

Metod izgradnje tunelske podgrade na primjeru projekta tunela Pečuj na koridoru V-C

Tunnel support construction method based on Pečuj tunnel example for corridor V-C project

Sažetak:

Izrada tunela predstavlja zahtjevan interdisciplinarni rad. Radovi se izvode u geološkoj sredini koja nikada nije u potpunosti poznata. Brojni radovi koji se izvode tokom izgradnje tunela sprovode se u sličnom obliku i tokom izgradnje puteva na površini, pa je, zbog izvedbe u ograničenom i specifičnom prostoru, u tom slučaju izvedba otežana. Zbog specifičnosti radnog okruženja, tokom rada ispod površine izvode se i radovi koji se na površini ne sprovode. Kao posljedica širokog raspona mogućih uslova, u oblasti tunelogradnje razvijena su brojna tehnološka rješenja. Tuneli su podzemni prostori za prolaz ili transport vozila i materijala, izvedeni ljudskom djelatnošću, malih dimenzija poprečnog presjeka u odnosu na dužinu, s niveletom koja ne odstupa znatnije od horizontale. U radu je prikazana praktična metodologija izgradnje tunela na primjeru projekta tunelske podgrade tunela Pečuj na koridoru V-c. Vertikalna trasa cijele dužine tunela Pečuj na koridoru V-c urađena je sa konstantnim nagibom od 3%.

Ključne riječi:

Tunel, koridor V-c, podgrade, obloga, poprečni nagib, niveleta, radijus, stacionaža.

Abstract:

Construction of a tunnel represents challenging interdisciplinary work. Work is performed in geological environment that is not entirely known. Majority of work performed during tunnel construction are executed in similar shape as the road construction on the ground, where due to its nature of limited and specific environment, in this case, execution facing difficulties. Due to specific working environment during underground construction, execution is facing work challenges that is not in the scope of work as when executed on the ground/surface. As a consequence of wide spectrum of possible conditions, in the area of tunnel construction domain, a number of technical solutions have been developed. Tunnels are underground passageways for foot or vehicular transport and material moving, created by human craft, small dimension of transverse section comparing to the length, with „niveleta“ that doesn't considerably depart from horizontal grade. This paper describes practical methodology of tunnel construction on example of Pečuj Tunnel Project on corridor V-c, done with constant slope of 3%.

Key words:

Tunnel, corridor V-c, support system, lining, transverse slope, niveleta/ level grade, radius, chainage.

1. UVOD

Izrada tunela predstavlja zahtjevan interdisciplinarni rad. Radovi se izvode u geološkoj sredini koja nikada nije u potpunosti poznata. Brojni radovi koji se izvode tokom izgradnje tunela sprovode se u sličnom obliku i tokom izgradnje puteva na površini, pa je, zbog izvedbe u ograničenom i specifičnom prostoru, u tom slučaju izvedba otežana. Zbog specifičnosti radnog okruženja, tokom rada ispod površine izvode se i radovi koji se na površini ne sprovode. Kao posljedica širokog raspona mogućih uslova, u oblasti tunelogradnje razvijena su brojna tehnološka rješenja. U skladu sa Projektnim Zadatkom za ovaj dio projekta, tuneli moraju biti projektovani i izgrađeni u skladu sa prirodom i ponašanjem okolnog terena, mogućim prisustvom vode i svim ostalim lokalnim faktorima koji imaju uticaja.

Tunele u užem smislu možemo definirati kao podzemne prostore za prolaz ili transport ljudi i materijala, izvedene ljudskom djelatnošću, malih dimenzija poprečnog presjeka u odnosu na dužinu, s niveletom koja ne odstupa znatnije od horizontale.

Vertikalna trasa cijele dužine tunela Pečuj odgovara konstantnom nagibu od 3% (kota se smanjuje prema naprijed).

Prvi dio tunela odgovara krivini u lijevo radijusa 120 mm, dok njegov zadnji dio odgovara krivini u desno radijusa 120 mm. Prijelazna krivina je otprilike locirana između stacionaža 7+681 i 7+921.

Poprečni nagib je 3,4% na lijevu stranu na početku tunela i 3,4% na desnu stranu na kraju tunela Pečuj. Prelazna krivina je otprilike locirana između stacionaža 7+741 i 7+861 u odnosu na centralnu osu.

Udaljenosti između osa tunelskih cijevi je 30 m cijelom dužinom tunela.

