

PELJEŠKI

# Most i ljudi

---

CESTOVNA POVEZANOST  
S JUŽNOM DALMACIJOM



HRVATSKE  
CESTE

---

CESTOVNA POVEZANOST  
S JUŽNOM DALMACIJOM

PELJEŠKI

# Most i ljudi





*U 01.00 sat iza ponoći 28 srpnja 2021. i pod svjetlima reflektora  
spojen je posljednji segment Pelješkog mosta.*

#### **IMPRESUM:**

Nakladnik: Hrvatske ceste d.o.o. za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta

Urednik i  
autor tekstova: dr. sc. Goran Puž, dipl.ing.građ.

Suradnici i sugovornici:

Andrej Plenković, Predsjednik Vlade Republike Hrvatske  
Oleg Butković, Ministar mora, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske  
Josip Škorić, Predsjednik Uprave Hrvatskih cesta  
Marjan Pipenbaher, Glavni projektant mosta Pelješac  
Gordana Hrelja Kovačević, projektantica s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
Nijaz Mujkanović, projektant s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
Vladimir Skendrović, konzultant na poslovima ugovaranja i upravljanja projektom  
Marica Cikoja Ratkovski, voditeljica postupka javne nabave radova na mostu, Hrvatske ceste d.o.o.  
Goran Legac, Direktor projekta Cestovnog povezivanja s južnom Dalmacijom, Hrvatske ceste d.o.o.  
Ivo Barbalić, nadzorni inženjer za temeljenje i geotehničke radove na mostu, Institut IGH d.d., Zagreb  
Ilija Gabrić, projektant betona za most, PGM Ragusa, Dubrovnik  
Jeroslav Šegedin, Predstavnik investitora na radovima izgradnje mosta, Hrvatske ceste d.o.o.  
Zoran Trogrić, nadzorni inženjer za montažu čelične konstrukcije, Institut IGH d.d., Zagreb  
Đuro Mihalić, voditelj stručnog nadzora na projektu izgradnje mosta, Institut IGH d.d., Zagreb  
Lothar Zeller, Stariji transportni inženjer u tijelu Europske komisije JASPERS

Recenzent: Zlatko Šavor, umirovljeni profesor i projektant mostova

Kartografski  
prikazi: Goran Jurakić

Lektura: Dina Štrbić

Fotografije: Arhiva Hrvatskih cesta d.o.o., Željko Đurijanček, Zoran Trogrić, Pixsell  
U Monografiji su korišteni materijali iz glavnog i izvedbenog projekta Mosta Pelješac.

Oblikovanje: Nikolina Ćuk

Tisak: Grafika d.o.o., Osijek

Godina i mjesto: 2022., Zagreb

ISBN:

# SADRŽAJ

---

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. PREDGOVOR</b>                                                         | <b>4</b>   |
| 1.1 Andrej Plenković, Predsjednik Vlade Republike Hrvatske.....             | 6          |
| 1.2 Oleg Butković, Ministar mora, prometa i infrastrukture.....             | 8          |
| <b>2. GRADITELJSKI POTHVAT</b>                                              | <b>10</b>  |
| 2.1 Most u kontekstu vremena .....                                          | 11         |
| 2.2 Osnovni podaci o mostu .....                                            | 23         |
| 2.3 Pristupne ceste i obilaznica Stona .....                                | 27         |
| 2.4 Studija opravdanosti i EU sufinanciranje .....                          | 35         |
| <b>3. PRIPREME ZA IZGRADNJU</b>                                             | <b>38</b>  |
| 3.1 Vizije, studije i neostvareni projekti .....                            | 39         |
| 3.2 Projektiranje mosta .....                                               | 51         |
| 3.3 Glavni projekt .....                                                    | 61         |
| 3.4 Javna nabava i ugovaranje .....                                         | 81         |
| <b>4. IZGRADNJA MOSTA</b>                                                   | <b>86</b>  |
| 4.1 Upravljanje projektom .....                                             | 87         |
| 4.2 Temeljenje .....                                                        | 93         |
| 4.3 Stupovi i piloni .....                                                  | 105        |
| 4.4 Vođenje radova .....                                                    | 112        |
| 4.5 Čelični sklop .....                                                     | 116        |
| 4.6 Nadzor nad radovima .....                                               | 128        |
| 4.7 Oprema mosta .....                                                      | 134        |
| 4.8 China Road and Bridge Corporation: kineski graditelji u Hrvatskoj ..... | 141        |
| 4.9 Kronologija izgradnje .....                                             | 148        |
| <b>5. UPRAVLJANJE I ODRŽAVANJE</b>                                          | <b>156</b> |
| 5.1 Upravljanje prometom .....                                              | 157        |
| 5.2 Probno opterećenje .....                                                | 159        |
| 5.3 Održavanje .....                                                        | 161        |
| 5.4 Neke usporedbe .....                                                    | 163        |
| <b>6. DODATAK</b>                                                           | <b>174</b> |
| 6.1 Bilješka o autoru .....                                                 | 175        |
| Bilješka o recenzentu .....                                                 | 176        |
| Popis tvrtki i pojedinaca koji su sudjelovali na projektu .....             | 180        |





# 1. PREDGOVOR





# Predgovor predsjednika Vlade Republike Hrvatske

ANDREJ PLENKOVIĆ

Hrvatska je tijekom proteklih trideset godina imala niz projekata koji su bili strateški u smislu prometnog, gospodarskog i društvenog razvoja pojedinih dijelova zemlje. Izgradnja autoceste Zagreb – Split i probijanje tunela Sveti Rok generacijski su iskoraci koji su približili kontinent i Dalmaciju, a realizirani su i brojni drugi projekti – izgrađene ceste, mostovi, vijadukti, tuneli i druga infrastruktura koja je ojačala razvojni potencijal Hrvatske. Za Hrvatsku kao mediteransku i panonsku zemlju, uz ceste, cjelokupna prometna infrastruktura – poput zračnih, morskih i riječnih luka te željezničke infrastrukture – čini žilu kucavicu naše države i krvotok gospodarstva. Prometno uvezivanje, pogotovo u europske prometne koridore, bitan je potporanj gospodarstvu, a pridonosi i većoj kvaliteti života lokalnog stanovništva, bez obzira na to gdje živi, bilo u urbanim ili ruralnim sredinama naše domovine.

Za našu generaciju, a i za našu Vladu koja u proteklih šest godina uložila preko 20 milijardi kuna u projekte razvoja prometne infrastrukture, jedan od najvažnijih projekata je realizacija cestovne povezanosti s južnom Dalmacijom, koji uključuje i dugo iščekivan i napokon izgrađen Pelješki most. Riječ je o jednom od najvećih prometnih projekata u Hrvatskoj, vrijednog više od 500 milijuna eura, od čega je 357 milijuna eura osigurano iz europskih fondova, zahvaljujući kvalitetno pripremljenoj dokumentaciji. Stoga je poseban osjećaj ponosa biti na čelu Vlade koja je ostvarila ovaj važni projekt koji će biti upisan u povijest i ostati u nasljeđe budućim naraštajima.

Pelješki most, dug 2,4 kilometra i visok 55 metara, s prilaznim cestama, ima višestruko značenje za Hrvatsku.

Prvo, važan je za hrvatsku državnost jer nakon više od tri stoljeća cestovno spaja jug zemlje s ostatkom zemlje, čime je hrvatska obala napokon u potpunosti povezana. Drugo, važan je za Dubrovačko-neretvansku županiju, koja će od 26. srpnja ove godine biti prometno i gospodarski potpuno integrirana s ostatkom zemlje. Treće, radi se o geostrateškom projektu za Hrvatsku koji će osigurati veću sigurnost zajedničke europske granice, osobito kada uđemo u Schengenski prostor. Usto, kao četvrto, ovaj je projekt simbol i ostavština prvih deset godina članstva u Europskoj uniji, čime je vidljivo i opipljivo svjedočanstvo o prednostima toga članstva. I peto, projekt je dokaz, da u međunarodnoj suradnji, u ovom slučaju s kineskom tvrtkom China Road and Bridge Corporation, uz vodstvo Vlade, nadležnog ministarstva i Hrvatskih cesta, Hrvatska ima kvalitetne tvrtke, kompetentne inženjere i sposobne radnike, koji mogu planirati i realizirati suvremene projekte u graditeljstvu. Svima koji su dali svoj doprinos iskreno zahvaljujem i čestitam!

Nakon što otvorimo Pelješki most, ostaje nam nekoliko projekata kojima ćemo dodatno, do 2024. godine, uvezati Hrvatsku i strateški snažno potaknuti razvoj pojedinih dijelova zemlje. Dovršetak paneuropskog koridora Vc, punog profila Istarskog ipsilona i druge cijevi tunela Učka, autoceste Zagreb – Sisak i drugih brzih cesta i obilaznica različitih gradova i općina, kao i daljnje jačanje Luke Rijeka: sve su to projekti koji će uz Pelješki most biti realizirani s istim ciljem – ravnomjernog regionalnog razvoja zemlje, demografske revitalizacije i gospodarskog jačanja Hrvatske u vremenu punom izazova, ali i novih prilika.





