



Izvedba i montaža mosta kopno – otok Čiovo

Tonči Musulin, Marko Đuran, Tomislav Stepić

Tonči Musulin, mag.ing.aedif., Strabag AG, Zagreb

Marko Đuran, mag.ing.aedif., PLAN PLUS d.o.o., Zagreb

Tomislav Stepić, mag.ing.aedif., PLAN PLUS d.o.o., Zagreb

Sadržaj izlaganja

- 1) Uvod
- 2) Organizacija gradilišta
- 3) Zaštita građevinskih jama i izvedba stupova
- 4) Proizvodnja i montaža rasponske čelične konstrukcije



Uvod

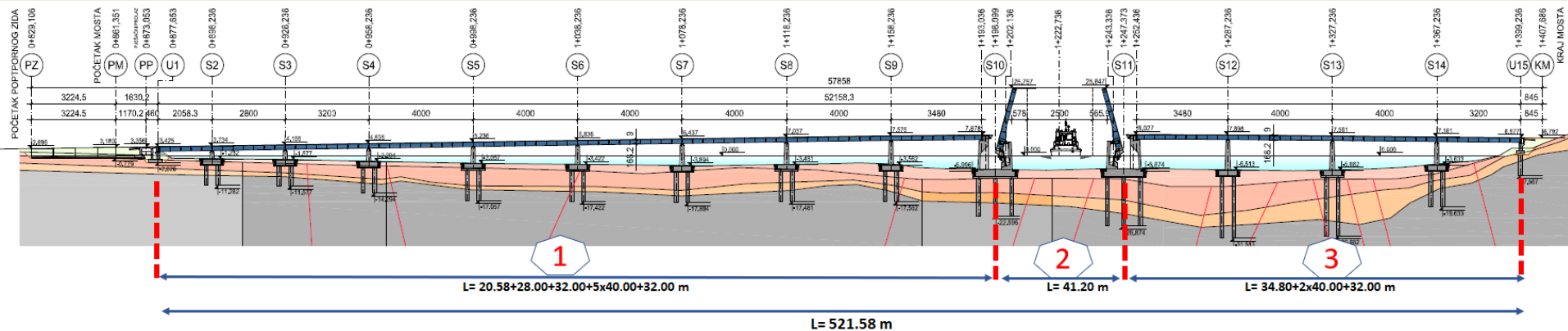


Lokacija mosta

Uvod

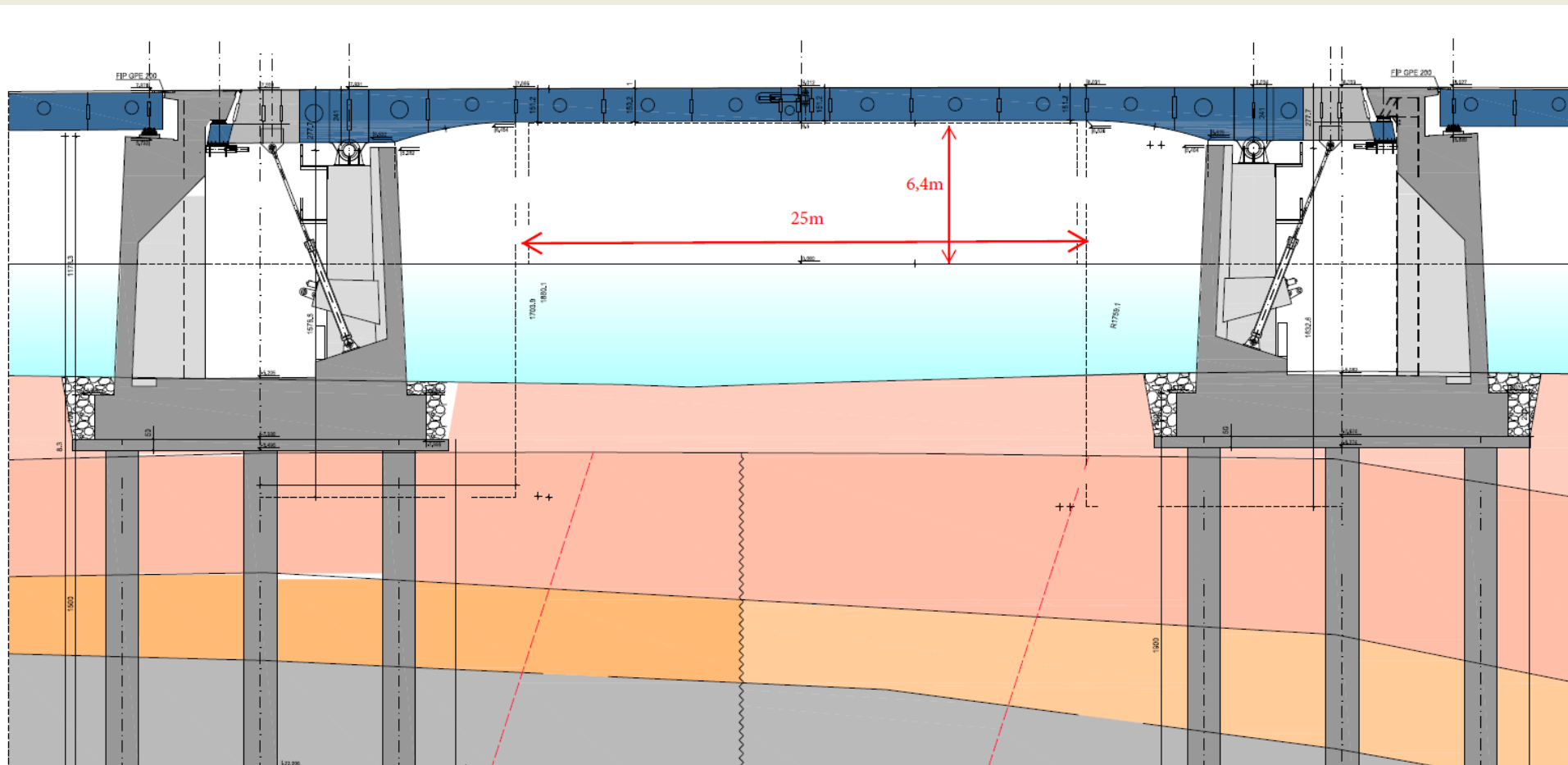
Uzdužna dispozicija mosta: 3 dilatacije:

- 1.dilatacija; sa strane kopna; rasponi: $20,58+28,00+32,00+5 \times 40,00+34,80$ m
- 2.dilatacija; pokretni most, raspon 41,20m
- 3.dilatacija; sa strane Čiova; rasponi: $34,80+2 \times 40,00+32,00$ m
- Ukupna duljina mosta mjereno od osi krajnjih oslonaca na upornjacima je 521,58m



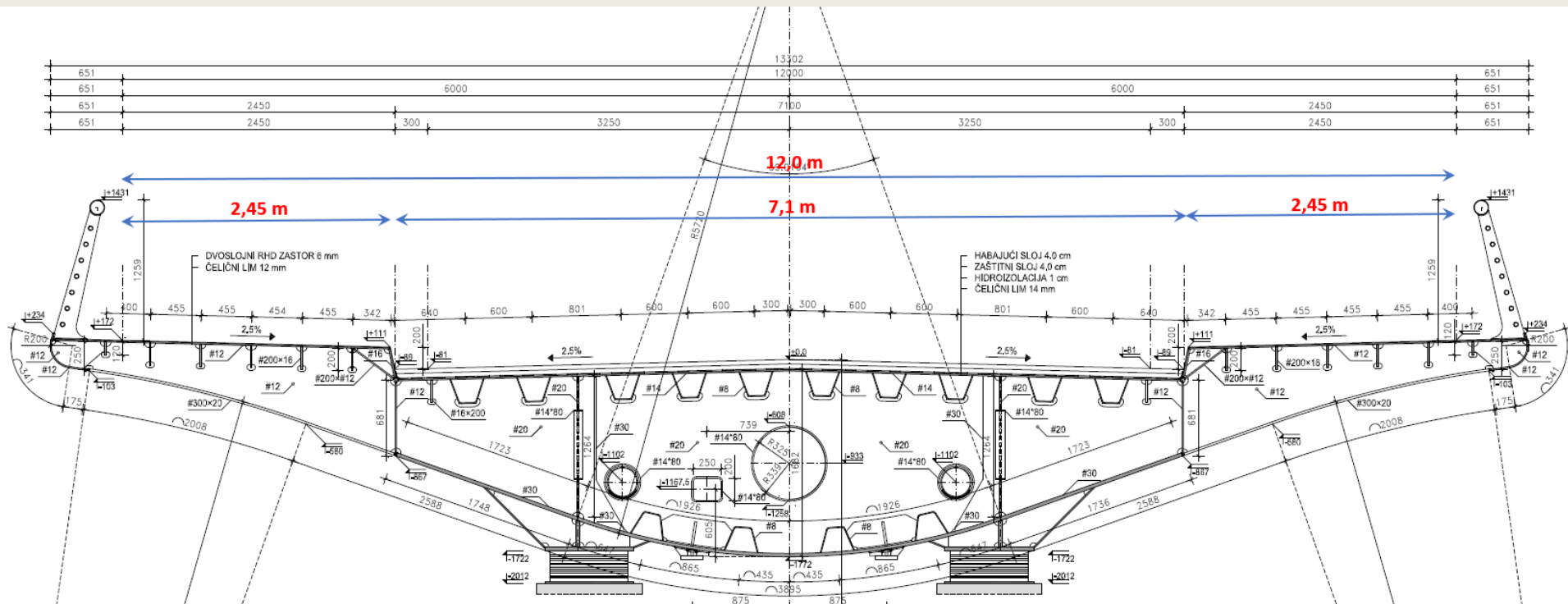
Uvod

- Plovni put u zatvorenom položaju mosta: 25x6,4m



Uvod

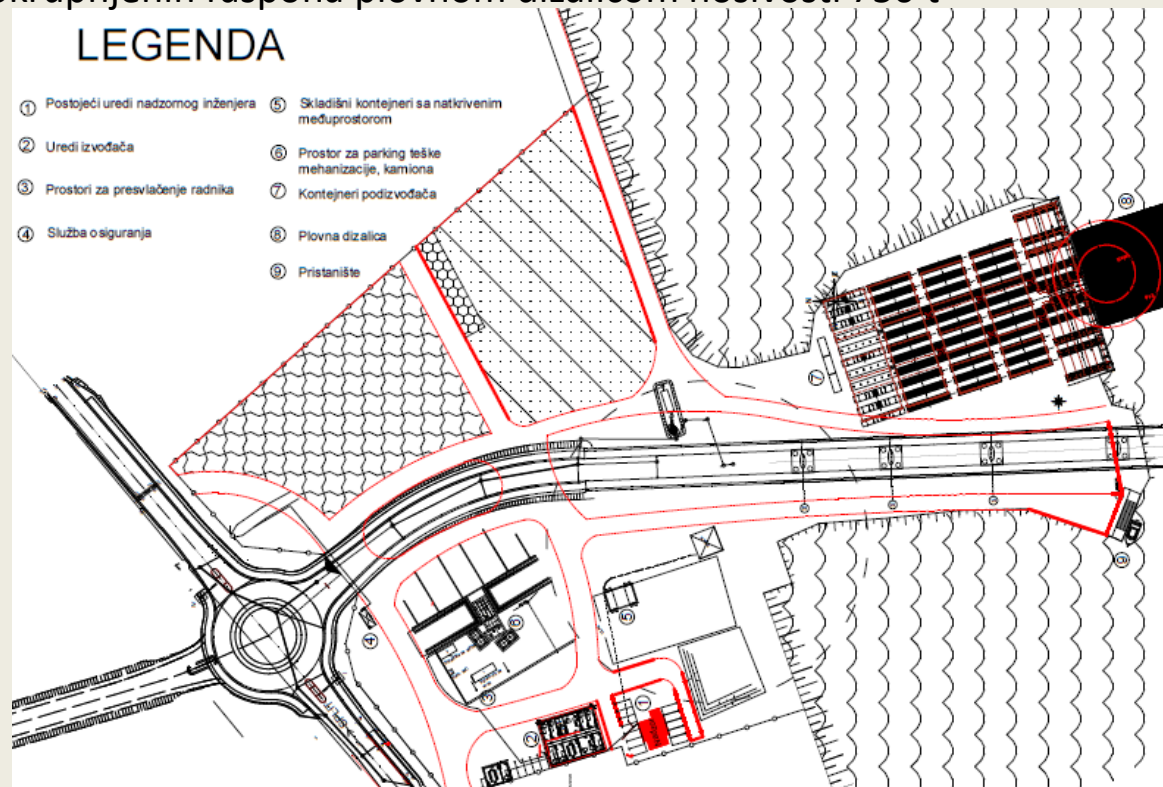
- Širina mosta:
 - Kolnik: 7,1 m
 - Pješačka i biciklistička staza: 2x2,45 m
 - Ukupna korisna širina mosta: 12,0 m
 - Dvostrešni nagib kolnika od 2,5%



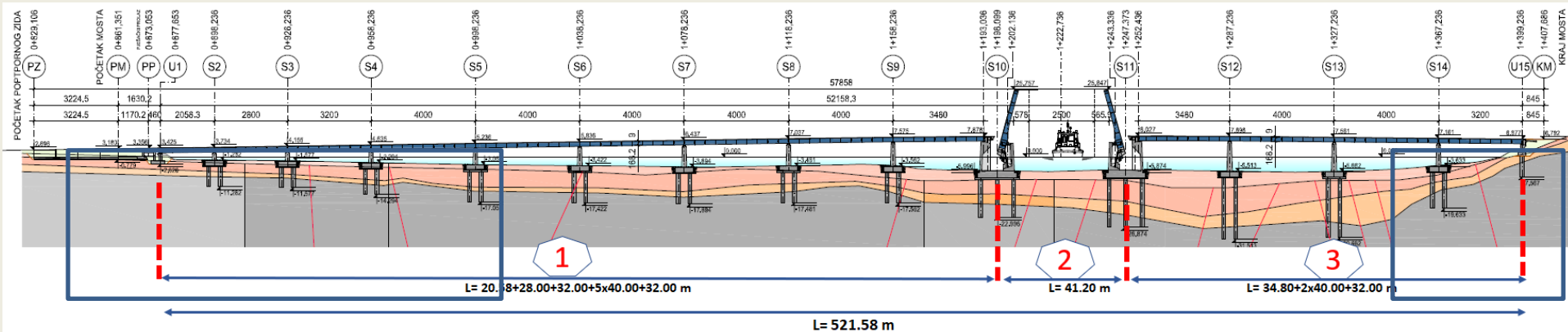
ZAŠTITA GRAĐEVINSKIH JAMA I IZVEDBA STUPOVA

- Koncepti:

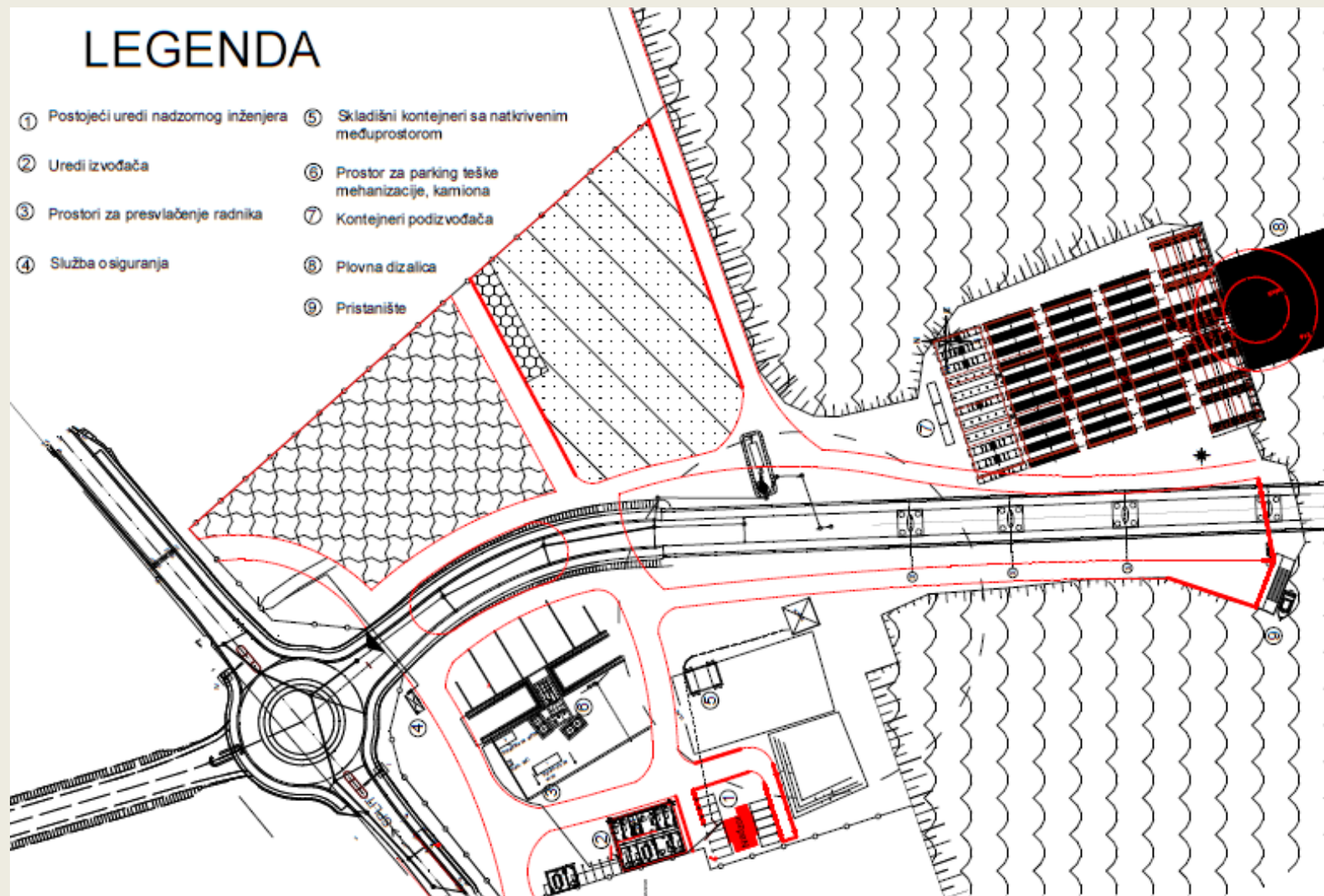
- Mala dubina na rasponima S2-S5 → Izrada privremenog nasipa za bušenje pilota i montažu čelične konstrukcije
- Okrupnjavanje čelične konstrukcije u 40 m rasponu izvodi se na gradilištu
- Montaža okrupljenih raspona plovnom dizalicom nosivosti 750 t



RADOVI NA PRIVREMENOM NASIPU

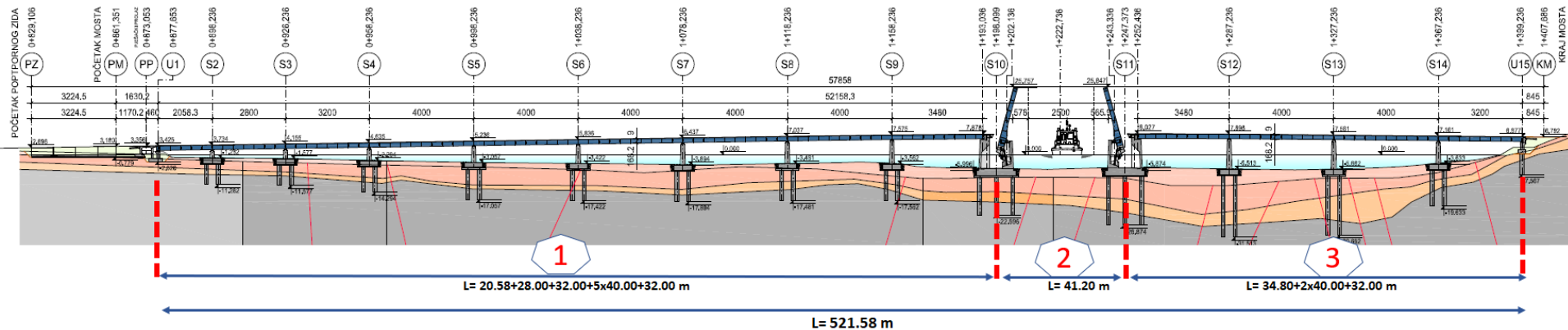


Organizacija gradilišta



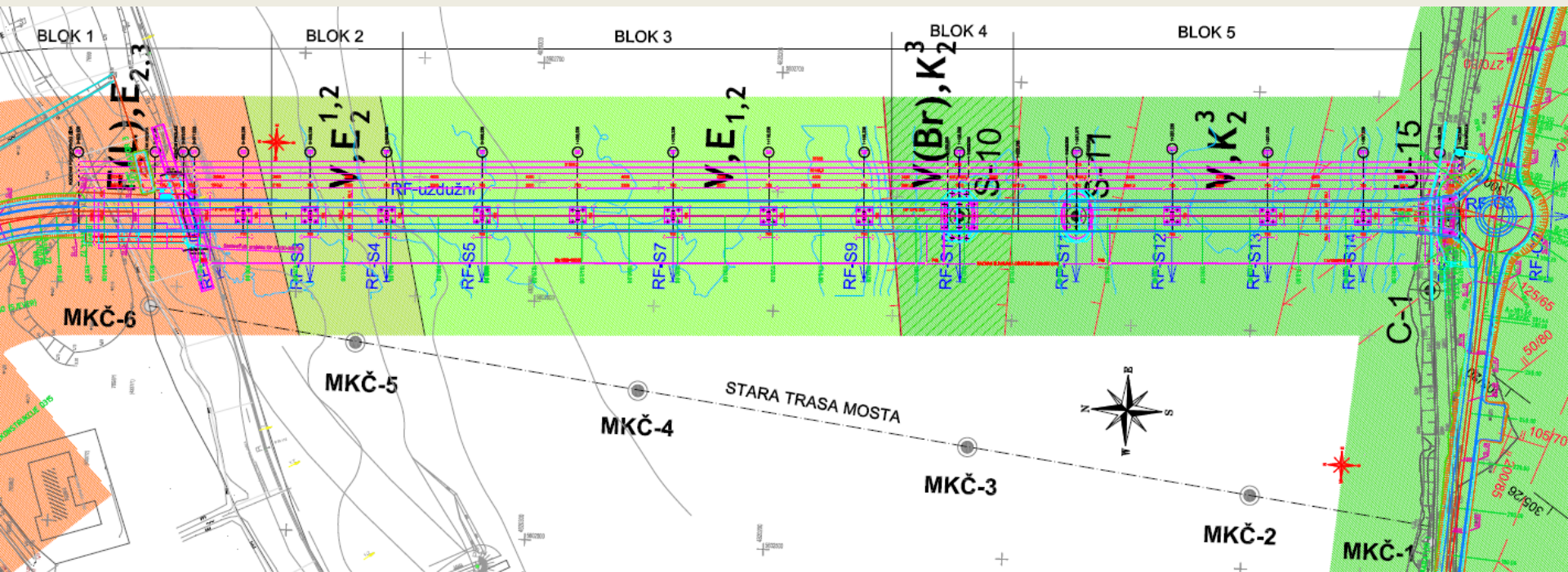
AB RADOVI

- Specifičnosti:
 - Eliptični stupovi promjenjivog poprečnog presjeka po visini
 - Sustav za pokretanje mosta smješten u stupovima S10 i S11
 - Duboko temeljenje sa AB bušenim pilotima i naglavnica u razini morskog dna
 - U fazi izvedbe potrebno uskladiti građevinsku i strojarску struku (pitanje preciznosti)



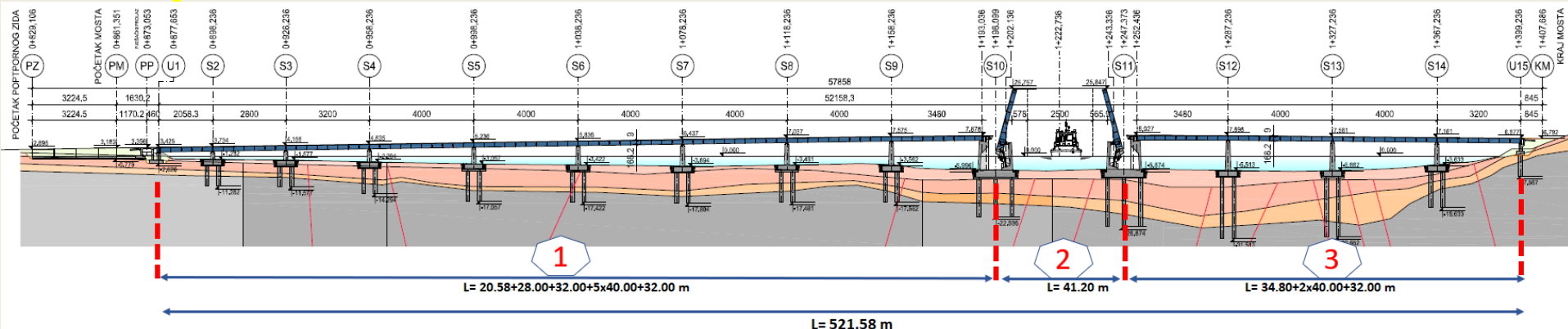
GEOLOGIJA

- **Geoistražni radovi u fazi projektiranja:**
 - Istražne bušotine provedene u 2 faze
 - Nakon promjene trase mosta provedene samo na stupnom mjestu S10 i S11
- **Naknadni geoistražni radovi u fazi izvođenja:**
 - Ustanovljen smanjen površinski pojas gline i pojavu stijenske mase bliže razini morskog dna



Temeljenje mosta

- Temeljenje malih stupova S2-S9 i S12-S14 i upornjaka U15
 - AB bušeni piloti $\varnothing 1500$ ($\varnothing 1350$ mm u stijeni) duljina od 6 do 24 m'
 - Pilot mora završiti uklještenjem u kvalitetnoj stijenskoj masi u duljini od 2-4 promjera pilota
 - Naglavnice pilota dimenzija 7,0 x 7,5 x 2,0 m' u razini morskog dna
- Temeljenje malih stupova S10 i S11
 - AB bušeni piloti $\varnothing 1500$ duljina od 12 do 24 m' (13 po stupnom mjestu)
 - Naglavne ploče pilota poligonalnog oblika u razini morskog dna maksimalnih dimenzija (21,5 x 15,10) x 2 m



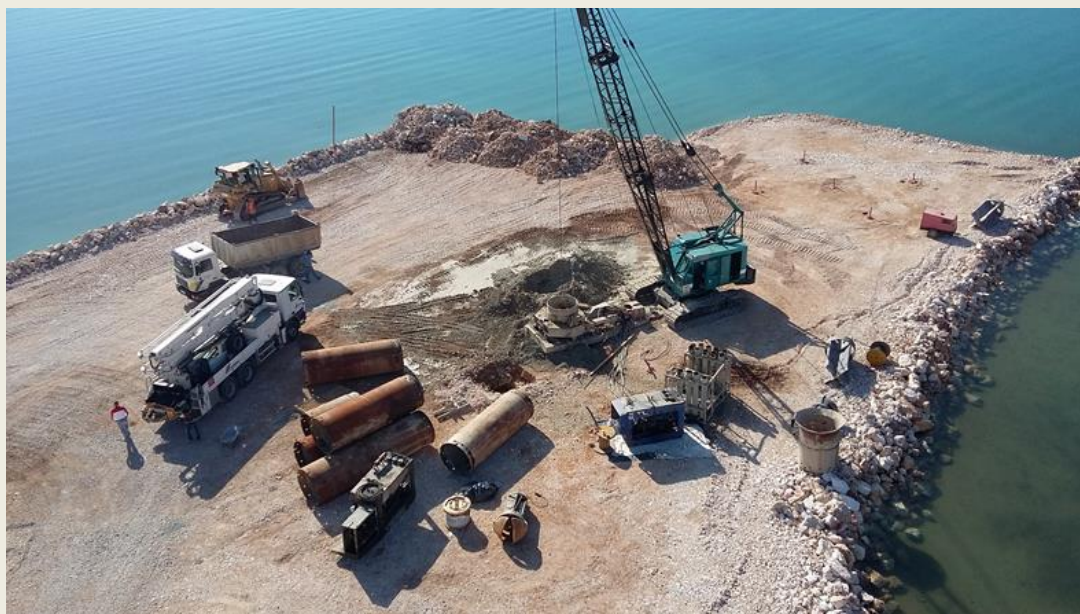
Izvedba AB bušenih pilota

- Stupovi S2-S5 i upornjak U15
 - Bušenje pilota sa privremenog nasipa
 - Doprema materijala za ugradnju (armaturnih koševa i betona) omogućena bez korištenja plovne opreme
 - Ne ovisi o vremenskim prilikama (vjetar, kiša, stanje mora....)
- Stupovi S6-S14
 - Bušenje pilota uz korištenje adekvatne plovne opreme
 - Ovisi o vremenskim utjecajima
 - Doprema materijala za ugradnju trajektima i radnim brodicama

Već kod izrade prvih pilota uočena odstupanja ➡ manji sloj površinskog nadsloja gline potrebne za osiguranje vodonepropusnog sloja kod zaštite građevne jame čeličnim žmurjem



Izvođenje AB bušenih pilota na nasipu



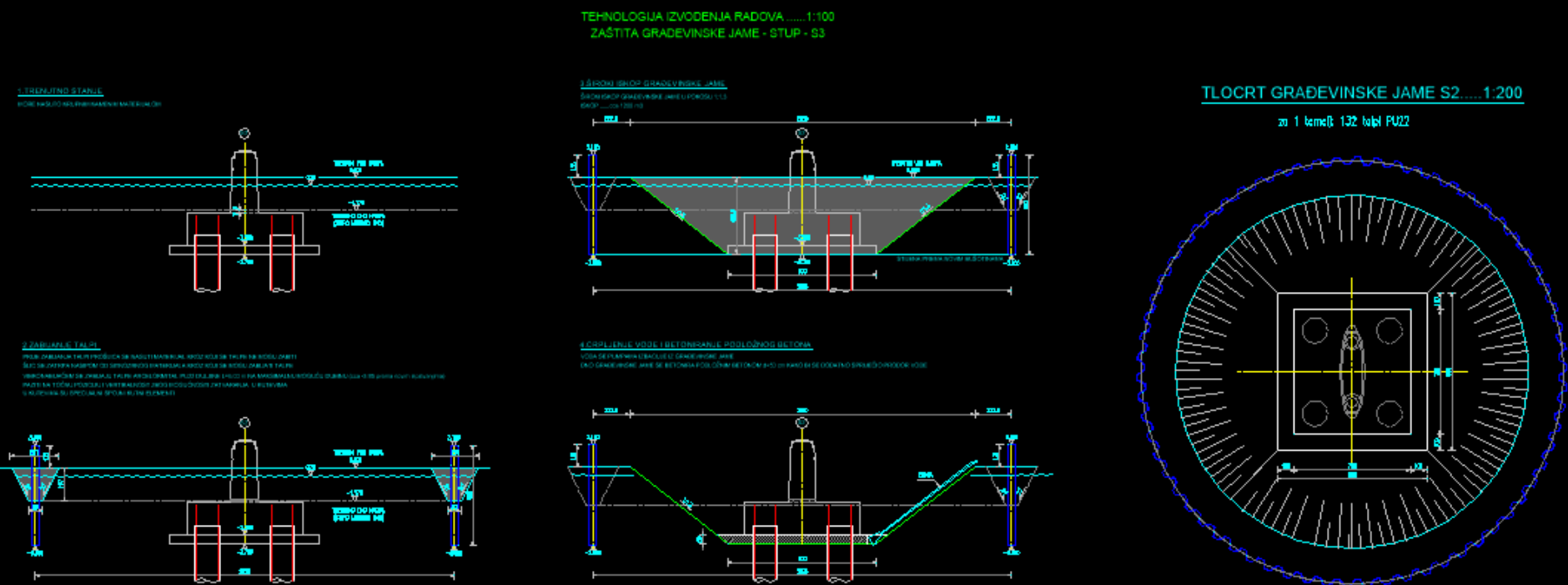
ZAŠTITA GRAĐ. JAMA STUPOVA

- GLAVNI PROJEKT
 - Zaštita građ. jama uz upotrebu čeličnog žmurja sa razupiranjem u minimalno 2 razine u cilju osiguranja izvođenja radova u „suhome”
- STANJE NA TERENU:
 - Pojava stijenske mase viša u odnosu na projektom predviđenu
 - Debljina površinskog sloja neophodna za pobijanje talpi neujednačena, što rezultira nejednakim dubinama pobijanja ➡ problem osiguranja vodonepropusnosti
- ODABRANE TEHNOLOGIJE
 - Nakon novo provedenih istražnih bušotina odabrana su 3 načina izrade zagata:
 - Zaštita građ. jame čeličnim žmurjem stupova S2-S5 i S14 na privremenom nasipu bez razupiranja
 - Zaštita građ. jama morskih stupova S6-S9 i S12-S13 uz upotrebu montažnih elemenata
 - Zaštita velikih stupova S10 i S11 čeličnim žmurjem uz razupiranje u 3 razine

