

UDK: 621.867.2:622.33(497.16)(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402045M

NAUČNI RAD

Oblast: Mašinsko inženjerstvo

Primljen: 25.11.2024.

Prerađen: 02.12.2024.

Prihvaćen: 03.12.2024.

**TEHNOLOGIJA STABILNOG TRANSPORTA NUSPRODUKATA
SAGOREVANJA U OKVIRU TERMoeLEKTRANE „PLJEVLJA“
TRANSPORTERIMA SA TRAKOM**

**TECHNOLOGY OF STABLE TRANSPORTATION OF COMBUSTION
BY-PRODUCTS IN THE FRAMEWORK OF THERMAL POWER PLANT
„PLJEVLJA“ BY BELT CONVEYORS**

Nikola Miljković^{1a}, Miloš Živanović^{1b}, Nikola Jovanović^{1c},
Zlatko Pavlović^{1d}, Jelena Stefanović^{1e}

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor

^{1a}E-mail: nikola.miljkovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2372-3942>

^{1b}E-mail: milos.zivanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-3331-4294>

^{1c}E-mail: nikola.jovanovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0982-2576>

^{1d}E-mail: zlatko.pavlovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8102-1820>

^{1e}E-mail: jelena.stankovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6418-1814>

Izvod

Nakon ekološke rekonstrukcije termoelektrane „Pljevlja“ kao nusprodukti sagorevanja nastaju pepeo i šljaka u količinama od 420.000 t i 70.000 t, dok se nakon procesa odsumporavanja dobija gips količine od 154.000 t. Ovim radom obrađeno je transportovanje sva tri materijala transporterima od silosa za skladištenje do nove lokacije utovara materijala u okviru termoelektrane.

Ključne reči: pepeo, šljaka, transporter, gips, termoelektrana, nusprodukt

Abstract

After the ecological reconstruction of the “Pljevlja” thermal power plant, ash and slag are produced as combustion by-products in amounts of 420.000 t and 70.000 t, while after desulphurization process, gypsum is obtained in the amount of 154.000 t. This paper deals with the transportation of all three materials by conveyors from the storage silo to the new material loading location within the thermal power plant.

Keywords: ash, slag, conveyor, gypsum, thermal power plant, by-product

1. UVOD

Pepeo, šljaka i gips su nusprodukti u procesu proizvodnje električne energije u termoelektranama tokom sagorevanja uglja i odumporavanja gasova sagorevanja. U praksi ovi nusprodukti se mogu do deponije transportovati na više načina i to [1, 2]:

- Transport transporterima sa trakom
- Hidraulički transport
- Kamionski transport

U okviru termoelektrane „Pljevlja“ planira se varijantno rešenje transporta transporterima sa trakom do novoprojektovane deponije Šumani, koja obuhvata transport u okviru termoelektrane, kao i od elektrane do deponije.

Ovim radom biće obrađena varijanta tehnologije stabilnog transporta transporterima sa trakom u okviru termoelektrane sa akcentom na mašinsku opremu. Potreba za ovim transportom, kao varijantnim rešenjem, nastaje zbog guste gradnje objekata u približnoj blizini silosa u okviru termoelektrane „Pljevlja“ nakon ekološke rekonstrukcije.

Dimenzionisanje transportnog sistema, odnosno proračunski kapacitet, koji treba obezbediti uklanjanje nusprodukta u toku cele godine, za predviđeno vreme rada nakon ekološke rekonstrukcije od 7.500 h/god. Karakteristike silosa nakon rekonstrukcije prikazane su u tabeli 1, dok su kapaciteti proizvodnje nusprodukata TE dati u tabeli 2. [1,3]

Tabela 1. Karakteristike silosa nakon ekološke rekonstrukcije TE „Pljevlja“

	Šljaka	Pepeo	Gips
Kapacitet silosa, m ³	400	3200	600
Brzina pražnjenja, m ³	50	200	83
Zapreminska gustina, t/m ³	0,95	0,8	1,2