*Predsjednik Vlade Republike Hrvatske Andrej Plenković na proslavi sklapanja posljednjeg odsječka Mosta Pelješac 28. srpnja 2021. Trenutak u kojemu je ostvareno cestovno povezivanje s južnom Dalmacijom.*

# Predgovor ministra mora, prometa i infrastrukture

OLEG BUTKOVIĆ

## Kapitalna prometna infrastruktura – osnova razvoja

Bavljenje politikom svoj puni smisao dobiva kada se ostvaruju vizije na kojima gradimo budućnost i prosperitet zajednice. Iz pozicije ministra prometa, resora u kojem se grade neki od najvećih infrastrukturnih projekata danas, mogu reći kako projekti koje gradimo nisu sami sebi svrha. Jedan od važnijih doprinosa prometa i izgradnje prometne infrastrukture upravo je da bude pokretač gospodarskog rasta svakog kraja u kojem se razvija.

Pelješki most pravi je primjer toga - fascinantna građevina koja predstavlja ostvarenje vizije o povezanoj Hrvatskoj i čija je izgradnja postavila važan korak, ne samo na putu boljeg prometnog povezivanja, već novog razvojnog uzleta juga Hrvatske i novi motiv za razglednice dubrovačke regije.

Stoga sam ponosan na činjenicu da je most s pristupnim cestama sagrađen upravo i u vrijeme mog ministarskog mandata, kao projekt u visokom postotku sufinanciran sredstvima Europske unije. Sa svojim suradnicima iz ministarstva zalagao sam se da projekt bude prepoznat kao europski, jer on to i jest, da se osiguraju financije i da se otklone potencijalne prepreke njegovoj realizaciji.

Nakon prijave projekta, pokrenut je i proveden natječaj za radove izgradnje koji se provodio u dva stupnja, kao transparentan međunarodni javni natječaj, koji je uspješno prošao procedure Europske unije koje prate provedbu velikih sufinanciranih projekata.

Oko godinu i pol dana nakon početka radova, kada je kineski izvođač uspješno okončao radove na temeljenju, dogodila

se pandemija korona virusa koja je zaprijetila zaustavljanjem dobave materijala i dolazaka radnika. Kao i cijeli svijet, Hrvatska se susrela s problemima koje je proizvelo zatvaranje granica. Možda je najveći izazov s kojim smo se susreli nemogućnost odlaska nadzornih inženjera u Kinu na pregled čelične konstrukcije mosta, no povjerenje u izvođača radova pokazalo se opravdanim pa je i taj problem riješen.

Most je dovršen bez zastoja, uz teškoće koje su neizbježne kada se gradi most s temeljima stotinu metara ispod morskog dna i stupovima stotinu metara iznad morske površine. Danas smo svjedoci njegovom završetku, ali možda ne i u potpunosti svjesni pravog značaja gradnje tog projekta. Pelješki most značit će novu stranicu u životu ljudi na dubrovačko-neretvanskom području.

Provedbom ovog projekta nećemo stati u nastojanjima da povezivanjem svih hrvatskih krajeva omogućimo bolji život svim građanima i gospodarski razvoj, jer upravo je to svrha prometa i politike koja promišlja o budućnosti.

Ministarstvo koje vodim, na čelu s Vladom, snažno podupire ulaganja u razne vidove prometne infrastrukture, a najveći infrastrukturni projekti u posljednjem desetljeću ostvaruju se uz pomoć fondova Europske unije.

Niti desetak godina od punopravnog članstva u Uniji, možemo sagledati sve što se danas gradi uz pomoć sredstava iz europskih fondova. Od izgradnje cestovne

*Ministar mora, prometa i  
infrastrukture Republike  
Hrvatske Oleg Butković,  
dipl.ing., na gradilištu  
Mosta Pelješac 2021. godine*



infrastrukture u kontekstu povećanja sigurnosti, do izgradnje infrastrukture zračnih luka, nikad većih investicija u morske luke, razvoja infrastrukture širokopojasnog interneta koji će omogućiti brzi internet u svakom kraju Hrvatske pa sve do izgradnje željezničke infrastrukture, na kojoj će najveći naglasak biti u nadolazećem razdoblju.

Sve se to događa u složenom i izazovnom poslovnom okruženju, gdje je trebalo provesti strukturne reforme pojedinih sektora, prilagoditi regulativu i naći načina za optimalno uključivanje privatnog kapitala u investicije od državnog značaja. Na putu ostvarenja velikih projekata bilo je zastoja i iskušenja, od poremećaja na financijskom tržištu do globalne pandemije, ali danas s ponosom možemo reći kako je najveći dio problema iza nas.

Ministarstvo koje vodim najveći je pokretač investicija pa tako danas govorimo o ulaganjima u prometnu infrastrukturu u Hrvatskoj vrijednima oko 25 milijardi kuna. Međutim, uvijek se može bolje i više, i s izgradnjom Pelješkog mosta naš posao ne staje, nastavljamo snažno dalje s investicijama u sve vidove prometne infrastrukture.

Rekao bih i kako je Hrvatska danas infrastrukturno bitno drukčija i naprednija nego 2016. godine, godine kada sam preuzeo funkciju ministra mora, prometa i infrastrukture, i to je najveće postignuće mog ministarskog mandata.

Važno i simbolički najistaknutije ostvarenje na tom putu i, najveći ponos, upravo je Pelješki most i cestovna poveznica s južnom Dalmacijom.



—  
2.  
—

# GRADITELJSKI POTHVAT







2.1.

# MOST U KONTEKSTU VREMENA

JOSIP ŠKORIĆ

Predsjednik Uprave Hrvatskih cesta

## Projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom

Izgradnja ceste koja obilazi Neumski koridor, a sadrži i Pelješki most, bio je pothvat kakav se naraštaju graditelja događa jednom u životu. Projekt pod nazivom Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom na vrijeme je ušao u državne strategije, napravljena je opsežna studijska i projektna dokumentacija, osigurana je podrška javnosti i sufinanciranje iz fondova Europske unije i uz puno truda jednog šireg tima čitav projekt priveden je uspješnom završetku. Mreža državnih cesta sada povezuje sve kopnene dijelove Lijepe naše, dionici u pripremi i izgradnji mogu biti

ponosni. Nećemo, međutim, zaboraviti prepreke koje je trebalo savladati na putu do realizacije, jer one sadrže vrijedna iskustva za buduće projekte.

## Pripreme i prepreke

Kao veliki zagovornik ove važne ceste i sudionik pripreme i izgradnje mosta mogu reći da je na putu do ostvarenja trebalo ponekad donijeti i neke teške i nepopularne odluke. Najteže je bilo kada je trebalo zaustaviti prvi ugovor za izgradnju, u trenutku kada je postalo jasno da je projekt neracionalan, a konzorcij koji je ugovorio radove ne može obaviti posao. Shvatili smo da je jedino rješenje raskinuti ugovor i racionalizirati projekt, pa sam, kao čelnik tvrtke koja je vodila investiciju, bio u nezahvalnoj ulozi da okončam ugovor u jednom trenutku, kada je postao štetan za državu i društvo u cjelini. Međutim, projekt smo nastavili planirati i kroz godine u kojima okolnosti nisu dopuštale njegovu provedbu. Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju dočekali smo priliku za novi, ovaj put uspješan, početak.

Od prvih projekata do puštanja mosta u promet prošlo je oko 20 godina, što se čini kao vrlo dugo razdoblje, međutim nije dulje od vremena u kojima su se realizirali neki veliki projekti iz prošlosti.

Izgradnja Eurotunela između Francuske i Velike Britanije je započela 1974. godine, da bi bila prekinuta već 1975. Ponovo se počelo s iskopom 1987., a tunel je pušten u promet 1994.

Izgradnja naše autoceste Zagreb – Split službeno je započela u vrijeme Hrvatskog proljeća 1971. godine, a konačno je dovršena 2005. Rekao bih da su mnogi projekti pripremani u vrijeme kada su sazrele tehničke mogućnosti njihove provedbe, a izvedeni su u vremenu kada su se stekle političke i ekonomske okolnosti koje su to i omogućile.

Kada prođe dvadesetak godina od prve ideje do realizacije kapitalnog projekta cestovne infrastrukture, ne bih rekao da je priprema trajala predugo.

---

**Projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom koncipiran je u vrijeme kada je postalo očigledno da je prolazak kroz Neumski koridor kočnica razvitku Dubrovačko-neretvanske županije, a ostvaren je nakon ulaska Hrvatske u Europsku uniju, u mandatu Vlade koja ga je odlučno podržala.**

## **Sufinanciranje iz Fonda za regionalni razvoj EU**

Projektu su dodijeljena bespovratna europska sredstva u vrijednosti od oko 420 milijuna eura kojima je sufinanciran projekt ukupno vrijedan više od 520 milijuna eura.

Tako veliki iznosi dodjeljuju se infrastrukturnim projektima koji se uklapaju u zajedničke, europske prioritete definirane službenim politikama, a uz to su uklopljeni i u nacionalne strategije.

Projekt je istaknut kao prioritet kroz Strategiju prometnog razvoja, koja je prošla usuglašavanje s politikama EU i onda je predstavljena kao nacionalni dokument. Pripadnost EU prioritetima jasna je iz položaja ovog pravca na takozvanoj TEN-t mreži. Konkretno, ovaj potez ceste dug 32,5 km jedna je od prometnica na Jadransko-jonskom koridoru, koji povezuje središta gospodarske djelatnosti i mediteranske luke sedam zemalja: Italije, Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije i Grčke, od Venecije u Italiji do Kalamate u Grčkoj.

