 **HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA**
 Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva Opatija, 2020.

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661

Nijaz Mujkanović

mr.sc. Nijaz Mujkanović, dipl.ing.građ.*
 Gordana Hrelja Kovačević, dipl.ing.građ.*
 izv.prof.dr.sc. Anđelko Vlašić, dipl.ing.građ.*
 dr.sc. Mladen Srbić, dipl.ing.građ.*
 * Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb

1

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA



Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020. 

2

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: **SADRŽAJ**

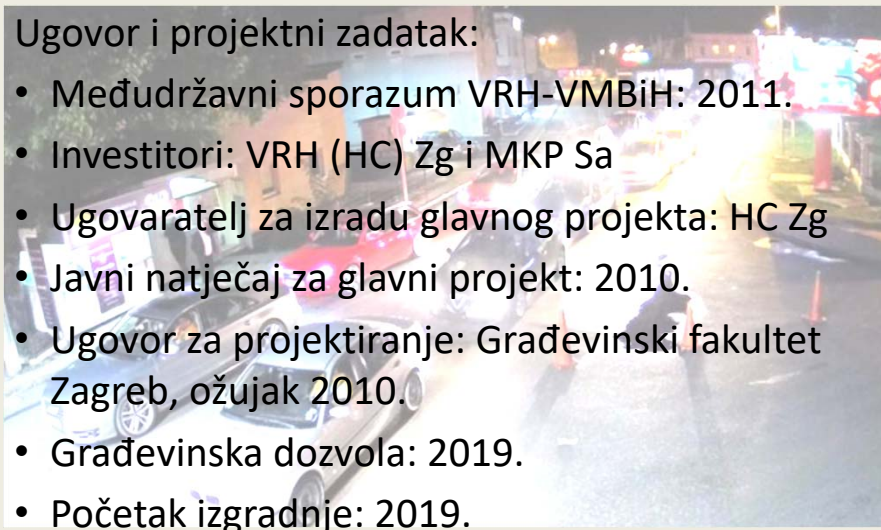


- UVOD
- UVJETI LOKACIJE
- IDEJNI PROJEKT
- PROJEKT BETONSKOG MOSTA
- PROJEKT ČELIČNOG MOSTA
- ZAKLJUČAK

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020.  3


3

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: **UVOD**



Ugovor i projektni zadatak:

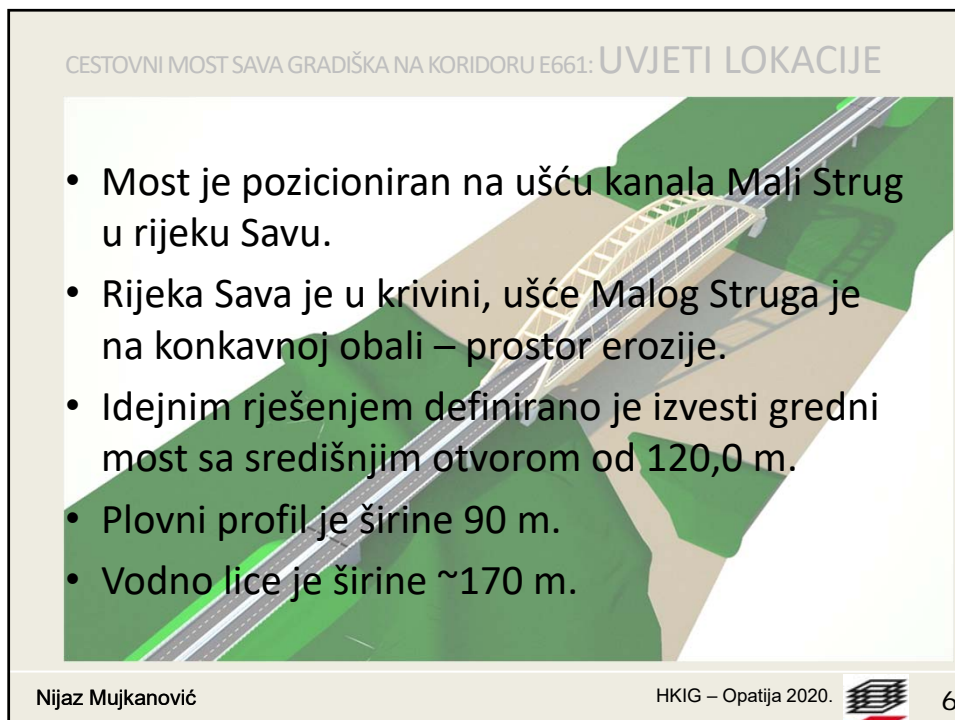
- Međudržavni sporazum VRH-VMBiH: 2011.
- Investitori: VRH (HC) Zg i MKP Sa
- Ugovaratelj za izradu glavnog projekta: HC Zg
- Javni natječaj za glavni projekt: 2010.
- Ugovor za projektiranje: Građevinski fakultet Zagreb, ožujak 2010.
- Građevinska dozvola: 2019.
- Početak izgradnje: 2019.

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020.  4

4



5



6

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: OBILAZAK TERENA



Uzvodni pogled na lokaciju mosta



Lijeva obala i položaj stupa S2



Ušće Malog Struga

Nijaz Mujkanović


HKIG – Opatija 2020.




7

7

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: OBILAZAK TERENA




Obrambeni nasip na lijevoj obali, upornjak U1 i stup S2



Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.



8

8

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: **OBILAZAK TERENA**



Desna obala:

- Široka inundacija
- Obrambeni nasip
- U dobrom društvu

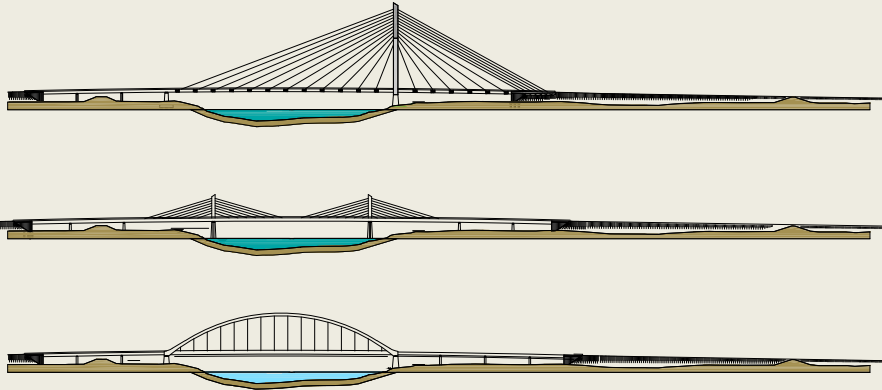
Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.  9

9


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: **IDEJNI PROJEKT**

Idejna rješenja obrađuju potez duljine 924,59 m.