Tabela 2. Kapaciteti proizvodnje nusprodukata TE „Pljevlja“

	Godišnje	Satno	Dnevno	Mesečno
Pepela, t:	420.000,0	60,0	1.440,0	35.000,00
Šljake, t:	70.000,0	10,0	240,0	5.833,33
Gipsa, t:	154.000,0	22,0	528,0	12.833,33
Suma, t:	644.000,0	92,0	2.208,00	53.666,67
Zapreminska gustina				
Pepela:	0,80 t/m ³			
Šljake:	0,95 t/m ³			
Gipsa:	1,20 t/m ³			
Pepela, m ³ :	525.000,0	75,0	1.800,0	43.750,00
Šljake, m ³ :	73.684,2	10,5	252,6	6.140,35
Gipsa, m ³ :	128.333,3	18,3	440,0	10.694,44
Suma, m ³ :	727.017,5	103,9	2.492,6	60.584,80

2. TEHNOLOGIJA TRANSPORTA I OPREMA SISTEMA

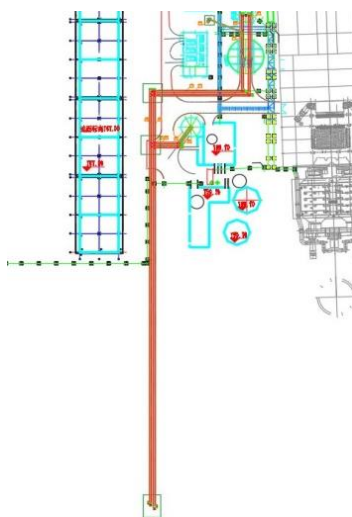
U procesu odabira najpovoljnije trase, posebno se vodilo računa o položaju izgrađenih i novopredviđenih objekata u sklopu Ekološke rekonstrukcije, o položaju novoprojektovanih saobraćajnica i tehničko-tehnoloških zahteva opreme.

Pozicije koje su obuhvaćene ovim delom transporta odnose se na trakaste i pužne transportere i date su u tabeli 3, dok se na slici 1 može videti pozicija opreme u okviru termoelektrane.

Svi transporteri sa trakama u ovom sistemu opremljeni su senzorima za praćenje rada, sigurnosnim užadima, automatizovani su, njima se upravlja SCADA sistemom i pokriveni su metalnim poklopcima.

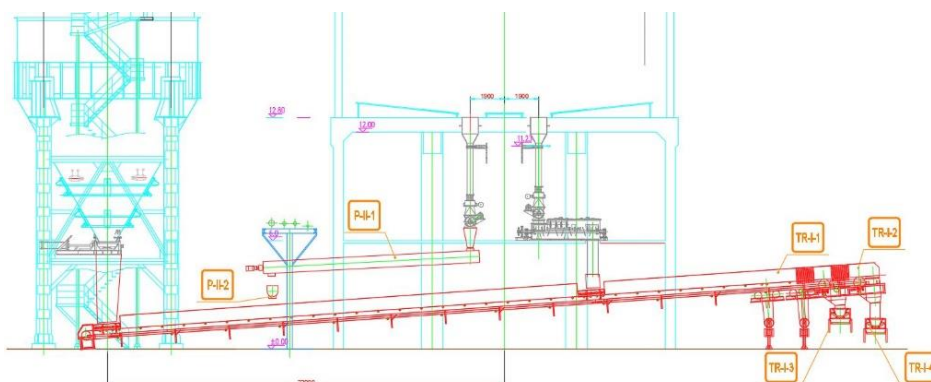
Tabela 3. Oprema u okviru sistema transporta

