



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.

Most Pelješac – nadzor nad izvođenjem armiranobetonskih naglavnica pilota

Autori: Tomislav Jelavić, dipl.ing.građ., Investinženjering d.o.o., Zagreb
Stipe Kristić, dipl.ing.građ., Institut IGH, d.d., Zagreb
Mate Aužina, dipl.ing.građ., Investinženjering d.o.o., Zagreb



Sadržaj:

1. Općenito o mostu Pelješac
2. Projekt AB naglavnice
3. Izrada oplata AB naglavnice
4. Izrada AB naglavnice
5. Kontrola kvalitete

Glavne značajke i specifičnosti lokacije mosta

- Ukupna duljina mosta: 2440 m
- Širina prepreke na razni mora: 2140 m
- Min zahtijevani plovidbeni profil ispod mosta: 200 x 55 m
- Zahtjevni geološki – geotehnički uvjeti (kompaktna stijena na dubini 80 m ispod morskog dna)
- Širina mosta: 22,5 m
- Maksimalni raspon: 285 m
- Visina pilona: do 98 m
- Temeljenje:
na zabijenim čeličnim pilotima dužine od 36,6 m do 128,4 m
- Vrijednost investicije: 2.081.608.270,72 kn (bez PDV-a)



Most Pelješac

- Investitor: **HRVATSKE CESTE d.o.o.**
- Građevina: **MOST PELJEŠAC** – ekstrados most sa kosim zategama
- Projektant: **Poslovna udruga (Joint Venture):**
GRAĐEVINSKI FAKULTET –
Sveučilište u Zagrebu
PONTING Inženirski biro d.o.o. Maribor
PIPENBAHER INŽENIRJI d.o.o. Slovenska Bistrica
- Autori projekta: **Marjan PIPENBAHER, univ. dipl. ing. građ.**
Prof. dr. sc. Jure RADIĆ, dipl. ing. građ.
- Glavni projektant: **Marjan PIPENBAHER, univ. dipl. ing. građ.**
- Revidenti: **Poslovna udruga nezavisnih revidenata**
ICE Geodata Tunel d.o.o. – COWI A/S, Danska
+Ramboll A/S Danska (IP)
- Sufinanciranje: 85 % iz Europskog fonda za regionalni razvoj
15 % nacionalnim sredstvima



ORGANIZACIJSKA SHEMA NADZORA

Stručnjak 1

VODITELJ TIMA INŽENJERA (Đuro Mihalić, dipl. ing. građ.)

GEODEZIJA

TEMELJENJE MOSTA

**ARMIRNOBETONSKA
KONSTRUKCIJA**

**ČELIČNA
KONSTRUKCIJA**

PRISTUPNA CESTA

**ELEKTROTEHNIČKI
RADOVI**

ZAŠTITA NA RADU

Stručnjak 2

NADZORNI INŽENJER ZA
GEODETSKE RADOVE NA
GRADILIŠTU

**Borna Gradečak
dipl.ing.geod.**

Stručnjak 5

NADZORNI INŽENJER ZA
GEOTEHNIČKE RADOVE I
TEMELJENJE

Ivo Barbalić dipl.ing.građ.

Stručnjak 6

NADZORNI INŽENJER ZA
ARMIRNOBETONSKE
RADOVE

**Tomislav Jelavić
dipl.ing.građ.**

Stručnjak 8

NADZORNI INŽENJER ZA
IZRADU I AKZ ČELIČNE
KONSTRUKCIJE I PILOTA U
PROIZVODNIM POGONIMA

**Dragomir Đaković,
CIWE/IWI-C**

Stručnjak 11

NADZORNI INŽENJER ZA
IZGRADNJU CESTE,
ASFALTOG KOLNIKA
MOSTA, PRATEĆIH OBJEKATA
I INSTALACIJA

Nikica Korda dipl.ing.građ.

Stručnjak 12

NADZORNI INŽENJER ZA
ELEKTROTEHNIČKE RADOVE

Zlatko Bušić dipl.ing.el.

Stručnjak 13

KOORDINATOR ZAŠTITE NA
RADU

**Vedran Kosović
mag.ing.aedif.**

Stručnjak 3

NADZORNI INŽENJER ZA
GEODETSKE RADOVE NA
GRADILIŠTU

Darko Miletić dipl.ing.geod.

Stručnjak 7

NADZORNI INŽENJER ZA
ARMIRNOBETONSKE
RADOVE

Stipe Kristić dipl.ing.građ.

Stručnjak 9

NADZORNI INŽENJER ZA
MONTAŽU I AKZ ČELIČNE
KONSTRUKCIJE

Zoran Trogrlić dipl.ing.građ.

Stručnjak 4

NADZORNI INŽENJER ZA
GEODETSKE RADOVE U
PROIZVODNIM POGONIMA

Vlado Župarić dipl.ing.geod.

Stručnjak 10

NADZORNI INŽENJER ZA
PROIZVODNJU I UGRADNJU
SUSTAVA OVJEŠENJA

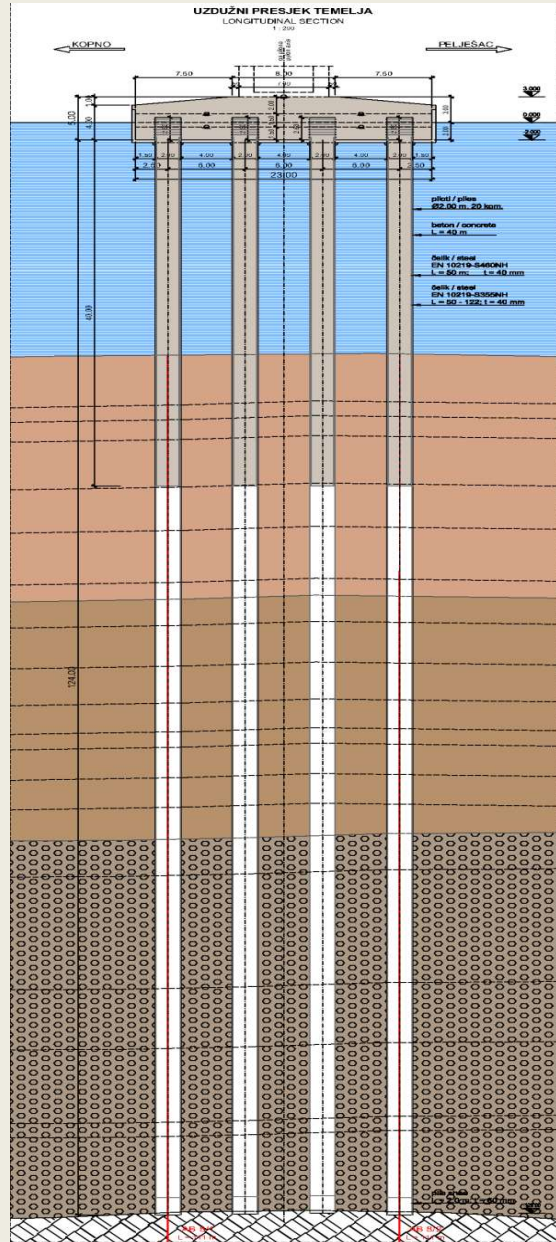
Ranko Lončar dipl.ing.građ.

Temeljenje mosta

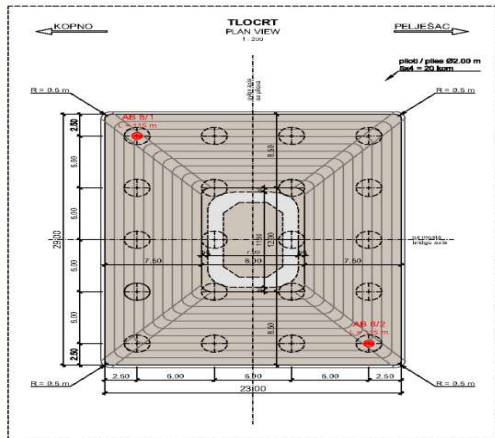
- Upornjaci i kopneni stupovi temeljeni su u čvrstoj stijeni
- Stupovi S3 – S12 locirani su u moru i temeljeni su na čeličnim pilotima promjera 1800 i 2000 mm. Ukupne duljine pilota iznose od 36 do 128 m
- Piloti su na razini mora usidreni u masivnu betonsku naglavnicu kvadratnog oblika kako bi se osigurala nosivost i horizontalna krutost temelja
- Temelji stupova S3 i S12 izvođeni su na grupi od 9 pilota promjera 1800 mm
- Temelji stupova S4 i S11 izvođeni su na grupi od 9 pilota promjera 2000 mm
- Temelji stupova S5 i S6 te S9 i S10 izvođeni su na grupi od 18 pilota promjera 2000 mm
- Temelji stupova S7 i S8 izvođeni su na grupi od 20 pilota promjera 2000 mm
- Piloti su na razini mora ukrućeni armiranobetonskom naglavnicom. Tlocrtne dimenzije betonske naglavnice na stupnim mjestima bez pilona (S3, S4, S11 i S12) su 17x17m, a visine od 3,5m (na rubovima) do 4,5m (područje ispod stupa), na stupnim mjestima na kojima se nalaze piloni (S5 –S10) 23x29m a visine 4,0m (na rubovima) do 5,0m (područje ispod stupa).
- Svi piloti su vertikalni i usidreni u naglavnicu u duljini od 2,6 m. Sidrenje se stvara unutrašnjim i vanjskim čeličnim prstenima, zavarenim na pilot i s armaturom.
- Vrsta betona koji se ugrađuje u naglavnice je C40/50 s cementom niske topline hidratacije