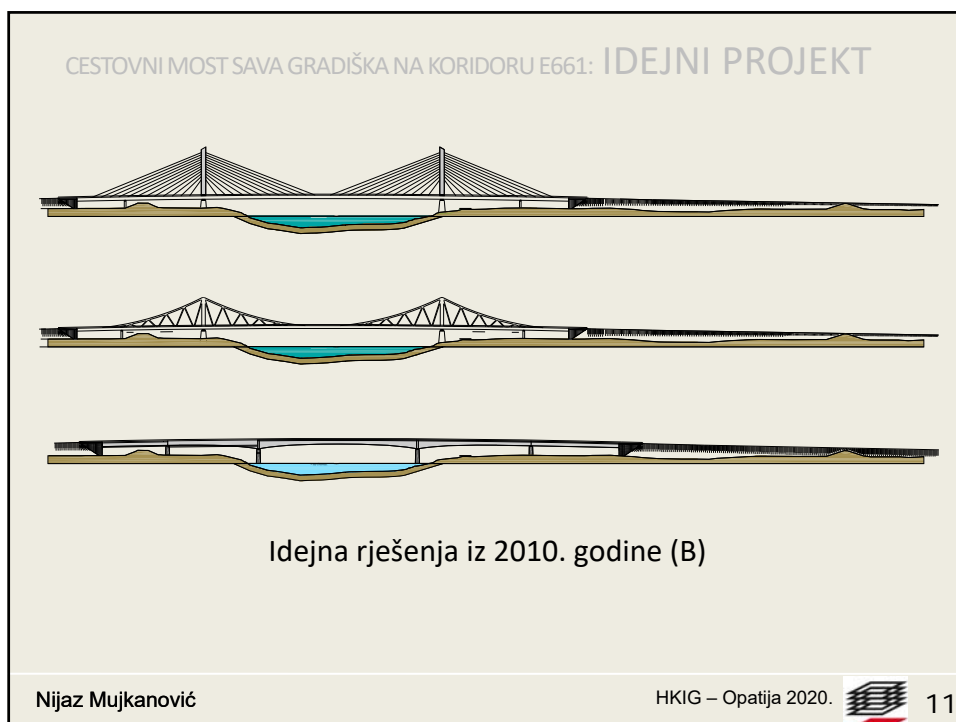


Idejna rješenja iz 2010. godine (A)

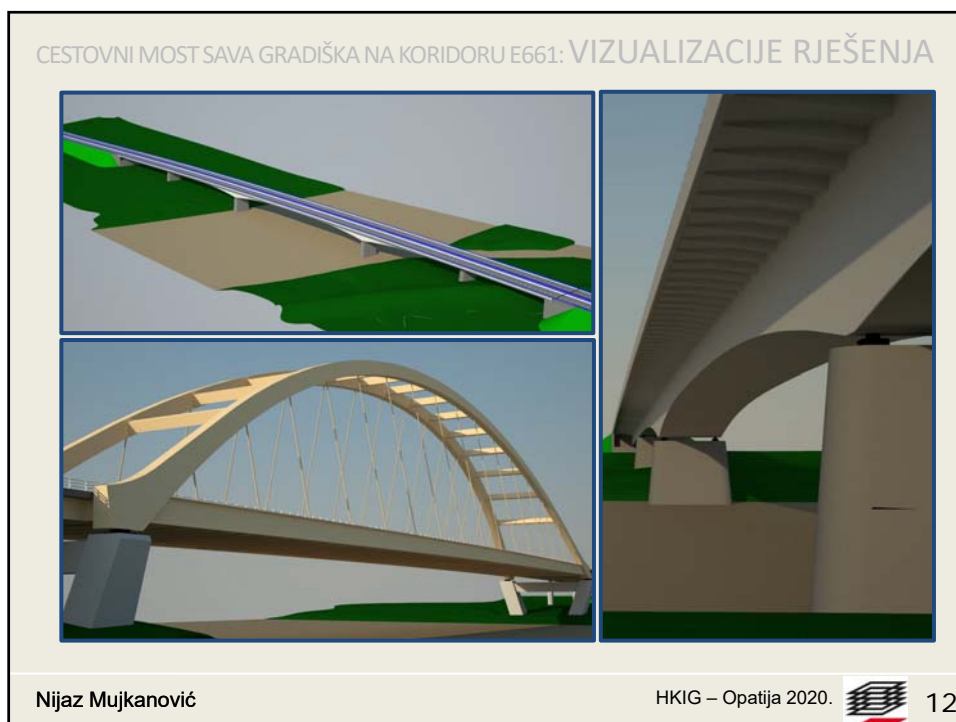
Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.  10

