

Modernizacija željezničke pruge M604 na dionici Unešić - Perković - Primorski dolac

Zubanović, Duje

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:885034>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Duje Zubanović

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

MODERNIZACIJA ŽELJEZNIČKE PRUGE
M604 NA DIONICI UNEŠIĆ – PERKOVIĆ - PRIMORSKI DOLAC

Diplomant: **Duje Zubanović**
Mentor: **izv.prof.doc.dr.sc. Maja Ahac**

Zagreb, 2023.



TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Duje Zubanović**

JMBAG: **0083217554**

Diplomski rad iz predmeta: **Projektiranje i građenje željeznica**

Naslov teme
diplomskog rada:

HR	Modernizacija željezničke pruge M604 na dionici Unešić – Perković – Primorski dolac
ENG	Modernization of the railway line M604 on section Unešić – Perković – Primorski dolac

Opis teme diplomskog rada:

U diplomskom radu potrebno je izraditi i vrednovati idejna rješenja modernizacije željezničke pruge 604 Oštarije – Knin – Split na dionici Unešić (uključivo) – Perković – Primorski dolac (uključivo). Rješenja je potrebno izraditi uz ispunjavanje tehničko-tehnoloških uvjeta kojima moraju udovoljavati ostale željezničke pruge za međunarodni mješovit promet, kategorije VII-M prema Tehničkim specifikacijama za interoperabilnost transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava. Varijante je potrebno usporediti i vrednovati prema primijenjenim tehničkim elementima trase, rezultatima proračuna otpora pruge i mjerodavnih nagiba te prema procijenjenim investicijskim troškovima.

Datum: **13.04.2023.**

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor:

Maja Ahac

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

Zahvaljujem mentorici izv.prof.doc.dr.sc. Maji Ahac na pruženoj pomoći, savjetima i strpljenju.

Sažetak

U radu su izrađena i vrednovana idejna rješenja modernizacije željezničke pruge M604 Oštarije – Knin – Split na dionici Unešić – Perković – Primorski Dolac. Uvidom u dokumentaciju upravitelja infrastrukture i uz korištenje računalnog programa Bentley Power Rail Track, topografskih karata i digitalnog modela terena područja, projektirane su tri varijante trase. Zbog zahtjevnog i brdovitog terena smanjivanje mjerodavnog nagiba trase na 20 ‰ je predstavljalo najveći izazov. Unatoč tome u svim rješenjima se nastojala povećati brzina na pruzi na 120 km/h, nosivost pruge na 20 t/o, slobodni profil na GC te smanjiti otpor pruge. Sve varijante podrazumijevaju zadržavanje tlocrtnog pružanja i nagiba svih postojećih kolosijeka u kolodvorima, uz obnovu i osuvremenjivanje istih. Postojeća stajališta na trasi se ne zadržavaju. Varijante se razlikuju prema načinu vođenja trase: prva uz minimalno odstupanje, druga uz veća odstupanja, treća uz potpuno napuštanje postojeće trase, što je rezultiralo postizanjem većih brzina, ali i većim udjelom objekata na trasi. Za razrađena rješenja dani su situacijski, uzdužni i poprečni prikazi trase i kolodvora. Varijante su uspoređene prema primijenjenim tehničkim elementima, ostvarivim brzinama vlakova, proračunanim otporima pruge i mjerodavnim nagibima te procijenjenim investicijskim troškovima. Ovisno o odabiru glavnog parametra usporedbe, najbolje rješenje može varirati. U slučaju da je glavni parametar procijenjeni trošak investicije, najisplativija je druga varijanta, a ukoliko je glavni parametar postizanje najveće prosječne brzine najoptimalnija je kombinacija prve varijante za dionicu Unešić – Perković i treće za dionicu Perković – Primorski Dolac.

Ključne riječi: željeznička pruga, modernizacija, varijantna rješenja, tehnički parametri, evaluacija

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Postojeće stanje	4
3. Planirano stanje	11
3.1. Projektni uvjeti i zahtjevi.....	11
3.2. Uvažene preporuke za trasiranje	14
3.3. Elementi poprečnog presjeka	16
3.4. Kolodvori	17
3.5. Proračun parametara vrednovanja dionica	19
4. Tehničke karakteristike i parametri vrednovanja Dionice I.....	20
4.1. Horizontalni elementi	20
4.2. Vertikalni elementi	23
4.3. Objekti na trasi.....	24
4.4. Otpori pruge.....	27
4.5. Dopuštene brzine vlakova.....	28
4.6. Procjena troškova investicije.....	29
5. Tehničke karakteristike i parametri vrednovanja Dionice II.....	33
5.1. Horizontalni elementi	33
5.2. Vertikalni elementi	36
5.3. Objekti na trasi.....	37
5.4. Otpori pruge.....	38
5.5. Dopuštene brzine vlakova.....	40
5.6. Procjena troškova investicije.....	41
6. Zaključak	45
Literatura	48
Prilozi.....	49

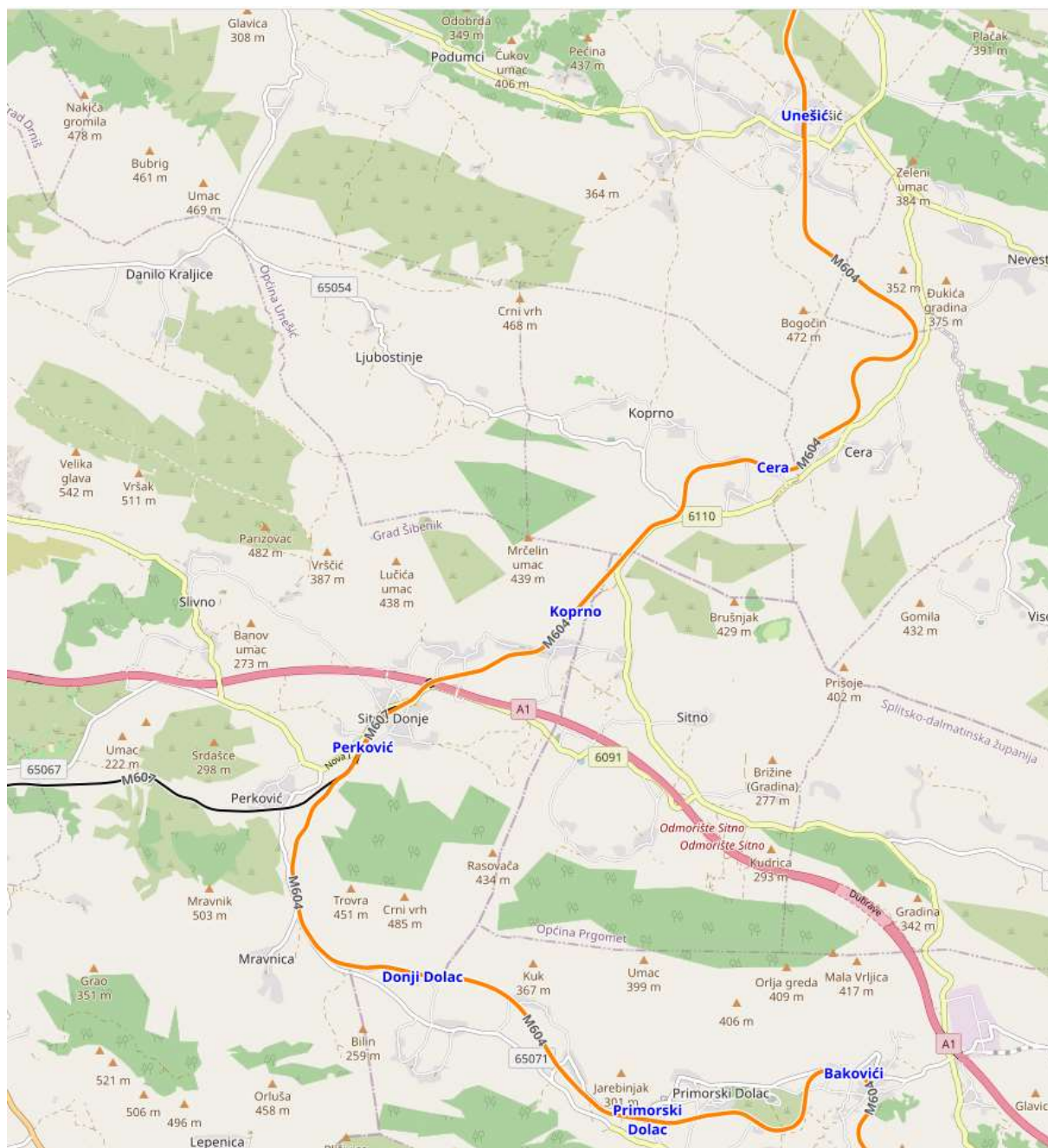
- 1. Pregledna situacija varijantnih rješenja, M 1:25.000**
- 2. Situacija varijantnog rješenja, M 1:10.000**
 - 2.1.1. 1 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
 - 2.2.2. 1 - Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)
 - 2.2.1. 2 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
 - 2.2.2. 2 - Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)
 - 2.3.1. 3 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
 - 2.3.2. 3 - Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)
- 3. Uzdužni profili varijantnih rješenja, M 1:25.000/12.500**
 - 3.1. Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
 - 3.2. Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)
- 4. Normalni poprečni profili pruge, M 1:100**
- 5. Situacija i poprečni profili kolodvora Unešić, Perković i Primorski Dolac, M 1:1.000, 1:500, 1:100**

1. Uvod

S obzirom na strateški zanimljiv položaj na raskrižju Azije i Europe, s bogatim zaleđem Bosne i Hercegovine i otvorenim morem, pitanje je izgradnje željezničkih pruga u Dalmaciji bilo pokrenuto je već 1843. godine kada su prvi prijedlozi bili upućeni mađarskom parlamentu. Tijekom narednih 30 godina izmijenilo se mnogo prijedloga za izgradnju željezničkih pruga na području Dalmacije i njezino povezivanje s ostalim dijelovima Monarhije. Kontekst političkih zbivanja utjecao je na stalne izmjene projekata i pružnih trasa. Upravo je iz tih razloga prvi zakon o izgradnji dalmatinske željeznice donesen i usvojen tek 1873. godine. Plan je bio izgraditi "prugu na parni pogon" od Splita, preko Perkovića i Drniša, sve do Knina, odnosno, mjesta Pribudić koje se nalazilo na tadašnjoj dalmatinsko-hrvatskoj granici. Pruga bi se granala u dva odvojka. Prvi odvojak bio bi od Perkovića do Šibenika, a drugi od Knina do Zadra. Spomenuti projekt nikada nije realiziran zbog gospodarske krize. Naime, ni jedan koncesionar nije imao dovoljno smjelosti kako bi financirao cjelovit projekt [1].

U izgradnju prve dalmatinske pruge krenulo se o državnom trošku i to samo na dijelu od Splita do Siverića (84, 35 km), s ogrankom od Perkovića do Šibenika (21, 6 km), dakle bez ostvarivanja veze sa Zadrom i drugim dijelovima Hrvatske. Odluku o toj izgradnji potvrdilo je 1987. godine Carevinsko vijeće u Beču. Izgradnja pruge počela je iste godine. Usprkos mnogim problemima koje je uzrokovao teški kraški teren i činjenicu da su iskope radili ručno, radovi su napredovali poprilično brzo. Dionica Šibenik - Siverić je bila završena već krajem 1876. godine. Spomenuta je dionica puštena u promet 15. Svibnja 1877. godine. Službeno otvaranje pruge bilo je 4. listopada 1877. godine, no ubrzo se pokazalo kako je takva krnja pruga skoro pa potpuno neupotrebijiva i teško se pripaja bilo kojoj željezničkoj mreži. Produljivanje pruge nametnulo se kao nužnost. Produljivanje iste sve do Knina, ostvareno je 1888.godine, no njeno uklapanje u cjelovit sustav željezničke mreže u Hrvatskoj i Europi bilo je ostvareno tek 1925.godine, kad je završena gradnja tzv. "ličke pruge" Oštarije – Knin – Split [1].

Tema ovog diplomskog rada je razrada i evaluacija varijantnih rješenja modernizacije jednokolosiječne neelektrificirane željezničke pruge Oštarije – Knin – Split na dionici Unešić – Perković – Primorski Dolac. Uvidom u dokumentaciju upravitelja infrastrukture i uz korištenje računalnog programa Bentley Power Rail Track, topografskih karata i digitalnog modela terena područja, projektirane su tri varijante trase međunarodne pruge za mješovit pomet (M604) koja se svrstava u skupinu ostalih glavnih pruga TEN-T mreže [2]. Glavni ciljevi modernizacije su povećati brzinu na pruzi na 120 km/h, nosivost pruge na 20 t/o, slobodni profil na GC te smanjiti mjerodavni nagib i specifični otpor pruge.



Slika 1. Pruga M604 na dionici Unešić - Perković - Primorski Dolac [4]

U poglavlju 2 opisano je stanje postojeće pruge M604 na dionici Unešić – Perković – Primorski Dolac. Prikazana je udaljenost između službenih mjesta, dopuštene i ograničene brzine, te slobodni profili pruge. Također je opisana vrsta pruge, otpori, brzine vlakova i dopuštene duljine vlakova.

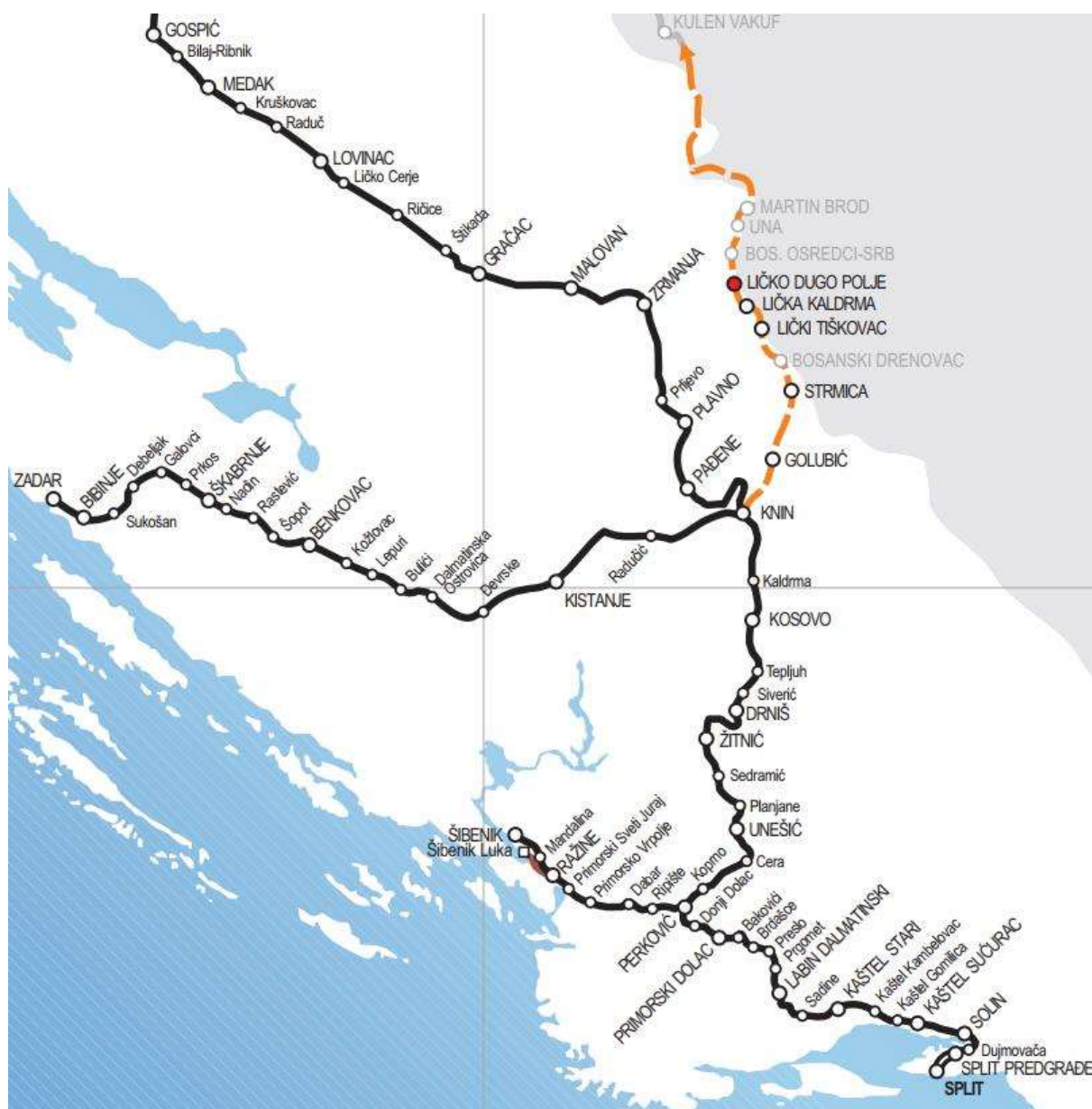
U poglavlju 3 prikazani su projektni uvjeti i zahtjevi, proračun parametara vrednovanja dionica planiranog stanja, uvažene preporuke za trasiranje, opisane su karakteristike kolodvora i elementi poprečnog presjeka (prvenstveno gornjeg ustroja) pruge.

U poglavljima 4 i 5 opisane su tehničke karakteristike i parametri vrednovanja trase. Radi jednostavnije razrade rješenja, i činjenice da se kolodvori Unešić, Perković i Primorski Dolac moderniziraju bez izmjene tlocrtnog i visinskog položaja i sadržaja, trasa je podijeljena na dvije dionice: Dionicu I od Unešića (uključivo) do Perkovića (isključivo) i Dionicu II od Perkovića (uključivo) do Primorskog Dolca (uključivo) Poglavlje 4 se fokusira na varijantna rješenja Dionice I, dok se poglavlje 5 fokusira na Dionicu II, tj. na primijenjene horizontalne i vertikalne elemente varijantnih rješenja trasa, otpor pruge, objekte na trasi, dopuštene brzine vlakova te procjenu troškova investicije.

U poglavlju 6 dana je usporedba varijantnih rješenja s obzirom na definirane parametre, te konačni zaključak.

2. Postojeće stanje

U ovom poglavlju opisane su karakteristike pruge M604 Oštarije – Knin – Split i analizirane dionice Unešić – Perković – Primorski Dolac te službenih mjesta u postojećem stanju, preuzete iz Izvješća o mreži HŽ Infrastrukture [3]. Na Slici 2. prikazano je pružanje pruga u širem području sa njihovim kolodvorima i stajalištima.



Slika 2. Službena mjesta pruge M604 [5]

Pruga M604 Oštarije – Knin – Split od značaja je za međunarodni promet i pripada skupini ostalih pruga za međunarodni mješovit (putnički i teretni) promet. Riječ je o neelektrificiranoj jednokolosiječnoj pruzi širine kolosijeka 1435 mm koja povezuje unutrašnjost i more [3].

Dionica pruge Unešić – Perković – Primorski Dolac dužine je 19.31 km. Promet vlakova na pruzi odvija se u kolodvorskom razmaku, a udaljenost kolodvora su 12,05 km između kolodvora Unešić i kolodvora Perković, te 7,26 km između kolodvora Perković i kolodvora Primorski Dolac.

Najveća dopuštena brzina na prvoj dionici pruge iznosi 80 km/h kod stajališta Koprno, dok najmanja dopuštena iznosi 25 km/h i nalazi se u planinskom području brda Bogočin. Najveća dopuštena brzina na drugoj dionici iznosi 90 km/h, dok je najmanja 20 km/h na duljini do 500 m između stajališta Donji Dolac i kolodvora Primorski Dolac. brzine u kolodvorima ograničene su na 75 km/h u kolodvoru Unešić, 60 km/h u kolodvoru Perković te 35 km/h u kolodvoru Primorski Dolac. Sve mjerodavne dopuštene brzine, zajedno sa svim stacionažama, te udaljenostima kolodvora i stajališta vidljive su u tablicama 1A i 1B.

Na dionici danas putuje pet putničkih vlakova od kojih dva voze u jutarnjem, dva u popodnevnom i jedan u večernjem terminu. Službeni vozni red HŽ putničkog prometa nam govori kako prosječno vrijeme vožnje između službenih mjesta Unešić i Primorski dolac iznosi 23 minute, dok u suprotnom smjeru iznosi 24 minute (tablica 2) [6].

Otpori pruge i mjerodavni nagibi prikazani su u tablici 3. Vidljivo je da je na ovim dionicama riječ o iznimno velikim nagibima i otporima, većima od 20 ‰. U smjeru prema Splitu, dionica Unešić – Perković je u padu iznosa 21 ‰, tako da je iznos specifičnog otpora pruge malen, no u suprotnom smjeru, kada je pruga u usponu, iznosi 24 daN/t. U istom smjeru je dionica Perković – Primorski Dolac položena dijelom u usponu od 24 ‰ koji uzrokuje iznos specifičnog otpora pruge od 27 daN/t. U smjeru vožnje prema Kninu, na ovoj je dionici prisutan uspon od čak 26 ‰ tako da je mjerodavan otpor pruge iznosa 28 daN/t.

Najveće dopuštene duljine vlakova u kolodvorima na pruzi M604 Unešić - Perković - Primorski Dolac dane su u tablici 4. Perković, kao najveći razmatrani kolodvor, ima i najveću korisnu duljinu kolosijeka, dok Primorski Dolac ima najmanju. Pregled kolodvora i stajališta za prijem putnika, perona i uređenih površina prikazan je u tablici 5. Ni jedan od kolodvora nema perone, već uređene asfaltirane površine visine 12, 28 ili 28 cm iznad gornjeg ruba tračnica radi čega je ukrcaj i iskrcaj putnika otežan.

Tablica 1.A Udaljenost između službenih mjesta , dopuštene/ograničene brzine i slobodni profili pruge u smjeru Unešić - Primorski Dolac

Naziv kolodvora	KM	Duljina dionice [m]	Među-kolodvorski razmak [m]	Brzina (dopuštena ili ograničena)				
				Smjer Unešić - Primorski Dolac				
				Od km	Do km	Vlakovi bez nagibne tehnike [km/h]	Vlakovi s nagibnom tehnikom [km/h]	
UNEŠIĆ	265+351			264+690				
					266+810	75	85	
Unešić - Cera		5826	12048	266+810	267+410	25	25	
				267+410				
Cera	271+177						75	85
					273+112			
Cera - Koprno		3157			273+112			
Koprno	274+334						80	95
						275+625		
Koprno - Perković		3065			275+625	275+885	40	40
					275+885	276+663	80	95
PERKOVIĆ	277+399				276+663	277+611	60	60
				277+611	279+192	75	85	
Perković – Donji Dolac		3971	7260	279+192	280+594	90	100	
				280+594	280+757	80		
				280+757				
Donji Dolac	281+370						90	
					282+314			
					382+314	282+814	20	20
Donji Dolac – Primorski Dolac		3289			382+814	283+404	75	75
					383+404	284+013	90	100
				384+013				
PRIMORSKI DOLAC	284+659					35	35	

Tablica 1.B Udaljenost između službenih mjesta , dopuštene/ograničene brzine i slobodni profili pruge u smjeru Primorski Dolac - Unešić

Naziv kolodvora	KM	Duljina dionice [m]	Među-kolodvorski razmak [m]	Brzina (dopuštena ili ograničena)			
				Smjer Primorski Dolac - Unešić			
				Od km	Do km	Vlakovi bez nagibne tehnike [km/h]	Vlakovi s nagibnom tehnikom [km/h]
UNEŠIĆ	265+351				264+690	75	75
Unešić - Cera		5826	12048	266+609		25	25
				267+550	266+609		
Cera	271+177				267+550	75	85
Cera - Koprno		3157		273+112			
Koprno	274+334				273+112	80	95
Koprno - Perković		3065		275+865			
				276+646	275+865	55	55
PERKOVIĆ	277+399			277+611	276+646	60	60
Perković – Donji Dolac		3971	7260	279+192	277+611	75	85
				280+594	279+192	90	100
				280+757	280+594	80	90
Donji Dolac	281+370			280+757			
Donji Dolac – Primorski Dolac		3289		282+464		30	30
				282+684	282+464		
					282+684	90	100
				283+384		50	50
				284+308	283+384	50	50
PRIMORSKI DOLAC	284+659			284+815	284+308	40	40

Tablica 2. Prosječno vrijeme vožnje putničkim vlakom između službenih mjesta na dionici pruge M604 Unešić – Perković – Primorski dolac [6]

Smjer (Unešić - Primorski Dolac)	Prosječno vrijeme putovanja (min)		
Unešić - Cera	0:07	0:14	0:23
Cera - Koprno	0:03		
Koprno - Perković	0:04		
Perković - Donji Dolac	0:04	0:09	
Donji Dolac - Primorski Dolac	0:05		
Smjer (Primorski Dolac - Unešić)	Prosječno vrijeme putovanja (min)		
Primorski Dolac - Donji Dolac	0:04	0:08	0:24
Donji Dolac - Perković	0:04		
Perković - Koprno	0:04	0:16	
Koprno - Cera	0:04		
Cera - Unešić	0:08		

Tablica 3. Mjerodavni nagibi i otpori pruge

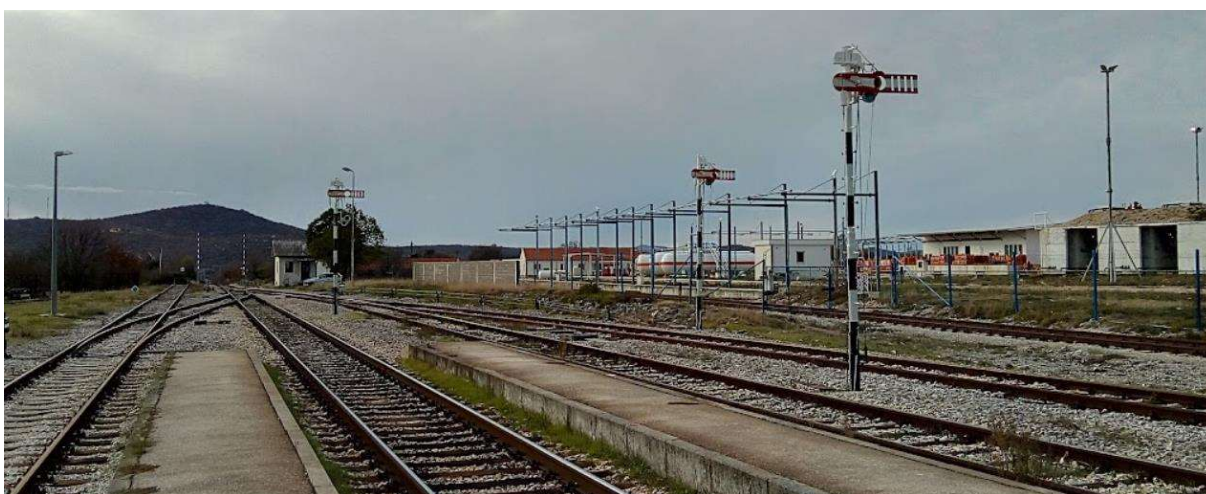
Vozni smjer	Dionica	Mjerodavan nagib				Mjerodavni otpor [daN/t]
		Uspon [‰]	Duljina [km]	Pad [‰]	Duljina [km]	
Unešić –	Unešić - Perković	1	1	21	1	2
Primorski Dolac	Perković – P. Dolac	24	1	26	1,4	27
Primorski Dolac	Perković - Unešić	21	1	1	1	24
- Unešić	P. Dolac - Perković	26	1,4	24	1	28

Tablica 4. Najveće dopuštene duljine vlakova u kolodvorima

Vozni smjer	Kolodvor	Najveća dopuštena duljina vlaka [m]	Kolosijeci za prihvat najduljih vlakova [m]
Unešić –	Unešić	605	2. i 3. kol.
Primorski Dolac	Perković	627	4. i 5. kol.
	Primorski Dolac	340	2. i 3. kol.
Primorski Dolac - Unešić	Primorski Dolac	340	2. i 3. kol.
	Perković	621	3. i 4. kol.
	Unešić	585	2. i 3. kol.