Treba naglasiti da u perspektivi Pelješki most s pristupnim cestama neće biti pravac međunarodnog transporta. U budućnosti, kada obala istočnog Mediterana bude razvijenija, a promet značajno poraste, izgledno je da će cestovni transport obalnim pojasom između Italije i Grčke ići naplatnom autocestom, koja će se nalaziti u primorskom zaleđu.

Naša autocesta na potezu od Zadra do Ploča zapravo je model prometnice kakvom će se – uvjeren sam – jednog dana povezati 7 zemalja na koridoru, a to podrazumijeva i izgradnju autoceste od Ploča do Dubrovnika. Cesta na kojoj

je Pelješki most u trenutku kada međunarodni transport na ovom pravcu ozbiljno poraste ne smije biti dio tog projekta, jer se nalazi u osjetljivom okolišu, čija bi kvaliteta bila narušena teškim tranzitnim prometom.

## **Razvojna uloga nove ceste preko Pelješca**

Projekt CPJD daje poticaj i otvara nove mogućnosti za razvitak prometne mreže krajnjeg juga Hrvatske. To se može iščitati iz strateških dokumenata Republike Hrvatske koji naglašavaju značaj poveznica od Ploča do granice s Crnom Gorom. U prostornim planovima je autocesta Ploče – Dubrovnik, a iz planova razvitka državnih cesta treba spomenuti dva projekta.

Prvi je neposredno vezan uz projekt Mosta Pelješac radi se o novoj cesti koja bi povezala Brijestu s Orebićem, odnosno s novom trajektnom lukom za Korčulu.

Taj projekt ima golemi značaj za gospodarstvo Pelješca i Korčule, čak i Lastova. Moderna cesta će zaobići naselja na poluotoku, umjesto da – kao postojeća – prolazi kroz njihovo središte.

Drugi projekt je poveznica Dubrovnika sa zračnom lukom u Čilipima.

Ove ceste, uz uredno održavanu i rekonstruiranu dužobalnu prometnicu čine sustav koji ima značajnu ulogu za razvitak modernog turizma i s njim povezanih gospodarskih aktivnosti, a uz to otvaraju vizure primorja i zaleđa, otkrivaju novu ljepotu Dalmacije.

## **Utjecaj projekta Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom na Bosnu i Hercegovinu**

Povremeno osporavanje projekta iz susjedne države je u službi dnevne politike. Izgradnja ceste preko Pelješca donijet će korist obalnom području Bosne i Hercegovine kao i zaleđu. Nova cesta neće ograničiti razvitak ovih krajeva. Cestovni promet kroz Neum će se smanjiti, čime se otvara još bolja turistička perspektiva tog grada.

Pod vodstvom Ministarstva mora, prometa i infrastrukture nastavljamo razgovore s kolegama iz susjedne države o novim cestovnim poveznicama sa susjednom državom, u nastojanju da otvorimo nove mogućnost za razvitak prekogranične suradnje.

Dio javnosti BiH, pod utjecajem nekih političkih struktura, misli da će most omesti planove vezane uz pomorsku orijentaciju te države. Treba reći da je plovni profil usuglašen prije izrade projekta mosta na način da odgovara najvećim gabaritima brodova koji bi smjeli uplovjavati u zaštićenu prirodnu cjelinu Kanala Malog Stona.





## Nova cesta i zaštita okoliša

Razumna je i očekivana zabrinutost dijela javnosti s obzirom na nespornu činjenicu da nova cesta otvara Pelješac masovnijem turizmu i olakšava razvitak drugih gospodarskih aktivnosti. Do promjena u načinu života svakako će doći, o tome nema dileme, a svaki napredak donosi i rizike za okoliš. O tome se vodilo računa od samog početka razrade projekta.

Treba znati da briga o aspektima okoliša, koja obuhvaća odnos ceste i žive prirode, obuhvaća i sociološki aspekt. Utjecaj na razvitak naselja, na gospodarstvo, na kvalitetu zraka i mora nikada ranije nije bio predmetom tako detaljnog izučavanja kao danas. Utjecaj koji će nova prometnica imati na okoliš studiran je dva puta, prije ulaska u Europsku uniju i još jednom nakon pristupanja.

Rizici za okoliš od izgradnje i prometa na mostu smanjeni su na najmanju moguću mjeru zalaganjem projekatanta i graditelja, a i nas koji vodimo investiciju. Podsjećam, radi se o dvotračnoj prometnici, državnoj cesti koja je svojim elementima manje agresivna prema krajoliku nego što bi to

bila četverotračna cesta, razmatrana u ranijim studijama. Odgovornim održavanjem kontrolirat ćemo i budući utjecaj na okoliš.

Nova dostupnost krajeva koji stoljećima žive u relativnoj izolaciji donosi stanovnicima značajne promjene. Mijenja se način života, a ponajviše o lokalnoj zajednici ovisi hoće li to ugroziti neke materijalne ili kulturne vrijednosti. Suvremena prometna infrastruktura potiče održivi razvitak ako imamo dovoljno mudrosti u ograničavanju korištenja resursa danas u korist naših potomaka.

Kod rasprave o utjecaju nove ceste na život zajednice treba poći od sagledavanja one druge opcije, a ta je da se cesta ne sagradi. Svjedoci smo stagnacije mnogih krajeva koji nisu dobro povezani, a s druge strane imamo krajeve koje je revitalizirala nova autocesta ili brza cesta.

Uvjeren sam da krajevi koji imaju bolju cestu imaju bolju perspektivu razvitka, o tome svjedočim temeljem desetljeća rada na izgradnji i održavanju cesta. A jednom kada nova cesta dođe, na lokalnoj zajednici je da regulira smjer i dinamiku budućeg razvitka, a s tim i odnos prema zaštiti okoliša. Na nama je da mjere, koje su nam propisane lokacijskim uvjetima ispunjavamo dokle god je cesta pod našom upravom.

## Nakon izgradnje mosta s pristupnim cestama kreće održavanje

Veći dio radnog vijeka vodio sam segment održavanja infrastrukturnih sustava i mogu reći da je značaj tog posla uglavnom podcijenjen. Održavanje nije atraktivno kao otvaranje novih kilometara prometnice, radovi su neugodni za korisnike jer ograničavate promet, kada nešto popravljate često naiđete na probleme koje niste očekivali.

Naš je stav da održavanje cesta kod planiranja proračuna treba dobiti prednost pred investicijama u nove kilometre, odnosno da trebamo uložiti koliko je potrebno da bi nam postojeće ceste bile sigurne i udobne, a onda s ostatkom sredstava idemo u novu izgradnju.

Za uspješno održavanje bitna je organizacija i neprekidni nadzor mosta i prometa, koji će se obavljati iz Centra za održavanje i kontrolu prometa u Zadaru. Odmah po otvaranju uspostavlja se stalni nadzor mosta ophodnjama, a osim toga most će sustavno pregledavati posebno obučeni tim inženjera. Ono što se ustanovi pregledom dopunit će se saznanjima prikupljenim obradom podataka sa senzora na mostu, kroz sustav monitoringa. Tu planiramo uključiti stručnjake naših znanstvenih institucija, koji su uključeni u rad od faze projektiranja. Osim u lokalnom centru u Zadaru imamo i Tehničku ispostavu u Dubrovniku, koja će organizirati manje radove i ima iskustva s ovješanim mostovima većeg raspona. Naime, taj naš tim vodi održavanje Mosta dr. Franja Tuđmana koji također sadrži sklop s kosim zategama i ima glavni raspon veći od Mosta Pelješac. Ispostavi je nadređena dobro ekipirana Poslovna jedinica u Splitu, a tek ako i na toj



*Josip Škorić, Predsjednik Uprave Hrvatskih cesta i Marjan Pipenbaher, Glavni projektant Mosta Pelješac tijekom provedbe probnog opterećenja na mostu – opterećenje kamionima ukupne mase 800 tona pokazalo je da se most ponaša sukladno projektu*





Kanal Malog Stona i Pelješki most

razini zapne, uključuje se središnji ured Hrvatskih cesta u Zagrebu. Sustav je decentraliziran kako bi se operativne odluke mogle donijeti vrlo brzo.

Još gradimo tim za održavanje mosta, cilj je stvoriti jezgru od nekoliko stručnjaka različitih struka koji će puno radno vrijeme posvetiti mostu i ostalim građevinama na novoj cesti.

## Koliko će održavanje mosta zapravo koštati?

Kod procjene cijene održavanja ovakve građevine polazimo od njezina uporabnog vijeka. On je propisan, most je projektiran za proračunski uporabni vijek od 100 godina, koje trebaju proći prije nego što budu potrebni veći popravci dijelova konstrukcije koji se ne mogu zamijeniti. Za nas koji most održavamo to znači da će se svi dijelovi koji dotrajavaju mijenjati, održavati i popravljati bez prekida. Uz redovito održavanje most može trajati i dulje od stoljeća.

