

TUNELSKA KONSTRUKCIJA TRAKASTOG TRANSPORTERA

BELT CONVEYOR TUNNEL SUPPORT STRUCTURE

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

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

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

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

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

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

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

Izvod

U radu će biti obrađen deo trase Idejnog projekta sistema transporta nusprodukata nakon Ekološke rekonstrukcije termoelektrane Pljevlja. Trasa trakastog transportera dužine 4,5km jednim svojim delom kod Borovičkog jezera ulazi u tunel. Opisani su položaj tunela u odnosu na trasu, izbor poprečnog preseka, proračun konstruktivnih elemenata i uklapanje u ambijentalnu celinu oko jezera.

Glavne reči: tunel, trakasti transporter, Šumane, trasa, transport nusprodukata

Abstract

This paper will cover the Preliminary Design of the by-products transport system after the Ecological reconstruction of the thermal power plant Pljevlja. The 4.5 km belt conveyor long route enters the tunnel at Borovica Lake. Tunnel position is in relation to the route, the cross-section selection, calculation of structural elements and fitting into the ambient unit around the lake are described.

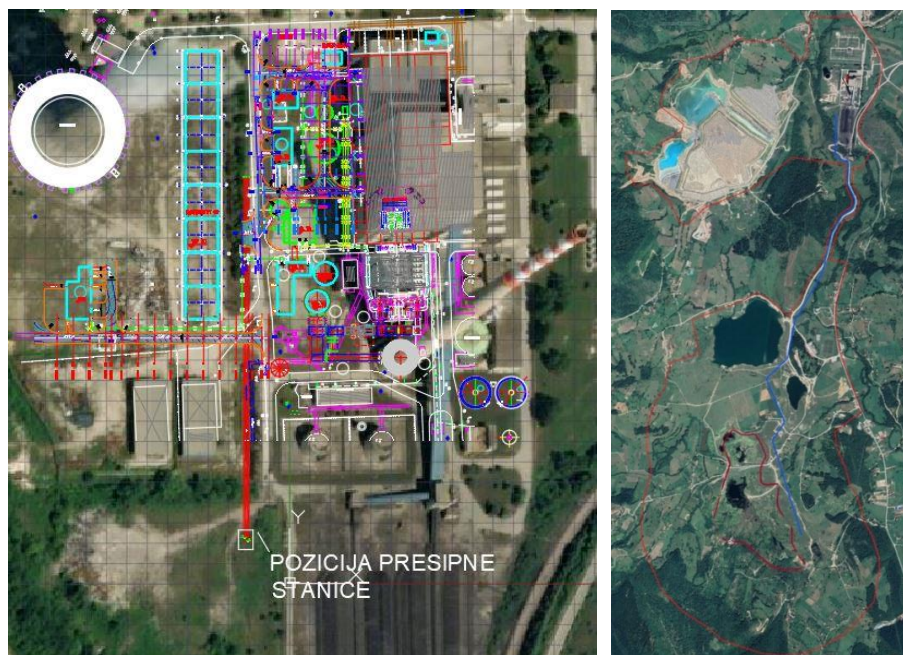
Keywords: tunnel, belt conveyor, Šumane, route, by-products transport

1. UVOD

Popunjenost postojeće deponije Maljevac i otvaranje nove deponije nusprodukata Šumane, uslovljeni su završetkom Projekta ekološke rekonstrukcije termoelektrane Pljevlja. Smanjenje uticaja postrojenja termoelektrane na životnu sredinu realizovaće se kroz kontrolisani transport i odlaganje nusprodukata nastalih sagorevanjem uglja u procesu proizvodnje električne energije. Neophodno je da novi transportni sistem omogući stabilan kontinuiran transport pepela, šlajke i gipsa na ekološki prihvatljiv način. U obzir se mora uzeti i kontinuitet odlaganja ovih nusprodukata u cilju nesmetanog rada čitavog elektroenergetskog sistema. Karakteristike materijala koje je potrebno transportovati od silosa u okviru TE do zadate deponije Šumane, kao i princip