Svaka tunelska cijev ima svoju vlastitu uzdužnu osu, koja odgovara osi iskolčavanja. U odnosu na te ose, početak i kraj tunelskih dionica je kako slijedi:

- Ulazni portal, početna tačka će biti locirana na stacionaži 7+460 za lijevu tunelsku cijev i na stacionaži 7+450 za desnu tunelsku cijev.
- Izlazni portal, krajnja tačka će biti locirana na 8+440 za lijevu tunelsku cijev i na stacionaži 8+430 za desnu tunelsku cijev.

2. METOD IZGRADNJE I PROJEKAT TUNEL-SKE PODGRADE

2.1. Određivanje geotehničkih faktora za izgradnju tunela

Tunel Pečuj će biti iskopan duž rasjedne i tanko uslojene alternacije pjeskovitih laporaca, pješčara, glinaca, breče i krečnjaka, identificiranih kao jurski fliš,

ili preko Oligo-miocenskih naslaga koje odgovaraju većinom, glincima, pješčarima i laporovitim sedimentima, sa proslojcima konglomerata crnih oblutaka. Iskopavanja će se većinom izvoditi mehaničkim sredstvima (buldozerima, udarnim čekićima i/ili rovokopačima). Konačno, tokom faze izgradnje, saobraćaj mašina će biti težak zbog glinovite prirode tla, te se može zahtijevati privremena betonska osnova.



Slika 1: Iskop na čelu pomoću udarnog čekića¹

2.2. Metoda izgradnje

Postoje razne metode koje se koriste pri izgradnji tunela, a u skladu sa nekoliko uslovljenih faktora: dužina tunela, dubina iskopa, geotehničke karakteristike tla, hidrogeološki faktori, prisutnost tektonskih neregularnosti, izvođenje iskopavanja, rokovi, itd. Uzimajući u obzir dužinu tunela i svojstva tla, NATM (New Austrian Tunneling Method-nova austrijska metoda probijanja tunela) se smatra kao najpogodnija za ovu šemu. Treba napomenuti da se korištenje mašina za bušenje tunela-Tunnel Boring Machines (TBM), obično ne isplati za tunele kraće od 5 km.

2.3. Primarna podgrada

Ako je stijenska masa loše kvalitete, pristupa se iskopu u više faza. Kod višefaznog iskopa zadani profil tunela se kopa u više faza na način da se čelo iskopa podijeli na više dijelova. Kod toga je bitno osigurati da su sva iskopana čela stabilna prije iskopa sljedećeg.

Iskop tunela se radi u III faze (1) iskop gornjeg dijela – kalota, (2) i (3) stepenice, to je jedan od načina primjene NATM – New Austrian Tunneling Method. NATM je generalni koncept odnosno filozofija tunelogradnje. Ona je postupak gradnje tunela temeljen na znanstveno utvrđenim i u praksi potvrđenim idejama i principima, kako bi se mobiliziranjem kapaciteta stijenske mase ostvarila optimalna sigurnost i ekonomičnost.

¹ Snimljeno 2017. godine na početku iskopa tunela.



Slika 2: Iskop u III faze²

Primarna podgrada- primjenjuje se za vrijeme ili odmah nakon iskopa kako bi se osigurali sigurni radni uvjeti tijekom kasnijeg iskopa i inicirao proces mobiliziranja i konzervacije čvrstoće stijenske mase na način da se kontrolira pomak granica iskopa.

Elementi primarne podgrade su:

- 1) Stijenska masa
- 2) Mlazni beton
- 3) Čelične mreže
- 4) Čelični lukovi
- 5) Sidra

Podgradna sekcija je sastavljena od sljedećih elemenata :

- Zaptivajući sloj mlaznog betona debljine 5 cm.
- Armaturna mreža Q 131
- Čelični lukovi, jedan na svakih 1,0 m tunela.
- Sloj mlaznog betona debljine 20 cm
- Armaturna mreža Q 335
- Sloj mlaznog betona debljine 5 cm
- IBO- sidra 250KN, dužine 6 m
- Injektiranje IBO sidara

Mlazni beton se upotrebljava za sprečavanje rahljenja stijene i kao podgradni element. Obloga od mlaznog betona zatvara pukotine u stijeni, sprečava ispadanje blokova stijene iz kalote i bokova i time pojavu progresivnog loma.

