



UDRUŽENJE INŽENJERA
GEOTEHNIČARA U BIH

Sarajevo, 14/03/2023.

TUNELOGRADNJA U BIH KORIDOR Vc

TUNEL ZENICA

NERMIN ŠEHAGIĆ

Nermin Šehagić, dipl. ing. građ.
PPG d.o.o. Sarajevo
Bosna i Hercegovina



Ovaj projekat finansira
Evropska unija



SADRŽAJ

1. UVOD

2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

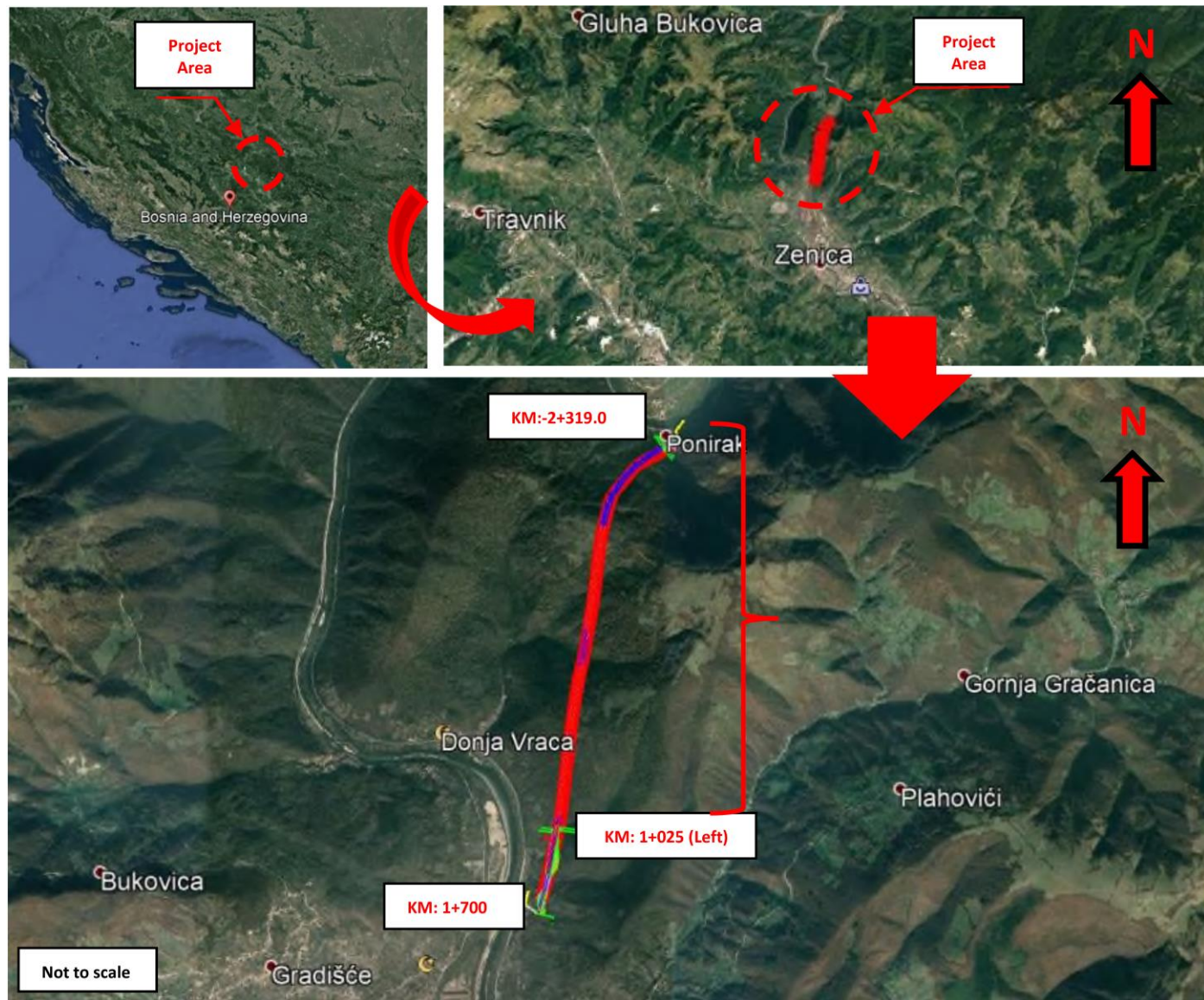
4. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

1. UVOD

- Jedan od tri najduža predviđena tunela na autocesti Koridora Vc (uz tunele Golubinju i Prenj)
- Do sada najduži i najdublji iskopani tunel na autocesti u BiH ($l \approx 3300$ m, $h \approx 550$ m)
- 13 poprečnih prolaza (3 za vozila i 10 za pješake)
- Do sada jedini tunel u BiH koji je izveden kao dio dvije susjedne poddionice autoceste Vc, pod različitim ugovornim uslovima, izvođačima radova i konsultantima/nadzorima radova