pražnjenja silosa predstavljaju jedan od potrebnih ulaznih podataka za odabir trase, mašinske opreme i ekonomske pokazatelje i oni su preuzeti iz projektnog zadatka kao i iz projekta Ekološke rekonstrukcije. Svi materijali koji se transportuju privremeno su odloženi u silose u krugu termoelektrane. Silos za pepeo je betonska cilindrična konstrukcija zapremine 3200m^3 , silos za šljaku je čelična cilindrična konstrukcija zapremine 400m^3 , a silos za gips je betonski zapremine 600m^3 . Trasa transporterera sastoji se od dva segmenta i to transporta u okvirima termoelektrane do presipne stanice i transporta od presipnog mesta do deponije Šumane. Na slici 1 dati su segmenti sistema transporta. 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 (nagibi transporterera). [1]

U okviru drugog segmenta, koji se nalazi van kruga TE Pljevlja, sve do deponije Šumane, nalaze se transportni čelični mostovi, presipna mesta transportnih mostova, tunelska konstrukcija transporterera, propusti i delovi transportnog sistema na tlu direktno oslonjeni na temelje koji su na međusobnom rastojanju od 3m. Predmet razmatranja ovog rada biće upravo tunelska konstrukcija kod Borovičkog jezera na stacionaži 1+920m. [2]



Sl. 1. Transport u okviru TE (levo) i trasa transportnog sistema obeležena plavom bojom (desno), UTU crvena boja (desno)

Trakastim transporterima upravlja se SCADA sistemom u kom su

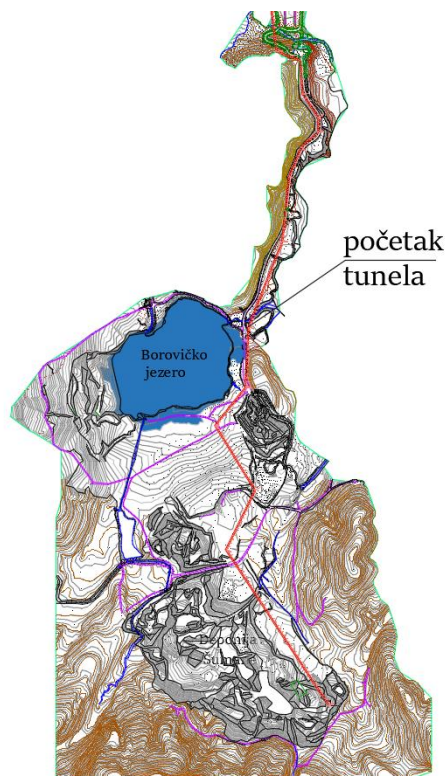
implementirani senzori za praćenje rada, ceo sistem je automatizovan, u njemu se nalaze i mehanički sigurnosti uređaji za sprečavanje zastoja i havarije. Transporteri su pokriveni su orebrenim pocinkovanim metalnim poklopcima. Na slici 2 prikazan je primer pokrivenih transportera.



Sl. 2. Primer pokrivenih transportera [3]

2. LOKACIJA TUNELA

Prilikom odabira mesta ulaza trakastog transportera u tunel, vodilo se računa pre svega o preporukama definisanim u urbanističko-tehničkim uslovima koje se tiču preporučene dužine, estetskom i funkcionalnog položaja početka tunela, postojećih saobraćajnica i same topografije terena. Pre svega, zona Borovičkog jezera postaće u bliskoj budućnosti jedno od gradskih izletišta. Samim tim, eliminisanje buke, prašine, i obezbeđivanje kvalitetnije slike predela i vizure su bili najznačajniji faktori pri odabiru. Na slici 3 prikazan je početak tunelske konstrukcije na trasi transportnog sistema.