Vežanjem za stijenu poboljšava mehaničku kvalitetu stijene i sprečava redukciju njezine čvrstoće. Maksimalna debljina mlaznog betona koji se odjednom nanosi ne smije biti veća od 15 cm. Ukoliko je potrebno povećati debljinu, sljedeći sloj/slojeve ne treba nanositi sve dok prethodno nanoseni sloj ne razvije dovoljnu čvrstoću kako bi mogao izdržati sljedeće slojeve.



Slika 3 : Postupak nanošenja mlaznog betona³

² Snimljeno na terenu pri iskopima treće faze tunela

³ Snimljeno 2017. godine na gradilištu prilikom postupka nanošenja mlaznog betona.

Nakon nanošenja mlaznog betona, postavljaju se dvije armaturne mreže u prsten od mlaznog betona, prva Q131 će biti pozicionirana na 50 mm od vanjskog ruba prstena od mlaznog betona, i druga Q335 će biti pozicionirana na 50 mm od unutrašnje ivice prstena mlaznog betona. Čelični lukovi, na svakih 1.0 m i cijevni štit kišobranom će biti obezbijedjeni.



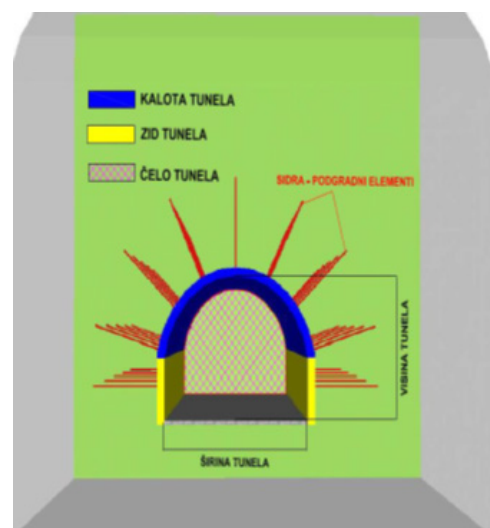
Slika 4. i 5. Montiranje armaturne mreže⁴

Sidrenje je namijenjeno za ojačanje odnosno za obezbjeđenje i povećanje sposobnosti objekata ili pojedinih dijelova za preuzimanje određenih opterećenja. Sidra treba projektovati i izvoditi na način koji obezbjeđuje njihovu funkciju za svo vrijeme trajanja objekta. Zato sidra predstavljaju dugotrajni sigurnosni građevinski element.

Postavljanje sidara treba izvršiti prema dužinama i rasporedu za postavljanje sidara, koji su predstavljeni na crtežima za svaki relevantni standardni sistem osiguranja.

IBO-sidra (samobušeca sidra)

- a) IBO-sidra treba da imaju minimalno kritično opterećenje od 250 kN.
- b) Kritično opterećenje se takođe odnosi na maticu, sidrenu ploču i spojnicu.
- c) Čelične šipke treba da imaju talasastu površinu.



Slika 5 : Elementi tunela

⁴ Snimljeno na gradilištu prilikom nanošenja armaturne mreže.

Slika 6 : Bušenje sidara⁵

2.4. Sekundarna obloga

Sekundarna obloga putnih tunela se izvodi od betona klase C 25/30 minimalne debljine 30 cm i u pravilu je nearmirana, osim na mjestima niša i mjestima ventilatora te područja tunela s lošijim karakteristikama stijenske mase. Nakon iskopa tunelske cijevi i izvršene kategorizacije stijenske mase podzemnog iskopa ustanovljuju se zone tunela u kojima je zbog slabijih karakteristika stijenske mase (V i Va kategorija) potrebno sekundarnu tunelsku oblogu izvesti od betona klase C 30/37 i koju je potrebno armirati (konstruktivno ili statički), te zone gdje je nužno izvesti podnožni svod. Za izradu sekundarne tunelske obloge, zbog ekonomskih razloga i vremena izgradnje, koristi se mehanička ili/i hidraulična pomična oplata. Sekundarna obloga se betonira u blokovima (kampadama) dužine do 12,0 m. Između blokova betoniranja nužne su dilatacijske spojnice s brtvenim trakama minimalne širine 300 mm.