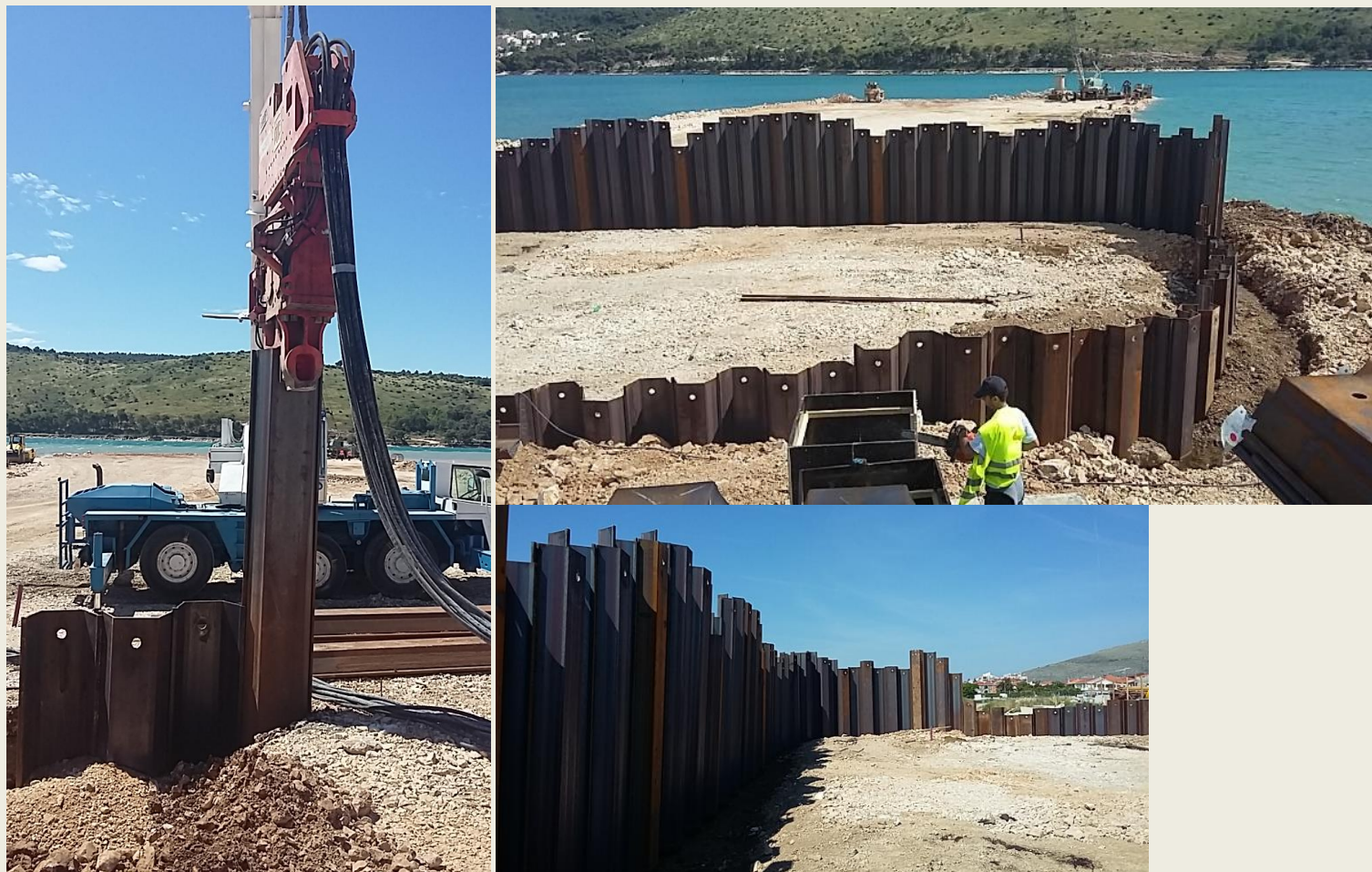


ZAŠTITA GRAĐ. JAMA STUPOVA

- ČELIČNIM ŽMURJEM NA PRIVREMENOM NASIPU BEZ RAZUPIRANJA
 - Pobijanje talpi duljina 6-12 m uz korištenje vibročekića u radijusu od 10-14 m
 - Nakon pobijanja izvodi se iskop materijala do dubine kote dna podložnog betona
 - Pokos nasipa = razuporna konstrukcija zagatu



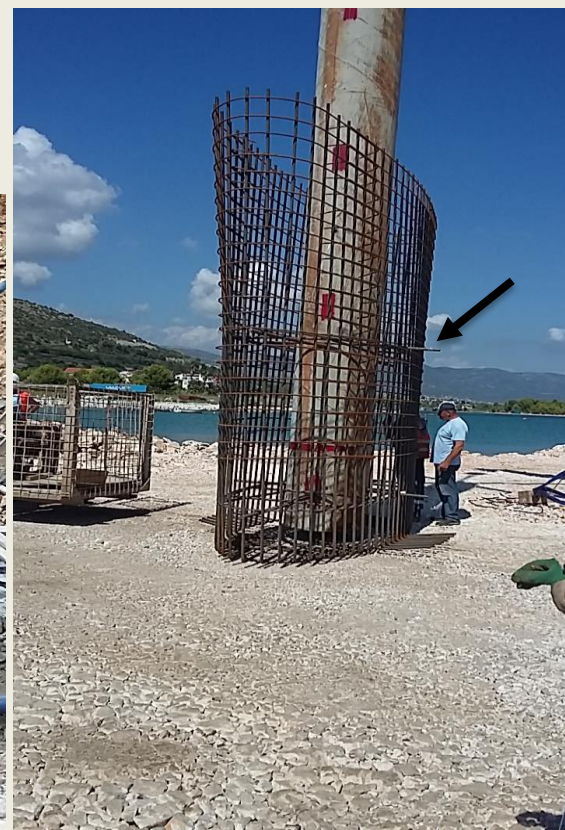
ZAŠTITA GRAĐ. JAMA ŽMURJEM BEZ RAZUPIRANJA



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA ŽMURJEM BEZ RAZUPIRANJA



PRVI AB RADOVI NA „KOPNENIM” STUPOVIMA



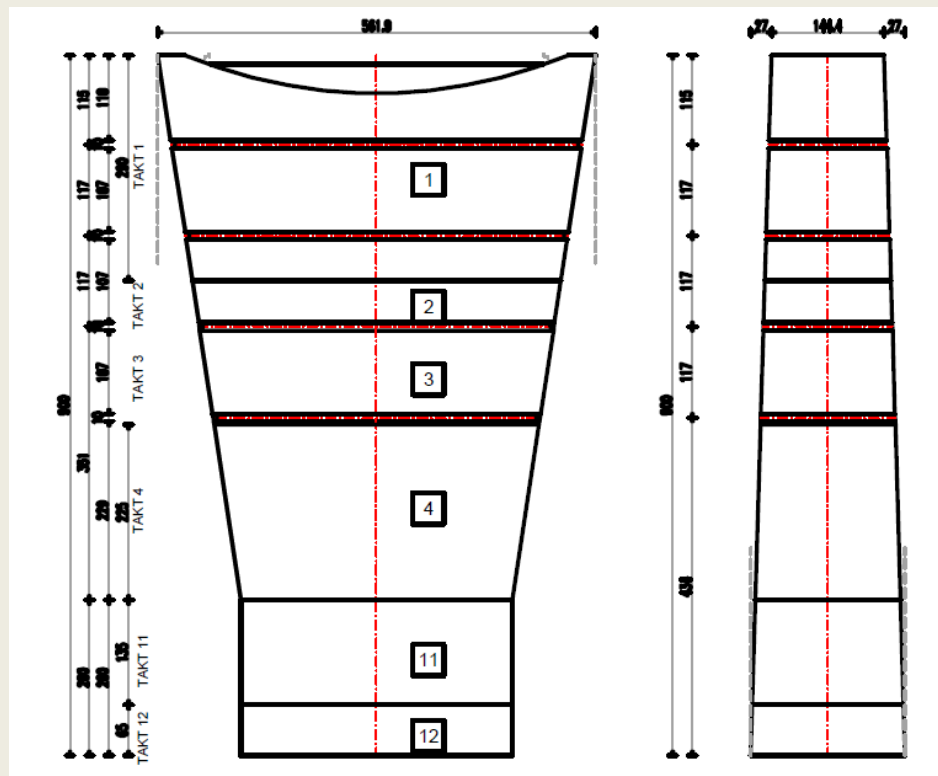
PRVI AB RADOVI NA „KOPNENIM” STUPOVIMA



BETONIRANJE NAGLAVNICE



KONSTRUKCIJA OPLATE STUPOVA



NAKON DEMONTAŽE OPLATE



HIDROIZOLACIJA I „DOTJERIVANJE”

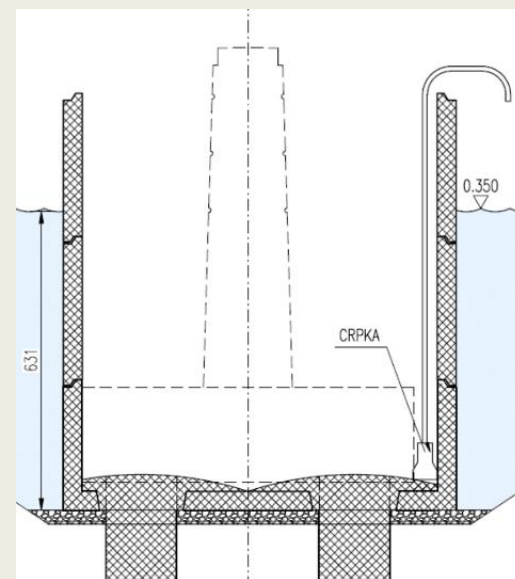
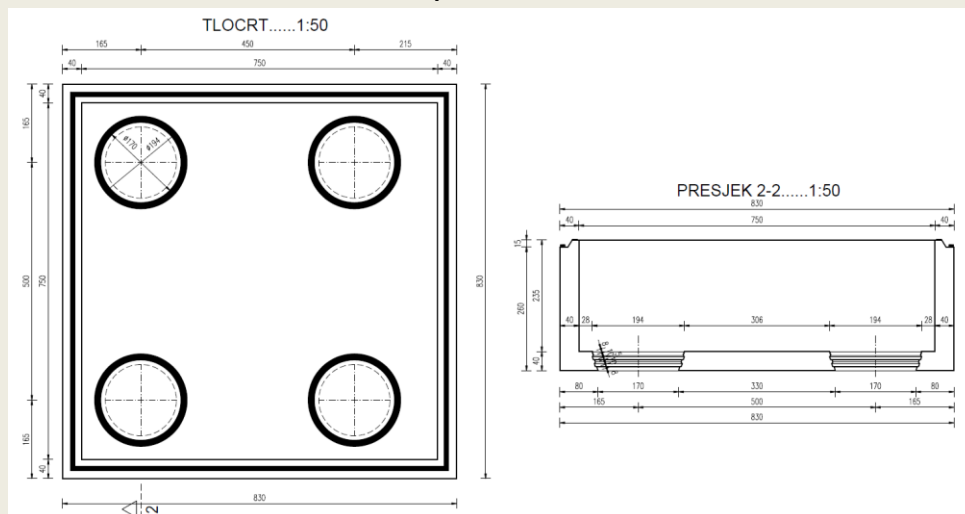


I PRVI STUP JE GOTOV!



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)

- ZAŠTITA GRAĐ. JAMA AB MONTAŽNIM ELEMENTIMA
 - Na stupnim mjestima gdje je detektirana debljina površinskog sloja gline < 4 m
 - Na privremenom nasipu izvode se 2 tipa montažnih elemenata:
 - AB korita tlocrtnih dimenzija 7,5 x 7,5 m (izgubljene oplata naglavnica) sa ugrađenim otvorima za bušenje pilota ($\varnothing$ 2000)
 - AB okviri montiraju se nakon bušenja pilota na prethodno pripremljenu podlogu
 - Svaki element ima po 2 brtve



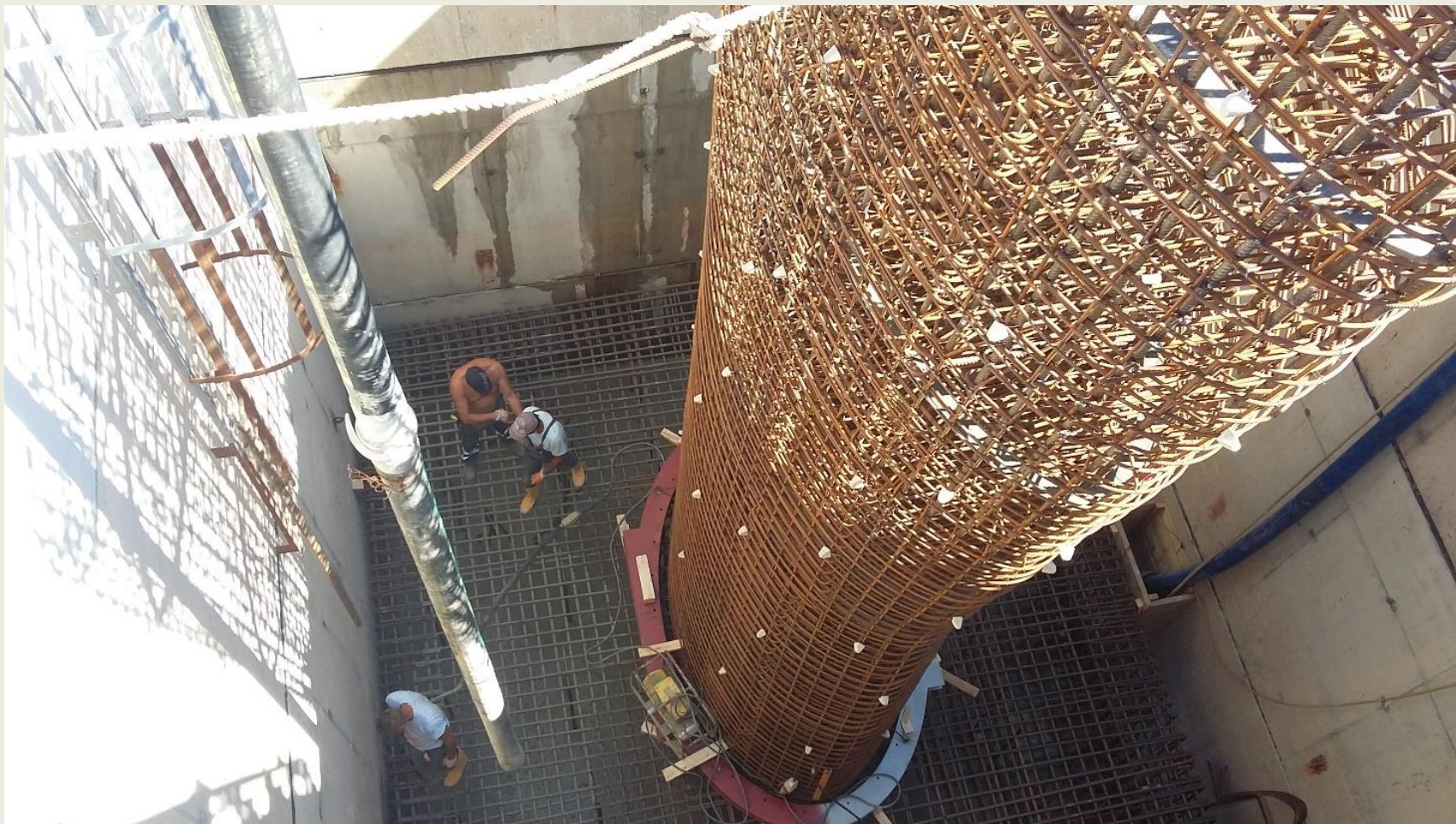
ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA I IZVEDBA MORSKIH STUPOVA (S2-S6, S12 i S13)



STUPOVI S10 I S11

- SPECIFIČNOSTI:

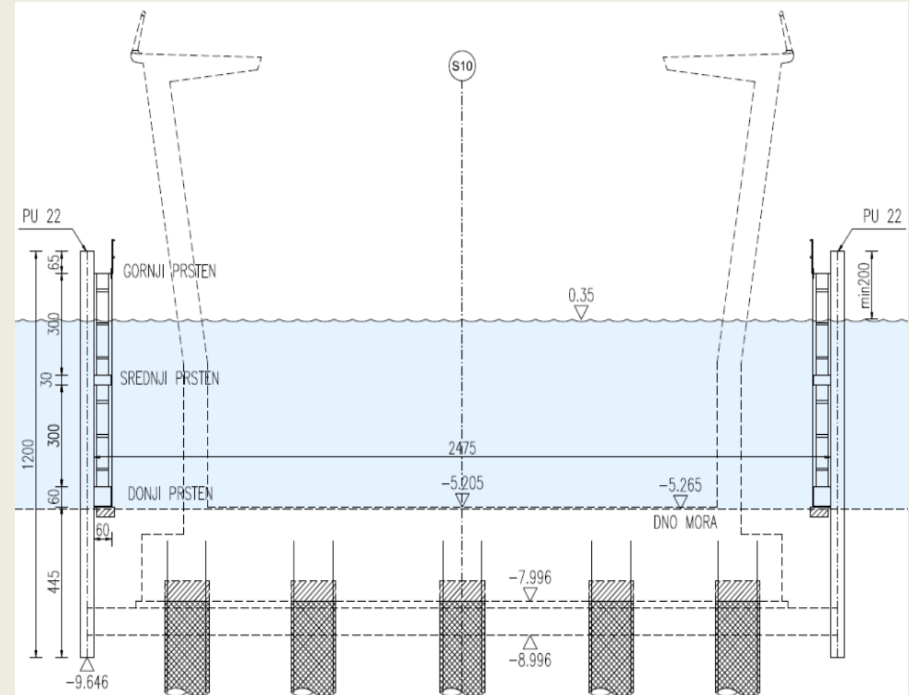
- Temeljenje na AB bušenim pilotima sa naglavnica poligonalnog oblika u razini morskog dna
- Potrebno osigurati odvijanje radova u „suhom”
- Betonski elementi unutar stupova služe za sidrenje opreme za podizanje i zaključavanje mosta (nosači osovine, krajnje brave, cilindre za podizanje mosta...)
- 4 horizontalne kanelure
- Dimenzije:
 - Visina od naglavnice do vrha stupa približno 14 m
 - Eliptični oblik promjenjivog promjera u rasponima od 20,78 do 22,26 m dužine i 12,35 m do 13,36 m širine
 - Zidovi debljine 80 cm



ORGANIZACIJA RADOVA - S10 I S11

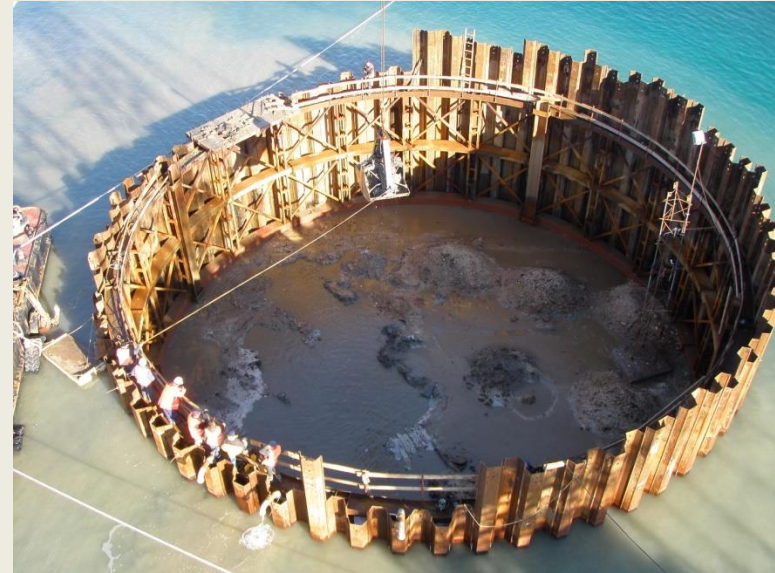
- REDOSLIJED OPERACIJA:

- Bušenje pilota
- Postavljanje čelične razuporne konstrukcije za zaštitu građevnih jama talpama
- Pobijanje talpi i ispumpavanje mora
- Strojni iskop viška materijala
- Izrada AB donjeg razupornog prstena
- Završetak iskopa i podložni beton
- Armiranje i oplata naglavnice pilota i temelja kрана
- Izrada vanjskih stupova u 3 faze
- Izrada unutrašnjih elemenata u stupovima za prihvat hidraulike



ZAŠTITA GRAĐ. JAMA

- Čelična cilindrična konstrukcija sastavljena u segmentima
 - Dimenzije razuporne konstrukcije:
 - Promjer 25 m
 - Visina 7 m
 - 132 talpe dužine 12 i 14 m pobijaju se po opsegu
 - Ukupna masa konstrukcije na suhomo 45 t
 - Manipulacija i montaža plovnom dizalicom
 - MONTAŽA I OKRUPNJAVANJE
 - Okrupnjavanje na gradilištu (privremeni nasip)
 - Montaža uz pomoć plovne dizalice na gradilištu
 - Polaganje se vrši na poravnatu morsku podlogu uz asistenciju ronioca
- 



OKRUPNJVANJE I MONTAŽA RAZUPORE



POBIJANJE TALPI I ISPUMPAVANJE



REZULTAT

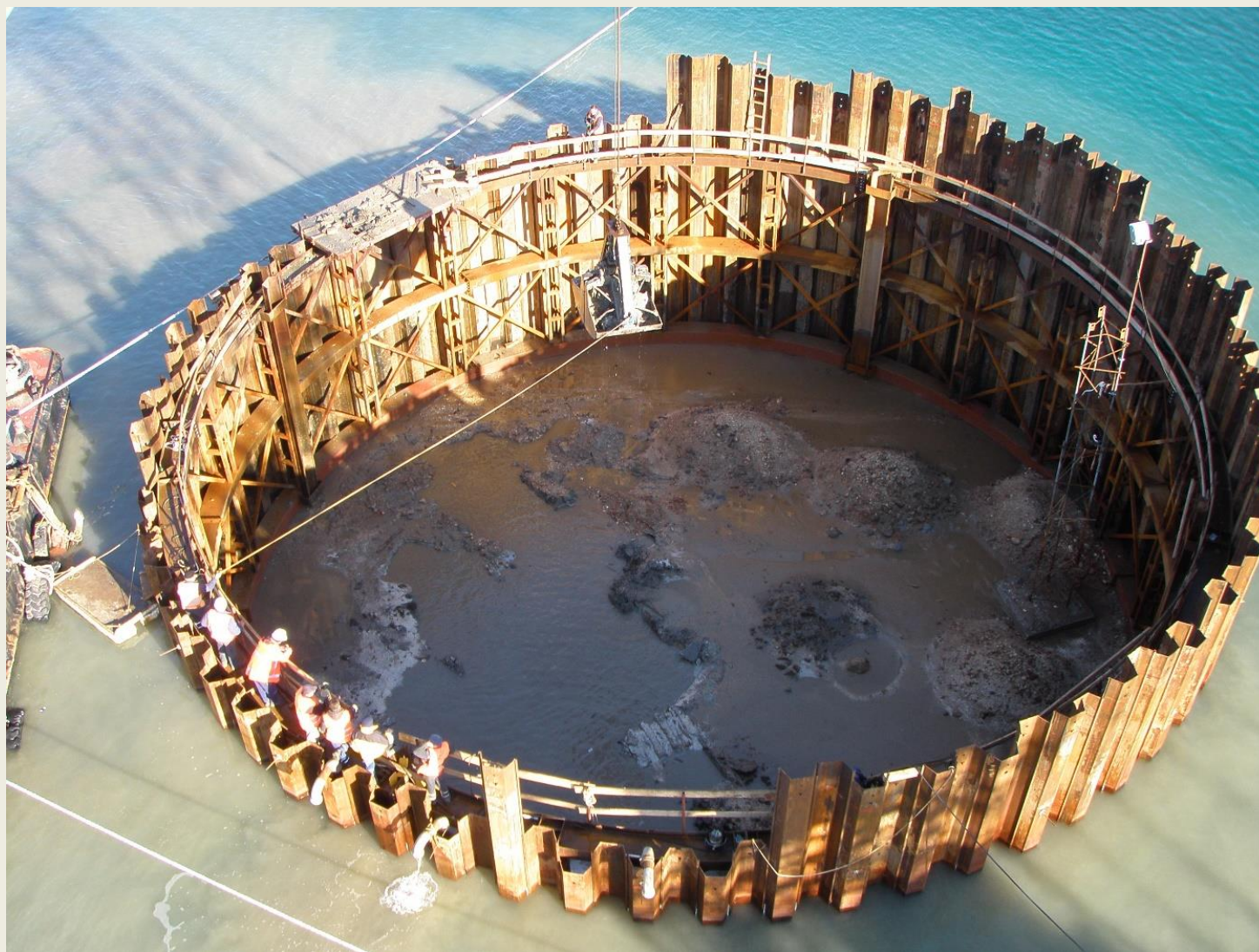


UTVRĐIVANJE PROBLEMA I PRONALAZAK RJEŠENJA

- **POTENCIJALNI UZROCI:**
 - Dubina pobijanja talpi varira → sloj gline nedovoljan za sprečavanje procjeđivanja
 - Područje rasjeda → mogući podmorski izvori
 - Procjeđivanje kroz bravice talpi (nasip?)
- **RJEŠENJE:**
 - Sistem eliminacije
 - Bravice (najlakše rješive i finansijski najpovoljnije)
 - Brtvljenje uz pomoć trajno elastičnog kita (ronici)



REZULTAT



ISKOP I RAZUPORNI PRSTEN



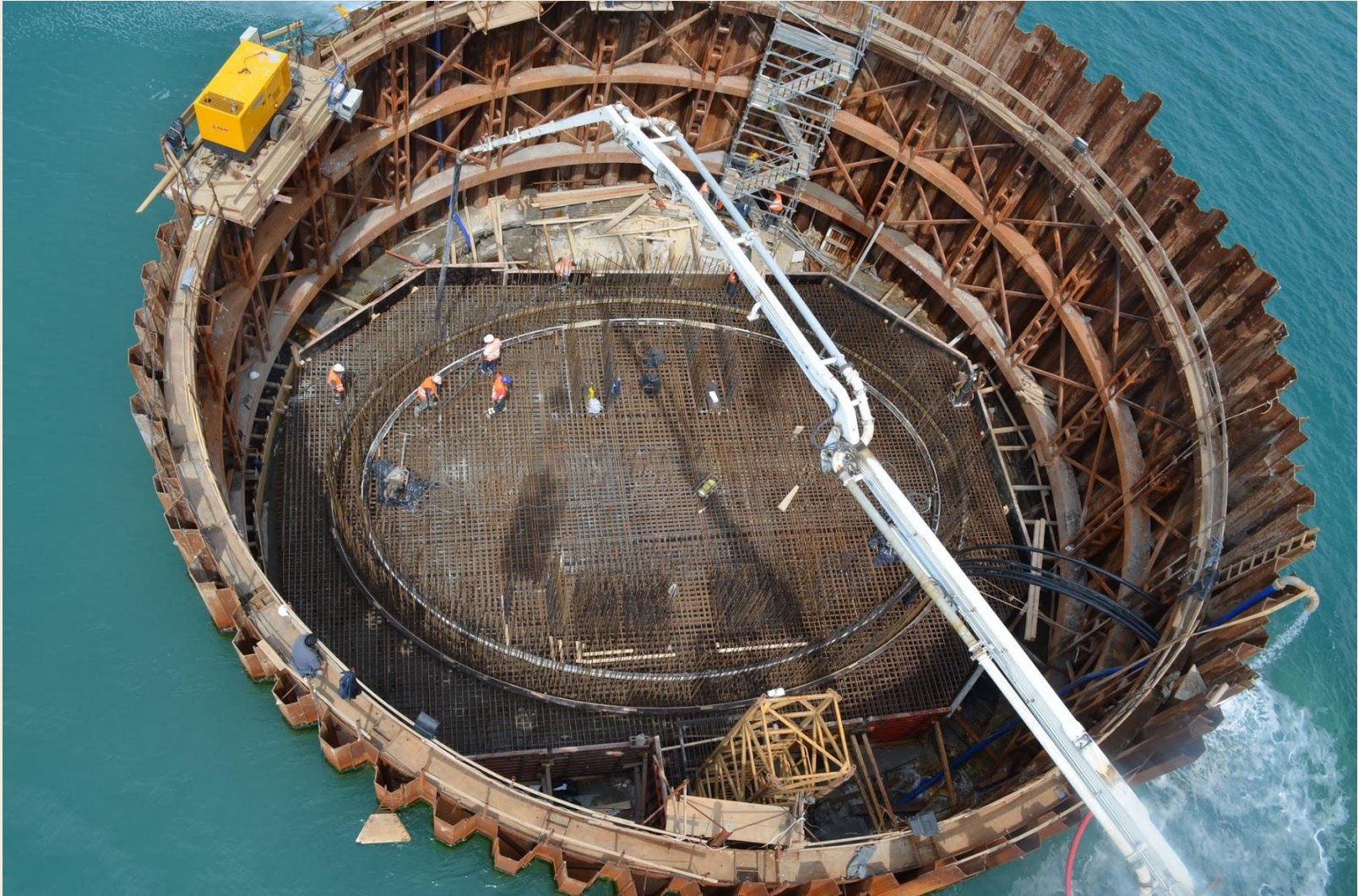
NOVI PROBLEMI



OPET U POZNATIM VODAMA



NAGLAVNICE PILOTA



NAGLAVNICE PILOTA



OPLATA STUPOVA

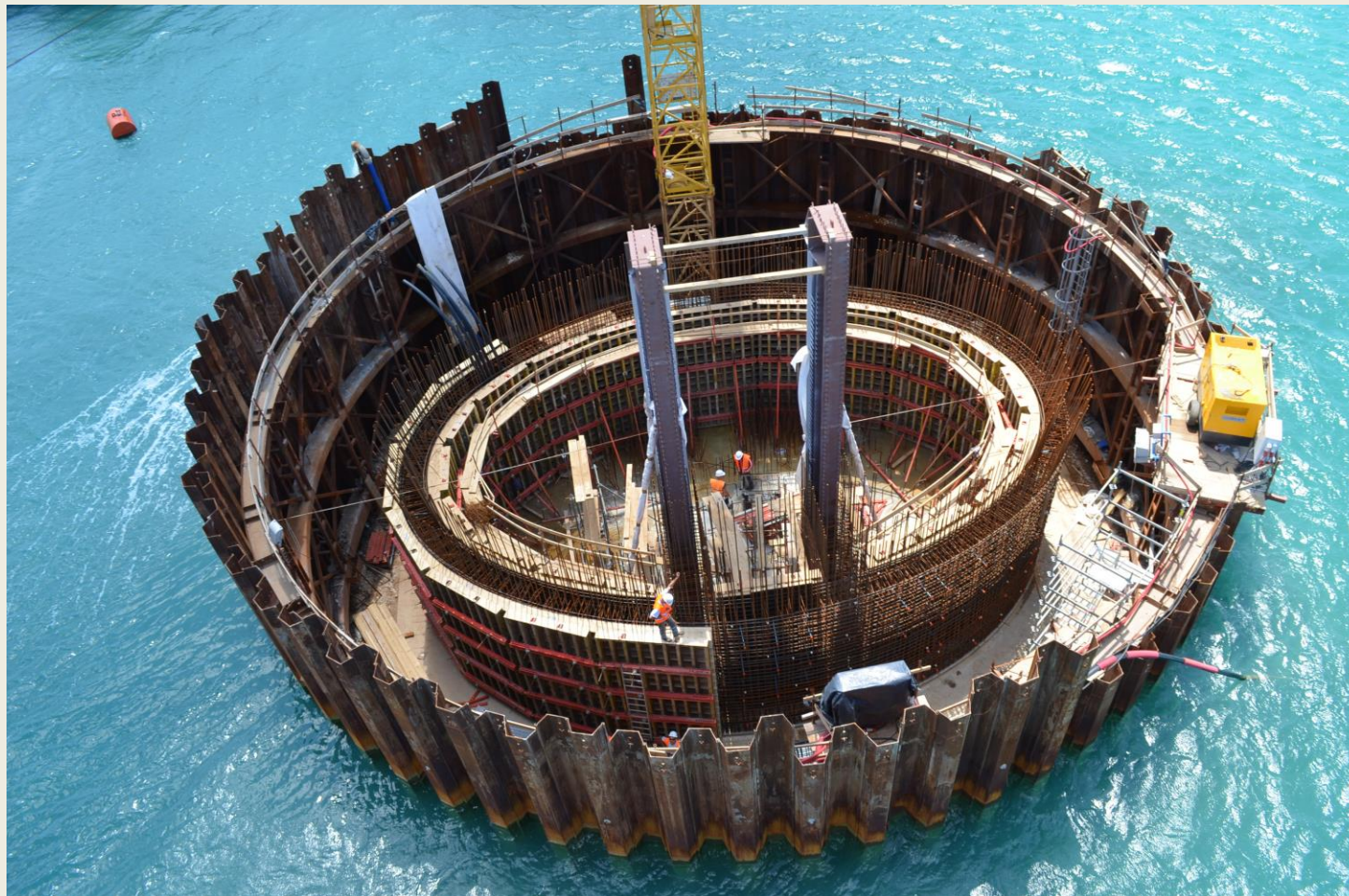
- 3 kampade po visini
- Radovi u unutrašnjosti stupa na podestima i elementima za sidrenje sustava za pokretanje mosta
- Oplata stupova izrađena i pred-montirana u radionici, nakon čega je u segmentima dopremljena na gradilište
- Ista oplata upotrijebljena za stupove S10 i S11