Temelj stupa S8

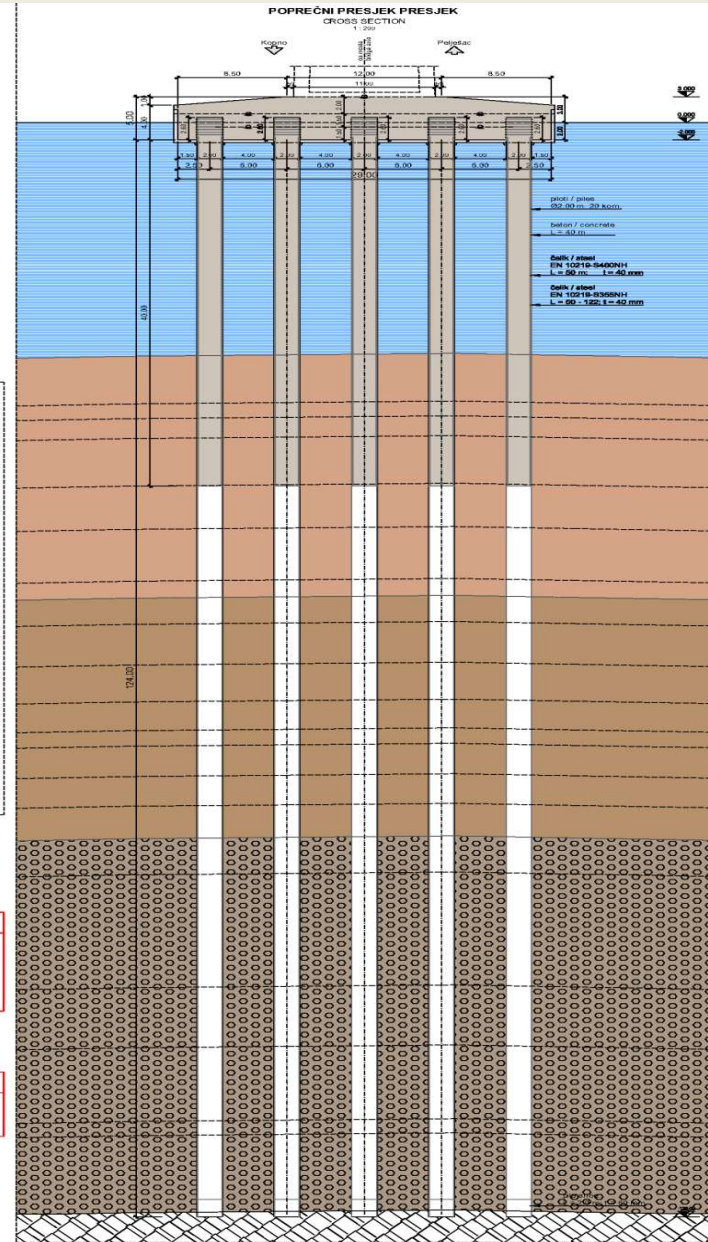


1. Faza: MOST PELJEŠAC od km 2+120 do km 4+560 - Građevinski dio
 Phase 1: PELJEŠAC BRIDGE from km 2+120 to km 4+560 - Construction part
NACRT TEMELJA PILONA 8 / PYLON FOUNDATION - AXIS 8



NAPOMENA / REMARK
 NA LOKALIT TEMELJA POTREBNO JE IZVESTI 2 DODATNE ISTRAŽNE BUŠOTINE KAKO BI SE POTVRDIO ODNOSNO EVENTUELNO POJAČALO ILI RACIONALIZIRALO PREDVIĐENO TEMELJE.
 ON THE LOCATION OF THE FOUNDATION 2 ADDITIONAL GEOTECHNICAL INVESTIGATION BORINGS WILL HAVE TO BE DONE TO CONFIRM, EXTEND OR RATIONALIZE FORESEEN LENGTHS OF THE PILES.

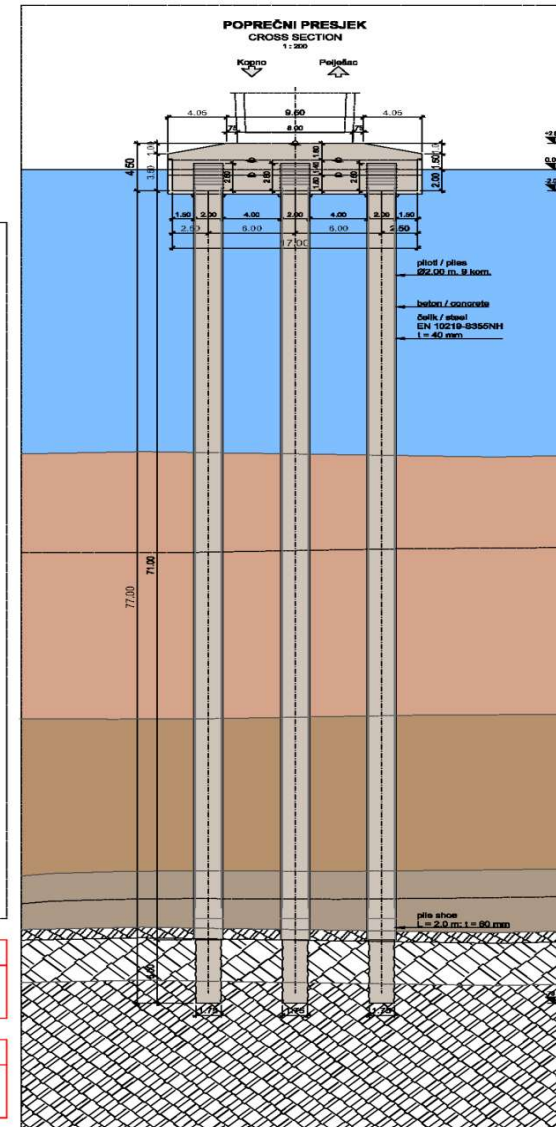
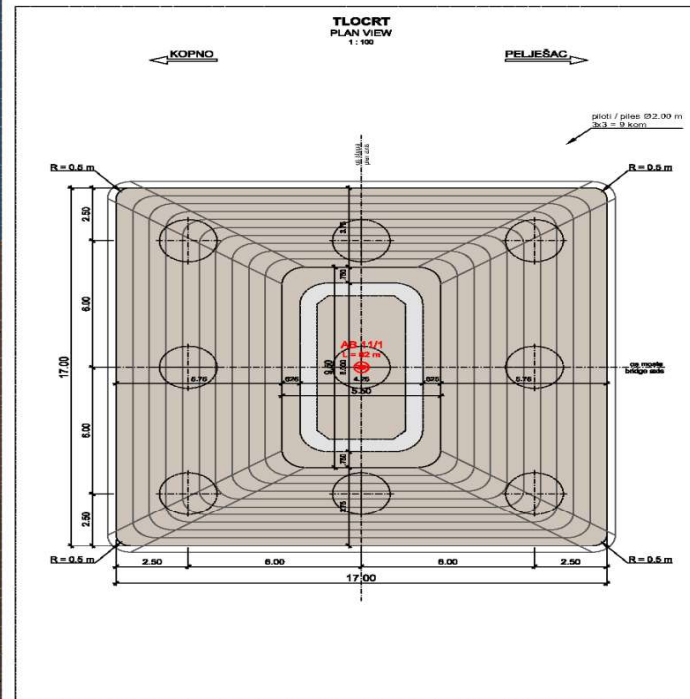
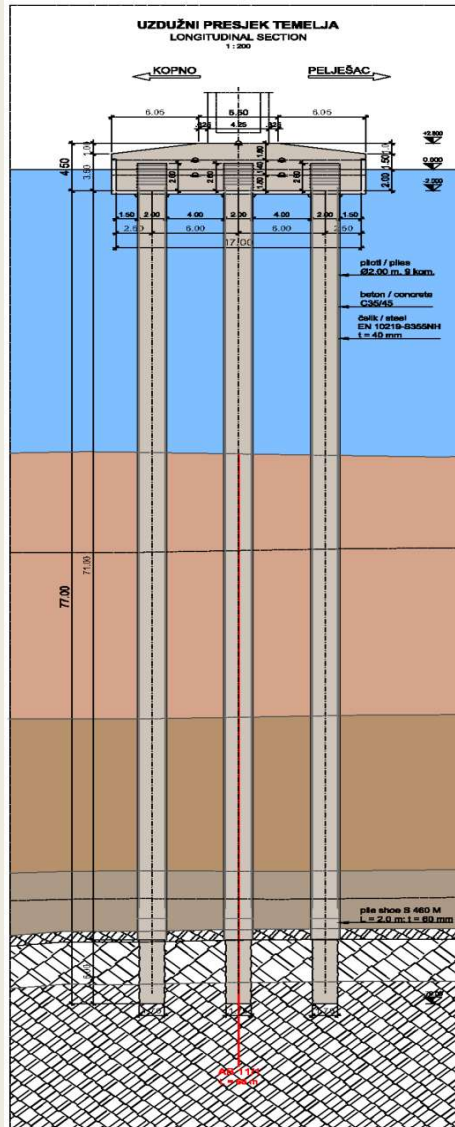
NAPOMENA / REMARK
 KATODNA I ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA PILOTA DEFINIRANI SU U PROJEKTU KATODNE I ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE PILOTA.
 CATHODIC AND ANTI-CORROSION PROTECTION IS DEFINED IN SPECIAL CATHODIC / ANTI-CORROSION PROTECTION REPORT.



