

Beton v predoru Markovec

Dr. **Andrej Ipavec**

Salonit Anhovo d.d.

Metod Mrzlikar

Rokava d.o.o.

Povzetek

Pri gradnji predora Markovec je celotna količina porabljenega betona znašala preko 200.000 kubičnih metrov. Pri proizvodnji betona je družba Rokava d.o.o v glavnem uporabila surovine iz Skupine Salonit; cement iz cementarne Salonit Anhovo ter agregat iz kamnoloma Črnotiče. V članku bomo predstavili zahteve in sestave betonov v tunelu Markovec ter opisali potek betonskih del od začetka leta 2010 do zaključka 20. marca 2013, ko je bila končana izgradnja betonskega vozišča.

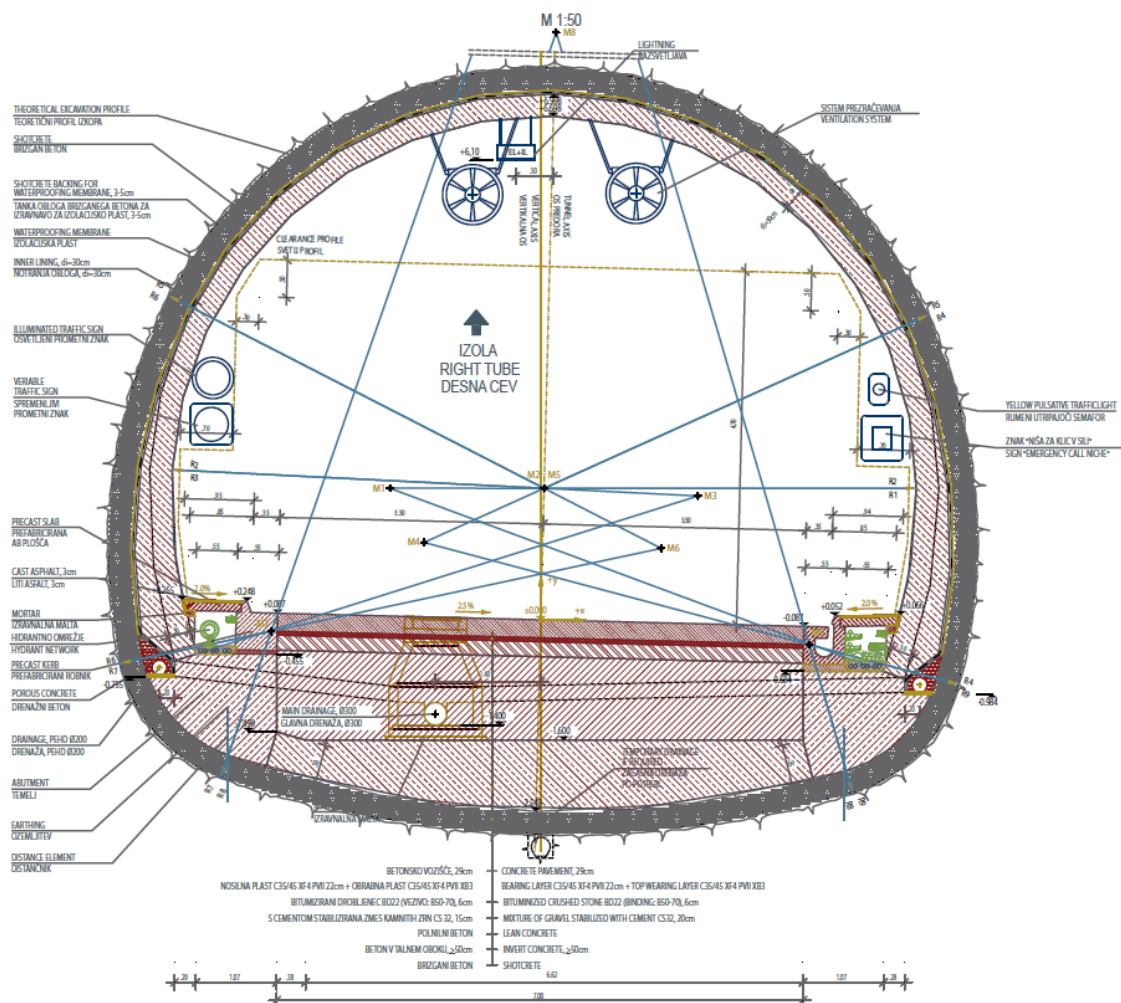
Abstract

Over 200.000 cubic metres of concrete were used to build the Markovec tunnel. Concrete supplier, Rokava d.o.o, mainly used raw materials from the Salonit group; cement from Salonit Anhovo cement plant and aggregate from quarry Črnotiče. Article presents specifications and compositions of the concrete in the tunnel and describes the course of concrete works from the beginning in 2010 to March 2013, when the concrete pavement was constructed.

1 Splošni podatki o predoru