Pozicije	Oznaka opreme	Opis opreme
1	TR-I-1	Transporter šljake i pepela 1 (Radni)
2	TR-I-2	Transporter šljake i pepela 2 (Rezervni)
3	TR-I-3	Transporter šljake i pepela 3 (Radni)
4	TR-I-4	Transporter šljake i pepela 4 (Rezervni)
5	P-I-1	Pužni transporter gipsa 1 (Radni)
6	P-I-2	Pužni transporter gipsa 2 (Rezervni)
7	TR-I-5	Transporter gipsa 1 (Radni)
8	TR-I-6	Transporter gipsa 2 (Rezervni)
9	TR-I-7	Zbirni transporter pepela, šljake i gipsa 1 (Radni)
10	TR-I-8	Zbirni transporter pepela, šljake i gipsa 1 (Rezervni)



Sl. 1. Dispoziciona raspodela opreme u okviru termoelektrane

Sistem se sastoji od duplih transportera (radni + rezervni). Prva dva transportera u sistemu (TR-I-1 i TR-I-2) nalaze se ispod silosa šljake i pepela, i oni pod blagim nagibom izvlače pepeo i šljaku iz radnog prostora silosa do mesta presipa na sledeća dva transportera (TR-I-3 i TR-I-4). Transporteri TR-I-3 i TR-I-4 nalaze se u prostoru između silosa pepela i pomoćne zgrade skladištenja gipsa u čijem je sastavu silos gipsa i uz uspon prolaze ispod postojeće trase cevovoda komprimovanog vazduha [3] i izdižu se na cca 6m visine. Presek kroz silose pepela i šljake vidi se na slici 2.



Sl. 2. Presek kroz silose pepela i šljake

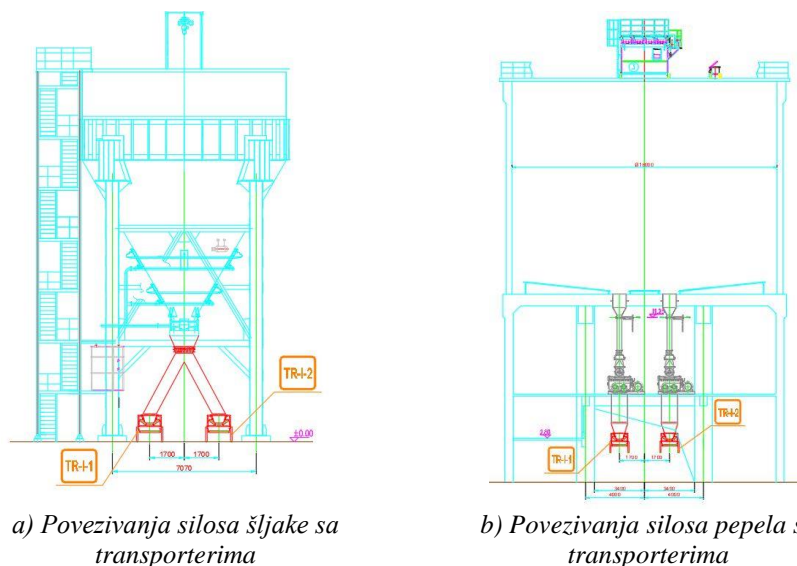
Karakteristike transportera šljake i pepela sa proračunatim snagama motora [4] date su u tabeli 4.

Tabela 4. Karakteristike transportera pepela i šljake

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	TR-I-1	127*	800	4	41	11
2	TR-I-2	127*	800	4	43	11
3	TR-I-3	127*	800	10	48,5	15
4	TR-I-4	127*	800	10	51,5	15

*- 127 t/h = 111 t/h smese pepela i vode + 16 t/h šljake

Usvojeni kapaciteti proračuna transportera [4] uzeti su po potrebama dvosmernskog rada transporta šljake i pepela i jednosmernskog transporta gipsa. Silos šljake vezan je sa transporterima dvokrakom sipkom, dok na silosu pepela postoje dva mešača sa svojim sipkama [3], te svaki mešač ima svoj transporter za koji je vezan sipkom. Povezivanja silosa sa transporterima data su na slici 3.