Neka naša iskustva govore da na složenim građevinama dugoročno treba računati s potrebnim ulaganjem u godišnjem iznosu u veličini od oko 3 % investicijske vrijednosti. Naravno, radi se o vremenu nakon višegodišnje uporabe, za novi most nisu potrebna tolika ulaganja. Za Pelješki most tih 3 % bi značilo da teoretski za održavanje treba predvidjeti oko 60 milijuna kuna godišnje, što je značajan iznos.

**Planiramo ceste koje imaju prometno opravdanje, koje su sigurne za suvremeni promet i okoliš, koje otvaraju nove vizure i daju poticaj gospodarstvu.**



Izgradnja Centra za održavanje i kontrolu prometa u Zadaru – iz ove zgrade nadzire se Pelješki most.

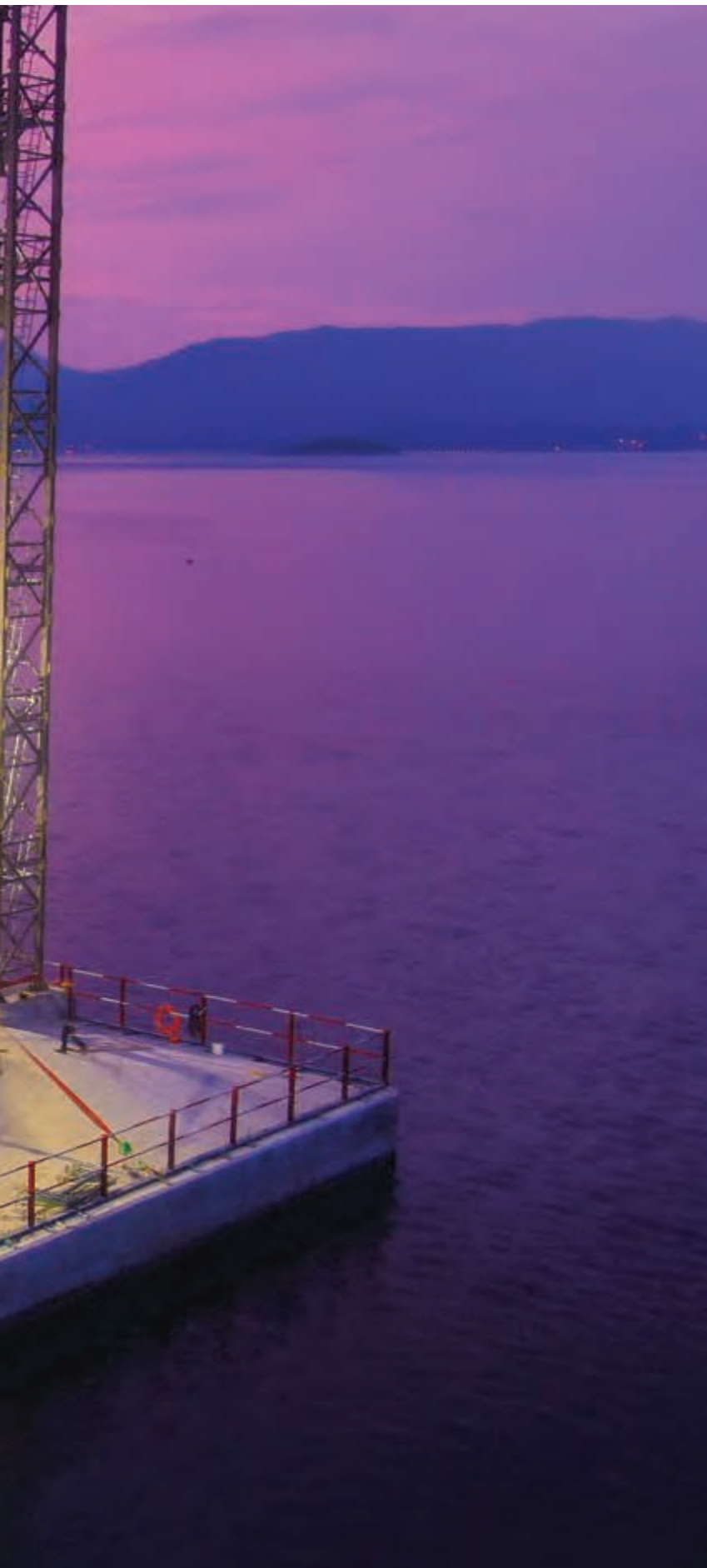
U prvim godinama nakon otvaranja neće biti većih zahvata, ali se pripremamo za zahvate preventivnog održavanja, koji višestruko manje koštaju od naknadnih popravaka.





*Betoniranje stupa: beton za Pelješki most ima posebne značajke koje prije nisu ostvarene na građevini ove veličine u Hrvatskoj. Beton je proizvela hrvatska tvrtka po vlastitoj recepturi, a ugradnju su nadzirali naši inženjeri.*





## Kompetentni timovi za velike projekte

U Hrvatskim cestama izrazito smo posvećeni razvitku upravljanja projektima, kroz okupljanje timova sa značajnim domaćim i međunarodnim iskustvom, kroz informatizaciju i edukaciju. Okupili smo tim koji je pripremio, pokrenuo i pratio izgradnju goleme i jedinstvene građevine u složenim okolnostima međunarodnog poslovanja. Podsjećam da je glavni projektant iz Slovenije, kontrola projekta vrši se iz Danske, izvoditelj je kineska korporacija, a nadzor je naš, hrvatski. Proizvodi ugrađeni u most dolaze sa svih strana svijeta.

Da biste ljude okupili na projektu, treba ih motivirati. Budući da smo državno poduzeće, mogućnosti materijalne stimulacije su limitirane, stoga smo posvećeni stvaranju poticajnog radnog okruženja u kojem promičemo nove tehnologije, cjeloživotno usavršavanje i dobre međusobne odnose. Na ovakvim poslovima ima puno stresa, ali i zadovoljstva obavljenim. Najvažnije je da svaki član tima zna što mu je zadatak, i da svatko unutar svojeg djelokruga rada dobije određene ovlasti. Naglašavam da inženjeri moraju imati autonomiju na području za koje su kompetentni, međutim, unutar tima koji vodi projekt postoji jasna hijerarhija koja omogućuje brzo donošenje i djelotvorno provođenje odluka.

Slaganju uspješnih timova posvećujem puno vremena, ali jednom kada je svatko na pravom mjestu, realizacija projekta više nije upitna. Pri tome se rukovodim načelom da treba stvoriti tako jak tim da se ne zna tko je lider.

## Sustav upravljanja projektima

Tijekom izgradnje mosta s pristupnim cestama načinjeni su neki konkretni iskoraci na području upravljanja projektima. Podloga za uvođenje novih tehnika upravljanja je digitalizacija praćena razradom novih protokola postupanja koji do maksimuma koriste tehnologiju. Projekt izgradnje mosta pratili smo praktično u realnom vremenu, što znači da smo u svakom trenutku imali ažurnu informaciju o izvršenim radovima, financijskoj realizaciji, rokovima i preprekama koje treba otkloniti.

Usvajanje novih tehnologija jedan je od mojih naglasaka u vođenju tvrtke, kojemu je dodatni poticaj dao nadzor tijela Europske komisije, zbog sufinanciranja iz fondova.

## Prepreke i upravljanje rizicima

Svaki veliki projekt nosi i posebne rizike, koje nikakva prethodna analiza ne može predvidjeti. Provedba projekta u sklopu kojeg je sagrađen Pelješki most obilježena je svjetskom pandemijom COVID bolesti, zbog koje su prvo ugroženi dobavni lanci, a posljedično se dogodilo povećanje cijena građevinskih materijala i opreme. Trebalo je reagirati brzo i odlučno, uz dozu improvizacije i podršku nadležnih državnih tijela. Na kraju bi se moglo reći da smo poteškoće

proizašle iz tih globalnih događaja riješili lakše nego neke proceduralne zastoje u pripremi projekta koji se godinama ponavljaju kod izgradnje cestovne i željezničke infrastrukture.

Dovršetak jednog grandioznog projekta povod je za aktualizaciju često ponavljane teze o tome da priprema, projektiranje i izgradnja novih prometnica imaju svoje specifičnosti kojima građevinska regulativa, postupci javne nabave i drugi regulirani procesi nisu optimalno prilagođeni.

Zbog toga se mnogi projekti ne provode željenom odnosno planiranom dinamikom, a to ima značajne financijske posljedice.

Ta se pitanja rješavaju kroz rad stručnih tijela na službenoj razini, ali to nam ide presporo. Konkretno, priprema i ishođenje svih potrebnih rješenja i dozvola za potrebe jednog linijskog projekta traje pet do deset godina, od idejnog rješenja i studije utjecaja na okoliš do glavnog projekta i građevinske dozvole.