Tablica 5. Pregled kolodvora i stajališta za prijem putnika, perona i uređenih površina

Službeno mjesto	Lokacija	Peron / uređena površina	Dimenzije			Uređenost površine
			d [m]	h [m]	š [m]	
UNEŠIĆ	između 1. i 2. kolosijeka	uređena površina	208	0,20	1,60	asfalt
	između 2. i 3. kolosijeka	uređena površina	208	0,20	1,65	asfalt
Cera	uz prugu desno	uređena površina	141	0,32	1,85	kam.sitnež
Koprno	uz prugu lijevo	uređena površina	81	0,20	1,73	asfalt
PERKOVIĆ	između 1. i 2. kolosijeka	uređena površina	208	0,12-0,28	1,40	asfalt
	između 2. i 3. kolosijeka	uređena površina	270	0,21-0,24	1,72	asfalt
	između 3. i 4. kolosijeka	uređena površina	283	0,20	1,55	asfalt
Donji Dolac	uz prugu desno	peron	53	0,35	6,25	bet.opločnik
PRIMORSKI DOLAC	između 1. i 2. kolosijeka	uređena površina	152	0,28	4,05	asfalt



Slika 3. Kolodvor Unešić



Slika 4. Kolodvor Perković



Slika 5. Kolodvor Primorski Dolac



Slika 6. Pruga u blizini Primorskog Dolca

3. Planirano stanje

U ovom poglavlju opisat će se projektni uvjeti i zahtjevi pri trasiranju pruge zajedno s uvaženim preporukama za trasiranje. Definirati će se elementi odabranog poprečnog presjeka pruge, kao i rekonstrukcije službenih mjesta (odnosno kolodvora jer se oni zadržavaju, dok se postojeća stajališta ukidaju).

Pri razradi varijantnih rješenja modernizacije, pruga je podijeljena na dvije dionice:

- Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo).
- Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo).

Svaka dionica je položena i izrađena s tri različita varijantna rješenja u programu Bentley Power Rail Track. Navedeni program će nam koristiti za polaganje osi pruge u situaciji, nivelete pruge u uzdužnom profilu, te 3D modela trupa i konstrukcije gornjeg ustroja pruge. Za izradu idejnog rješenja modernizacije pruge koristit će se podaci iz sljedećih izvora:

- Georeferencirani digitalni model terena
- Topografske karte u mjerilu 1:25000
- Aerofotogrametrijski prikaz
- Podaci upravitelja infrastrukture u Izvješću o mreži

3.1. Projektni uvjeti i zahtjevi

Prema gore navedenim tablicama iz HŽ-ovog izvješća o mreži [3] i prema uvjetima interoperabilnosti usvojeno je da će projektna građevinska brzina na moderniziranoj pruzi iznositi od 100 km/h do 120 km/h, ali ne manje od 70 km/h na otvorenom dijelu trase.

Prema Pravilniku o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge [7] i prema Tehničkim specifikacijama za interoperabilnost u vezi s "građevinskim" podsustavom transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava [8] definirani su sljedeći projektni zahtjevi za trasu pruge:

- Slobodni profil pruge

Slobodni profil pruge određuje se ovisno o vrsti, namjeni kolosijeka te profilu željezničkoga vozila. U obzir uzima vodoravna i uspravna pomicanja tih vozila u pokretu, odstupanja geometrije kolosijeka, položaj kolosijeka u održavanju, sigurnosni razmak i minimalnu udaljenost od kontaktnoga vodiča na elektrificiranom kolosijeku. Na kolosijeku u horizontalnoj krivini te kolosijek s nadvišenjem, mora se proširiti, nadvisiti ili spustiti. Proširivanje, nadvisivanje i spuštanje slobodnoga profila određuje se ovisno o radijusu horizontalnog luka i

nadvišenju. U slobodni profil, osim kontaktnoga vodiča i dijelova kontaktne mreže, ne smiju se ugrađivati, postavljati i u njega zadirati građevine, postrojenja, uređaji, signali, signalne oznake, naslage materijala i ostali predmeti. U posebnim slučajevima, prilikom izgradnje, rekonstrukcije, obnove i sanacija željezničkih pruga, privremeni predmeti (podgrade, skele) smiju uz primjenu posebnih mjera sigurnosti zadirati u slobodni profil, ali pod uvjetom da ne zadiru u minimalni slobodni profil. Na kolosijecima namijenjenim za utovar i istovar tereta, postrojenja i uređaji za utovar i istovar smiju zadirati u slobodni profil, ali samo pod uvjetom da ne zadiru u minimalni slobodni profil, onda ako se takvi kolosijeci rabe samo za navedene namjene. S obzirom na tražene uvjete interoperabilnosti, na moderniziranoj pruzi kategorije VII-F mora biti zadovoljen minimalno slobodni profil GA.

- Osni razmak između osi kolosijeka

Osni razmak između osi kolosijeka određuje se na temelju prethodno određenog slobodnog profila pruge. Također ovisi o položaju kolosijeka (otvorena pruga, kolodvor, tunel, most), polumjeru horizontalnog luka, nadvišenju na vanjskom kolosijeku u krivini, dopuštenoj brzini, prostoru potrebnom za postavljanje ili ugradnju postrojenja, uređaja, signala, perona i drugih predmeta između kolosijeka, te potrebama tehnološkoga procesa rada. Osni razmak između kolosijeka na otvorenoj pruzi, uključujući i osni razmak između kolosijeka paralelnih željezničkih pruga, mora iznositi minimalno 4.00 m, a na željezničkoj pruzi namijenjenoj samo za prigradski i gradski putnički promet 3.80 m. Osni razmak između kolosijeka u kolodvoru ne smije biti manji od 4.50 m, osim između radioničkih, pretovarnih i sličnih sporednih kolosijeka. Osni razmak između kolosijeka, na području gdje je između njih smješten peron, ne smije biti manji od 6.00 m. Proračunati osni razmak ne smije biti manji od 4.00 m [7]. Prema potrebi za najmanji razmak između osi kolosijeka također se u obzir uzimaju aerodinamični učinci [8].

- Maksimalne vrijednosti nagiba

Uzdužni nagib kolosijeka na otvorenoj pruzi novosagrađenih željezničkih pruga odnosno novosagrađenih dijelova željezničkih pruga od značaja za međunarodni i regionalni promet namijenjenih mješovitom i teretnom prometu, ne smije biti veći od 12.5 ‰ za glavne kolosijeke. Za dionice do 3 km dopušten je najveći nagib od 20 ‰. Za dionice do 0.5 km dopušten je najveći nagib od 35 ‰ na mjestima gdje nije predviđeno zaustavljanje i kretanje pri uobičajenim uvjetima vožnje. Uzdužni nagib kolosijeka u kolodvoru i otpremništvu ne smije biti veći od 2.5 ‰, osim na kolosijecima namijenjenim samo za sastavljanje i rastavljanje vlakova pomoću sile teže. Iznimno, ministarstvo nadležno za promet, ovisno o namjeni kolodvora, odobrava da uzdužni nagib kolosijeka u kolodvoru bude veći od 2.5 ‰ i određuje posebne uvjete i mjere za siguran tijek prometa u takvim kolodvorima. Prema potrebi se određuju posebni uvjeti i mjere za siguran tijek prometa i za kolodvore i otpremništva gdje je uzdužni nagib veći od 1 ‰, a manji ili jednak 2.5 ‰. Prigodom izgradnje novih kolosijeka i rekonstrukcije postojećih

kolosijeka u postojećim kolodvorima na željezničkim prugama u uporabi, uzdužni nagib tih kolosijeka može biti i veći od 2.5 ‰, ali se postojeći uzdužni nagib ne smije povećavati. Za dionice do 3 km dopušten je najveći nagib od 20 ‰. Za dionice do 0.5 km dopušten je najveći nagib od 35 ‰ na mjestima gdje nije predviđeno zaustavljanje i kretanje pri uobičajenim uvjetima vožnje.

- Najmanji polumjer luka horizontalnih krivina

Pri izboru najmanjeg projektiranog polumjera vodoravnog luka potrebno je voditi računa o lokalnoj projektiranoj brzini luka. Polumjer vodoravnoga luka mora svojom veličinom, ovisno o dopuštenoj brzini, nadvišenju kolosijeka i konstrukciji željezničkih vozila, omogućiti siguran prolazak tih vozila po kolosijeku u vodoravnom luku. Na novosagrađenim, nadograđenim i/ili rekonstruiranim željezničkim prugama polumjer vodoravnoga kružnog luka ne smije biti manji od: 250 m, na otvorenoj pruzi i glavnim prolaznim kolosijecima u kolodvorima na željezničkim prugama od značaja za međunarodni promet i željezničkim prugama od značaja za regionalni promet. Pri izboru najmanjeg projektiranog polumjera vodoravnog luka potrebno je voditi računa o lokalnoj projektiranoj brzini luka:

$$R_{\min} = \left(\frac{V_{\max}}{4.6} \right)^2, \text{ za dionice bez nadvišenja}$$

$$R_{\min} = 7,1 * \frac{V_{\max}^2}{h_{\text{norm}}}, \text{ za dionice s nadvišenjem i brzinom većom od 120 km/h,}$$

gdje je:

R_{\min} – minimalni polumjer horizontalne krivine [m]

V_{\max} – najveća dozvoljena brzina prometovanja [km/h]

h_{norm} – normalno nadvišenje vanjske tračnice u krivini [mm]

- Minimalni polumjer okomitih krivina

Ako je razlika između uzdužnih nagiba veća od 2 mm/m na mjestu promjene uzdužnoga nagiba izvodi se zaobljavanje uporabom uspravnoga kružnog luka. Polumjer uspravnoga kružnog luka određuje se ovisno o dopuštenoj brzini, namjeni željezničke pruge, položaju uspravnoga kružnog luka te kriterijima udobnosti, u skladu s uvjetima prema posebnim propisima kojima se uređuje građevinski infrastrukturni podsustav. Polumjer vertikalne krivine određuje se kao

$$\rho = V^2,$$

gdje je V projektna brzina u km/h i ne smije biti manji od 2000 m, na otvorenoj pruzi, glavnim prolaznim i prijamno-otpremnim kolosijecima u kolodvorima.

- Nadvišenje u horizontalnoj krivini

U vodoravnim lukovima s nadvišenjem, nadvišenje se izvodi tako da se vanjska tračnica kolosijeka u horizontalnoj krivini nadvisuje u odnosu na unutarnju tračnicu. Veličina nadvišenja ovisi o polumjeru vodoravnoga luka, dopuštenoj brzini, svojstvima pružnoga gornjeg ustroja, konstrukciji željezničkih vozila, vrsti tereta i načinu njegova učvršćivanja na željezničkom vozilu. Za dionice s nadvišenjem i brzinom do 120 km/h vrijedi:

$$h_{\text{norm}} = 7,1 * \frac{V_{\text{max}}^2}{R_{\text{min}}},$$

gdje je:

R_{min} – minimalni polumjer horizontalne krivine [m]

V_{max} – najveća dozvoljena brzina prometovanja [km/h]

h_{norm} – normalno nadvišenje vanjske tračnice u krivini [mm]

Projektirano nadvišenje vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom kružnom luku ne smije biti veće od 160 mm, ni manje od 20 mm. Nadvišenje vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom kružnom luku na željezničkim prugama u uporabi ne smije biti veće od 180 mm. Promjena nadvišenja vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom luku mora biti kontinuirana i izvedena prijelaznom rampom nadvisivanja. Nagib prijelazne rampe nadvisivanja određuje se ovisno o dopuštenoj brzini u vodoravnom luku, veličini nadvišenja i duljini prijelazne rampe nadvisivanja, a ne smije biti veći od 1:400, niti manji od 1:3000.

- Duljina prijelaznice

Promjena smjera kolosijeka iz pravca u vodoravni kružni luk, iz jednoga vodoravnoga kružnog luka u drugi suprotnoga smjera i iz jednoga vodoravnoga kružnog luka u drugi istoga smjera ali različitoga polumjera, mora biti kontinuirana. Zbog ublažavanja udara i osiguranja kontinuiranosti vožnje, između pravca i krivine ubacuje se prijelazna krivina promjenjive zakrivljenosti koja postupno mijenja polumjer. Duljina prijelazne krivine jednaka je duljini prijelazne rampe za nadvišenje, a njena vrijednost se računa prema izrazu:

$$L_{\text{min}} = \frac{n * h_{\text{od}}}{1000} \text{ [m]},$$

gdje je:

$n = 10 * V$, nagib prijelazne rampe, od najviše 400 do najmanje 2000

h_{od} – odabrana vrijednost normalnog nadvišenja

3.2. Uvažene preporuke za trasiranje

Os pruge u tlocrtu definira se poligonalnom linijom. Općenito linija je bolja što je više ispruženija. S obzirom na različite zapreke odnosno različiti uvjeti koje donosi reljef po kojem

se postavlja željezničke pruge na trasi, uz pravac, potrebno je i primjenjivati horizontalne krivine. Prilikom izrade varijanti trase potrebno je osigurati racionalni odnos između:

- duljine trase
- količine građevinskih radova
- troškova građenja i eksploatacije

Svako varijantno rješenje trase trebalo bi osigurati racionalni odnos navedenih čimbenika. Primjenom kružnih lukova smanjuje se količina građevinskih radova, osigurava se stabilnost trupa te objekata na pruzi. Primjenom manjih polumjera povećava se ukupna duljina pruge čime se postiže povoljnije visinsko vođenje trase, ali se istovremeno povećavaju troškovi izgradnje gornjeg ustroja pruge. Iako najmanji dozvoljeni polumjer horizontalne krivine ovisi o kategoriji pruge tj. projektiranoj građevinskoj brzini, poželjno je uvažiti sljedeće preporuke o primjeni najmanjih polumjera ovisno o konfiguraciji terena [9].

Mirnoća hoda vozila koja definira udobnost vožnje ovisi o osiguranju minimalnih duljina tlocrtnih elemenata osi pruge. Tako je pri polaganju osi trase na otvorene pruge potrebno osigurati dužinu čistog kružnog luka od minimalno

- $L_k [m] = V_{max} [km/h] / 2 \geq 20$ m u slučaju pruga za međunarodni promet,

dok minimalna potrebna dužina međupravca između susjednih krivina iznosi

- $m [m] = V_{max} [km/h] / 5$ u normalnim uvjetima.

Pri odabiru lokacije za smještaj prijeloma nivelete duž trase, potrebno je prijelom nivelete postaviti na dijelu trase u pravcu. Prijelom nivelete u krivini dopušta se samo u slučajevima teških terenskih uvjeta pri čemu se prijelom mora nalaziti na dijelu čistog kružnog luka. Prijelom nivelete u prijelaznoj krivini nije dozvoljen jer bi u tom slučaju geometrija kolosijeka bila iznimno složena te skupa za održavanje. Prilikom polaganja nivelete (uzdužnog profila) pruge potrebno je nastojati da odsječci nivelete određenog nagiba budu što veće duljine. Udaljenost između dva prijeloma nivelete ne bi trebala biti kraća od polovine duljine vlaka (u ovom slučaju 375 m), te nikako kraća od 300 m. Također je potrebno težiti da je razlika između susjednih nagiba što manja, po mogućnosti manja od 2 mm/m ako se želi izbjeći polaganje vertikalnih krivina.

Koncept i način rješavanja križanja željezničke pruge s drugim prometnicama je sljedeći. Na novim željezničkim prugama izvedba križanja u dvije razine mora biti predviđena na križanju željezničke pruge s drugim željezničkim prugama, autocestama, državnim cestama, županijskim cestama, brzim gradskim cestama i drugim gradskim cestama. Pri projektiranju podvožnjaka ili nadvožnjaka potrebno je primijeniti sve uvjete propisane važećim propisima i prostornim planovima (ako su dani u prostorno planskoj dokumentaciji). Pri projektiranju rekonstrukcije postojećih cesta na području novosagrađenih križanja sa željezničkom prugom

izvan razine, moraju se postići tehničko-uporabni uvjeti u skladu s važećim propisima za ceste istoga ranga, koji nisu lošiji od onih na postojećim cestama koje se svode ili rekonstruiraju [10].

3.3. Elementi poprečnog presjeka

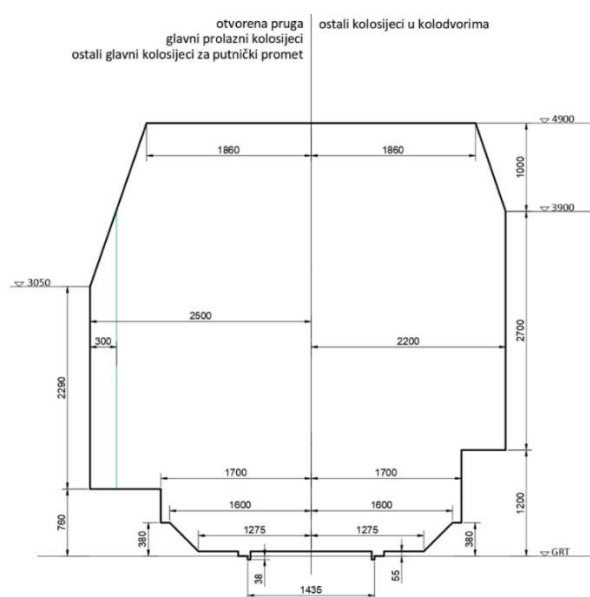
Poprečni profil je normalna projekcija željezničke pruge na vertikalnu ravninu okomitu na uzdužnu os kolosijeka. Njegovo geometrijsko oblikovanje na otvorenoj pruži ovisi o [9]:

- slobodnom profilu pruge
- broju kolosijeka i potrebnom razmaku između osi kolosijeka
- širini planuma pruge
- ostalim elementima i objektima koje je potrebno smjestiti u pružni pojas:
 - elementima odvodnje pruge (jarci, drenaže, objekti zaštite donjeg ustroja)
 - službenim prometnicama uz prugu
 - EE, SS i TK uređajima i kanalima za kablove
 - objektima za zaštitu okoliša

Pri izradi normalnog poprečnog profila vodilo se računa o traženoj nosivosti pruge koja za danu kategoriju prema TSI-ju iznosi 20 t/o, brzina 120 km/h, duljina vlaka D_{v1} 500 m te je za slobodni profil odlučeno da mora udovoljavati gabaritima profila GC. Odabrane su sljedeće debljine slojeva gornjeg ustroja: zastorne prizme 30 cm, zaštitnog tamponskog sloja 30 cm, geosintetika i podloge zaštitnog sloja debljine 40 cm. Pokos zastorne prizme je nagiba 1:1.5, a pokos nasipa i usjeka je nagiba 1:1.5. Kako bi se osigurala odvodnja zastorne prizme slojevi ispod nje su nagiba 5 % čime je osigurana poprečna odvodnja. Uzdužna odvodnja je osigurana odvodnim jarcima u usjeku.

Na slici 7. dan je slobodni profil za prolaz željezničkih vozila GC u uvjetima bez elektrifikacije na željezničkim prugama za teretni i mješoviti promet. Oznaka GRT predstavlja gornji rub tračnice.

U Prilogu 6. Normalni profili pruge prikazani su elementi poprečnog presjeka trase u zasjeku, visokom i niskom nasipu, visokom usjeku i tunelu. U prilogu se jasno prikazuje slobodni profil pruge s pripadajućom osi, postojeći teren, udaljenost od odvodnog jarka, donji ustroj, potrebe za oblaganjem humusom te visinske kote i nagibi koji su točno definirani. U tunelu se izvodi gornji ustroj na specijalnoj armiranobetonskoj ploči, primarno osiguranje, hidroizolacija, betonska obloga i prostor za instalacije. Također u tunelu se nalazi i evakuacijski put i drenaža.



Slika 7. Slobodni profil GC [9]

3.4. Kolodvori

Prilikom modernizacije željezničke pruge M604 na dionici Unešić – Perković – Primorski Dolac kolodvori Unešić, Perković i Primorski Dolac će se rekonstruirati uz obnovu gornjeg ustroja kolosijeka i rekonstrukciju današnjih uređenih površina u perone visine 55 cm iznad gornjeg ruba tračnica.

Tlocrtno i visinski ovi kolodvori se zadržavaju u postojećem stanju i zbog toga predstavljaju osnovna ograničenja pri vođenju trase modernizirane pruge. Za potrebe rada na temelju digitalnog modela terena procijenjeno je da se kolodvori nalaze u uzdužnom nagibu od 0 ‰ i na visini od:

- kolodvor Unešić: 356.100 mnm,
- kolodvor Perković: 200.500 mnm,
- kolodvor Primorski Dolac: 157.300 mnm.

Situacijski plan kolosiječnih lina navedenih kolodvora, poprečni profil kolodvora, te sheme primijenjenih standardnih skretnica prikazan je u Prilogu 5. Izrađen je uz primjenu standardnih skretnica koje su odabrane vodeći računa o postojećem pružanju kolosijeka i uz zadovoljavanje uvjeta brzine na glavnom prolaznom kolosijeku (od 120 i 65 km/h), budući da se skretnice na otvorenoj pruzi i glavnim prolaznim kolosijecima u kolodvorima ugrađuju se na dijelu kolosijeka u pravcu i bez nadvišenja u odvojnem kolosijeku unutar skretnice. Prema [7], zbog izostanka nadvišenja, ovisno o konstrukciji i geometriji skretnice, a s obzirom na polumjer skretnica je ograničena na vrijednosti prikazane u Tablici 6.

Tablica 6. Ograničenje brzine ovisno o polumjeru skretnice

Polumjer skretnice R [m]	180	200	300	500	760	1200	> 1200
Najveća dozvoljena brzina pri vožnji u pravac [km/h]	80	100	140	160	200	250	> 250
Najveća dozvoljena brzina pri vožnji u skretanje [km/h]	35	40	50	65	80	100	> 100

Kolodvor Unešić sastoji se od četiri kolosijeka, od kojih su dva prijemno-otpremna, jedan manipulativni i jedan glavni prolazni kolosijek. Uz prijemno-otpremne kolosijeke danas se nalaze uređene površine. Planiranom rekonstrukcijom predviđa se izvedba perona istih duljina (208 m i 135 m) i širine (1.10 m i 2.50 m), ali visine 55 cm iznad GRT-a. Uz glavni prolazni kolosijek predviđen je peron jednakih dimenzija kao dosadašnja uređena površina duljine 208 m i širine 1.10 m, također visine 55 cm iznad GRT-a. Prilaz putnika do otočnih perona predviđen je iz željezničke zgrade preko drvenih prijelaza preko kolosijeka. Ukupna duljina kolodvora iznosi 825.08 m. Osni razmak između kolosijeka je 4.50 m, osim između trećeg i četvrtog kolosijeka gdje je razmak 5.20 m. Kolodvor ima sedam skretnica tipa HŽS.G1.404 PS-R300(6°).

Kolodvor Perković sastoji se od dvanaest kolosijeka, od kojih je pet izvlačnih, dva prijemno-otpremna, tri manipulativna i dva glavno prolazna kolosijeka. Uz prijemno-otpremne kolosijeke danas se nalaze uređene površine. Planiranom rekonstrukcijom predviđa se izvedba perona iste duljine (168 m, 208 m, 270 m i 283 m) i širine (2.50 m, 1.70 m, 1.15 m i 1.25 m), ali visine 55 cm iznad GRT-a. Prilaz putnika do otočnih perona predviđen je iz željezničke zgrade preko drvenih prijelaza preko kolosijeka. Ukupna duljina kolodvora iznosi 934.54 m. Osni razmak između prvog i drugog kolosijeka iznosi 5.10 m, između drugog i trećeg 4.55 m, trećeg i četvrtog 4.65 m, a između preostalih kolosijeka iznosi 4.75 m. Kolodvor ima sedamnaest skretnica, od kojih su sve tipa HŽS.G1.404 PS-R300(6°) izuzev jedne skretnice tipa HŽS.G1.405 PS-R500(1/12).

Kolodvor Primorski Dolac sastoji se od tri kolosijeka, od kojih je jedan prijemno-otpremni, jedan manipulativni i jedan glavni prolazni kolosijek. Uz prijemno-otpremne kolosijeke danas se nalaze uređene površine. Planiranom rekonstrukcijom predviđa se izvedba peron iste duljine (185 m i 75 m) i širine (1.55 m i 2.00 m), ali visine 55 cm iznad GRT-a. Prilaz putnika do otočnih perona predviđen je iz željezničke zgrade preko drvenih prijelaza preko kolosijeka. Ukupna duljina kolodvora iznosi 504.37 m. Osni razmak između prvog i drugog kolosijeka iznosi 4.95 m, a između drugog i trećeg kolosijeka iznosi 4.80 m. Kolodvor ima četiri skretnice tipa HŽS.G1.401 PS-R200(6°).

3.5. Proračun parametara vrednovanja dionica

Elementi osi koji prilikom izgradnje pruge najviše utječu na odabir varijante pruge su zakrivljenost pruge, otpori vlaka prilikom kretanja po pruzi te prosječna brzina na pruzi. Zakrivljenost pruge ovisi broju krivina na pruzi, njihovom polumjeru i njihovoj duljini. Vrijednost zakrivljenosti u ovom radu određena je kao težinski prosjek svih radijusa krivina duž dionice. On je dobiven na način da su za sve kružne lukove određeni produkti veličine polumjera i duljine luka te se suma svih tih produkata podijelila sa duljinom dionice na kojoj se krivine nalaze.

Otpore vlakova prema karakteru dijelimo na osnovne otpore (djeluju stalno pri pokretanju vlaka) i naknadne otpore (javljaju se pri pokretanju vlaka s mjesta, u krivinama, na usponu, u tunelima). S obzirom na to da se naknadni otpori javljaju povremeno onda je njih potrebno posebno analizirati [9]. Naknadni otpori na pruzi određuju se podjelom dionice na segmente ujednačenog uzdužnog nagiba. Segment s najvećim usponom uglavnom ima najveći otpor. Zbrojem specifičnog otpora od uspona (koji je jednak usponu na tom segmentu), ukupnog specifičnog otpora od krivine i ako postoji ukupnog specifičnog otpora u tunelu na tom segmentu dobiva se ukupni specifični otpor pruge.