Sl. 3. Povezivanje silosa šljake i pepela sa transportnim trakama TR-I-1 i TR-I-2

Transporteri TR-I-1 i TR-I-2 vezani su redno sa transporterima TR-I-3 i TR-I-4 respektivno sipkama. Nakon prelaska postojećeg koridora transporteri TR-I-3 i TR-I-4 vezani su sa zbirnim transporterima TR-I-7 i TR-I-8 dvokrakim sipkama (slika 4).



Sl. 4. Presip sa transportera TR-I-3 i TR-I-4 na zbirne transportere TR-I-7 i TR-I-8

Takođe se transporterima TR-I-7 i TR-I-8 pridodaje gips iz silosa gipsa. Zbirni transporteri proračunati su sa ukupnim kapacitetima za sva tri nusprodukta, iako će većinu vremena naizmenično transportovati smesu pepela i

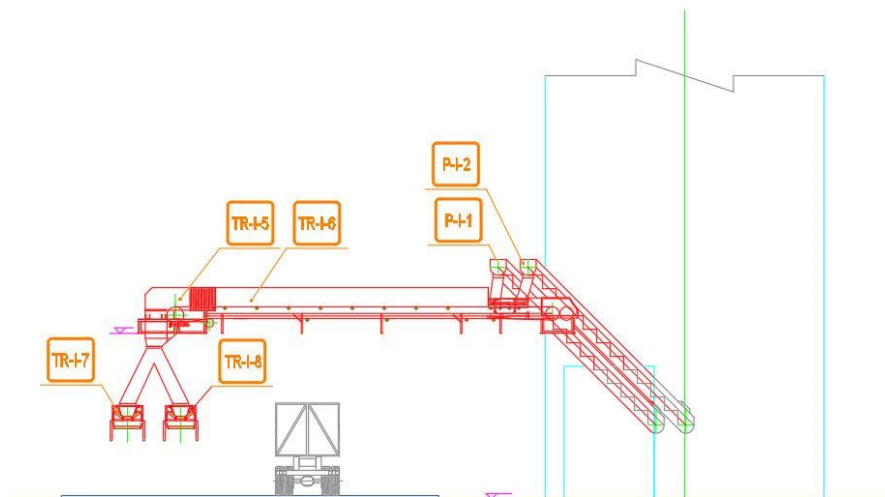
šljake i gips radi lakšeg sortiranja na odlagalištu zbog moguće komercijalne upotrebe gipsa. Ovi transporteri funkcionišu kao radni+rezervni, dok se u specifičnim slučajevima mogu koristiti i paralelno gde bi se na jednom transporteru dopremala smesa šljake sa pepelom, a na drugom gips. Ovaj vid transporta može se koristiti samo u interventnim situacijama. Karakteristike zbirnih transportera date su u tabeli 5 [4].

Tabela 5. Karakteristike transportera pepelai šljake

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	TR-I-7	192*	800	4	222	45
2	TR-I-8	192*	800	4	224	45

*- 192 t/h =127 t/h smese pepela i šljake + 65 t/h pepela

Silos gipsa spojen je dvokrakom sipkom sa pužnim transporterima P-I-1 i P-I-2 (zbog veoma uskog prostora i velike visine dizanja u odnosu na dužinu implementirani su pužni transporter koji savladavaju nagib i dopremaju gips do transportera TR-I-5 i TR-I-6 koji se nalaze na visini od cca 6m i gips prebacuju do zbirnih transportera TR-I-7 i TR-I-8 sa kojima su spojeni dvokrakim sipkama. Pužni transporter P-I-1 i P-I-2 redno su sipkama vezani za transportere TR-I-5 i TR-I-6 respektivno i rade na principu radni+rezervni vod. Prikaz dopreme gipsa iz silosa do zbirnih transporterima može se videti na slici 5.