Neki važni projekti državnih cesta u postupnoj – faznoj razradi i izgradnji



## Angažman hrvatskih tvrtki na izgradnji mosta

Hrvatska građevinska operativa u vrijeme koje je prethodilo izgradnji Mosta Pelješac nije imala kapaciteta za obavljanje poslova ovakve složenosti. Često se spominje teza o tome kako sustav javne nabave omogućuje da se manje tvrtke okupe u zajednicu ponuditelja i onda odrade posao koji niti jedna od njih sama ne bi mogla odraditi. Takva teza ima potvrdu u praksi izgradnje manje složenih cesta, imamo više ugovora na kojima rade zajednice ponuditelja. Međutim, kod jedinstvene građevine i zahtjevne tehnologije ne možete računati da se okupljanjem mnoštva malih postiže kvaliteta. Primjerice, u Hrvatskoj jednostavno nije bilo stroja niti ekipe koja bi znala zabiti čelične pilote duge 100 metra i teške 200 tona, niti ekipe koja bi mogla koordinirati izgradnju čeličnog sklopa sa 6 pilona odjednom. Kineski izvođači gradili su više velikih mostova preko kilometrima širokih kineskih rijeka muljevitog dna, pa su u trenutku raspisa natječaja za Most Pelješac imali potrebno iskustvo i tehnologiju. Ne kažem da mi ne bismo mogli naučiti sve to, ali za jedan most to se ne isplati, a da netko uči na vašem projektu uvijek ispadne skuplje i dugotrajnije nego da posao odradi netko kome je to gotovo pa rutinski zadatak.

Dakle, mislim da je odabir kineskog izvođača doprinio uspjehu projekta, ali tog uspjeha sigurno ne bi bilo bez naših ljudi i tvrtki, koji su radili kao projektanti, savjetnici, nadzornici i podizvođači. Neke od njih upoznat ćete na stranicama ove monografije.

## Budućnost europskog sufinanciranja izgradnje cesta

Cestovna mreža Republike Hrvatske je solidna, ali još nije na razini koja bi omogućila dovoljan podstrek gospodarskom razvitku i demografskoj obnovi u svim krajevima države ravnomjerno. Za razliku od ove naše situacije, razvijene članice Europske unije imaju dostatno razvijenu mrežu cesta, pa se težište zajedničkih ulaganja u posljednjem desetljeću prebacivalo s infrastrukture na projekte koji promet cestama čine održivim: na inteligentne transportne sustave, zaštitu okoliša i digitalnu tranziciju.

Pojednostavljeno, u godinama nakon izgradnje Mosta Pelješac bit će manje europskog novca za cestovne projekte, što je još jedna potvrda tezi da smo za provedbu ovog projekta uspjeli iskoristiti vrijeme u kojemu se stekao jedinstven sklop povoljnih okolnosti.

## Ostali veliki projekti na mreži državnih cesta

Hrvatske ceste kontinuirano pripremaju više projekata novih državnih cesta prema prometnim potrebama i nacionalnim strateškim dokumentima. Projekti se provode u okvirima koje nam dopuštaju raspoloživi izvori financiranja.

Nove državne ceste gradimo na pravcima koji nose teret gospodarskog razvitka ili su se promijenile navike stanovništva pa postojeća mreža ne može odgovoriti prometnim potrebama. Čest razlog za nove kilometre događa se kada postojeća prometnica prolazi kroz naselja, pa tranzit ugrožava sigurnost i kvalitetu života mjesnom stanovništvu. Zbog potreba intermodalnog prometa grade se nove spojne ceste prema lukama, željezničkim terminalima, a mreža autocesta za punu funkcionalnost iziskuje nove spojne ceste prema naseljima i industrijskim zonama. Sigurnost prometa značajno unaprjeđuju manji – lokalizirani zahvati kojima se uređuju opasna mjesta, a tu je i velik broj manjih zahvata kojima se uređuju raskrižja, grade pješačke i biciklističke staze itd.

Između preko 60 projekata nove izgradnje možemo izdvojiti one najveće, koji su pripremani ili građeni istodobno s mostom.

Važna državna cesta gradi se u Rijeci, od Škurinja do Zagrebačke obale, kao nova spojnica novog terminala naše najveće morske luke sa sustavom autocesta. Ta cesta poznata po nazivu D403 ubuduće će biti dio važnog koridora međunarodnog transporta. To je jedna je od najskupljih i najsloženijih cesta po jedinici duljine koju smo gradili, zbog toga što dobrim dijelom prolazi ispod gusto naseljenog dijela Rijeke. I za ovaj projekt osigurana su sredstva iz fondova EU.

Obilaznica šireg područja grada Splita gradi se pod nazivom Multimodalna platforma splitske aglomeracije, pravcem Solin – Stobreč – Dugi Rat – Omiš. Ona je za nas prioritet za sufinanciranje sredstvima EU u sklopu novog Operativnog Programa za razdoblje 2021. – 2027. Dinamika realizacije ovog projekta ovisi o privlačenju sredstava iz fondova, no treba reći da je izgradnja sa strane Omiša i sa strane Solina odnosno Splita započela dionicama koje se financiraju iz vlastitih sredstava Hrvatskih cesta. Promet Splitske aglomeracije se rješava realizacijom više projekata, od većih zahvata još treba spomenuti projekt novog ulaza u grad preko čvora Vučevica na autocesti A1. Projekt predviđa izgradnju nove dvotračne državne spojne ceste autocestu s Trajektnom lukom Split.

Podravski ipilon je sustav dviju brzih cesta koje će Podravinu priključiti na autocestu Zagreb – Varaždin s jedne strane i osigurati bolje veze s Republikom Mađarskom s druge strane. U prvoj fazi gradi se samo jedan kolnik, što je model kojeg primjenjujemo na onim cestama za koje nije opravdano odmah graditi oba kolnika, već jedan ostaje u pripremi. Preostale dionice do Bjelovara već su u izgradnji, a nastavak do Virovitice se projektira, s tim da će izgradnja započeti i na dionici Virovitica – Špišić Bukovica, dakle s obje strane odjednom. I Podravski ipilon je visoko na listi prioriteta u konkurenciji za sufinanciranje iz EU fondova u novom programskom razdoblju. Podravska brza cesta, koja se gradi postupno, po dijelovima najvećeg prometnog opterećenja, od granice s Mađarskom do granice sa Srbijom upotunit će mrežu sjevernih krajeva.

Granični most preko Save kod Stare Gradiške dio je spojne brze ceste koji Banja Luku spaja na našu autocestu

Zagreb – Lipovac. Most je praktički dovršen, a bit će u prometu kada se izgradi spojna cesta do prvog čvorišta na postojećoj prometnici. Radi se o pravcu međunarodnog značaja koji povezuje regiju uz Balaton u Mađarskoj, s Banja Lukom, a po nekim projekcijama završava u Splitu.

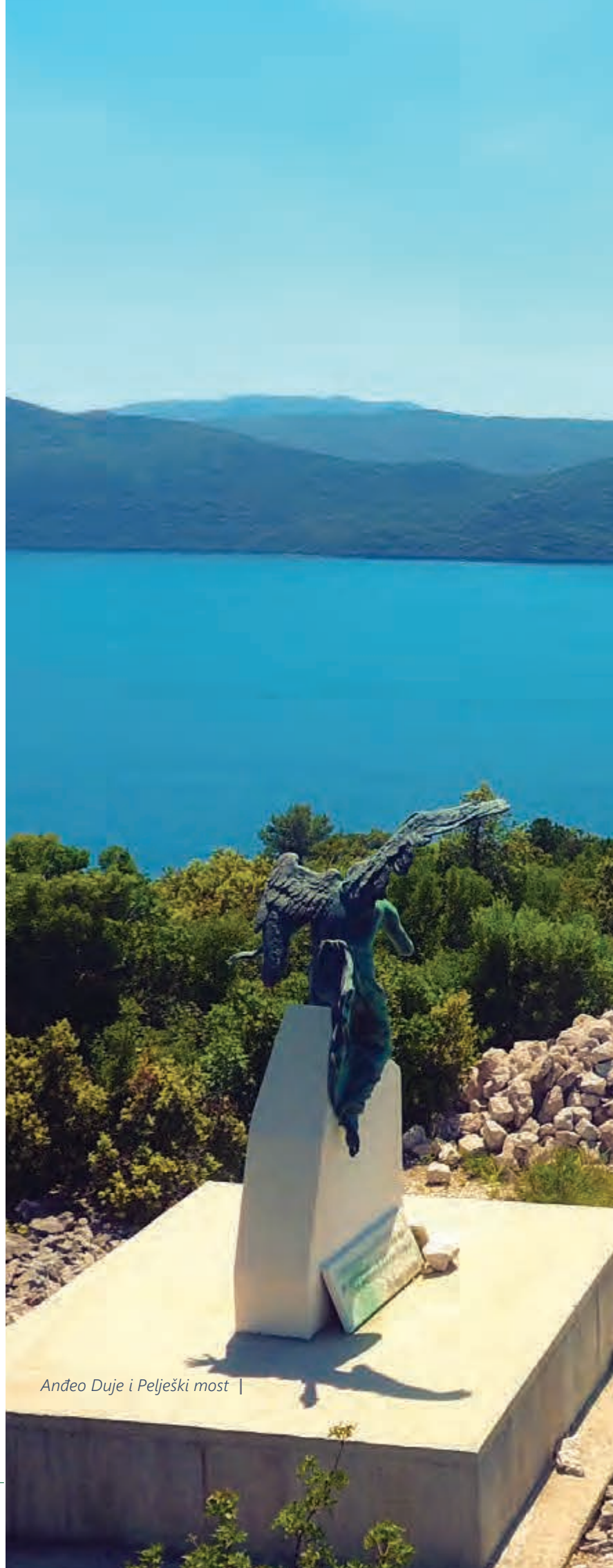
Poprečno povezivanje krajnjeg istoka Hrvatske s mrežom autocesta jedan je od projekata strateškog značaja. Cesta od Iloka do autoceste Zagreb – Lipovac, nazvana Srijemskom transverzalom, pruža se uz državnu granicu i daje novu perspektivu kraju koji je slabo naseljen, ali ima značajan potencijal. Osigurali smo sredstva za prvu, najjužniju dionicu ove ceste kroz europsko sufinanciranje rješavanja opasnih mjesta, budući da se radi o obilaznici naselja. Sjeverni dio ove ceste, kada se sagradi, bit će dio ranije spomenutog podravskog pravca.