Oblik trase pruge za velike brzine ovisi odabranim tehničkim parametrima, a najviše o polumjeru horizontalne krivine i odabranom nagibu trase. Velikim brzinama odgovaraju veliki polumjeri horizontalnih krivina i blagi nagibi zbog čega se trasa vrlo teško prilagođava reljefu terena (osim u izrazito ravničarskom terenu i širokim riječnim dolinama) [9]. Da bi odredili težinski prosjek brzine na dionicama potrebno je zbrojiti sve ograničene brzine na promatranoj dionici i podijeliti sa duljinom iste dionice.

Varijantna rješenja trase pruge međusobno se uspoređuju u cilju odabira one trase koja za istu propusnu i prijevoznu sposobnost ima ukupno najniže svedene troškove. Troškovi projekta željeznica uključuju ne samo troškove izgradnje, nego i troškove vezane za nabavu potrebne tehnologije, nabavu zemlje, pripremu troškova te održavanje i upravljanje nakon izgradnje ili rekonstrukcije željeznica [9]. Troškovi gornjeg ustroja ovisi samo o duljini pruge dok donji ustroj ovisi o vrsti terena. Troškovi zaštite od buke ovisi o blizini naseljenih mjesta uz prugu. Smatra se da na udaljenosti većoj od 100 m buka željezničkog prometa nema utjecaja.

4. Tehničke karakteristike i parametri vrednovanja Dionice I

U ovom poglavlju opisat će se i usporediti tri razrađena rješenja (varijante) za povećanje brzine, a time i razine usluge na dionici I: Unešić (uključivo) – Perković (isključivo). U poglavlju će biti opisani svi horizontalni i vertikalni elementi s pripadajućim objektima na dionici. Opisat će se otpori pruge, prosječne projektirane brzine i procijenjeni investicijski troškovi za svaku varijantu.

4.1. Horizontalni elementi

Horizontalno pružanje trase prikazano je na sljedećim nacrtima:

- 2.1.1. Situacija pruge varijantnog rješenja 1 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
- 2.2.1. Situacija pruge varijantnog rješenja 2 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
- 2.3.1. Situacija pruge varijantnog rješenja 3 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)

Varijanta 1 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz blago izmještanje dijelova trase u odnosu na postojeću prugu. Cilj ovakvog vođenja trase je smanjivanje broja horizontalnih krivina i povećavanje polumjera krivina na najmanje 500 m u području kolodvora, te 700 m na otvorenoj trasi zbog postizanja brzine od 120 km/h na što većem dijelu trase. Varijanta na svom početku prati postojeću trasu sve do brda Bogočin, na kojem se zbog zaobilaženja planinskog područja postojeća trasa sastoji od velikog broj krivina malih radijusa, zbog kojih je na pruzi danas brzina ograničena i do 25 km/h. Iz tog razloga varijanta 1 ne zaobilazi planinsko područje, već prolazi kroz njega koristeći dvije horizontalne krivine R700, tri tunela ukupne dužine 1.38 km i dva vijadukata ukupne dužine 0.86 km. U nastavku varijanta 1 prati postojeću trasu, dok se izmiče u područjima krivina zbog primjene radijusa R700, R900 i R1500 na lokacijama na kojima su na postojećoj pruzi primijenjeni znatno manji radijusi. Os trase u varijanti 1 je u konačnici položena uz primjenu osam horizontalnih krivina od kojih jedna R1500, jedna R900, pet R700 i jedna R500 u području kolodvora koja se zadržava u postojećem iznosu i smjeru pružanja (Tablica 7). 28 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Veliki broj horizontalnih krivina veće duljine rezultiralo je velikom zakrivljenošću trase (Tablica 8).

Tablica 7. Primijenjeni horizontalni elementi - V1DI

Odabrane vrijednosti	Krivina 2,3,5,6,7	Krivina 4	Krivina 1	Krivina 8
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	121	138	65	178
Projektirana brzina Vp	120	120	65	120
Odabrani polumjer Rod [m]	700	900	500	1500
Normalno nadvišenje hnor [mm]	146	114	0	68
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	145	115	0	70
Nagib rampe nadvišenja n	1200	1200	0	1200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	174	138	0	84
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	180	140	0	85

Tablica 8. Zakrivljenost - V1DI

Varijanta 1	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge [m]
1	500	245.25	122625	
2	700	474.32	332024	
3	700	1100.86	770602	
4	900	134.69	121221	
5	700	388.71	272097	
6	700	295.12	206584	
7	700	219.25	153475	
8	1500	253.44	380160	
Suma			2358788	11172.94
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			211	

Varijanta 2 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz nešto veće izmještanje osi pruge u odnosu na postojeću prugu. Prioritet varijante 2 je osim postizanja većih brzina na trasi bilo i smanjivanje ukupne zakrivljenosti trase. Zbog toga se polaganje trase vršilo uz što veću primjenu pravaca i smanjivanje broja horizontalnih krivina. Varijanta 2 na svom početku prati postojeću trasu sve do brda Bogočin, gdje za zadatak ima prolazanje planinskog područja i usmjeravanje trase između mjesta Galići i Ivančevići uz što veću primjenu pravaca. To je bilo moguće samo uz primjenu krivina nešto manjeg radijusa, pa stoga taj segment pruge sadrži dvije horizontalne krivine R500. Osim navedenih krivina primijenila su se tri tunela ukupne dužine 1.38 km i jedan vijadukt dužine 0.34 km. Cijeli ostatak trase postignut je uz primjenu svega četiri krivine i teži približavanju postojećoj trasi. Os varijante 2 je u konačnici položena uz primjenu sedam horizontalnih krivina od kojih su tri R500 na početku dionice, a slijede je tri R700 i jedna R1000 (Tablica 9). 22 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Manji broj horizontalnih krivina rezultirao je manjom zakrivljenošću trase. (Tablica 10).

Tablica 9. Primijenjeni horizontalni elementi – V2DI

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2,3	Krivina 4,5,6	Krivina 7
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	65	102	121	145
Projektirana brzina Vp	65	100	120	120
Odabrani polumjer Rod [m]	500	500	700	1000
Normalno nadvišenje hnor [mm]	0	142	146	102
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	0	140	145	100
Nagib rampe nadvišenja n	0	1000	1200	1200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	0	140	174	120
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	0	140	180	120

Tablica 10. Zakrivljenost - V2DI

Varijanta 1	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge [m]
1	500	245.25	122625	
2	500	486.17	243085	
3	500	825.83	412915	
4	700	332.8	232960	
5	700	302.1	211470	
6	700	190.97	133679	
7	1000	65.43	65430	
Suma			1422164	11302.59
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			126	

Varijanta 3 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz potpuno napuštanje postojeće pruge. Cilj ovakvog vođenja trase bilo je izbjegavanje planinskog područja Bogočin, a samim tim i postizanje većih brzina bez primjene velikog broja tunela. Iz tog razloga varijanta 3 će biti veće duljine, ali i manjeg nagiba. Nastavak varijante 3 zaobilazi naseljena područja tako da ona ostaju između postojeće trase i trase varijante 3. To se postiže primjenom triju vijadukta ukupne dužine 3.01 km i jednim tunelom dužine 0.59 km. Trasa se približava postojećoj pruzi tek pred ulaznu skretnicu kolodvora Perković. Os trase varijante 3 položena je uz primjenu sedam horizontalnih krivina od kojih su sve R700 osim jedne R500 u području kolodvora koja se zadržava u postojećem iznosu i smjeru pružanja (Tablica 11). 26 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Manji broj horizontalnih krivina veće duljine rezultirao je povišenom zakrivljenošću trase (Tablica 12).

Tablica 11. Primijenjeni horizontalni elementi – V3DI

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2,3,4,5,6,7
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	65	121
Projektirana brzina Vp	65	120
Odabrani polumjer Rod [m]	500	700
Normalno nadvišenje hnor [mm]	0	146
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	0	145
Nagib rampe nadvišenja n	0	1200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	0	174
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	0	180

Tablica 12. Zakrivljenost - V3DI

Varijanta 1	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge
1	500	245.25	122625	
2	700	457.47	320229	
3	700	560.94	392658	
4	700	770.30	539210	
5	700	520.55	364385	
6	700	569.37	398559	
7	700	172.21	120547	
Suma			2258213	12784.15
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			177	

4.2. Vertikalni elementi

Vertikalno pružanje trase prikazano je na sljedećim nacrtima:

- 3.1. Uzdužni profil varijantnih rješenja dionice 1 (od kolodvora Unešić do kolodvora Perković)
- 3.2. Uzdužni profil varijantnih rješenja dionice 2 (od kolodvora Perković do kolodvora Primorski Dolac)

Niveleta varijante 1 se sastoji od devet segmenata u pet različitih uzdužnih nagiba (0‰, 5‰, 10‰, 15‰ i 20‰). 67 % trase nalazi u uzdužnom nagibu od 15‰ ili 20‰. Zasluga je to zahtjevnog terena u kojem je bilo potrebno savladati velike visinske razlike između kolodvora Unešić i Perković na relativno kratkoj duljini pruge. Prijelomi nivelete varijante 1 izvedeni su uz primjenu osam vertikalnih krivina radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su četiri konkavne i četiri konveksne.

Niveleta varijante 2 se sastoji od devet segmenata u pet različitih uzdužnih nagiba (0‰, 5‰, 10‰, 15‰ i 20‰). 54 % trase nalazi u uzdužnom nagibu od 20‰. Zbog zahtjevnog terena bilo je potrebno da većina trase bude položena u maksimalnom nagibu. Preostali nagibi služe kao prijelazni nagibi između kolodvora i maksimalnog nagiba u kojem se savladavaju

velika visinske razlike dvaju kolodvora. Prijelomi nivelete varijante 1 izvedeni su uz primjenu osam vertikalnih krivina radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su četiri konkavne i četiri konveksne.

Niveleta varijante 3 se sastoji od jedanaest segmenata u pet različitih uzdužnih nagiba (0‰, 5‰, 10‰, 15‰ i 20‰). Razlikujemo jedan segment od 20‰, tri segmenta od 5‰, tri od 10‰, dva od 15‰ i preostala dva od 0‰ u području kolodvoru. 32 % trase nalazi u uzdužnom nagibu od 20‰. Zasluga je to veće duljine trase i manje strmim terenom. Visinske razlike između kolodvora Unešić i Perković se savladavaju na većoj duljini pruge, pa je tako i segment s maksimalnim nagibom nivelete kraći. Prijelomi nivelete varijante 3 izvedeni su uz primjenu deset vertikalnih krivina radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su pet konkavnih i pet konveksnih.

4.3. Objekti na trasi

Na Varijanti 1 nalazi se pet križanja trase pruge s cestama, od kojih je četiri izvan razine i jedno u razini. Prvi cestovni podvožnjak ŽC 6092 se nalazi neposredno nakon kolodvora Unešić i zajednički je za sve varijante. Preostala tri podvožnjaka i prijelaz u razini nalaze se pred kolodvorom Perković gdje pruga nailazi na autocestu AC1 (u podvožnjaku) i njene priključne ceste (u podvožnjaku i u razini). Od ostalih objekata na trasi, u ovoj su varijanti predviđena tri tunela dužine 621 m, 577 m i 184 m, te dva vijadukta dužine 384 m i 472 m. Navedeni objekti su koncentrirani u središnjem dijelu dionice na kojem trasa zaobilazi brdo Bogočin.

Na Varijanti 2 nalazi se šest križanja trase pruge s cestama, od kojih je pet izvan razine i jedno u razini. Prvi cestovni podvožnjak ŽC 6092 se nalazi neposredno nakon kolodvora Unešić i zajednički je za sve varijante. Preostala četiri podvožnjaka i prijelaz u razini nalaze se pred kolodvorom Perković gdje pruga nailazi na autocestu AC1 (u podvožnjaku) i njene priključne ceste (u podvožnjaku i u razini). Od ostalih objekata na trasi, u ovoj su varijanti predviđena tri tunela dužine 597 m, 568 m i 211 m, te jedan vijadukt dužine 338 m. Navedeni objekti su koncentrirani u središnjem dijelu dionice na kojem trasa zaobilazi brdo Bogočin.

Na Varijanti 3 nalazi se osam križanja trase pruge s cestama, od kojih je šest izvan razine i dva u razini. Prvi cestovni podvožnjak ŽC 6092 se nalazi neposredno nakon kolodvora Unešić i zajednički je za sve varijante. Prvi prijelaz u razini ŽC 6110 nalazi se pred vijaduktom Šušnjari. Slijede ih dva cestovna podvožnjaka u području vijadukata Seralije i Škrapići koji su u neposrednoj blizini. Preostala tri podvožnjaka i prijelaz u razini nalaze se pred kolodvorom Perković gdje pruga nailazi na autocestu AC1 (u podvožnjaku) i njene priključne ceste (u

podvožnjaku i u razini). Prethodno navedeni vijadukti su dužine 1643 m, 155 m i 1207 m. Od preostalih objekata na trasi postoji jedan tunel dužine 585 m.

Tablica 13. Vrste križanja i stacionaže - V1DI

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI PODVOŽNJAK, ŽC 6092	0+902.36
2	CESTOVNI PODVOŽNJAK, AC A1	10+748.67
3	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1a	10+788.13
4	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1b	11+034.79
5	ŽCP, NOVA 1c	11+131.83

Tablica 14. Objekti na trasi - V1DI

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA	
Kolodvor	Unešić	0+000.00	0+825.08	825.08	
Otvorena trasa		0+825.08	3+248.96	2423.88	
Tunel	Bogočin	3+248.96	3+869.93	620.98	
Otvorena trasa		3+869.93	4+093.34	223.41	
Vijadukt/most	Višići	4+093.34	4+477.11	383.77	
Otvorena trasa		4+477.11	4+612.20	135.09	
Tunel	Mačija greda	4+612.20	5+189.34	577.14	
Otvorena trasa		5+189.34	5+455.73	266.39	
Tunel	Gradina	5+455.73	5+639.99	184.26	
Otvorena trasa		5+639.99	5+782.35	142.36	
Vijadukt/most	Galići	5+782.35	6+254.83	472.48	
Otvorena trasa		6+254.83	11+172.94	4918.11	
				Σ	11172.95

Tablica 15. Vrste križanja i stacionaže – V2DI

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI PODVOŽNJAK, ŽC 6092	0+902.27
2	CESTOVNI PODVOŽNJAK, RAMPA AC A1	10+539.34
3	CESTOVNI PODVOŽNJAK, AC A1	10+877.71
4	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1a	10+917.62
5	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1b	11+163.99
6	ŽCP, NOVA 1c	11+261.58

Tablica 16. Objekti na trasi – V2DI

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA
Kolodvor	Unešić	0+000.00	0+825.08	825.08
Otvorena trasa		0+825.08	3+600.57	2775.49
Tunel	Bogočin	3+600.57	4+197.59	597.03
Otvorena trasa		4+197.59	4+760.72	563.13
Tunel	Mačija greda	4+760.72	5+328.75	568.04
Otvorena trasa		5+328.75	5+594.90	266.15
Tunel	Gradina	5+594.90	5+805.64	210.74
Otvorena trasa		5+805.64	5+954.94	149.30
Vijadukt/most	Galići	5+954.94	6+293.17	338.23
Otvorena trasa		6+293.17	11+302.59	5009.42
Σ				11302.61

Tablica 17. Vrste križanja i stacionaže – V3DI

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI PODVOŽNJAK, ŽC 6092	0+903.52
2	ŽCP, ŽC 6110	3+777.58
3	CESTOVNI PODVOŽNJAK, ŽC 6110	9+668.09
4	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NC	11+101.40
5	CESTOVNI PODVOŽNJAK, AC A1	12+347.52
6	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1a	12+392.56
7	CESTOVNI PODVOŽNJAK, NOVA 1b	12+646.53
8	ŽCP, NOVA 1c	12+743.14

Tablica 18. Objekti na trasi – V3DI

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA
Kolodvor	Unešić	0+000.00	0+825.08	825.08
Otvorena trasa		0+825.08	4+052.35	3227.27
Vijadukt/most	Šušnjari	4+052.35	5+695.48	1643.13
Otvorena trasa		5+695.48	6+009.02	313.54
Tunel	Jurjevići	6+009.02	6+594.11	585.09
Otvorena trasa		6+594.11	9+965.89	3371.78
Vijadukt/most	Seralije	9+965.89	10+121.26	155.37
Otvorena trasa		10+121.26	10+388.82	267.56
Vijadukt/most	Škrapići	10+388.82	11+595.54	1206.74
Otvorena trasa		11+595.54	12+784.15	1188.61
Σ				12784.17

4.4. Otpori pruge

Sve tri varijante imaju mjerodavni uspon pruge iznosa 20 ‰, dok duljine segmenata u ovom nagibu variraju od približno 4 kilometra do 6 kilometara. Varijanta 1 i 2 sadrže tunele približno jednake duljine, s jednakim brojem horizontalnih krivina u kritičnom segmentu, ali drugačijih radijusa. Dodatni otpori koji su posljedica ovih elemenata trase ne utječu znatno na ukupan iznos ukupnog specifičnog otpora pruge. Varijanta 3 se razlikuje po tome što ne sadrži tunele i što sadrži manji broj horizontalnih krivina. Unatoč tome, sve tri varijante imaju jednak ukupni specifični otpor pruge iznosa 21 daN/t, što je za 6 daN/t manje od postojećih 27 daN/t.

Tablica 19. Otpori pruge - V1DI

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku				L [m]		4807.58
Otpor nagiba				w_u [daN/t] = i_p [‰]		20.00
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$		d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$	
2	700	1.01		291.04	293.30	
3	700	1.01		1280.86	1290.79	
4	900	0.77		274.69	211.30	
5	700	1.01		568.71	573.12	
Ukupni specifični otpor krivina				w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$		0.49
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{m/L1}$ [‰]	$i_{m/L2}$ [‰]	$i_{m/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(1)i} \times L_{ti}$
Bogočin	620.97	21.17	24.33	21.93	1.93	1200.34
Mačija greda	577.14	21.17	24.33	21.66	1.66	955.17
Ukupni specifični otpor tunela				w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L =$		0.45
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu				w_p [daN/t] = $w_u + w_r + w_t$		21

Tablica 20. Otpori pruge – V2DI

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku				L [m]		6078.03
Otpor nagiba				w_u [daN/t] = i_p [‰]		20.00
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$		d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$	
2	500	1.46		501.04	731.86	
3	500	1.46		965.83	1410.76	
4	700	1.01		512.80	516.78	
5	700	1.01		482.10	485.84	
Ukupni specifični otpor krivina				w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$		0.52
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{m/L1}$ [‰]	$i_{m/L2}$ [‰]	$i_{m/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(1)i} \times L_{ti}$
Bogočin	597.03	21.17	24.33	21.78	1.78	1063.44
Mačija greda	568.04	21.17	24.33	21.60	1.60	907.51
Ukupni specifični otpor tunela				w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L =$		0.32
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu				w_p [daN/t] = $w_u + w_r + w_t$		21

Tablica 21. Otpori pruge – V3DI

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku				L [m]		4097.14
Otpor nagiba				w_u [daN/t] = i_p [‰]		20.00
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$		d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$	
2	700	1.01		466.08	469.69	
3	700	1.01		740.94	746.69	
4	700	1.01		524.38	528.44	
Ukupni specifični otpor krivina				w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$		0.43
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{mt/L1}$ [‰]	$i_{mt/L2}$ [‰]	$i_{mt/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(ti)} \times L_{ti}$
-	-	-	-	-	-	-
Ukupni specifični otpor tunela				w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L$		0.00
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu				w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$		21

4.5. Dopuštene brzine vlakova

U varijantama 1 i 3 cijelom duljinom trase postignuta je brzina vožnje od 120 km/h, osim u području kolodvora Unešić gdje je ograničena na 65 km/h, kao i na postojećoj pruzi. Prosječna brzina na trasi varijante 1 i 3 iznosi 116 km/h. Varijanta 2 nakon kolodvora Unešić položena je uz primjenu dvije krivine radijusa R500, što rezultira smanjenjem brzine vlakova tog segmenta na 100 km/h. Segment na kojoj je brzina ograničena na 100 km/h je duljine 4.13 km i ima utjecaj na smanjenje prosječne brzine, koja na ovoj varijanti iznosi 109 km/h.

Tablica 22. Dopuštene brzine vlakova - V1DI

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+825.08	825.08	53,630.2	
2	120	0+825.08	11+172.94	10,347.86	1,241,743.2	
Suma					1,295,373.4	11,172.94
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					116	

Tablica 23. Dopuštene brzine vlakova – V2DI

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+825.08	825.08	53,630.2	
2	100	0+825.08	4+956.12	4,131.04	413,104	
3	120	4+956.12	11+302.59	6,346.47	7,615,76.4	
Suma					1,228,310.6	11,302.59
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					109	

Tablica 24. Dopuštene brzine vlakova – V3DI

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+825.09	825.08	53,630.2	
2	120	0+825.08	12+784.15	11,959.07	1,435,088.4	
Suma					1,488,718.6	12,784.15
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					116	

4.6. Procjena troškova investicije

Dionici I u svim svojim varijantama najveći udio ukupnog troška čini trošak izgradnje donjeg ustroja. Razlog tome je zadržavanje tlocrtnog pružanja i nagiba svih postojećih kolosijeka u kolodvorima koji nam uvjetuju slobodu manipuliranja trasom i izbjegavanja planinskog terena. Kako planinski teren nije bilo moguće izbjeći, značajan trošak svih varijanti biti će i objekti na pruzi.

Varijanta 1 za drugi najveći trošak ima trošak izgradnje tunela. Trošak izgradnje tunela iznosi 11 mil eura, te zajedno s troškom izgradnje vijadukata koji iznose 7.11 mil eura čine 25% ukupnih troškova. Iako se u varijanti 1 nastojalo voditi trasu blizu postojećoj, izmicanja osi do kojih je došlo uslijed povećanja radijusa horizontalnih krivina velikim udjelom bi završila u građevinsko-ruralnom području. Takva područja imaju visoku cijenu otkupa zemljišta i često zahtijevaju izgradnju zidova za zaštitu od buke zbog blizine stambenih objekata. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 1 iznose 73.34 mil eura.

Varijanta 2 za drugi najveći trošak ima trošak izgradnje tunela. Trošak izgradnje tunela iznosi 11 mil eura, te zajedno s troškom izgradnje vijadukata koji iznose 10.11 mil eura čine 30% ukupnih troškova. Značajan udio troškova predstavljaju željezničko-cestovni prijelazi (6.22 mil eura) kojih na ovoj varijanti imamo šest. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 2 iznose 70.30 mil eura.

Varijanta 3 za drugi najveći trošak ima trošak izgradnje vijadukata. Trošak izgradnje vijadukata iznosi 25.19 mil eura, te zajedno s troškom izgradnje tunela koji iznose 4.70 mil eura čine 29% ukupnih troškova. Zbog zaobilaženja naseljenog područja kod vođenja trase došlo je do povećanja ukupne duljine pruge, a samim tim i svih popratnih troškova. Značajan udio troškova predstavljaju željezničko-cestovni prijelazi (8.84 mil eura) kojih na ovoj varijanti imamo čak devet. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 3 iznose 102.40 mil eura.

Tablica 25. Procjena troškova investicije - V1DI

Rd.br.	Stavka	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	11.17	0.87	9.72
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	4.73	1.31	6.20
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	2.15	2.99	6.43
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.86	5.06	4.35
3.	PRUGA U KOLODVORU UNEŠIĆ				
3.1	Gornji ustroj	km kolosijeka	2.39	0.67	1.60
3.2	Skretnice	kom	7	0.08	0.56
3.3	Peroni i pristupi peronima	m2	795	0.01	7.95
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Vijadukt "VIŠIĆI"	km pruge	0.38	8.37	3.18
4.2	Vijadukt "GALIĆI"	km pruge	0.47	8.37	3.93
5.	TUNELI				
5.1	Tunel "BOGOČIN"	km pruge	0.62	7.97	4.94
5.2	Tunel "MAČIJA GREDA"	km pruge	0.58	7.97	4.62
5.3	Tunel "GRADINA"	km pruge	0.18	7.97	1.43
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	4	1.20	4.80
6.2	U razini	kom	1	0.22	0.22
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Ilići	km zida	0.14	0.96	0.13
7.2	Višići	km zida	0.19	0.96	0.18
7.3	Ivančevići	km zida	0.25	0.96	0.24
7.4	Rešetine	km zida	0.32	0.96	0.31
7.5	Abramići	km zida	0.38	0.96	0.36
7.6	Unešić	km zida	0.35	0.96	0.34
7.7	Matetići	km zida	0.50	0.96	0.48
8.	UREDAJI				
8.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	11.17	0.14	1.56
8.2	Telekomunikacijski	km pruge	11.17	0.03	0.34
8.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	11.17	0.01	0.11
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0.07	60.56	4.41
9.2	Oranice	km2	0.03	3.80	0.10
9.3	Livade	km2	0.02	1.52	0.03
9.4	Pašnjaci	km2	0.00	0.95	0.00
10.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			2.74
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			2.06
Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova					
Stavka					[mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE				9.72
2.	DONJI USTROJ				16.98
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU				10.11
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				7.11
5.	TUNELI				11.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				5.02
7.	ZAŠTITA OD BUKE				2.04
8.	UREDAJI				2.01
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				4.54
10.	PROJEKTIRANJE				2.74
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE				2.06
UKUPNO [mil HRK]					73.34

Tablica 26. Procjena troškova investicije – V2DI

Red.br.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	11.30	0.87	9.83
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	5.31	1.31	6.96
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	2.33	2.99	6.96
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	1.12	5.06	5.68
3.	PRUGA U KOLODVORU UNEŠIĆ				
3.1	Gornji ustroj	km kolosijeka	2.39	0.67	1.60
3.2	Skretnice	kom	7	0.08	0.56
3.3	Peroni i pristupi peronima	m2	795	0.01	7.95
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Vijadukt "GALIĆI"	km pruge	0.34	8.37	2.85
5.	TUNELI				
5.1	Tunel "BOGOČIN"	km pruge	0.60	7.97	4.78
5.2	Tunel "MAČIJA GREDA"	km pruge	0.57	7.97	4.54
5.3	Tunel "GRADINA"	km pruge	0.21	7.97	1.67
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	5	1.20	6.00
6.2	U razini	kom	1	0.22	0.22
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Matetići	km zida	0.17	0.96	0.16
7.2	Unešić	km zida	0.33	0.96	0.31
7.3	Ivaniševići	km zida	0.18	0.96	0.17
7.4	Abramići	km zida	0.11	0.96	0.10
7.5	Rešetine	km zida	0.29	0.96	0.28
7.6	Ivančevići	km zida	0.15	0.96	0.14
7.7	Galići	km zida	0.13	0.96	0.13
7.8	Tušlovići	km zida	0.25	0.96	0.24
7.9	Višići	km zida	0.10	0.96	0.10
7.10	Seralije	km zida	0.12	0.96	0.11
7.11	Ilići	km zida	0.15	0.96	0.14
8.	UREĐAJI				
8.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	11.30	0.14	1.58
8.2	Telekomunikacijski	km pruge	11.30	0.03	0.34
8.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	11.30	0.01	0.11
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0.03	60.56	1.84
9.2	Oranice	km2	0.09	3.80	0.32
9.3	Livade	km2	0.00	1.52	0.00
9.4	Pašnjaci	km2	0.00	0.95	0.00
10.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			2.63
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			1.97
Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova					
Stavka					[mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE				9.83
2.	DONJI USTROJ				19.60
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU				10.11
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				2.85
5.	TUNELI				11.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				6.22
7.	ZAŠTITA OD BUKE				1.88
8.	UREĐAJI				2.03
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				2.17
10.	PROJEKTIRANJE				2.63
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE				1.97
UKUPNO [mil HRK]					70.30

Diplomant: Duje Zubanović, 0083217554

Diplomski rad iz kolegija: Projektiranje i građenje željeznica

Akademska godina: 2022. / 2023.