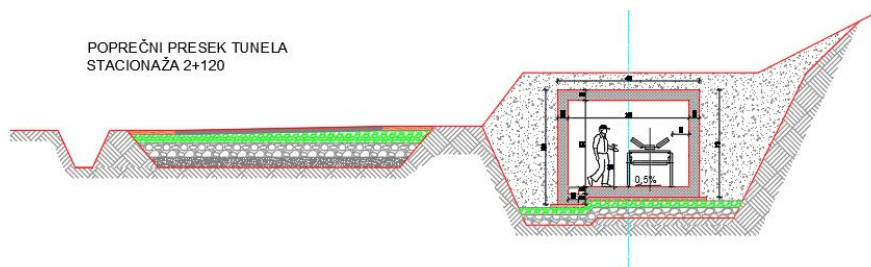


Sl. 3. Početak tunelske konstrukcije

3. TUNELSKA KONSTRUKCIJA TRANSPORTERA

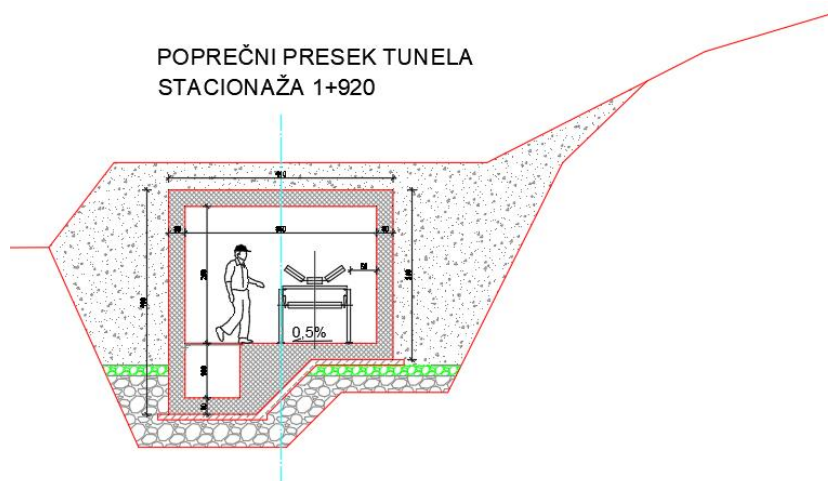
Za potrebe transportnog sistema od stacionaže 1+920 do stacionaže 2+635 predviđa se armirano betonski tunel. Tunel je dužine 715 m, dimenzija svetlog otvora: širina 3,50 m i visina 2,50 m. Zidovi, temeljna i gornja ploča su debljine 30 cm. Tunel se duž trase nalazi u nagibu od 1,75% do 8,1%. Na delu trase od stacionaže 1+920 do stacionaže 2+220 trasa tunela prati trasu puta. Iskop za gradnju predviđen je kao široki iskop sa nagibom kosina 1H:2V odnosno 1H:3V, zavisno od geoloških karakteristika terena i slojeva tla. Ispod temeljne ploče tunela nalazi se sloj mršavog betona debljine 10 cm i sloj zamene tla od 30-50 cm od dvofrakcijskog drobljenog agregata maksimalne krupnoće zrna 63,5 mm. Slojevi zamene tla se zbijaju u debljini od po 20 cm do postizanja modula stišljivosti od 50MPa.

Na slici 4 prikazan je poprečni presek tunelske konstrukcije uz saobraćajnicu pored Borovičkog jezera.



Sl. 4. Poprečni presek tunelske konstrukcije uz Borovičko jezero

U tunelskoj konstrukciji sa jedne strane nalazi se kanal u temeljnoj ploči širine 30 cm i dubine 20 cm koji služi za skupljanje vode koja se eventualno pojavi u samom tunelu. Na svakom presipnom mestu nalazi se sabirni šaht dimenzija 100x100 cm i dubine 1,0 m u koji je smeštena pumpa za prepumpavanje vode do početnog šahta na stacionaži 1+920. Sistemom cevovoda sva voda koja se prikupi u tunelskoj konstrukciji odvodi se u taložnik u krugu termoelektrane na prečišćavanje. Cevi za odvodnjavanje vode biće prikačene na transportni sistem sa donje strane transportne trake. Čelične rešetke služe za pokrivanje kanala duž čitave trase. Tunnel ima poprečni nagib od 0,5% ka kanalu. Na slici 5 prikazan je početni šaht za prikupljanje vode na stacionaži 1+920.