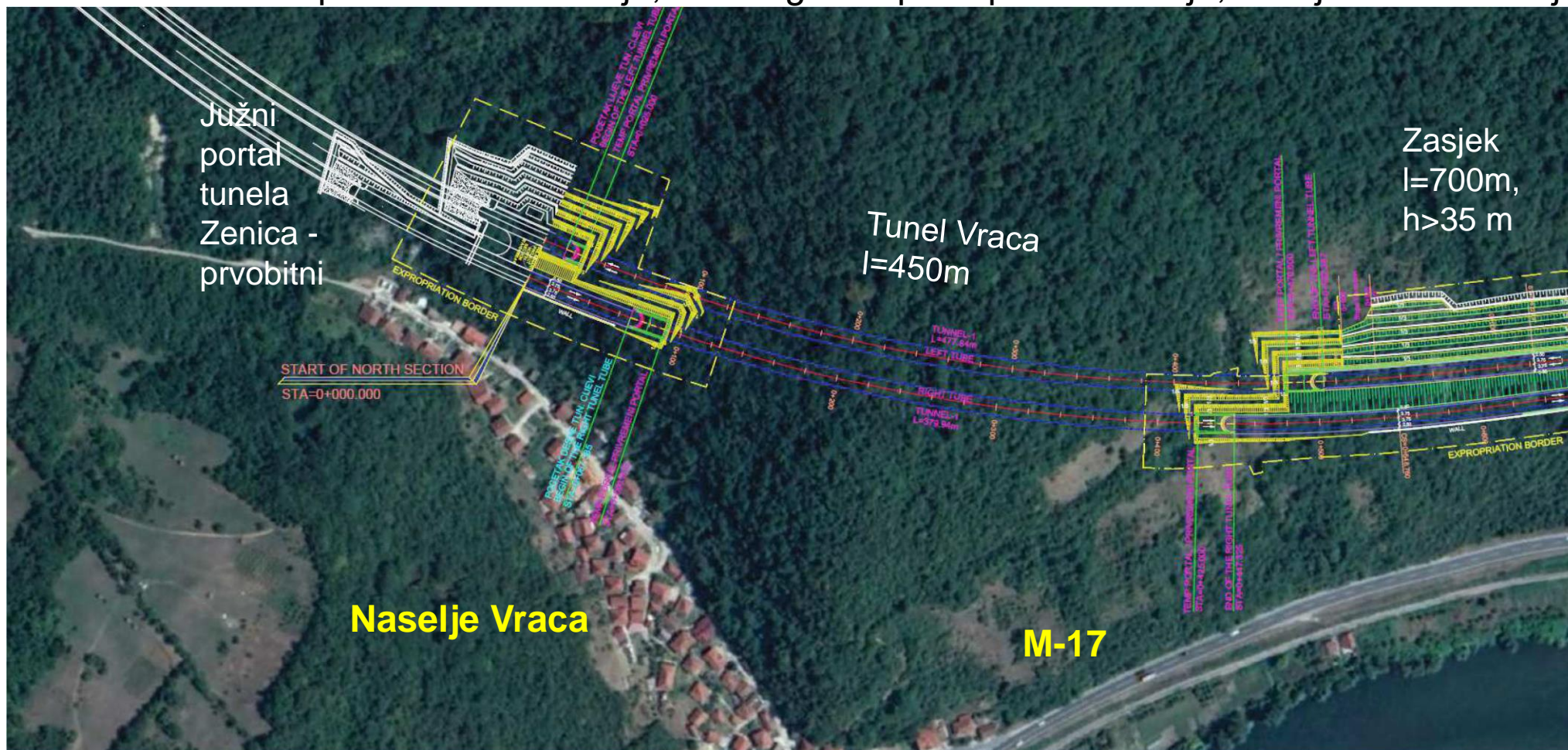
1. UVOD

Poddionice autoceste koridora Vc: Ponirak – Vraca (cca 2,4 km tunela sa sjeverne strane); Tunnel Zenica – Donja Gračanica (cca 0,9 km tunela sa južne strane)



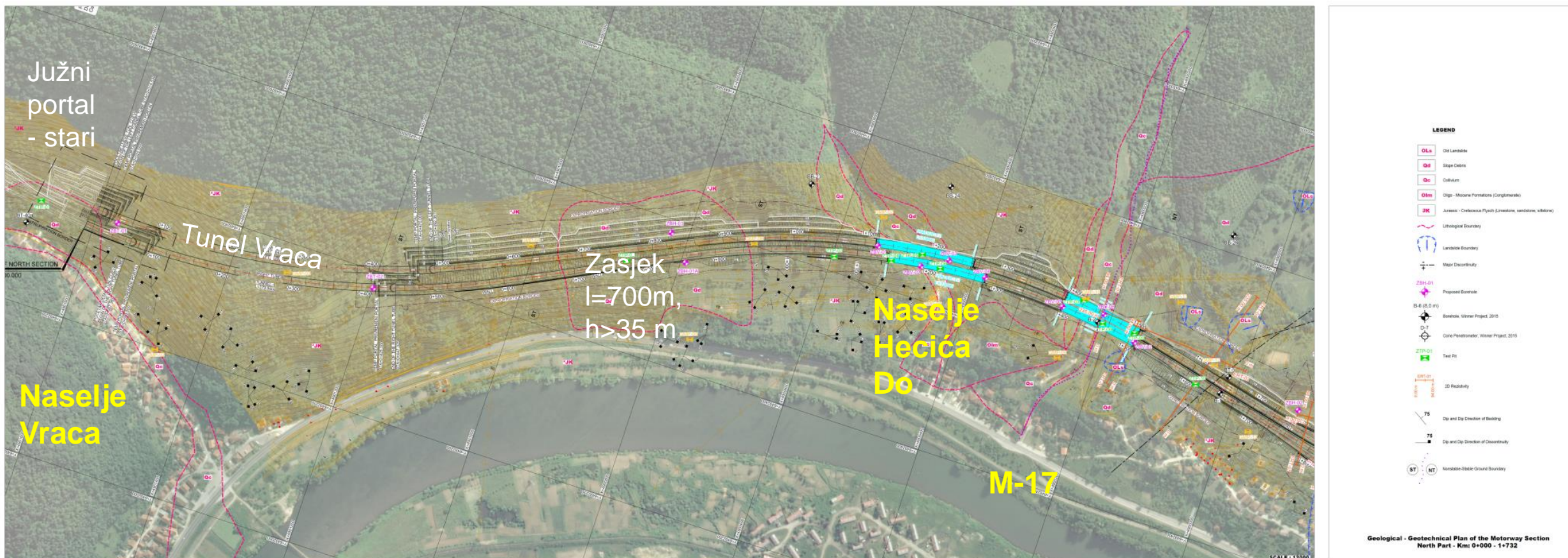
2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

PRVOBITNO STANJE: kompleksne konstrukcije, onemogućen pristup kroz naselje, uticaj na lokalnu zajednicu i okoliš