Tablica 27. Procjena troškova investicije – V3DI

Red.br.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	12.78	0.87	11.12
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	1,94	1,31	2,54
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	3,41	2,99	10,19
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	3,02	5,06	15,29
3.	PRUGA U KOLODVORU UNEŠIĆ				
3.1	Gornji ustroj	km kolosijeka	2,39	0,67	1,60
3.2	Skretnice	kom	7	0,08	0,56
3.3	Peroni i pristupi peronima	m2	795	0,01	7,95
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Vijadukt "ŠUŠNJARI"	km pruge	1,64	8,37	13,73
4.2	Vijadukt "SERALIJE"	km pruge	0,16	8,37	1,34
4.3	Vijadukt "ŠKRAPIČI"	km pruge	1,21	8,37	10,13
5.	TUNELI				
5.1	Tunel "JURJEVIĆI"	km pruge	0,59	7,97	4,70
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	7	1,20	8,40
6.2	U razini	kom	2	0,22	0,44
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Matetići	km zida	0,17	0,96	0,16
7.2	Unešić	km zida	0,33	0,96	0,31
7.3	Ivaniševići	km zida	0,18	0,96	0,17
7.4	Abramići	km zida	0,11	0,96	0,10
7.5	Rešetine	km zida	0,29	0,96	0,28
7.6	Janjoši	km zida	0,33	0,96	0,32
7.7	Pučo	km zida	0,09	0,96	0,09
8.	UREĐAJI				
8.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	12,78	0,14	1,79
8.2	Telekomunikacijski	km pruge	12,78	0,03	0,38
8.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	12,78	0,01	0,13
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0,06	60,56	3,50
9.2	Oranice	km2	0,10	3,80	0,39
9.3	Livade	km2	0,05	1,52	0,08
9.4	Pašnjaci	km2	0,01	0,95	0,01
10.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			3,83
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			2,87
Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova					
Stavka					[mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE				11,12
2.	DONJI USTROJ				28,02
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU				10,11
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				25,19
5.	TUNELI				4,70
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				8,84
7.	ZAŠTITA OD BUKE				1,43
8.	UREĐAJI				2,30
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				3,98
10.	PROJEKTIRANJE				3,83
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE				2,87
UKUPNO [mil HRK]					102,40

5. Tehničke karakteristike i parametri vrednovanja Dionice II

U ovom poglavlju opisat će se i usporediti tri razrađena rješenja (varijante) za povećanje brzine, a time i razine usluge na dionici pruge II M604 Perković (uključivo) – Primorski Dolac (uključivo). U poglavlju će biti opisani horizontalni i vertikalni elementi pripadajućim objektima na dionici. Opisat će se otpori pruge, prosječne projektirane brzine i procijenjeni investicijski troškovi za svaku varijantu.

5.1. Horizontalni elementi

Horizontalno pružanje trase prikazano je na sljedećim nacrtima:

- 2.1.2. Situacija pruge varijantnog rješenja 1 - Dionica II: Perković (uključivo) – Primorski Dolac (uključivo)
- 2.2.2. Situacija pruge varijantnog rješenja 2 - Dionica II: Perković (uključivo) – Primorski Dolac (uključivo)
- 2.3.2. Situacija pruge varijantnog rješenja 3 - Dionica II: Perković (uključivo) – Primorski Dolac (uključivo)

Varijanta 1 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz minimalno izmještanje dijelova trase u odnosu na postojeću prugu. Cilj ovakvog vođenja trase je smanjivanje broja horizontalnih krivina i povećavanje polumjera krivina na najmanje 500 m u području kolodvora, te 700 m na otvorenoj trasi zbog postizanja brzine od 120 km/h na što većem dijelu trase. Os varijante 1 cijelom svojom duljinom prati postojeću prugu. Svako izmicanje rezultat je korištenja pravaca u područjima gdje postojeća pruga ima velik broj malih krivina ili korištenje nešto većih radijusa polumjera u odnosu na postojeću zbog postizanja većih brzina. Tlocrtno je nastojano da se izbjegnu dodatni cestovno-željeznički prijelazi, te da se zadrži pozicija postojećih. Postignuto je pozicioniranje prvog cestovno-željezničkog prijelaza na točnoj lokaciji postojećeg, dok drugi cestovno-željeznički prijelaz je izmaknut za svega 50 m. Os trase u varijanti 1 je u konačnici položena uz primjenu šest horizontalnih krivina od kojih jedna R900, tri R700 i dvije R500. Prva krivina R500 položena je u području kolodvora Perković koja se zadržava u postojećem iznosu i smjeru pružanja (Tablica 28). Druga krivina R500 položena je pred kraj trase neposredno pred kolodvorom Primorski Dolac. 27 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Nastojanje za praćenjem postojeće pruge, pa posljedično tome i polaganje velikog broja horizontalnih krivina veće duljine rezultiralo je velikom zakrivljenošću trase (Tablica 29).

Tablica 28. Primijenjeni horizontalni elementi - V1DII

Odabrane vrijednosti	Krivina 1,6	Krivina 2	Krivina 3,4,5
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	65	138	121
Projektirana brzina Vp	65	120	120
Odabrani polumjer Rod [m]	500	900	700
Normalno nadvišenje hnor [mm]	0	114	146
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	0	115	145
Nagib rampe nadvišenja n	0	1200	1200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	0	138	174
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	0	140	180

Tablica 29. Zakrivljenost - V1DII

Varijanta 1	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge [m]
1	500	279.93	139,965	
2	900	67.71	60,939	
3	700	404.78	283,346	
4	700	720.33	504,231	
5	700	325.8	228,060	
6	500	380.52	190,260	
Suma			1,406,801	8,098.49
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			174	

Varijanta 2 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz potpuno napuštanje postojeće pruge. Ovakvo vođenje trase na svom početku je za cilj imalo izmicanje od brda Trovra, te potencijalno smanjenje duljine tunela ili veličine usjeka. U nastavku trase bilo je potrebno položiti trasu između dvaju naseljenih područja sve do kolodvora Primorski Dolac. Prioritet varijante 2 je osim postizanja većih brzina na trasi bilo i smanjivanje ukupne zakrivljenosti trase. Zbog toga se polaganje trase vršilo uz što veću primjenu pravaca i smanjivanje broja horizontalnih krivina. Os trase varijante 2 položena je uz primjenu četiri različite horizontalne krivine (R500, R700, R1500 i R900). Krivina radijusa R500 je u području kolodvora Perković, te se zadržava u postojećem iznosu i smjeru pružanja (Tablica 30). 17 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Manji broj horizontalnih krivina rezultirao je smanjenom zakrivljenošću trase (Tablica 31).

Tablica 30. Primijenjeni horizontalni elementi – V2DII

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2	Krivina 3	Krivina 4
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	65	121	178	138
Projektirana brzina Vp	65	120	120	120
Odabrani polumjer Rod [m]	500	700	1500	900
Normalno nadvišenje hnor [mm]	0	146	68	114
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	0	145	70	115
Nagib rampe nadvišenja n	0	1,200	1,200	1,200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	0	174	84	138
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	0	180	85	140

Tablica 31. Zakrivljenost - V2DII

Varijanta 2	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge [m]
1	500	279.92	139,960	
2	700	874.49	612,143	
3	1500	163	244,500	
4	900	89.89	80,901	
Suma			1,077,504	8,137.27
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			132	

Varijanta 3 u idejnom rješenju tlocrtno je vođena uz nešto veće izmještanje osi pruge u odnosu na postojeću prugu. Prioritet varijante 3 je osim postizanja većih brzina na trasi bilo i smanjivanje ukupne zakrivljenosti trase. Zbog toga se polaganje trase vršilo uz što veću primjenu pravaca i smanjivanje broja horizontalnih krivina. Varijanta 3 na svom početku ne prati postojeću trasu, već nastoji proći brdo Trovra u što kraćoj dionici. Rezultat takvog načina polaganja trase bio je smanjenje duljine tunela na tom području kao i smanjenje ukupne duljine trase. U nastavku varijanta 3 je tlocrtno je vođena uz minimalno izmještanje dijelova trase u odnosu na postojeću prugu. Os trase varijante 3 položena je uz primjenu pet horizontalnih krivina od kojih su sve R700 osim jedne R500 u području kolodvora Perković koja se zadržava u postojećem iznosu i smjeru pružanja (Tablica 32). 27 % čitave duljine dionice položeno je u horizontalnim krivinama. Manji broj horizontalnih krivina, ali na kraćoj duljini dionice rezultirao je većom zakrivljenošću trase. (Tablica 33).

Tablica 32. Primijenjeni horizontalni elementi – V3DII

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2,3,4,5
Maksimalna brzina Vmax [km/h]	65	121
Projektirana brzina Vp	65	120
Odabrani polumjer Rod [m]	500	700
Normalno nadvišenje hnor [mm]	0	146
Odabrano normalno nadvišenje hnor,od [mm]	0	145
Nagib rampe nadvišenja n	0	1,200
Minimalna duljina prijelaznice Lmin [m]	0	174
Odabrana duljina prijelaznice Lmin,od [m]	0	180

Tablica 33. Zakrivljenost – V3DII

Varijanta 1	Polumjer R [m]	Duljina luka D [m]	R x D	Duljina pruge [m]
1	500	279.93	139,965	
2	700	91.14	63,798	
3	700	876.89	613,823	
4	700	421.23	294,861	
5	700	439.64	307,748	
Suma			1,420,195	7,781.63
Zakrivljenost = suma / duljina pruge			183	

5.2. Vertikalni elementi

Vertikalno pružanje trase prikazano je na sljedećim nacrtima:

- 3.1. Uzdužni profil varijantnih rješenja dionice 1 (od kolodvora Unešić do kolodvora Perković)
- 3.2. Uzdužni profil varijantnih rješenja dionice 2 (od kolodvora Perković do kolodvora Primorski Dolac)

Niveleta varijante 1 se sastoji od pet segmenata i tri različita uzdužna nagiba (0‰,5‰,8.13‰). U maksimalnom uzdužnom nagibu varijante od 8.13‰ nalazi se 52 % trase. Teren dionice II je manje zahtjevan nego na dionici I, pa je polaganje trase u vertikalnom smislu bilo moguće izvesti primjenom manjih uzdužnih nagiba. Prijelomi nivelete varijante 1 izvedeni su uz primjenu četiri vertikalne krivine radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su dvije konkavne i dvije konveksne.

Niveleta varijante 2 se sastoji od šest segmenata i četiri različita uzdužna nagiba (0‰,3.5‰,5‰,10‰). 51 % trase nalazi u uzdužnom nagibu od 10 ‰. Nakon navedenog pada slijedi blagi uspon od 3.5‰ prema kolodvoru Primorski Dolac. Između spomenutih segmenta položen je horizontalni odsječak u duljini od 477 m. Teren dionice II je manje zahtjevan nego na dionici I, pa je polaganje trase u vertikalnom smislu bilo moguće izvesti primjenom manjih uzdužnih nagiba. Prijelomi nivelete varijante 2 izvedeni su uz primjenu pet vertikalnih krivina

radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su tri konkavne i dvije konveksne.

Niveleta varijante 3 se sastoji od pet segmenata i tri različita uzdužna nagiba (0‰,5‰,8.73‰). U maksimalnom uzdužnom nagibu varijante od 8.73‰ nalazi se 54 % trase. Teren dionice II je manje zahtjevan nego na dionici I, pa je polaganje trase u vertikalnom smislu bilo moguće izvesti primjenom manjih uzdužnih nagiba. Visinske razlike između kolodvora Perković i Primorski Dolac se savladavaju na kraćoj duljini pruge, pa je stoga maksimalni nagib na dionici nešto veći. Prijelomi nivelete varijante 3 izvedeni su uz primjenu četiri vertikalne krivine radijusa 15000 m (za postizanje brzine od 120 km/h), od kojih su dvije konkavne i dvije konveksne.

5.3. Objekti na trasi

Na Varijanti 1 nalaze se dva križanja trase pruge s cestama, od kojih je jedno izvan razine i jedno u razini. Cestovni nadvožnjak NC nalazi se nakon izlaza iz tunela Mravinica, dok željezničko cestovni prijelaz u razini L67020 (lokalna cesta) se nalazi pred kolodvorom Primorski Dolac. Od ostalih objekata na trasi, u ovoj su varijanti predviđen je samo jedan tunel dužine 3.89 km. Navedeni objekt je pozicioniran u prvoj polovici dionice gdje trasa varijante 1 nailazi na brdo Trovra.

Tablica 34. Vrste križanja i stacionaže - V1DII

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI NADVOŽNJAK, NC	5+760.94
2	ŽCP, LC 67020	6+677.91

Tablica 35. Objekti na trasi - V1DII

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA
Kolodvor	Perković	0+000.00	0+934.54	934.54
Otvorena trasa		0+934.54	1+237.81	303.27
Tunel	Mravinica	1+237.81	5+127.35	3,889.55
Otvorena trasa		5+127.35	7+594.12	2,466.77
Kolodvor	Primorski Dolac	7+594.12	8+098.49	504.37
			Σ	8,098.50

Na Varijanti 2 nalazi se samo jedno križanje trase pruge s cestom. Riječ je o cestovnom podvožnjaku LC 65071 koji predstavlja raskrižje pruge i lokalne ceste, te se nalazi pred kolodvorom Primorski Dolac. Od ostalih objekata na trasi, u ovoj su varijanti predviđen je samo jedan tunel dužine 3.42 km. Navedeni objekt je pozicioniran u prvoj polovici dionice gdje trasa varijante 2 nailazi na brdo Trovra.

Tablica 36. Vrste križanja i stacionaže – V2DII

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI PODVOŽNJAK, LC 65071	7+084.85

Tablica 37. Objekti na trasi - V2DII

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA
Kolodvor	Perković	0+000.00	0+934.54	934.54
Otvorena trasa		0+934.54	1+204.21	269.67
Tunel	Mravinica	1+204.21	4+621.88	3,417.67
Otvorena trasa		4+621.88	7+632.90	3,011.02
Kolodvor	Primorski Dolac	7+632.90	8+137.27	504.37
			Σ	8,137.27

Na Varijanti 3 nalaze se dva križanja trase pruge s cestama, od kojih je jedan cestovni nadvožnjak, a drugi cestovni podvožnjak. Cestovni nadvožnjak NC nalazi se nakon izlaza iz tunela Mravinica, dok cestovni podvožnjak L65071 (lokalna cesta) se nalazi pred kolodvorom Primorski Dolac. Od ostalih objekata na trasi, u ovoj su varijanti predviđen je samo jedan tunel dužine 3.41 km. Navedeni objekt je pozicioniran u prvoj polovici dionice gdje trasa varijante 3 nailazi na brdo Trovra.

Tablica 38. Vrste križanja i stacionaže - V3DII

Rd.br.	OPIS	STACIONAŽA
1	CESTOVNI NADVOŽNJAK, NC	5+387.77
2	CESTOVNI PODVOŽNJAK, LC 65071	6+318.26

Tablica 39. Objekti na trasi - V3DII

VRSTA KORIDORA	NAZIV	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA
Kolodvor	Perković	0+000.00	0+934.54	934.54
Otvorena trasa		0+934.54	1+204.29	269.75
Tunel	Trov	1+204.29	4+609.79	3,405.50
Otvorena trasa		4+609.79	7+277.26	2,667.47
Kolodvor	Primorski Dolac	7+277.26	7+781.63	504.37
			Σ	7,781.63

5.4. Otpori pruge

Sve tri varijante imaju približno jednaku duljinu segmenta s kritičnim otporom, no mjerodavni usponi variraju (8.13‰, 8.73‰ i 10‰). Sve tri varijante sadrže tunele približno jednake duljine, s jednakim brojem horizontalnih krivina u kritičnom segmentu i jednakih radijusa horizontalnih krivina R700 (osim jedne krivine R1500 u varijanti 2). Glavna razlika varijanti je u uzdužnom nagibu. Iz tog razloga varijanta 1 s uzdužnim nagibom 8.13‰ ima i najmanji ukupni specifični

otpor pruge iznosa 12 daN/t. Varijanta 3 s uzdužnim nagibom 8.73‰ ima ukupni specifični otpor pruge iznosa 13 daN/t, dok varijanta 2 s uzdužnim nagibom 10‰ ima najveći ukupni specifični otpor pruge iznosa 14 daN/t. Dobiveni rezultati sadrže znatno manje iznose specifični otpor pruge od postojećih 28 daN/t.

Tablica 40. Otpori pruge – V1DII

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku			L [m]	4246.13		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	8.13		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
4	700	1.01	900.33	907.31		
5	700	1.01	505.80	509.72		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.33		
TUNEL	L_{ii} [m]	$i_{m/L1}$ [‰]	$i_{m/L2}$ [‰]	$i_{m/Lii}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(ii)} \times L_{ii}$
Mravinica	2601.50	12.83	13.32	13.12	5.00	12998.33
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ii}) / L$	3.06		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	12.00		

Tablica 41. Otpori pruge – V2DII

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku			L [m]	4182.11		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	10.00		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
2	700	1.01	1054.49	1062.66		
3	1500	0.45	248.00	111.56		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.28		
TUNEL	L_{ii} [m]	$i_{m/L1}$ [‰]	$i_{m/L2}$ [‰]	$i_{m/Lii}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(ii)} \times L_{ii}$
Mravinica	2578.82	15.39	15.88	15.68	5.68	14636.42
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ii}) / L$	3.50		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	14.00		

Tablica 42. Otpori pruge – V3DII

Duljina segmenta s najvećim usponom na međukolodvorskom razmaku			L [m]	4176.96		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	8.73		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
3	700	1.01	1056.89	1065.09		
4	700	1.01	601.23	605.89		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.40		
TUNEL	L_{ii} [m]	$i_{m/L1}$ [‰]	$i_{m/L2}$ [‰]	$i_{m/Lii}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(ii)} \times L_{ii}$
Trov	2550.34	13.69	14.18	13.94	5.22	13302.81
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ii}) / L$	3.18		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	13.00		

5.5. Dopuštene brzine vlakova

U varijantama 2 i 3 cijelom duljinom trase postignuta je brzina vožnje od 120 km/h, osim u područjima kolodvora Perković i Primorski Dolac gdje je ograničena na 65 km/h. Prosječna brzina na trasi varijante 2 i 3 iznosi 110 km/h. Varijanta 1 je prije kolodvora Primorski Dolac položena uz primjenu krivine radijusa R500, što rezultira dužim segmentom s ograničenjem brzine od 65 km/h. Ta činjenica ima utjecaj na smanjenje prosječne brzine, koja u ovoj varijanti iznosi 103 km/h.

Tablica 43. Dopuštene brzine vlakova – V1DII

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+934.54	934.54	60,745.1	
2	120	0+934.54	6+557.50	5622.96	674,755.2	
3	65	6+557.50	8+048.49	1540.99	100,164.35	
Suma					835,664.65	8,098.49
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					103	

Tablica 44. Dopuštene brzine vlakova – V2DII

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+934.54	934.54	60,745.1	
2	120	0+934.54	7+632.90	6698.36	803,803.2	
3	65	7+632.90	8+137.27	504.37	327,84.05	
Suma					897,332.35	8,137.27
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					110	

Tablica 45. Dopuštene brzine vlakova – V3DII

RdBr.	Brzina V [km/h]	Od stacionaže	Do stacionaže	Duljina S [m]	V x S	Duljina pruge [m]
1	65	0+000.00	0+934.54	934.54	60,745.1	
2	120	0+934.54	7+277.26	6342.72	761,126.4	
3	65	7+277.26	7+781.63	504.37	32,784.05	
Suma					854,655.55	7,781.63
Prosječna brzina = suma / duljina pruge					110	

5.6. Procjena troškova investicije

Dionici II u svim svojim varijantama najveći udio ukupnog troška čini trošak izgradnje tunela. Na ovoj relativno kratkoj dionici tunel se u svim varijantama proteže na oko 40% pruge. Razlog tome je zadržavanje tlocrtnog pružanja i nagiba svih postojećih kolosijeka u kolodvorima koji nam uvjetuju slobodu manipuliranja trasom i izbjegavanja brda Trovra. Drugi najveći trošak je pruga u kolodvoru koja iznosi 18.34 mil eura i jednaka je za sve varijante.

Trošak izgradnje tunela varijante 1 iznosi 31 mil eura što čini 42% ukupnih troškova investicije. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 1 iznose 73.22 mil eura.

Trošak izgradnje tunela varijante 2 iznosi 27.26 mil eura što čini 40% ukupnih troškova investicije. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 2 iznose 68.94 mil eura.

Trošak izgradnje tunela varijante 3 iznosi 27.18 mil eura što čini 39% ukupnih troškova investicije. Računajući sve potrebne troškove gradnje, investicijski troškovi varijante 3 iznose 70.30 mil eura.

Tablica 46. Procjena troškova investicije - V1DII

Red.br.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	8.10	0.87	7.05
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	1.93	1.31	2.53
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	0.25	2.99	0.75
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.59	5.06	2.99
3.a	PRUGA U KOLODVORU PERKOVIĆ				
3.1a	Gornji ustroj	km kolosijeka	4.12	0.67	2.76
3.2a	Skretnice	kom	15	0.08	1.20
3.3a	Peroni i pristupi peronima	m2	1,438	0.01	14.38
3.b	PRUGA U KOLODVORU PRIMORSKI DOLAC				
3.1b	Gornji ustroj	km kolosijeka	0.95	0.67	0.64
3.2b	Skretnice	kom	4	0.08	0.32
3.3b	Peroni i pristupi peronima	m2	437	0.01	4.37
4.	TUNELI				
4.1	Tunel "MRAVINICA"	km pruge	3.89	7.97	31.00
5.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
5.1	Denivelirani	kom	1	1.20	1.20
5.2	U razini	kom	1	0.22	0.22
6.	ZAŠTITA OD BUKE				
6.1	Sitno Donje	km zida	0.34	0.96	0.33
6.2	Jakelići	km zida	0.55	0.96	0.53
6.3	Perković	km zida	0.15	0.96	0.14
6.4	Balovi	km zida	0.16	0.96	0.15
6.5	Gnojak	km zida	0.29	0.96	0.28
6.6	Primorski Dolac	km zida	0.26	0.96	0.25
6.7	Stojaci	km zida	0.24	0.96	0.23
7.	UREĐAJI				
7.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	8.10	0.14	1.13
7.2	Telekomunikacijski	km pruge	8.10	0.03	0.24
7.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	8.10	0.01	0.08
8.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
8.1	Građevinsko ruralno	km2	0.02	60.56	0.96
8.2	Oranice	km2	0.01	3.80	0.02
8.3	Livade	km2	0.01	1.52	0.01
8.4	Pašnjaci	km2	0.00	0.95	0.00
9.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			2.74
10.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			2.05

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova

Stavka	[mil EUR]	
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	7.05
2.	DONJI USTROJ	6.26
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU	18.34
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI	0.00
5.	TUNELI	31.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	1.42
7.	ZAŠTITA OD BUKE	1.91
8.	UREĐAJI	1.46
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA	1.00
10.	PROJEKTIRANJE	2.74
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	2.05
UKUPNO [mil HRK]		73.22

Tablica 47. Procjena troškova investicije – V2DII

Red.br.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	8.14	0.87	7.08
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	1.89	1.31	2.48
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	1.20	2.99	3.60
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.18	5.06	0.93
3.a	PRUGA U KOLODVORU PERKOVIĆ				
3.1a	Gornji ustroj	km kolosijeka	4.12	0.67	2.76
3.2a	Skretnice	kom	15	0.08	1.20
3.3a	Peroni i pristupi peronima	m2	1,438	0.01	14.38
3.b	PRUGA U KOLODVORU PRIMORSKI DOLAC				
3.1b	Gornji ustroj	km kolosijeka	0.95	0.67	0.64
3.2b	Skretnice	kom	4	0.08	0.32
3.3b	Peroni i pristupi peronima	m2	437	0.01	4.37
4.	TUNELI				
4.1	Tunel "MRAVINICA"	km pruge	3.42	7.97	27.26
5.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
5.1	Denivelirani	kom	1	1.20	1.20
5.2	U razini	kom	0	0.22	0.00
6.	ZAŠTITA OD BUKE				
6.1	Sitno Donje	km zida	0.35	0.96	0.33
6.2	Jakelići	km zida	0.54	0.96	0.52
6.3	Perković	km zida	0.11	0.96	0.11
6.4	Primorski Dolac	km zida	0.28	0.96	0.27
6.5	Stojaci	km zida	0.22	0.96	0.21
7.	UREĐAJI				
7.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	8.14	0.14	1.14
7.2	Telekomunikacijski	km pruge	8.14	0.03	0.24
7.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	8.14	0.01	0.08
8.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
8.1	Građevinsko ruralno	km2	0.01	60.56	0.49
8.2	Oranice	km2	0.04	3.80	0.14
8.3	Livade	km2	0.00	1.52	0.00
8.4	Pašnjaci	km2	0.01	0.95	0.01
9.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			2.58
10.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			1.93
Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova					
Stavka					[mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE				7.08
2.	DONJI USTROJ				7.01
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU				18.34
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				0.00
5.	TUNELI				27.26
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				1.20
7.	ZAŠTITA OD BUKE				1.44
8.	UREĐAJI				1.47
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				0.64
10.	PROJEKTIRANJE				2.58
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE				1.93
UKUPNO [mil HRK]					68,94

Tablica 48. Procjena troškova investicije – V3DII

Red.br.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	7.78	0.87	6.77
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	1.43	1.31	1.87
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	0.75	2.99	2.23
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.75	5.06	3.78
3.a	PRUGA U KOLODVORU PERKOVIĆ				
3.1a	Gornji ustroj	km kolosijeka	4.12	0.67	2.76
3.2a	Skretnice	kom	15	0.08	1.20
3.3a	Peroni i pristupi peronima	m2	1,438	0.01	14.38
3.b	PRUGA U KOLODVORU PRIMORSKI DOLAC				
3.1b	Gornji ustroj	km kolosijeka	0.95	0.67	0.64
3.2b	Skretnice	kom	4	0.08	0.32
3.3b	Peroni i pristupi peronima	m2	437	0.01	4.37
4.	TUNELI				
4.1	Tunel "TROV"	km pruge	3.41	7.97	27.18
5.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
5.1	Denivelirani	kom	2	1.20	2.40
5.2	U razini	kom	0	0.22	0.00
6.	ZAŠTITA OD BUKE				
6.1	Sitno Donje	km zida	0.35	0.96	0.33
6.2	Jakelići	km zida	0.54	0.96	0.52
6.3	Perković	km zida	0.11	0.96	0.11
6.4	Balovi	km zida	0.15	0.96	0.14
6.5	Primorski Dolac	km zida	0.28	0.96	0.27
6.6	Stojaci	km zida	0.22	0.96	0.21
7.	UREĐAJI				
7.1	Signalno-sigurnosni	km pruge	7.78	0.14	1.09
7.2	Telekomunikacijski	km pruge	7.78	0.03	0.23
7.3	Središnje upravljanje prometom	km pruge	7.78	0.01	0.08
8.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
8.1	Građevinsko ruralno	km2	0.00	60.56	0.00
8.2	Oranice	km2	0.04	3.80	0.13
8.3	Livade	km2	0.00	1.52	0.00
8.4	Pašnjaci	km2	0.02	0.95	0.02
9.	PROJEKTIRANJE	4% ukupnih troškova			2.63
10.	NADZOR I SAVJETOVANJE	3% ukupnih troškova			1.97

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova

Stavka	[mil EUR]	
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	6.77
2.	DONJI USTROJ	7.89
3.	PRUGA U KOLODVORU I STAJALIŠTU	18.34
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI	0.00
5.	TUNELI	27.18
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	2.40
7.	ZAŠTITA OD BUKE	1.58
8.	UREĐAJI	1.40
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA	0.15
10.	PROJEKTIRANJE	2.63
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	1.97
UKUPNO [mil HRK]	70.30	

6. Zaključak

U diplomskom radu analizirana dionica pruge M604 Unešić – Perković – Primorski Dolac je radi jednostavnije razrade rješenja podijeljena na dvije dionice: dionicu I (od ulazne skretnice kolodvora Unešić do ulazne skretnice kolodvora Perković) i dionicu II (od ulazne skretnice kolodvora Perković do izlazne skretnice Primorski Dolac). Situacijski i visinski položaj kolodvora Unešić, Perković i Primorski Dolac zadržao se u postojećem stanju, dok su prilikom izrade rješenja trase postojeća stajališta ukinuta. Pri izradi varijantnih rješenja pruge između kolodvora vodilo se računa da se ispune tehničko-tehnološki uvjeti propisani za modernizaciju ove kategorije pruge TEN-a za mješovit promet kategorije VII-M.