Predor Markovec je lociran na odseku bodoče hitre ceste H5, ki bo povezovala Koper in Izolo. Hitra cesta bo sestavni del prometne povezave med vzhodom in zahodom Slovenije, hkrati pa bo vključena v prometno omrežje med vzhodno in zahodno Evropo. Dvocevni in dvopasovni predor pote-

ka od pečine pobočja Markovec na koprski strani do zaključka doline potoka Pivol na izolski strani. Dolžina desne cevi predora (smer Koper – Izola) je 2.144 m, dolžina leve cevi (ista smer) pa je 2.174 m. Prečni naklon vozišča je od 2,5 % do 3,5 %. Vozna pasova sta široka 3,50 m, robna pasova pa 0,35 m. Skupna širina znaša 7,70 m. Vertikalna višina voznega svetlega profila je 4,70 m. Karakteristični prerez predora je prikazan na sliki 1.



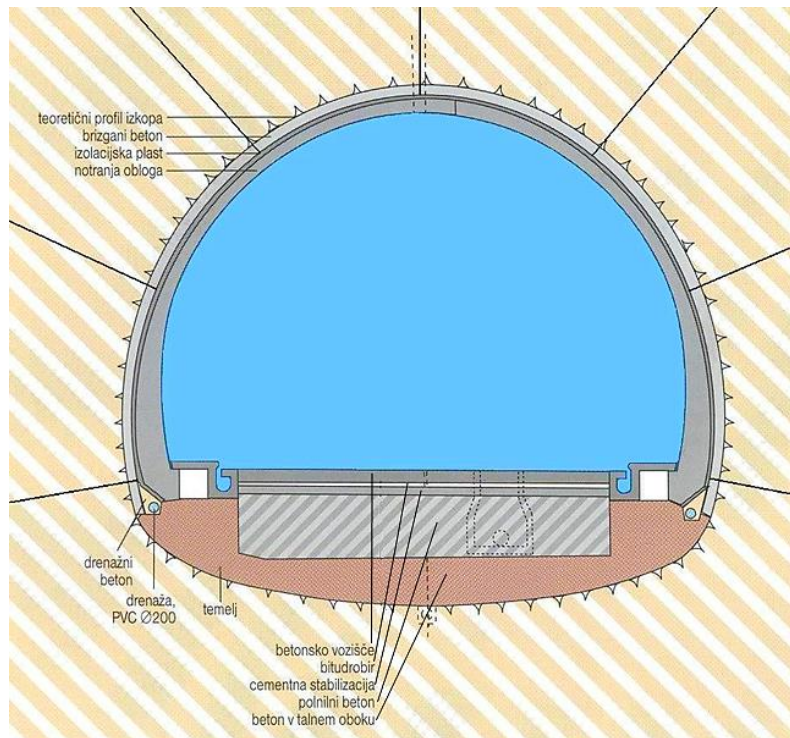
Slika 1: Karakteristični prerez desne cevi predora Markovec (Vir: www.dars.si, 5.1.2015)

2 Opis gradnje

Gradnjo tunela Markovec je kljub pomembnosti in velikosti projekta močno zaznamovala ekonomska kriza. Slabo leto po pričetku del je namreč novembra 2010 glavni izvajalec del Cestno podjetje Maribor pristal v stečajnem postopku. Od 16. marca 2011 je z deli nadaljeval avstrijski izvajalec Alpine Bau, ki je bil sprva soizvajalec del. Še pred koncem zaključnih gradbenih del pa je v stečajni postopek šlo tudi omenjeno avstrijsko podjetje.