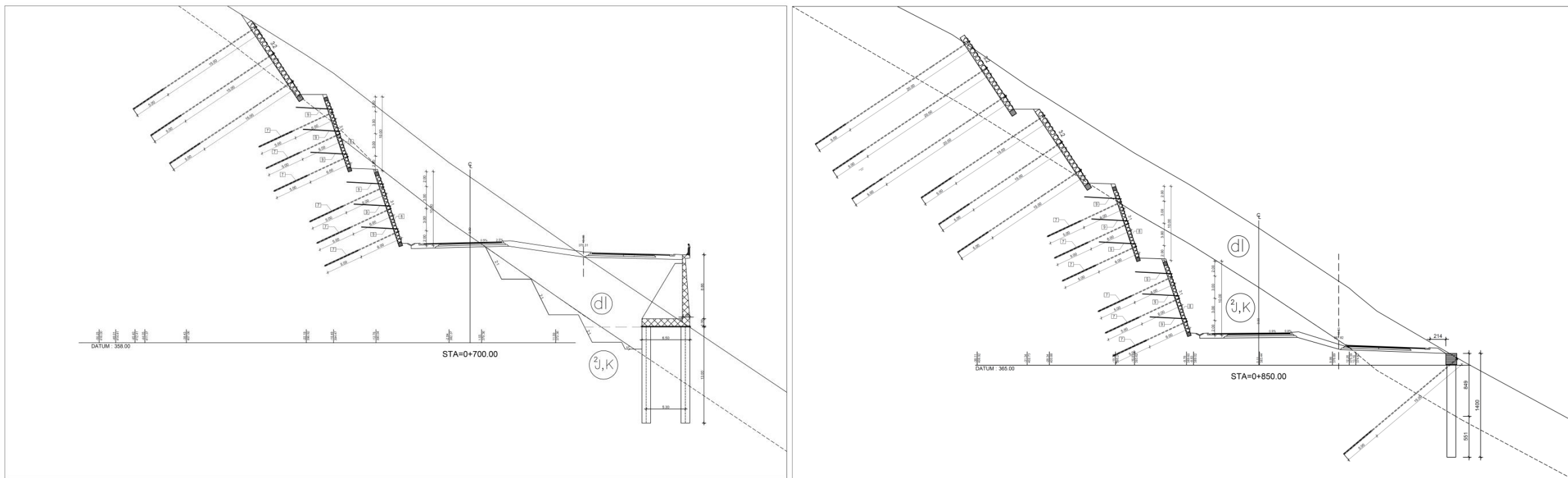
2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

PRVOBITNO STANJE: kompleksne konstrukcije, onemogućen pristup kroz naselje, uticaj na lokalnu zajednicu i okoliš



2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

PRVOBITNO STANJE: kompleksne konstrukcije, onemogućen pristup kroz naselje, uticaj na lokalnu zajednicu i okoliš



2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

IZMJENA položaja trase i tačke spajanja susjednih poddionica autoceste - posljedično izmjena tunela Zenica



2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

BENEFITI PRIJEDLOGA IZMJENE:

- Značajno smanjeni uticaj na lokalnu zajednicu i narušavanje okoliša
- Umjesto 3 portala (južni tunela Zenica i dva portala tunela Vraca), dubokog zasjeka trase, kompleksnih zaštitnih konstrukcija, izveden je samo jedan portal, južni tunela Zenica (slika)
- Omogućeno napredovanje svih radova sa obje strane tunela Zenica
- Skraćena dužina autoceste za cca 200m, pojednostavljeno izvođenje i buduće održavanje i upravljanje autocestom



Južni portal nakon izmjene položaja tunela Zenica

2. IZAZOVI IZGRADNJE TUNELA ZENICA

SPECIFIČNOSTI PRIJEDLOGA IZMJENE:

- Red FIDIC Book (Crvena knjiga FIDIC) za cca 2,4 km tunela, poddionica Ponirak-Vraca
- Yellow FIDIC Book (Žuta knjiga FIDIC) za cca 0,9 km tunela, poddionica T.Zenica-D.Gračanica
- Trilateralni Sporazum Investitora i dva Izvođača
- Novi Glavni projekat tunela Zenica



3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

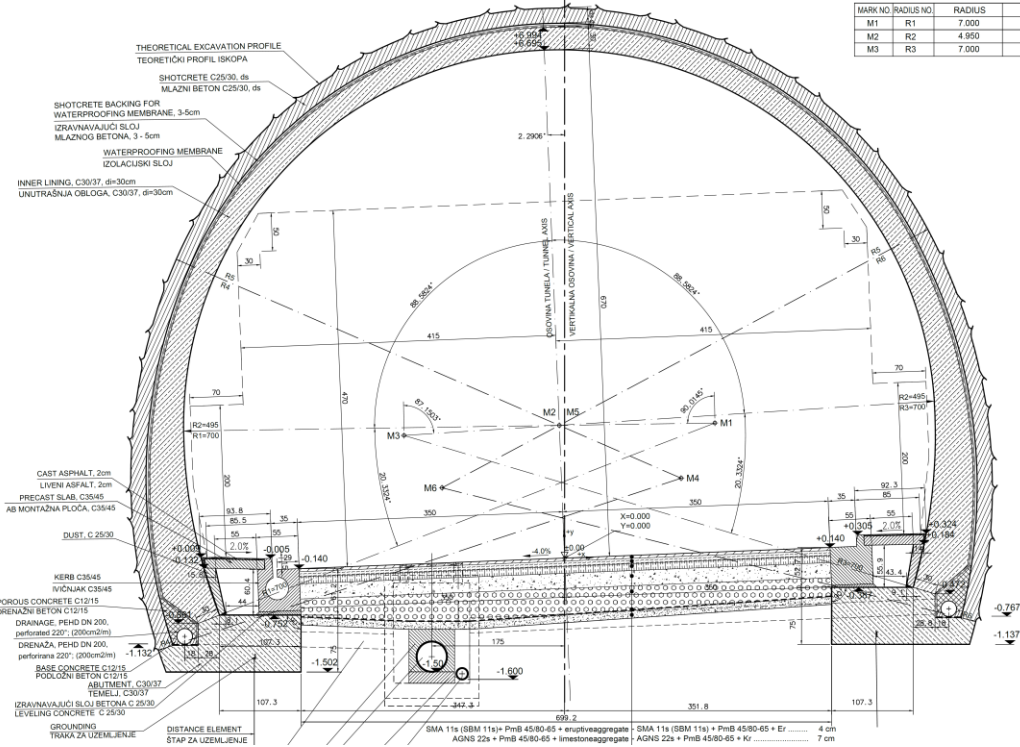
TEMELJI I PODNOŽNI SVOD TUNELA:

- Iskop tunela vršen u heterogenoj stijenskoj masi (Jursko-kredni Fliš), kroz različita stanja materijala, od slabijih stijena gdje je primijenjen mašinski iskop do veoma čvrstih stijena gdje su primijenjene tehnike miniranja.
- Iskop i podgrađivanje tunela uz stalne dotoke podzemnih voda, koji su zabilježeni na više od 30% dužine tunela (najviše od svih dosadašnjih tunela na Koridoru Vc). Max. dotoci podzemne vode iznosili 5-60 l/s.
- Načelni zahtjev Izvođača na poddionici Ponirak-Vraca (Crvena knjiga FIDIC) za cca 2,4 km tunela: **izvođenje podnožnog svoda i dubokih temelja na cijeloj dužini tunela ?**
- Načelni zahtjev Izvođača na poddionici T.Zenica-D.Gračanica (Žuta knjiga FIDIC) za cca 0,9 km tunela: **izvođenje plitkih temelja BEZ podnožnog svoda na cijeloj dužini tunela ?**

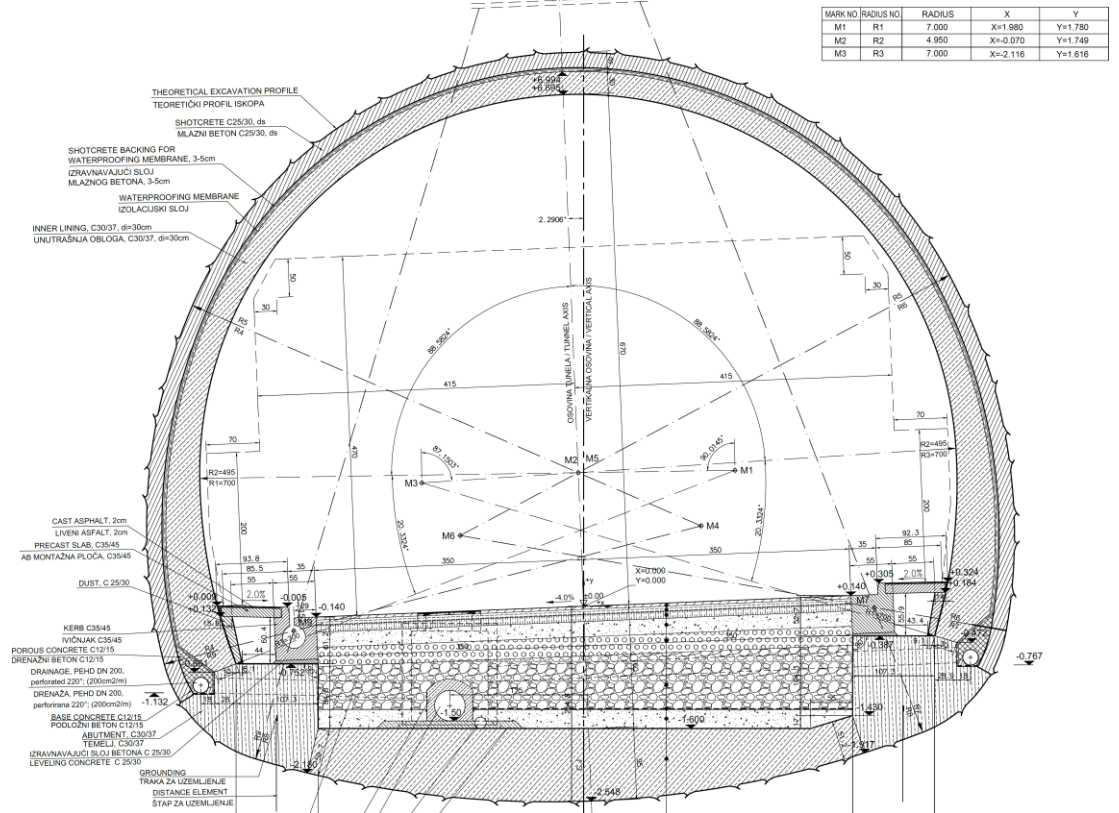
3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

TEMELJI I PODNOŽNI SVOD TUNELA:

TUNNEL CROSS SECTION WITHOUT INVERT (inclination - 4.0%)
KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK TUNELA BEZ PODNOŽNOG SVODA (nagib - 4.0%)
M:1/25



REGULAR CROSS SECTION WITH INVERT (inclination - 4.0%)
KARAKTERISTIČNI PREČNI PRESJEK SA PODNOŽNIM SVODOM (nagib - 4.0%)
M:1/25



3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

INOVIRAN JEDINSTVENI KRITERIJ ZA IZVOĐENJE PODNOŽNOG SVODA TUNELA:

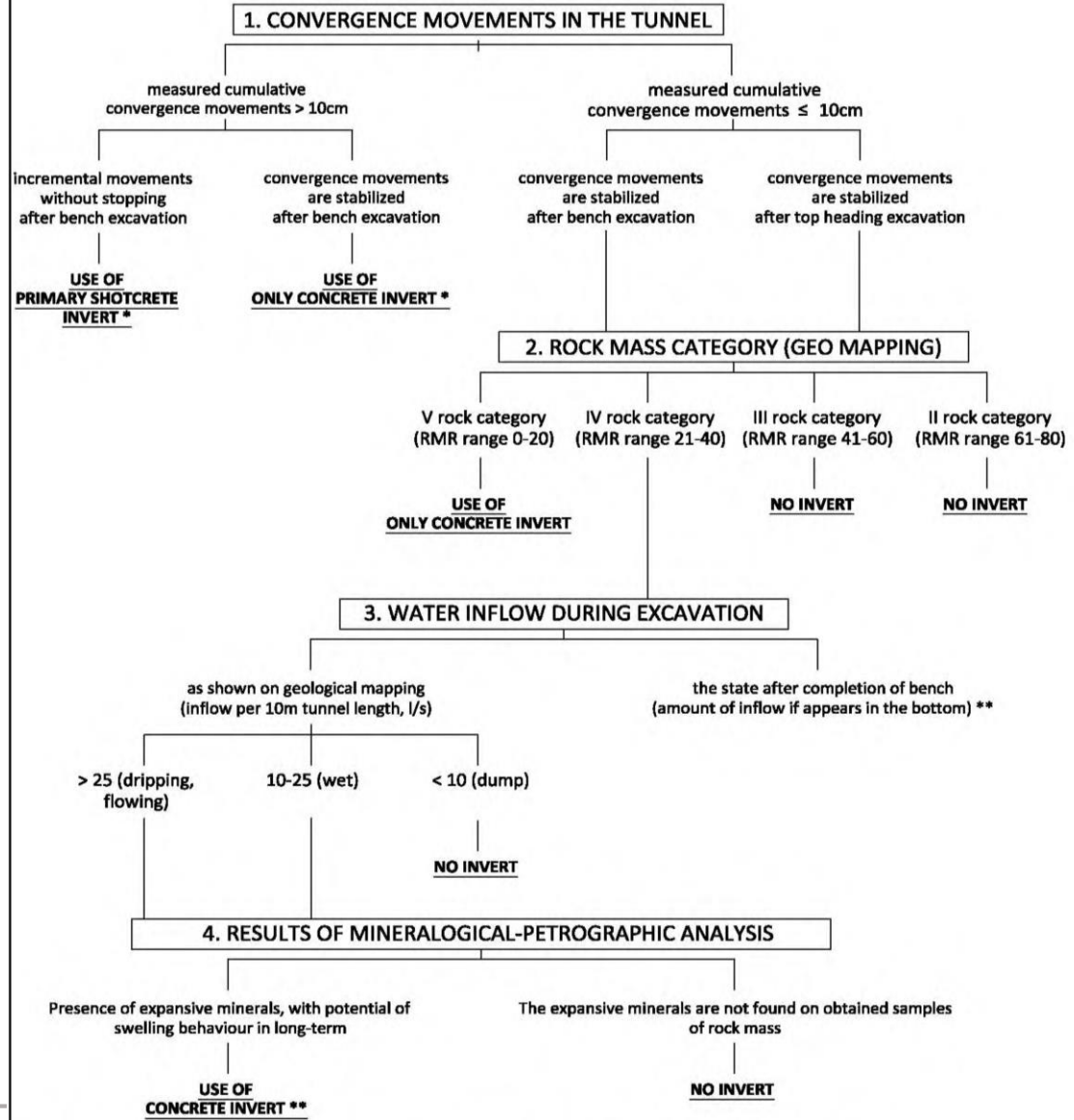
Primjenjiv za sve tipove materijala i geomorfološke uslove u kojima se grade tuneli!

Uzima u obzir:

- Nivo deformacija/konvergencija,
- geološke karakteristike materijala,
- uticaje puzanja, bubrenja, raspadanja, oslabljivanja materijala,
- uticaje dotoka podzemne vode i općenito prisustva vode u tunelu

The decision for use of invert in the tunnel has to be made according to the following approaches:

- o technical approach from the Designer's point of view (in order to ensure stability of the tunnel)
- o the policy of quality assurance from the Client's point of view (in order to ensure higher level of tunnel durability)



*IF ENGINEER CONCLUDED THAT IT IS NECESSARY, THE DECISION CAN BE CHECKED BY DESIGNER'S SUPERVISION
 **THE DECISION SHOULD BE MADE ON THE BASIS OF CONCLUSIONS OF DESIGNER'S SUPERVISION