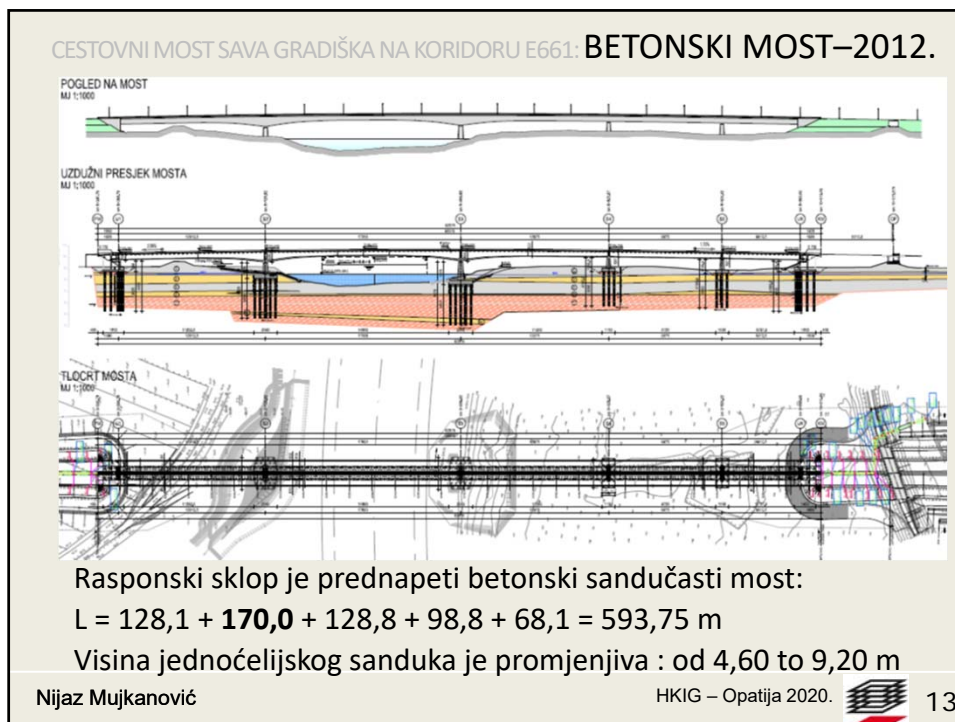
10



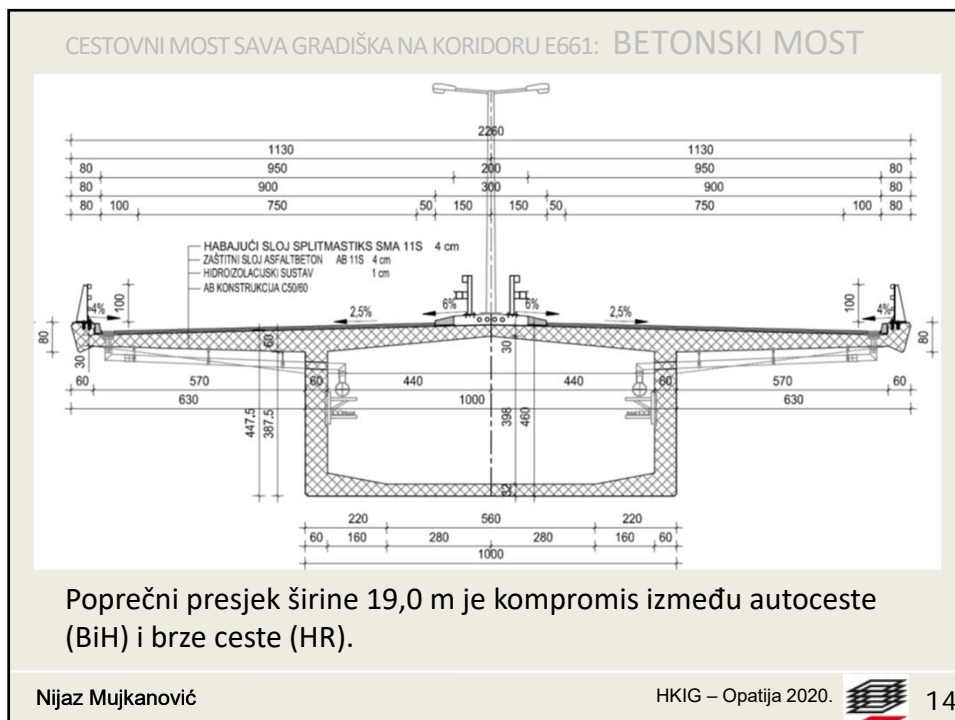
11



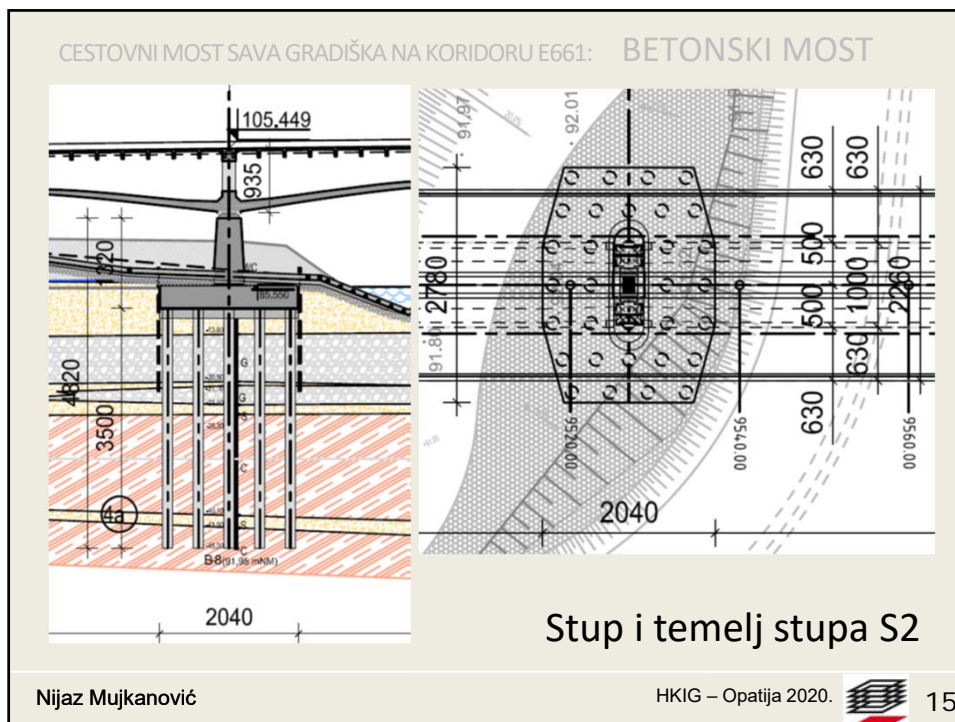
12



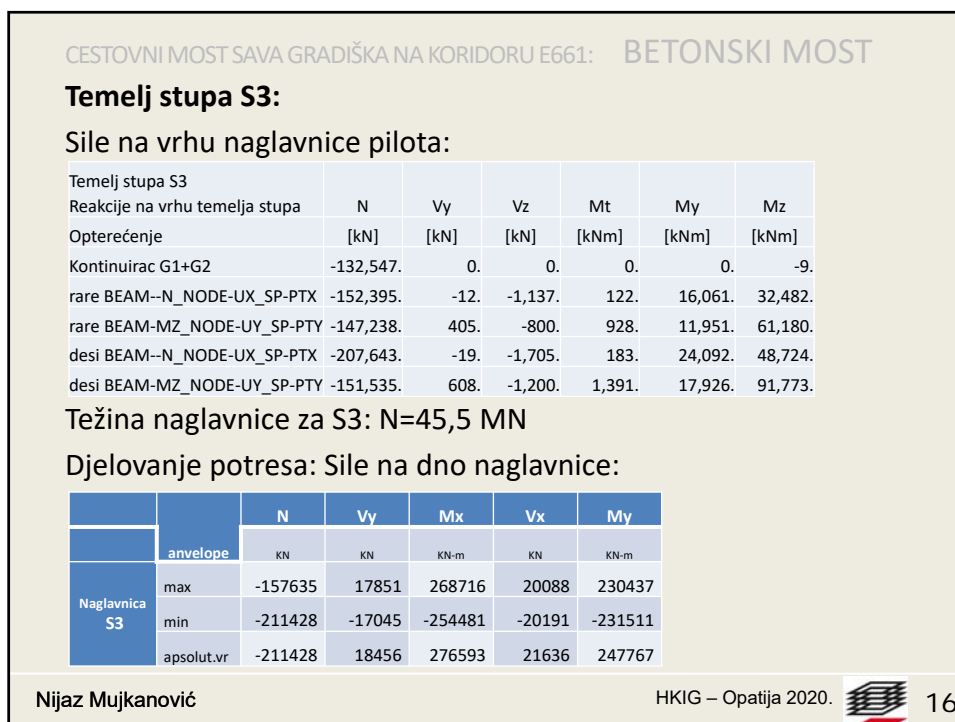
13



14



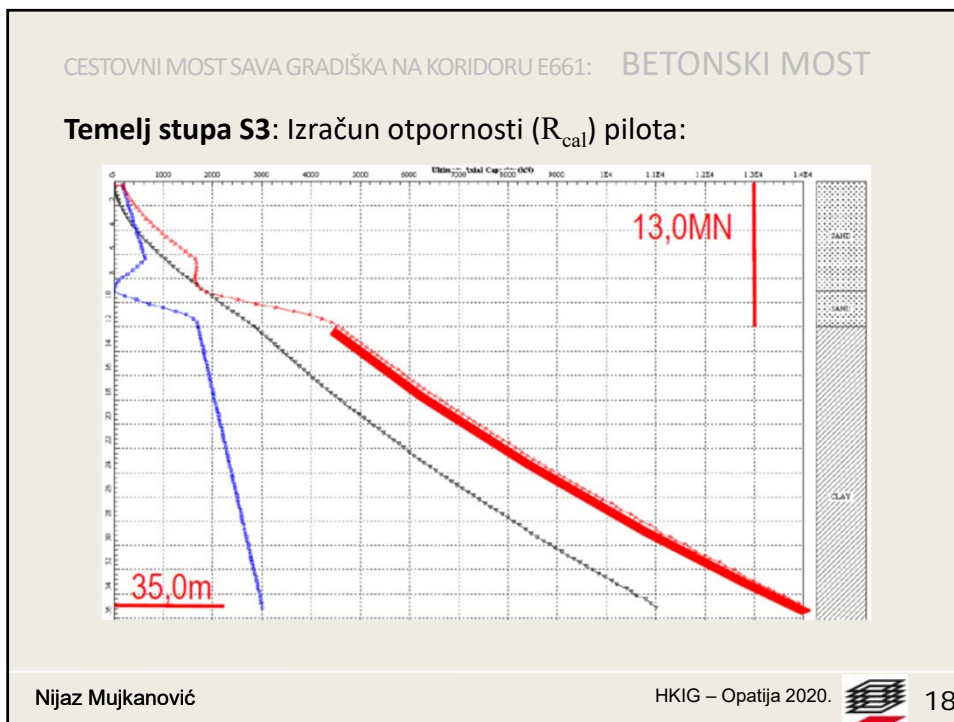
15



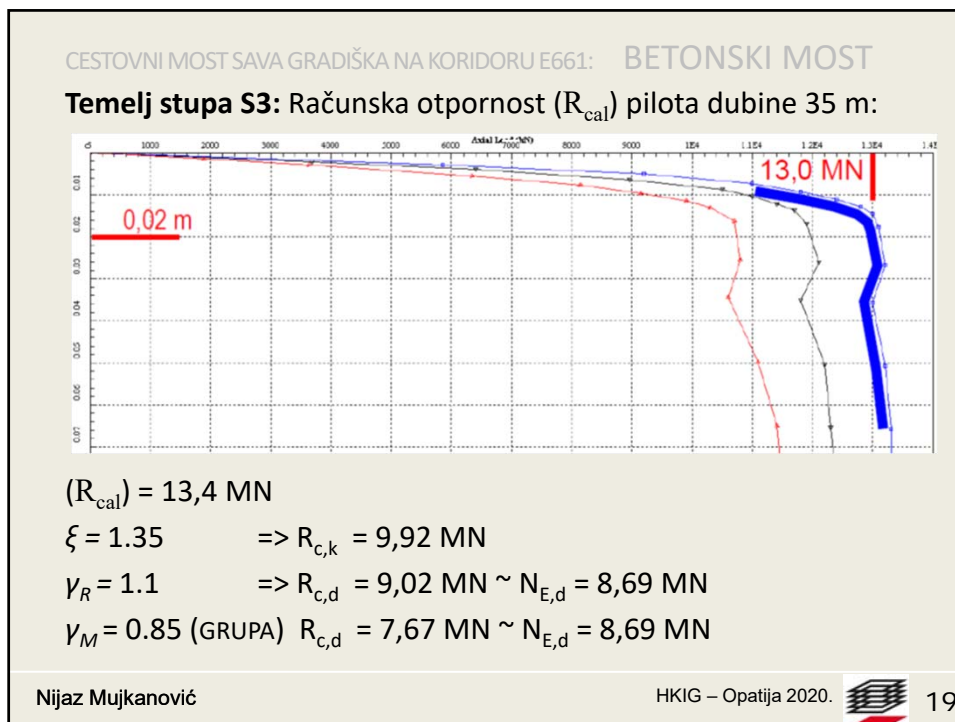
16



17



18



19

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: **BETONSKI MOST**

Pregled projektantskih cijena pojedinih radova (u kunama):

- Upornjaci U0 i U6:
 - Piloti i temeljna ploča upornjaka: **10,6 mil.**
 - Ostalo upornjaci: 7,7 mil.
 - Ukupno upornjaci: 18,3 mil.
- Stupovi S2 do S5:
 - Piloti i temeljne ploče stupova: **54,6 mil.**
 - Stupovi: 12,2 mil.
 - Ostalo stupovi: 6,5 mil.
 - Ukupno stupovi: 73,3 mil.
- Rasponski sklop (betonska greda):
 - Betonska greda: 126,3 mil.
 - Oprema i ostalo: 23,1 mil.
 - Ukupno betonski rasponski sklop: 149,4 mil.
- Obaloutvrda i zaštita od podlokavanja: 9,2 mil.
- Ostalo: 11,6 mil.