Usporedno s izgradnjom zadnje dionice autoceste Zagreb – Sisak, Lekenik – čvor Sisak, gradi se državna spojna cesta koja počinje u samom gradu Sisku, i koja će ga u konačnici spojiti na sustav autocesta.

Zagrebački prsten čini brza cesta Popovec – Marija Bistrica – Zabok sa spojem prema Brezničkom Humu. Dio brze ceste koja će povezati krajnji zapad s krajnjim istokom aglomeracije glavnog grada već je izgrađen. Povezuje se Zabok i Popovec, Zagorje i Prigorje cestom koja će omogućiti brži razvoj krajeva koji su blizu Zagreba, ali su od njega razdvojeni Medvednicom.

Spojna cesta Zabok – Krapina pruža se usporedno s autocestom Zagreb – Macelj. Na potezu od Gubaševa do Krapine, gdje je trasa autoceste svojevremeno prošla trasom državne ceste, gradimo novu državnu cestu koja će omogućiti odvijanje alternativnog prometa u koridoru same autoceste.

Obilaznice nećemo zasebno nabrajati, budući da je ukupan broj projekata koje smo nedavno realizirali, koje su u realizaciji ili pripremi negdje oko 30. Svaki projekt obilaznice započinje kada promet kroz naselje ugrozi kvalitetu života stanovnika. Uspostavom prioriteta nastojimo uklopiti želje u kalup financijskih mogućnosti. Kao primjer, spomenuo bih dvije ceste koje su građene kada i Pelješki most: obilaznica Turnja, naselja uz Karlovac, službeno je državna cesta Splitskog pravca, dionica Mostanje – Vukmanički Cerovac, a obilaznica Novog Marofa klasičan je primjer ceste koja će promijeniti život grada jer izmješta tranzitni promet iz njegovog središta.



Anđeo Duje i Pelješki most |











# OSNOVNI PODACI O MOSTU



Lokacija projekta državne ceste duge 32,5 km koja sadrži i Pelješki most: projekt pod nazivom Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom.

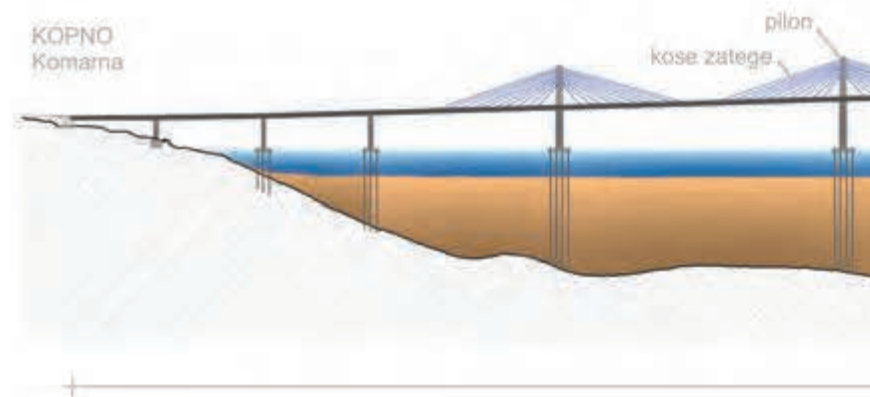
Pelješki most sagrađen je kao dio državne ceste koja obilazi Neumski koridor, odnosno kao dio projekta *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom*.

Projekt obuhvaća izgradnju Mosta Pelješac, pristupnih cesta do mosta i obilaznice Stona, čime je uspostavljena čvrsta cestovna veza između razdvojenih dijelova kopnenog teritorija Republike Hrvatske. Dvotračna državna cesta,

duga 32,5 km, povezuje krajnji jug i stvara bitan preduvjet razvitku kopna i otoka dubrovačke regije. Najzahtjevniji dio projekta je most preko morskog tjesnaca – Kanala Malog Stona, dug 2404 metra. Radi se o tehnički inovativnoj građevini, budući da je središnji dio sklopa izveden bez prekida - dilatacija i ležajeva.

Konstruktivsko rješenje mosta s nizom glavnih raspona od po 285 metara, usvojeno je 2013. godine, a usporedno s projektiranjem trajali su naponi oko osiguravanja sufinanciranja izgradnje iz fondova Europske unije. Glavni projekt je dovršen 2016. godine i odmah prijavljen za sufinanciranje.

Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava potpisan je sredinom 2017. godine, a postupak javne nabave radova izgradnje mosta okončan je 21. svibnja 2018. godine, potpisivanjem ugovora s kineskim konzorcijem predvođenim tvrtkom China Road and Bridge Corporation. Radovi na izgradnji započeli su u srpnju iste godine. Izvorno ugovoreni rok za izgradnju bio je 36 mjeseci, odnosno 3 godine, no produljen je zbog izvanrednih okolnosti, a most je pušten u promet zajedno s dijelom pristupnih cesta u ljetu 2022.

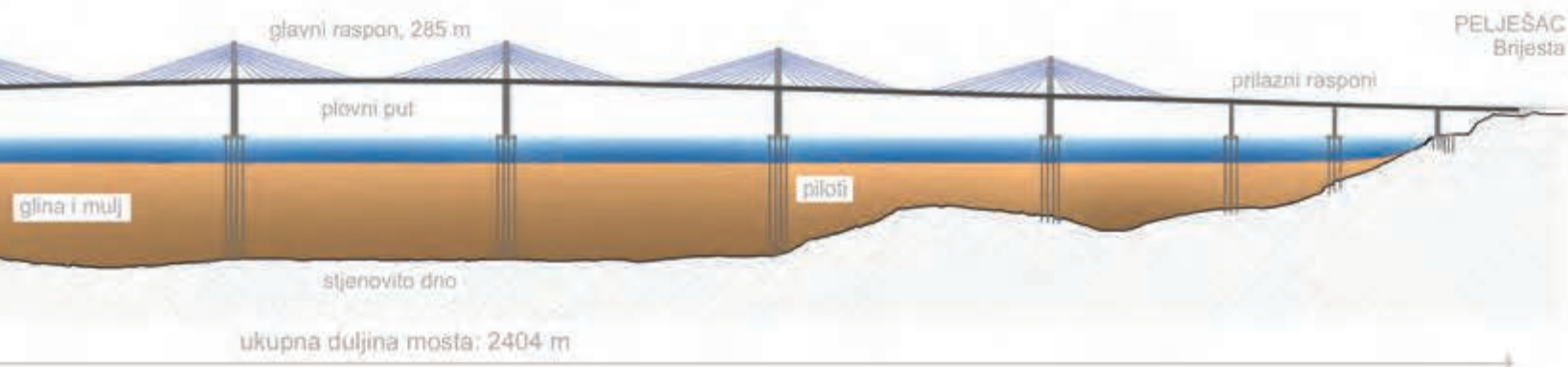


Vrijednost ugovora za izgradnju mosta bila je 2,08 milijardi kuna (oko 278 milijuna eura), bez poreza na dodanu vrijednost. Najveći dio tog iznosa, 85 % od ukupne sume, financiran je iz Europskog fonda za regionalni razvoj, dok se preostalih 15 % financirano nacionalnim sredstvima, iz Državnog proračuna Republike Hrvatske.