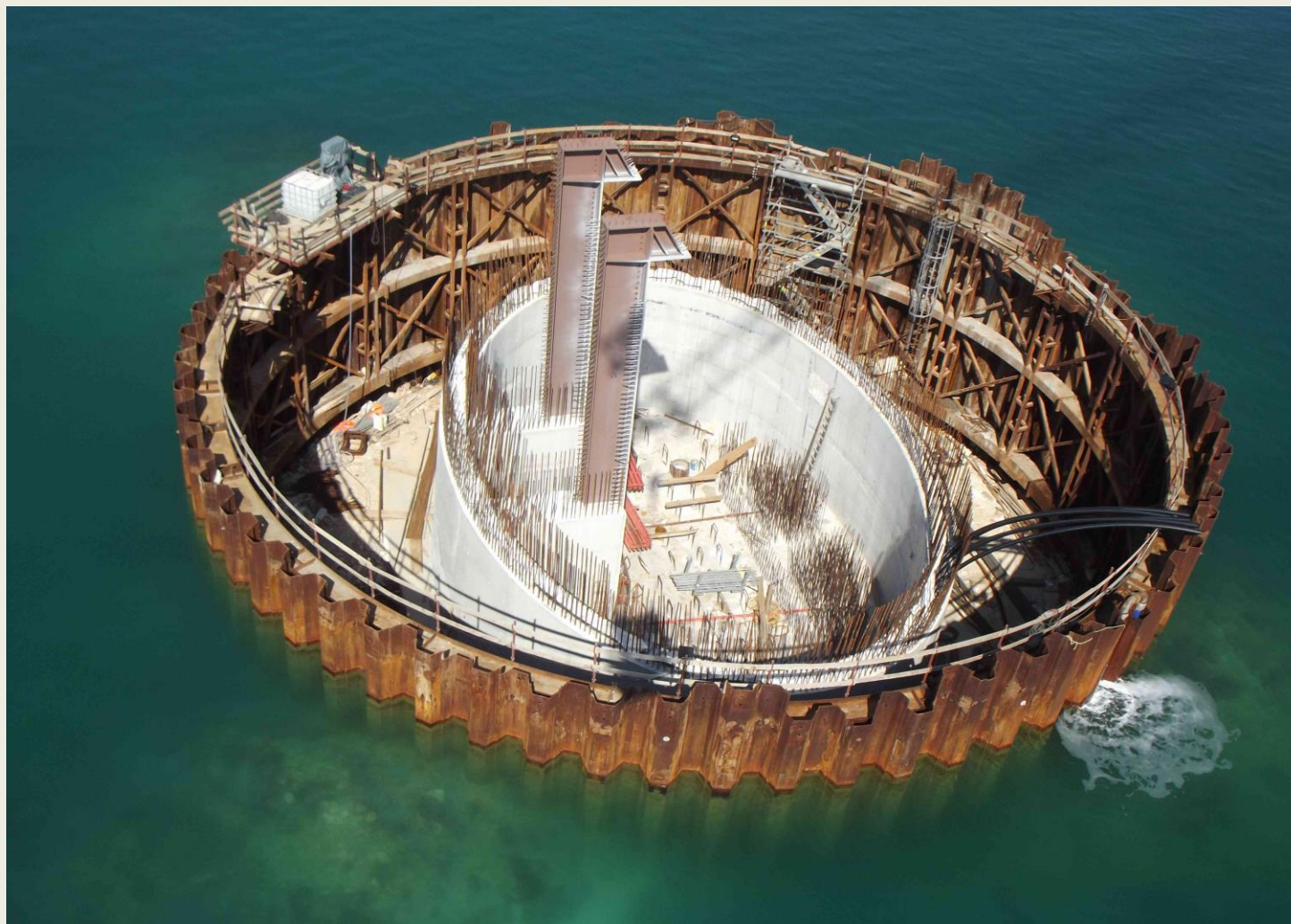
OPLATA STUPOVA



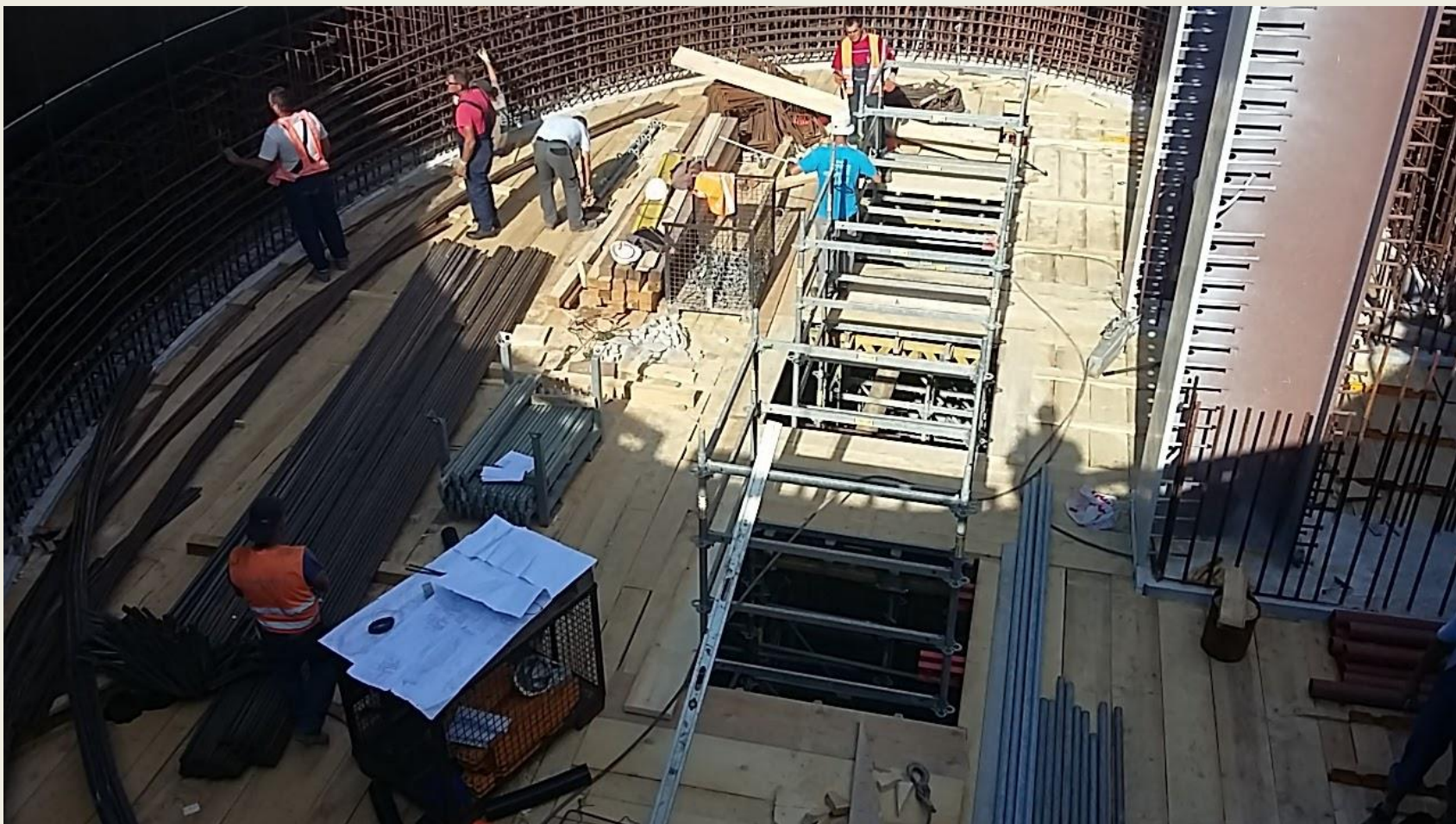
NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



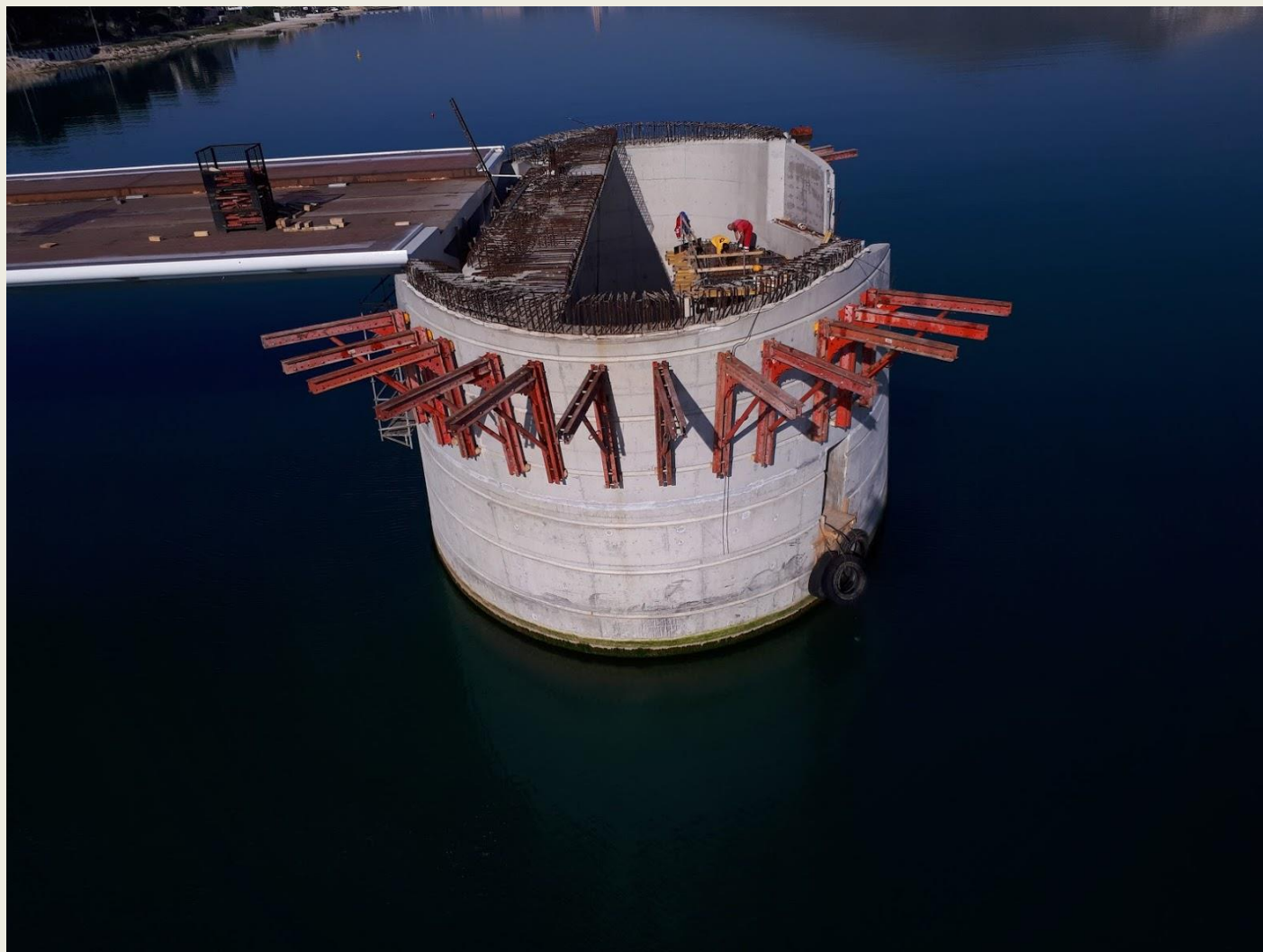
NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



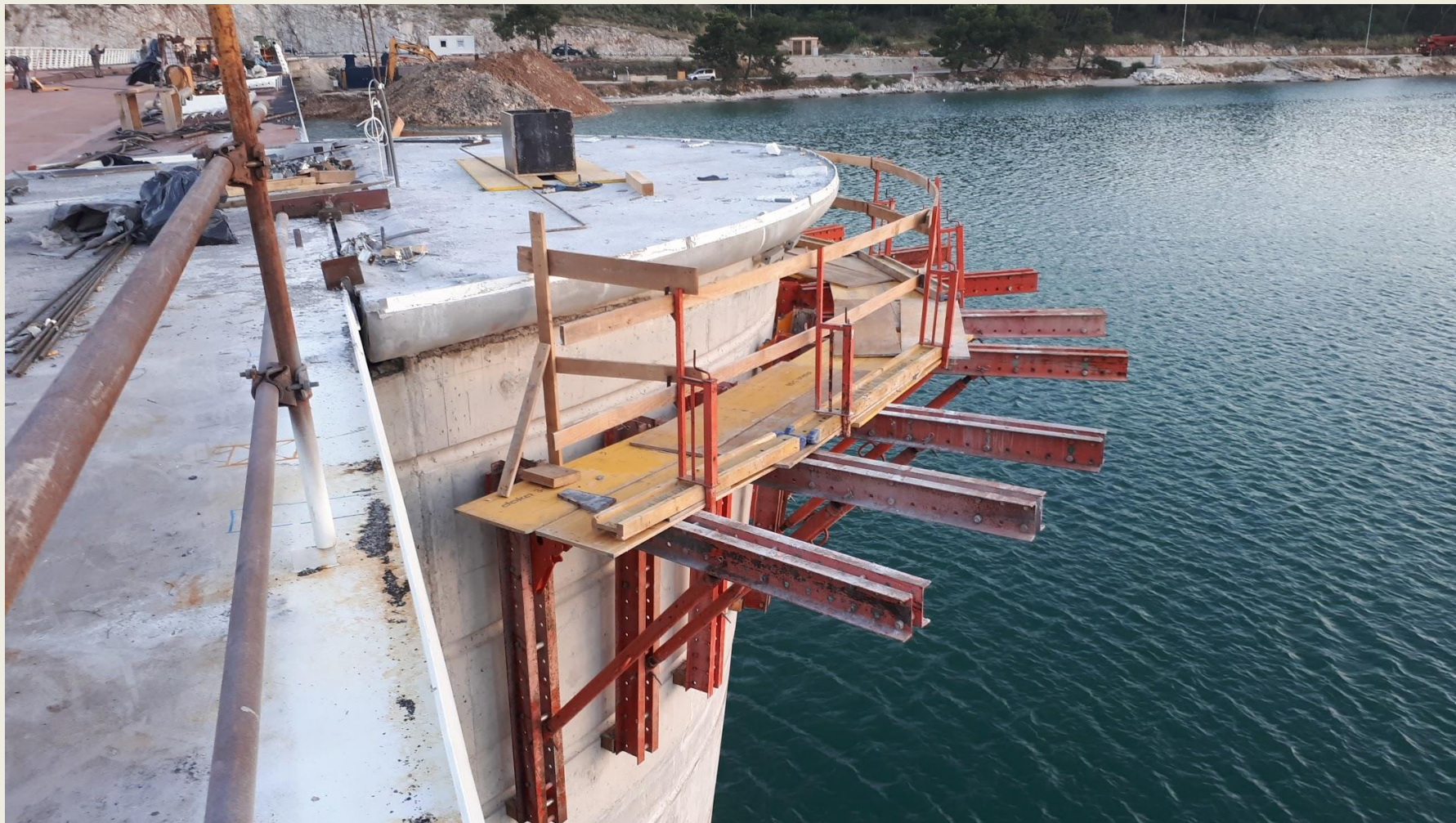
NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



NAPREDOVANJE STUPOVA



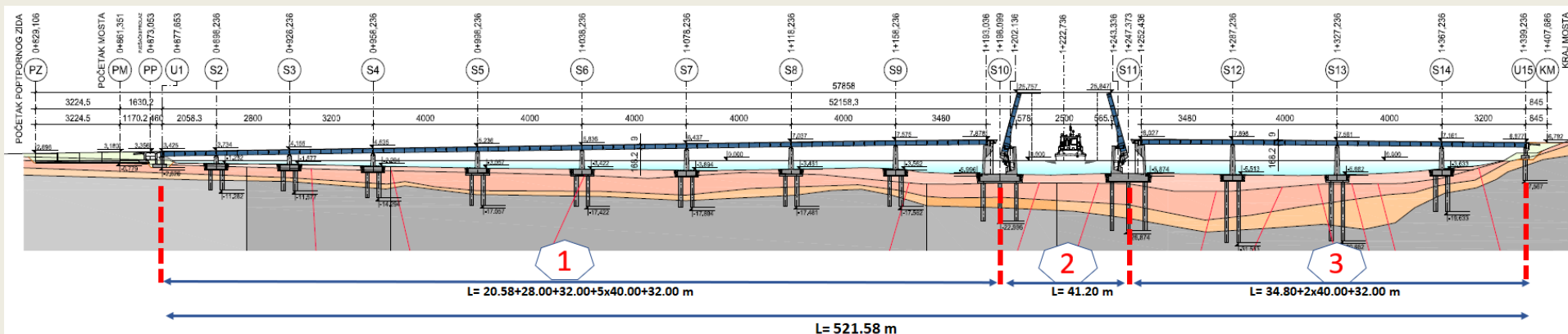
NEKOLIKO DETALJA



PROIZVODNJA I MONTAŽA RASPONSKE ČELIČNE KONSTRUKCIJE

- Ukupna masa čelične rasponske konstrukcije mosta iznosi cca 2500 t
- Proizvodnja je izvršena u nekoliko proizvodnih pogona (Iskra Kumanovo, Đuro Đaković IR, ZM Vikom i Brodosplit)
- Segmenti dužine cca 13,5 m i mase do 22 t transportirani su na gradilište
- Okrupnjavanje u 40 metarski raspon izvedeno je na gradilištu i radionici Brodosplita
- Montaža je izvedena auto-dizalicom smještenom na pontonu

RADOVI NA PRIVREMENOM NASIPU



Kolijevke za okrupnjavanje i AKZ



Okрупnjavanje raspona na licu mjesta



Okrupnjavanje raspona



Okrupnjavanje i AKZ na gradilištu



- MONTAŽA KOPNENOM DIZALICOM

- Dio konstrukcije je montiran u manjim segmentima na privremenim osloncima te okrupnjava na mjestu montaže
- Dio konstrukcije je dopremljen iz škvera, već okrupnjen te samo montiran na konačnu poziciju



- Montaža kopnenom dizalicom - okrupnjavanje na privremenim osloncima:



- Montaža kopnenom dizalicom - okrupnjavanje na privremenim osloncima:



- Montaža kopnenom dizalicom - okrupnjavanje na privremenim osloncima:



- Montaža kopnenom dizalicom - okrupnjavanje na privremenim osloncima:



- Montaža kopnenom dizalicom - okrupnjavanje na privremenim osloncima:



- Montaža kopnenom dizalicom - detalj pripreme za zavarivanje:



- MONTAŽA PLOVNOM DIZALICOM

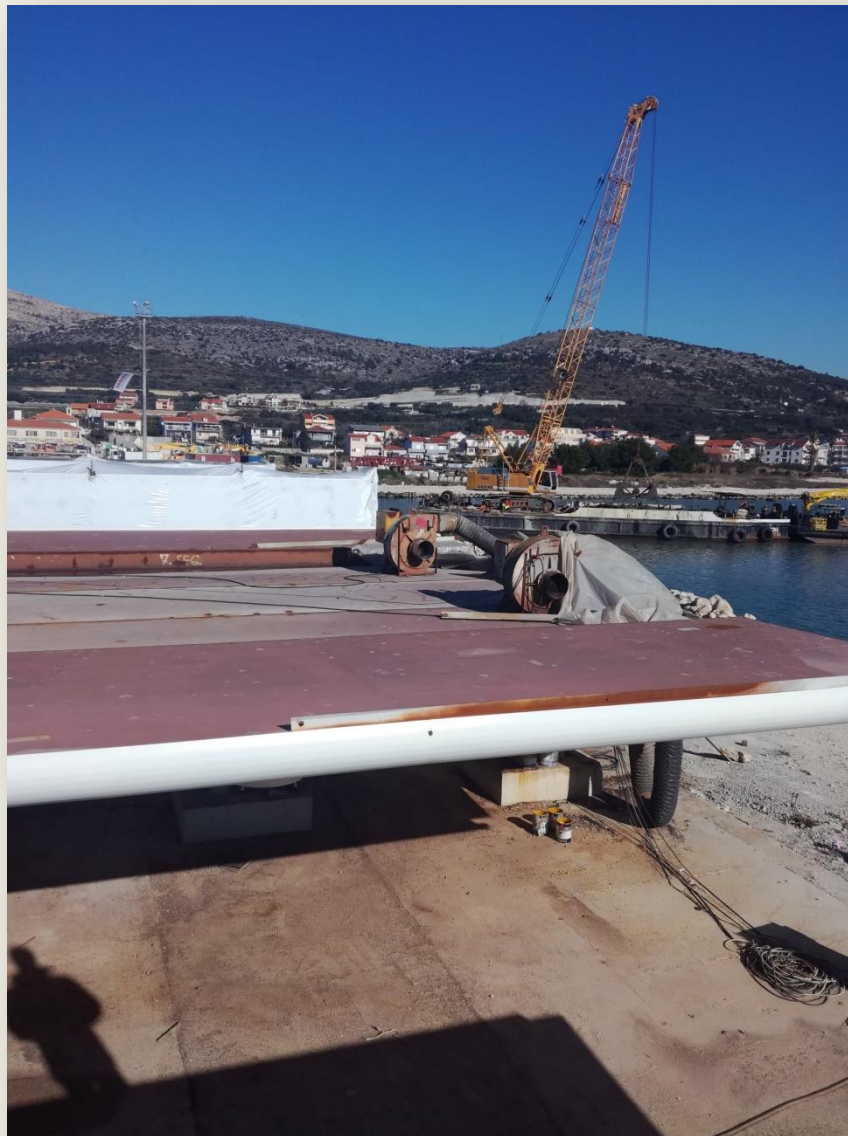
- Dio konstrukcije je okrupnjava na operativnoj obali
- Dio konstrukcije je okrupnjava u škveru i dopreman morskim putem iz Splita
- Proračun i pozicioniranje AB sidrenih blokova za sidrenje i pomicanje barže s kranom (plovne dizalice)
- Proračun privremenih oslonaca, transportnih uški, užadi, te težišta pojedinih segmenata



- Montaža plovnom dizalicom – okrupnjavanje na operativnoj obali:



- Montaža plovnom dizalicom – okrupnjavanje na operativnoj obali:



- Montaža plovnom dizalicom – adapteri za sidrene blokove:



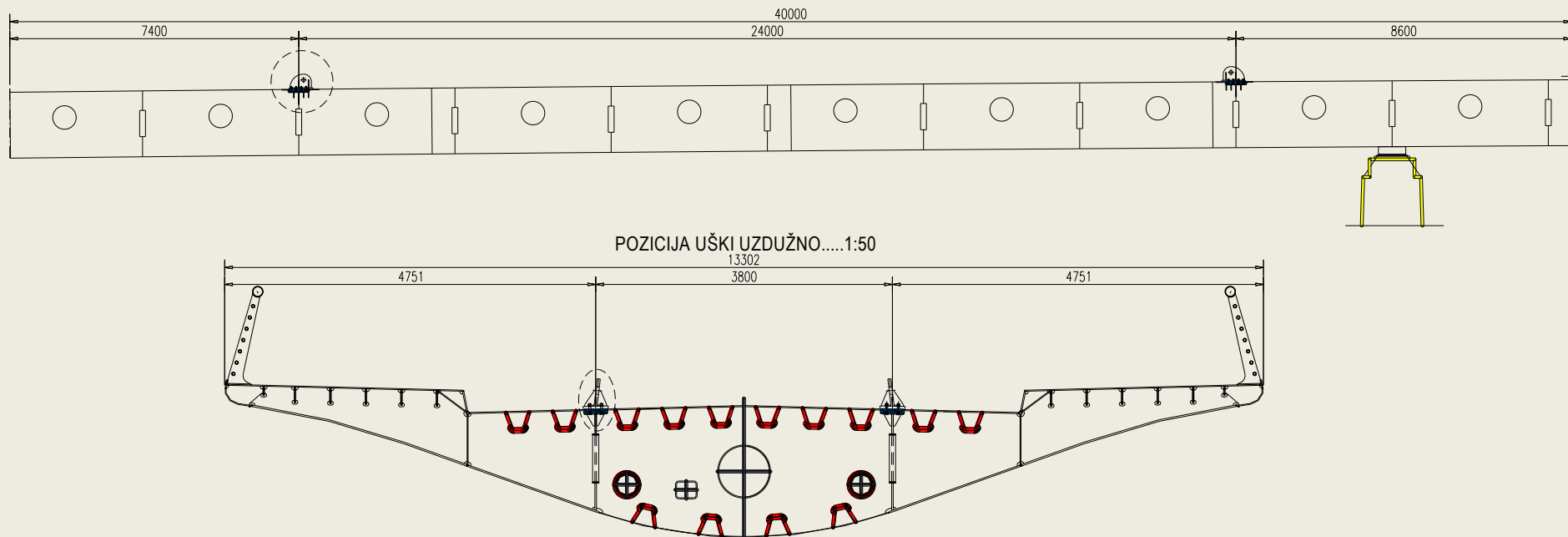
- Montaža plovnom dizalicom – adapteri za sidrene blokove:



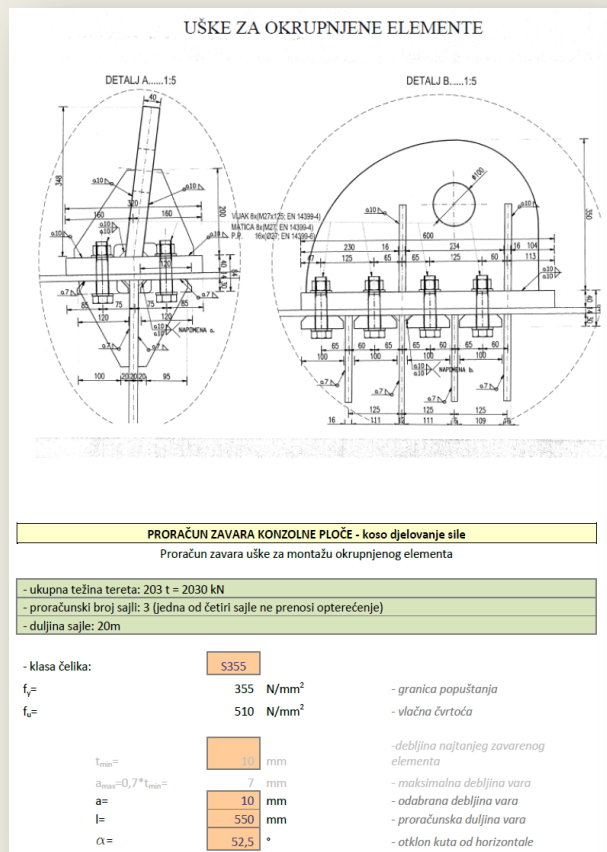
- Montaža plovnom dizalicom – pozicioniranje sidrenih blokova:



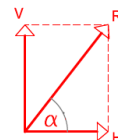
- Montaža plovnom dizalicom – uške za podizanje segmenata (nacrt):



- Montaža plovnom dizalicom – uške za podizanje segmenata (proračun):



e=	200 mm	- ekscentritet sile
F _{Ed} =	853 kN	- rezultantna sila djelovanja
H=F _{Ed} *sinα=	519,3 kN	- horizontalna komponenta sile
V=F _{Ed} *cosα=	676,7 kN	- vertikalna komponenta sile
M=H*e=	103,9 kNm	- moment uslijed ekscentriteta sile
n=	2	- broj kutnih varova
I _w =	27729 cm ⁴	- moment tromosti vara
A _w =	110 cm ²	- površina popr. pr. vara
Naprezanja u zavaru		
γ=	275 mm	
σ _{LM} =	1,5*M*γ/I _w	= 154,5 N/mm ²
τ _{LV} =	1,5*V/A _w	= 92,3 N/mm ²
τ _H =	1,5*H/A _w	= 70,8 N/mm ²
β _w =	0,9	- korekcijski faktor
γ _{M2} =	1,25	- faktor sigurnosti
σ _{w,Ed} =		= 256,7 N/mm ²
σ _{w,Rd} =		= 261,7 N/mm ²
u	0,98	ZADOVOLJAVA



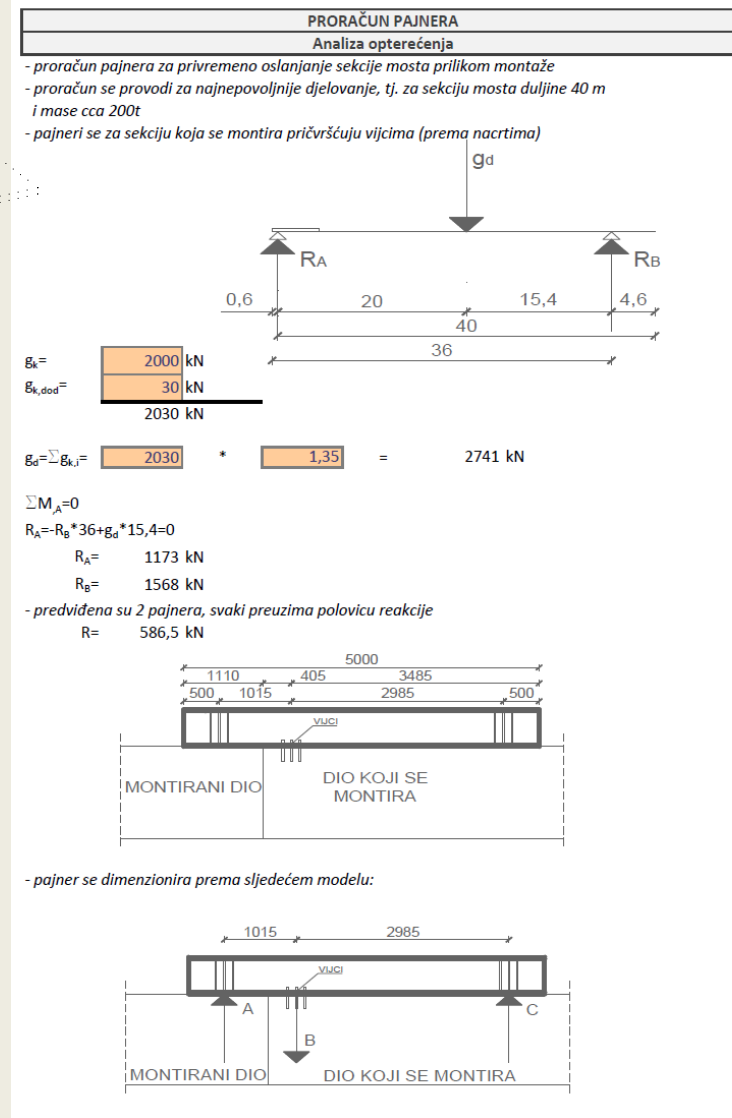
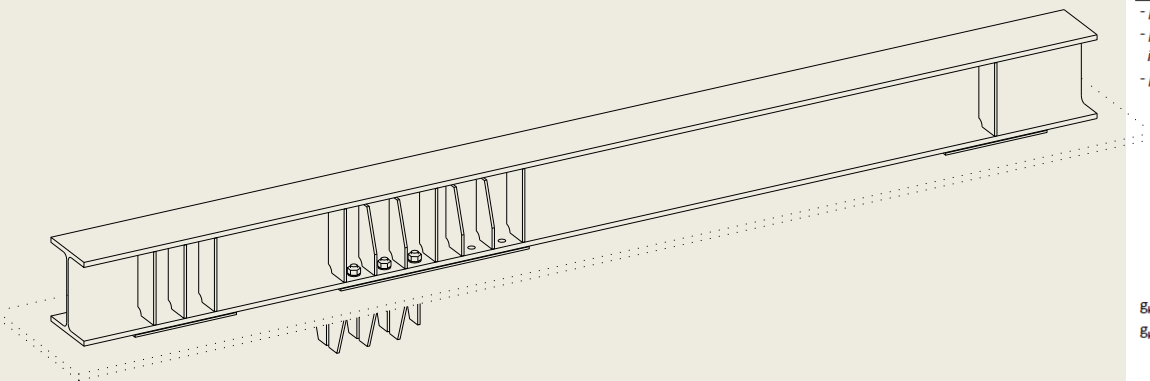
POSMIK	
Klasa	10,9
Vijak	M27
γ _{Mb} =	1,25
A _s =	459,0 mm ²
f _{ub} =	1000,0 MPa
d=	27,0 mm
d ₀ =	30,0 mm
N=	8 kom.
M=	1 - br. posmičnih ravna
F _{v,Rd} =	1468,8 kN
F _{v,Ed} =	376,0 kN
F _{v,Ed}	< F _{v,Rd} ZADOVOLJAVA
ISKORISTIVOST (F _{v,Ed} /F _{v,Rd}):	25,60%