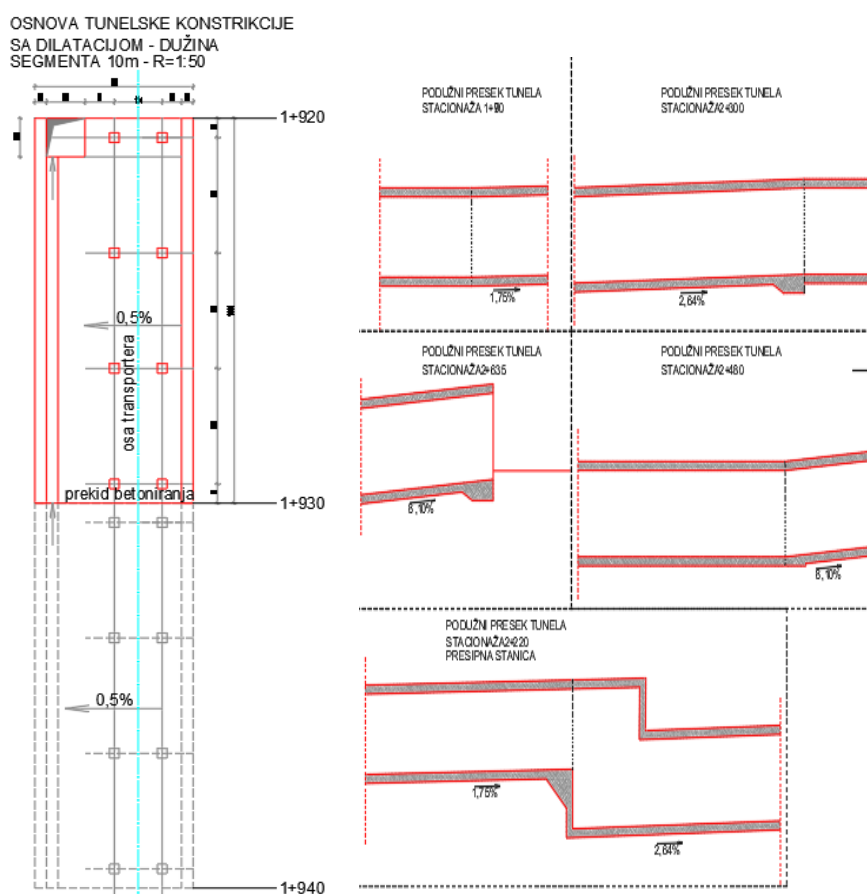


Sl. 5. Poprečni presek tunelske konstrukcije sa prijemnim šahtom za sakupljanje vode

Tunelska konstrukcija je podeljena je na 72 sekcije dužine 10m. Sekcije su određene kao tipske za prekide betoniranja. U zoni Borovičkog jezera, nivo podzemne vode je visoko, odnosno pri samoj koti terena. Za svaku sekciju koja se nalazi ispod nivoa podzemne vode na svim spojevima betona predviđene su

SIKA WATERBARS PVC-P trake za sprečavanje prodora podzemne vode u tunelsku konstrukciju. Na delu trase koja se nalazi iznad nivoa podzemne vode predviđene su bubreće trake SIKA SWELL P na svim spojevima betona. Na slici 6 prikazana su 2 segmenta sa označenim prekidom betoniranja i podužni preseki tunelske konstrukcije na trasi trakastog transportera.

Zatrpavanje tunelske konstrukcije i nadsloj zemlje iznad gornje ploče je debljine od 50-150 cm, zavisno od položaja na trasi i okolnog terena. Zatrpavanje će biti izvršeno tako da se što manje remeti prirodno okruženje pogotovo na delu trase uz saobraćajnicu u blizini jezera i budućeg izletišta.



Sl. 6. Segment tunela dužine 10m (levo), podužni preseki tunelske konstrukcije (desno)

Statički proračun konstrukcije i dimenzionisanje konstruktivnih elemenata urađeno je u programu "TOWER 8" - programu za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija.

