake i izvršiti sva potrebna terenska ispitivanja.

Pri proceni stabilnosti otpadne livačke šljake, za korišćenje kao tampon podloge ispod betonskog pokrivača je pored rezultata ispitivanja iz Instituta za ispitivanje materijala, korišćen i izveštaj br. G-0067/10, Laboratorije za puteve i geotehniku o ispitivanju geomehaničkih karakteristika otpadne livačke šljake, na osnovu čega se može zaključiti da otpadna livačka šljaka, bez primesa komadnih materijala, mlevena na granulaciju ispod 10 mm, skladištena tako da ne dođe do kontaminacije ugljovodonicima pokazuje vrednosti koncentracije u eulatu koje su tokom ispitivanja pokazale promene unutar dozvoljenih granica za pojedine parametre, pa se može upotrebiti za izradu posteljice puta i izradu donjeg nosećeg tamponskog sloja u granulaciji ispod 31.5 mm.

Potrebno je još i ispitati način skladištenja predmetne otpadne livačke šljake i kvalitet ulaznih sirovina, kako ne bi dolazilo do značajnih promena u sastavu otpadne livačke šljake.

S obzirom na promenljivost sastava otpadne livačke šljake, a samim tim i na promene u koncentracijama u eulatu, potrebno je sprovesti laboratorijska ispitivanja na kritične parametre, prvenstveno sadržaj teških metala i Arsena i ukupnih ugljovodonika, frakcija C₁₀ i C₄₀ u samom predmetnom otpadu i u eulatu, za svaku šaržu livačke šljake, predviđenu za dalje korišćenje da bi se pouzdano dokazala stabilnost pri izradi donjih nosećih slojeva puta.

Takođe, jedna od varijanti za odlaganje otpadne livačke šljake jeste i mogućnost korišćenja predmetnog otpada za odlaganje (prekrivanje) deponije koja je zatvorena radi rekultivacija iste. U tu svrhu neophodno je da navedena akreditovana laboratorija za ispitivanje otpada izvrši ispitivanja i u izveštaju jasno navede preporuku o mogućnosti korišćenja odabranog otpadnog materijala za prekrivanje deponije, tj. da li je isti inertan i da li se može koristiti u navedenu svrhu kao i da ispunjava uslove o odlaganju otpada na deponiji.

Na ovaj način postoji mogućnost unapređenja sistema upravljanja i tretmana otpada kao materijalnim i energetskim resursom, zasnovano na naučnim saznanjima i postupcima što će za posledicu imati smanjenje negativnih efekata na životnu sredinu, uklanjanje bezbednosnih pretnji po zdravlje ljudi, očuvanje prirodnih resursa (uključujući minerale, metale, ostale materijale, vodu i vazduh) i biodiverzitet.

LITERATURA

- [1] Kalkan D. Cirkularna ekonomija – priča o otpadu kao resursu, časopis *Industrija*, 2018. [Internet], <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/cirkularna-ekonomija-prica-o-otpadu-kao-resursu/03.02.2019>.

- [2] Radivojević A. Cirkularna ekonomija implementacija i primena tehnologije u njenoj funkciji, *Ekonomске ideje i praksa*, Ekonomski fakultet u Beogradu, 28, str. 33-46, 2018.
- [3] *Stručno mišljenje broj 2979/7 od 21.09.2010. godine o mogućnosti odlaganja neopasnog otpada: otpadne livačke šljake, kao tampon podloge ispod betonskih pokrivača*, Gradski Zavod za javno zdravlje Beograd, 2010.
- [4] *Izveštaj o ispitivanju br. S10/361 od 16.07.2010. godine*, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za hemijsku dinamiku permanento obrazovanje RJ Hemijska dinamika, 2010.
- [5] *Izveštaj o ispitivanju br. G-067/10 od 07.07.2010. godine*, Institut IMS, Laboratorija za puteve i geotehniku, 2010.

SUMMARY

MANAGEMENT OF WASTE FOUNDRY SLAG IN ACCORDANCE WITH THE PRINCIPLES OF CIRCULAR ECONOMY

Waste foundry slag, which is formed in the process of melting iron and is collected from the mouths of electric arc furnaces, is stored in all foundries in Serbia in temporary landfills, usually within the factory. Given the large amounts of waste slag, there is a need for a permanent solution to this problem.

As one of the solutions, the possibility of depositing foundry slag as a buffer base under the concrete cover is imposed. In order to dispose of this type of waste, appropriate geomechanical tests of the waste in question were performed. It was concluded that waste casting slag, without impurities of piece materials, ground to a granulation below 10 mm, stored so as not to contaminate with hydrocarbons can be used to make the road bed and make the lower bearing buffer layer in the granulation below 31.5 mm. In this way, the system of waste management and treatment as a material resource based on scientific knowledge and procedures and in accordance with the principles of circular economy will be improved.

Key Words: *waste foundry slag, buffer substrate, circular economy*