VLAK	
Klasa	10,9
Vijak	M27
γ _{Mb} =	1,25
A _s =	459,0 mm ²
f _{ub} =	1000,0 MPa
d=	27,0 mm
d ₀ =	30,0 mm
N=	8 kom.
F _{t,Rd} =	0,9f _{ub} A _s γ _{Mb}
F _{t,Rd} =	2643,8 kN
F _{t,Ed} =	677,0 kN
F _{t,Ed}	< F _{t,Rd} ZADOVOLJAVA
ISKORISTIVOST (F _{t,Ed} /F _{t,Rd}):	25,61%

POSMIK + VLAK	
F _{v,Ed} =	376,0 kN
F _{v,Rd} =	1468,8 kN
F _{t,Ed} =	677,0 kN
F _{t,Rd} =	2643,8 kN
$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$	
0,44	< 1,00 ZADOVOLJAVA
ISKORISTIVOST:	43,89%



- Montaža plovnom dizalicom – privremeni oslonci:



- Montaža plovnom dizalicom – privremeni oslonci i uške na segmentima:



- Montaža plovnom dizalicom – privremeni oslonci i uške na segmentima:

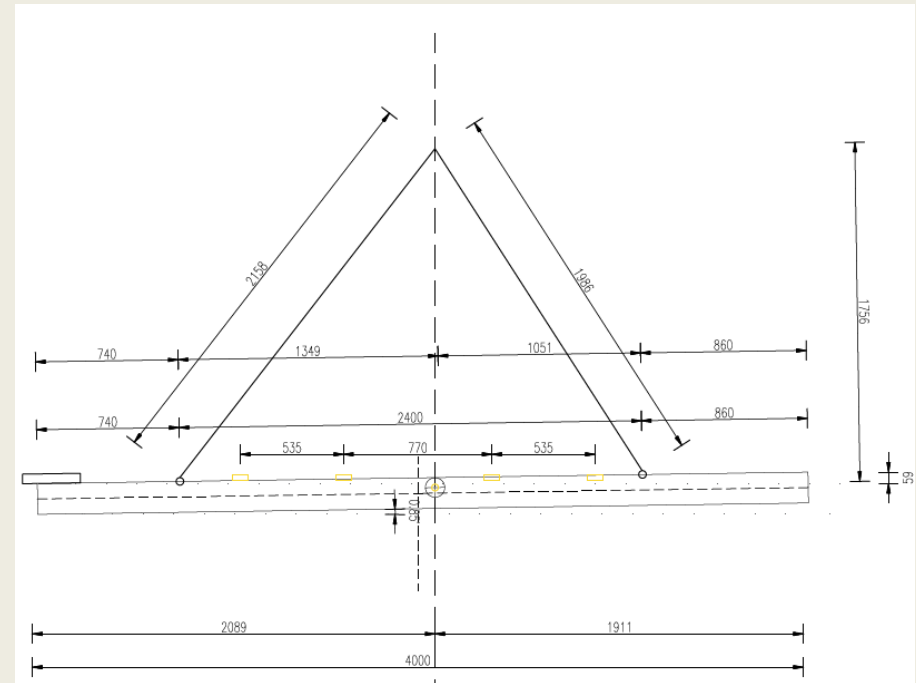
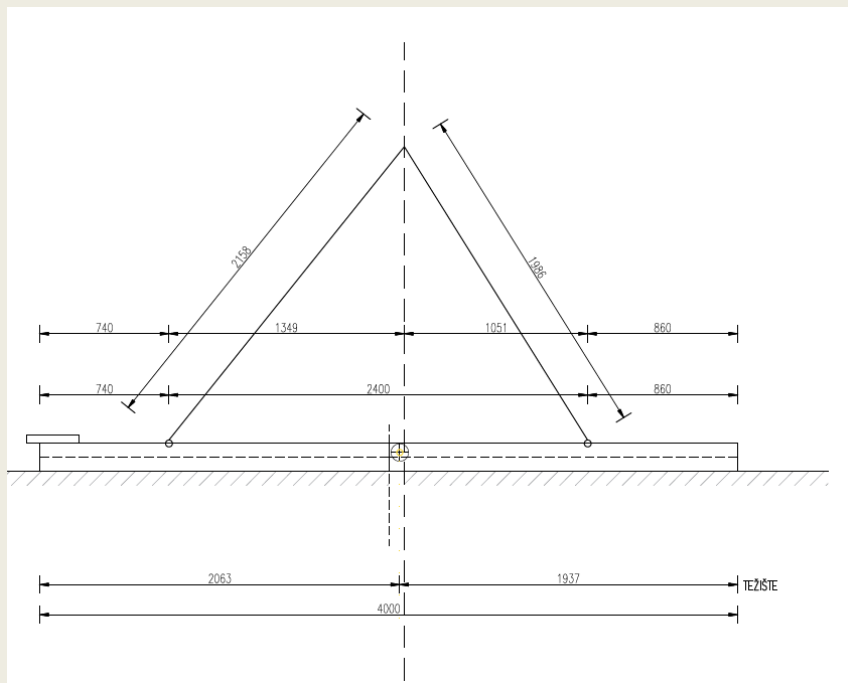


- Montaža plovnom dizalicom – proračun težišta:

PRORAČUN TEŽIŠTA SEKCIJE MOSTA									
RASPON S5-S6 (SEKCIJE K10-K13)									
K10-K11			K11-K12			K12-K13			
x1=	6,7	m	x2=	19,95	m	x3=	33,48	m	
m(LK)=	7777	kg	m(LK)=	8042	kg	m(LK)=	8331	kg	
m(LS)=	14940	kg	m(LS)=	15351	kg	m(LS)=	19095	kg	
m(S)=	11069	kg	m(S)=	11009	kg	m(S)=	15149	kg	
m(DS)=	14940	kg	m(DS)=	15351	kg	m(DS)=	19095	kg	
m(DK)=	7777	kg	m(DK)=	8042	kg	m(DK)=	8331	kg	
		56503	kg			57795	kg		
				ukupna masa sekcije		184299	kg		
- udaljenost težišta sekcije mosta od strane privremenih oslonaca:									
				X(tež)=		21,03	m		
PRORAČUN TEŽIŠTA SEKCIJE MOSTA ZAJEDNO S PAJNERIMA									
Udaljenost težišta pajnera od početka mosta:					Udaljenost težišta ležaja od početka mosta				
x _{tež,pr} =		2	m		x _{tež,pr} =		35,4	m	
Masa pajnera:					Masa oba ležaja:				
m _p =		3000	kg		m _p =		1200	kg	
ukupna masa:					188499		kg		
- udaljenost težišta sekcije mosta od strane privremenih oslonaca:									
				X''(tež)=		20,82	m		



- Montaža plovnom dizalicom – proračun duljina užadi za potrebni nagib segmenata:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



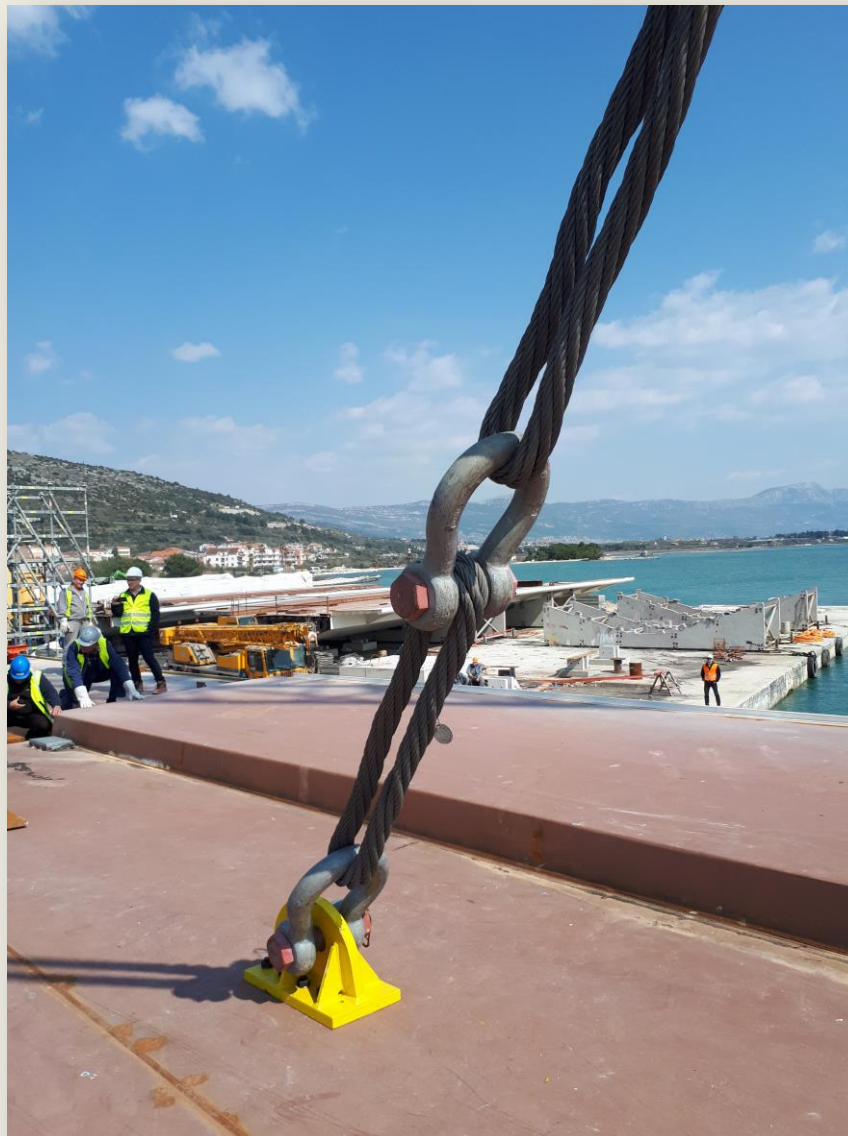
- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



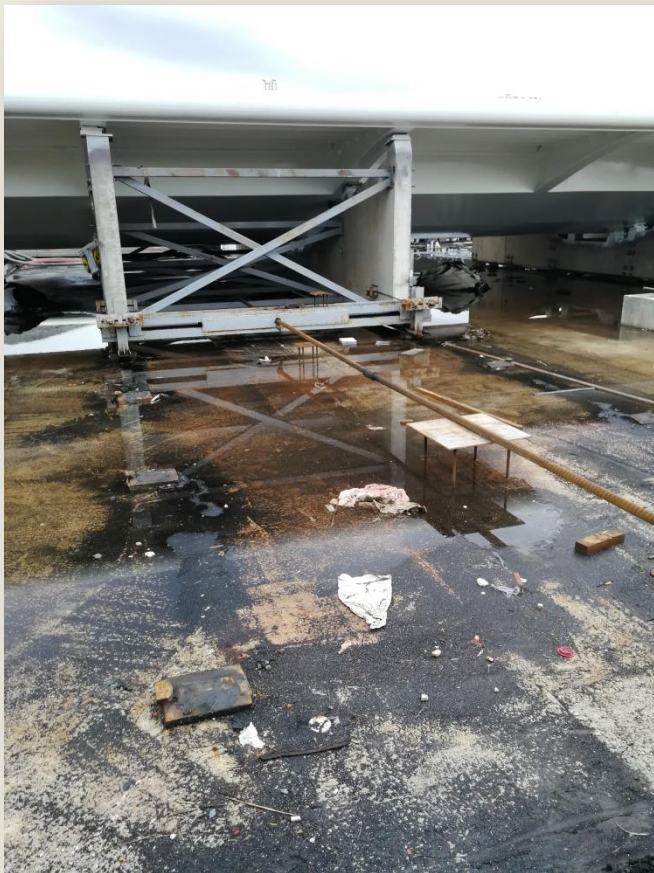
- Montaža plovnom dizalicom - montaža prvog morskog raspona S5-S6:



- Montaža plovnom dizalicom – povlačenje sljedećih sekcija za prihvatište plovnom dizalicom:



- Montaža plovnom dizalicom – povlačenje sljedećih sekcija za prihvatač plovnom dizalicom:



- Montaža plovnom dizalicom – zavarivanje susjednih segmenata:



- Montaža plovnom dizalicom – zavarivanje susjednih segmenata:



- Montaža plovnom dizalicom – zavarivanje susjednih segmenata:



- Montaža plovnom dizalicom – montaža morskih raspona se nastavlja:



- Montaža plovnom dizalicom – montaža morskih raspona se nastavlja:



- Montaža plovnom dizalicom – montaža morskih raspona se nastavlja:



- Montaža plovnom dizalicom – montaža morskih raspona se nastavlja:



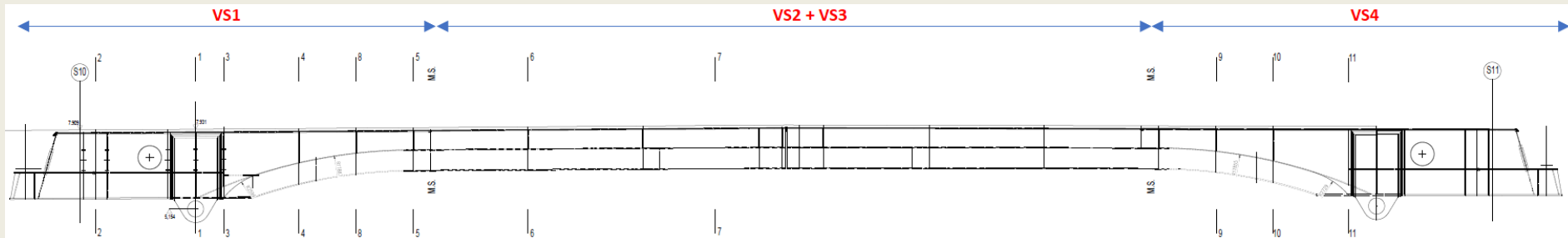
POKRETNOST

SUSTAV ZA POKRETANJE MOSTA

- OSNOVNI DIJELOVI:
 - Osovina mosta
 - Nosači
 - Cilindri za podizanje mosta
 - Prigušnici (Amortizeri)
 - Krajnje i centralne brave za zaključavanje mosta



MONTAŽA VS-1 I VS-4



- VS 1 i VS4 su duljine $L=14,68$ m i mase ~ 150 t
- Ukupna masa pokretnog mosta bez hidrauličke opreme: 400,38 t

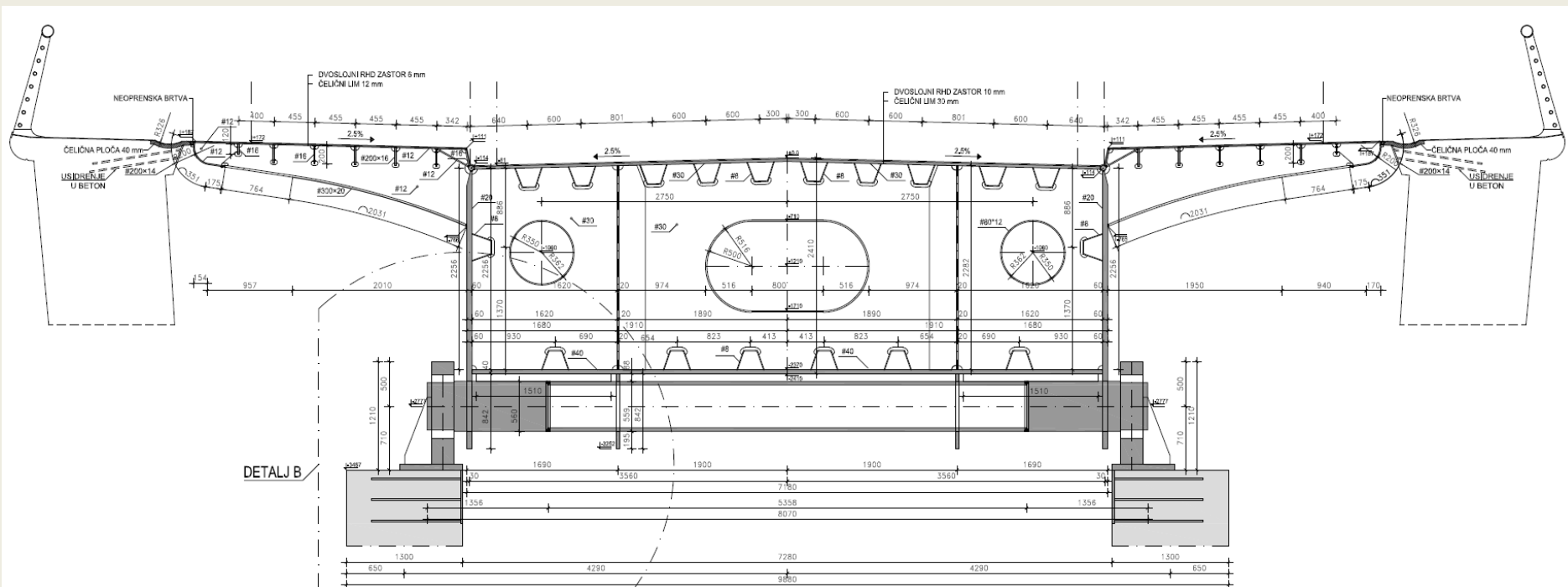








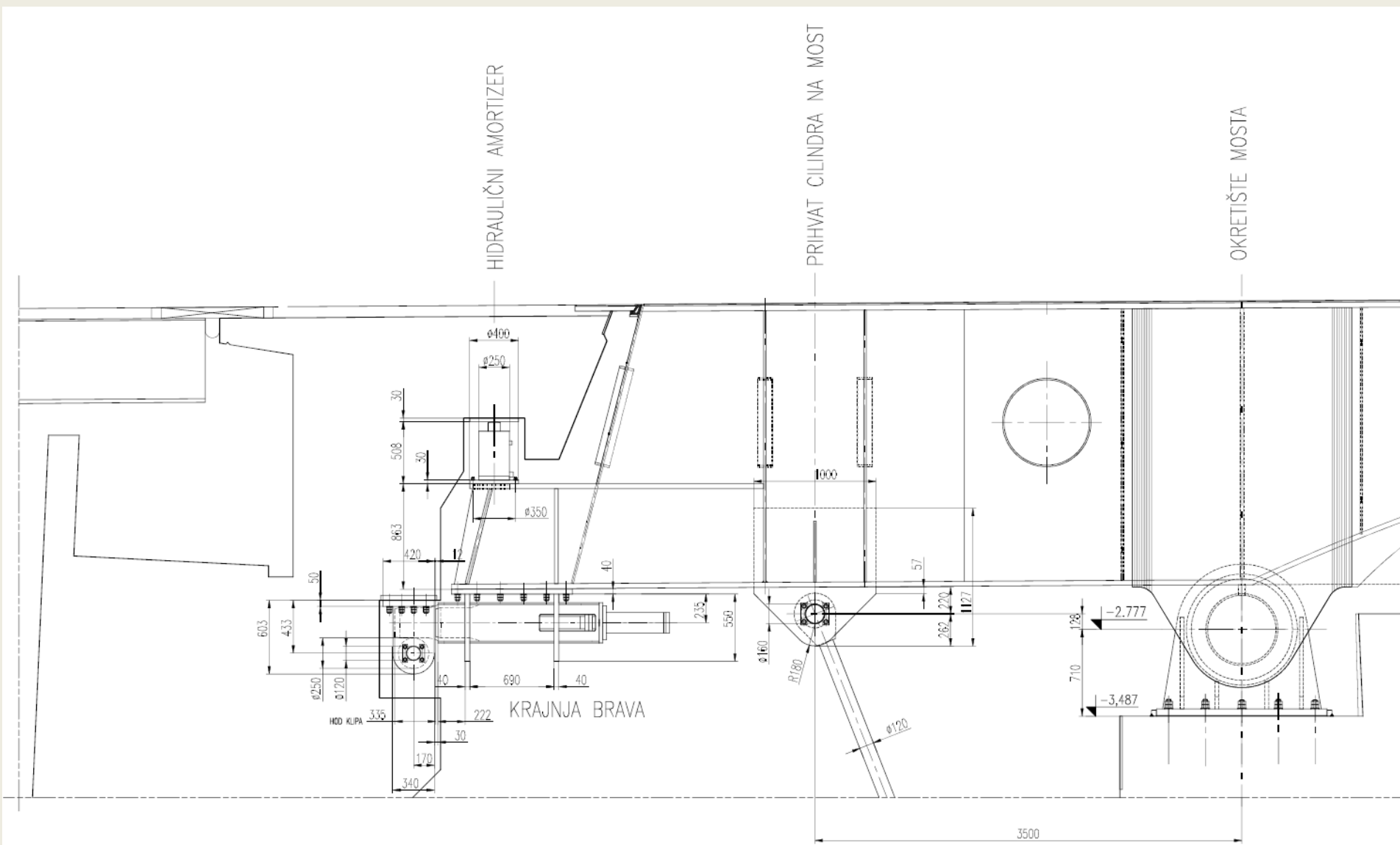
PRESJEK NA MJESTU OSOVINE



- Osovina se sastoji od 3 dijela: 2 puna rukavca i centralne šuplje cijevi
- U prvoj fazi radioničke izrade korištena je tehnološka osovina kako prilikom zavarivanja ne bi došlo do deformacija koje bi utjecale na uvlačenje konačne osovine
- Promjer:
 - rukavci $\varnothing 560$
 - Centralni dio $\varnothing 559 \times 40$

PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

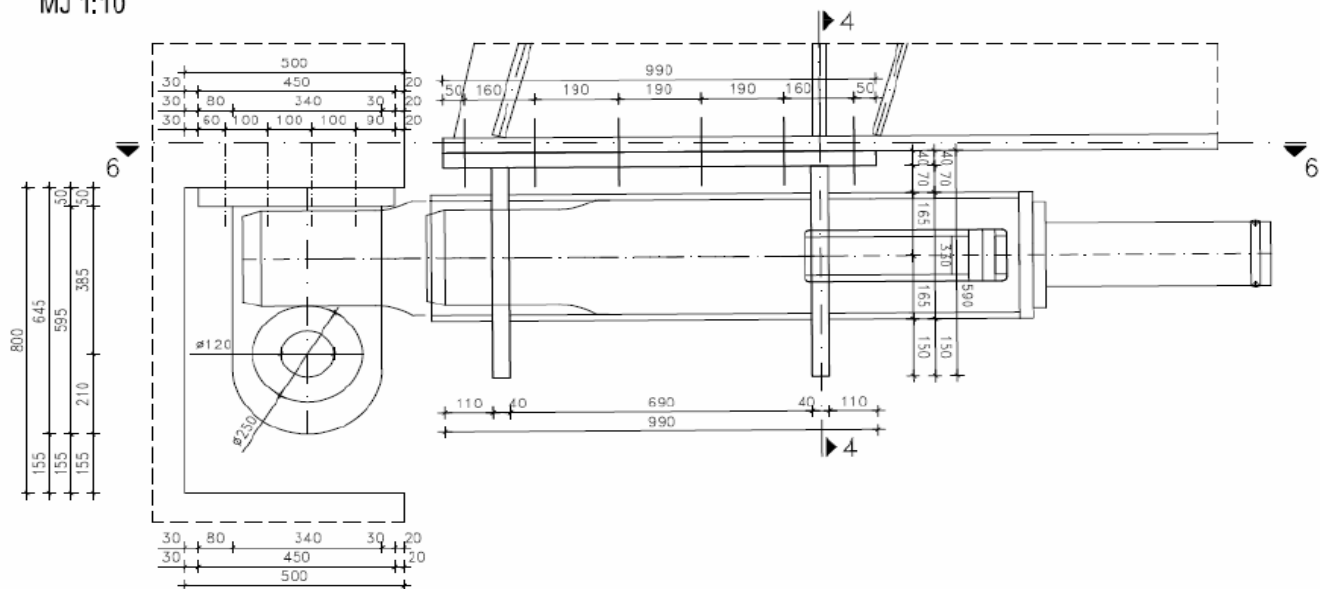
- KRAJNJE BRAVE



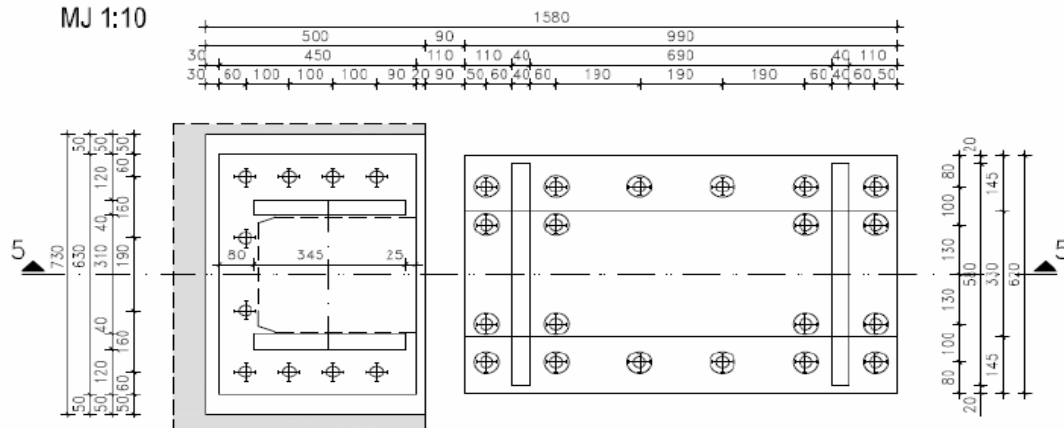
PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- KRAJNJE BRAVE

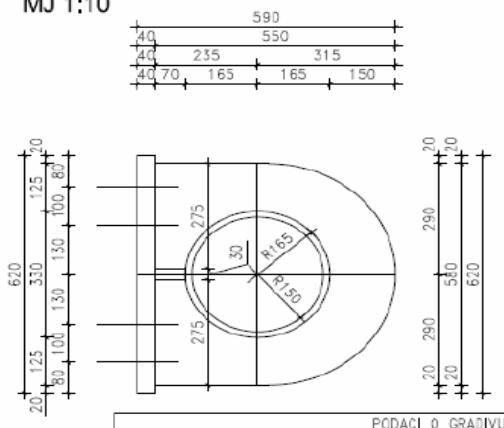
PRESJEK 5-5
MJ 1:10

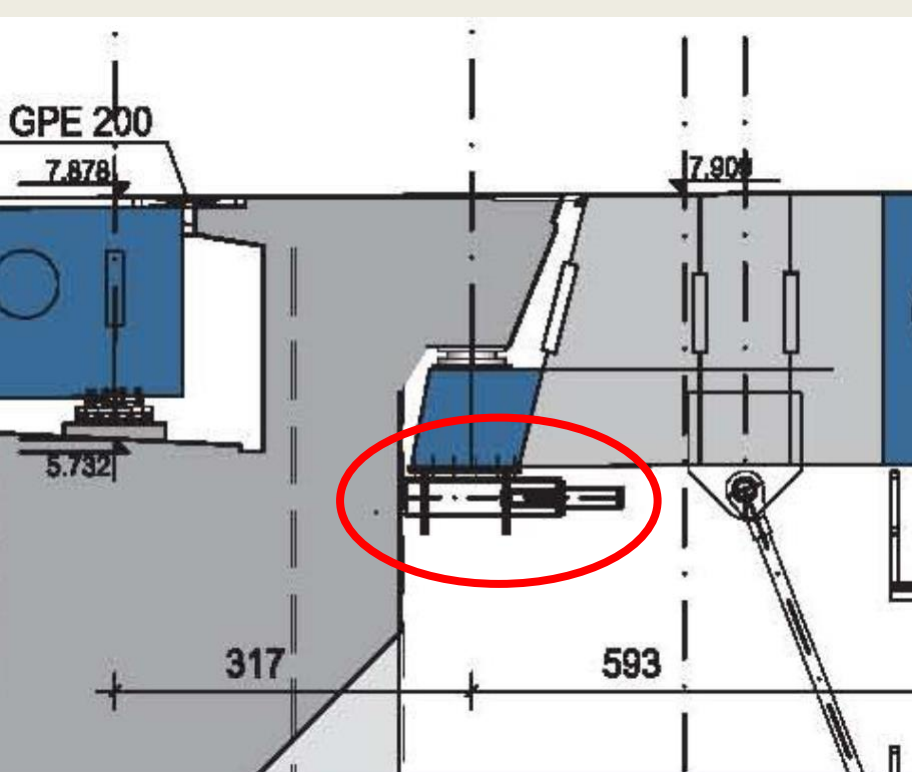


PRESJEK 6-6
MJ 1:10



PRESJEK 4-4
MJ 1:10



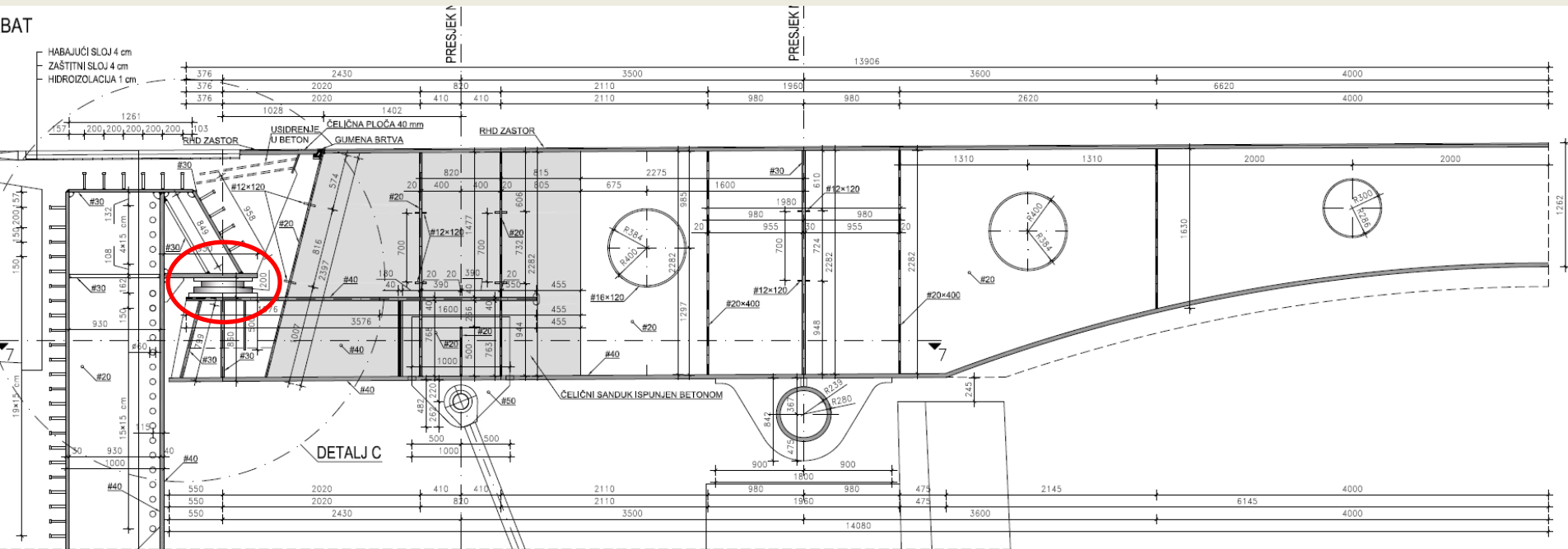


- Brava je montirana u „otvorenom” položaju, tj. s uvučenim klipom
- Po završetku montaže krajnja brava je izvučena u „zatvoreni” položaj
- Ona fiksira krak kada je most otvoren ili zatvoren
- Uz kontra ležajeve preuzima reakcije kada je most zatvoren.



PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- KONTRA LEŽAJEVI



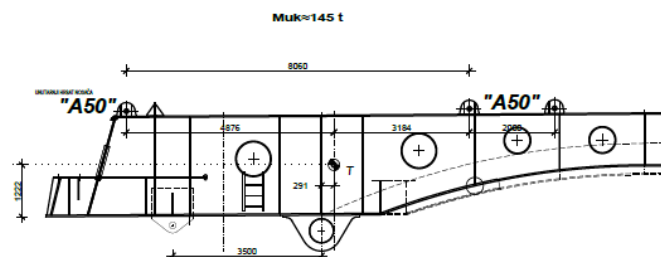


PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

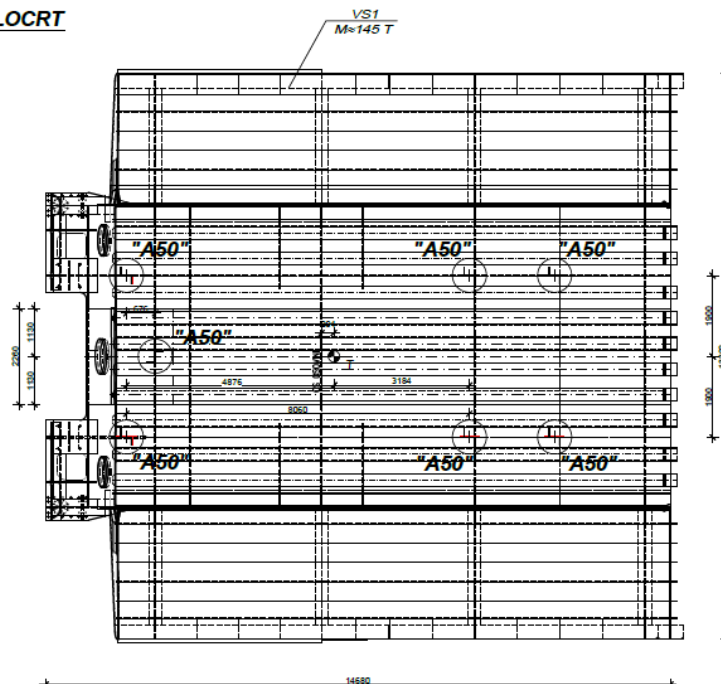
- UŠKE ZA DIZANJE I TRANSPORT SEKCIJA

POLOŽAJ UŠKI - VS 1 I VS4

UZDUŽNI PRESJEK



TLOCRT



PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

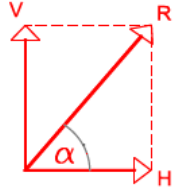
- UŠKE ZA DIZANJE I TRANSPORT SEKCIJA



PRIPREMNI RADOVI U RADIONICI PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

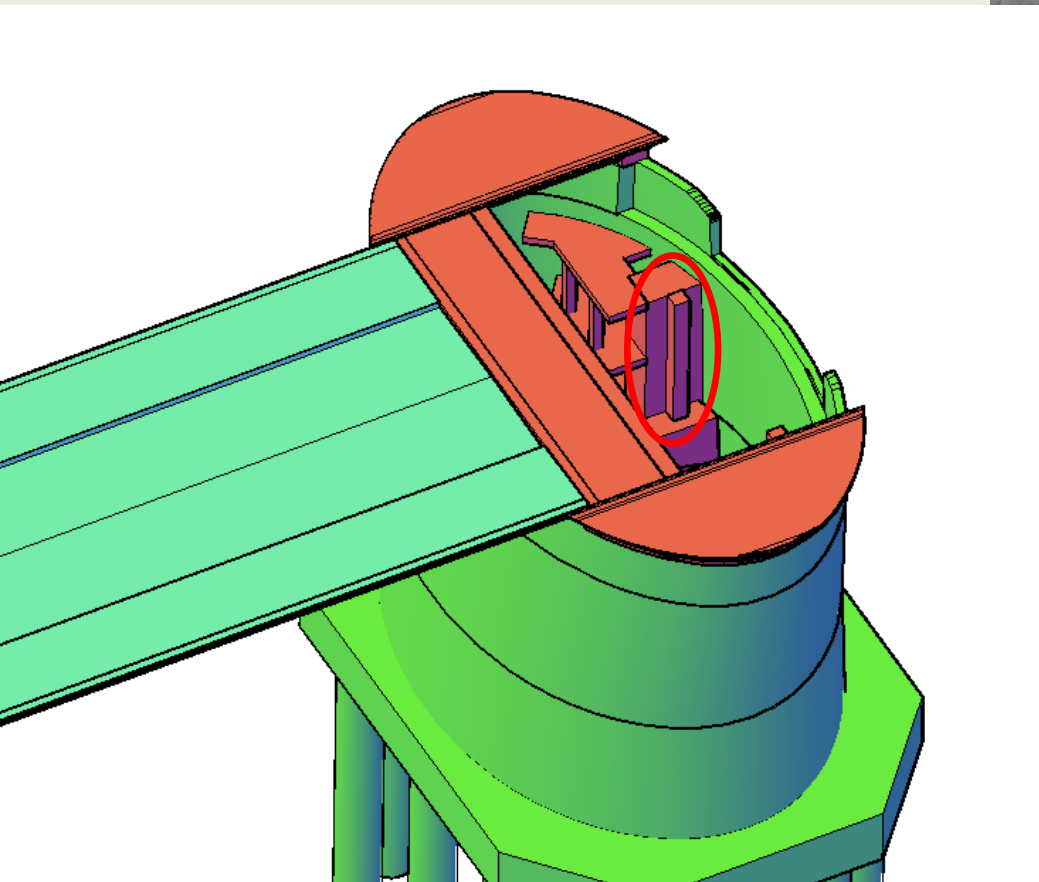
- UŠKE ZA DIZANJE I TRANSPORT SEKCIJA

PRORAČUN ZAVARA UŠKE ZA TRANSPORT - koso djelovanje sile			
Proračun zavora uške za montažu okrupnjenog elementa			
- ukupna težina tereta: 150 t = 1500 kN			
- proračunski broj sajli: 3 (jedna od četiri sajle ne prenosi opterećenje)			
- duljina sajle: 12 i 8 m			
- klasa čelika:	S275		
$f_y =$	275 N/mm ²	- granica popuštanja	
$f_u =$	430 N/mm ²	- vlačna čvrstoća	
$t_{min} =$	25 mm	- debljina najtanjeg zavarenog elementa	
$a_{max} = 0,7 * t_{min} =$	17,5 mm	- maksimalna debljina vara	
$a =$	10 mm	- odabrana debljina vara	
$l =$	450 mm	- proračunska duljina vara	
$\alpha =$	40,7°	- otklon kuta od horizontale	
$e =$	120 mm	- ekscentricitet sile	
$F_{Ed} =$	514 kN	- rezultantna sila djelovanja	
$H = F_{Ed} * \sin \alpha =$	389,7 kN	- horizontalna komponenta sile	
$V = F_{Ed} * \cos \alpha =$	335,2 kN	- vertikalna komponenta sile	
$M = H * e =$	46,8 kNm	- moment uslijed ekscentriciteta sile	
$n =$	2	- broj kutnih varova	
$I_w =$	15188 cm ⁴	- moment tromosti vara	
$A_w =$	90 cm ²	- površina popr. pr. vara	
Naprezanja u zavaru			
$y =$	225 mm		
$\sigma_{LM} = 1,5 * M * y / I_w =$		103,9 N/mm ²	
$\sigma_{LV} = 1,5 * V / A_w =$		55,9 N/mm ²	
$\tau_{II} = 1,5 * H / A_w =$		64,9 N/mm ²	
$\beta_w =$	0,85	- korekcijski faktor	
$\gamma_{M2} =$	1,25	- faktor sigurnosti	
$\sigma_{w,v} =$		172,5 N/mm ²	
$\sigma_{w,Rd} =$		233,7 N/mm ²	
$u =$		0,74	ZADOVOLJAVA



PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



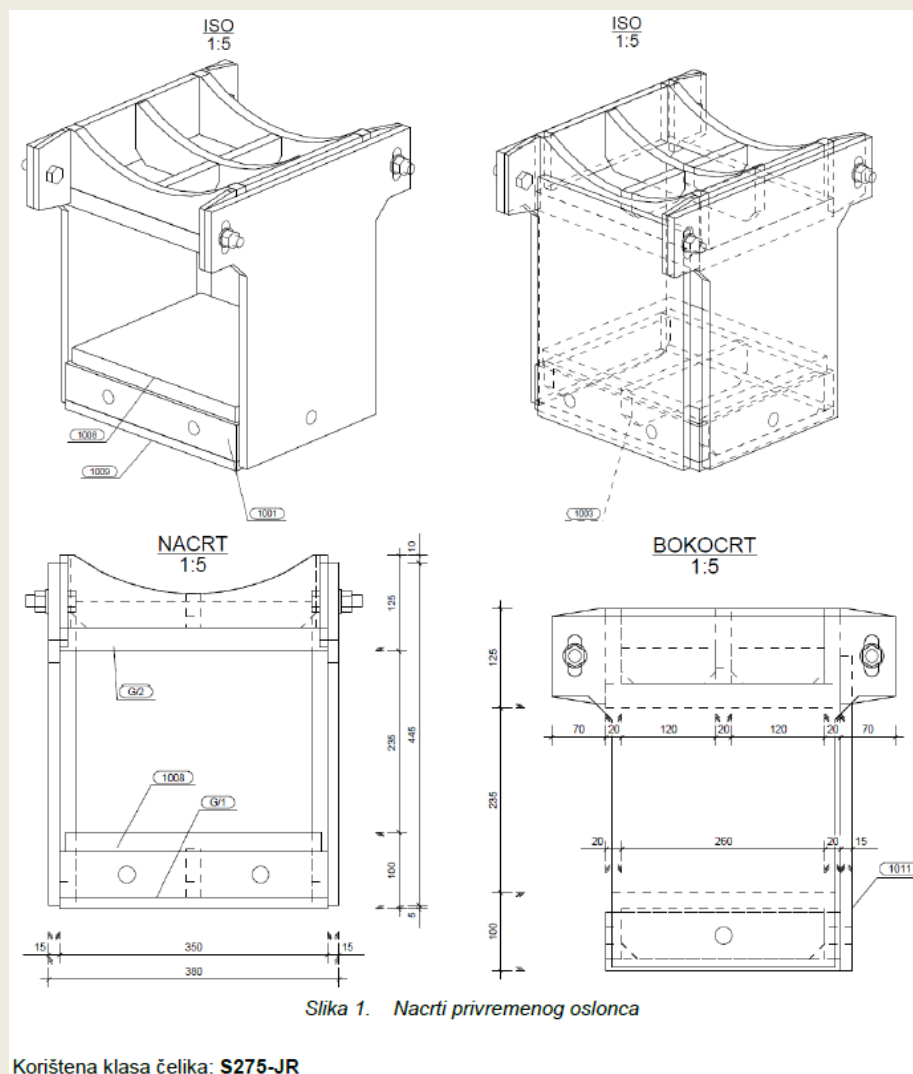
PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA
 - u fazi montaže VS1 i VS4 za privremeni prihvat osovine i dijela pokretnog raspona korišteni su pomoćni stupovi smješteni uz stup za prihvat osovine
 - Pomoćni stupovi su dimenzija 50x50 cm
 - Na te stupove postavljeni su čelični limovi debljine 10 mm i teflonski ležajevi debljine 14 mm koji su omogućiti klizanje privremenog oslonca i pozicioniranje raspona u projektirani položaj



PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

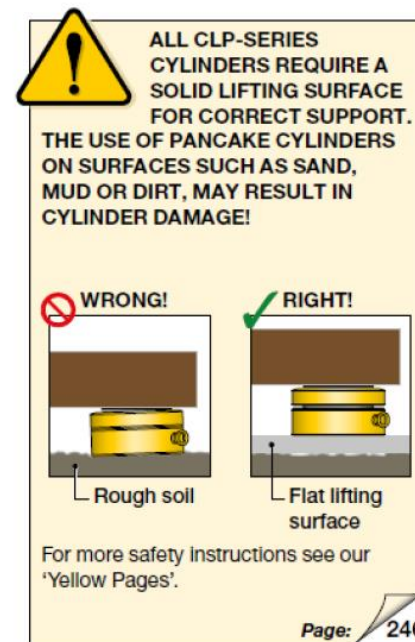
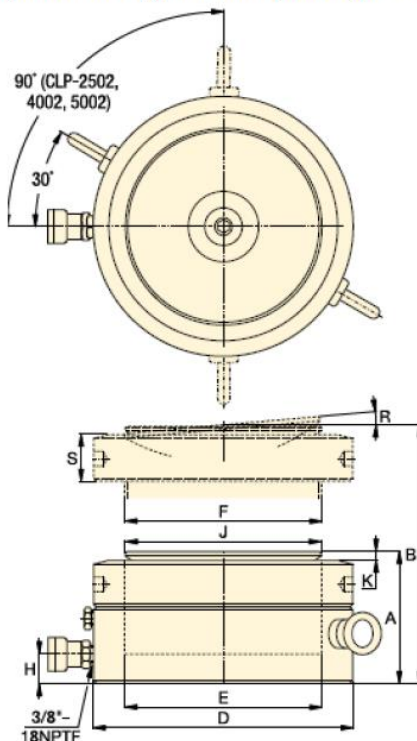
- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

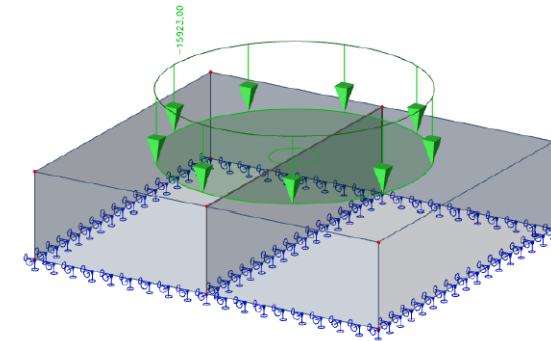
Unutar privremenog oslonca postavlja se hidraulička presa tip CLP-2002 nosivosti 200 [t] (slika 2.)



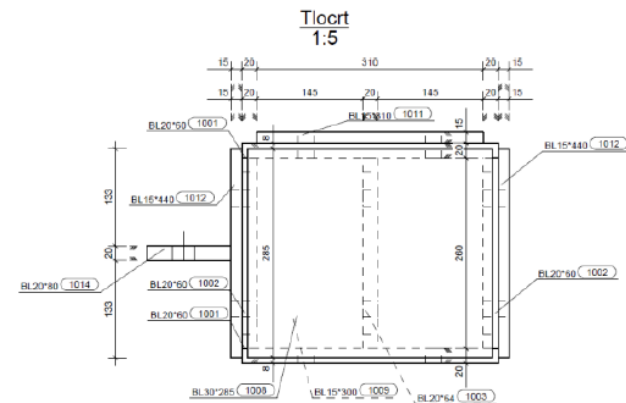
Cylinder Capacity	Stroke	Model Number *	Cylinder Effective Area	Oil Capacity	Collapsed Height	Extended Height	Outside Diameter	Cylinder Bore Diameter	Plunger Diameter	Base to Advance Port H	Saddle Diameter	Saddle Protusion from Plgr. K	Saddle Max. Tilt Angle R	Lock Nut Height S		Model Number *
ton (kN)	(mm)		(cm²)	(cm³)	A (mm)	B (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	H (mm)	J (mm)	K (mm)		(mm)	(kg)	
60 (606)	50	CLP-602	86,6	432	125	175	140	105,0	Tr 104 x 4	19	96	6	6°	28	15	CLP-602
100 (1027)	50	CLP-1002	148,8	734	137	187	175	136,7	Tr 136 x 6	21	126	8	5°	31	26	CLP-1002
160 (1619)	45	CLP-1602	231,3	1040	148	193	220	171,6	Tr 171 x 6	27	180	9	5°	40	44	CLP-1602
200 (1999)	45	CLP-2002	285,6	1285	155	200	245	190,7	Tr 190 x 6	30	180	10	5°	43	57	CLP-2002
260 (2567)	45	CLP-2502	388,8	1850	159	204	275	216,1	Tr 216 x 6	32	200	11	6°	44	74	CLP-2502
400 (3916)	45	CLP-4002	550,5	2517	178	223	350	266,9	Tr 266 x 6	39	250	11	4°	55	134	CLP-4002
520 (5114)	45	CLP-5002	730,6	3287	192	237	400	305,0	Tr 305 x 6	48	290	10	3°	62	180	CLP-5002

Slika 2. Opći podaci o presi

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



Površinsko opterećenje: $q=F/A=15923 \text{ [kN/m}^2\text{]}$



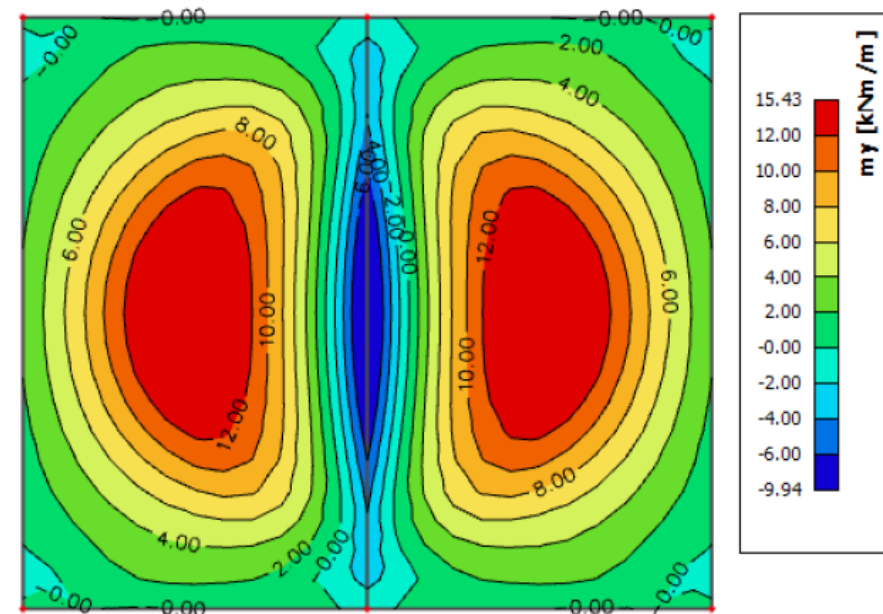
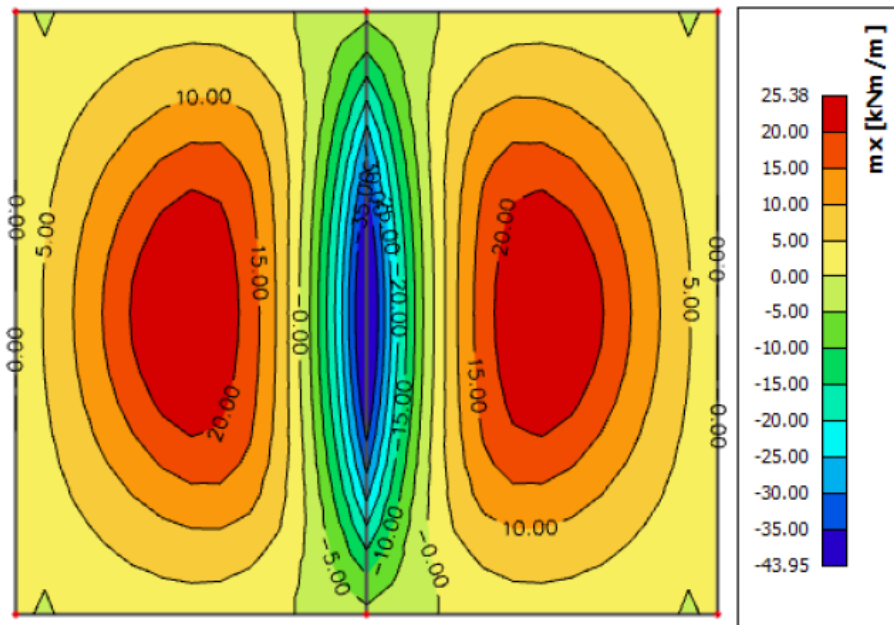
PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Izlazni rezultati proračuna (za NC1)

Momentni dijagrami:

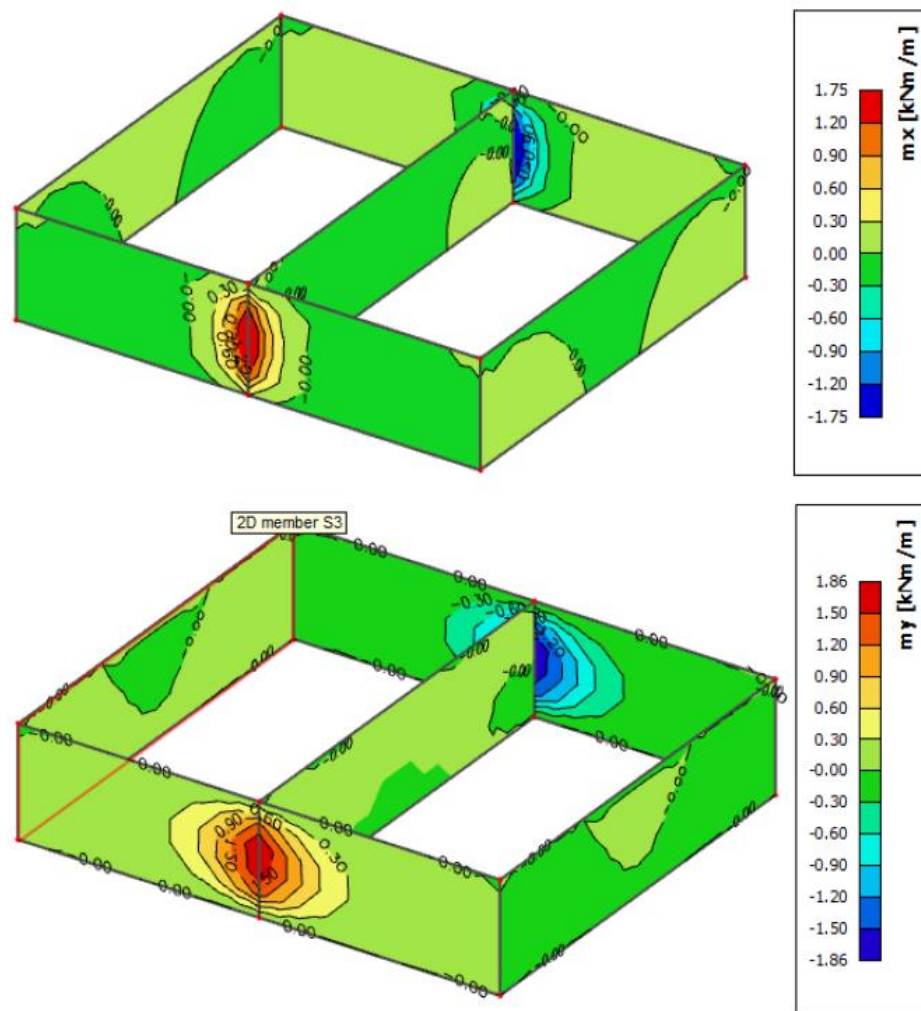
- Gornja ploča (POZ 1008):



PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

- Vertikalne ploče:

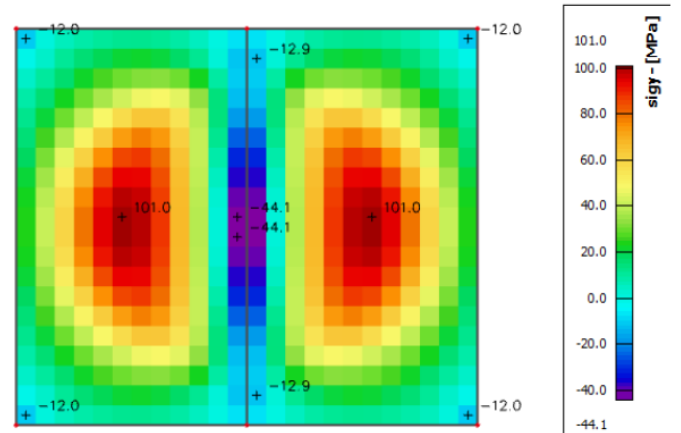
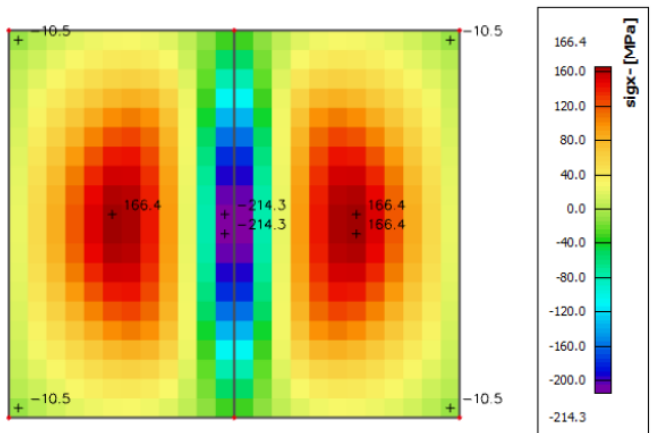
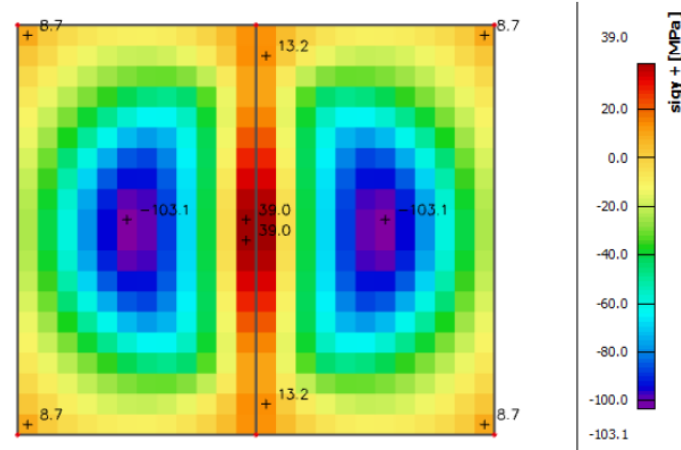
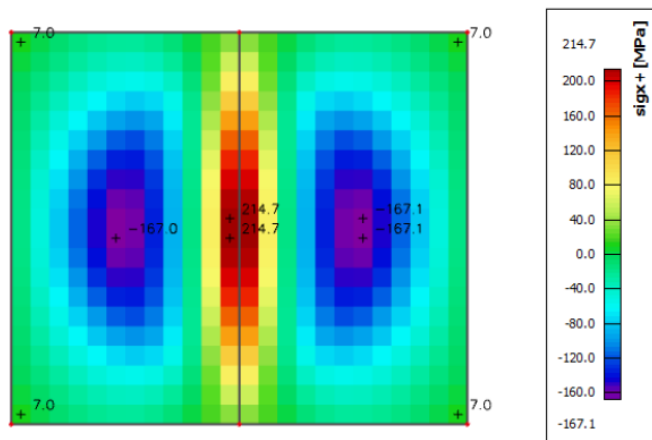


PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Von-Misses-ova naprezanja:

- Gornja ploča (POZ 1008):



Granična vlačna naprezanja:

214,7 [MPa]

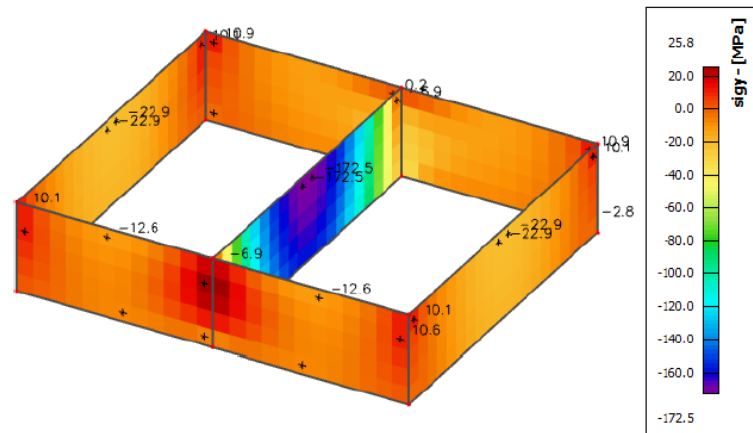
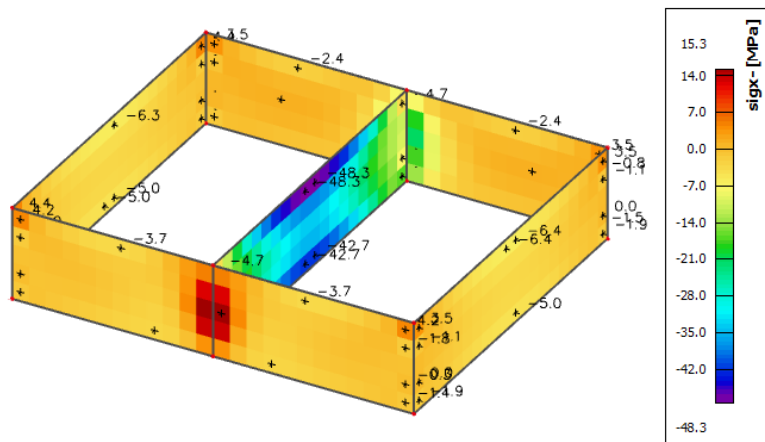
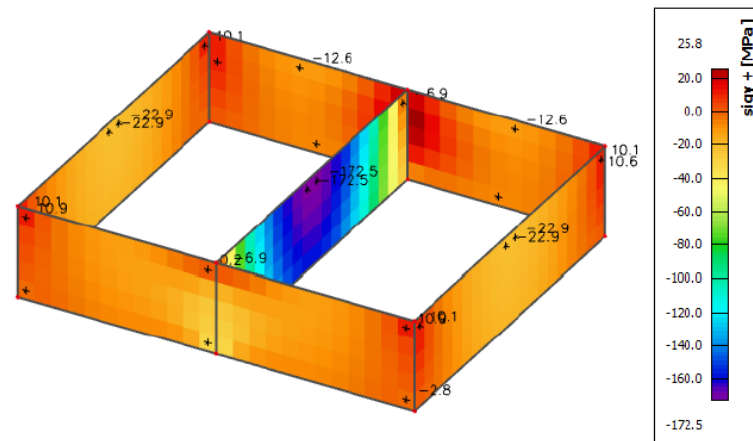
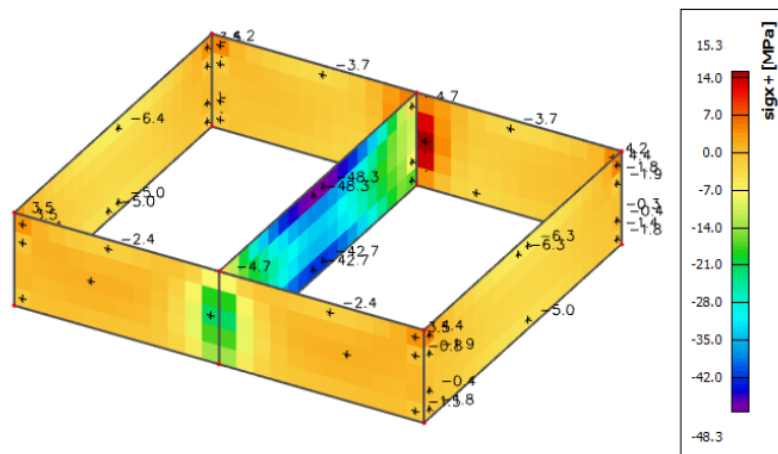
Granična tlačna naprezanja:

214,3 [MPa]

PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

- Vertikalne ploče:



Granična vlačna naprezanja:

Granična tlačna naprezanja:

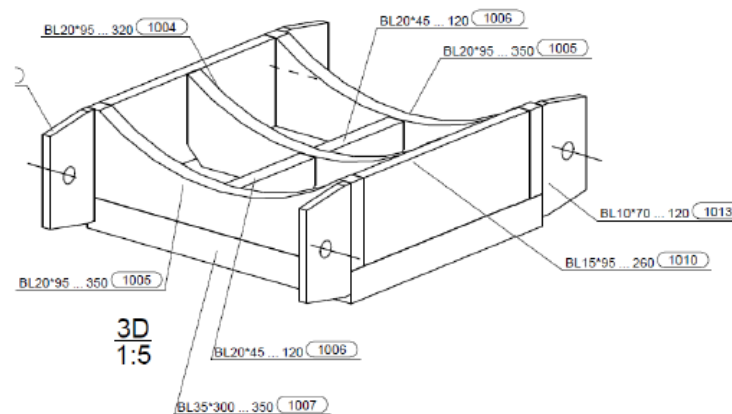
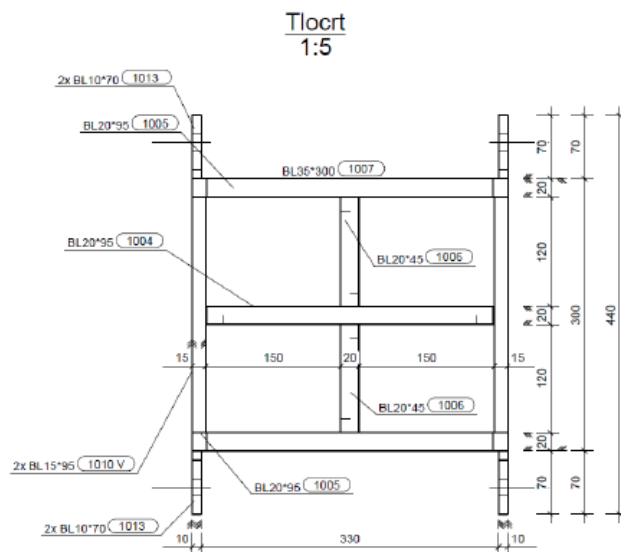
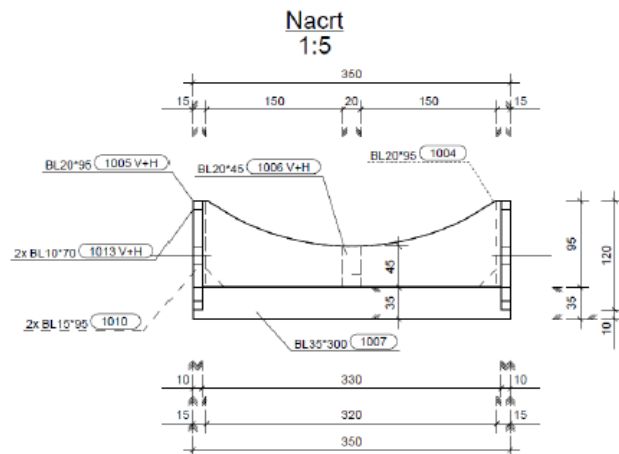
25,8 [MPa]