- Ukupno: **261,8 mil.kuna** (~35,0 mil.€)

Korisna površina mosta je: $A = 629,75 \cdot 21,0 = 13.225,0 \text{ m}^2$.

Cijena po m2 mosta: **$c = 19.800,0 \text{ kn/m}^2$ (2.640,0 €/m2)**

Udio temeljenja u cijeni: 25,0 %

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 20

20

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661:
 PROJEKT BETONSKOG MOSTA – 2012.

Ishođena građevinska dozvola, svibanj 2013.

Zaključci Naruđitelja:

- Obnoviti projekt mosta uz jeftinije rješenje.
- Projektirati simetrični most s tri otvora.
- Prihvaća se izvedba nasipa visine oko 14,0 m.

Nijaz Mujkanović

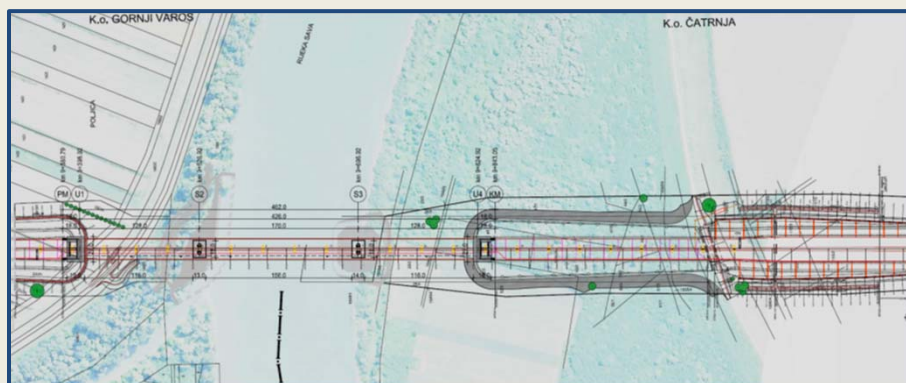
HKIG – Opatija 2020.



21

21

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661:
 PROJEKT ČELIČNOG MOSTA – 2018.



Prikaz zahvata na DOF-u, L= 924,59 m

Duljina mosta: $L = 128+170+128 = 426 + 2 \cdot 18 = 462 \text{ m}$.

Duljina nasipa u inundaciji: $L_n = 227 \text{ m}$ (prethodno je bio 60,0 m).