Gradnja se je z zemeljskimi deli pričela 4. januarja 2010. Betonska dela so se pričela že v istem mesecu, ko je na izoliski strani predora potekalo betoniranje začasnega portala. Gradnja tunela je potekala v sledečih zaporednih fazah: izkop kalote, vgrajevanje zgornjih podpornih elementov, izkop stopnice, vgrajevanje spodnjih podpornih elementov, izvedba temeljev in talnega oboka, postavitve dražnega sistema in izvedba hidroizolacije, betoniranje notranjega oboka, dokončni preboj tunnelske cevi, izvedba kinet, kanalizacije in polnilnega betona, izvedba zgornjega ustroja

in betonskega vozišča, montaža elektro in strojne opreme. Vloga betona v tunelu je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Prečni prerez tunela z označenimi funkcijami betona (Vir: www.dars.si, 5.1.2015 - prirjeno)

Izkop predorskih cevi je potekal od januarja 2010 do maja 2012. Brizgani beton se je uporabljal za preprečitev rahljanja hribine in kot podporni element. Na hribino izkopanega predora se je nanašal z robotom, ki je beton brizgal pod pritiskom. Betonu se je med

brizganjem dodajal tekoči aditiv, ki je močno pospeševal vezanje in strjevanje betona na hribini. Brizgani beton se je armiral z jeklenimi mrežami in naknadno sidral z rudarskimi sidri.



Slika 3: Utrjevanje hribine z brizganjem betona (Vir: fotoarhiv Rokava d.o.o.)

Izkop se je izvajal v dveh delih: začel se je z izkopom kalote ali čela, to je izkop zgornje polovice cevi. Temu je sledil še izkop stopnice, spodnje polovice cevi. Brizganje se je izvajalo po fazah napredovanja izkopa, posebej za kaloto in posebej za stopnico. Razdalja med napredovanjem izkopa kalote in stopnice je znašala vsaj 150 metrov. Skupna količina vgrajenega brizganega betona v tunelu Markovec je znašala dobrih 49.000 m³.

Izkopu in stabilizaciji kalote ter stopnice je sledila izvedba stranskih temeljev notranjega oboka in izdelava talnega oboka. Betonska dela so potekala od julija 2010 do septembra 2012. Skupna količina vgrajenega betona za temelje in talni obok je znašala 51.000 m³ betona.

Po izdelavi temelja in talnega oboka je prišla na vrsto izdelava stranskih drenaž in hidroizolacije. Nato se je pričelo z betoniranjem notranjega oboka, ki je potekalo od marca 2012 do decembra 2012. Skupna količina vgrajenega betona za notranji obok je znašala 46.000 m³ betona.

Na celoten talni obok se je vgradil drenažni beton v debelini 30 cm in na njega še polnilni beton v debelini 70 cm. Izdelava in vgradnja drenažnega ter polnilnega betona sta potekali od marca 2012 do aprila 2013. Skupna količina vgrajenega drenažnega betona je znašala okoli 9.000 m³, polnilnega betona pa 22.100 m³.

V zadnji fazi betonskih del se je izdelovalo betonsko vozišče. Dela je od 4. do 20. marca 2013 izvajalo avstrijsko podjetje ÖBA - Österreichische Betondecken ARGE. Beton se je vgrajeval preko "finišerja", ki se je pomikal preko celotne širine cestišča. Vozišče se je betoniralo v dveh plasteh, debelin 22 in 7 cm. Za zgornji sloj vozišča se je kot grob agregat uporabljal eruptivec, to je silikatni material, ki je zaradi boljše odpornosti na obrabo primernejši za zgornjo plast vozišča. Skupna količina vgrajenega betona za spodnji sloj vozišča je znašala 6.660 m³, za zgornji sloj pa 2.550 m³.



Slika 4: Betoniranje vozišča (Vir: fotoarhiv Rokava d.o.o.)