2.4.1. Tunelska oplata

Iako se tuneli izvode prema glavnom projektu koji je rađen prije početka radova i temeljen na prognoziranom geološkim podacima, tek nakon proboja većeg dijela tunelske cijevi može se utvrditi stvarno stanje stijenske mase i prikladno tome izraditi izvedbeni projekt građevinskih radova, koji u nekim segmentima može manje ili više odstupati od glavnog projekta. Osnovni dio izvedbenog projekta je grafički prikaz rasporeda blokova (kampada) betoniranja sekundarne tunelske obloge, s ucrtanim slijedećim elementima:

- tačno ucrtanim pozicijama i dužinama blokova betoniranja,
- blokovima u kojima je sekundarnu oblogu potrebno armirati (konstruktivno ili statički),
- blokovima u kojima je nužno izvesti armiranobetonsku oblogu od betona višeg razreda klase (C 30/37),
- zonama tunela u kojima je nužno izvesti podnožni svod,
- tačnim rasporedom tunelskih niša i poprečnih prolaza,
- tačno ucrtanim lokacijama karstifikacijskih objekata (kaverne, dimnjaci...).

Blokovi (kampade) betoniranja se raspoređuju uvažavajući resurse izvođača radova (dužina tunelske oplate), projektne parametre (radijus horizontalne krivine tunela), te geološke uvjete stijenske mase kroz koju tunel prolazi. Dužina blokova (kampada) betoniranja varira kako bi se postigla optimalna pokrivenost navedenih specifičnih zona u tunelu. Proizvodnja i ugradnja betona treba u svemu zadovoljavati uvjete zadane projektom i pravilima struke. U pravilu, betonska mješavina se proizvodi u gradilišnim betonarama te se transportira do mjesta ugradnje u tunelskoj cijevi uz obavezno miješanje (kamionima-mješalicama). Tako dopremljeni beton nužno je ugraditi u roku od najkasnije 2 sata nakon otpreme iz betonare. Beton se može ugrađivati hidrauličkim uređajem za betoniranje, razdjelnom pumpom ili ručnim prebacivanjem preko nastavka za punjenje. Zbijanje betona izvodi se visokoučinskim unutaršnjim vibratorima ili oplatnim vibratorima. Da se izbjegnu pukotine u sekundarnoj oblozi, treba odrediti što je moguće kasnije vrijeme skidanja oplate. Kako bi se održao uobičajeni 24-satni takt za betoniranje jednog dijela (kampade), za beton proizlazi vrijeme skidanja oplate od 13 do 14 sati, što je povoljno sa stajališta tehnologije betona. Sidra predstavljaju dio primarne podgrade, čija je svrha da aktiviraju spregnutost okolne stijene i mlaznog betona, doprinoseći na taj način nosivosti primarne tunelske obloge. IBO-sidra (injekciona samobušuća sidra) predstavljaju kombinovan sistem sidra i šipke za bušenje. Za vrijeme bušenja, sidro se upotrebljava kao šipka za bušenje fiksiranim dlijetom. Šipka i dlijeto ostaju u bušotini kao sidro, a u otvor se zatim kroz crijevo utiskuje masa za injektiranje. U sekundarnoj oblozi prvo se vrši freziranje sidara do matice pa se onda nanosi završni sloj mlaznog betona.

⁵ Slikano lično prilikom bušenja sidara tunela



Slika 7. i 8. Freziranje sidara i nanošenje mlaznog betona⁶



Slika 9: Nanošenje mlaznog betona

2.4.2. Postavljanje geotekstila

Na obode tunela postavljamo geotekstil. Geotekstil je propusni materijal proizveden od sintetičkih vlakana kao što su polipropilen, poliester, poliamid, polietilen i drugi, odnosno od prirodnih vlakana (juta, kokos) ili drvene sječke. Ovisno o tehnologiji izvedbe, geotekstil može biti pleteni, tkani ili netkani.

⁶ Slikano prilikom freziranja i nanošenja mlaznog betona.



Slika 10: Geotekstil na tunelu

2.4.3. Podzemna voda i hidroizolacija tunela

U skladu sa “Smjernicama za projektovanje, izgradnju, održavanje i nadzor cesta, Knjiga I, Dio 4”⁷ i sa uobičajenom svjetskom praksom, trebao bi se osigurati zaštitni sistem za sve podzemne objekte kako bi se spriječilo curenje podzemne vode u objekte.