3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

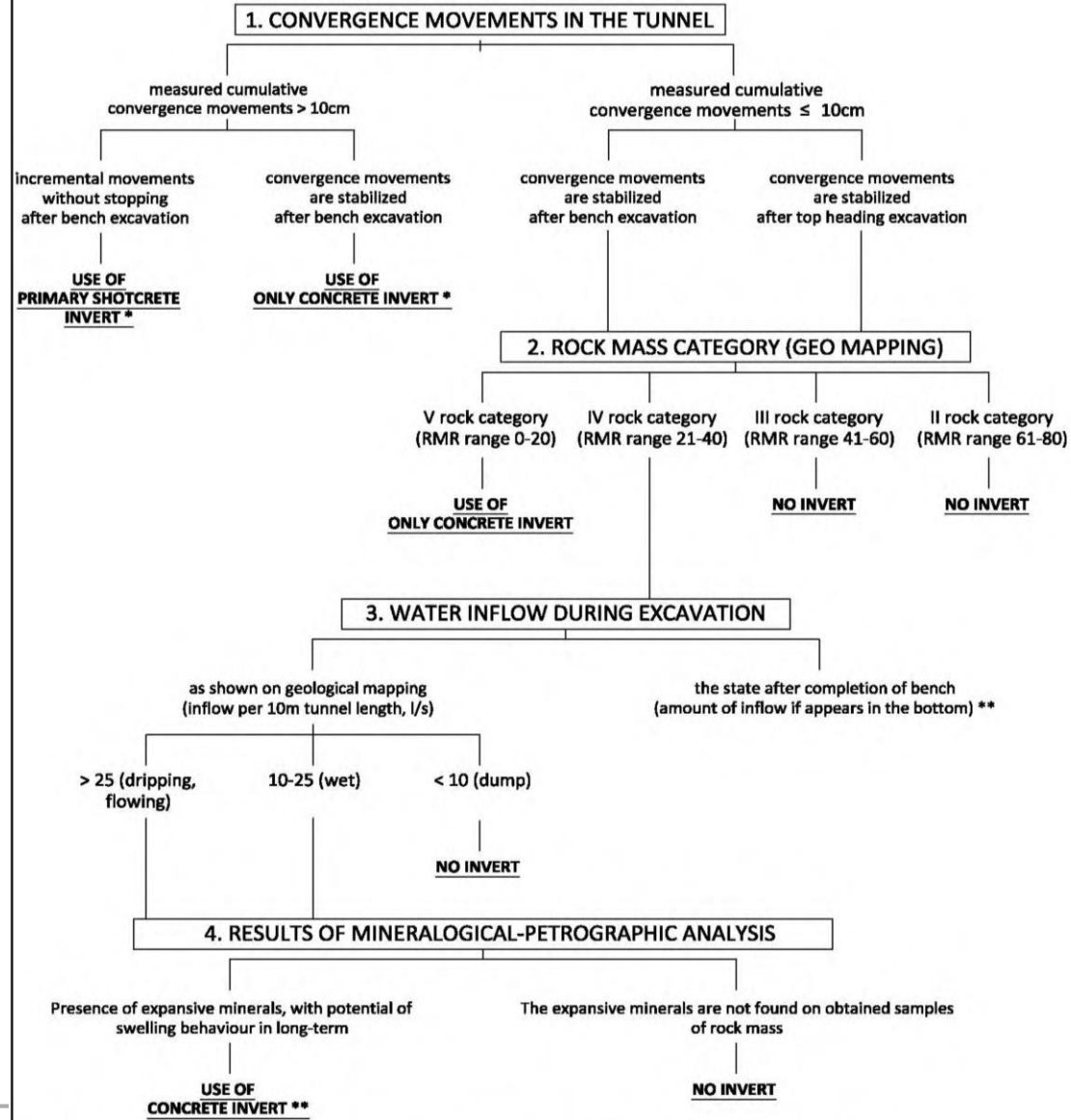
INOVIRAN JEDINSTVENI KRITERIJ ZA IZVOĐENJE PODNOŽNOG SVODA TUNELA:

Mjerodavni pristupi:

- Tehnički pristup sa stanovišta Projektanta (u cilju dostizanja stabilnosti i sigurnosti tunela)
- Politika kvaliteta sa stanovišta Investitora (u cilju osiguranja veće trajnosti i/ili upotrebljivosti tunela)

The decision for use of invert in the tunnel has to be made according to the following approaches:

- technical approach from the Designer's point of view (in order to ensure stability of the tunnel)
- the policy of quality assurance from the Client's point of view (in order to ensure higher level of tunnel durability)








*IF ENGINEER CONCLUDED THAT IT IS NECESSARY, THE DECISION CAN BE CHECKED BY DESIGNER'S SUPERVISION
 **THE DECISION SHOULD BE MADE ON THE BASIS OF CONCLUSIONS OF DESIGNER'S SUPERVISION

3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

INOVIRAN JEDINSTVENI KRITERIJ ZA IZVOĐENJE PODNOŽNOG SVODA TUNELA:


Provedena procedura na tunelu Zenica:

- Izmjerene konvergencije u obje cijevi tunela < 10 cm
- Na 9 % ukupne dužine tunela kartirana V kat. stijene (RMR<21)
- Konsultant/Nadzorni inženjer izdavao gradilišne instrukcije Izvođaču sa zahtjevima za provedbu aktivnosti sukladno kriteriju, dijagramu toka Projektanta (primjer dat na slici)
- Izvođač vršio ispitivanja uzoraka materijala iz podine i dostavljao Inženjeru rezultate na uvid i odobrenje (primjer izvještaja u nastavku)

Site Instruction / Gradilišna instrukcija			
Employer Naručitelj	JP AUTOCESTE FBiH 		
Project Title Naziv projekta	Construction of Motorway on Corridor Vc, Section Poprikuša - Zenica North (Donja Gračanica), sub-section PONIRAK - VRACA	Contract No. Ugovor br.	JPAC 851-B83-17
Contractor Izvođač	EUROASFALT d.o.o. 	Site Inst. No./ Br. Grad. Inst.	040
Subject Predmet	Tunnel Zenica, DTC, kriterij temeljenja između stacionaža km0+501- km1+014,14 / Tunnel Zenica, RTT, criterion for foundations between chainage km0+501- km1+014,14	File No. / Br. protokola	PY-104/154/2021 / 021/0178
According to the following:			
<ul style="list-style-type: none"> Client's Letter No. 05-4071-2/20 (17.06.20) and Engineer's Letter No. PY-104/154/2020/143/0691 (26.06.20) Flow Chart of Criterion for use of invert (Main Design, Book C3110, Yuksel 2020) - APPENDIX Latest results of geodetic survey of convergence movements in RTT, chainage km0+501,40-km1+009,60 Engineering-geological report for RTT No. TZ-DTC-02 (km0+360,00-km0+710,00) dated 02.12.2020 Regular geological mappings of excavation faces in top heading of RTT (reports from DTC38 to DTC97) Site Instructions SI-27 (dated 08.07.20) and SI-35 (dated 17.09.2020), in which the Updated Segment Plan was submitted to the Contractor, according to the approved New Main Design of the tunnel Zenica (approved drawings of Main Design, book F3115, drawings 1.97 - 1.105, Yuksel, 2020) 			
Engineer request from the Contractor (Euro-asfalt) the following:			
<ol style="list-style-type: none"> For geological conditions, mapped as V rock category, the use of concrete invert is mandatory in the following segments: <ul style="list-style-type: none"> RTT: segments R31 – R40 RTT: segments R46, R47, R48 RTT: segments R57, R58 For geological conditions, mapped as IV rock category, with water inflows mapped as wet, dripping or flowing (>10l/min), it is mandatory to perform an additional relevant tests on rock samples (using the method of X-ray diffraction analysis - XRD), in the following segments: <ul style="list-style-type: none"> RTT: segments R41 – R45 RTT: segments R49 – R56 RTT: segments R59 – R66 RTT: segments R69 – R74 For geological conditions, mapped as IV rock category, with water inflows mapped as damp or dry (<10l/min), the use of shallow abutments (without invert) is predicted by Designer's Flow Chart of criterion, in the following segments: <ul style="list-style-type: none"> RTT: segments R67, R68 			
Notes:			
<ul style="list-style-type: none"> The Contractor is required again to submit Method Statement for Works on Abutments and Invert, for Engineer's approval. The geometry of abutments and concrete invert should be in accordance with Site instruction SI-35 (i.e. Main Design, F3113, drawings 1.85-1.96, Yuksel 2020). The shallow abutments must be reinforced in the IV rock category. The samples have to be taken in frequency of every 50m or at least from one location if the observed section is shorter than 50m. The decision for use of invert in these sections of the tunnel will be made on the basis of submitted test results and eventual after conclusions of Designer supervision. 			
APPENDIX: Flow Chart of Criterion for Use of invert (Main Design, book C3110, Yuksel 2020)			
Cost implication: Yes / No		Copy to SQCE: Yes / No	
Main Engineer for Civil works in the Tunnel / Glavni nadzorni inženjer za građevinske radove u tunelu	Nermin Šehagić	Signature/Potpis 	Date/Datum: 08/02/2021
Supervision Coordinator / Kordinator nadzora	Irfan Unal	Signature/Potpis 	Date/Datum: 08/02/2021