*Pelješki most u Kanalu Malog Stona, konzolna gradnja montažom čeličnih odsječaka uz pridržanje kosim zategama, svibanj 2021.*





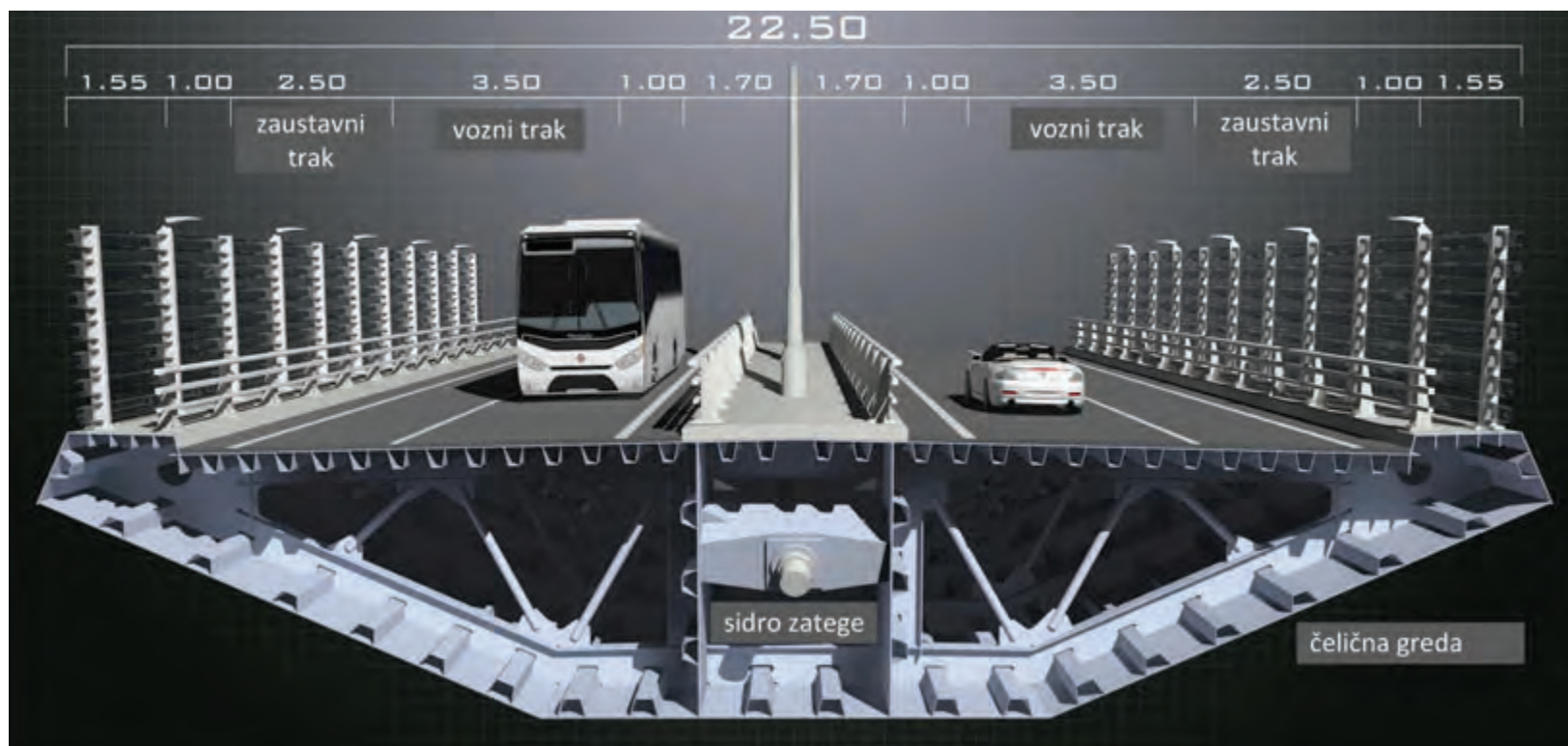
Nosivu strukturu Mosta Pelješac čini rasponski sklop preko 13 raspona, koji se oslanja na 12 stupova i dva krajnja oslonca – upornjaka. Središnji dio sklopa je ovješeni most, koji se sastoji od grednog nosača, pilona i sustava kosih zatega. Rubni dijelovi sklopa su jednostavniji gredni mostovi, kod kojih se nosač oslanja izravno na stupove.

Središnji dio nosive strukture mosta sastoji se od pet glavnih otvora veličine po 285 metara i šest pilona – glavnih stupova na dubokim temeljima, visokih od 85 do 100 m nad površinom mora. Glavna nosiva konstrukcija, 22,5 metara široka greda, je od čelika, s dijelovima betonskog sklopa

nad pilonima. Prometnicu na mostu čini kolnik s dvije trake, za svaki smjer po jedna, sa zaustavnim trakama i razdjelnim pojasom između suprotnih smjerova.

Plovidbeni profil ispod mosta po projektnom zadatku širok je 200, a visok 55 metara.

Po dubini temeljenja, složenosti konstrukcijskog sklopa i utrošku gradiva radi se o daleko najvećem mostu u Hrvatskoj, koji će zahvaljujući originalnoj koncepciji naći mjesto među najznačajnijim europskim graditeljskim postignućima našeg vremena.









# PRISTUPNE CESTE I OBILAZNICA STONA

Pristupne ceste i obilaznica Stona zajedno s mostom Pelješac čine projekt pod nazivom *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom* (CPJD), prometnicu koja obilazi Neumski koridor. Dijelom se radi o novoj cesti, a dijelom o rekonstrukciji postojeće državne ceste D414. Ta se glavna cesta poluotoka Pelješca odvaja od glavne jadranske dužobalne prometnice – državne ceste D8, takozvane Jadranske magistrale, kod mjesta Zaton Doli i vodi do Orebića, odakle polazi trajekt za otok Korčulu.

Mreža hrvatskih autocesta prije izgradnje projekta CPJD stigla je do Ploča, a sav promet prema Dubrovniku išao je dužobalnom cestom. Jedina mogućnost obilaska Neumskog koridora bila je vožnja trajektom Ploče – Trpanj, pa onda cestama preko Pelješca do mjesta Zaton Doli.

Nova prometnica koja uključuje Most Pelješac projektirana je i sagrađena kao cesta rezervirana za promet motornih vozila - državna cesta prve kategorije, sukladno važećoj regulativi. Tehnički elementi odabrani su za računsku brzinu od 90 km/h. Radi se o jednokolničkoj cesti s dva prometna traka, za svaki smjer vožnje po jedan, bez zaustavnih trakova. Za zaustavljanje vozila u nuždi predviđena su ugibališta.

Elementi poprečnog presjeka pristupnih cesta su:

- dva prometna traka širine po 3,5 m
- dva rubna traka širine po 0,5 m
- bankine široke po 2 m, obostrano
- širina nasipa 12 m, odnosno usjeka 14 m



Cestovna mreža dijela Dubrovačko-neretvanske županije prije projekta CPJD. S Pelješca polaze trajektne veze prema Korčuli i Mljetu.

Poprečni nagib kolnika je jednostrešan, u pravcu je 2,5 % a maksimalni primijenjeni poprečni nagib je 5,8 % u zavoju radijusa 450 m. Slobodni profil iznad ceste iznosi 4,8 m od najviše kote kolnika.

Zahtjevi zaštite okoliša na većem dijelu trase, kao i na Mostu Pelješac, diktirali su cjelovito rješenje odvodnje s ceste na način da se oborinska voda s prometnice skuplja i pročišćava prije ispuštanja u okoliš. Sustav zatvorene odvodnje je nepropustan i kontroliran. Oborinske vode s prometnice pročišćavaju se u separatorima i objektima iza separatora: to su lagune i infiltracijski jarci. Odvodna se cijev vodi po obodu ceste.

Na dijelovima gdje je to dopustivo izveden je otvoreni sustav odvodnje, rigolima i kanalima uz rub ceste izravno u tlo.

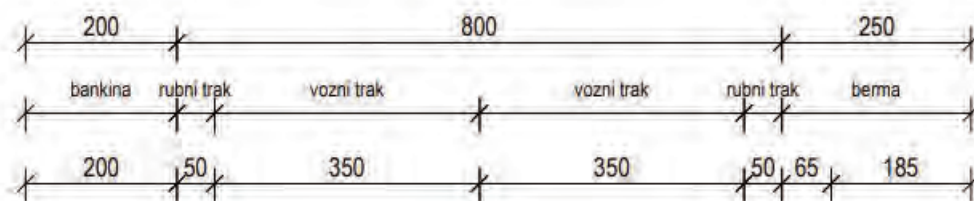
Mjere zaštite okoliša uključuju još i prolaze za male životinje ispod kolnika, u trupu cestovnog nasipa. Nasute površine uz cestu uređene su na takav način da je na njima moguć rast

autohtonog bilja, a poljoprivredne površine povezane su s naseljima prolazima kroz novu prometnicu, tako da su poljoprivredni putevi očuvani.