172,5 [MPa]

PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Proračun gorenjeg segmenta



Promjer cilindra prese: 180 [mm]

Površina nalijeganja: $A = d^2 \pi / 4 = 0,0254 \text{ [m}^2\text{]}$

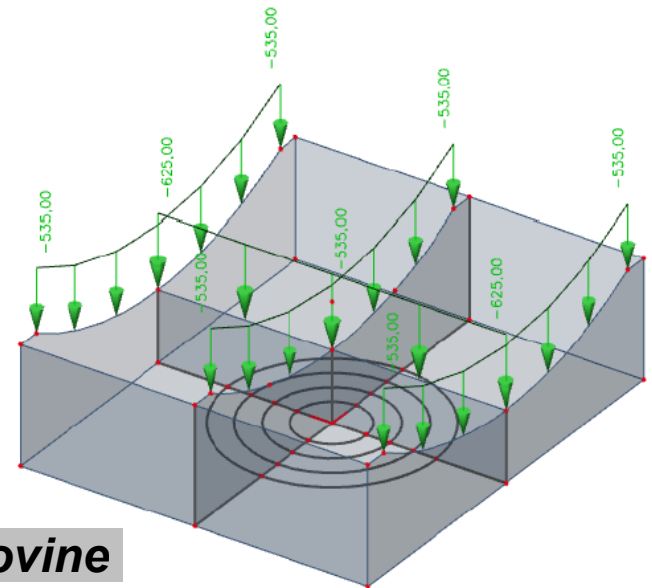
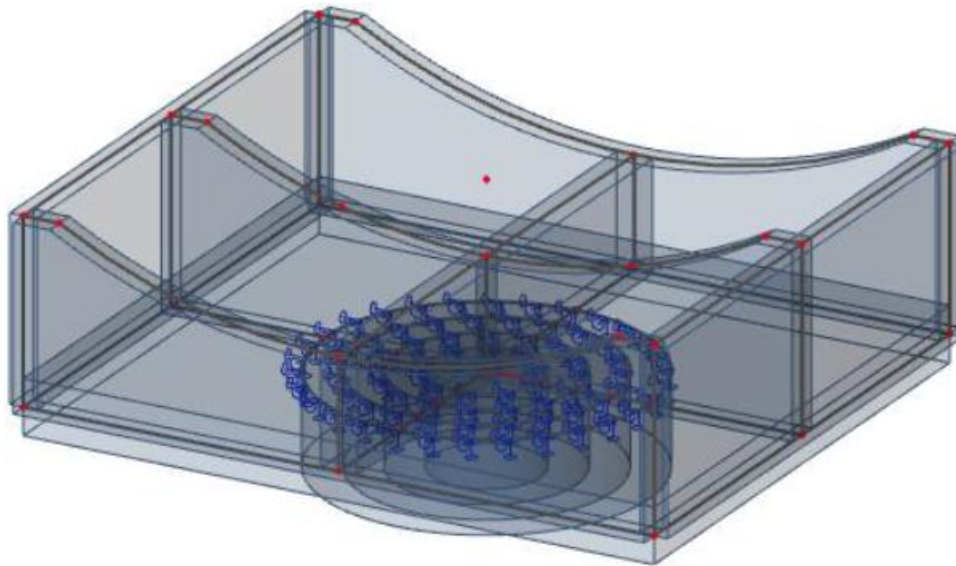
Koncentrirano opterećenje: $F = 750 \text{ [kN]}$

-koncetrirano opterećenje se linijski prenosi na vertikalne ploče

PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Prikaz proračunskog modela



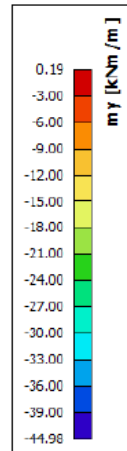
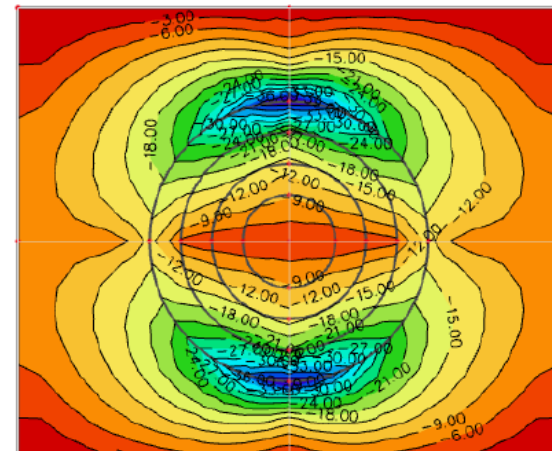
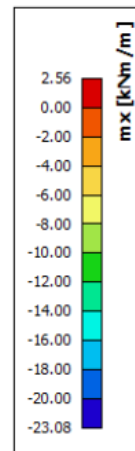
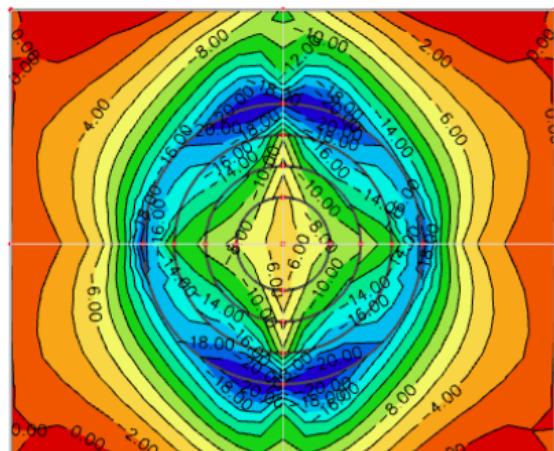
Opterećenje ispod osovine

PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

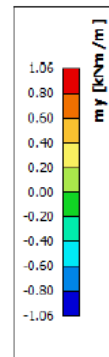
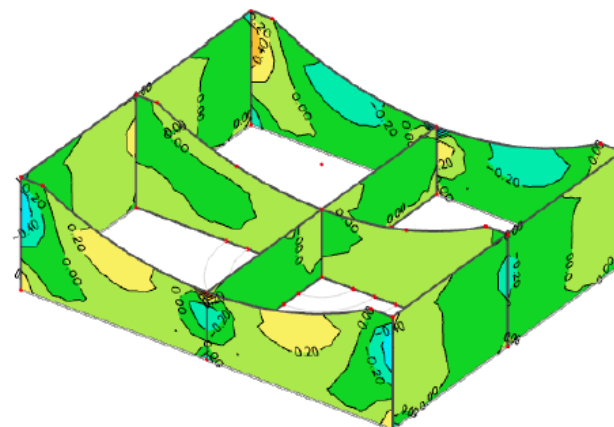
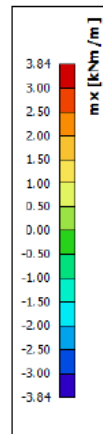
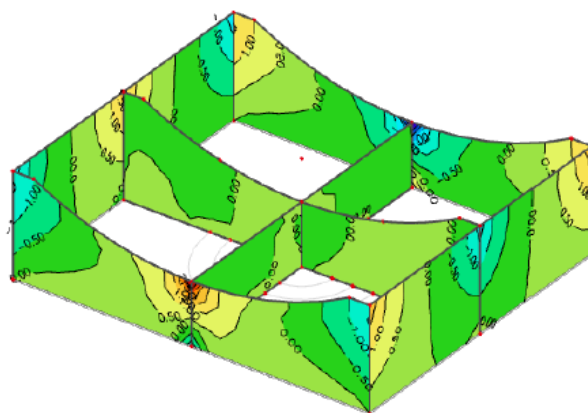
- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Momentni dijagrami:

- Donja ploča (POZ 1007)



- Vertikalne ploče

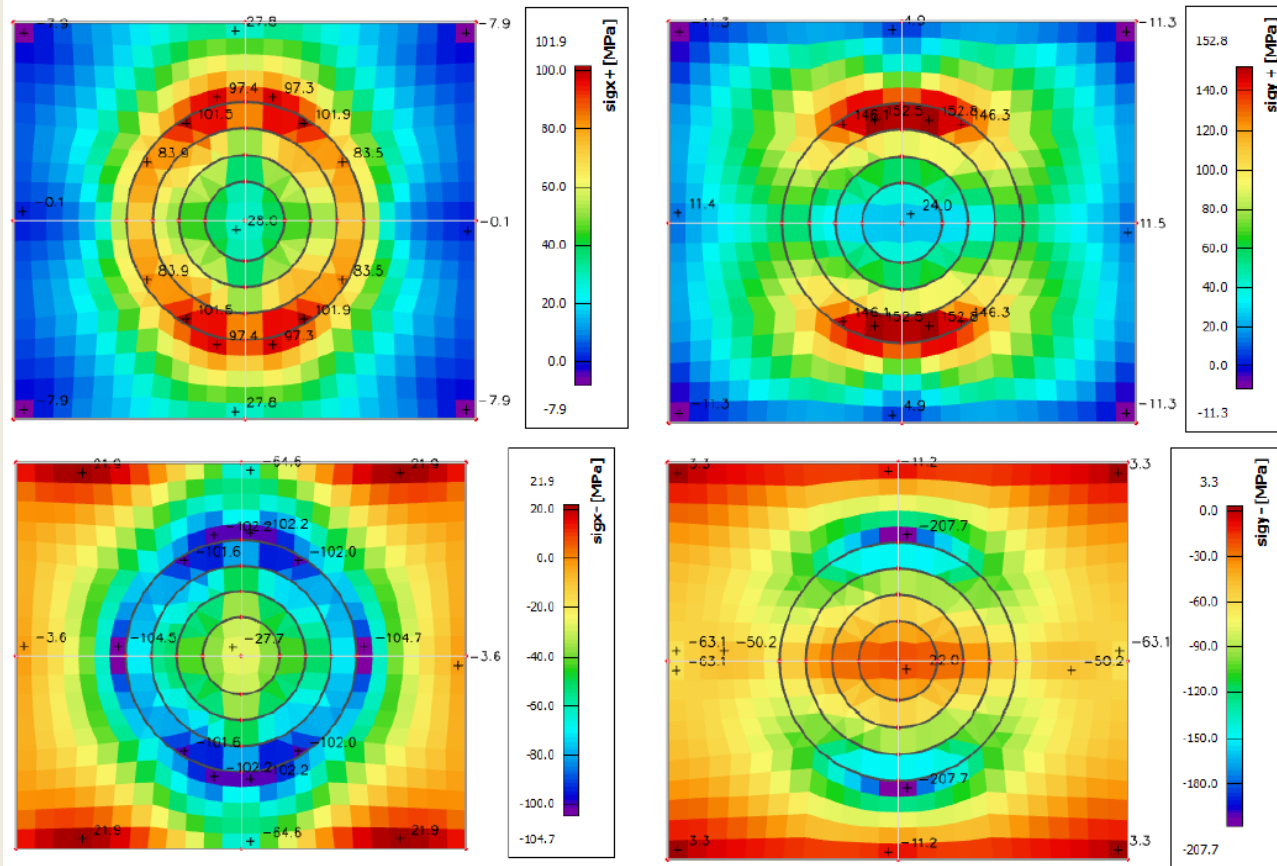


PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

Von-Mises-ova naprezanja:

- Donja ploča (POZ 1007)



Granična vlačna naprežanja:

Granična tlačna naprezanja:

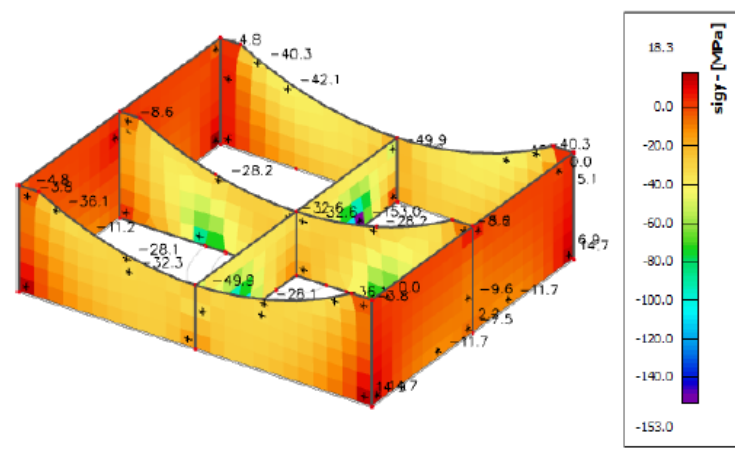
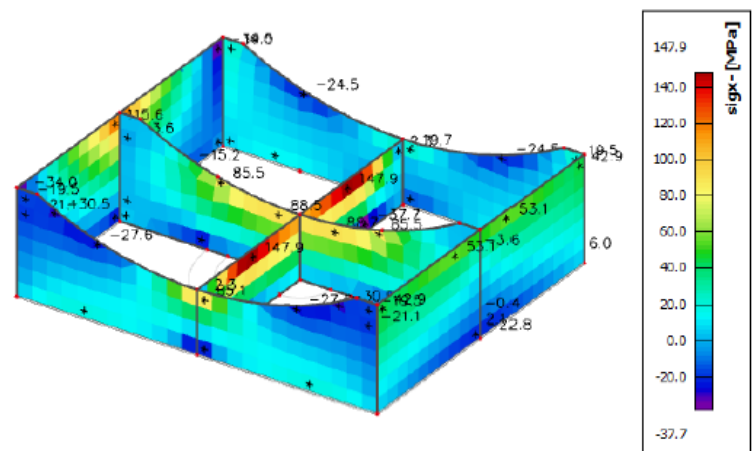
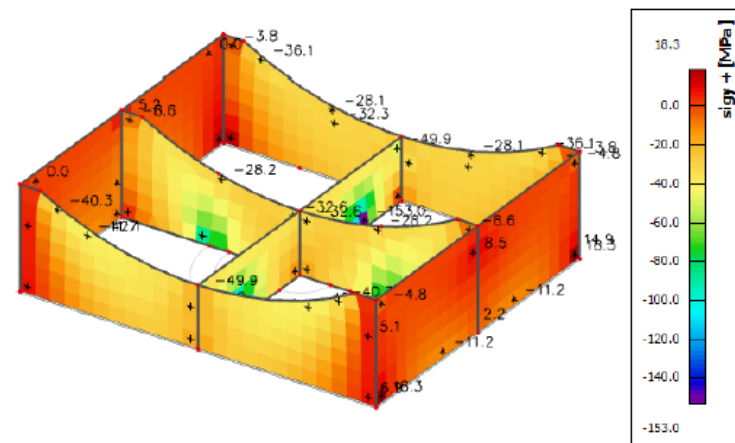
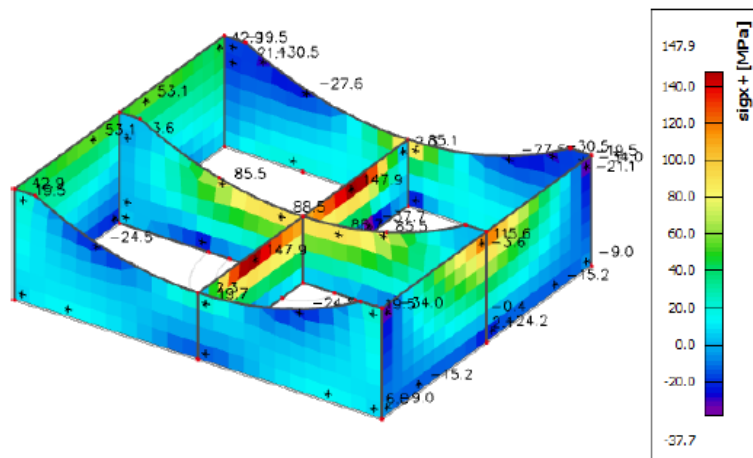
152,8 [MPa]

207,7 [MPa]

PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

- Vertikalne ploče:



Granična vlačna naprezanja:

Granična tlačna naprezanja:

147,9 [MPa]

153,0 [MPa]

PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA



PRIPREMNI RADOVI **NA GRADILIŠTU** PRIJE TRANSPORTA DO GRADILIŠTA:

- IZRADA PRIVREMENIH OSOLONACA

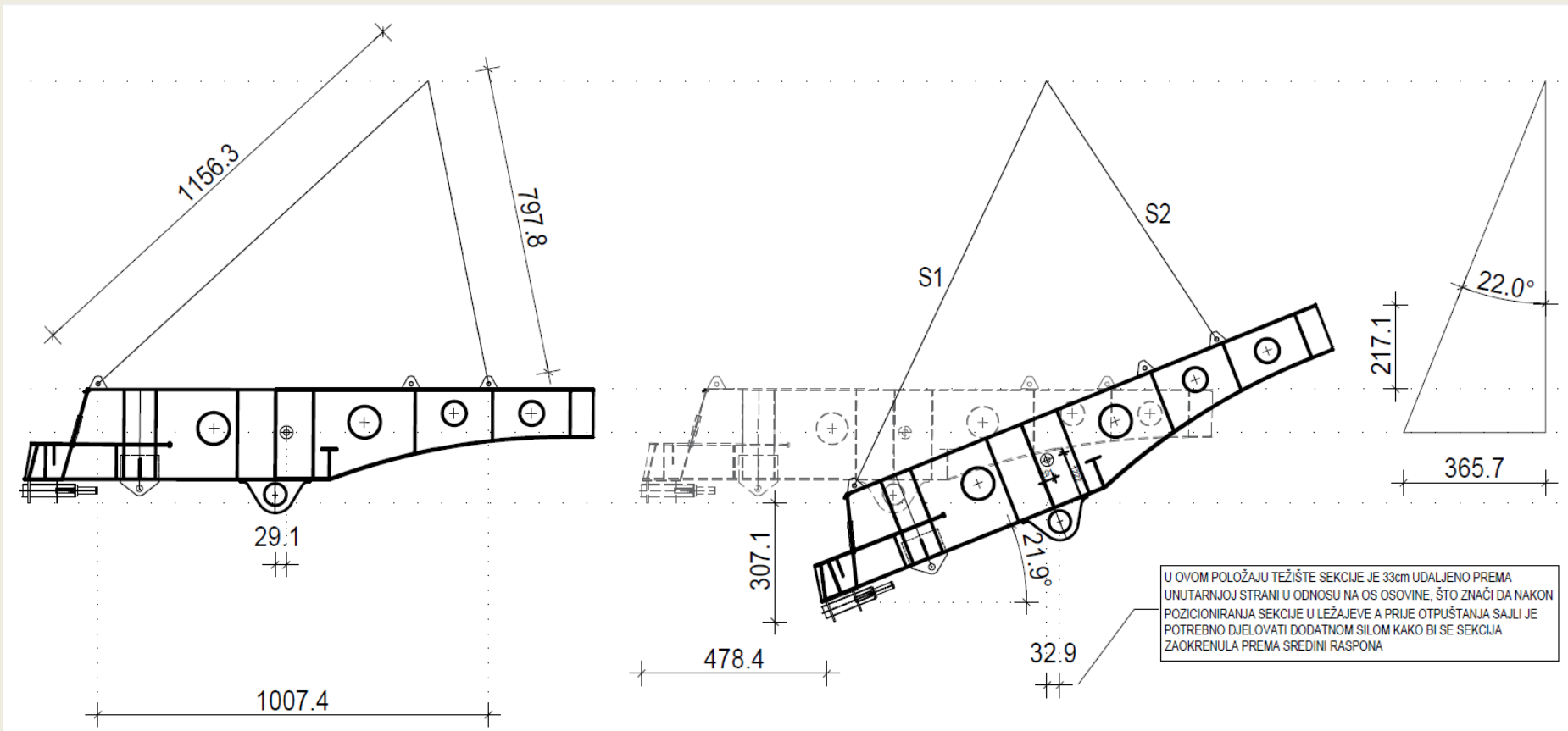


IZRAČUN TEŽIŠTA SEKCIJE VS4 I VS1

PRORAČUN TEŽIŠTA SEKCIJE MOSTA									
SEKCIJA VS4									
VS1 - LK		VS1 - LS		VS1 - S		VS1 - DS		VS1 - DK	
x1=	7984	mm	x2=	6594	mm	x3=	7517	mm	x3=
m=	8782	kg	m=	44753	kg	m=	26207	kg	m=
	8782	kg		44753	kg		26207	kg	
ukupna masa sekcije:			133277		kg				
- udaljenost težišta sekcije mosta od ishodišta VS4-DS:									
X(tež)=			6958,68		mm		(POLOŽAJ OSOVINE OD ISHODIŠTA VS4-DS) =		
							6480 mm		
PRORAČUN TEŽIŠTA SEKCIJE MOSTA ZAJEDNO S OSOVINOM									
X _{osovina} =		6480	mm	X _{brava} =		550	mm	cca	
m _{osovina} =		8100	kg	m _{brava} =		3000	kg	(svaka brava 1500kg)	
ukupna masa :			144377		kg				
- udaljenost težišta sekcije mosta od strane privremenih oslonaca:									
X'(tež)=			6798,66		mm		(UDALJENOST OSOVINE OD TEŽIŠTA VS4) =		
							318,7 mm		
PRORAČUN S OBZIROM NA DODATNU DIJAFRAGMU_20180403									
1	m[kg]=	144,9	l[mm]=	-2300	m[kgmm]=	-333270			
2		156,7		-2300		-360410			
3		157,5		-2300		-362250			
4		218,8		-2300		-503240			
5		116,4		-2300		-267720			
6		212		-2300		-487600			
7		162,4		-2404		-390410			
8		70,3		-2404		-169001			
9		117,8		-2404		-283191			
10		115,4		-2404		-277422			
11		17,8		-2404		-42791,2			
12		19,2		-2404		-46156,8			
13		20,5		-2404		-49282			
14		11		-2404		-26444			
1540,7 kg					-3599188				
X'(tež)=			-2336,07		mm				
X'(tež)=			4143,93		mm				
ukupna masa :			145917,7		kg				
- udaljenost težišta sekcije mosta od strane privremenih oslonaca:									
X(tež)=			6770,63		mm		(UDALJENOST OSOVINE OD TEŽIŠTA VS4) =		
							290,6 mm		

PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

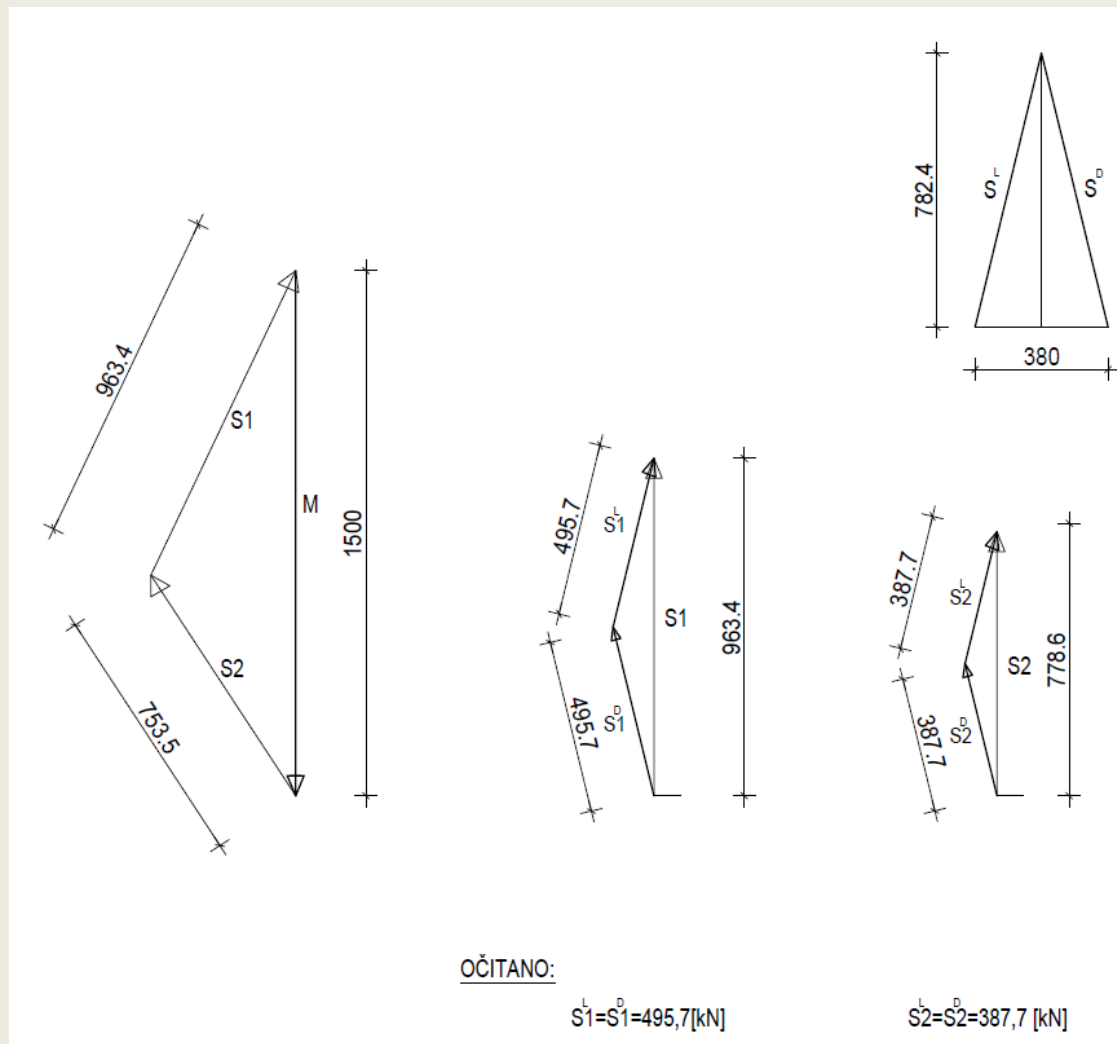
IZRAČUN KUTA NAGIBA SEKCIJA VS1 I VS4 TIJEKOM TRANSPORTA



- KORISTE SE SAJLE DUŽINE 12 i 8 m
- PROMJER SAJLE: $\varnothing 80$ mm

PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

PRORAČUN SILA U UŽADI TIJEKOM TRANSPORTA



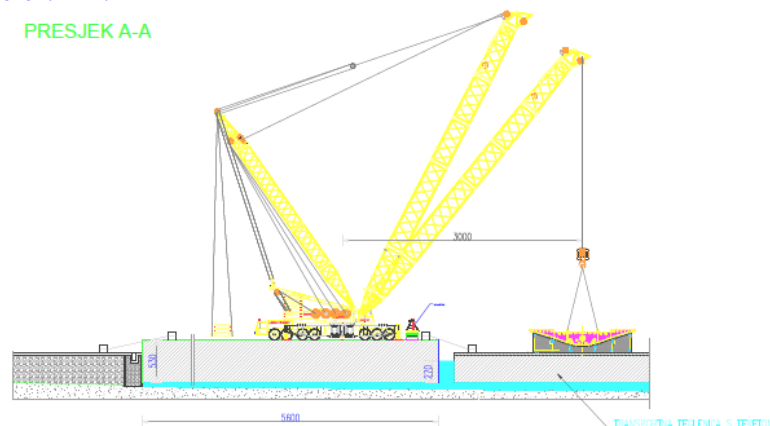
REDOSLIJED MONTAŽE NAD MOREM (STRIP)

1.

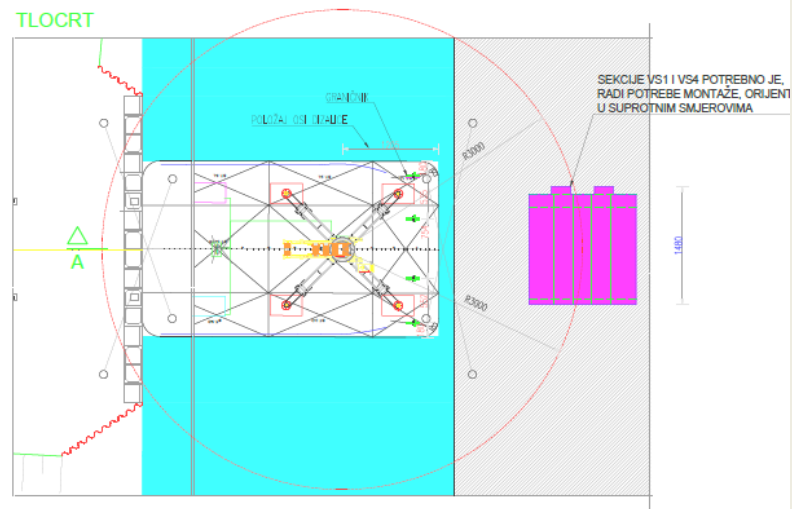
Teglenica s dizalicom privezana je za operativnu obalu s dizalicom dalje od operativne obale.
Teglenica sa sekcijom rasklopnog mosta doplovljava do teglenice s dizalicom i privezuje se za nju.

Računski polumjer podizanja usvaja se 30.0m, čemu odgovara nosivost dizalice oko 150t. Težina sekcije, uključujući potrebnu opremu iznosi oko 145t.

PRESJEK A-A



TLOCRT



PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

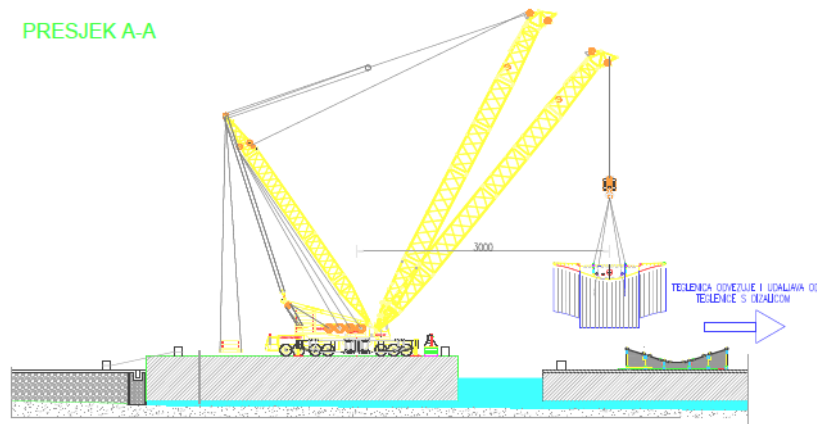
REDOSLIJED MONTAŽE NAD MOREM (STRIP)

2.

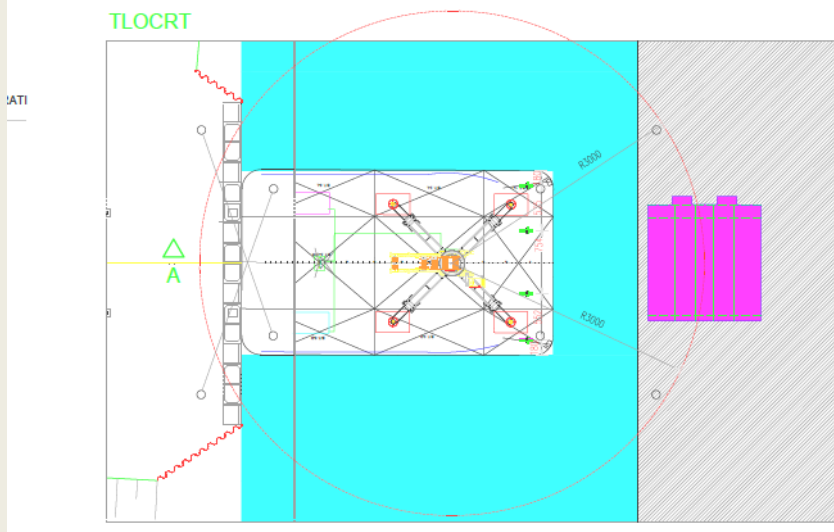
Rasklopna sekcija podiže se sajlama dužine 8 i 12 m kako bi se dobio za montažu potreban kut nagiba od 22°.

Po podizanju sekcije s teglenice koja je doplovila, ista se odvezuje i udaljava od teglenice s dizaloom, kako bi joj omogućila nesmetano isplivljavanje.