Temelj stupa S11

1. Faza: MOST PELJEŠAC od km 2+120 do km 4+560 - Građevinski dio
 Phase 1: PELJEŠAC BRIDGE from km 2+120 to km 4+560 - Construction part

NACRT TEMELJA STUPA 11 / PIER FOUNDATION - AXIS 11



NAPOMENA / REMARK

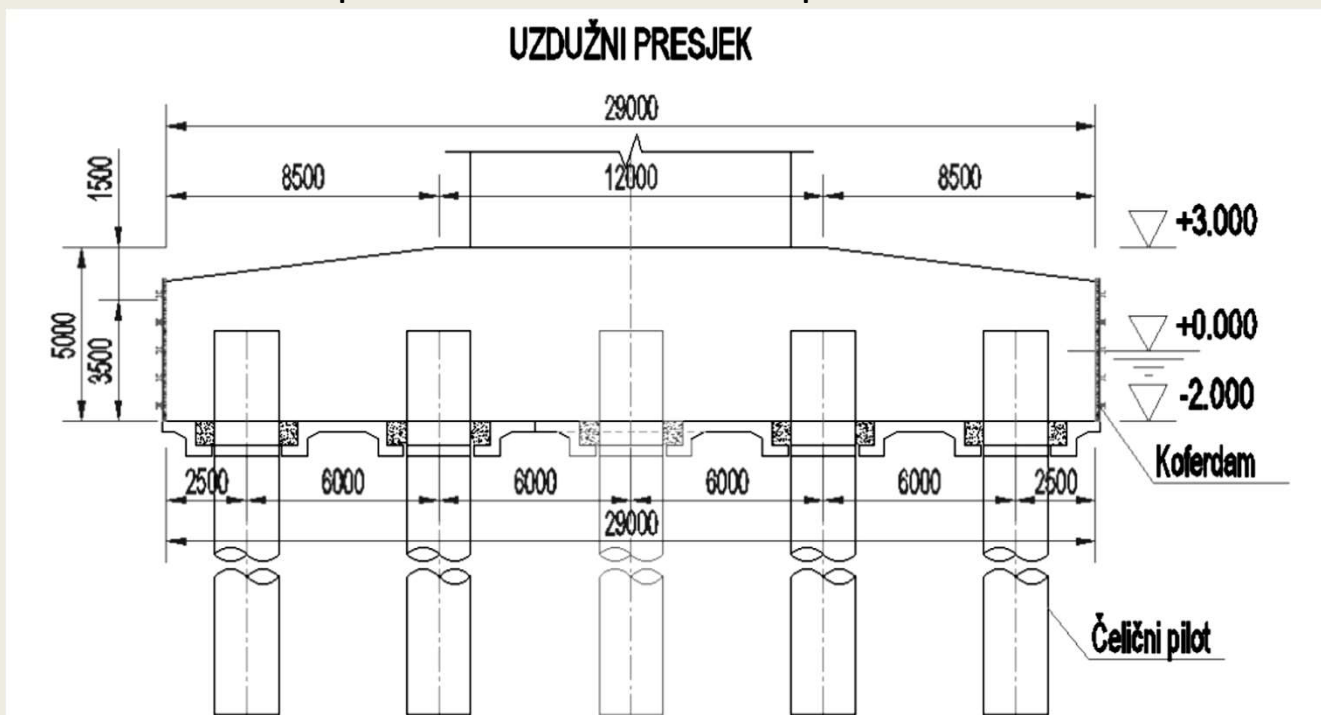
NA LOKACIJI TEMELJA POTREBNO JE IZVESTI 1 DODATNU ISTRAŽNU BUŠOTINU.
 ON THE LOCATION OF THE FOUNDATION, 1 ADDITIONAL GEOTECHNICAL INVESTIGATION BORING WILL HAVE TO BE DONE.

NAPOMENA / REMARK

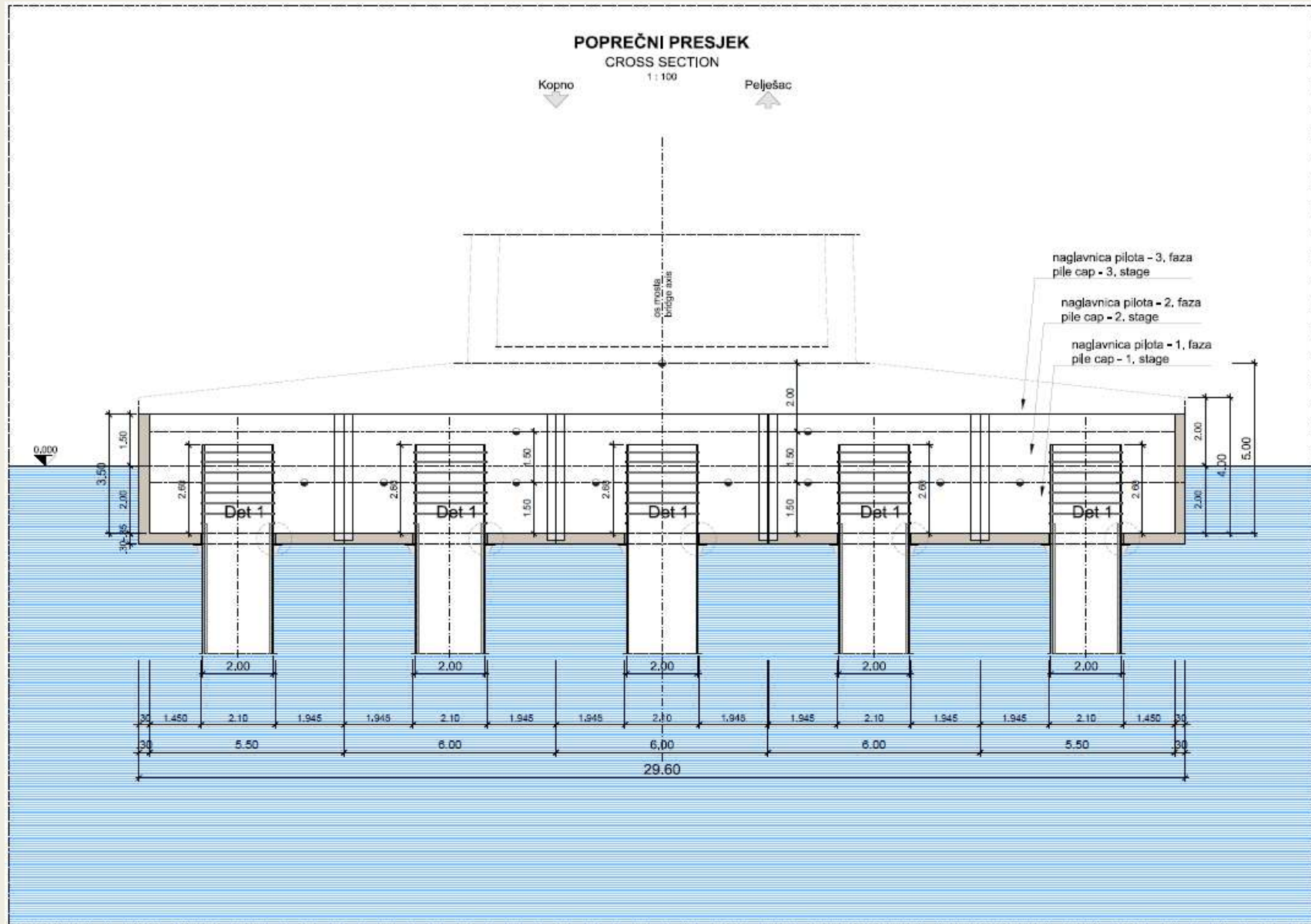
KATODNA I ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA PILOTA DEFINIRANI SU U PROJEKTU KATODNE I ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE PILOTA.
 CATHODIC AND ANTIKORROSION PROTECTION IS DEFINED IN SPECIAL CATHODIC / ANTIKORROSION PROTECTION REPORT.

Predgotovljena oplata naglavnice

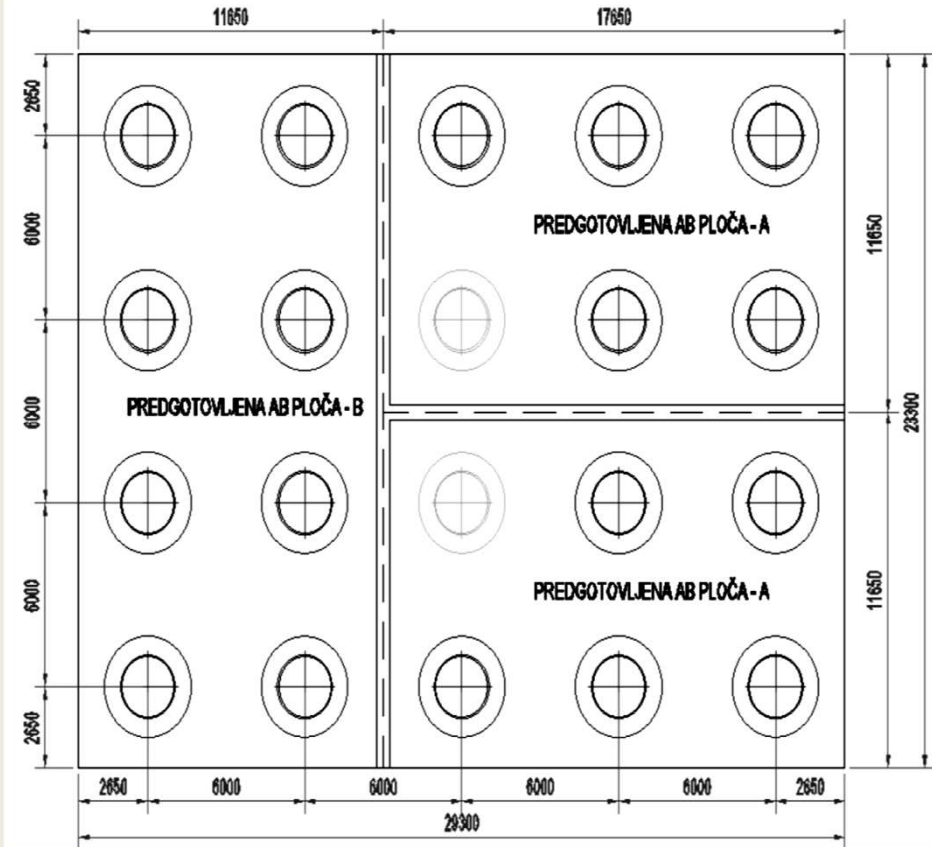
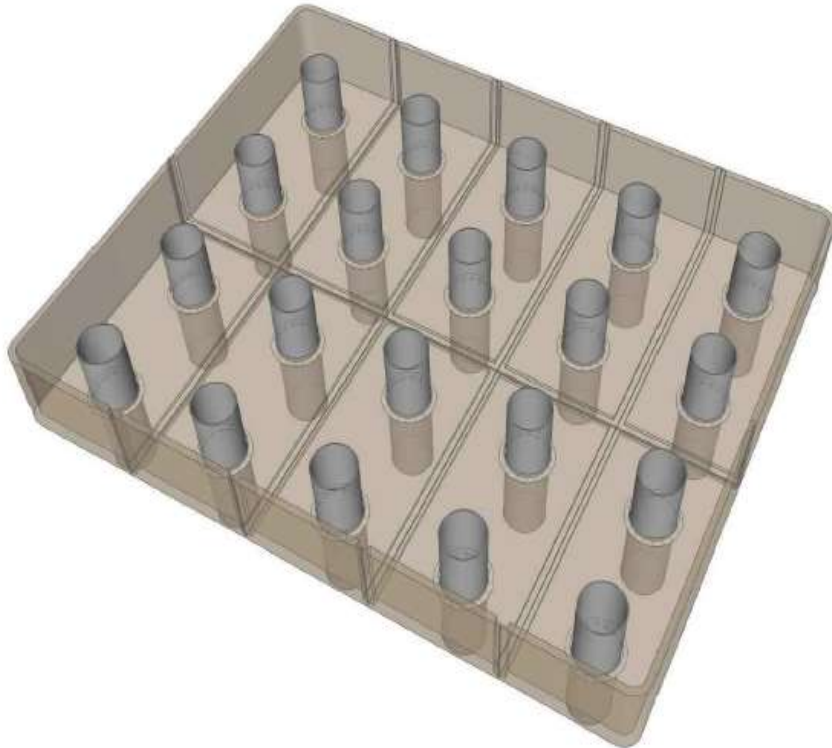
- Tehnička specifikacija-uvjet iz natječaja:
- Naglavnice pilota izvest će se u čeličnoj oplati ili uz pomoć betonskih predgotovljenih oplatnih elemenata prema prijedlogu iz glavnog projekta – omogućuje rad u suhom okruženju
- Izvođač je predvidio i izradio izvedbenu dokumentaciju na način da je oplatu naglavnice predvidio kao oplatu – koferdam koji se sastoji od donje armiranobetonske oplata te bočne čelične oplata