Tunel Pečuj kompletno prelazi preko jursko-flišnih i oligo-miocenskih naslaga, i nema kontakta sa površinskim kvartarnim pokrivačem, tako da će tokovi podzemne vode duž obje cijevi biti veoma niski i skoro zanemarivi. Nadalje, glinasta priroda stijenske mase i očekivana veličina rasjednih zona dovela je do toga da se te zone smatraju nepropusne kao i ostatak. Tokovi vode koji će doći do tunela ne mogu biti određeni sa kvantitativne tačke gledišta osim iz dostupnih rezultata istražnih radova, te su određeni sa kvalitativne tačke gledišta. Na primjer, u skladu sa Bieniawski 1989 RMR klasifikacijom, koja je primijenjena u odgovarajućem paragrafu u više svrha, stijenske mase jurskog fliša i oligo-miocena su klasificirane u rasponu od “potpuno suhe” do “vlažne”, što odgovara očekivanim tokovima manjim od 10l/min u 10m tunela.

Dati hidroizolacioni sistem za tunel Pečuj nije ustvari hidroizolacioni sistem jer skreće podzemnu vodu koja dolazi do obloge tunela u dati sistem odvodnje, izbjegavajući pritiske porne vode koji utiču na podgradu tunela.

Ovaj „hidroizolacioni” sistem se sastoji od slijedećih elemenata:

- 3cm sitnozrnog C20/25 presovanog mlaznog betona. Ovaj sloj omogućava glatku površinu bez oštih ili čeličnih elemenata koji bi mogli da oštete hidroizolacionu membranu.
- Zaštitni kontinuirani žiličasti netkani polipropilenski geosintetički filc. Ovaj filc ima duplu funkciju. Sa jedne strane, pomaže u zaštiti PVC membrane od oštih elemenata, a sa druge strane pomaže da podzemna voda dođe do odvodnih cijevi.
- PVC hidroizolaciona membrana.

⁷ „Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima u BiH”- (Posebni tehnički uslovi za tunele knjiga I dio 4), Sarajevo/Banja Luka, 2005.

Čak i kad se ne očekuje, a pojavi se bilo kakvo veliko oticanje vode, riješiće se bušenjem rupe od 30 mm u prečniku te dužine 200 do 400 cm u koju bi se postavila polietilenska cijev prečnika 10 mm koja bi provodila vodu do dna tunelskog zida.



Slika 11: Geotekstil



Slika 12: Ispitivanje varova ⁸

⁸ Prikaz ispitivanja varova na tunelu.



Slika 13. i 14. Krpljenje fleka koje su nastale isijecanjem ili oštećenjem hidroizolacije

3. ARMIRANJE KAMPADA

Armiraju se i dijelovi tunela s nadslojem manjim od 10 m (tzv. portalne kampade) te dijelovi dvocijevnih tunela u zoni spojeva sa poprečnim prolazom, kao i zone tunela u kojima su se prilikom iskopa pojave veće odvale, rupe, dimnjaci ili slični objekti.



Slika 15: Postavljanje armature u tunelu

4. SISTEM ODVODNJE

Kroz obje cijevi tunela očekuje se transport opasnih materija tokom njihovog operativnog trajanja. U skladu sa „Smjernicama za projektovanje, izgradnju, održavanje i nadzor cesta, Knjiga I, Dio 4”, i sa francuskim „CETU smjernicama (1998), dio 7”, obezbijediće se dva odvojena sistema odvodnje kako za podzemne vode tako i za površinske vode sa kolovoza.

4.1. Sistem odvodnje vode sa kolovoza

Funkcija sistema odvodnje vode sa kolovoza je da odvede ispuštanja uzrokovana saobraćajnim nesrećama, gašenjem požara, vodom od pranja i održavanja unutar tunela, kao i bilo koje druge otpadne tečnosti kao što su ulje te djelomične padavine sa portala, te višak vode (preljev) u slučaju zagušenja sistema bočnih drenaža. (Mora se navesti da čak i ako sistem

odvodnje na portalima nikad ne usmjerava vodu u tunel, vozila mogu dio padavina unijeti u tunel). Po evropskoj direktivi 2004/54/EC, da bi se omogućio transport opasnih materija, izlivanja koja rezultiraju od ove aktivnosti moraju se skupiti odvodom sa vertikalnim otvorom postavljenim duž trotoara u cijevima. Ovi odvodi su pozicionirani na potezima između sifonskih šahtova, postavljenih na svakih 50 metara ili manje, a kasnije se ta voda sakuplja u kolektorsku cijev. Pored kolektorske cijevi, predviđa se instalacija uzdužne drenaže sa ciljem prikupljanja procjenih voda ispod kolovoza u tunelu.