Sl. 5. Doprema gipsa do zbirnih transportera TR-I-7 i TR-I-8

Karakteristike transportera gipsa [4] date su u tabeli 6, kao i proračunate snage pužnih transportera [5,6].

Tabela 6. Karakteristike pužnih i trakastih transportera gipsa

Pozicije	Oznaka transportera	Kapacitet (t/h)	Širina trake/ Prečnik (mm)	Ugao nagiba (°)	Dužina (m)	Pogonska snaga (kW)
1	P-I-1	65	600	30	11	30
2	P-I-2	65	600	30	12,5	30
3	TR-I-5	65	800	0	14	7,5
4	TR-I-6	65	800	0	14	7,5

U slučaju kvara nekog od transportera na magistralnom sistemu van okvira termoelektrane, koji se redno vezuje sa ovim sistemom na presipnoj stanici predviđa se rezervni sistem za interventni transport u vidu kamionskog transporta koji nije deo ovog rada.

Svi transporteri nalaze se na koti terena ili na sopstvenim nosećim konstrukcijama i na pretovaru u zbirne transportere nalaze se presipna mesta, dok je na njihovom kraju presipna stanica.

3. PROCENJENA INVESTICIONIHL ULAGANJA

U ekonomske pokazatelje mašinske opreme obuhvaćena su investiciona ulaganja u transportne trake, pužne transportere, dvodelne sipke, sipke presipa kao i opremu odlaganja. Ulaganja u elektro opremu usvojena su u odnosu na mašinsku opremu. Ulaganja u mašinsku i elektro opremu data su u tabeli 7. Ulaganja u prapratne građevinske radove i čelične konstrukcije nisu obuhvaćene ovim radom.

Tabela 7. Ulaganja u mašinsku i elektro opremu

Redni broj	Naziv dela sistema	Vrednost investicija (€)
1.	Mašinska oprema transporta u okviru termoelektrane	1.200.000
2.	Elektro oprema	400.000
Ukupno elektro-mašinska oprema:		1.600.000

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je projektovanje varijantnog rešenja transporta nusprodukata sagorevanja termoelektrane „Pljevlja“ u okviru same elektrane. Projektovanje kompletne mašinske opreme, tehnologija rada i kapaciteti deo su složenog tehničko-mašinskog poduhvata koji je uzimao u obzir postojeće

objekte u okviru elektrane, zakone [7], pravila struke kao i detaljan rad u softverskim programima AutoCAD, SolidWorks, itd.

Rad prikazuje mogućnost savladavanja skućenog prostora uz određena investiciona ulaganja u blizini silosa nusprodukata i izvlačenja sve tri vrste materijala na kontinualan i održiv način, sa mogućnošću naizmeničnog slanja pepela i šljake u odnosu na gips, zbog moguće buduće upotrebe gipsa u komercijalne svrhe.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, kroz Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor u 2024. godini, br. 451-03-66/2024-03/200052.

LITERATURA

- [1] N. Stanić, M. Gomilanović, S. Stepanović, A. Doderović, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 1 (2023) 49-58.
- [2] R. Rajković, D. Kržanović, M. Mikić, D. Milošević, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 4 (2015) 41-52.
- [3] Glavni projekat ekološke rekonstrukcije TE „Pljevlja“.
- [4] https://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Transport/Vjezbe/TabliceIIProgram.pdf, dana 22.11.2024
- [5] S. Dedijer, Osnovi transportnih uređaja, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1978, str. 231.
- [6] Đ. Zrnić, M. Prokić, P. Milović, Projektovanje livnica, Mašinski fakultet Univeziteta u Beogradu, Beograd, 1978, str. 320.
- [7] Zakon o planiranju prostora i izgradnji objekata, "Službeni glasnik CG", br. 64/2017, 44/2018, 63/2018, 11/2019 - ispr. i 82/2020.