Prijedlog oplate naglavnice iz glavnog projekta



Prijedlog AB oplate i odabir izvođača



PROIZVODNJA I MONTAŽA OPLATE

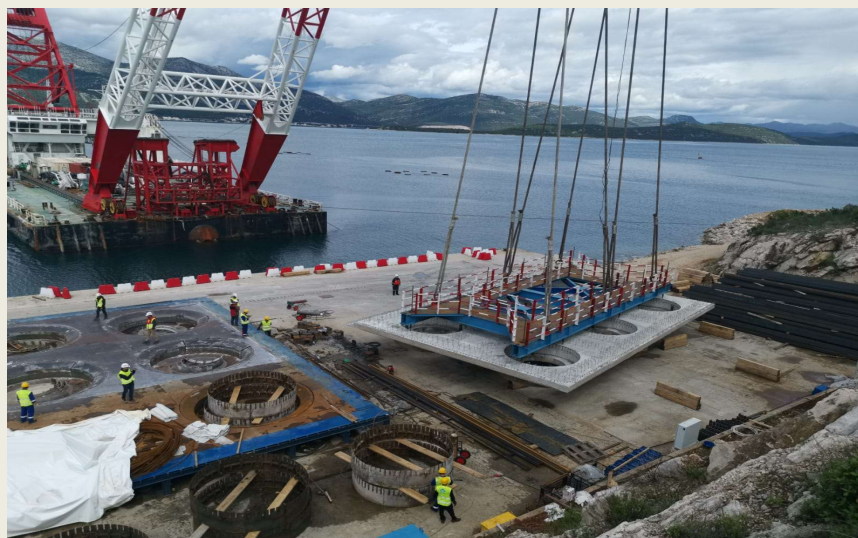
- Oplata je pravokutnog oblika debljine 30cm
- Donja armiranobetonska ploča naglavnice se proizvodi na radnom platou na poluotoku
- AB oplata za veće naglavnice se sastoji od tri segmenta, a kod manjih se izvodi iz jednog komada
- Donja AB ploča je projektirana tako da sadrži upuštene cilindrične otvore upuštene 70cm kroz koje je u fazi spuštanja oplata naglavnice omogućen prolaz pilota
- Dopušten je vertikalni otklon pilota do 1% uz točnost pozicioniranja 10 cm, pa je shodno tome promjer otvora upuštenja 230 cm za pilote od 2000 mm te 210 cm za pilote od 1800 mm
- Geodetski se utvrdi stvaran položaj pilota (središte) koji se aplicira na platou za proizvodnju donje ploče AB oplata kako bi se točno odredio položaj rupa u oplati



Izrada platoa i ugradnja armature

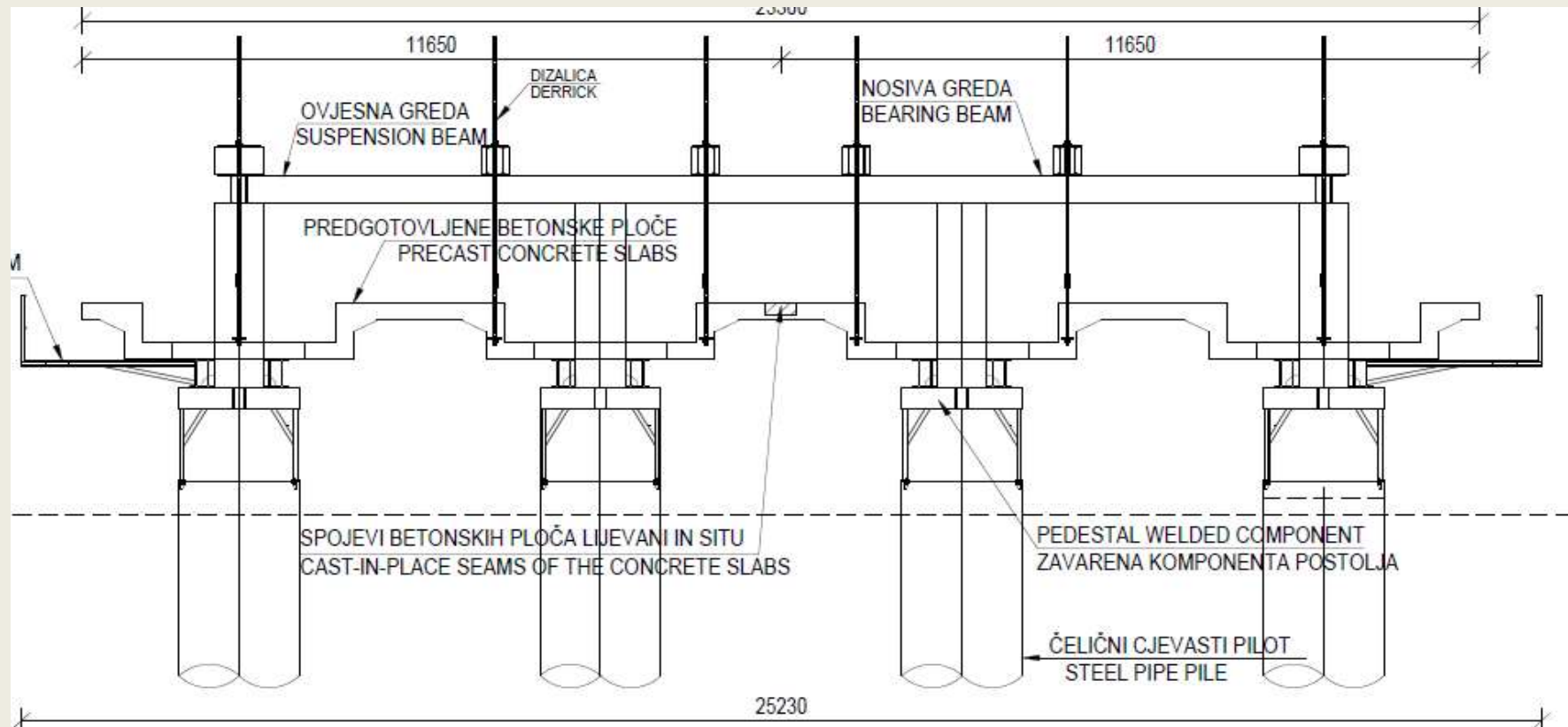


Ugradnja i njegovanje betona



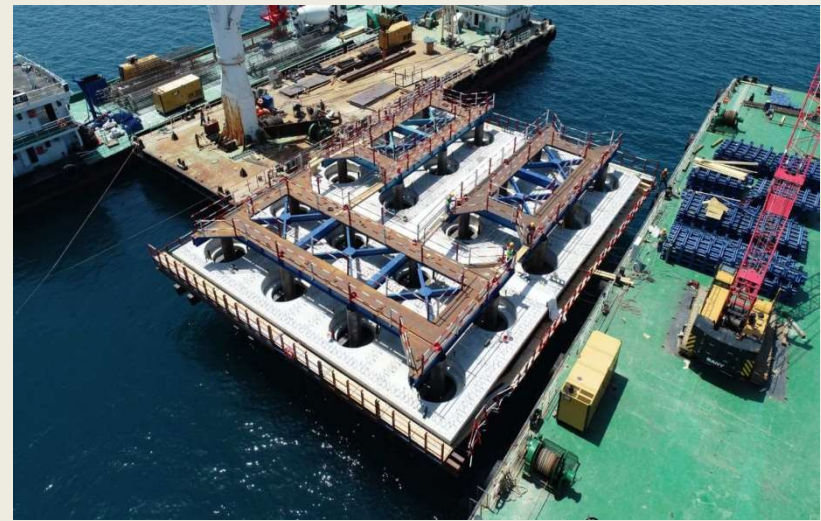
- Razred tlačne čvrstoće C40/50
- Nakon što dosegne minimalno 85% projektirane tlačne čvrstoće segment predgotovljene AB oplata se podiže i skladišti se na platou pored platoa za izradu oplata