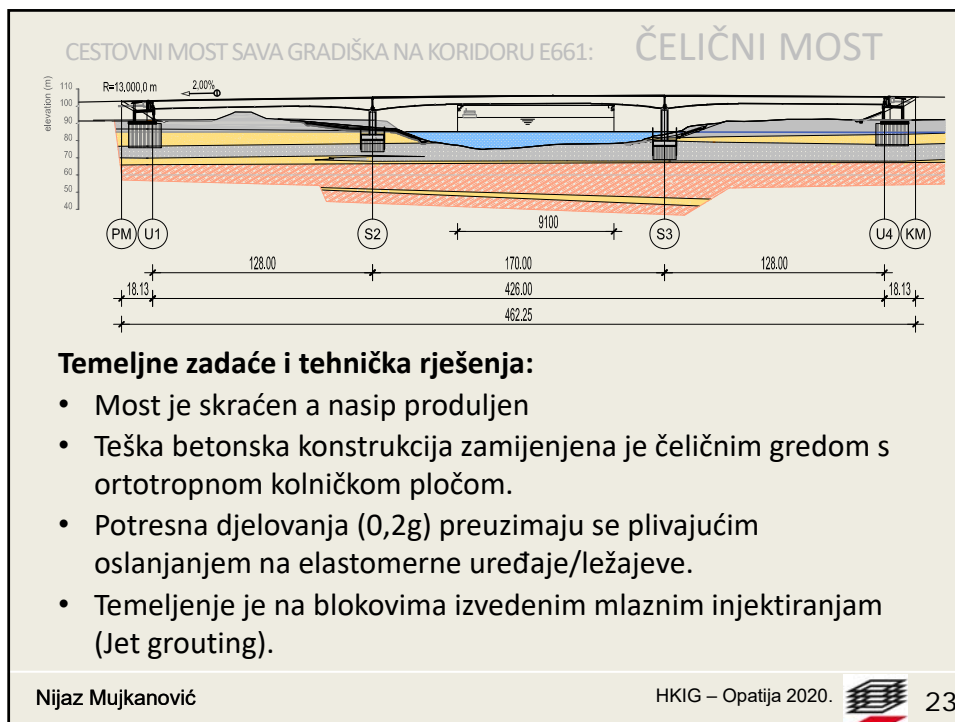
Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.

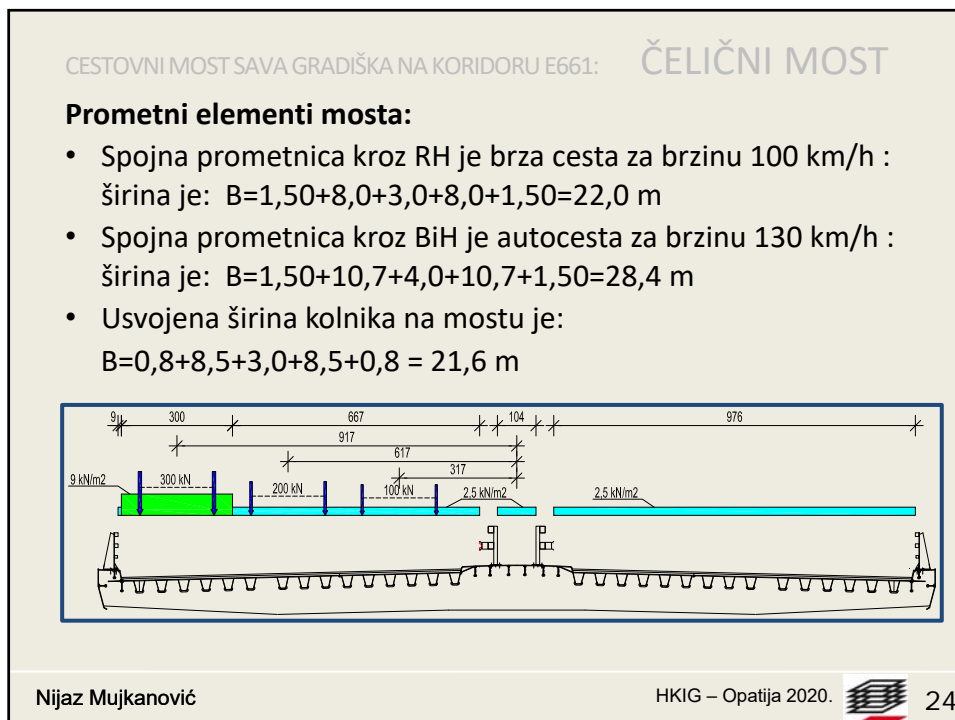


22

22



23

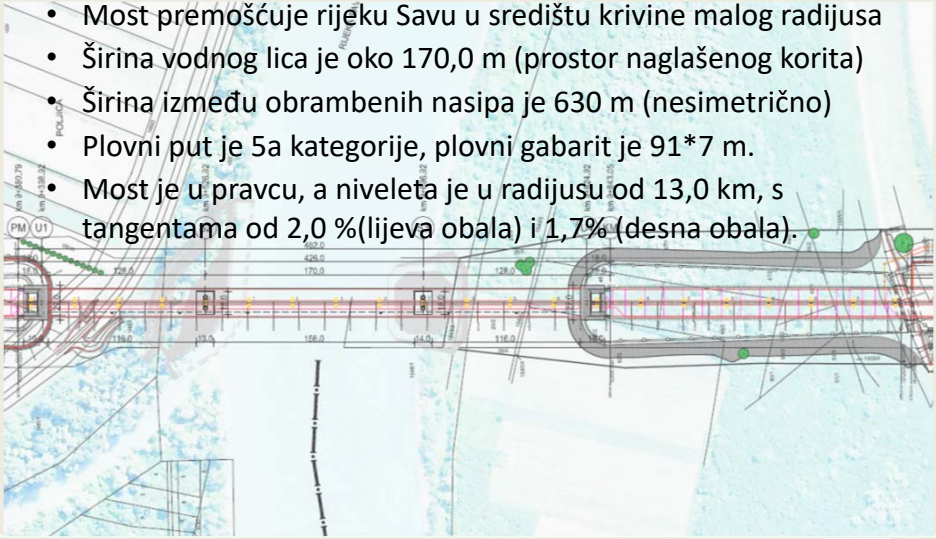


24


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Prostorni uvjeti:

- Most premošćuje rijeku Savu u središtu krivine malog radijusa
- Širina vodnog lica je oko 170,0 m (prostor naglašenog korita)
- Širina između obrambenih nasipa je 630 m (nesimetrično)
- Plovni put je 5a kategorije, plovni gabarit je 91*7 m.
- Most je u pravcu, a niveleta je u radijusu od 13,0 km, s tangentama od 2,0 % (lijeva obala) i 1,7% (desna obala).



Nijaz Mujkanović

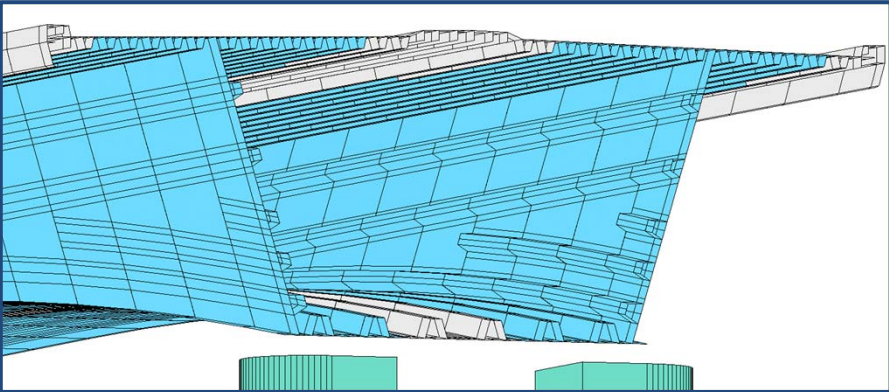
HKIG – Opatija 2020.  25

25


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop

- Kontinuirani jednočelijski sandučasti nosač raspona:
128+170+128 = 426 m
- Bočna polja (po 84 m) i srednje polje (82 m) su visine 4,50 m
- Visina sanduka nad stupovima je 7,50 m – parabolična promjena



Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.  26

26

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop

- Razmak hrptova pri spoju na kolničku ploču je 13,5 m, a pri spoju na donji pojas 9,0-10,8 m
- Debljina kolničkog lima je 14 mm, a 20 mm nad stupovima
- Kolnički lim je ukrućen s 30 trapeznih rebara 300/160*300*8, na razmaku od 600 mm.
- Hrbat je debljine 16 mm, ukrućen s najviše 5 trapeznih rebara 400/250*250*8 do 540/300*400*12

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 27

27

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop – donji pojas:

- Donji pojas je promjenjive debljine od 16 do 20 mm, a uz ležaj se podebljava do 50 mm
- Ukrućen je sa šest rebara 400/250*250*8 do 600/300*500*16

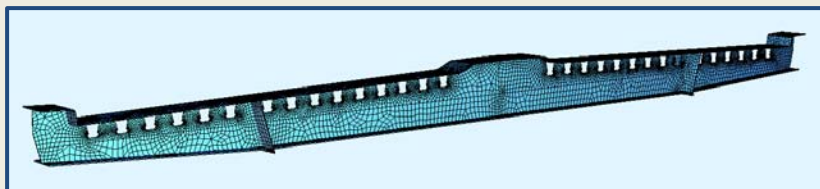
Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 28

28

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop – poprečni okviri:

- Poprečni okviri su na razmaku od 4,0 m
- Poprečni nosač kolnika ima hrbat 1000*12 i donji pojas 400*20



- Vertikalne ukrute hrpta su od hrpta 800*12 i pojasa 350*16
- Poprečni nosač donjeg pojasa ima hrbat 800*12 do 1200*16 i gornju pojas 400*16 ili 400*20
- Dijagonale K sprega na svakom drugom okviru su cijevi $\Phi 219*8$

Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.



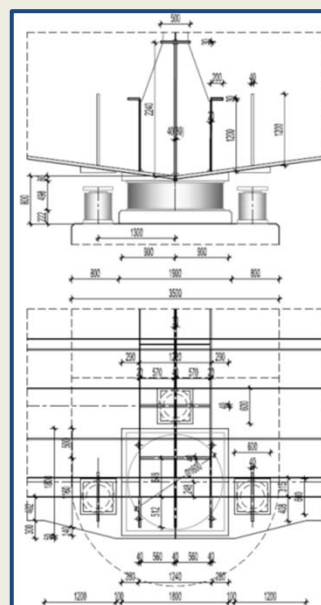
29

29

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop – poprečni okviri:

- Dijafragme iznad stupova su debljine 40 mm i odgovarajuće ukrućene
- Materijal je S355
- Količina čelika je 4.800 t
- Za površinu od 9.980,0 m²:
 $g = 481,0 \text{ kg/m}^2$
- Antikorozivna zaštita je C4 sukladno HRN EN ISO 12944-2. Tri sloja ostvaruju ukupnu debljinu od 320 μm (400 μm na rubovima).



Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.



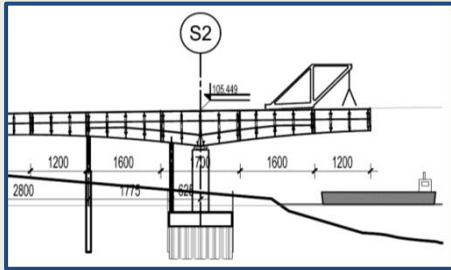
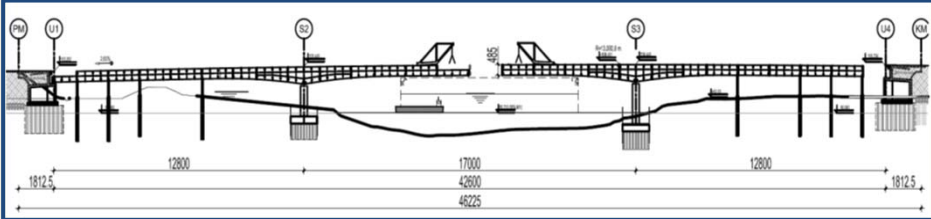
30

30

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop – montaža:

- Montaža bočnih raspona je na skeli, a montaža srednjeg raspona je konzolnim postupkom, obostrano.
- Predviđeni su transportni segmenti najvećih izmjera 2,5*3,0*16 m, mase najviše do 15 tona (30 t nad stupovima)

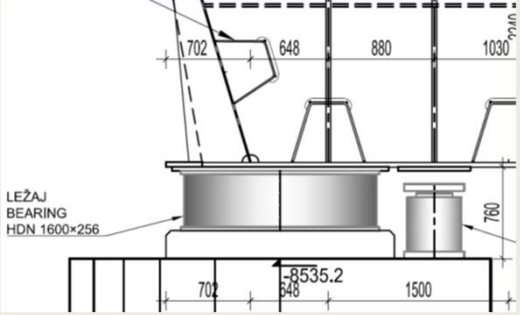
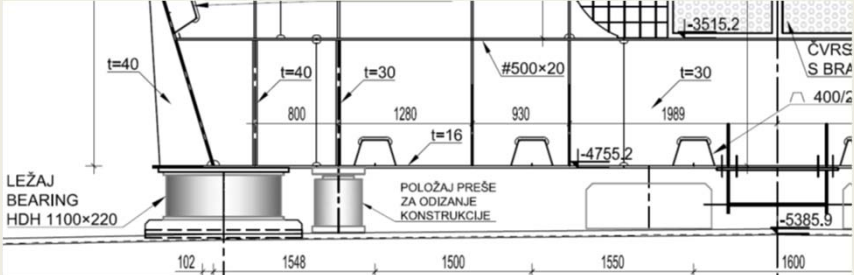
Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 31

31

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Rasponski sklop – ležajevi:

- Usvojeni su seizmički elastomerni ležajevi s prigušenjem $\xi = 14-16\%$
- Na upornjacima se ugrađuju bočni graničnici

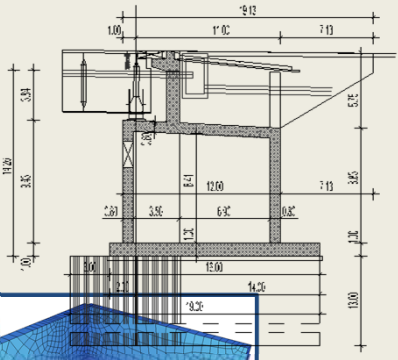
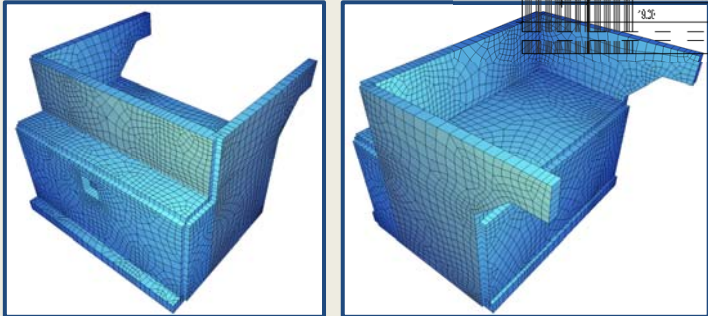
Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 32

32


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Upornjaci U1 i U4

- Upornjaci su sandučaste betonske konstrukcije visine do 16,2 m
- Elementi su debljine 0,8 m
- Krila su ukrućena rebrima
- Ispod ležajeva su rebra