Sve tri varijante za cilj imaju postizanje zadane brzine od 120 km/h na što dužem dijelu dionice. Kako bi se ispunio taj zahtjev primijenjeni polumjer horizontalnih krivina u području kolodvora iznosi R500, dok na području otvorene trase iznosi minimalno R700. Prilikom polaganja trase varijante 1 ispunjavanje projektnog zadatka izvodi se blagim odstupanjem nove trase od postojeće, kod varijante 2 isti zadatak ispunjava se većim odstupanjem nove trase, dok se kod varijante 3 izvodi alternativno pružanje trase koje jako odstupa od postojeće.

Nakon polaganja trasi dionica u tri varijante u horizontalnom, vertikalnom i poprečnom smislu, pristupilo se usporedbi svih triju rješenja za obje dionice. Varijante trase su međusobno uspoređene i vrednovane prema primijenjenim tehničkim elementima, operativnim značajkama, udjelom objekata na trasi, te procijenjenim troškovima investicije. Sumarno su parametri evaluacije prikazani u tablicama 49 i 50. Usporedbom rezultata danih u tablicama, može se odrediti koji parametri su uspješno ili manje uspješno ispunili određene zahtjeve.

Tablica 49. Parametri evaluacije za dionicu I

Dionica I - Parametar		Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Elementi osi	Duljina dionice [km]	11.17	11.30	12.78
	Minimalni polumjer horizontalnog luka [m]	500.00	500.00	500.00
	Zakrivljenost trase [-]	211.00	126.00	177.00
	Najveći uzdužni nagib [mm/m]	20.00	20.00	20.00
	Duljina segmenta u najvećem uzdužnom nagibu [km]	4.81	6.08	4.10
Operativne značajke	Mjerodavni otpor na usponu [daN/t]	21.00	21.00	21.00
	Prosječna brzina [km/h]	116.00	109.00	116.00
Objekti na trasi	Križanja s drugim prometnicama u razini [broj]	1.00	1.00	2.00
	Križanja s drugim prometnicama van razine [broj]	4.00	5.00	7.00
	Udio objekata duž trase (mostova, tunela) [%]	21.63	16.36	30.02
Procijenjeni troškovi investicije [mil EUR]	Gornji ustroj otvorene pruge / remont pruge	9.72	9.83	11.12
	Donji ustroj	16.98	19.60	28.02
	Pruga u kolodvoru	10.11	10.11	10.11
	Mostovi i vijadukti	7.11	2.85	25.19
	Tuneli	11.00	11.00	4.70
	Križanja ceste i željeznice	5.02	6.22	8.84
	Zaštita od buke	2.04	1.88	1.43
	Uređaji (SS, TK, UP)	2.01	2.03	2.30
	Otkup zemljišta	4.54	2.17	3.98
	Projektiranje	2.74	2.63	3.83
	Nadzor i savjetovanje	2.06	1.97	2.87
	Ukupno [mil HRK]	73.34	70.30	102.40

Tablica 50. Parametri evaluacije za dionicu II

Dionica II - Parametar		Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Elementi osi	Duljina dionice [km]	8.10	8.14	7.78
	Minimalni polumjer horizontalnog luka [m]	500.00	500.00	500.00
	Zakrivljenost trase [-]	174.00	132.00	183.00
	Najveći uzdužni nagib [mm/m]	8.13	10.00	8.73
	Duljina segmenta u najvećem uzdužnom nagibu [km]	4.25	4.18	4.18
Operativne značajke	Mjerodavni otpor na usponu [daN/t]	12.00	14.00	13.00
	Prosječna brzina [km/h]	103.00	110.00	110.00
Objekti na trasi	Križanja s drugim prometnicama u razini [broj]	1.00	0.00	0.00
	Križanja s drugim prometnicama van razine [broj]	1.00	1.00	2.00
	Udio objekata duž trase (mostova, tunela) [%]	58.41	51.02	53.69
Procijenjeni troškovi investicije [mil EUR]	Gornji ustroj otvorene pruge / remont pruge	7.05	7.08	6.77
	Donji ustroj	6.26	7.01	7.89
	Pruga u kolodvoru	18.34	18.34	18.34
	Mostovi i vijadukti	0.00	0.00	0.00
	Tuneli	31.00	27.26	27.18
	Križanja ceste i željeznice	1.42	1.20	2.40
	Zaštita od buke	1.91	1.44	1.58
	Uređaji (SS, TK, UP)	1.46	1.47	1.40
	Otkup zemljišta	1.00	0.64	0.15
	Projektiranje	2.74	2.58	2.63
	Nadzor i savjetovanje	2.05	1.93	1.97
	Ukupno [mil HRK]	73.22	68.94	70.30

Usporedbom parametara evaluacije za varijante zaključeno je sljedeće.

Za dionicu I Varijanta 3 se nameće kao najlošije tehničko rješenje s kraćom duljinom segmenta u najvećem uzdužnom nagibu kao jedinom prednošću u odnosu na ostale varijante. Prosječnu brzinu od 116 km/h varijanta 1 postiže za gotovo 30 % manju cijenu i uz to je 10% kraća duljina dionice. Postave li se za glavni kriterij modernizacije navedenog dijela pruge troškovi izvedbe, varijanta 2 postiže najbolji rezultat. Ukoliko se prednost da uvjetima da na što duljem dijelu trasa omogućava vožnju vlakova brzinom od 120 km/h, a da sama pruga bude što kraća, varijanta 1 najbolje ispunjava takve zahtjeve.

Za dionicu II Varijanta 1 se nameće kao lošije tehničko rješenje s najmanjim maksimalnim uzdužnim nagibom i neznatno manjim otporom u usponu kao jedinim prednostima u odnosu na ostale varijante. Postave li se za glavni kriterij modernizacije navedenog dijela pruge troškovi izvedbe, varijanta 2 ponovno postiže najbolji rezultat. Ukoliko se u ovom slučaju prednost da uvjetima da na što duljem dijelu trasa omogućava vožnju vlakova brzinom od 120 km/h, a da sama pruga bude što kraća, varijanta 3 najbolje ispunjava takve zahtjeve.

Odabir optimalne dionice ponajviše ovisi o odabiru prioritarnog kriterija modernizacije. Ukoliko bi prioritet bilo postizanje zahtijevanih operativnih uvjeta uz što manji trošak investicije varijanta 2 je najekonomičnije rješenje za obje dionice. No, ukoliko bi taj prioritet bio postizanje najveće prosječne brzine na dionici i najkraćeg prosječnog vremena putovanja, kombinacija varijante 1 dionice I i varijante 3 dionice II daje najbolje rezultate. Prosječno vrijeme vožnje bi iznosilo svega 10 minuta gdje je u postojećem stanju za isto putovanje potrebno čak 24 minute.

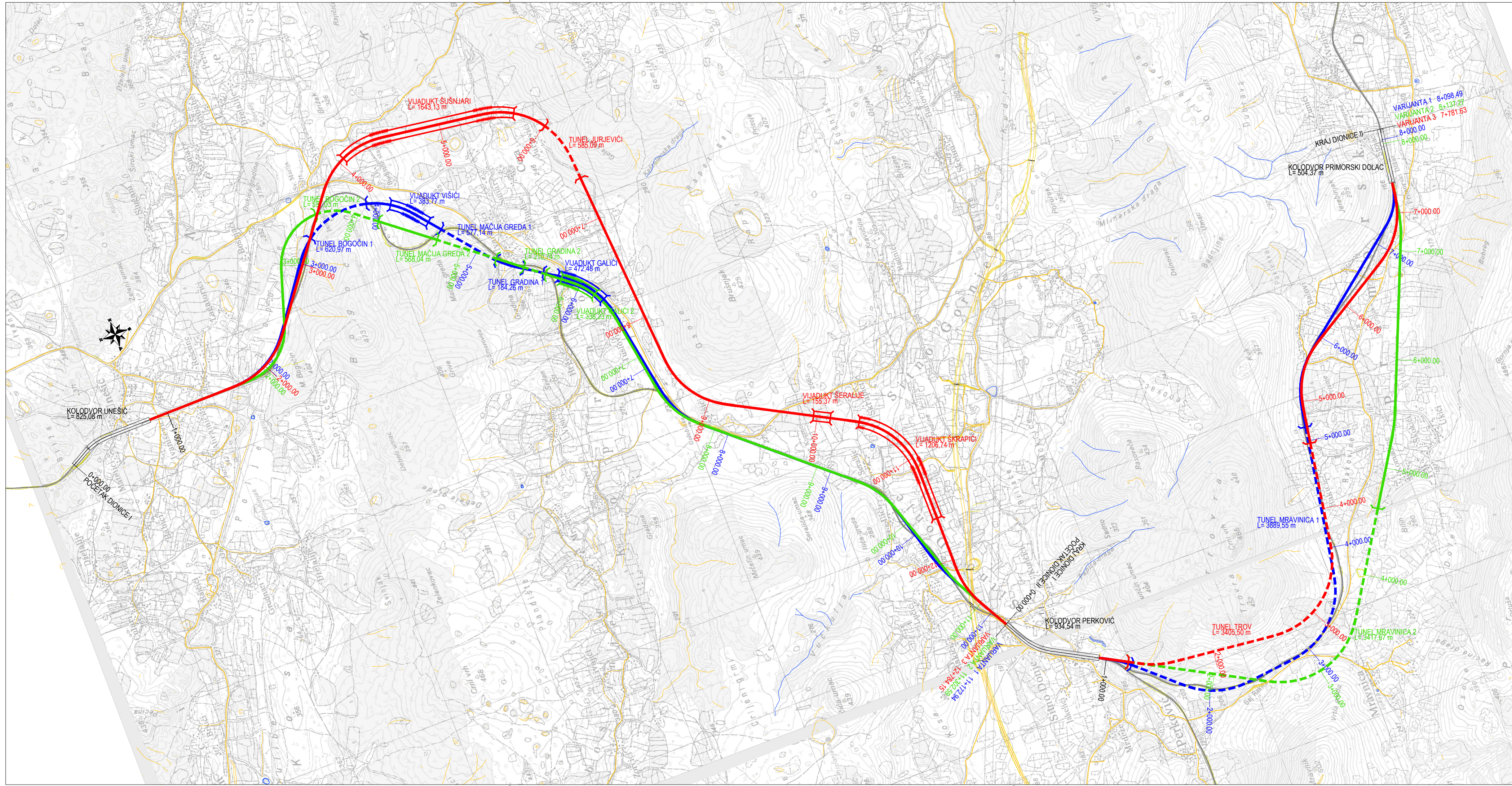
Tablica 51. Prosječno vrijeme vožnje za kombinaciju varijanti s najvećim prosječnim brzinama

Smjer	Duljina dionice	Prosječna brzina na dionici	Prosječno vrijeme vožnje	Ukupno
Unešić – Perković (varijanta 1)	11.17 km	116 km/h	5.78 min	10.02 min
Perković – Primorski Dolac (varijanta 3)	7.78 km	110 km/h	4.24 min	

Literatura

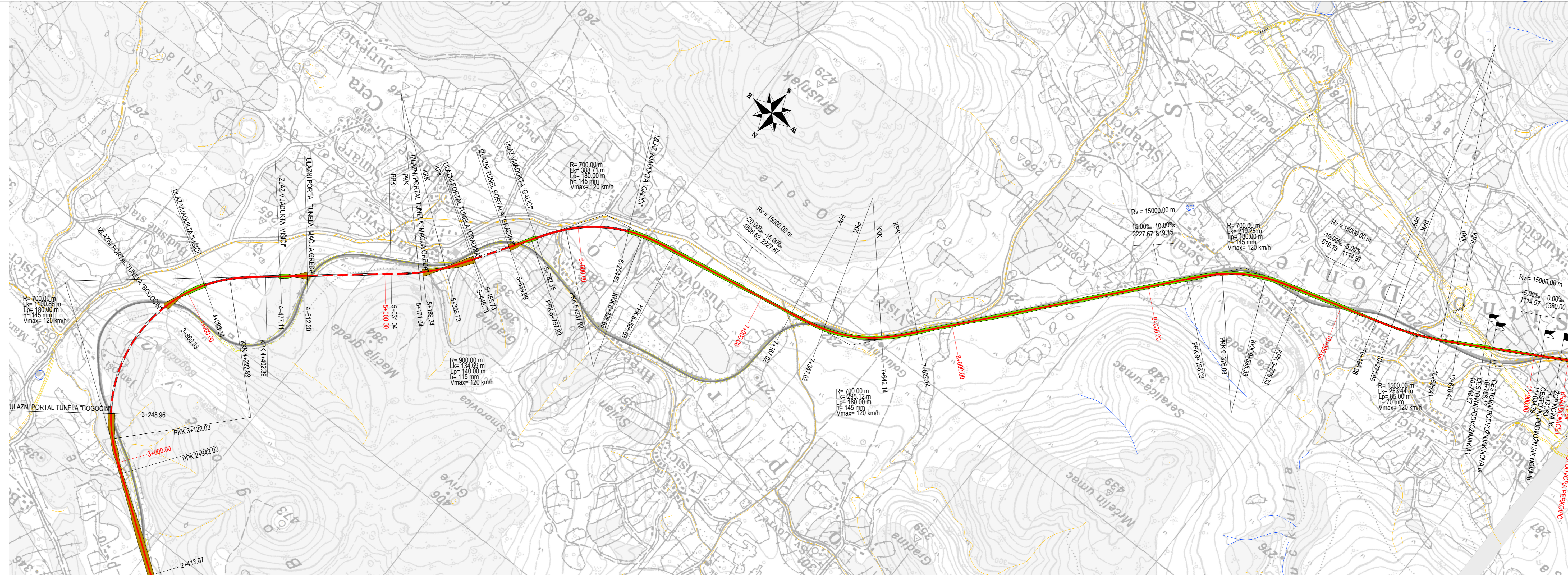
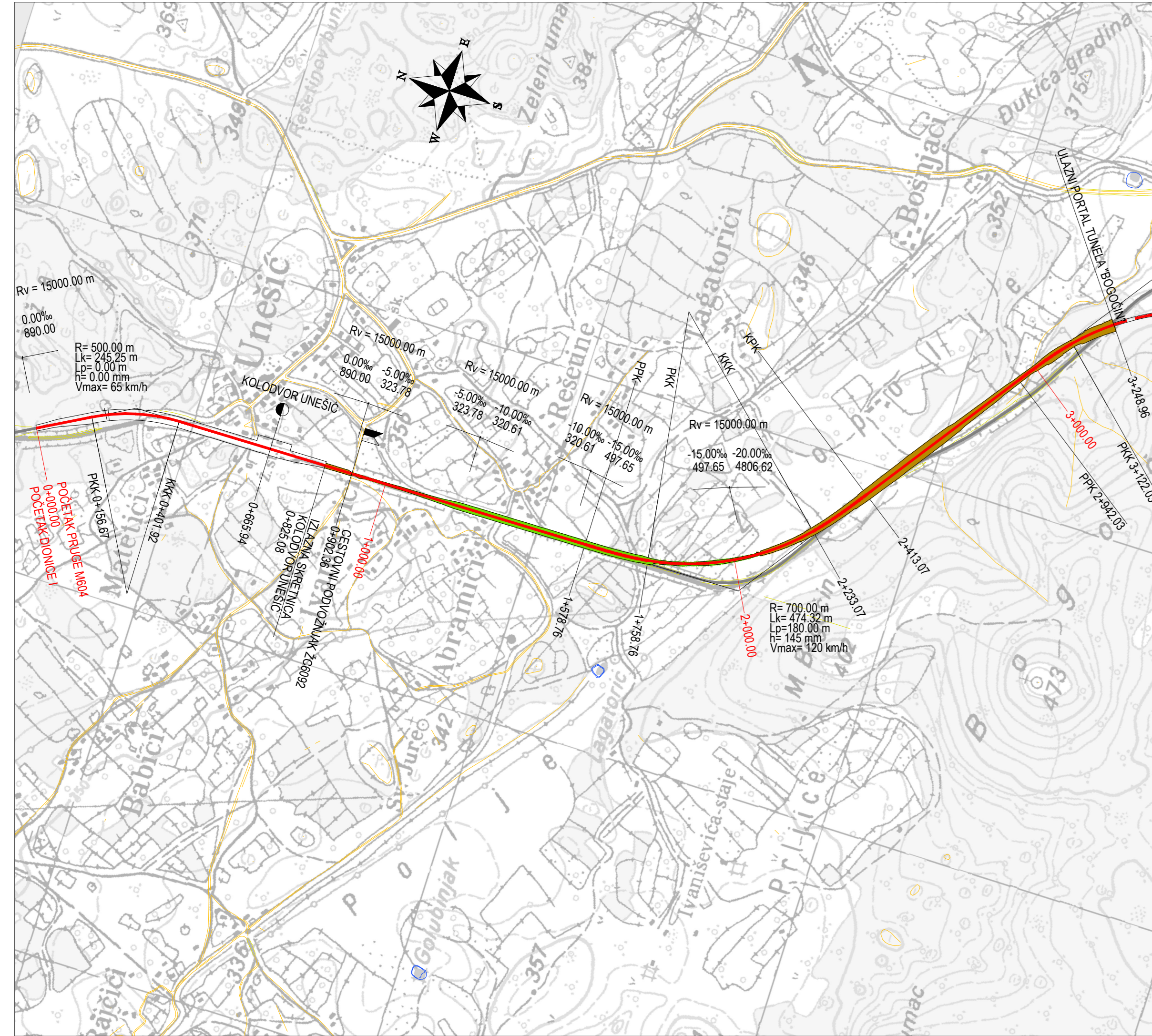
- [1] Bunijevac, H.: Stota obljetnica uskotračne željezničke pruge Split – Sinj, GRAĐEVINAR 56 (2004) 1, str. 49-50.
- [2] NN 84/2021 (23.7.2021.), Uredba o razvrstavanju željezničkih pruga, Dostupno: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1563.html [Pristupljeno: Kolovoz 2023.]
- [3] HŽ Infrastruktura, Izvešće o mreži 2023, *HŽ Infrastruktura*, Dostupno: <https://www.hzinfra.hr/izvjesce-o-mrezi-2023/> [Pristupljeno: Lipanj 2023.]
- [4] Openstreetmap, Dostupno: <https://www.openstreetmap.org/#map=7/44.156/17.633> [Pristupljeno: 9. Rujan 2023.]
- [5] HŽ Infrastruktura, Karta željezničke mreže s kolodvorima i stajalištima, *HŽ Infrastruktura*, Dostupno: <https://www.hzinfra.hr/naslovna/mreza-hrvatskih-pruga/> [Pristupljeno: Rujan 2023]
- [6] HŽ Putnički prijevoz, Vozni red, *HŽPP*, Dostupno: <https://prodaja.hzpp.hr/> [Pristupljeno: 11. Rujan 2023.]
- [7] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge, *NN 128/2008-3670*, Dostupno: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_11_128_3670.html [Pristupljeno: Rujan 2023.]
- [8] Odluka komisije o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost u vezi s “građevinskim” podsustavom transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava. Službeni list Europske Unije. 2011;2741:240-307.
- [9] Lakušić S., Ahac M., *Projektiranje i građenje željeznica, Predavanja za studente I godine diplomskog studija Prometnice*, Zagreb, Građevinski Fakultet, rujan 2021.
- [10] Sektor za razvoj, pripremu i provedbu investicija i EU fondova, *Projektni zadatak za izradu studije razvoja željezničkog čvora Zagreb*. 2022.

Prilozi



- OS PRUGE:
- POSTOJEĆA TRASA
 - VARIJANTA 1
 - VARIJANTA 2
 - VARIJANTA 3
- SLUŽBENA MJESTA I OBJEKTI:
- KOLODVOR
 - TUNEL
 - VIADUKT

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unješć – Perković - Primorski Dolac	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Pregledna situacija varijantnih rješenja			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:25.000	Broj priloga:	1.

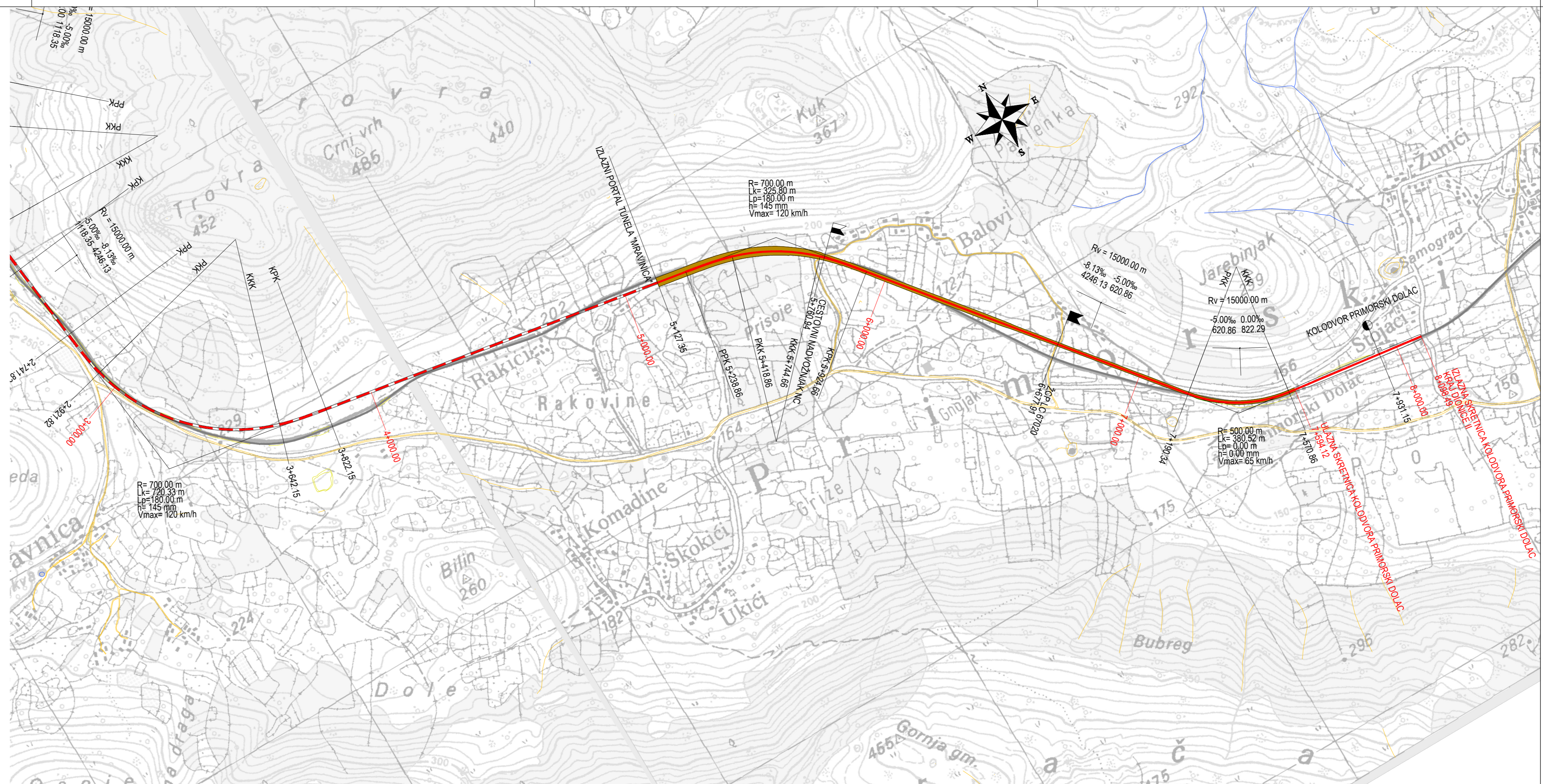
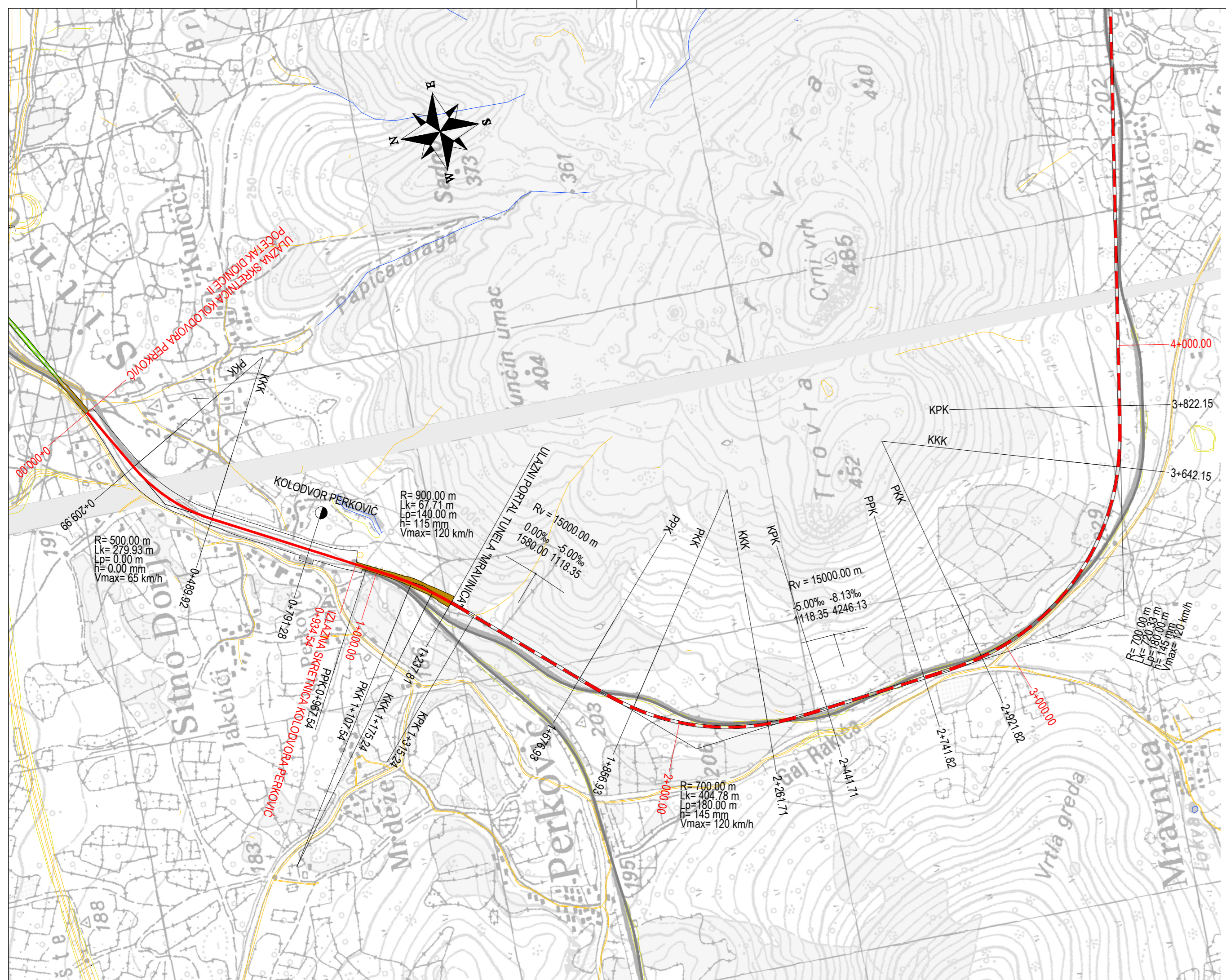


- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ U RAZINI
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KOLODVOR

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

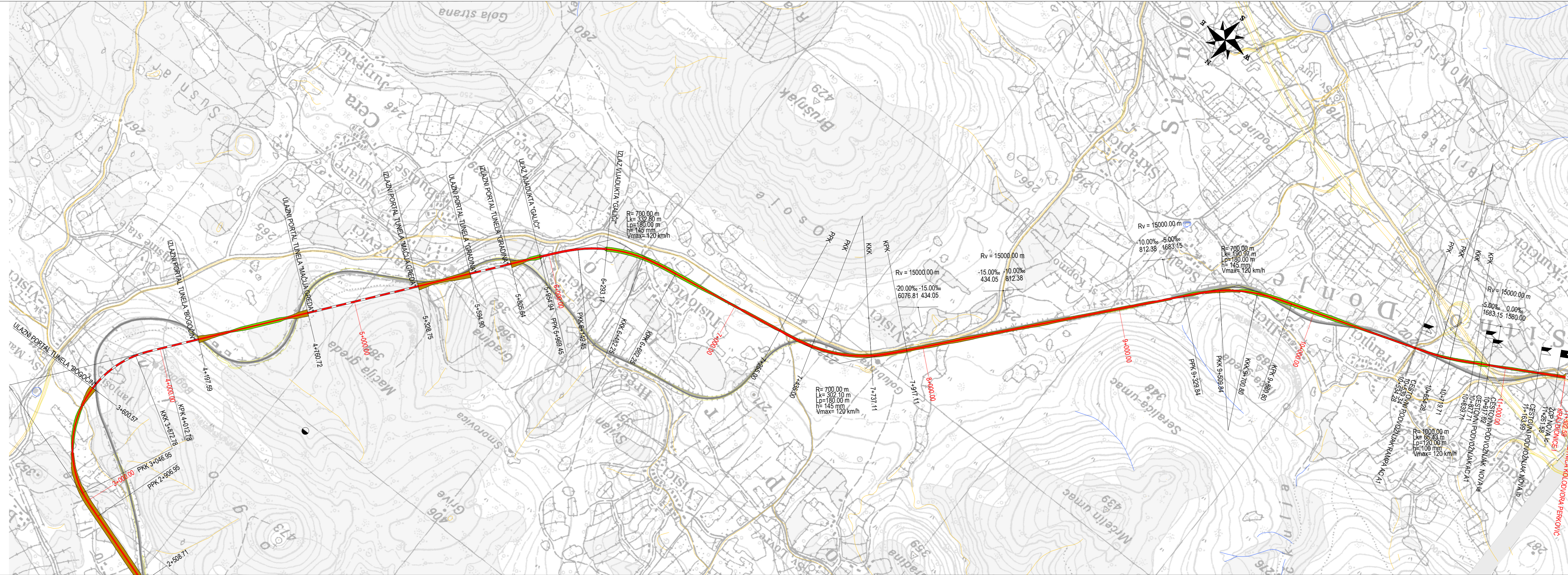
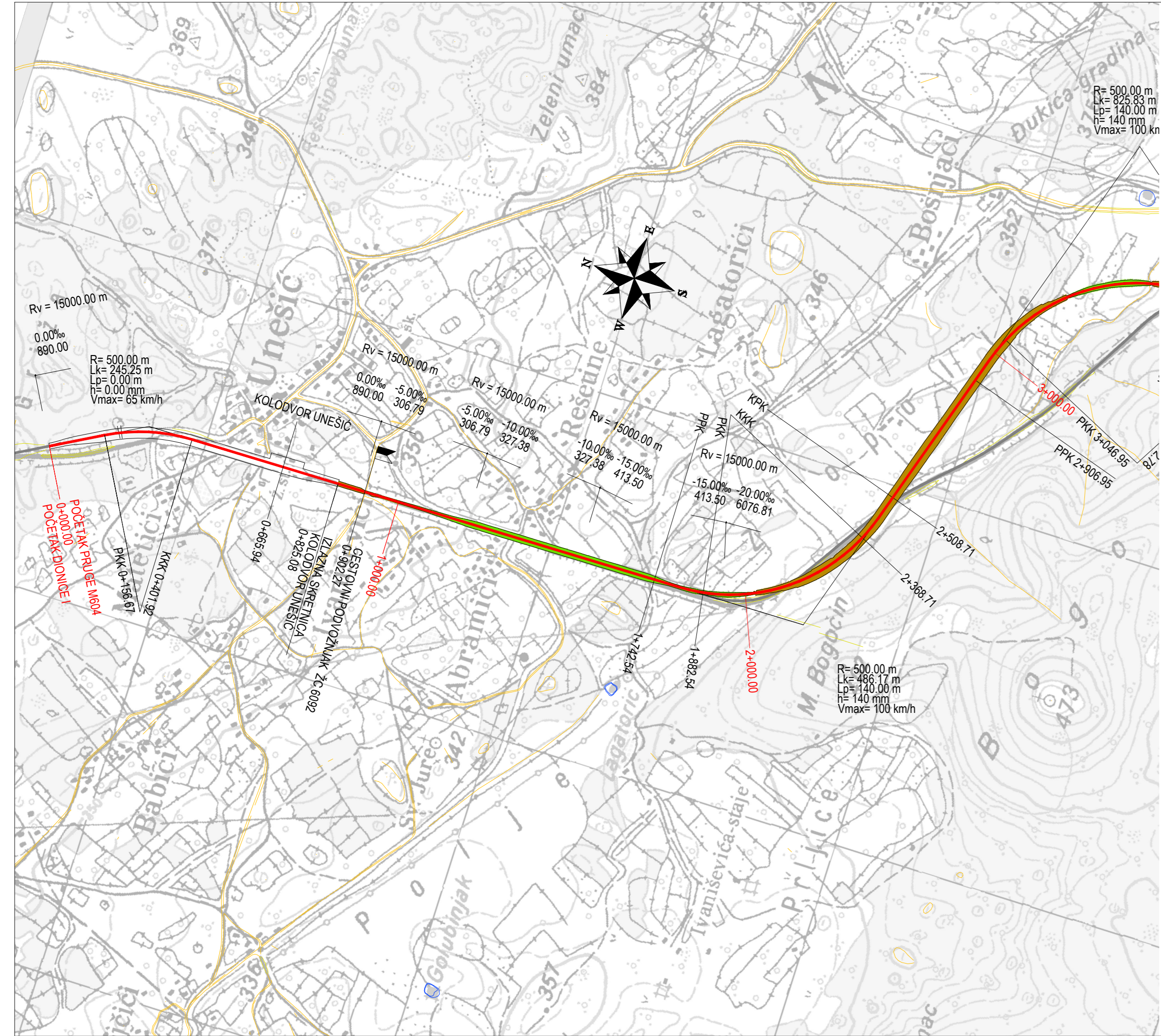
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	DIJUE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
Naziv priloga: Situacija varijantnog rješenja 1 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)			

Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.	Mjerilo priloga:	1:10.000	Broj priloga:	2.1.1.
---------------	-----------------	---------------	-----------------	------------------	----------	---------------	--------



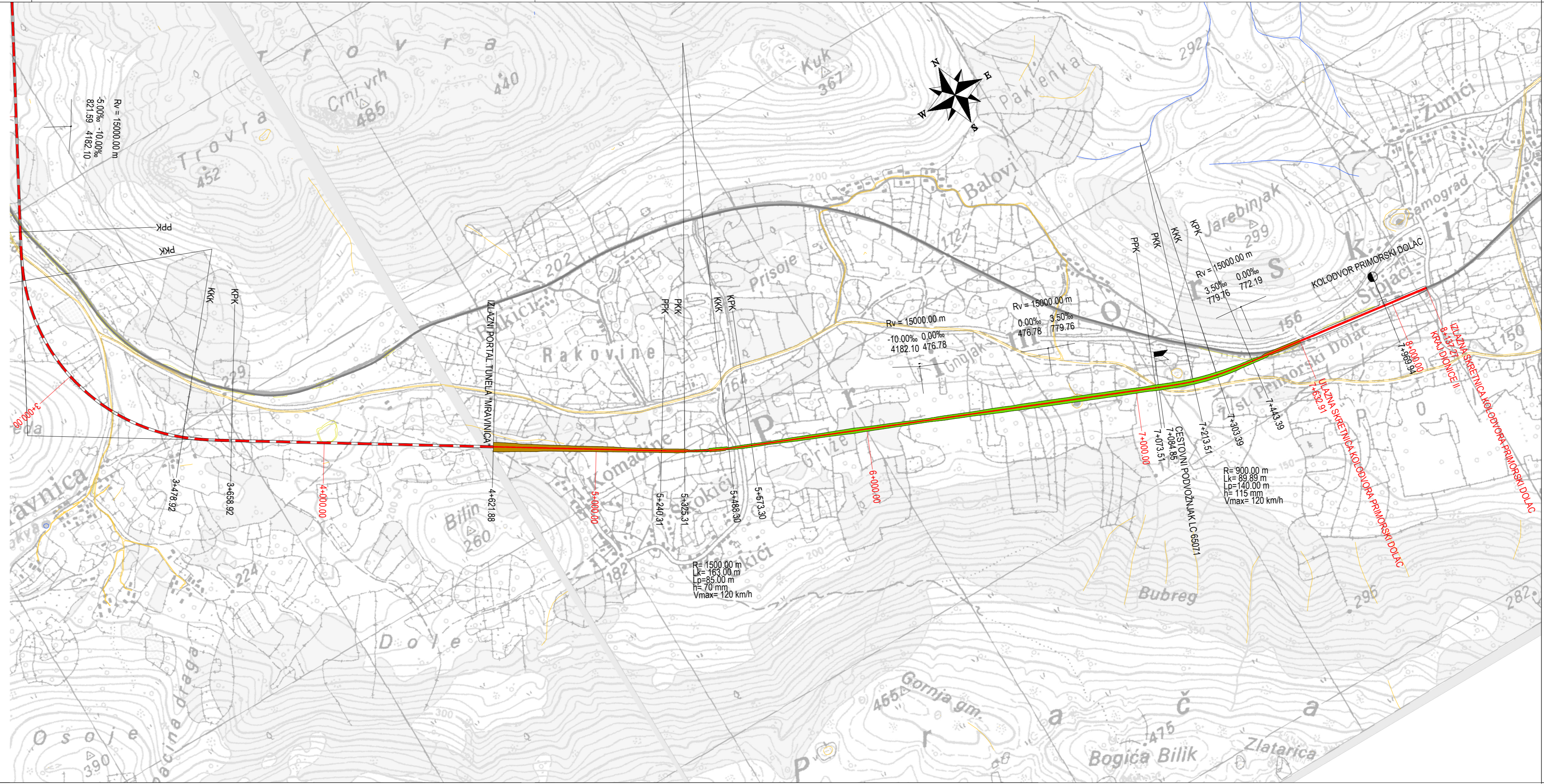
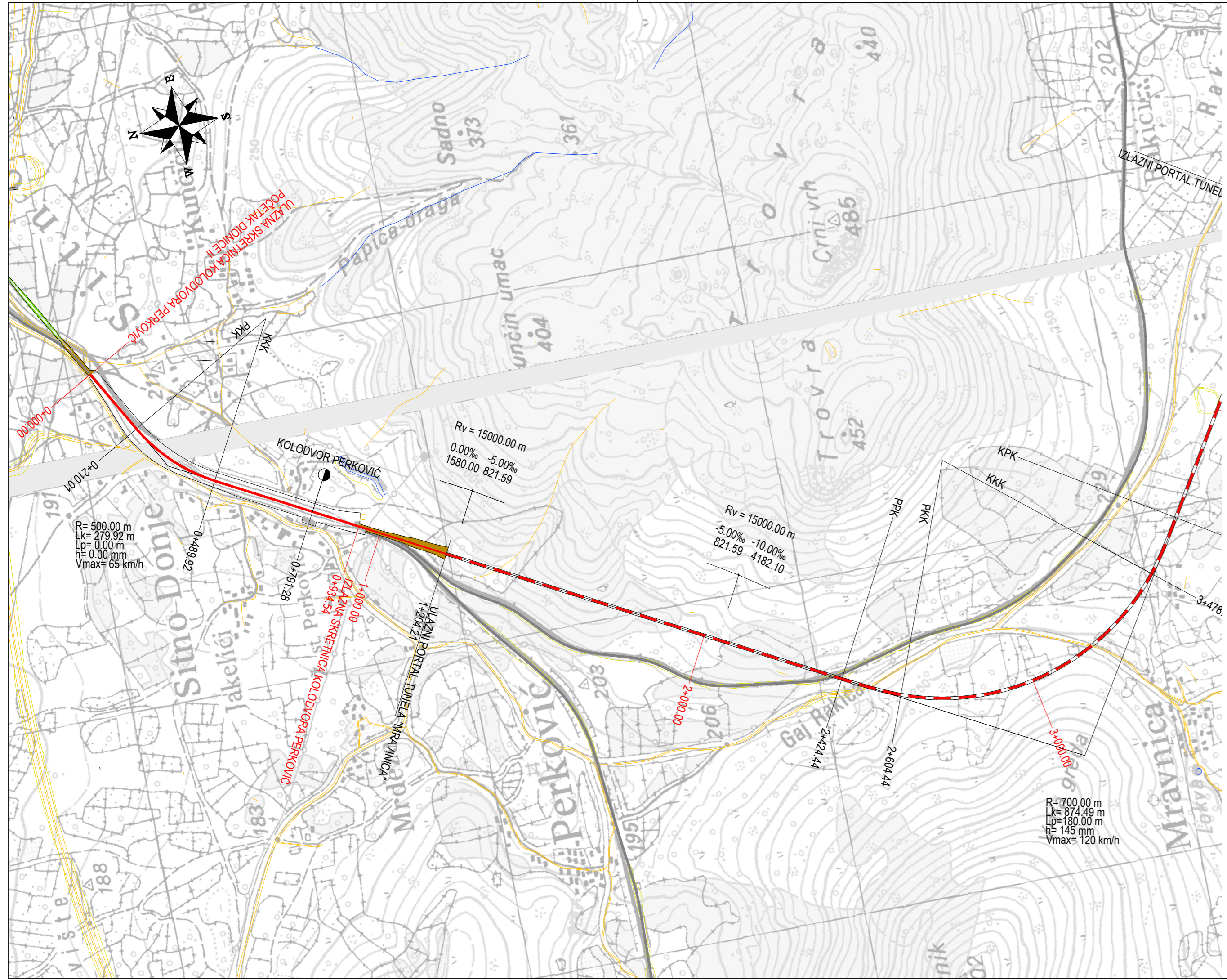
- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ U RAZINI
 - KRIZANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK
 - KOLODVOR

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
Naziv priloga: Situacija varijantnog rješenja 1 - Dionica II: Perković (uključeno) - Primorski Dolac (isključeno)			
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:	Broj priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:10.000	2.1.2.



- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ U RAZINI
 - KRÍŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KOLODVOR

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD	
Studij: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:
Smjer: PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge
Kolegij: PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA	M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac
Ak. god.: 2022/2023	Kandidat: DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Nadzorni nastavnik: Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	
Naziv priloga: Situacija varijantnog rješenja 2 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)	
Datum izrade: 20. rujna 2023.	Datum obrane: 28. rujna 2023.
Mjerilo priloga: 1:10.000	Broj priloga: 2.2.1.

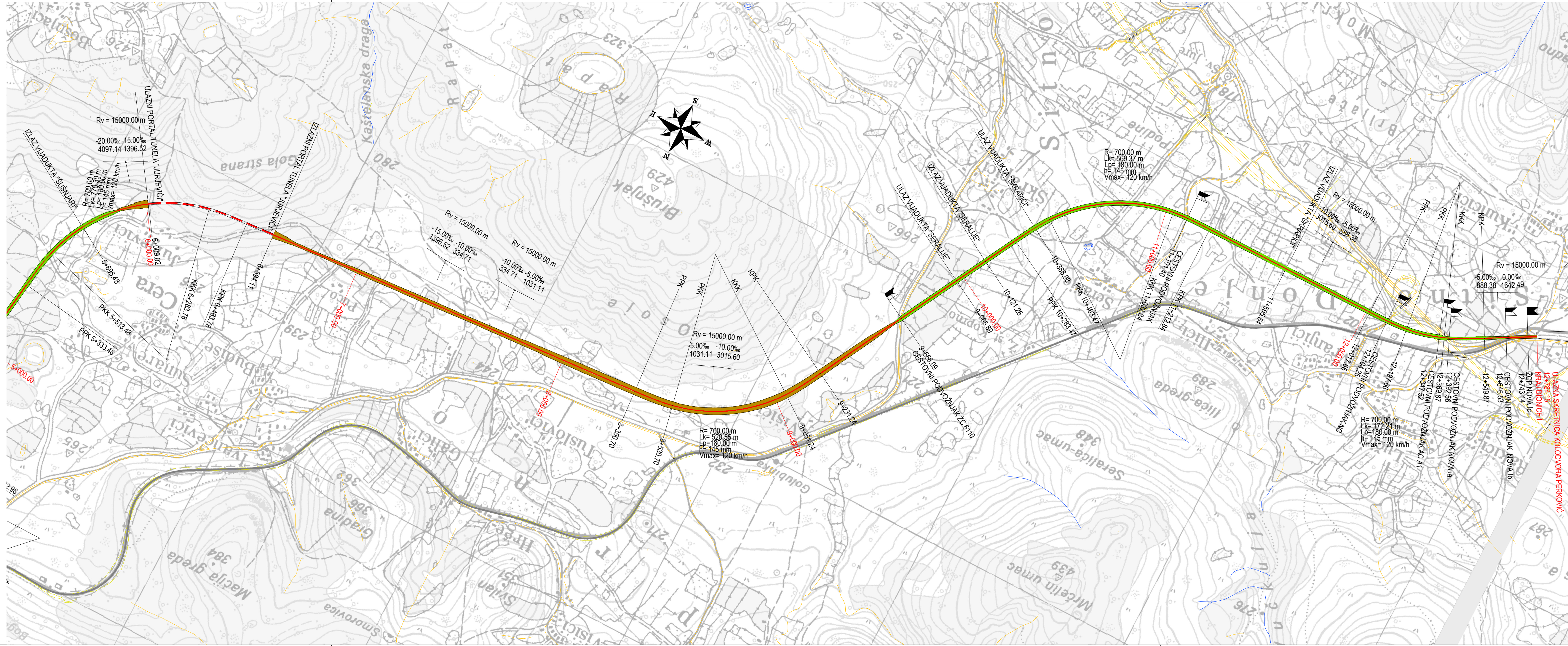
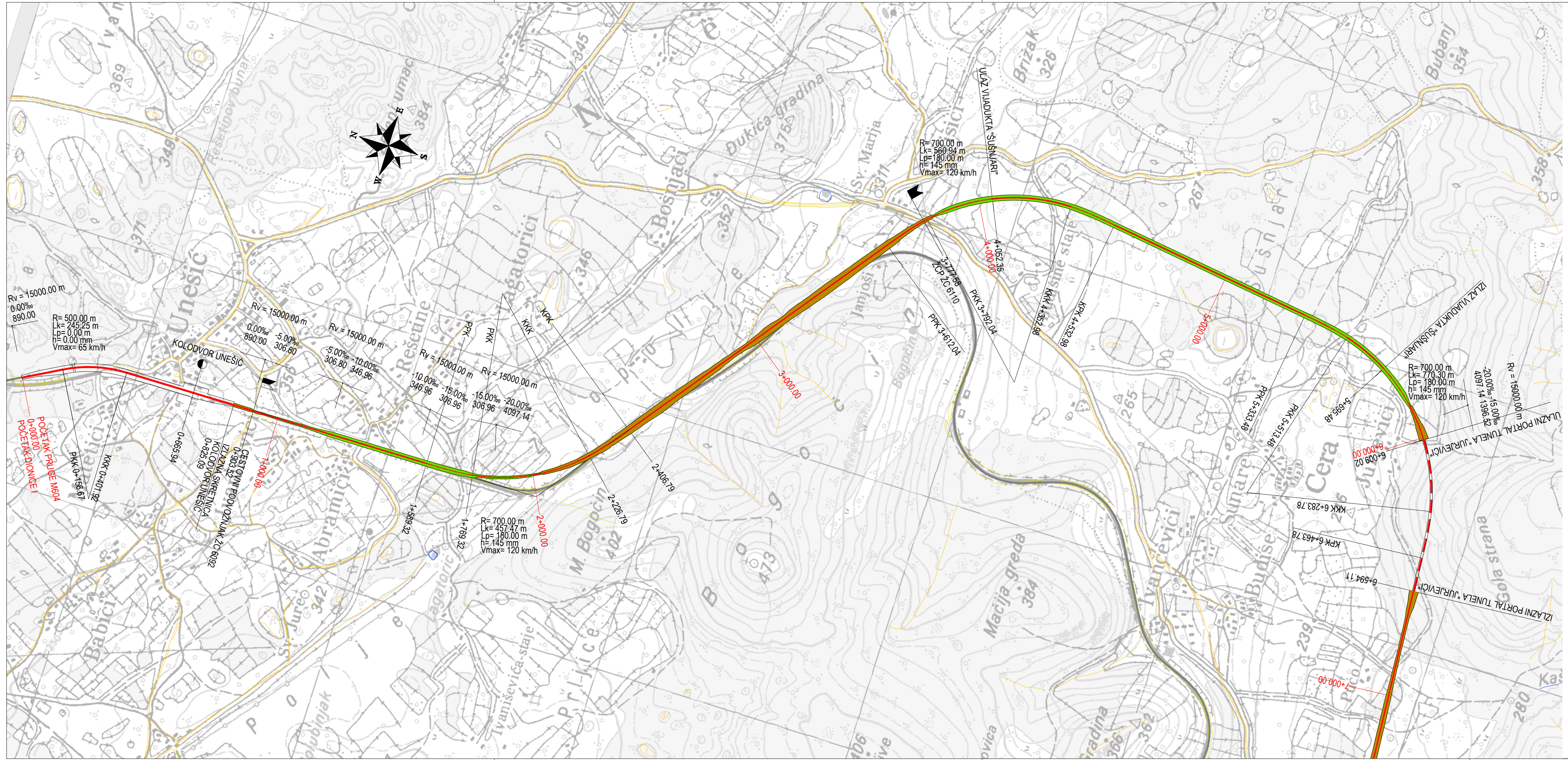


LEGENDA:

- OS PRUGE
- KRÍŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
- KRÍŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK
- KOLODVOR

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Kolegiji:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
Naziv priloga: Situacija varijantno rješenja 2 - Dionica II: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)			
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:	Broj priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:10.000	2.2.2.