Montaža donje AB oplate



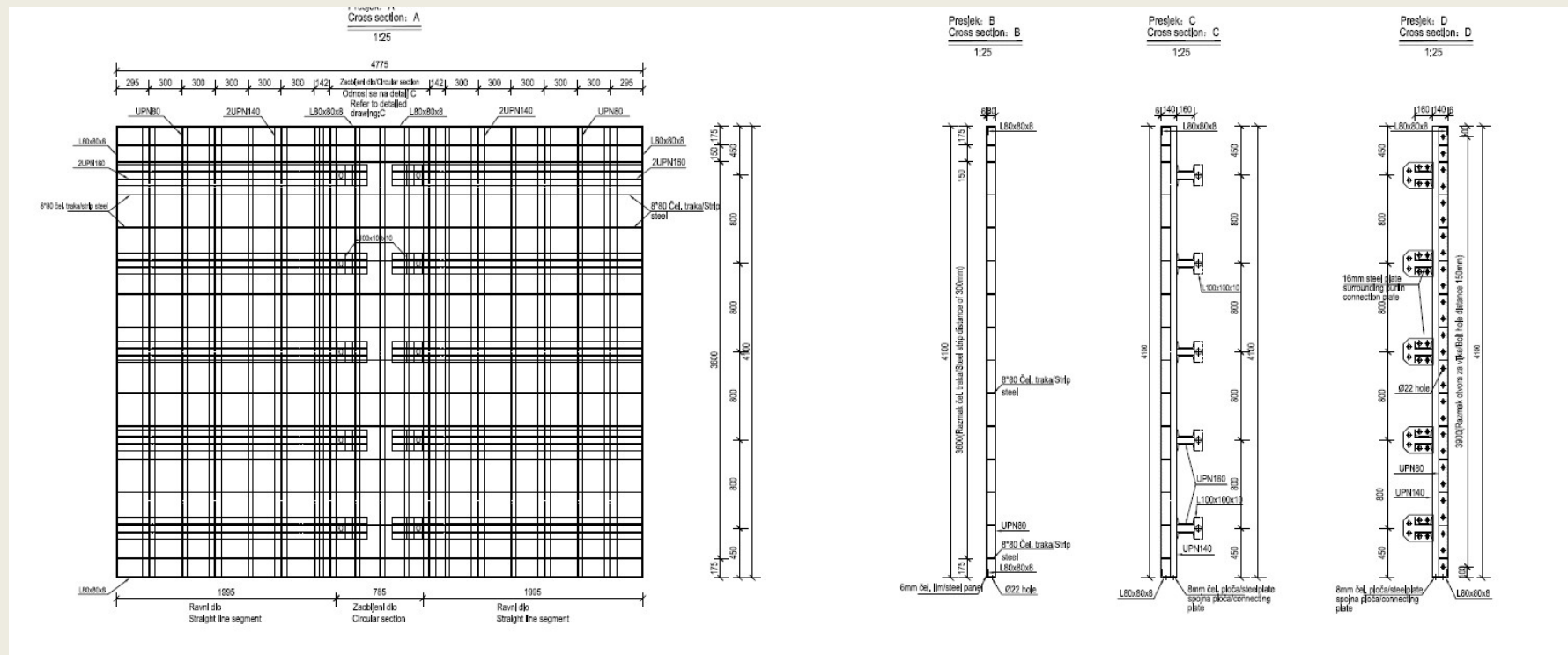
- Prethodno se izradi konstrukcija za pridržanje koferdama od čeličnih cijevastih pilota i čeličnih IPE profila koji se montiraju na zabijene pilote
- Pomoću plovne dizalice segmenti donje AB ploče polažu se na privremenu konstrukciju te se potom monolitiziraju

Montaža donje AB oplate

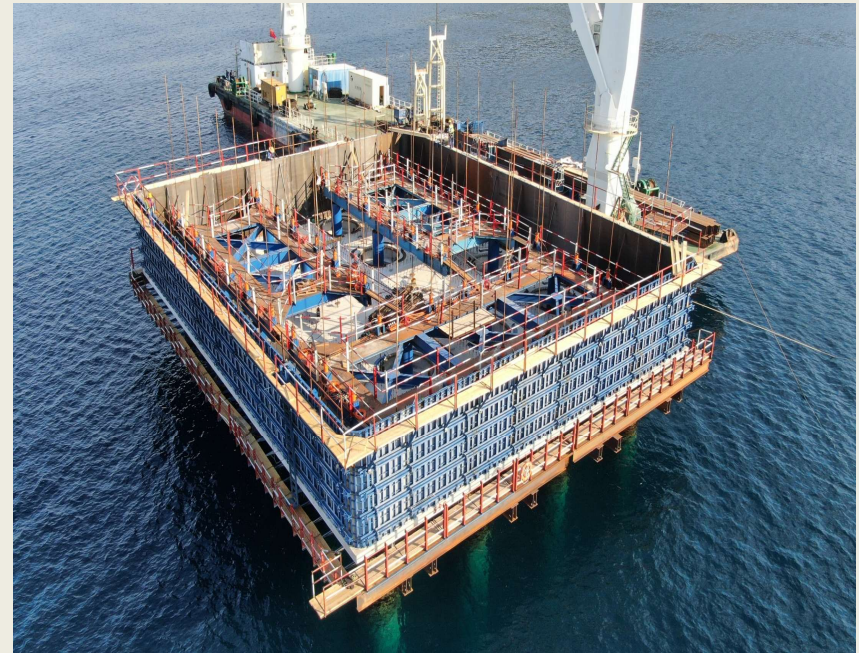


Bočna čelična oplata

- Glavna konstrukcija bočne čelične oplata izrađena je od UNP 160 profila, potkonstrukcija od UNP 140 i UNP 80 profila, čeličnih traka i „L“ profila. Oplatna ploha je debela 6 mm a oplata je složena od više karakterističnih segmenata dimenzija 3,0 x 4,1m. Bočna čelična oplata je s armiranobetonskom predgotovljenom pločom povezana vijcima.