3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE INOVIRAN JEDINSTVENI KRITERIJ ZA IZVOĐENJE PODNOŽNOG SVODA TUNELA

РЕПУБЛИКА СРПСКА
УНИВЕРЗИТЕТ У ИСТОЧНОМ САРАЈЕВУ
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
ЗВОРНИК
☎ (056) 266-190 ☎ 261-072
www.fst.uns.ba



REPUBLIC OF SRPSKA
UNIVERSITY OF EAST SARAJEVO
FACULTY OF TECHNOLOGY
ZVORNIK
☎ (387 56) 266-190 ☎ 261-072
E-mail: sekretar@fst.uns.ba

Broj:307/2021
Datum:03.03.2021. god.

"Euro asfalt" d.o.o. Sarajevo
n/r direktora

IZVEŠTAJ O URAĐENOJ ANALIZI

Predmet: Ispitivanje uzorka inverta LTC – stacionaža: uzorak 1(0+648,000) od 09.02.2021.,uzorak 2(0+712,00), uzorak 3(0+765,000), uzorak 4(0+820,000) i uzorak 5(0+870,000) od 10.02.2021.

Prema zahtjevu "Euro asfalt" d.o.o. Sarajevo, za laboratorijska ispitivanja uzoraka za projekat izgradnje TUNEL ZENICA analizirani su uzorci inverta u LTC – stacionaža: uzorak br.1 (0+648,000) od 09.02.2021., uzorak br. 2(0+712,000), uzorak br. 3(0+765,000), uzorak br. 4(0+820,000) i uzorak br.5(0+870,000) od 10.02.2021. Svrha ispitivanja uzoraka, prema zahtjevu investitora je utvrđivanje prisustva montmorilonita. Za ova ispitivanja najpodesnija metoda je rendgenska difrakciona analiza (XRD). Ovo je metoda za ispitivanje kristalnih supstanci, koja koristi difrakcionu sliku (difraktogram), dobijenu rasejavanjem rendgenskog zračenja (X -zračenja), na ispitivanom kristalu u uzorku. Na osnovu dobijenih difraktograma mogu se identifikovati prisutni minerali.

Difrakciona mjerenja su izvršena na difraktometru za prah marke Bruker D8 Endeavor, koji radi na principu Brag-Brentanove geometrije, sa Ni-filiterom korišćenjem rendgenske cevi sa kobaltom antikatodom odnosno upotrebom CoK_{α} zračenja talasne dužine $\lambda=1.78897 \text{ \AA}$. Napon na rendgenskoj cevi bio je 35 kV, a struja 40 mA. Za beleženje difraktovanog rendgenskog zračenja upotrebljen je scintilacioni detektor. Mjerenje je izvršeno u opsegu difrakcionih uglova 2θ od 2 do 90° sa korakom ugla od $0,02^\circ$ i ekspozicijom od 0,50 s po koraku. Uz pomoć programskog paketa Difrac. EVA v 4.2.2 je izvršena obrada spektralne slike uzorka. Dobijeni podaci položaja difrakcionih maksimuma (2θ), vrednosti međuplosnih rastojanja, d (\AA), kao i odgovarajući intenziteti, I, dati su tabelarno. Na osnovu dobijenih vrednosti d, i upoređivanjem sa literaturnim podacima i pretragom u postojećoj bazi podataka, identifikovane su prisutne kristalne faze, a obrađeni difraktogrami nalaze se u nastavku (slika 1.,slika 2.,slika 3., slika 4.,slika 5.slika 6.).

Mineraloška analiza dobijenih uzorka(1,2,3,4 i 5) je pokazala, da u ispitivanim uzorcima su prisutne dominantne mineralne forme: kvarc i kalcit, a dolomit je prisutan u značajno manjim količinama u odnosu na kvarc i kalcit. Od ostalih minerala su prisutni: muskovit, kaolin, albit, klinohlor, ankerit, hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit. Na osnovu pikova karakterističnih za montmorilonit sa svih difraktograma, ne primjećuje se njegovo prisustvo.

U uzorku br 1 (0+648,000) dominantna forma je: kvarc, zatim sledi kalcit, a dolomit je prisutan u manjim količinama. Od ostalih minerala su prisutni: muskovit, albit, kaolin, klinohlor,

hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit, koji su prisutni u neznatnim količinama. U ovom uzorku se ne zapaža prisustvo montmorilonita, što se zapaža na osnovu odsustva pikova na uglovima karakterističnim za montmorilonit(slika 1.).