3 Dobava betona

Ob pričetku gradnje je bil beton proizvan samo iz fiksne betonarne v Dekanih, s 1. aprilom 2010 pa tudi iz betonarne v Črnotičah. Zaradi večje odzivnosti in manjših tran-

sportnih stroškov je bila betonarna iz Črnotič preseljena na lokacijo tik ob vhodu v predor Markovec s koprške strani. Mobilna betonarna je z obratovanjem pred predorom pričela 8. julija 2010.

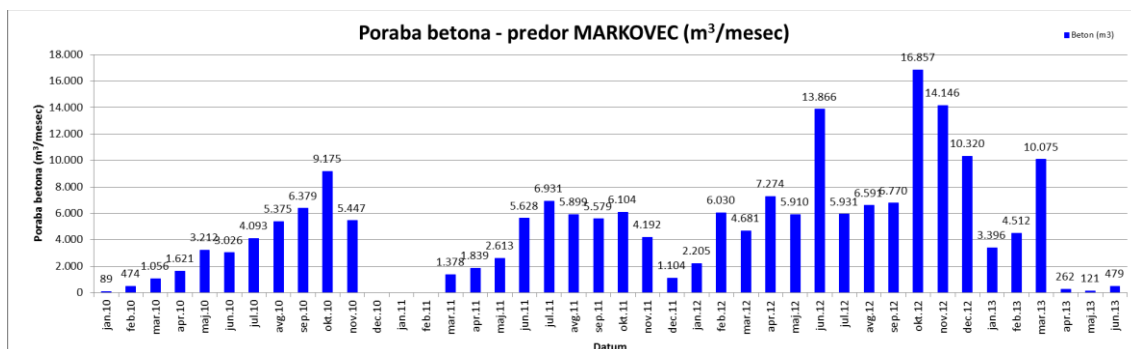


Slika 5 (levo) in 6 (desno): Betonarna na gradbišču tunela Markovec (Vir: fotoarhiv Rokava d.o.o.)

Na betonarni Markovec je bil vzpostavljen sistem za hlajenje cementa s tekočim dušikom ter sistem za ogrevanje vode pri pripravi betona. Hlajenje cementa se je uporabljalo v vročih poletnih dneh, ko je temperatura svežega betona na betonarni preseгла 28 °C. Maksimalna dovoljena temperatura svežega betona po standardu SIST 1026 ne sme preseči 30 °C. Hlajenje cementa s tekočim dušikom se je izvajalo ob praznjenju cementa iz cisterne v silos betonarne. Ogrevanje vode se

je izvajalo v zimskih mesecih, ko je temperatura svežega betona padla pod 5 °C ter na željo naročnika, zaradi hitrejšega napredovanja del (npr. ob vgradnji brizganega betona).

Za izdelavo celotnega predora Markovec skupaj s portali, je bilo proizvedenih okoli 200.000 m³ betona. Pri tem je bilo porabljenega 68.600 ton cementa iz cementarne Salanit Anhovo in 360.000 ton agregata iz separacije Črnotiče. Proizvodnja betona za predor Markovec je po mesecih prikazana na sliki 7.



Slika 7: Proizvodnja betona za predor Markovec po mesecih (Vir: interna dokumentacija Rokava d.o.o.)

4 Specifikacije, sestave in lastnosti betonov v tunelu Markovec

Spodaj so navedene specifikacije betonov in osnovni materiali, ki so bili uporabljeni pri proizvodnji betona za tunel Markovec. Podane so tudi osnovne karakteristike betonov, ki so bile dosežene. Pri proizvodnji betona so bili vsi uporabljeni materiali certificirani in skladni z veljavnimi standardi.

Brizgani beton:

Specifikacija:	C25/30, XC2, C1 0.2, Dmax 8, F5
----------------	---------------------------------

Ipavec, A., Mrzlikar, M.:
Beton v predoru Markovec

Agregat:	0/8 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/A-M (LL-S) 42,5R, Salonit Anhovo
Superplastifikator:	Cementol Hiperplast 463, TKK Srpenica
Pospeševalec vezanja:	Sigunit L53AF, Sika oz. Umagunite AF100, Torrgler
Vodocementno razmerje:	0,46
Povprečna tlačna trdnost:	58 MPa

Brizgani beton za izravnavo:

Specifikacija:	C20/25, XC2, Cl 0.2, Dmax 4, F5
Agregat:	0/4 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/A-M (LL-S) 42,5R, Salonit Anhovo
Superplastifikator:	Cementol Hiperplast 463, TKK Srpenica
Pospeševalec vezanja:	Sigunit L53AF, Sika oz. Umagunite AF100, Torrgler
Vodocementno razmerje:	0,45
Povprečna tlačna trdnost:	60 MPa

Temelj oboka in talni obok:

Specifikacija:	C25/30, XC4, XD2, Cl 0.2, Dmax 22, S3, PV-II
Agregat:	0/22 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/B-M (L-P) 42,5N, Salonit Anhovo
Plastifikator:	Cementol Delta Ekstra, TKK Srpenica
Vodocementno razmerje:	0,56
Povprečna tlačna trdnost:	40 MPa

Polnilni beton:

Specifikacija:	C12/15, X0, Cl 0.2, Dmax 22, S2
Agregat:	0/22 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/B-M (L-P) 42,5N, Salonit Anhovo
Plastifikator:	Cementol Delta Ekstra, TKK Srpenica
Vodocementno razmerje:	0,65
Povprečna tlačna trdnost:	25 MPa

Drenažni beton:

Specifikacija:	C8/10, X0, Cl 0.2, Dmax 22, S1
Agregat:	16/22 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/B-M (L-P) 42,5N, Salonit Anhovo
Vodocementno razmerje:	0,37

Notranji obok:

Specifikacija (notr. kampa- de):	C25/30, XC4, XD3, XS1, XF3, XA1, Cl 0.2, Dmax 16, S4, PV-II, NOZT
Specifikacija (zun. kampa- de):	C25/30, XC4, XD3, XS1, XF3, XF4, XA1, Cl 0.2, Dmax 16, S4, PV-II, NOZT, OPZT
Agregat:	0/16 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/A-M (LL-S) 42,5R, Salonit Anhovo
Superplastifikator:	Cementol Hiperplast 179, TKK Srpenica
Sredstvo za aeriranje:	Cementol Eta S, TKK Srpenica (zunanje kampa- de)
Vodocementno razmerje:	0,46

Povprečna tlačna trdnost:	47 MPa
---------------------------	--------

Drenaža talnega oboka:

Specifikacija:	C8/10, X0, Cl 0.2, Dmax 16, S1
Agregat:	0/16 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM II/A-M (LL-S) 42,5R, Salonit Anhovo
Vodocementno razmerje:	0,35
Povprečna tlačna trdnost:	14 MPa

Betonsko vozišče - spodnji sloj:

Specifikacija:	C35/45, XC4, XF3, Cl 0.2, Dmax 22, S1, PV-II
Agregat:	0/22 mm, separacija Črnotiče
Cement:	CEM I 42,5N SR, Salonit Anhovo
Sredstvo za aeriranje:	Cementol Eta S, TKK Srpenica
Vodocementno razmerje:	0,43
Povprečna tlačna trdnost:	50 MPa

Betonsko vozišče - zgornji sloj:

Specifikacija:	C35/45, XC4, XF4, XM3, Cl 0.2, Dmax 11, S1, PV-II
Agregat:	0/11 mm, separacija Bleiberg
Cement:	CEM I 42,5N SR, Salonit Anhovo
Plastifikator:	Cementol Delta Ekstra, TKK Srpenica
Sredstvo za aeriranje:	Cementol Eta S, TKK Srpenica
Vodocementno razmerje:	0,40
Povprečna tlačna trdnost:	59 MPa

5 Sklepi

Predor Markovec je v zadnjih letih eden večjih projektov s področja gradnje cestne infrastrukture. Gradnjo so spremljale številne težave, kot kaže pa bomo v letu 2015 vendarle dočakali predajo tunela in hitre ceste v uporabo.

Poleg kronološkega opisa gradnje smo v članku na primeru gradnje tunela Markovec opisali tipičen potek betonskih del, ki spremljajo gradnjo tovrstnih tunelov. Članek je pomemben tudi zato, ker zgoščeno podaja celoten spekter sestav betonov, ki se uporabljajo pri gradnji predorov.