Izrada bočne čelične oplate



Montaža koferdama



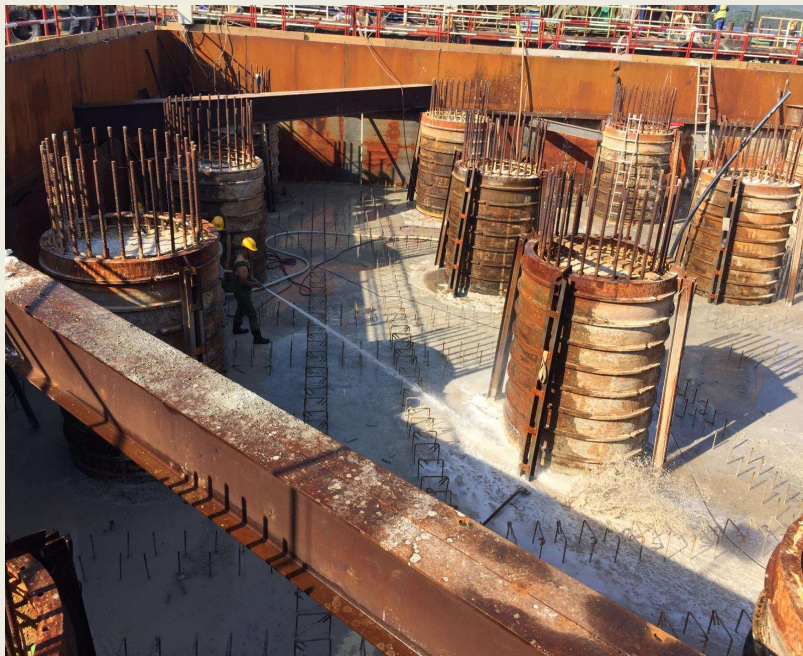
Montaža koferdama

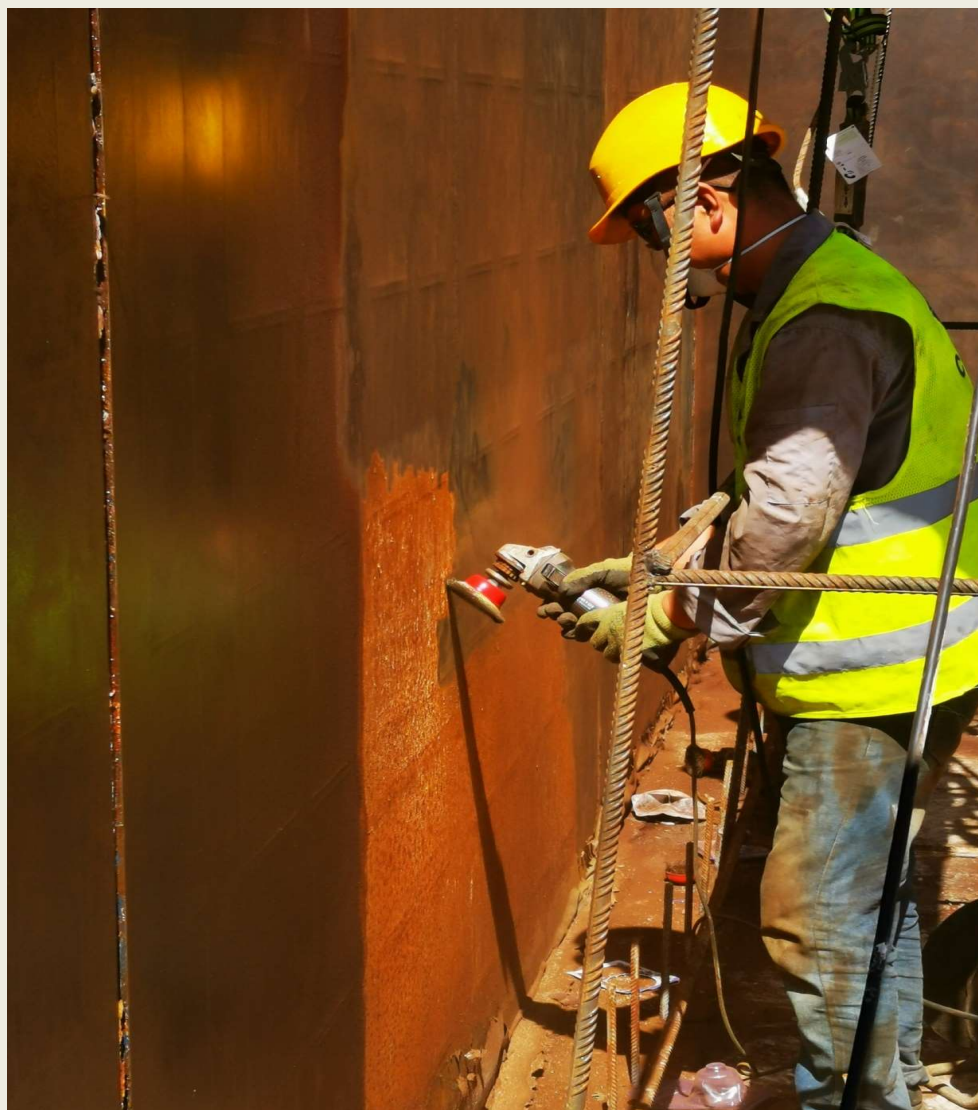
- Faze montaže nakon postavljanja čelične bočne oplata:
 1. Podizanje pomoću sustava hidrauličnih dizalica za 50-70 cm
 2. Izvlačenje IPE 600 profila
 3. Spuštanje na projektiranu kotu (dno je na dubini 2,4 m) pomoću sustava hidrauličnih dizalica
 4. Postavljanje čeličnih prstenova oko pilota
 5. Postavljanje čeličnih kosnika između pilota za dodatni otpor sili uzgona
 6. Ugradnja brtvenog betona za sprezanje između pilota i donje AB ploče
 7. Crpljenje vode



Priprema koferdama za AB radove naglavnice

- Uklanjanje čeličnih cijevnih pilota
- Čišćenje unutrašnjosti koferdama
- Mehaničko čišćenje i priprema čelične bočne oplata



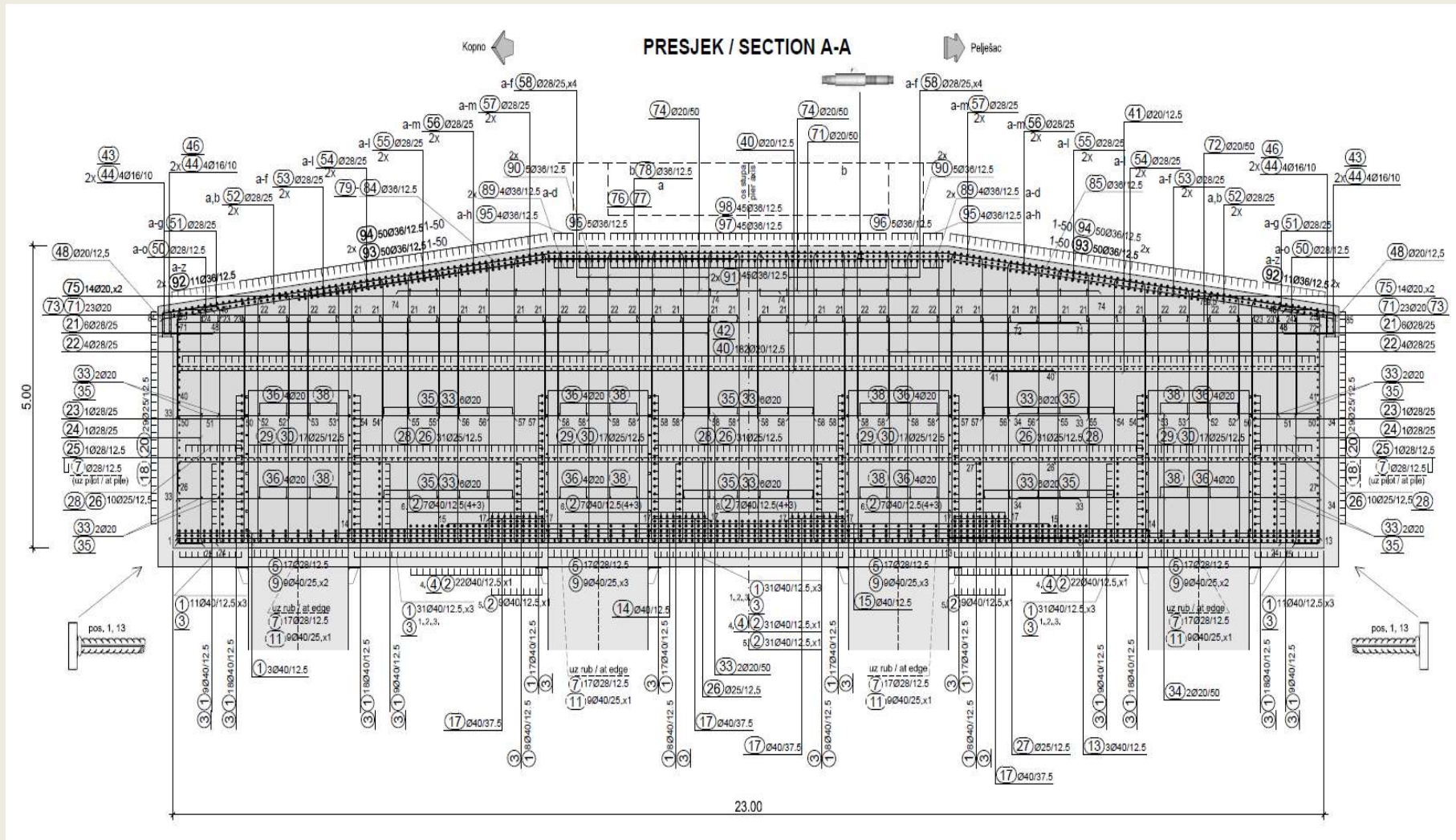


NAGLAVNICA PILOTA

- Beton razreda tlačne čvrstoće C40/50 se u naglavnicu ugrađuje kao masivni element u tri sloja zbog čega je potrebno primijeniti cement CEM III niske topline hidratacije
- Zaštitni sloj je radi dodatne sigurnosti , obzirom da su plohe naglavnica izložene zapljuskivanju, špricanju te plimi i oseki, povećan na $c=85$ mm
- Sva čelična armatura naglavnica i pilota mora biti u galvanskoj vezi (zavarena) kako bi se ostvarila katodna zaštita
- Na gornjoj strani naglavnica pilota u kutevima ugrađuju se mjerni reperi koji omogućuju kontrolu pomaka i u fazi izgradnje i uporabe
- Na naglavnicama S5-S10 ugrađuje se po jedan akcelerometar za praćenje dinamičkog odgovora konstrukcije u slučaju olujnih vjetrova, potresa ili udara broda
- **Žrtveni zid** – zbog kemijskog napada morske vode, korozije izazvane kloridima i CO_2 , predviđeno je i obavljanje dodatnog nadzora trajnosti betona na uzorcima uzetim iz žrtvenog zida izgrađenog po istim postupcima i s materijalima
- Armatura B500B

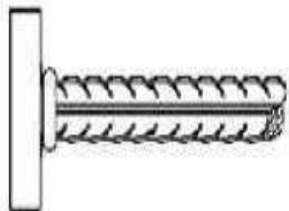


Shema armiranja naglavnica S7 i S8

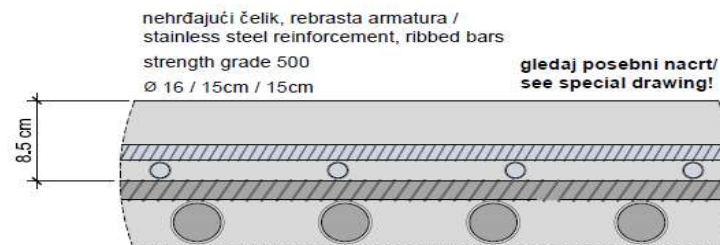


Armiranje naglavnice pilota

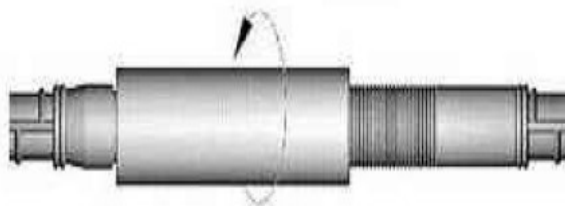
sidranje donje armature izvedeno sa "T-sidrima" /
bottom reinforcement anchoring with "T-anchors"



armatura u zaštitnom sloju / reinforcement in concrete cover
poprečni presjek / cross section
1 : 5