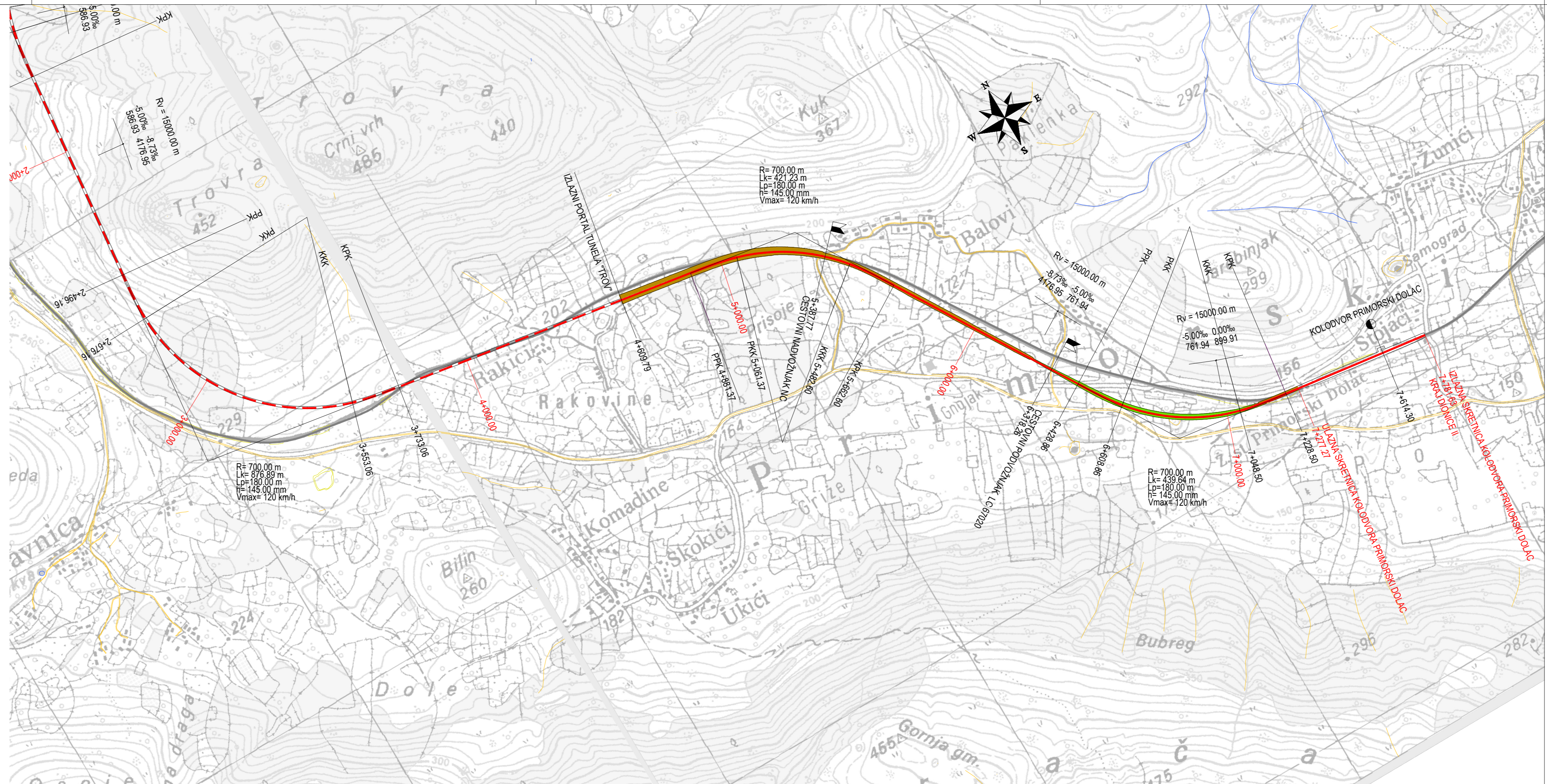
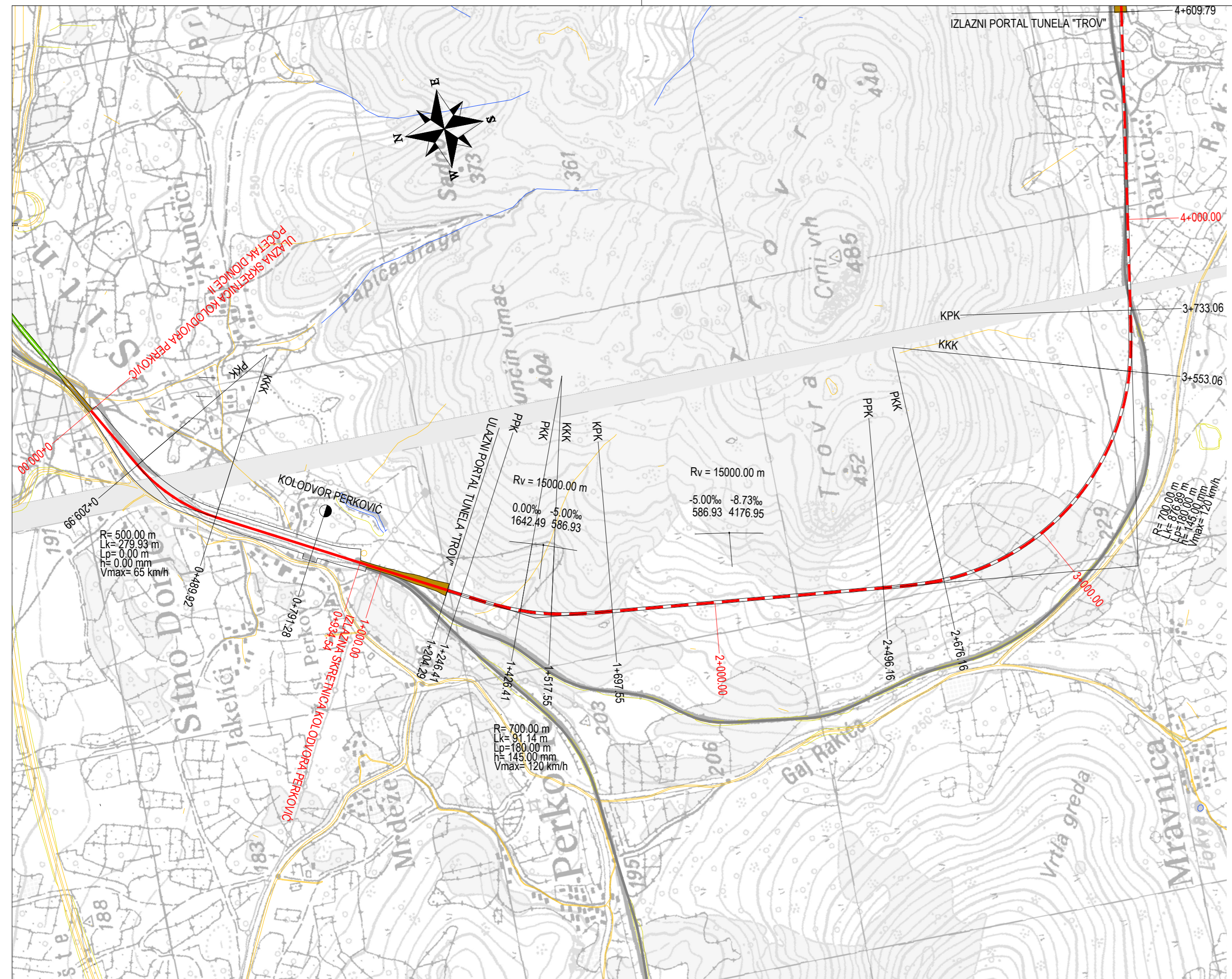


- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ U RAZINI
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOZNAK
 - KOLODVOR

GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD	
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI
Smjer:	PROMETNICE
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRADNJE ŽELJEZNICA
Ak. god.:	2022/2023
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC
Naziv priloga:	Situacija varijantnog rješenja 3 - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)
Datum izrade:	20. rujna 2023.
Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000
Broj priloga:	2.3.1.

**Modernizacija željezničke pruge
M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac**

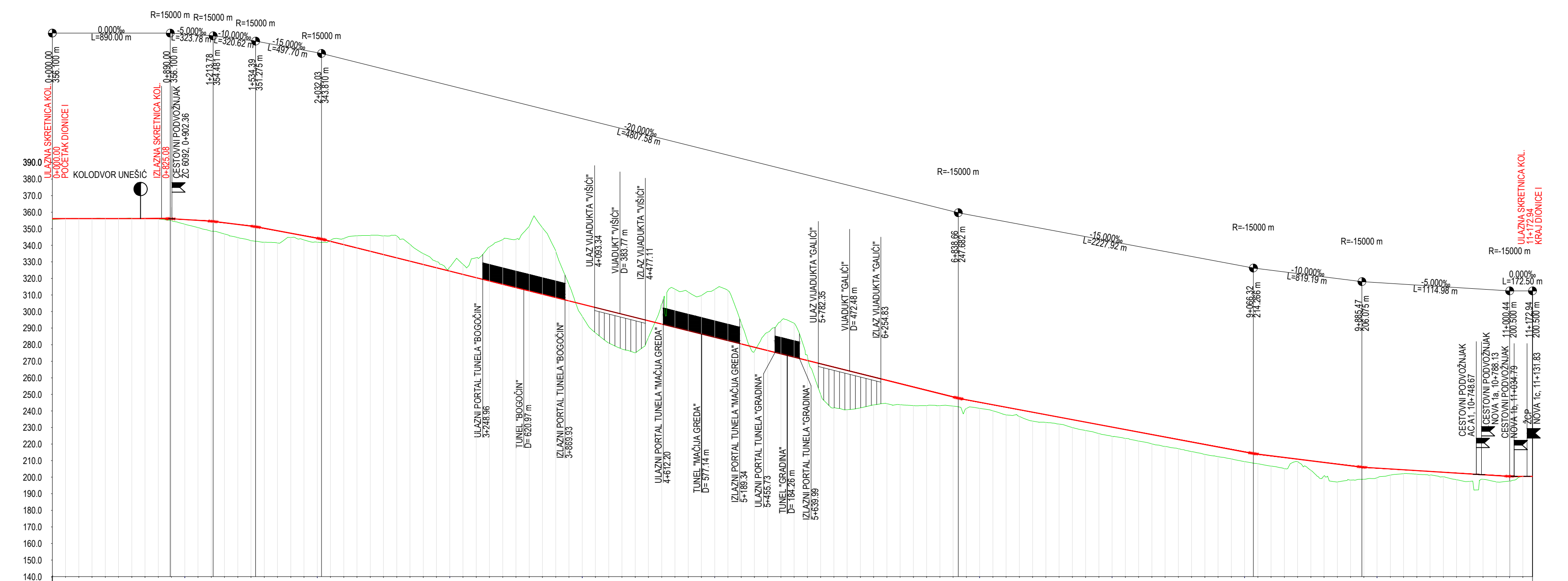
DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554



- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK
 - KOLODVOR

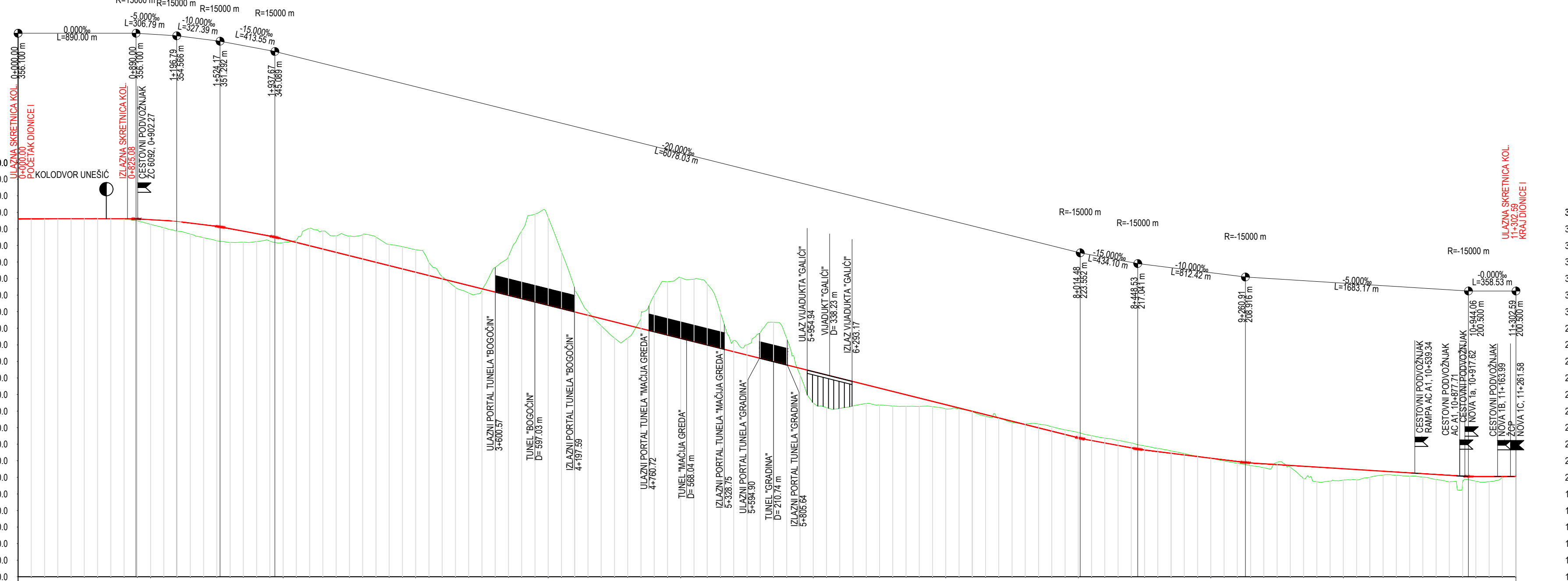
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
Naziv priloga:			
Situacija varijantnog rješenja 3 - Dionica I: Perković (uključivo) - Primorski Dolac (uključivo)			
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:	Broj priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:10.000	2.3.2.

Uzdunji profil VARIJANTE 1 trase od kolodvora Unešić do kolodvora Perković



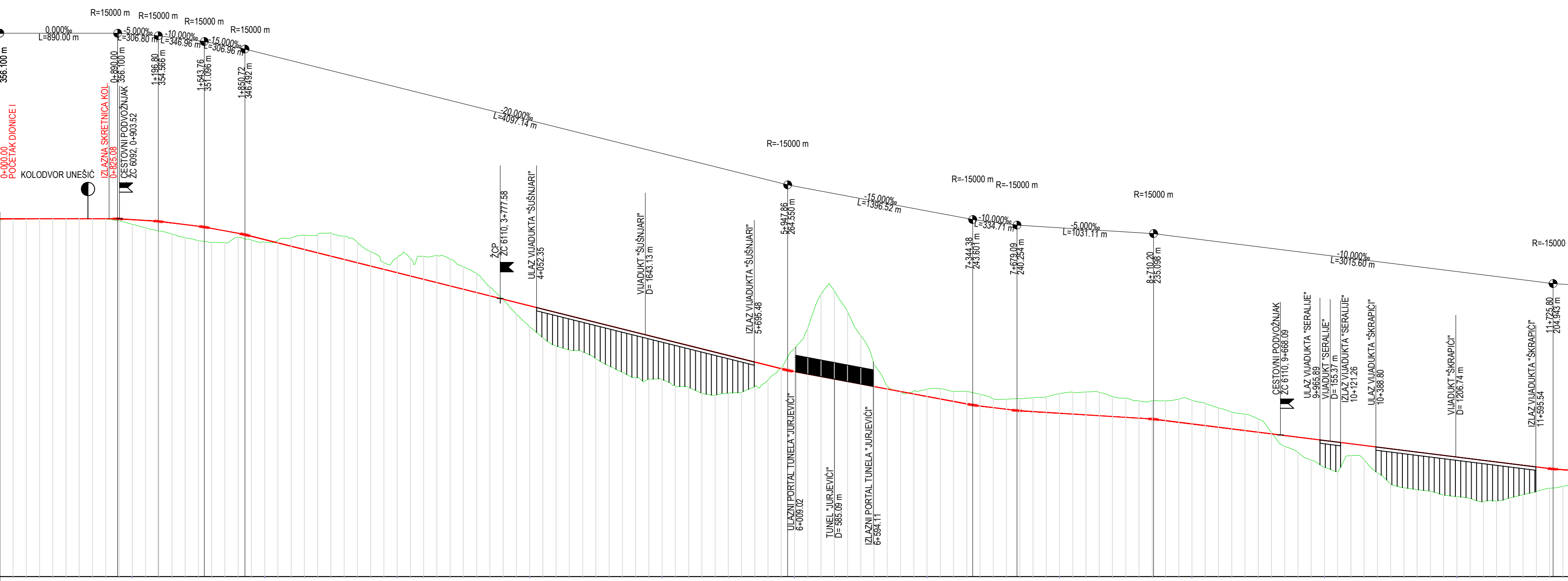
KOTI TERENA	KOTI PRUGE	SLUŽBENA MJEŠTA	BRZINA	TLOCRTNI ELEMENTI
364,45	366,10	KOL UNEŠIĆ	V=65 km/h L=825,08 m	p=156,67 m
365,45	366,10			p=1176,84 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=528,96 m
366,10	366,10			R=900 m D=132,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=312,19 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=660,39 m
366,10	366,10			p=411,64 m
366,10	366,10			p=562,53 m
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1373,94 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=653,47 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=462,89 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1412,73 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=653,47 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=804,82 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1052,23 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=234,28 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=234,28 m	

Uzdunji profil VARIJANTE 2 trase od kolodvora Unešić do kolodvora Perković



KOTI TERENA	KOTI PRUGE	SLUŽBENA MJEŠTA	BRZINA	TLOCRTNI ELEMENTI
364,45	366,10	KOL UNEŠIĆ	V=65 km/h L=825,08 m	p=156,67 m
365,45	366,10			p=1340,62 m
366,10	366,10			R=500 m D=48,17 m L=140 m V=100 km/h
366,10	366,10			p=398,24 m
366,10	366,10			R=500 m D=48,17 m L=140 m V=100 km/h
366,10	366,10			p=1956,67 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=592,75 m
366,10	366,10			p=653,47 m
366,10	366,10			p=462,89 m
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1412,73 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=653,47 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=804,82 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1052,23 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=234,28 m	

Uzdunji profil VARIJANTE 3 trase od kolodvora Unešić do kolodvora Perković

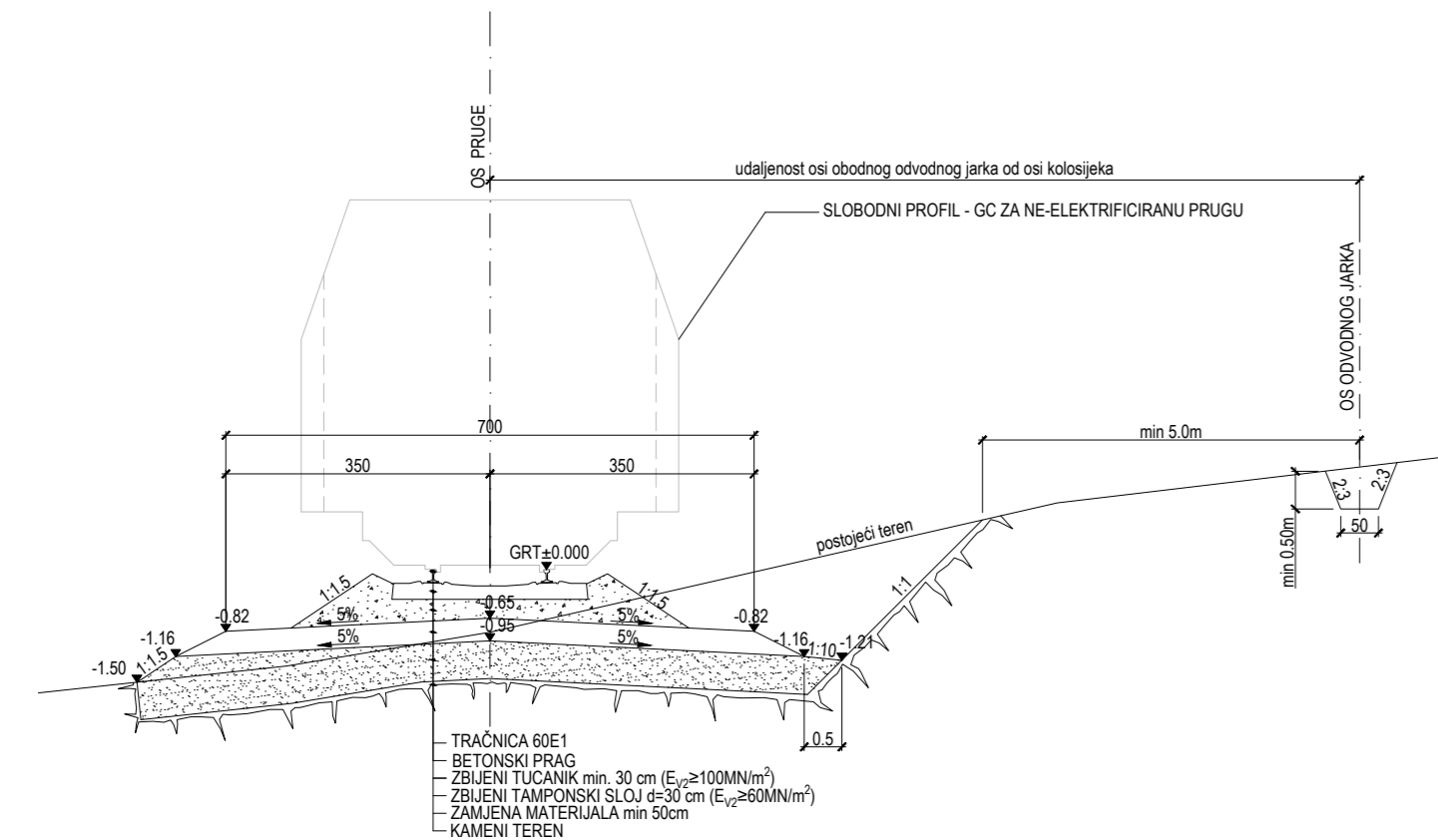


KOTI TERENA	KOTI PRUGE	SLUŽBENA MJEŠTA	BRZINA	TLOCRTNI ELEMENTI
364,45	366,10	KOL UNEŠIĆ	V=65 km/h L=825,08 m	p=156,67 m
365,45	366,10			p=1187,40 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=1205,25 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=800,50 m
366,10	366,10			R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h
366,10	366,10			p=1866,91 m
366,10	366,10			p=1052,23 m
366,10	366,10			p=804,82 m
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=1052,23 m	
366,10	366,10		R=700 m D=112,94 m L=180 m V=120 km/h	
366,10	366,10		p=234,28 m	

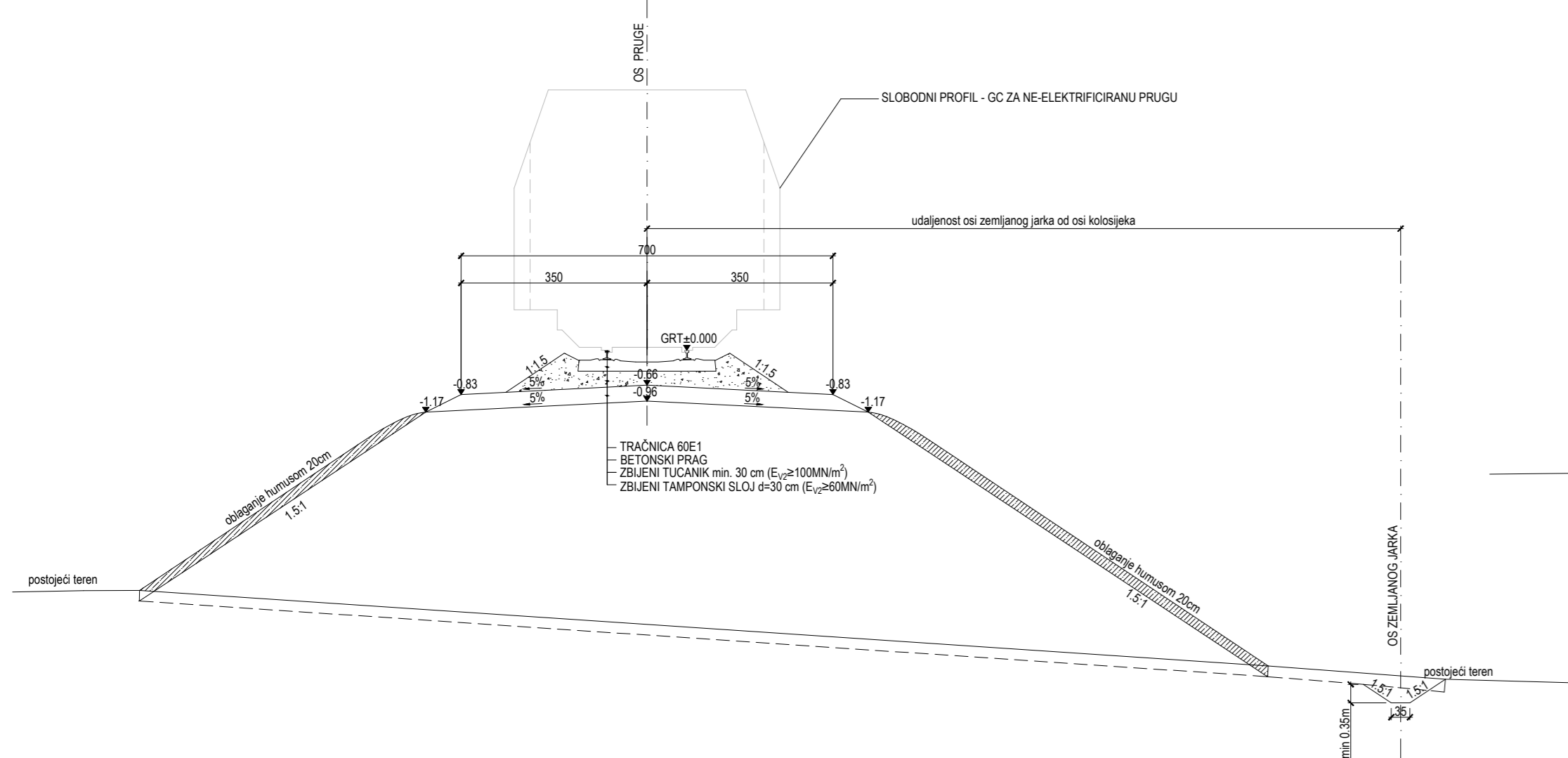
- LEGENDA:
- NIVELETA PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIELAZ U RAZINI
 - KRIZANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KOLODVOR

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICNE	Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
AK. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554
Uzdunji profili varijantnih rješenja - Dionica I: Unešić (uključivo) - Perković (isključivo)			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:2500/12.500	Broj priloga:	3.1.