Nijaz Mujkanović

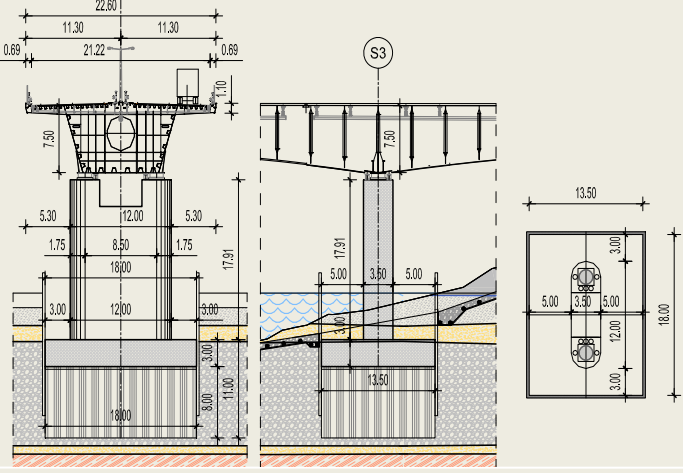
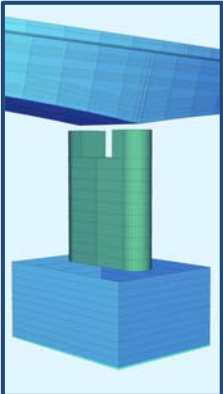
HKIG – Opatija 2020.  33

33


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Stupovi S2 i S3

- Puni stupovi su konture 12,0*3,5 m, s polukružnim krajevima
- S2 je visine 13,4 m, a S3 je visine 17,9 m

Nijaz Mujkanović


HKIG – Opatija 2020.  34

34


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje upornjaka

- Temeljna ploča je debljine 1,0 m, tlocrta 15,5*23,0 m
- Mlazno injektirano tlo površine 20*28 m do dubine 13 m



Nijaz Mujkanović

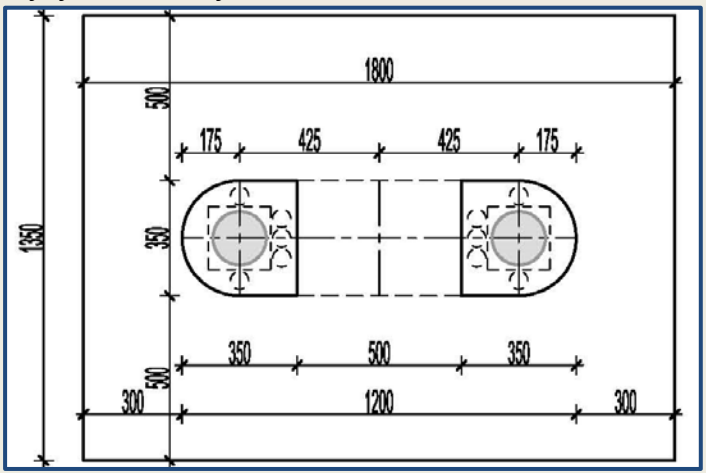
HKIG – Opatija 2020.  35

35


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje stupova S2 i S3

- Temeljna ploča je debljine 3,0 m, tlocrta 13,5*18,0 m
- Tlo ispod temelja je mlazno injektirano



Nijaz Mujkanović

HKIG – Opatija 2020.  36

36

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje stupova S2 i S3

- Temeljenje se izvodi u zagatu od čeličnih talpi
- Tlo ispod temelja se kompaktira u jedinstven vodonepropustan blok – svladava uzgon
- Tlo (pijesak/šljunak) se injektira stupnjacima na razmaku 1,0m, posmaknuto za 0,5 m, tako da je razmak bušotina 0,87 m.

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 37

37

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje stupova S2 i S3 – sile na temeljno tlo

Navodi se izvadak akcija na dnu temelja (na vrhu poboljšanog tla) stupova S2 i S3 – akcije su na razini SLS:

DJELOVANJE	S2					S3				
	N	My	Vz	Mz	Vy	N	My	Vz	Mz	Vy
Stalno	53.514					57.927				
Promet	14.122	6.480	418	34.422	37	14.114	7.950	398	32.790	60
Vjetar opterećen	2.225	3.468	249	19.408	951	2.223	4.309	248	21.574	914
Vjetar neopterećen	2.683	3.382	249	17.690	870	2.682	4.262	252	19.684	838
Temperatura	332	6.814	440			334	8.355	418		
Kočenje	374	3.486	225			585	4.082	204		
Udar broda		53.716	4.610	88.688	8.410	68.573	4.316	116.060	8.223	
Potres svi smjerovi	6.135	70.241	8.304	79.142	8.468	7.701	89.799	8.522	102.340	10.373

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 38

38

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje stupa S3 – proračun nosivosti temeljnog tla

Nosivost plitkog pravokutnog temelja za vertikalno opterećenje (pojednostavljeni proračun - vertikalno opterećenje i momenti; vodoravno opt. preuzima pasivni otpor) STUP S3

(os mosta = os x; vodoravna os okomita na x = os y; Mx = moment oko osi x; My = moment oko osi y)

Napomena: proračun prema HRN EN 1997/NA (proračunski pristup 3)

Parcijalni koef.	Bez potresa	S potresom
gama_G	1,35	1,00
gama_Q	1,50	1,00
gama_AE	x	1,00
gama_fi', gama_c'	1,25	1,25

Dimenzije temelja (u m)	b (os x)	l (os y)
	13,50	18,00

PRORAČUNSKO DJELOVANJE: pd (prosječni faktorizirani pritisk na efektivnoj temeljnoj površini A' na razini dna betonskog temelja)												
Kombinacije opterećenja	Nk	Mx,k	My,k	Nd	Mx,d	My,d	ex = Mx,d/Nd	ey = My,d/Nd	b' = b - 2 ex	l' = l - 2 ey	A' = b'l'	pd = Nd/A'
	(MN)	(MNm)	(MNm)	(MN)	(MNm)	(MNm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(MPa)
Stalno, G	58,00	0,00	0,00	78,30	0,00	0,00						
Prometno, Q	15,00	8,00	33,00	22,50	12,00	49,50						
Stalno + prometno	73,00	8,00	33,00	100,80	12,00	49,50	0,12	0,49	13,26	17,02	225,69	0,447
Potres - komb. 1	65,70	90,00	30,90	65,70	90,00	30,90	1,37	0,47	10,76	17,06	183,56	0,358
Potres - komb. 2	65,70	27,00	103,00	65,70	27,00	103,00	0,41	1,57	12,68	14,86	188,45	0,349

PRORAČUNSKA OTPORNOST: qf,d ; qf,d = 0,5 * b' * l' * Ngama * sigma_v * (Nq - 1) * sq										
Parametri tla	b' (m)	l' (m)	qf,d (MPa)							
fi'k (stupnjevi) =	17,33	sigma'_v (MPa) = j' d.t. =	0,13							
fi'd (stupnjevi) =	14,02	Nq (-) =	3,59							
j' (MN/m ³) - uronj. zapr. tež. =	0,01	Ngama (-) =	1,29							
d.t. (m) - dubina temeljenja =	13,00									