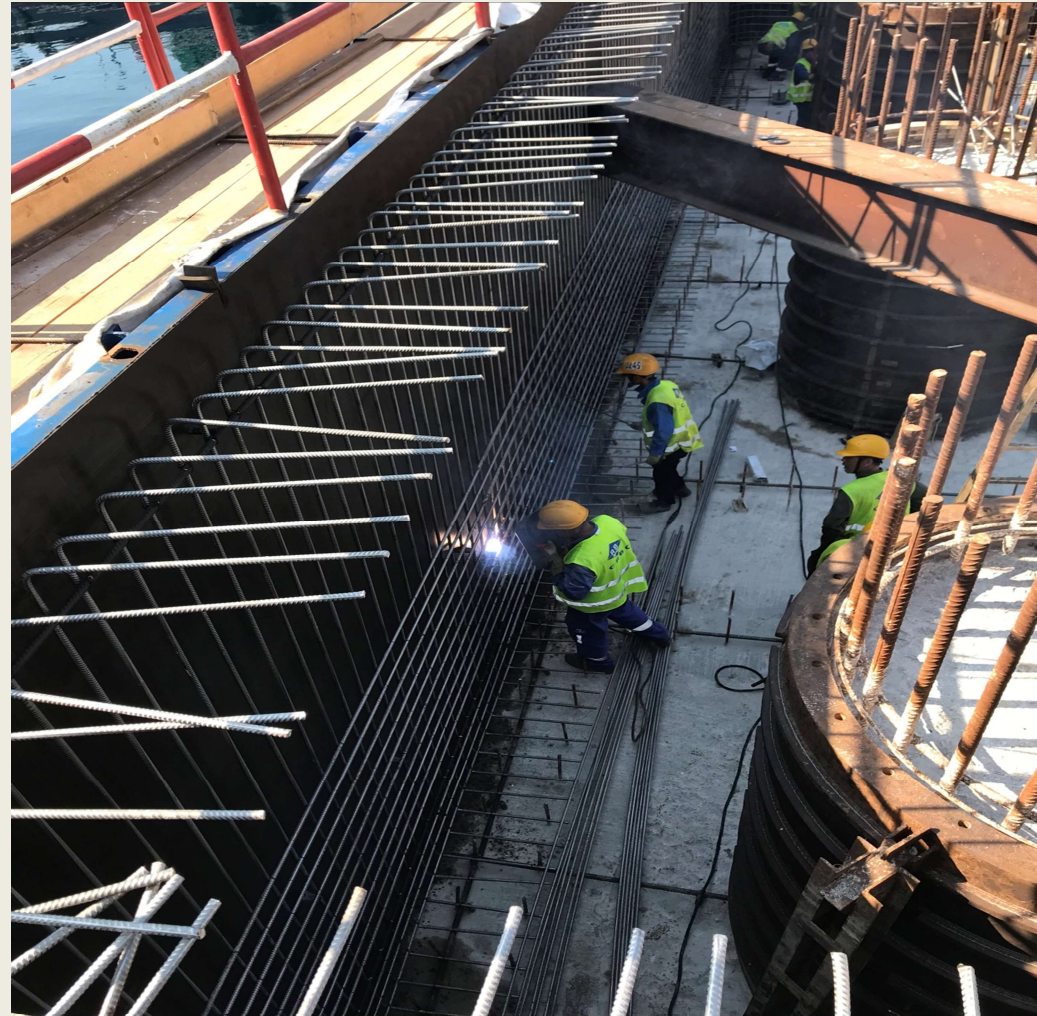
- Sva armatura gornje ploče kontinuirana je sa mehaničkim spojka (~ 50% u presjeku) /
All top reinforcement are connected with mechanical couplers (~ 50% in section)!



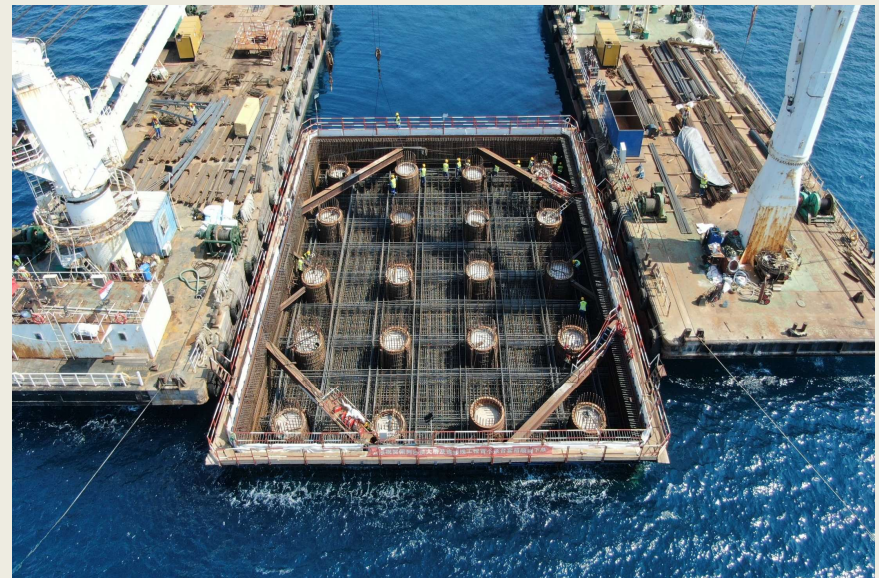
- debljina zaštitnog sloja
- raster armature zbog ugradnje betona
- pritezanje navoja kuplera
- položaj armature u odnosu na stvarni položaj pilota
- pregled armature po slojevima



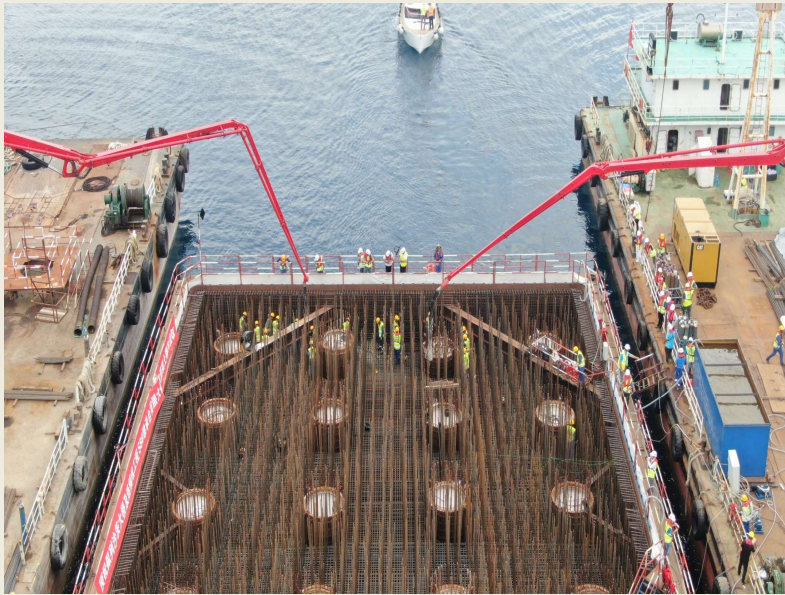
Postavljanje nehrđajuće armature

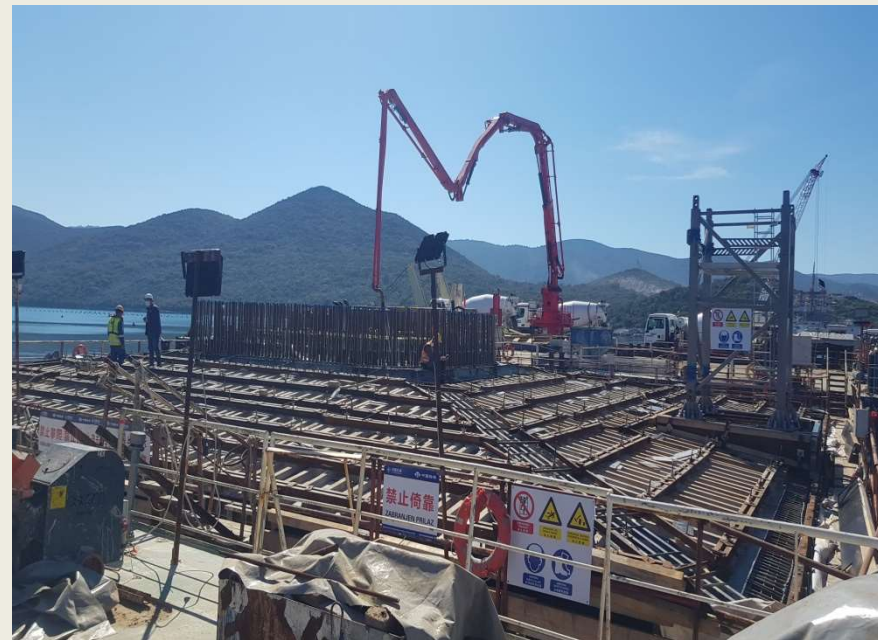
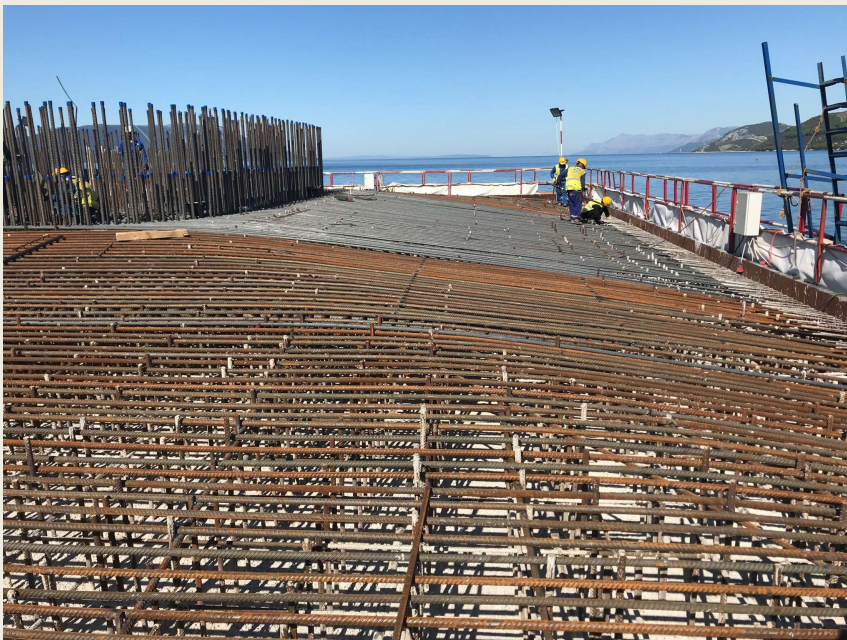