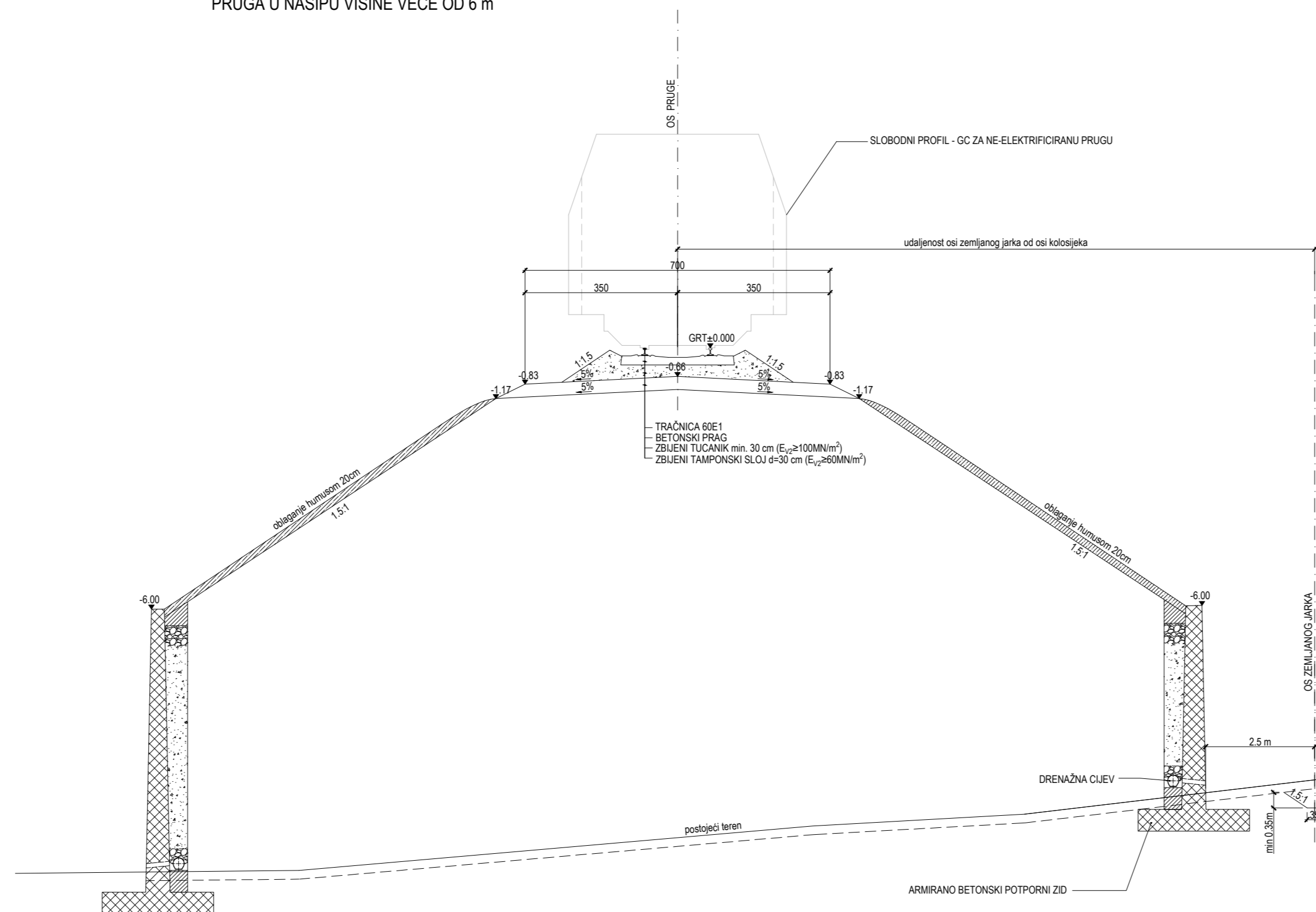
PRUGA U ZASJEKU



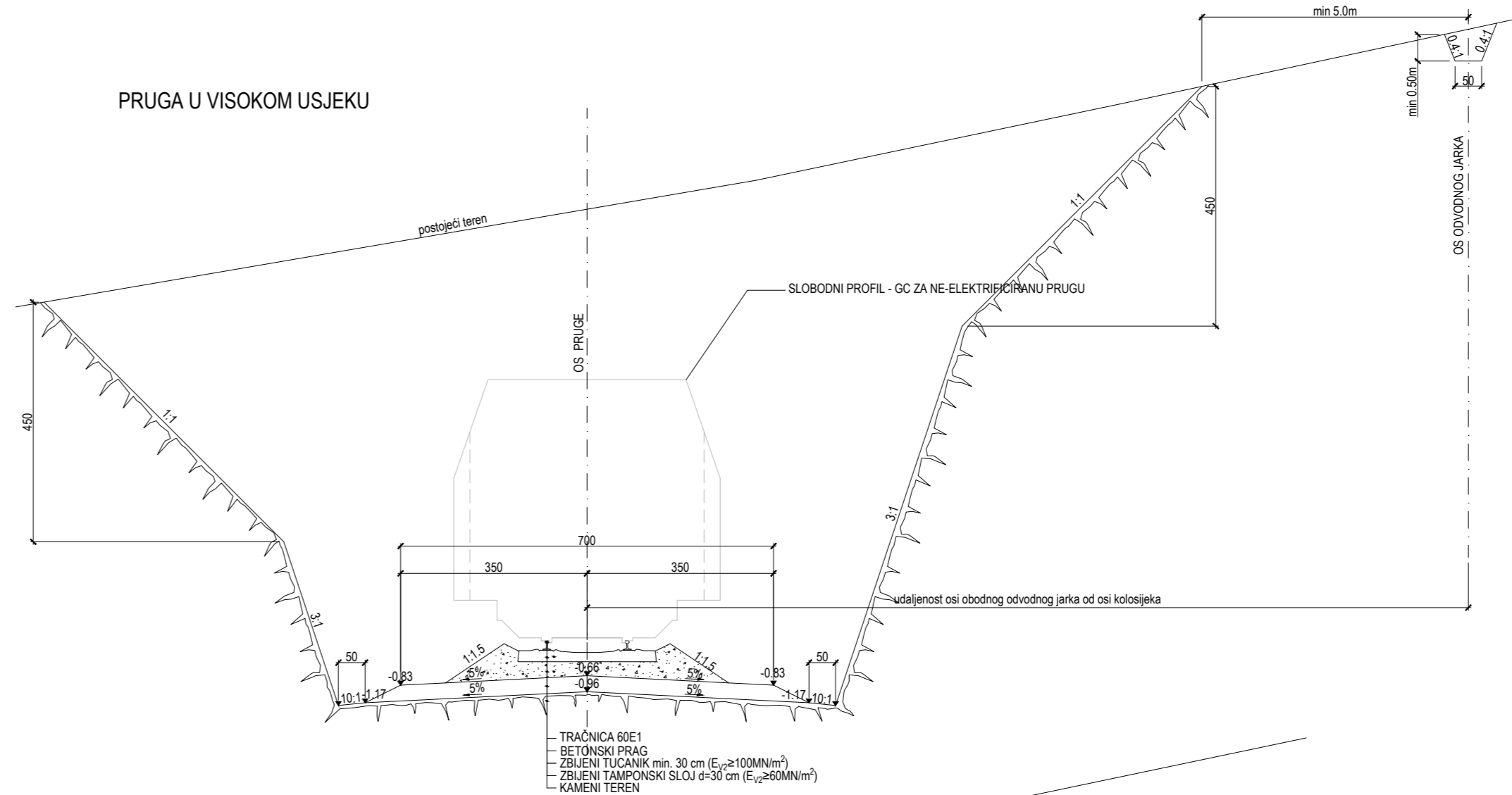
PRUGA U NASIPU VISINE DO 6 m



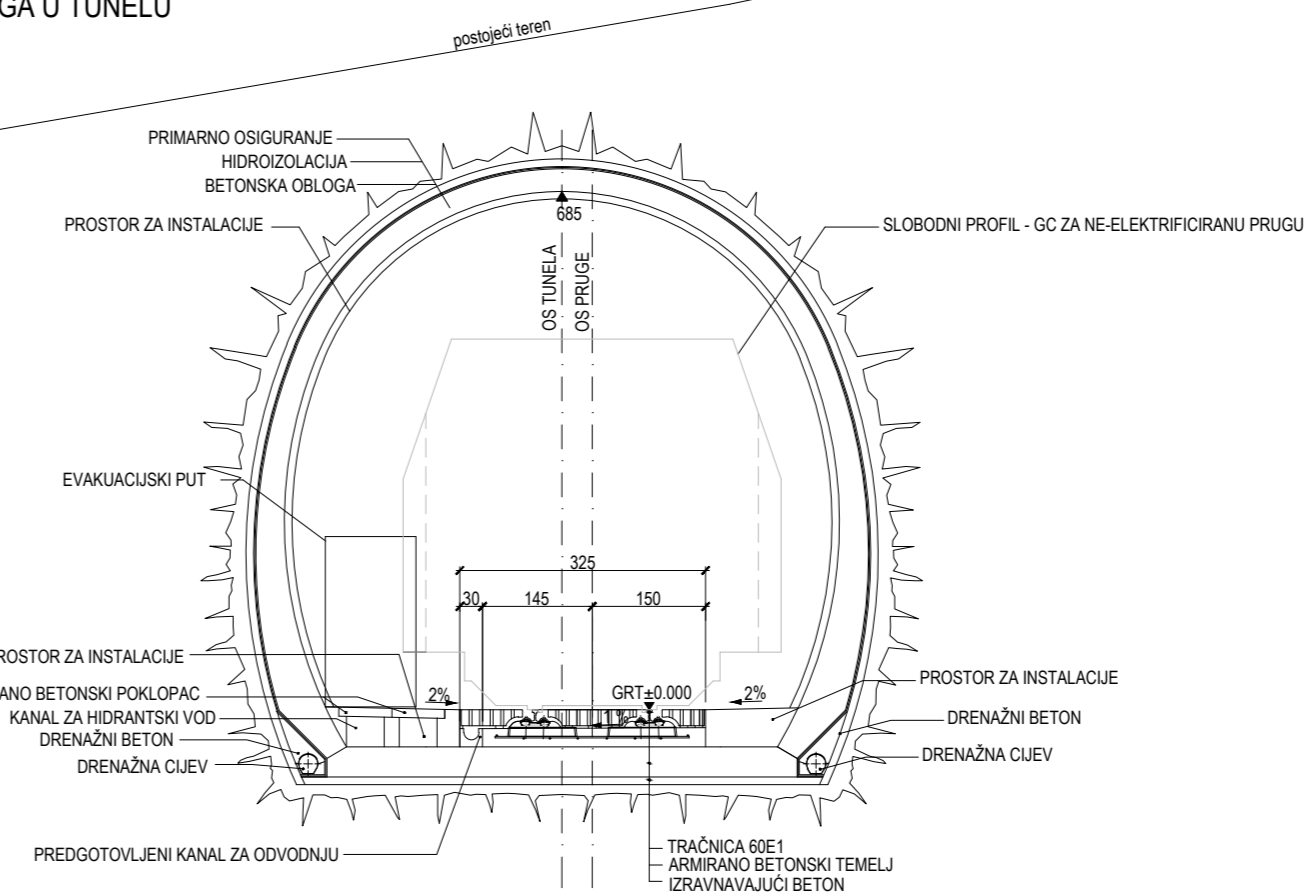
PRUGA U NASIPU VISINE VEĆE OD 6 m



PRUGA U VISOKOM USJEKU



PRUGA U TUNELU



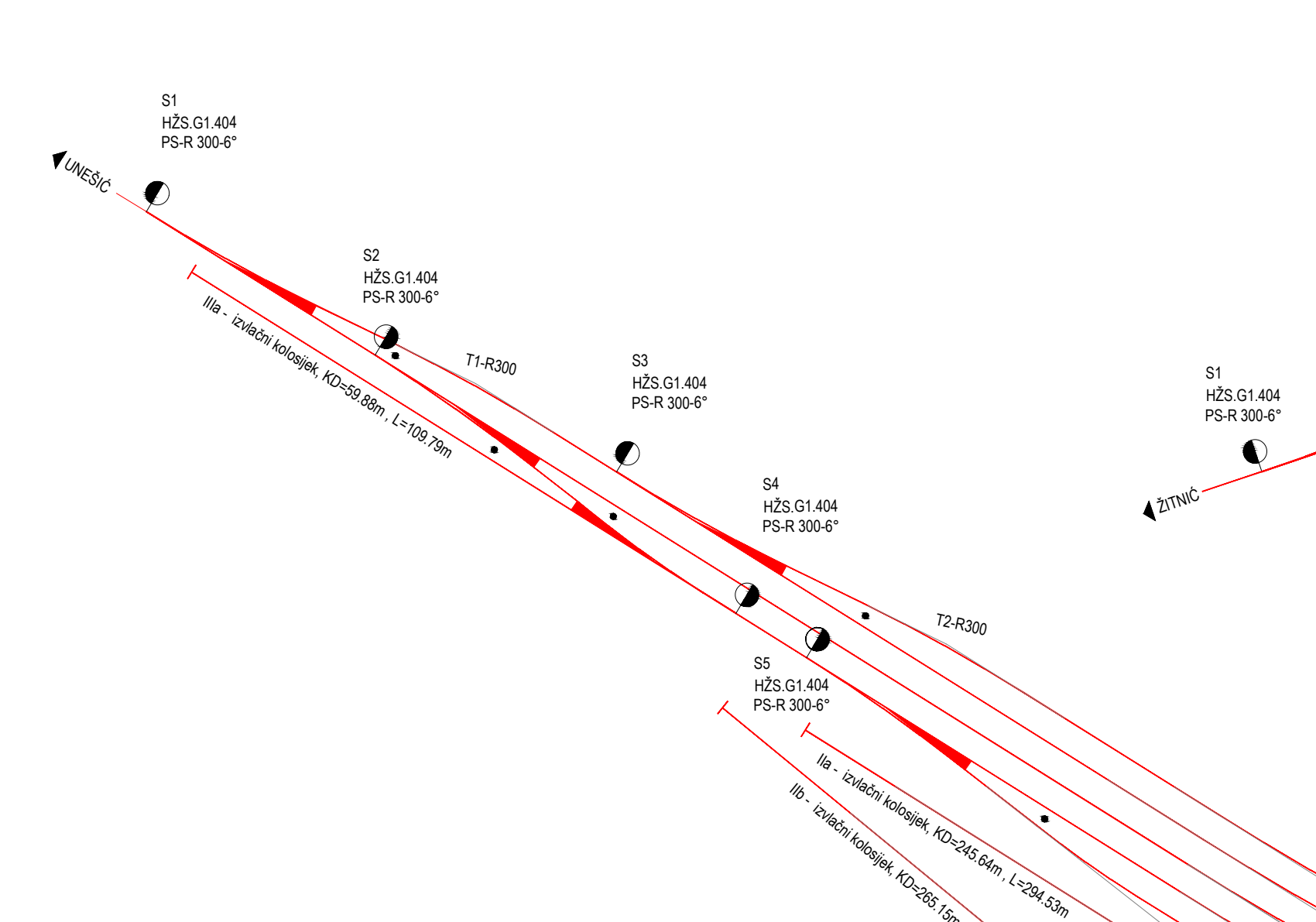
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE		
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		Modernizacija željezničke pruge M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554

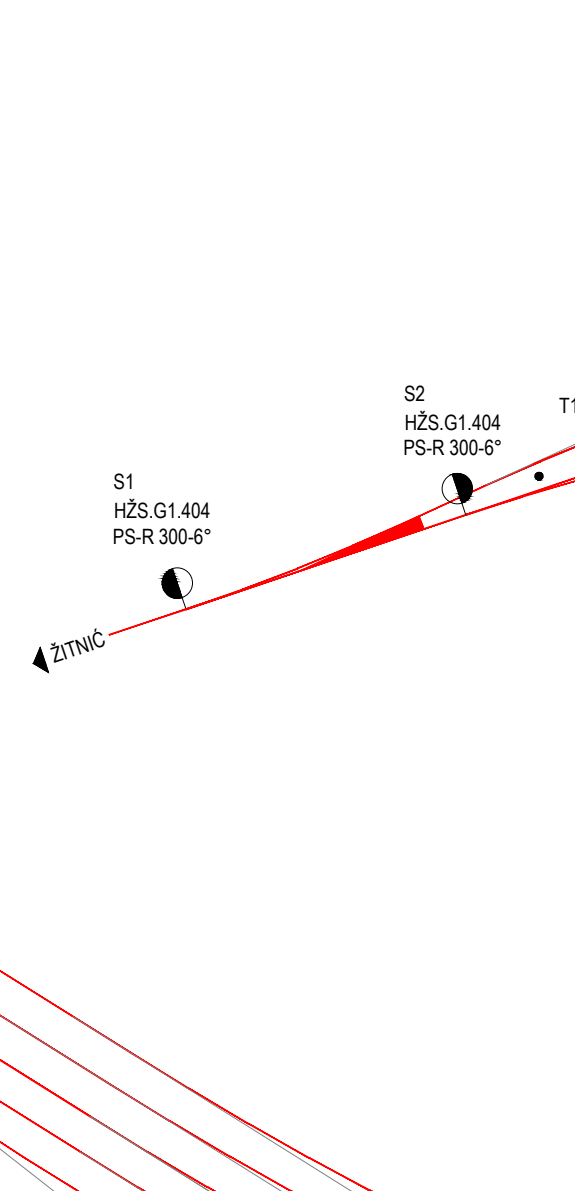
Naziv priloga: **Normalni poprečni profili pruge**

Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.	Mjerilo priloga:	1:100	Broj priloga:	4.
---------------	-----------------	---------------	-----------------	------------------	-------	---------------	----

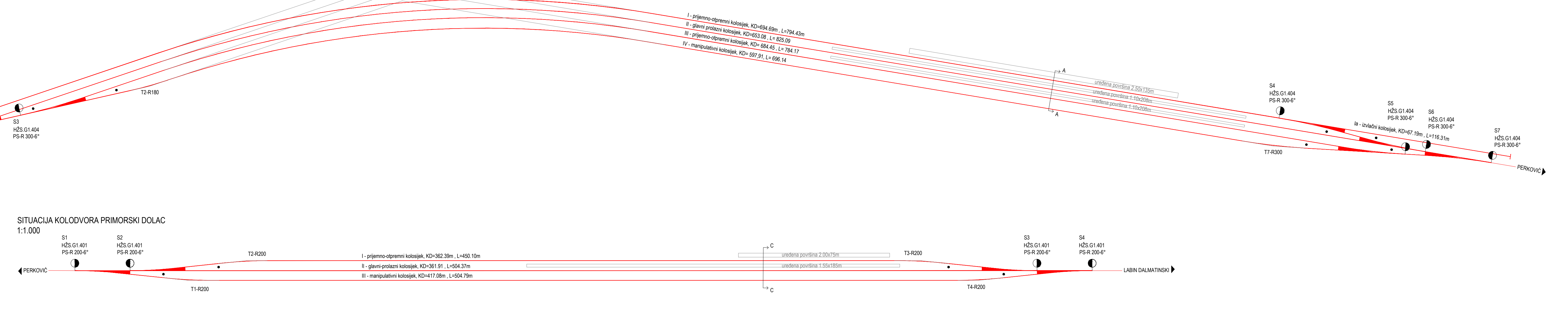
SITUACIJA KOLODVORA PERKOVIC
1:1.000



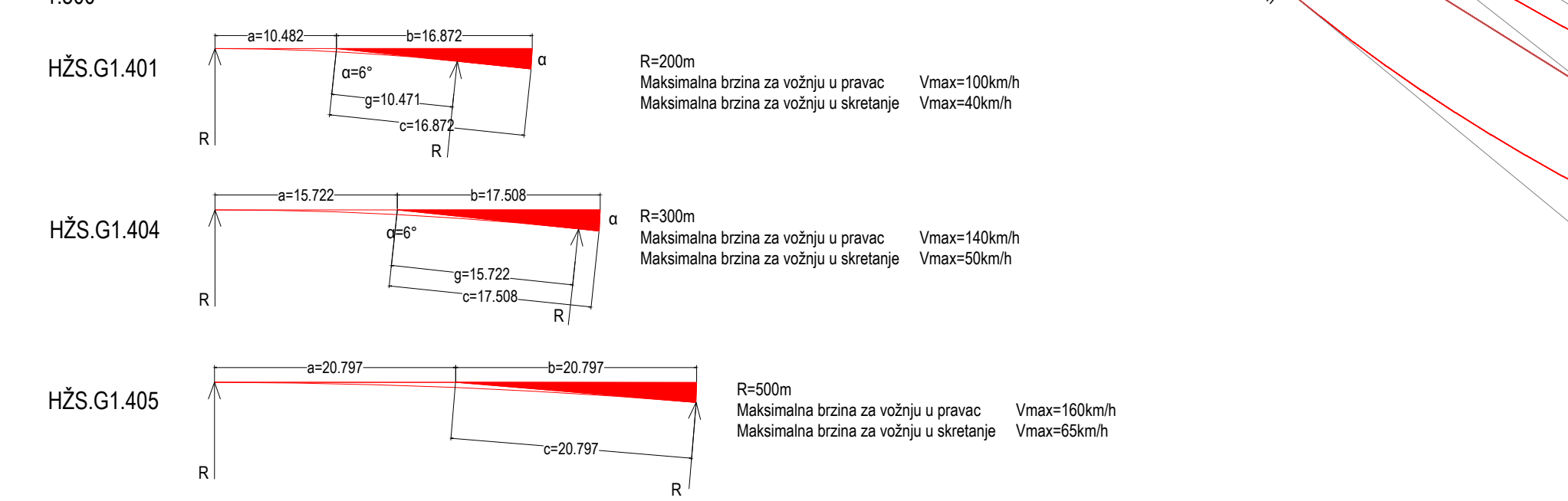
SITUACIJA KOLODVORA UNEŠIĆ
1:1.000



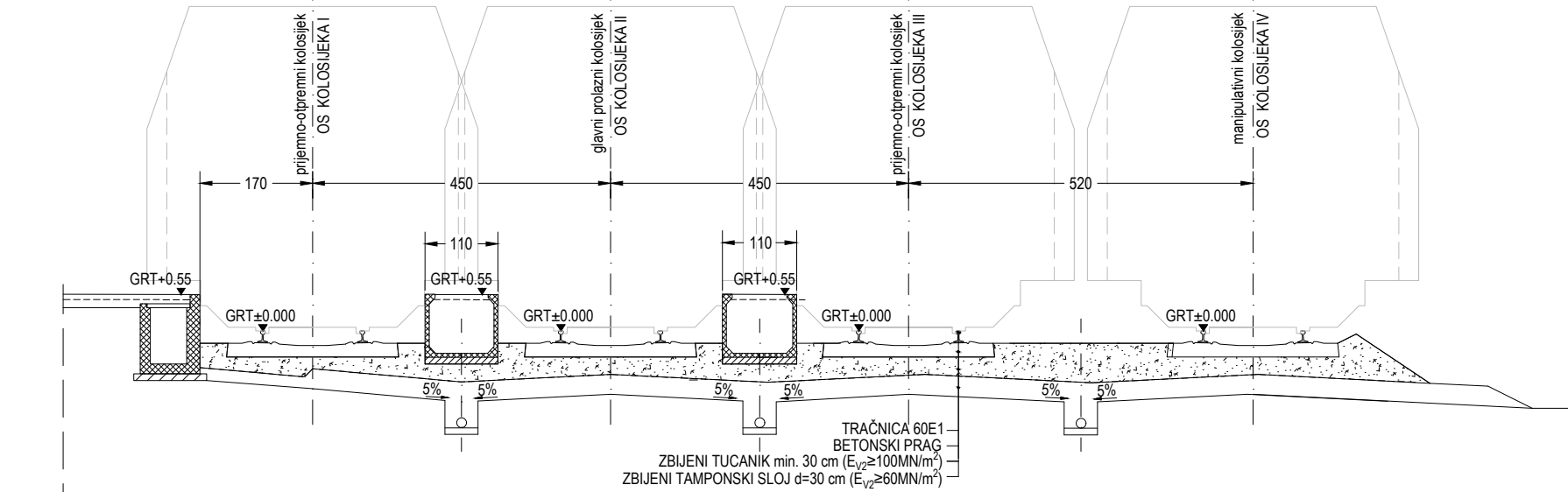
SITUACIJA KOLODVORA PRIMORSKI DOLAC
1:1.000



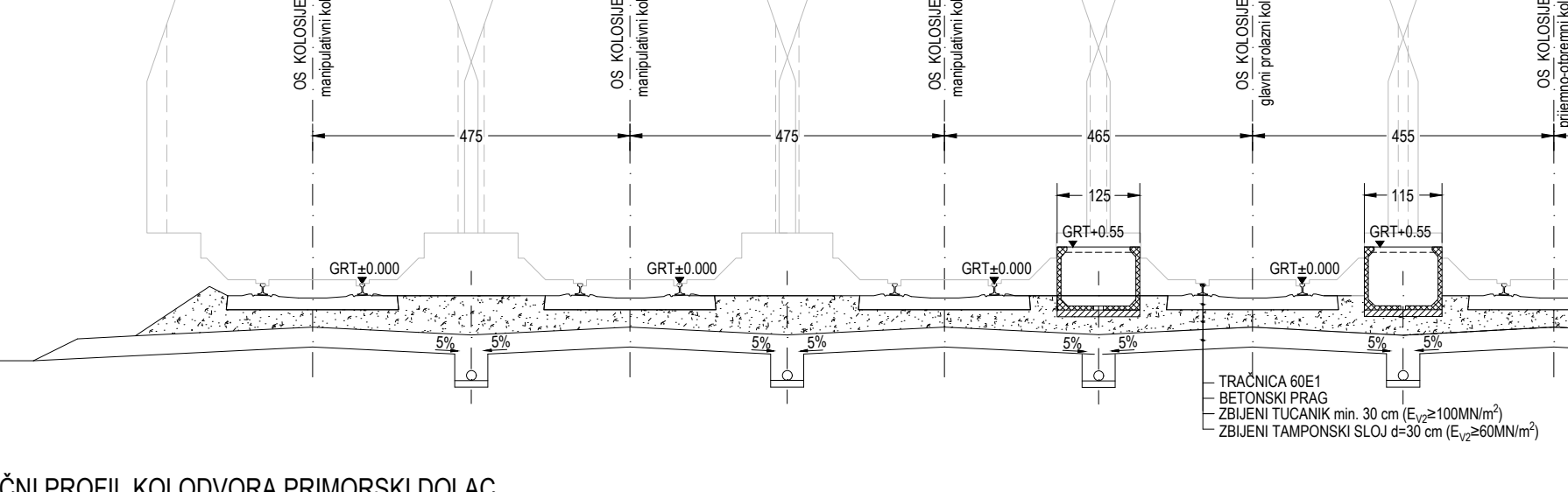
PRIMIJENJENE STANDARDNE SKRETнице
1:500



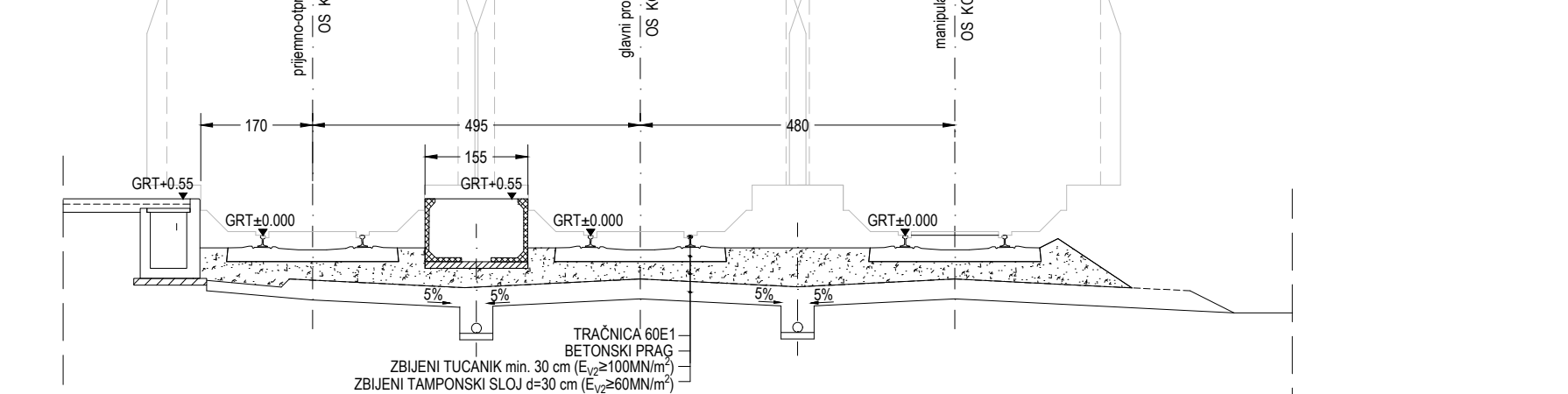
POPREČNI PROFIL KOLODVORA UNEŠIĆ
PRESJEK A-A
1:100



POPREČNI PROFIL KOLODVORA PERKOVIC
PRESJEK B-B
1:100



POPREČNI PROFIL KOLODVORA PRIMORSKI DOLAC
PRESJEK C-C
1:100



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Modernizacija željezničke pruge	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA	M604 Unešić – Perković - Primorski Dolac	
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	DUJE ZUBANOVIĆ, 0083217554	
Naziv priloga: Situacija i poprečni profili kolodvora Unešić, Perković i Primorski dolac			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:1.000, 1:500, 1:100	Broj priloga:	5.