Statički uticaji su sračunati po teoriji I reda, sa seizmičkim proračunom. Opterećenje od tla oko i iznad tunela uzeto je kao pritisak tla u stanju mirovanja. Podaci vezani za karakteristike tla uzeti su iz postojećeg geotehničkog elaborata i bušotina na mestima tunelske konstrukcije. Opterećenja od mašina za zatrpavanje su uzeta u obzir preko dinamičkih faktora, a tunelska konstrukcija analizirana je na dejstvo uzgona u toku građenja i nakon završetka svih radova. Opterećenje od uticaja podzemne vode na podnu ploču i bočne zidove uzeto je kao najnepovoljniji slučaj, odnosno najviši dostupan nivo podzemne vode koji se nalazi u podlogama za projektovanje. Iz mašinskih podloga preuzeta su opterećenja od same konstrukcije trakastog transportera i nusprodukata koji se transportuju. [4-12]

4. ZAKLJUČAK

Tunelska konstrukcija trakastog transportera projektovana je tako da zadovolji sve zahteve propisane u urbanističko-tehničkim uslovima. Najviši ekološki standardi vezani za minimalnu emisiju zagađujućih čestica, buke i zagađene otpadne vode u potpunosti su ispunjeni na mestu budućeg izlazišta smeštanjem trase transportera u tunelsku konstrukciju. Urbanistički i arhitektonski zahtevi uklapanja u okolni teren i neremećenje vizure postojećeg terena definitivno su prednosti odabira ovakvog rešenja. Eliminisanje uticaja spoljašnjih klimatskih promena tokom godine, povećanje trajnosti betonske i čelične konstrukcije trakastih transportera kroz smanjene efekte održavanja i pojave korozije su benefiti koji dodatno potvrđuju opravdanost rešenja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, kroz Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2024. godini sa Institutom za rudarstvo i metalurgiju Bor, broj: 451-03-66/2024-03/200052.

LITERATURA

- [1] J. Odović, Urbanističko-tehnički uslovi broj 08-332/23-6990/5 od 29.12.2023. godine, za izradu tehničke dokumentacije za građenje objekata industrijske proizvodnje, na lokaciji urbanističkih i parcela UP2 i UP3 i površina specijalne namjene na UP4, KO Šumani 2, u zahvatu Detaljnog prostornog plana Termoelektrane Plevlja, (Sl. list Crne Gore - 38/16) opština Pljevlja, Crna Gora, Ministarstvo prostornog planiranja, urbanizma i državne imovine, Podgorica, odeljak 7.1-7.3.

-
- [2] N. Vukotić, V. Sekulić, M. Rovčanin, D. Jestrović, M. Joksović, D. Mazalica, R. Debeljović, R. Gredić, S. Pedović, D. Mijušković, K. Minić, Elektroprivreda Crne Gore, A.D. Nikšić, Tehnička specifikacija za izradu tehničke dokumentacije; Izrada idejnog projekta sistema transporta nusprodukata nakon Ekološke rekonstrukcije TE Pljevlja; Izrada Elaborata o procjeni uticaja na životnu sredinu; Izrada glavnog projekta izgradnje deponije Šumane - fazno deponovanje, februar 2024., str. 4-17.
 - [3] <https://www.indiamart.com/proddetail/conveyor-belt-cover-hood-20390216912.html> (Pristupljeno 29.11.2024)
 - [4] Evrokod, Osnove projektovanja konstrukcija, MEST EN 1990:2013, MEST EN 1990:2013/NA:2013.
 - [5] Evrokod 1, Dejstva na konstrukcije, Dio 1-1: Opšta dejstva - Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade, MEST EN 1991-1-1:2017, MEST EN 1991-1-1:2017/NA:2017.
 - [6] Evrokod 1, Dejstva na konstrukcije, Dio 4: Silosi i rezervoari, MEST EN 1991-4:2019, MEST EN 1991-4:2019/NA:2019.
 - [7] Evrokod 2, Projektovanje betonskih konstrukcija, Deo1-1: Opšta pravila za zgrade, MEST EN 1992-1-1, MEST EN 1992-1-1/NA.
 - [8] Evrokod 8, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Dio 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, MEST EN 1998-1:2015, MEST EN 1998-1:2015/NA:2015.
 - [9] Evrokod 8, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Dio 5: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnički aspekti, MEST EN 1998-5:2019, MEST EN 1998-5:2019/NA:2019.
 - [10] Zakon o zaštiti i spašavanju, "Službeni glasnik CG", br. 13/2007, 5/2008, 32/11.
 - [11] Zakon o standardizaciji, "Službeni list CG", br. 145/2021 i 46/2015.
 - [12] Zakon o planiranju prostora i izgradnji objekata, "Službeni glasnik CG", br. 64/2017, 44/2018, 63/2018, 11/2019 - ispr. i 82/2020.