PRESJEK A-A



TLOCRT



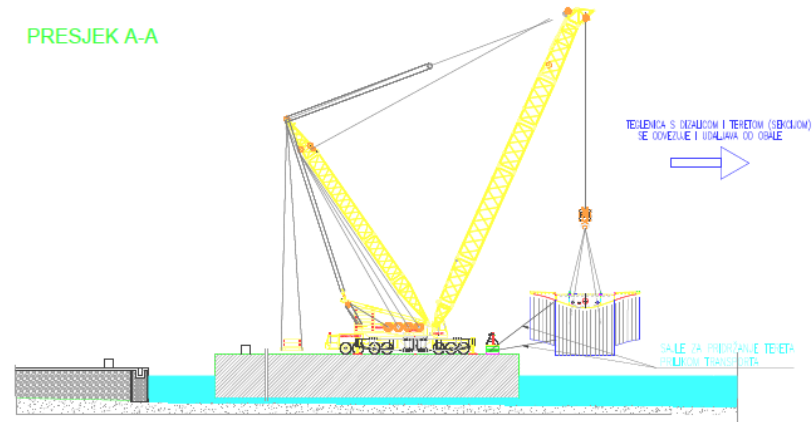
PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

REDOSLIJED MONTAŽE NAD MOREM (STRIP)

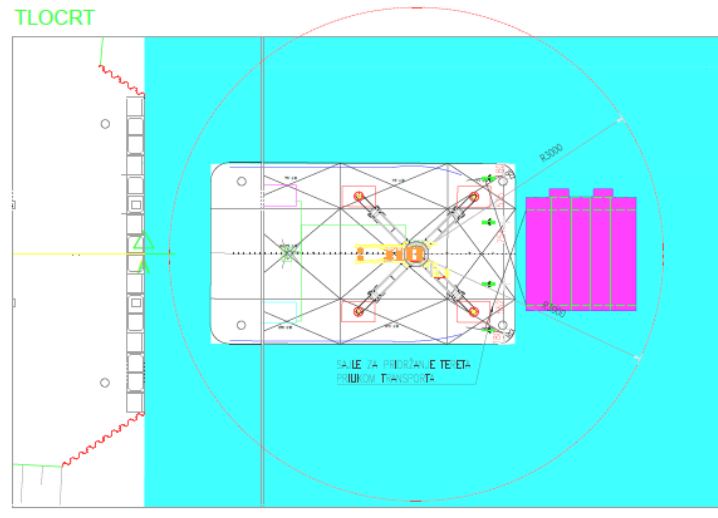
3.

Nakon odmicanja teglenice koja je dovezla teret, isti se privlači dizalicom i privezuje za bitve na teglenici sajama.
Granom dizalice sajle se pritežu do stabilnog stanja.
Po osiguranju stabilnosti tereta, teglenica s dizalicom udaljava se od obale.

PRESJEK A-A

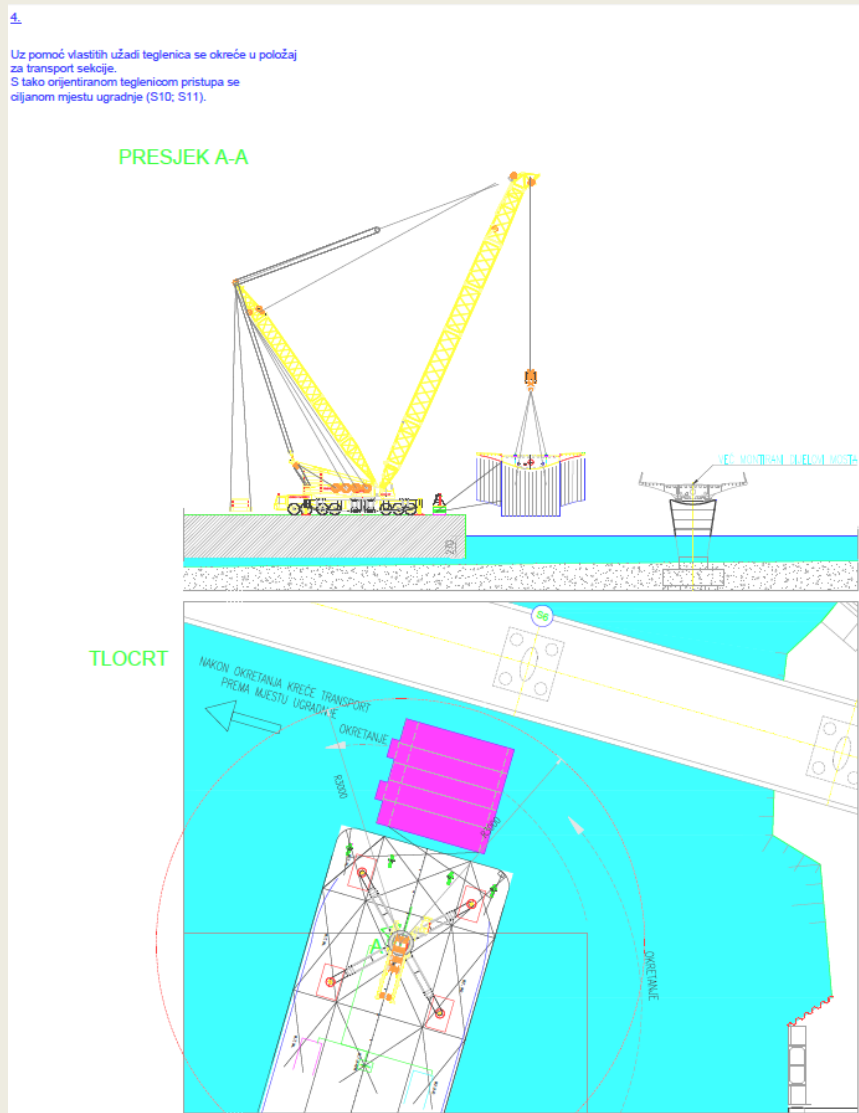


TLOCRT



PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

REDOSLIJED MONTAŽE NAD MOREM (STRIP)



PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

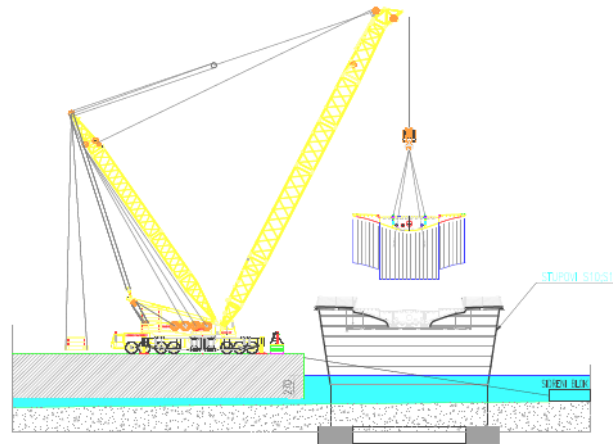
REDOSLIJED MONTAŽE NAD MOREM (STRIP)

5.

Dolaskom na mjesto montaže, teglenica s dizalicom zauzima radnu poziciju i privезuje se za pripremljene sidrene blokove.

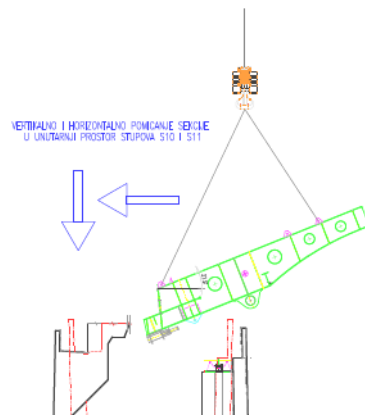
Za svo vrijeme montaže, rasklopnu sekciju je potrebno pridržavati užadima s teglenice i s postojećeg dijela mosta.

PRESJEK A-A



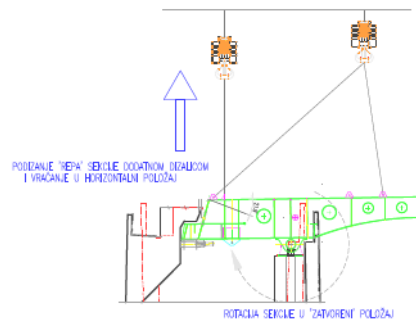
a.) FAZA SPUŠTANJA

Rasklopna sekcija se prvo vertikalno spušta do razine zidova stupa, a zatim horizontalno uvlači u njegov unutarnji prostor.



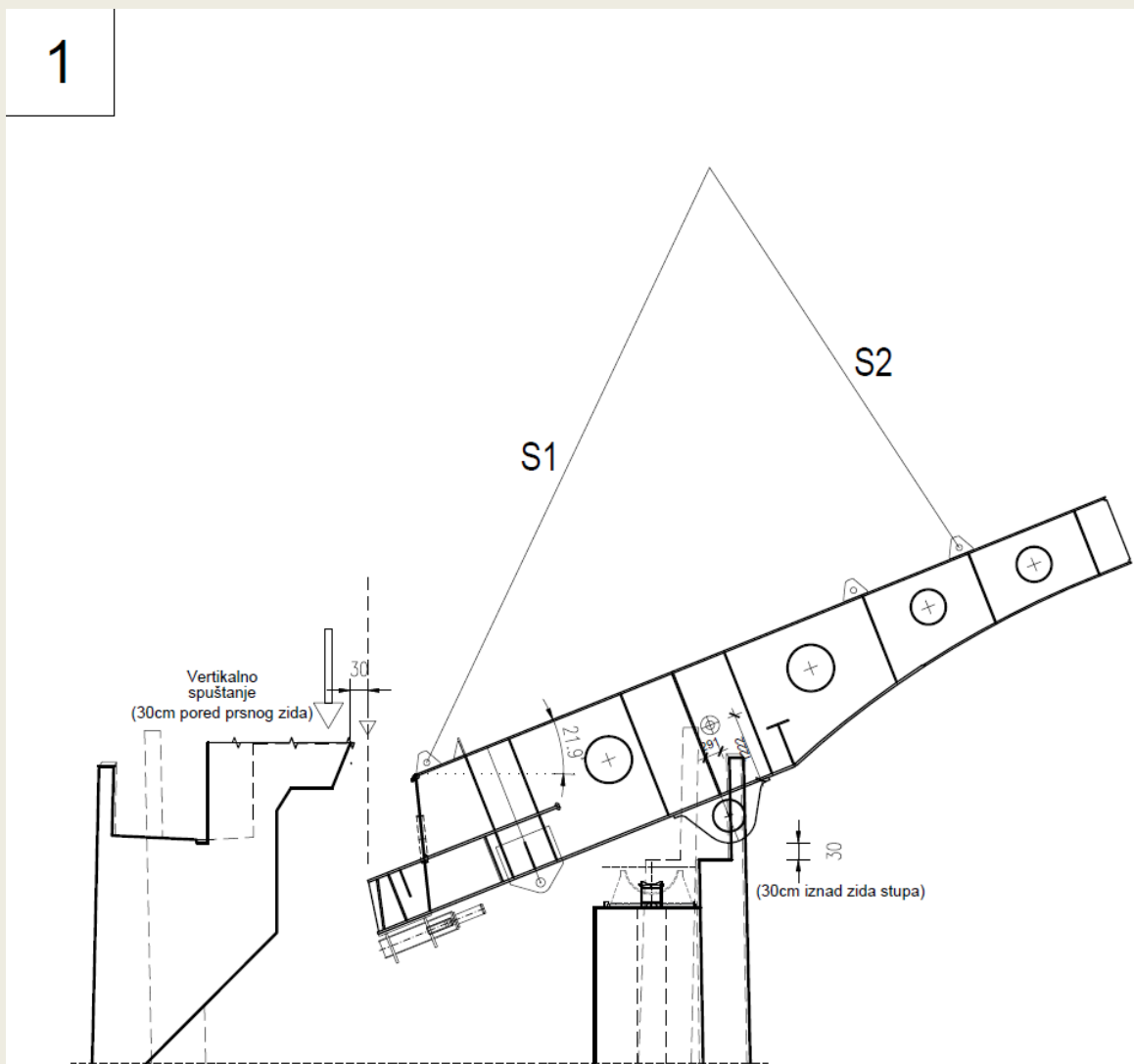
b.) FAZA VRAĆANJA U RAVNOTEŽU

Zbog nagiba u transportu, težište sekcije prelazi na lijevu stranu od osi osovine. Zbog toga je, nakon pozicioniranja sekcije na privremenim ležajevima, potrebno dodatnom silom vratiti sekciju u horizontalni položaj (vratiti težište na stranu desno od osi osovine). To se postiže dodatnom plovnom dizalicom koja se sajama prihvaća na dodatnu užku.



PRIPREMI RADOVI **U UREDU** PRIJE MONTAŽE

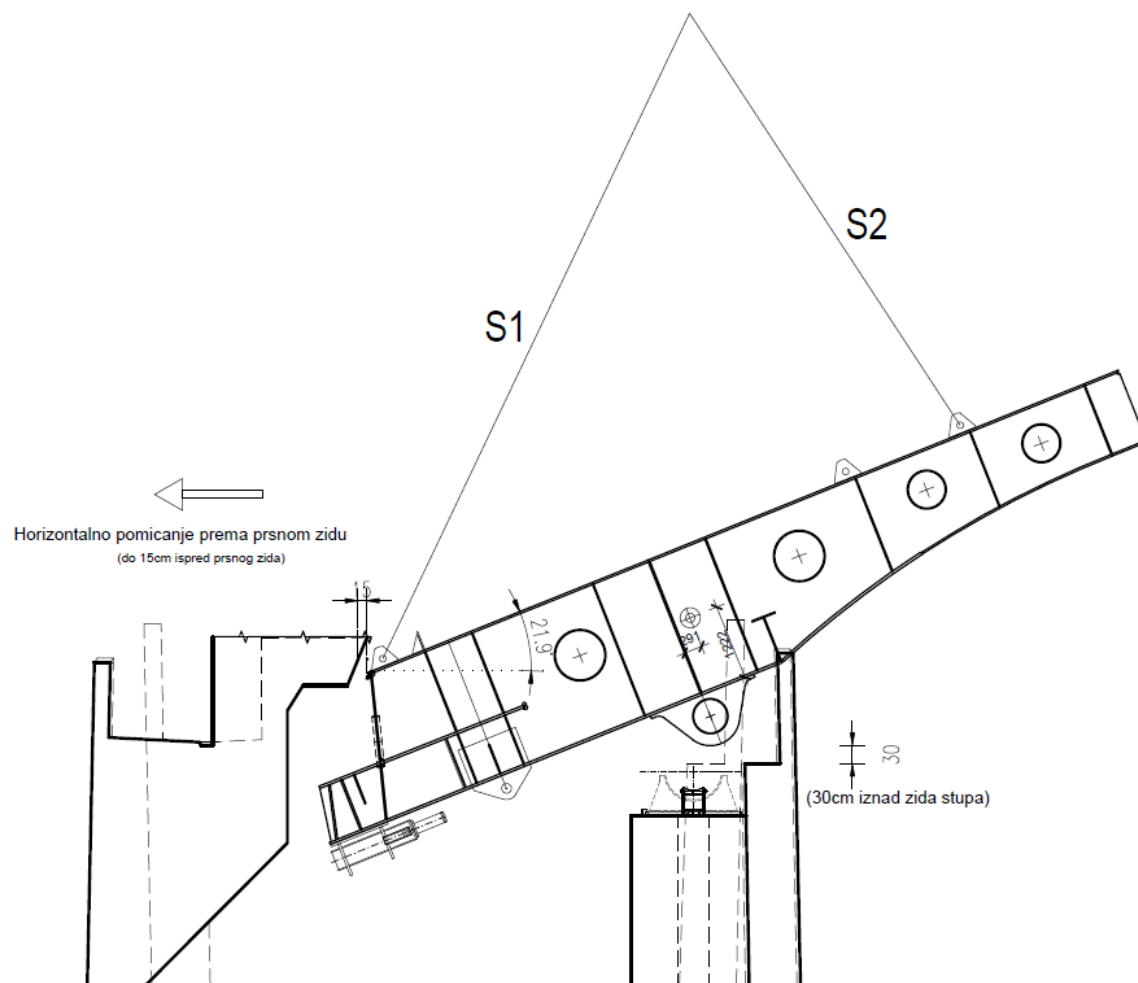
HEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA



PRIPREMI RADOVI **U UREDU** PRIJE MONTAŽE

SHEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA

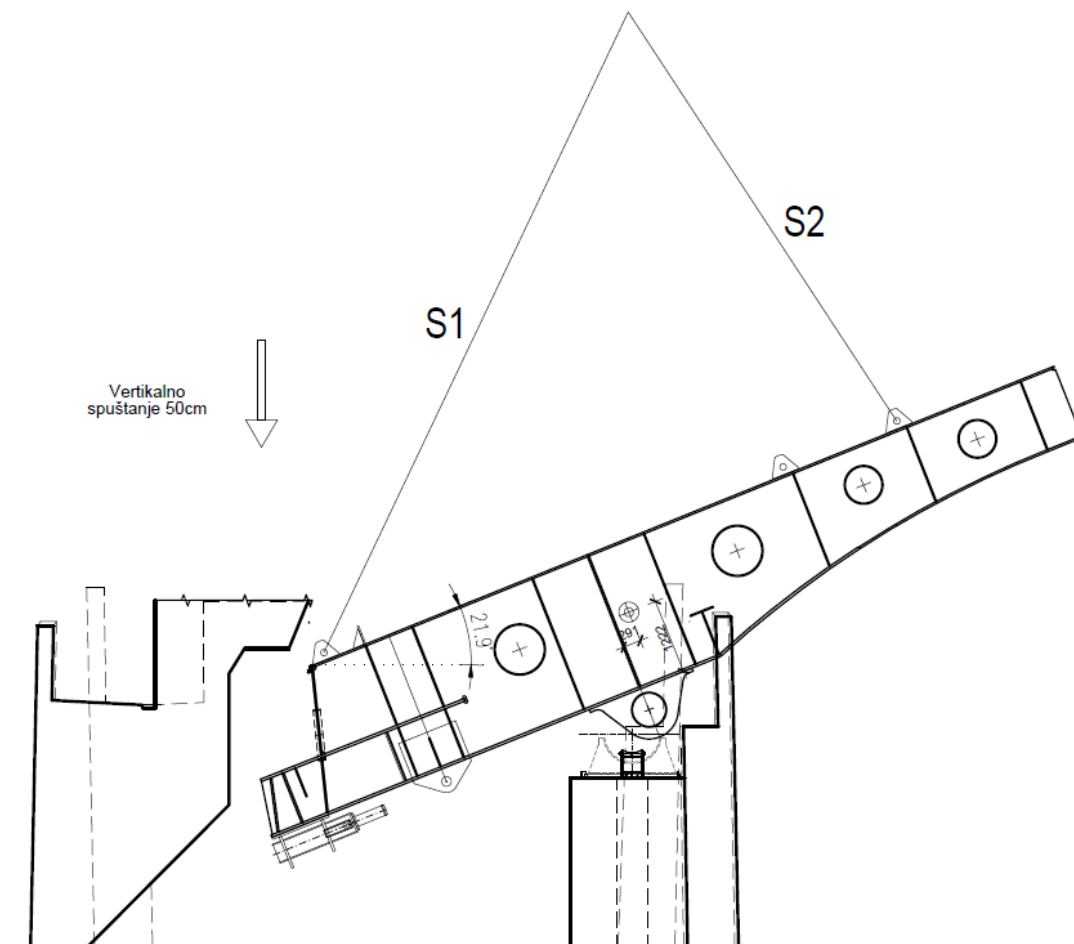
2



PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

SHEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA

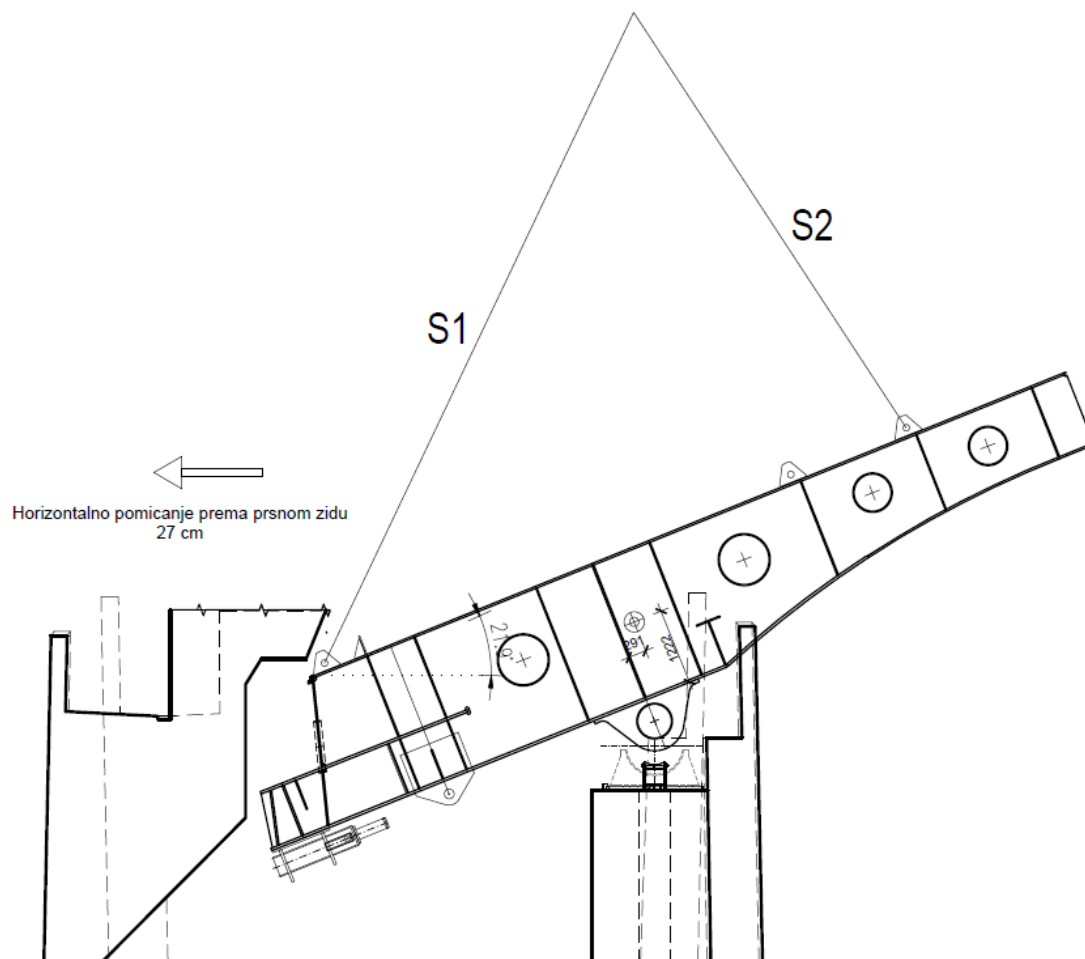
3



PRIPREMI RADOVI **U UREDU** PRIJE MONTAŽE

SHEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA

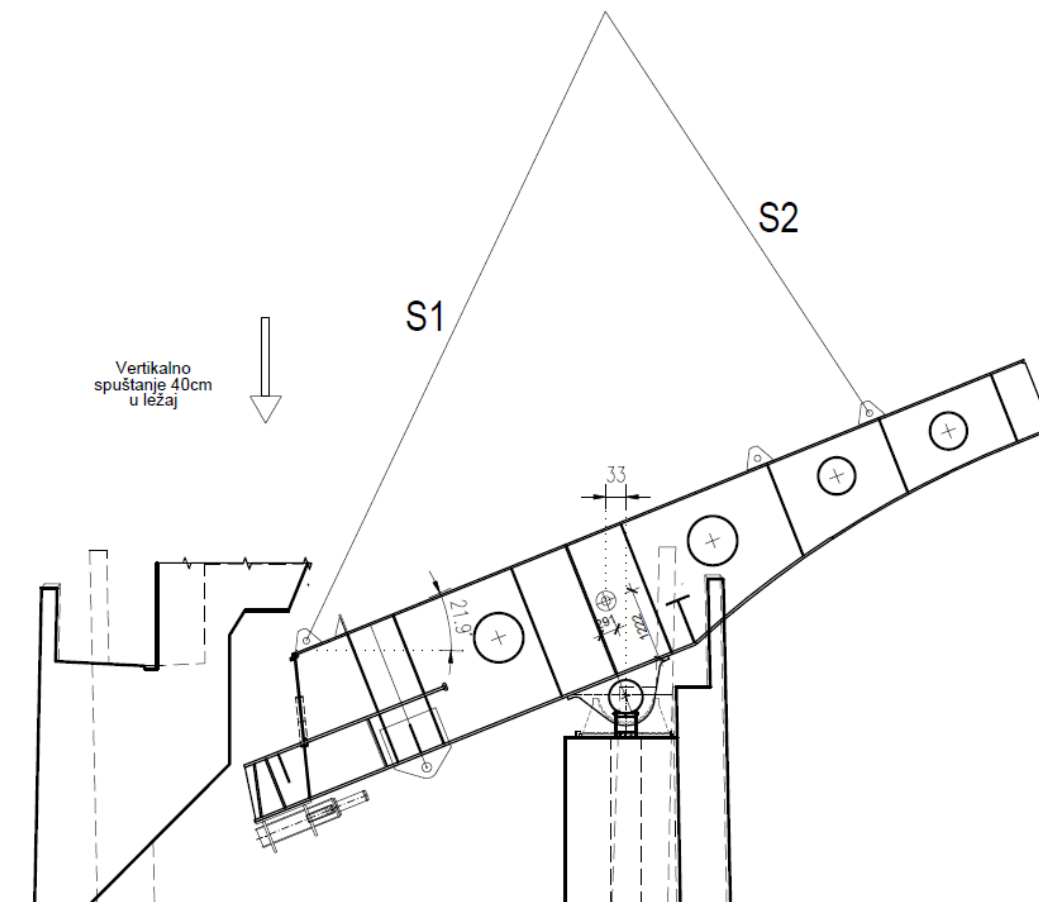
4



PRIPREMI RADOVI **U UREDU** PRIJE MONTAŽE

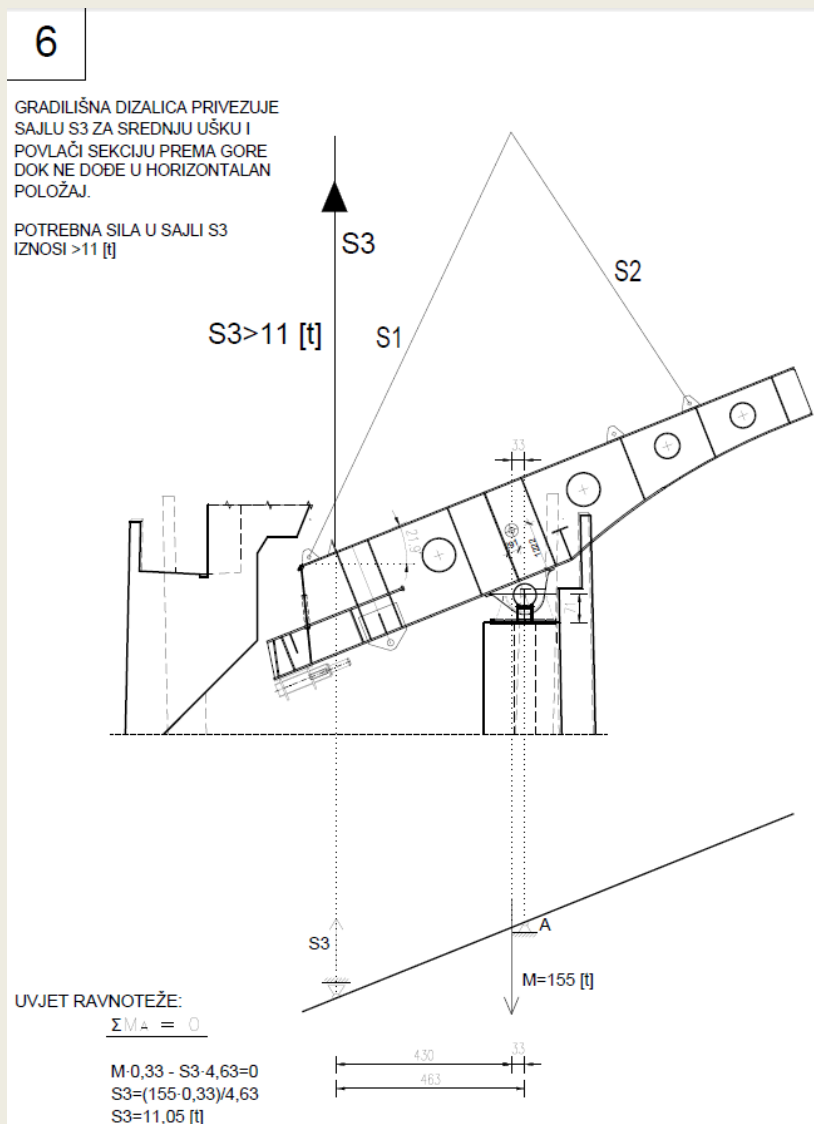
SHEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA

5



PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

HEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA



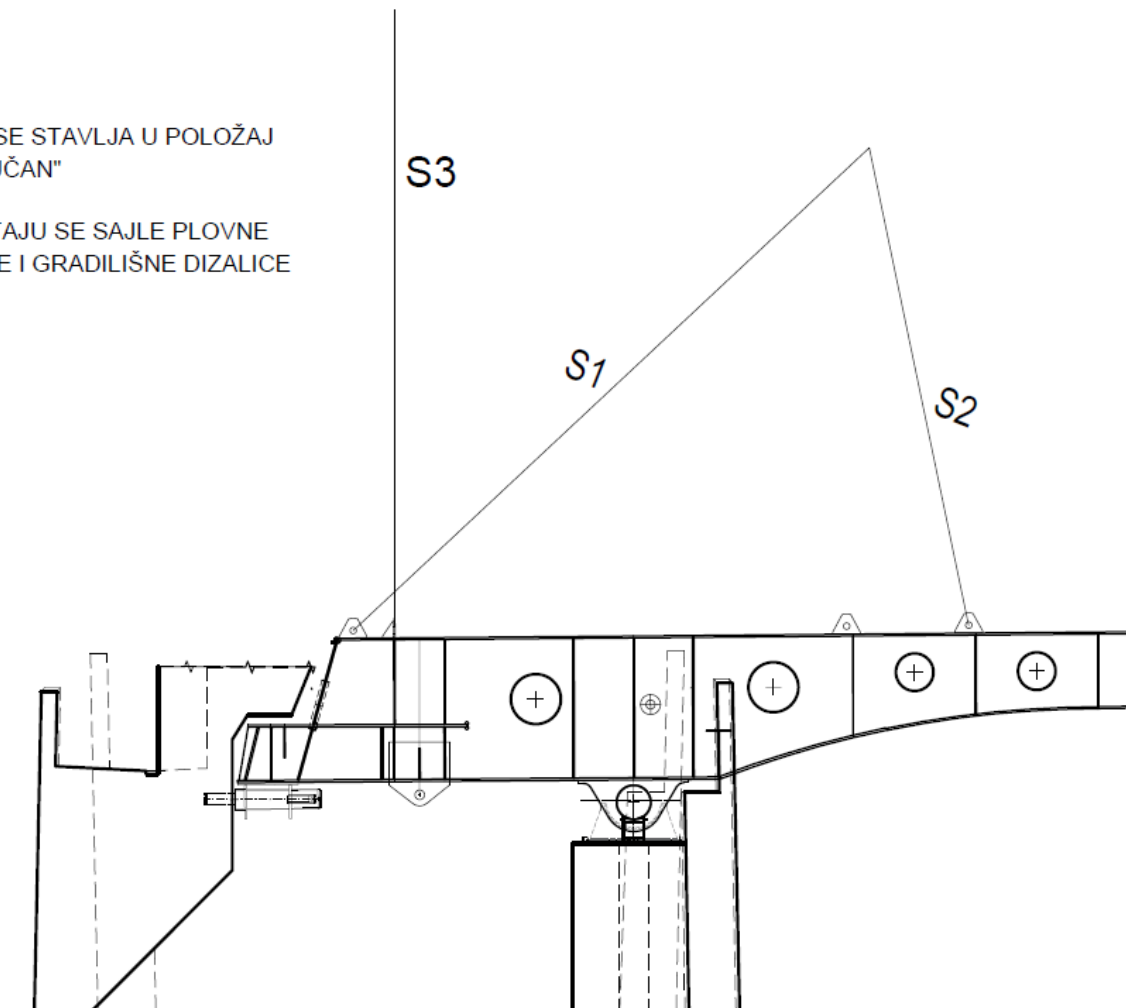
PRIPREMI RADOVI U UREDU PRIJE MONTAŽE

SHEMA RADNIH OPERACIJA SPUŠTANJA SEKCIJE NA POZICIJU STUPA

7

BRAVA SE STAVLJA U POLOŽAJ
"ZAKLJUČAN"