Postavljanje “obične” armature



Ugradnja betona naglavnice

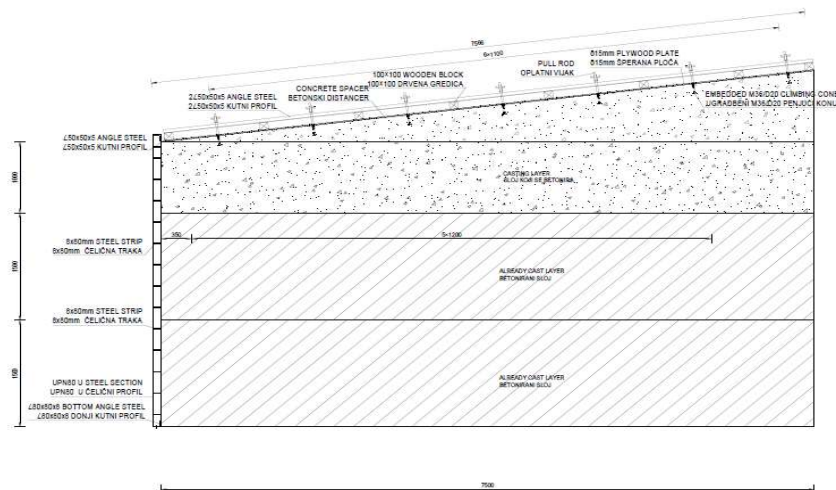
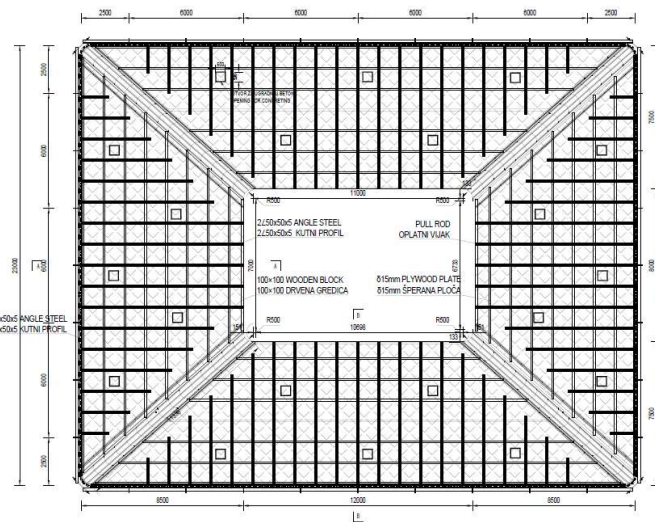




NAČRT OPLATE GORNJE KOSE PLOVŠINE NAČLAVNICE
DRAWING OF GENERAL LAYOUT FOR THE PIER COMPRESSION FORMWORK

PRESEK B OPLATE GORNJE KOSE PLOVŠINE NAČLAVNICE
CROSS SECTION B - COMPRESSION FORMWORK SIDES FOR PILE CAPS

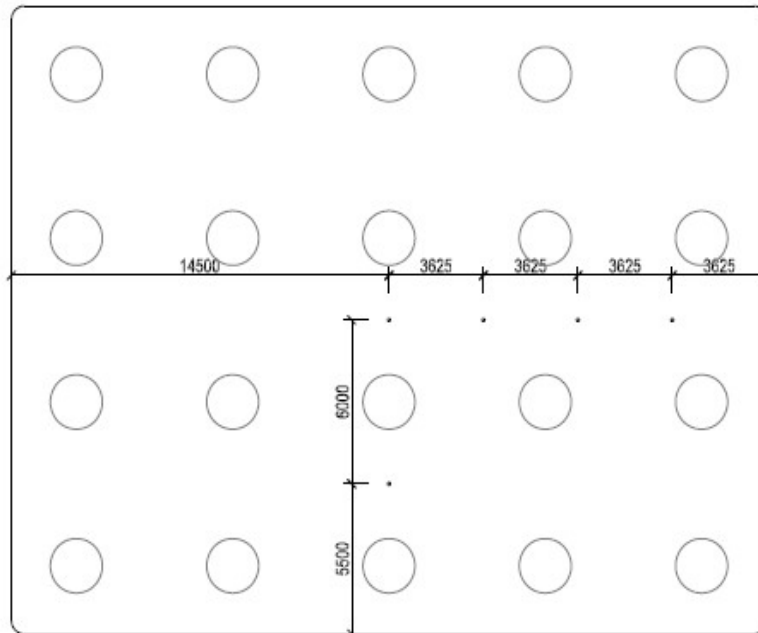
B-B(1:40)



Kontrola kvalitete

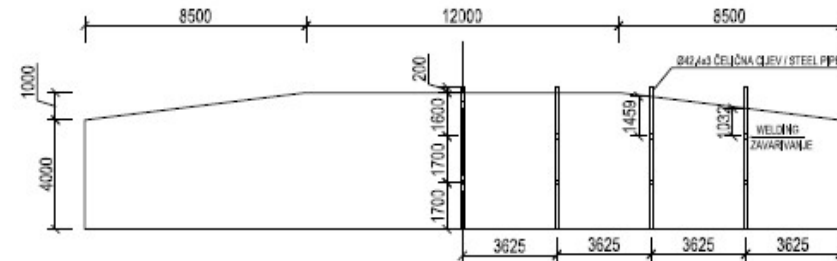
TLOCRT ELEMENATA ZA MJERENJE TEMPERATURE
LAYOUT OF THE TEMPERATURE MEASURING ELEMENTS

1:200



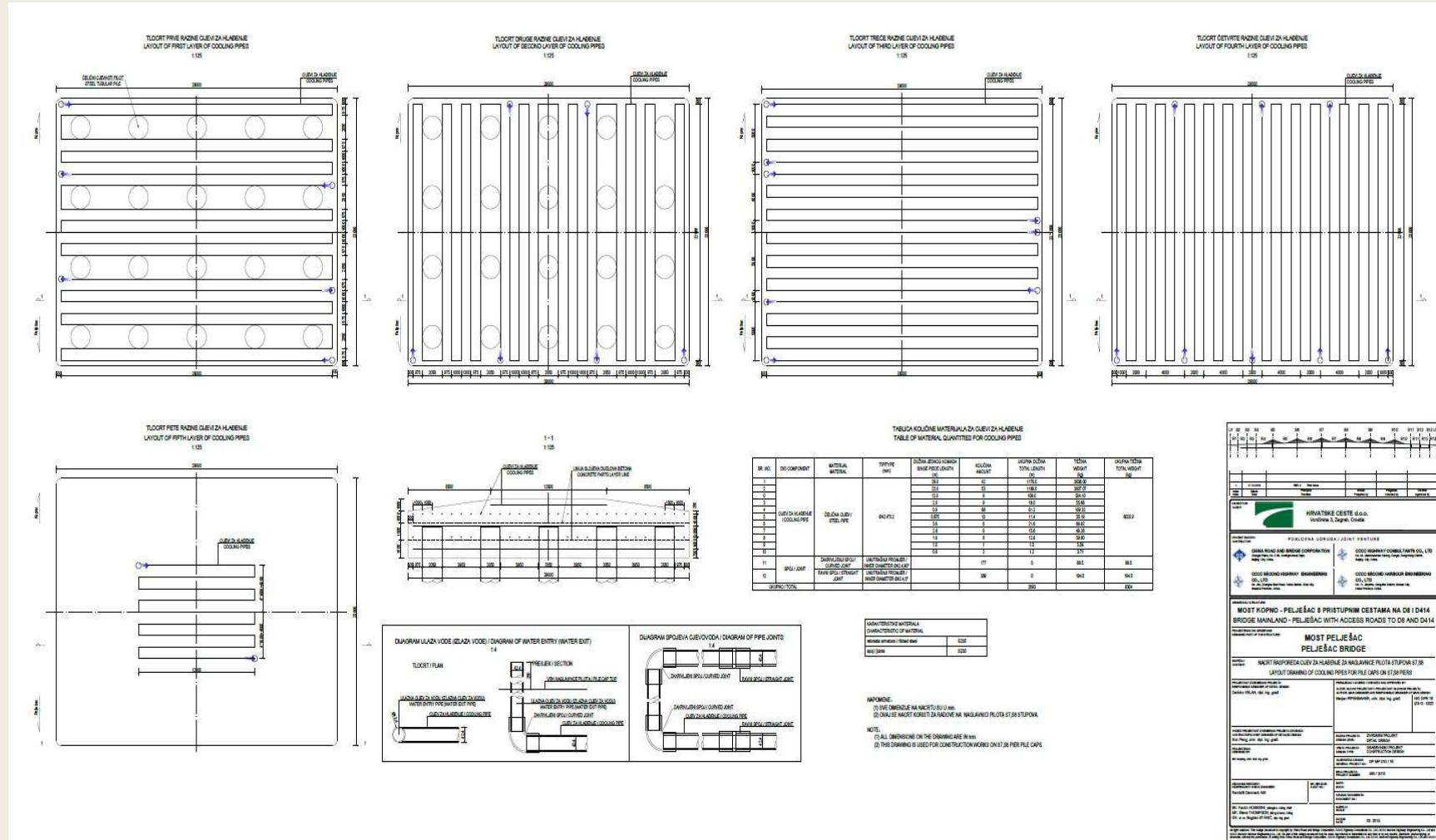
3 - 3

1:200



- Mjere za sniženje temperature betona tijekom očvršćavanja:
- Mjerenje temperature, ugradnja cijevi za hlađenje uz ostale poznate metode

Raspored cijevi za hlađenje betona



Kontrolna ispitivanja

- Ispitivanja izvođača – laboratorij Brijesta
- Ispitivanja za nadzor (naručitelja) – laboratorij Institut IGH

- Agregat
- Beton
- Cement
- Voda



ZAHVALJUJEM NA PAŽNJI