(konzervativno: fi'k = 20 st, c'k = 0, d.t. = dubina temeljenja = dubina poboljšanja ~ 13 m)

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 39

39

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje stupa S3 – proračun slijeganja

Tlo: S (krupnozrno), C (sitnozrno); Korelacija: E_par (MPa) = k * N_60; za tlo "C": k = 0,7; za tlo "S": k = 1 (*); deformacija sloja = pr * a * delta I_s /

Legenda: d - dubina ispod površine tla; r,b. - redni broj; d.v.s. - dubina vrha sloja; d.d.s. - dubina dna sloja; d.v.s. sloja 1 = d

Parametar	Vrijed.	r,b. sloja (i)	tlo	d.v.s. (m)	d.d.s. (m)	N_60 (SPT)	E_par (MPa)	I_s vrha (-)	I_s dna (-)	delta I_s (-)	deformacija sloja (m)	Slijeg. vrha sloja (m)
B, m (širina temelja) =	13,50	1	S	3,00	10,00	100	100,00	1,0000	0,6966	0,3034	0,011	0,159
L, m (dubina temelja) =	18,00	2	S	10,00	15,00	15	15,00	0,6966	0,5157	0,1809	0,042	0,148
d, m (dubina temeljenja) =	3,00	3	S	15,00	18,00	18	18,00	0,5157	0,4389	0,0769	0,015	0,106
a, m (ekvival. potunjer = sqrt(L/n)) =	8,79	4	C	18,00	23,00	17	11,90	0,4389	0,3476	0,0913	0,027	0,091
V, MN (vertikalno opterećenje) =	60,00	5	C	23,00	29,00	22	15,40	0,3476	0,2759	0,0717	0,016	0,065
v, MN/m ³ (jed. tež. tla ispod tem.) =	0,010	6	C	29,00	39,00	19	13,30	0,2759	0,2039	0,0720	0,019	0,049
p, MPa (kontaktni pritisak = V/(B*L)) =	0,2469	7	S	39,00	43,00	32	32,00	0,2039	0,1844	0,0195	0,002	0,030
pr, MPa (reduc. kont. pritisak = p - j'd) =	0,2169	8	C	43,00	43,00	33	23,10	0,1844	0,1844	0,0000	0,000	0,028
		9	C	43,00	100,00	33	23,10	0,1844	0,0774	0,1070	0,016	0,028
		10	C	100,00	1000,00	30	21,00	0,0774	0,0076	0,0699	0,012	0,012

UKUPNO SLIEGANJE TEMELJA: 0,159 m

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020. 40

40

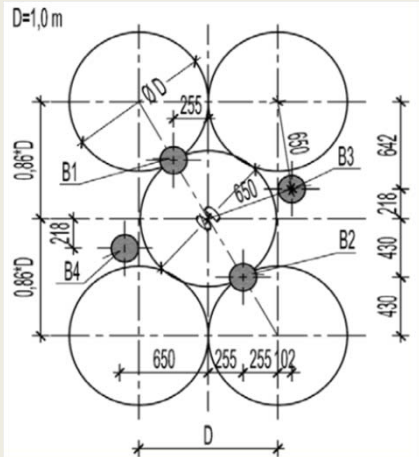
CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje – provjera tehnologije mlaznog injektiranja


- Zadano je provjeriti tehnološki postupak izvedbe mlaznog injektiranja – izrada probnih polja

Postavljeni uvjeti čvrstoće:

- Čvrstoća B1 i B2 veća od 10 MPa
- Čvrstoća B3 i B4 veća od 3 MPa



Nijaz Mujkanović

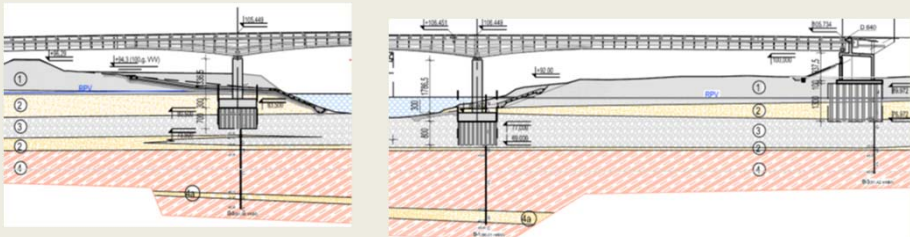
HKIG – Opatija 2020.  41

41


CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ČELIČNI MOST

Temeljenje – tehničko praćenje ponašanja temelja

- Zadano je ugraditi po tri skupa od po četiri geodetska repera:
 - na temeljne ploče
 - na razini terena
 - na vrhu upornjaka / stupa
- Praćenje ponašanja je kontinuirano tokom izgradnje i tokom eksploatacije



Nijaz Mujkanović


HKIG – Opatija 2020.  42

42

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ZAKLJUČAK

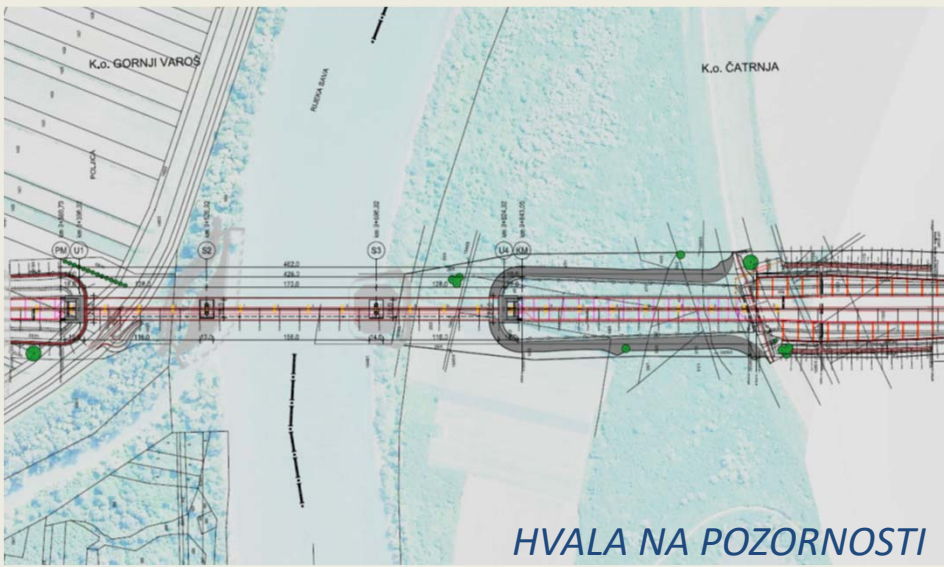
Zaključak:

- Građevinska dozvola ishoda je u ožujku 2019.
- Projektantska procjena troška izgradnje:
 - most: ~20,0 mil.€
 - pristupi: ~10,0 mil.€
 - ukupno: ~30,0 mil.€
- Raspisan natječaj za izgradnju, tri ponuditelja:
 - I.I. + ĐĐM + ZM: 19,5 mil.€
 - Hering + Mostograd. 33,2 mil.€
 - ICM SPA + Maeg: 37,0 mil.€
- Radovi izgradnje započeli u listopadu 2019.


Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020.  43

43

CESTOVNI MOST SAVA GRADIŠKA NA KORIDORU E661: ZAKLJUČAK



HVALA NA POZORNOSTI

Nijaz Mujkanović HKIG – Opatija 2020.  44

44