OTPUŠTAJU SE SAJLE PLOVNE
DIZALICE I GRADILIŠNE DIZALICE



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



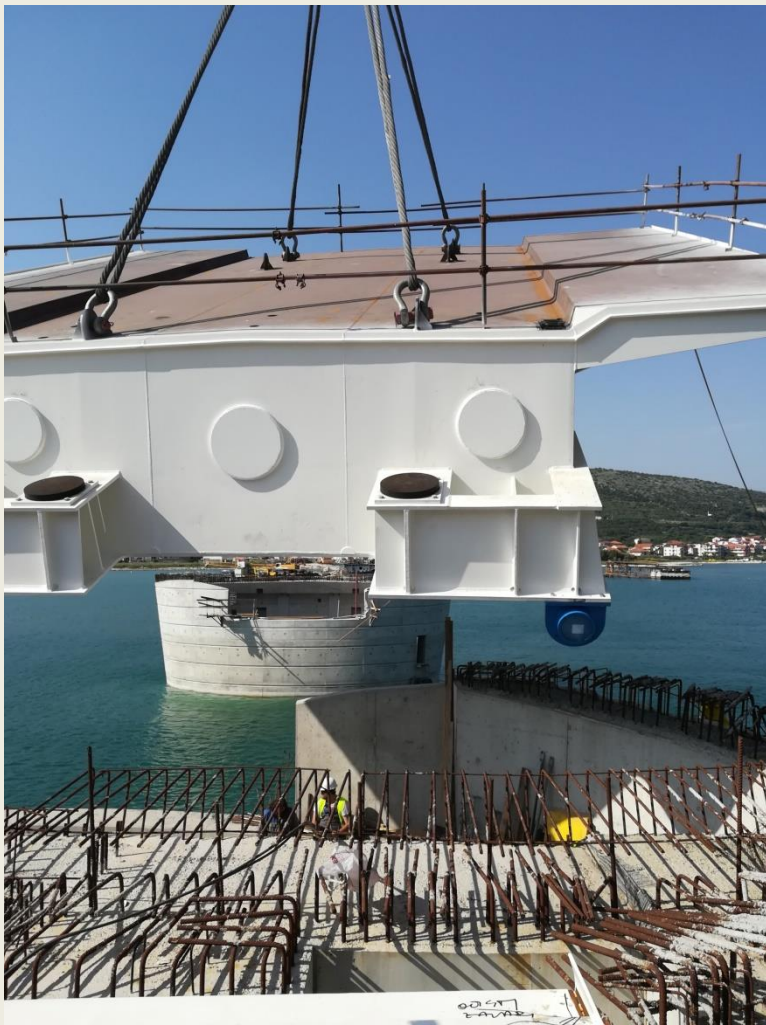
MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



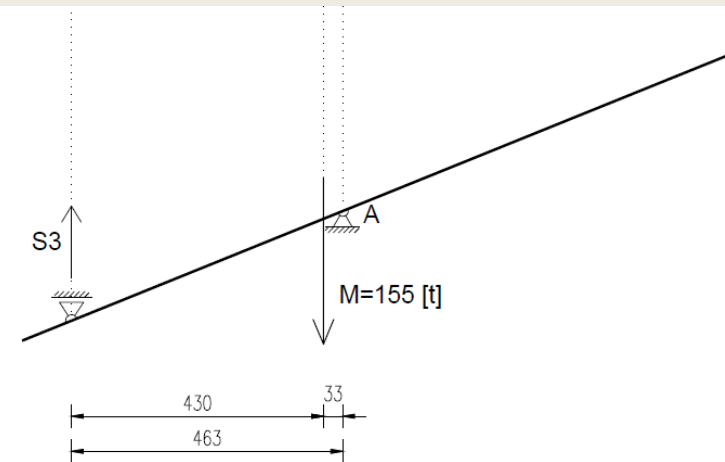
UVJET RAVNOTEŽE:

$$\Sigma M_A = 0$$

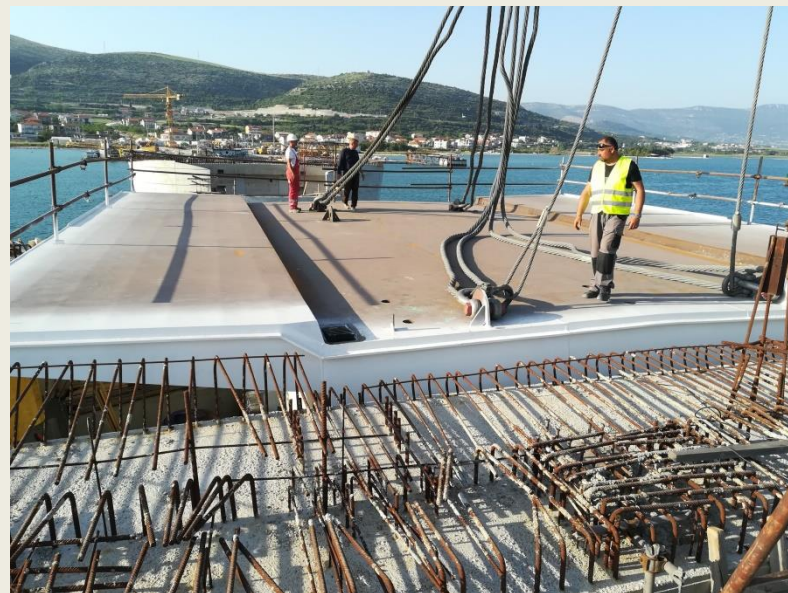
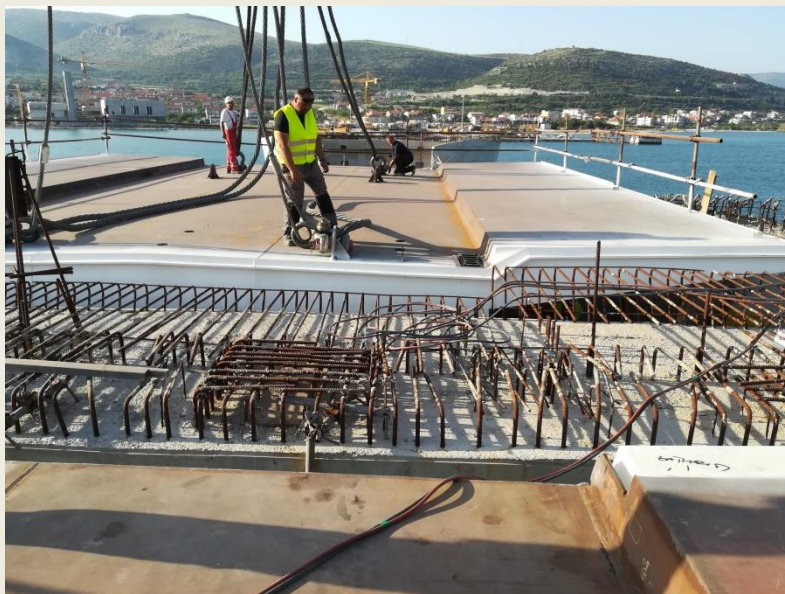
$$M \cdot 0,33 - S3 \cdot 4,63 = 0$$

$$S3 = (155 \cdot 0,33) / 4,63$$

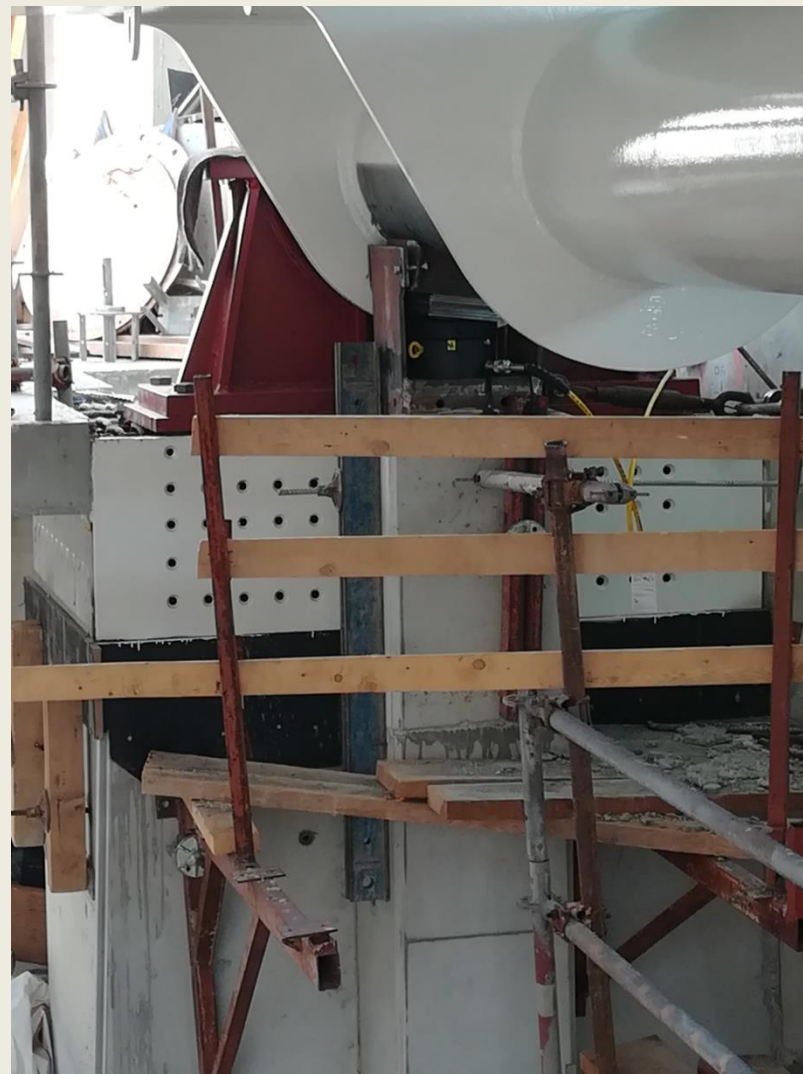
$$S3 = 11,05 \text{ [t]}$$



MONTAŽA



MONTAŽA



MONTAŽA



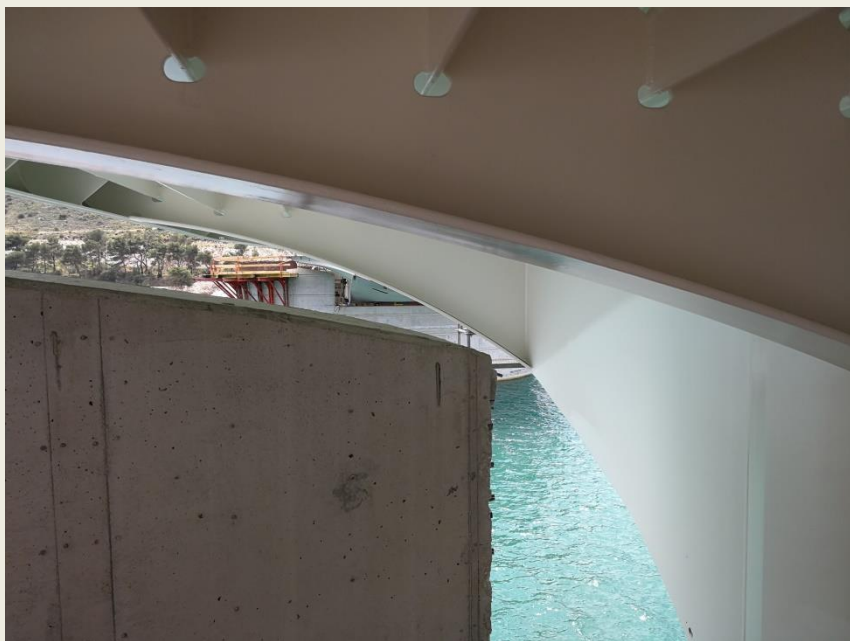
MONTAŽA



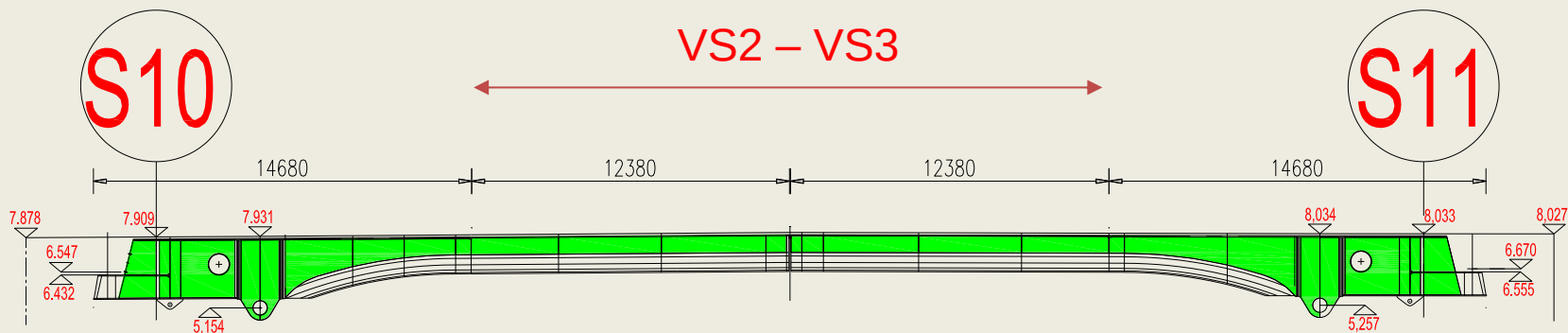
MONTAŽA



MONTAŽA

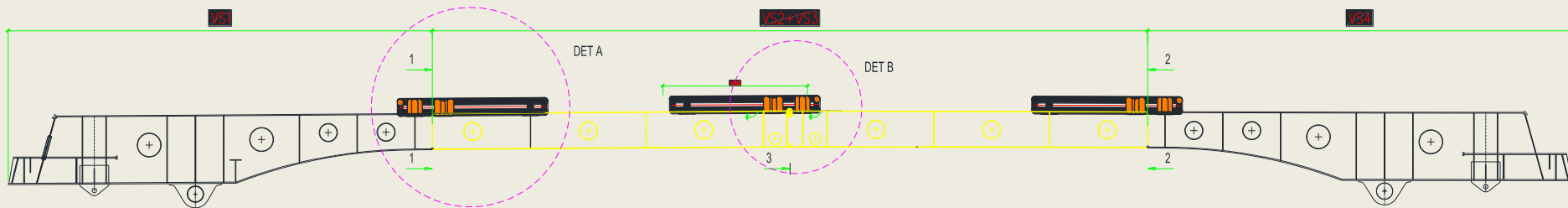


Montaža segmenata VS2-VS3



- Geometrija i masa montažnog segmenta VS2-VS3:
 - duljina: $l = 24,8 \text{ m}$
 - masa: $m = 141 \text{ t}$

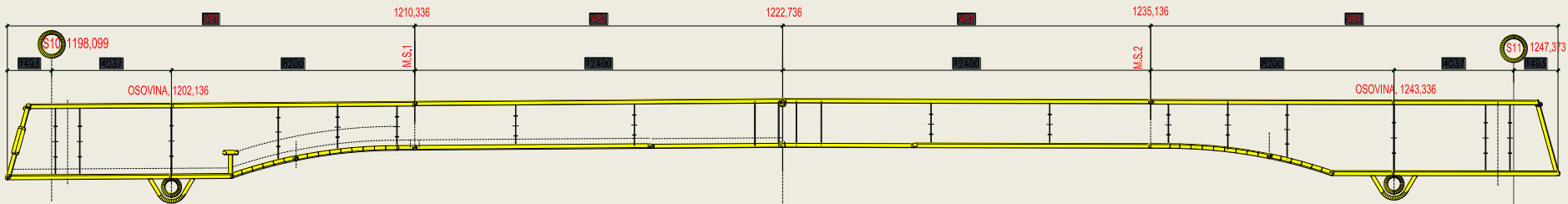
Montaža segmenata VS2-VS3



- Montaža središnjeg dijela kao proste grede
- Spoj VS2-VS3:
 - privremeni spojni elementi
- Privremeni oslonci na spojevima VS1-VS2 i VS3-VS4
- Montaža u fazama

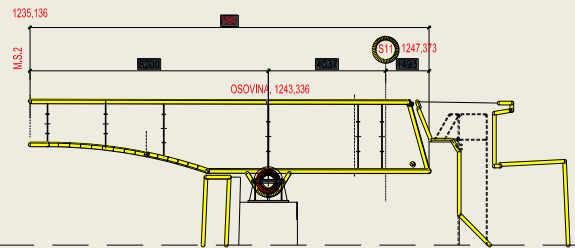
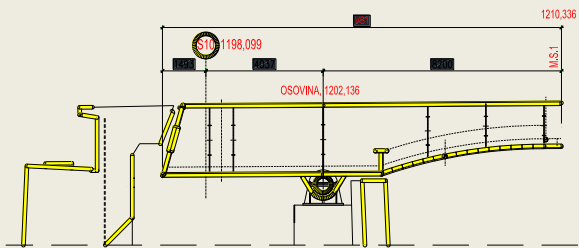
Montaža segmenata VS2-VS3

FAZA 0 - PRORAČUNSKO, T.J. RADIONIČKO NADVIŠENJE
PRESJEK KROZ SREDINU (NIVELETU) MOSTA



- Faza 0: projektirano stanje s radioničkim nadvišenjem

FAZA 1 - MONTIRAJU SE OSLONAČKI SEGMENTI (VS1 I VS4) DULJINE L=14,68 m I MASE 150t



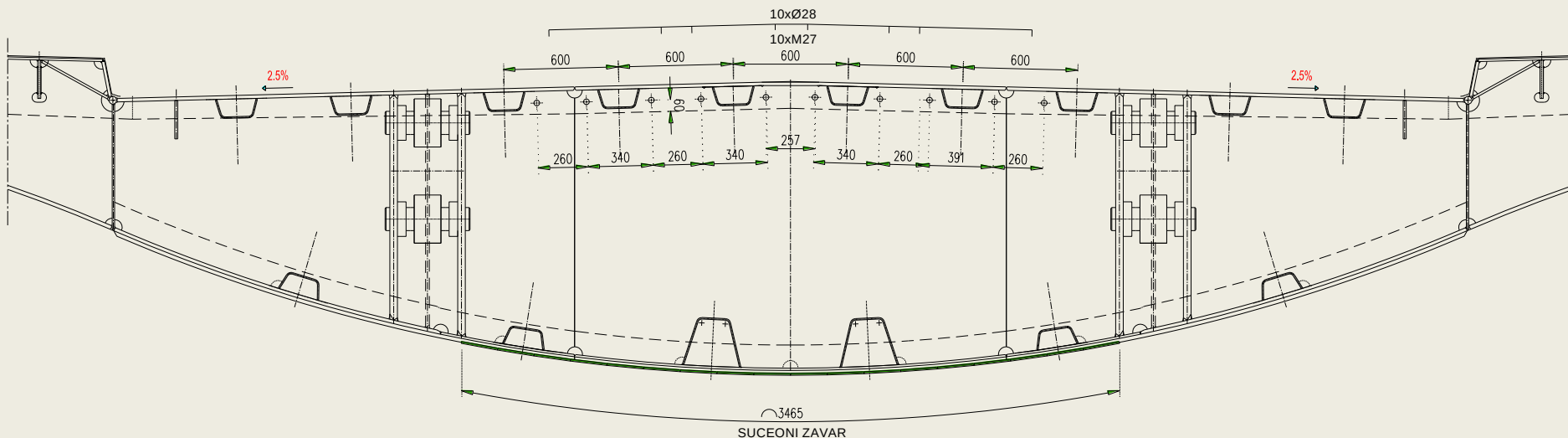
- Faza 1: izvedeno stanje prije montaže segmenta VS2-VS3

Montaža segmenata VS2-VS3

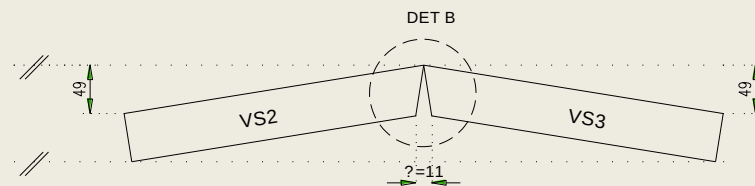
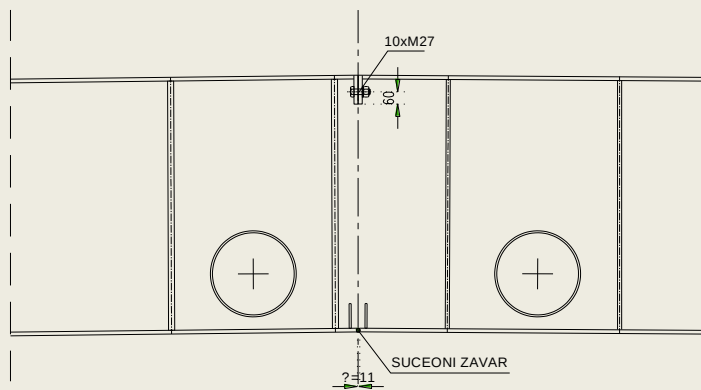
- Faza 2: privremeno spajanje VS2-VS3 u škveru u konstrukcijski sustav proste grede
- Preuzimanje momenta u sredini raspona:
 - Vijci 10xM27 u tlačnoj zoni
 - Sučeljeni zavar u vlačnoj zoni



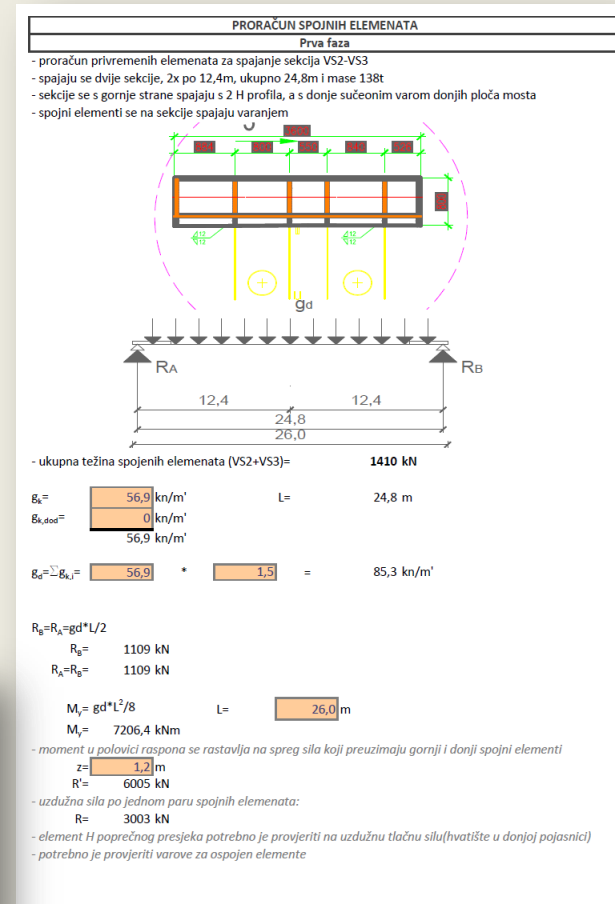
Montaža segmenata VS2-VS3



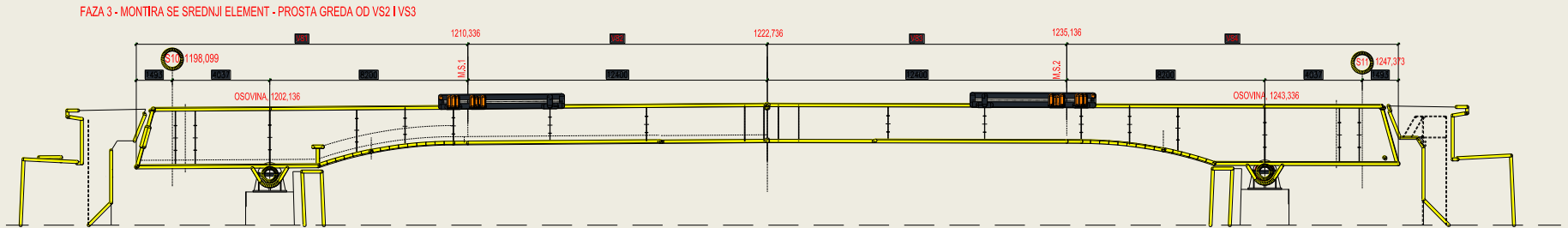
SKICA SPOJA VS2-VS3 "U PRELOMLJENOM"
POLOŽAJU ZA NADVIŠENJE U SREDINI OD 49
[mm] - DETALJ B



Montaža segmenata VS2-VS3

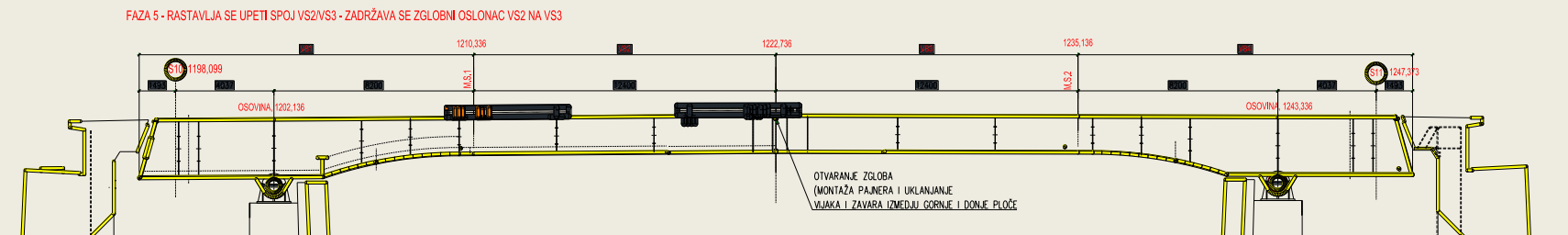


Montaža segmenata VS2-VS3

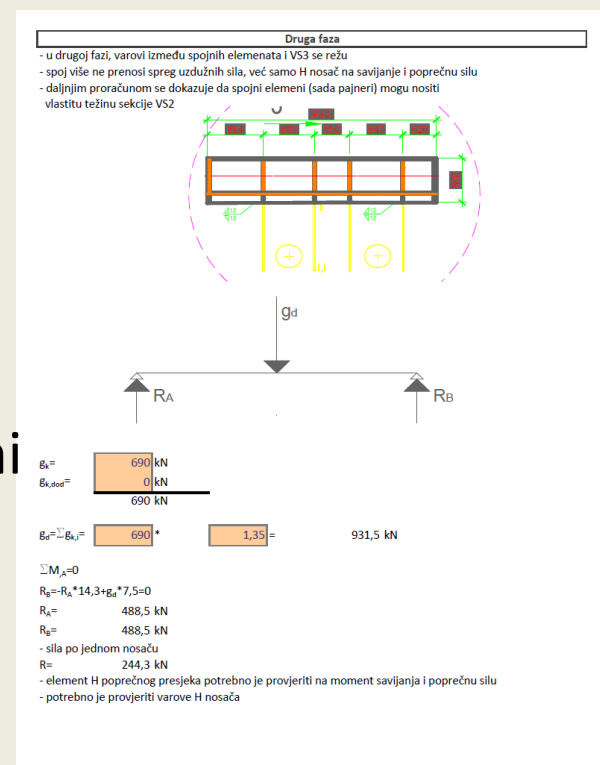


- Faza 3: postavljanje segmenta VS2-VS3 na privremenu poziciju
- Faza 4: zavaruje se spoj VS3-VS4, uklanja se privremeni oslonac na tom mjestu

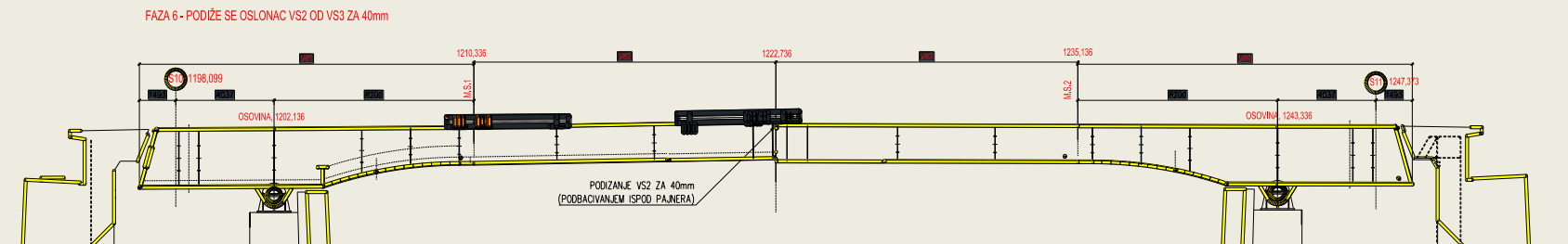
Montaža segmenata VS2-VS3



- Faza 5: otvara se zglob na spoju VS2-VS3
 - Montira se privremeni oslonac – HEB nosač
 - Uklanjaju se vijci u tlačnoj zoni
 - Reže se sučeljeni zavar u donjoj zoni

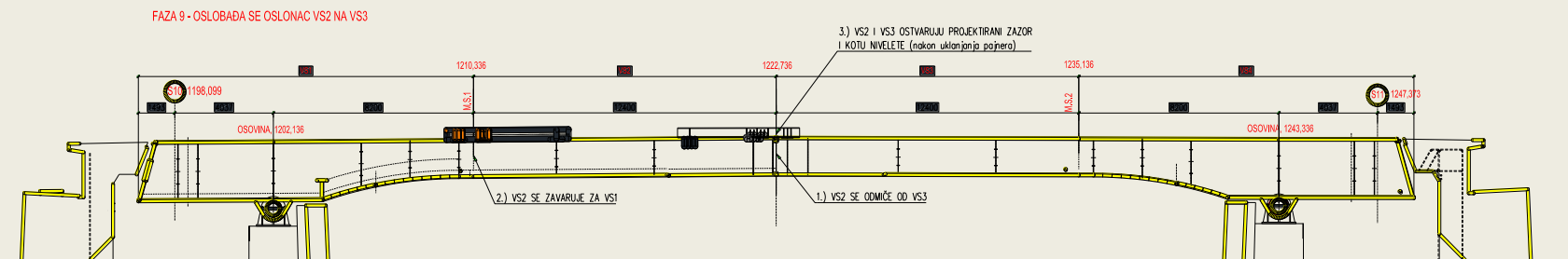


Montaža segmenata VS2-VS3



- Faza 6: podbacivanje podložnih elemenata ispod privremenog oslonca
 - VS2 se podiže za 40mm u odnosu na VS3
- Faza 7: Segment VS2 se potiskuje prema VS1 – dobiva se projektirani zazor između VS2 i VS3
- Faza 8: Zavaruje se montažni spoj VS1-VS2

Montaža segmenata VS2-VS3



- Faza 9: uklanja se privremeni oslonac VS2-VS3
- ostvaruje se projektirana kota nivelete

Montaža segmenata VS2-VS3



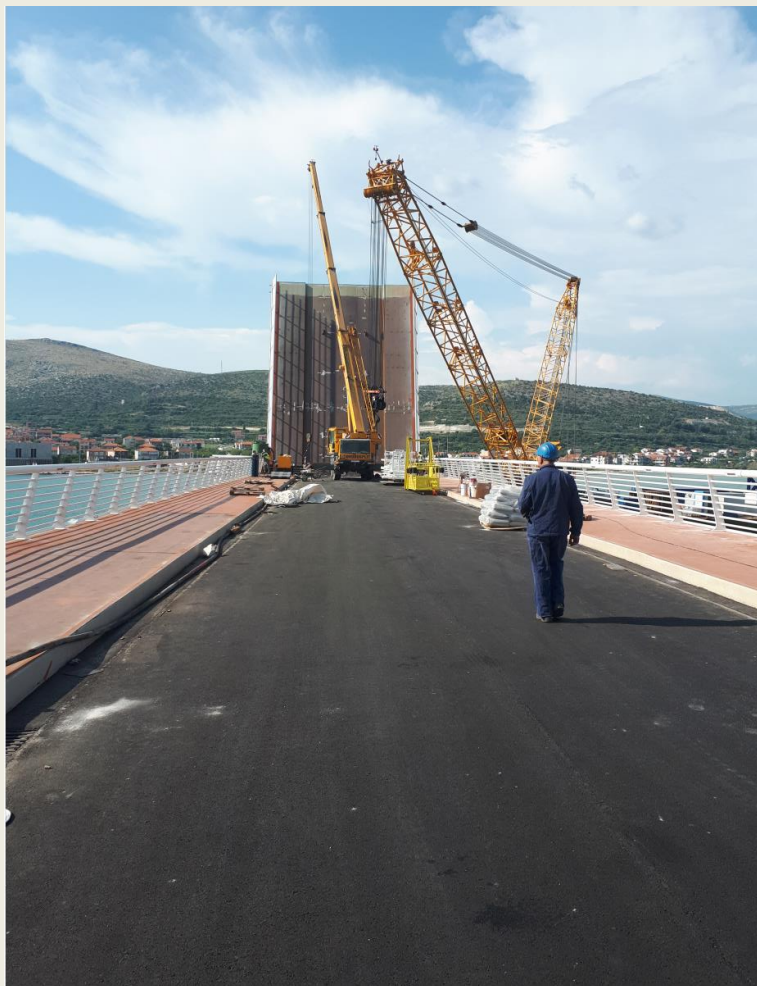
Montaža segmenata VS2-VS3



SUSTAV ZA POKRETANJE MOSTA



PROBNA PODIZANJA



ZAVRŠNI RADOVI NA MOSTU



KRAJ