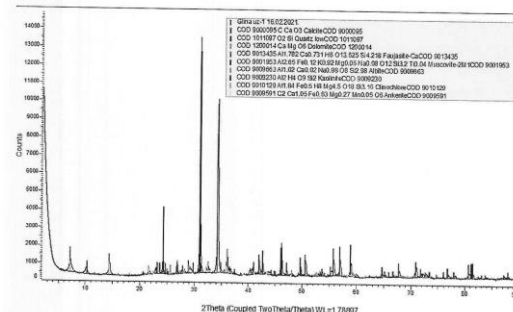
U uzorku br 2 (0+712,000) dominantna forma je: kvarc, a kalcita je prisutno u značajno manjim količinama. Od ostalih minerala su prisutni u neznatnim količinama: muskovit, albit, kaolin, klinohlor, hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit. Prema karakterističnim intenzitetima za montmorilonit, na ovom difraktogramu se ne zapaža prisustvo montmorilonita(slika 2.).

U uzorku br 3 (0+765,000) dominantna forma je:kvarc i kalcit, a dolomit je prisutan u značajno manjim količinama u odnosu na ova dva minerala. Od ostalih minerala su prisutni u neznatnim količinama: muskovit, albit, kaolin, klinohlor, hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit. Takođe i u ovom uzorku nisu zapaženi pikovi karakteristični za montmorilonit(slika 3.).

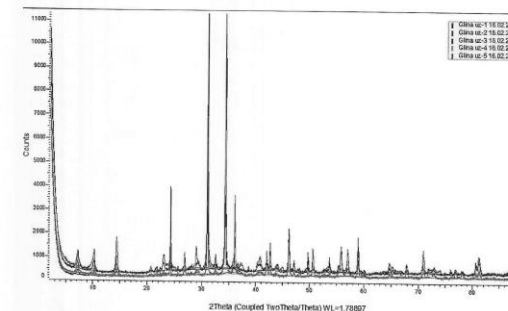
U uzorku br 4 (0+820,000) dominantna forma je: kalcit, a zatim sledi kvarc i nešto manje dolomita. Od ostalih minerala su prisutni u neznatnim količinama: muskovit, albit, kaolin, klinohlor, hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit. I u ovom uzorku nema karakterističnih pikova za montmorilonit(slika 4.).

U uzorku br 5 (0+870,000) dominantna forma je: kalcit, a zatim sledi kvarc i dolomit. Od ostalih minerala su prisutni u neznatnim količinama: muskovit, albit, kaolin, klinohlor, hematit, kristobalit, fožezit(fujazit) i ankerit. U uzorku br.5 takođe nema karakterističnih pikova za montmorilonit(slika 5.).

Na **slici 6.** su upoređeni snimci svih ovih uzoraka dominantnih faza kvarca, kalcita i dolomita. Ovi difraktogrami pokazuju da u uzorku br.1,2 i 3 dominira kvarc, zatim sledi kalcit i dolomit, a u ostala dva uzorka(4 i 5) dominira kalcit, zatim sledi kvarc i dolomit. Sa ove slike se vidi poklapanje pikova iste mineralne vrste, a oni takođe ukazuju na to da nema prisustva montmorilonita.



Slika 1. Difraktogram uzorka gline br. 1 inverta LTC – stacionaža 0+648,000 od 09.02.2021.



Slika 6. Komparacija intenziteta svih difraktograma uzorka gline(1,2,3,4,5) inverta u LTC – stacionaža uzorkabr.1(0+684,000) od 09.02.2021.; uzorka br.2(0+712,000); uzorka br.3(0+765,00); uzorka br. 4(0+820,000) i uzorka br.5(0+870,000) od 10.02.2021.

Radila:
Dr Dragana Kešelj
Dr Dragana Kešelj, docent

Rukovodilac projekta:
Dr Dragica Lazić
Dr Dragica Lazić, red.prof.

Dr Dragan Vujanović
Dekan
Dr Dragan Vujanović, vanr.prof

Provjera prisustva minerala montmorilonita u uzorcima stijenske mase

3. PRIMJER HARMONIZACIJE DVIJE SUSJEDNE DIONICE AUTOCESTE

INOVIRAN JEDINSTVENI KRITERIJ ZA IZVOĐENJE PODNOŽNOG SVODA TUNELA:

- Na poddionici Ponirak-Vraca (Crveni FIDIC) izvedeno ukupno 47 kampada podn. svoda u obje cijevi od izvedenih 415 kampada temelja
- Na poddionici T.Zenica-D.Gračanica (Žuti FIDIC) izvedeno ukupno 37 kampada podn. svoda u obje cijevi od izvedenih 145 kampada temelja

4. ZAKLJUČCI PREPORUKE

- Prioritet je voditi računa o smanjenom uticaju na okoliš i lokalnu zajednicu. Ne izbjegavati tunele u fazi odabira projektnih rješenja transportne infrastrukture.
- Relativno duži tunel je bolje tehničko i investicijsko rješenje u odnosu na više kraćih tunela sa većim brojem portala i otvorenih usjeka
- Na izgled skuplje izvođenje tunela kao objekta, u poređenju sa dubokim usjecima/zasjecima i linijskim objektima na otvorenoj trasi, dugoročno se pokazuje kao bolje rješenje i sigurnija, trajnija investicija
- Inovirani kriterij za ugradnju podnožnog svoda tunela je vrlo uspješno primijenjen na tunelu Zenica, između ostalog u svrhu harmonizacije različitih uslova ugovora
- Preporuka je da se isti ili sličan kriterij uvrsti ubuduće u Set Uputa Investitora JPACFBIH, u svrhu unapređenja projektnih rješenja, izvođenja, nadzora i upravljanja tunelima na cestama i autocestama.

HVALA NA PAŽNJI !