Kako bi se osigurala ispravna funkcija sifonskog šahta protiv uticaja vatre, sifonski šaht mora uvijek biti pun vode. Periodični radovi na punjenju vode se moraju uključiti u predviđeni program održavanja i rada tokom operativnog trajanja.



Slika 16. i 17. Postavljanje drenažne cijevi u tunelu



Slika 18: Zatrpavanje drenažne cijevi suhim betonom

4.2. Sistem odvodnje podzemne vode

Osigurane su dvije cijevi za odvodnju na donjem dijelu obje strane tunela, koje će se koristiti kao odvodi i kao kolektorska cijev za podzemne vode u isto vrijeme. Ovi odvodi su locirani ispod bilo kakve elektro opreme.

Uzimajući u obzir maksimalnu dužinu tunela, ukupni protok koji je usmjeren u svaki odvod podzemne vode očekuje se da ne bude veći od 10 l/s, tako da je data cijev za odvodnju mnogo većeg kapaciteta nego što se zahtijeva. Stvarni protok vode će se utvrditi u fazi izvođenja radova kroz kvalitativno-kvantitativnu analizu dotoka.

Niše za inspekciju sistema odvodnje podzemnih voda

su date na obje strane tunelskih cijevi na svakih 50 m ili manje.

4.3. Postavljanje oplata i betoniranje



Slika 19. i 20. Postavljanje oplata i betoniranje tunela Pečuj⁹



Slika 21. Postavljanje oplata i betoniranje u tunelu Pečuj

5. ZAKLJUČAK

Primarna podgrada primjenjuje se za vrijeme ili odmah nakon iskopa kako bi se osigurali sigurni radni uvjeti tijekom kasnijeg iskopa i inicirao proces mobiliziranja i konzervacije čvrstoće stijenske mase na način da se kontrolira pomak granica iskopa. Elementi primarne podgrade su:

- 1) Stijenska masa
- 2) Mlazni beton
- 3) Čelične mreže
- 4) Čelični lukovi
- 5) Sidra

Sekundarna podgrada se izrađuje iz sledećih razloga:

- Dugoročna stabilnost ili mehanička svojstva podgradnih elemenata ili tla mogu varirati i biti smanjena zbog eventualne degradacije.
 - Betonska obloga, omogućava održavanje (rad koji raste sa starošću tunela) koje može značajno biti smanjeno. Takvi radovi su obično vrlo skupi i, dodatno, ometaju saobraćaj jer dugoročno podgrada ima
- 9 Snimljeno prilikom postavljanja oplata i betoniranja

tendenciju propadanja.

- Sistem odvodnje podzemne vode može otkazati. Na primjer, geosintetički filc može biti sačepljen, ometajući protok vode te će tako pritisci porne vode ili hidrostatički pritisci početi opterećivati oblogu.
- Obloga dozvoljava da se hrapavost smanji i, prema tome, da se poboljšaju protoci zraka i gasova.
- Štiti primarnu podgradu od moguće vatre kao i starenja i agresivnosti.
- Ako se desi zemljotres, doprinos obloge stabilnosti tunela može biti od presudnog značaja.
- Uzeta je u obzir obloga debljine 0,40m. Ova širina se povećava na stranama tunela kako bi podržala uzdužne odvode podzemne vode, ne vodeći ka smanjenju debljine što može uticati na strukturalnu stabilnost obloge.
- Obloga je izvedena od betona C30/37 sa 2kg/m³ polipropilenskih vlakana za zaštitu od vatre. Kao što je prikazano na izvedenim proračunima, armiranje obloge nije neophodno osim sekcija na kojima su date bilo koje vrste niša ili vezni prolazi ili u njihovoj blizini.
- Geometrija iskopa, geometrija primarne podgrade i geometrija obloge su simetrične u odnosu na tunelsku vertikalnu osu te ne ovise o poprečnom padu. Ova simetrija će olakšati fazu izgradnje.

6. LITERATURA

1. „Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima u BiH“- (Posebni tehnički uslovi za tunele knjiga 2-3), Sarajevo/Banja Luka, 2005;
2. Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima u BiH“- (Posebni tehnički uslovi 2-2), Sarajevo/Banja Luka, 2005;
3. Glavni projekat za izgradnju Koridora V – C Dionica Klopče – Donja Gračanica (Grupa radova F – Tunel Pečuj);
4. Fotografije snimljene 2017. godine prilikom izgradnje pojedinih faza tunela Pečuj na Koridoru V- C Dionica Klopče – Donja Gračanica, Zenica, 2017.