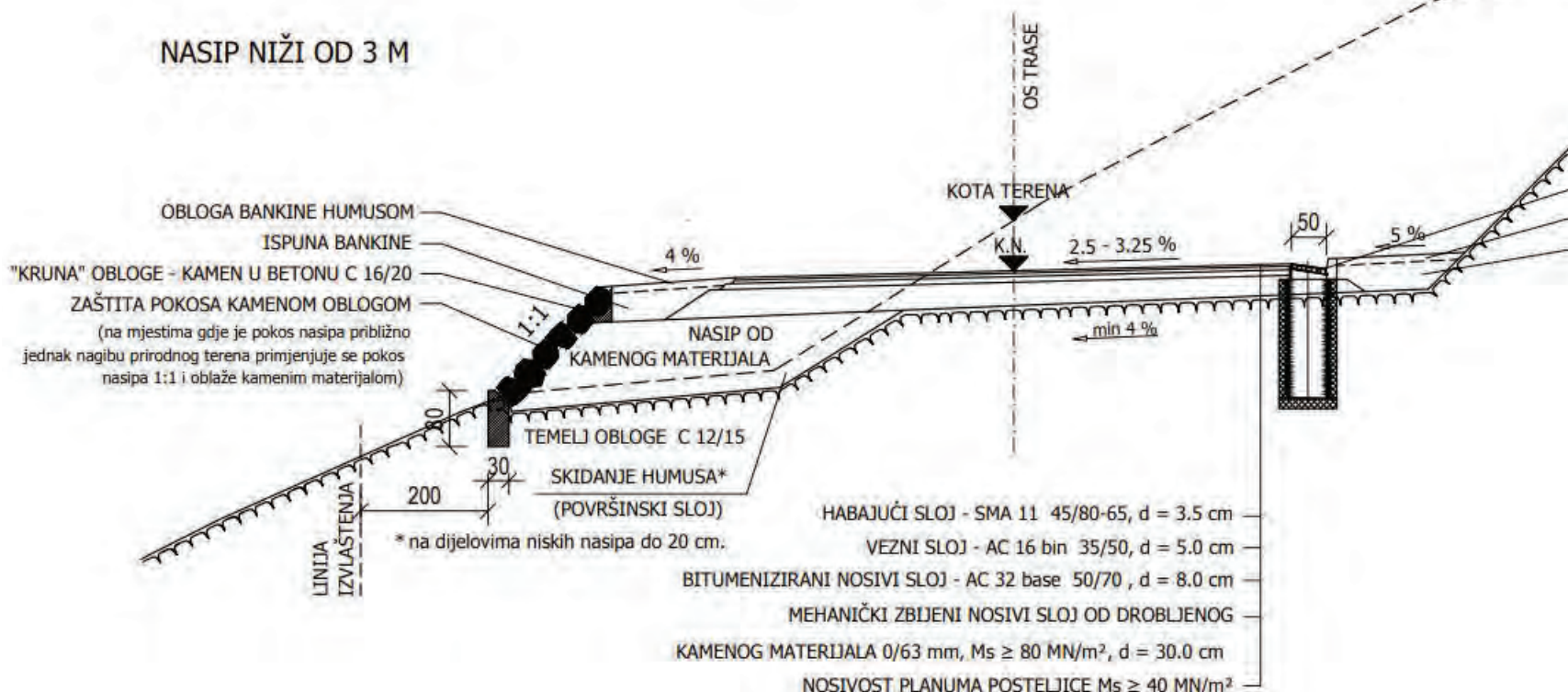
Uvjeti zaštite odnose se i na poljoprivredna i izgrađena područja, koje trasa spojnih cesta i obilaznice Stona zaobilazi, prolazeći većim dijelom kroz šumska područja, kroz područja travnjaka, grmolike vegetacije i površine s oskudnom vegetacijom. Velik dio trase bio je teško prohodno područje, a samo manjim dijelom nova cesta prolazi kroz poljoprivredna zemljišta i izgrađena područja. Na tim lokacijama izmješteni su i uređeni poljoprivredni putevi uz trasu, a napravljen je i veći broj prolaza, kako bi se osigurao pristup svim parcelama.

Početak trase nove državne ceste na zapadu, na strani delte Neretve, nalazi se između naselja Raba i Duboka. Pristupna cesta Mostu Pelješac odvaja se lijevo od državne ceste D8 i postaje glavni smjer prema poluotoku. Oko 500 metara od početka trase smješteno je čvorište Duboka kojim se omogućuje priključak postojeće državne ceste D8 u smjeru

Normalni poprečni profil u zasjeku državne ceste sagrađene u sklopu projekta CPJD.



## NASIP NIŽI OD 3 M





Neuma i BIH. Trasa dalje prelazi postojeću cestu prema Neumu, potom se, iznad naselja Komarna, spušta prema rtu Međed te desnim zavojem dolazi na Pelješki most kojim prelazi Malostonski kanal, dolazeći na poluotok Pelješac.

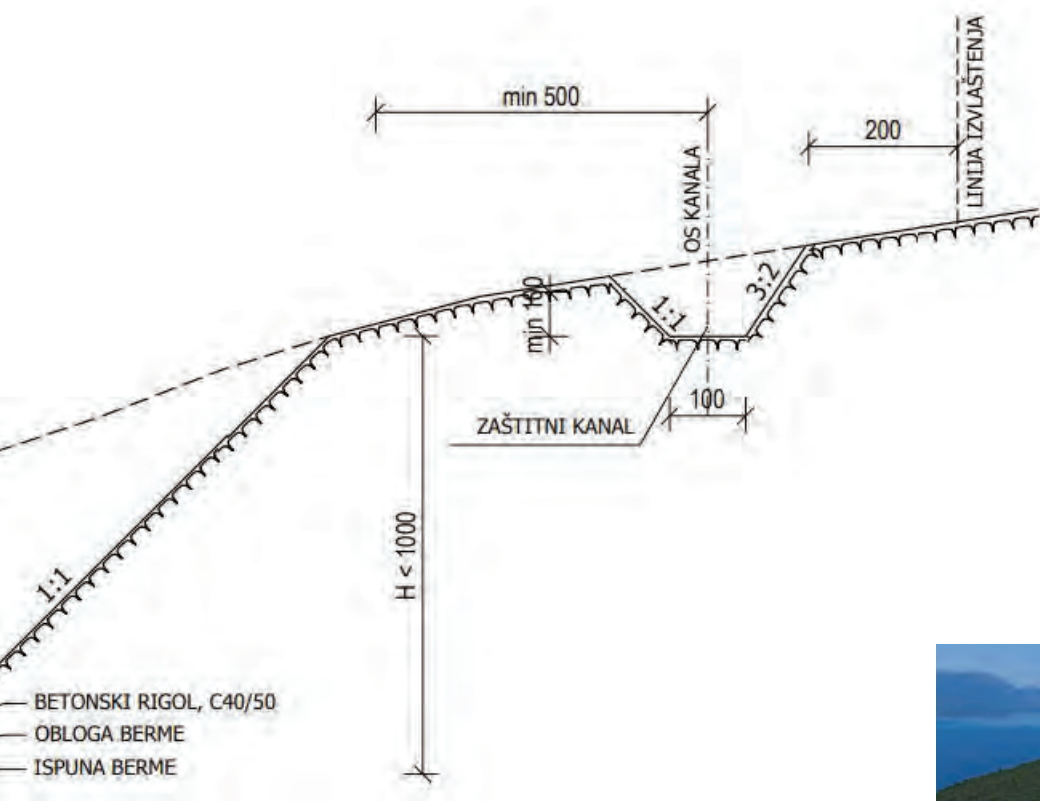
S obje strane, prija početka i na kraju mosta sagrađeni su prateći uslužni objekti, na kopnenoj strani odmorište Komarna i na pelješkoj strani Blaca, s parkirališnim površinama, sanitarnim čvorom te površinom za odmor.

Prelaskom na Pelješac trasa dolazi na najnižu kotu od 30.27 m.n.m, i onda se počinje uspinjati prolazeći naizmjenično usjecima i zasjecima južno od Oštrog vrha te zatim strmim padinama sjeverno od naselja Brijesta. Čvorište Brijesta, smješteno u blizini naselja istog imena omogućuje priključak samog naselja, ali i povezivanje lokalnom cestom prema glavnoj državnoj cesti prema mjestu Janjina i dalje prema Trpnju, Orebiću i Korčuli.

Izlaskom iz tunela Debeli Brijeg nova se prometnica lagano spušta i lijevim zavojem uklapa u državnu cestu na čvorištu Zaradeže. Tu je smješten i Centar za kontrolu prometa (CKP) Zaradeže, iz kojeg će se nadzirati događaji na novoj prometnici i u kojemu će biti sjedište tima koji će održavati most. Na platou iza Centra Zaradeže smještena je Izložbena prostorija za Projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom.

Nastavak trase ceste nakon čvorišta Zaradeže prolazi sedlom brdašca Planine i Crkvene Glave, izbjegavajući naselja i poljoprivredne površine. U udolini se nalazi prateći uslužni objekt Sparagovići, sjeverno i južno od trase.

Nakon odmorišta trasa prolazi kroz dolinu Rudine, uz trasu postojeće ceste, do vijadukta Prapratno, iza kojeg se nalazi čvorište sa spojem na uvalu istog imena. U uvali Prapratno je trajektna luka kojom je povezan Mljet i Dubrovnik, pa je čvor izveden kao kombinirano denivelirano križanje.



U sklopu radova na izgradnji nove prometnice provedeno je i izmještanje dijelova državnih cesta D414 (glavne pelješke ceste) i D416 (spojnice trajektne luke). U zoni čvora i ceste na ovom potezu izvedena su četiri nova paralelna puta za potrebe osiguranja pristupa odsječenim površinama i vinogradima, a osiguran je i pristup telekomunikacijskom odašiljaču.

Nakon čvora Prapratno trasa ceste nastavlja se prema tunelu Polakovica. Zbog zaštite vrijednog povijesnog i prirodnog okoliša cesta je odmaknuta od Stona i solane, na način da ih obilazi prolaskom kroz dva tunela, Polakovica i Supava, između kojih je Most Ston.

Kroz brdo Kamenice trasa prolazi tunelom duljine 499 metara, a dalje se uspinje južno od brda Kobinja glava, zatim prelazi kanjon mostovima Dumanja Jaruga 1, duljine 488 m, i Dumanja Jaruga 2, duljine 80 m. Sljedeći kilometar trasa je i dalje u usponu, pruža se u smjeru jugoistoka da bi zatim desnim zavojem skrenula u smjeru jugozapada i brdski masiv prošla tunelom Debeli Brijeg, duljine 2467 m. Najviša točka prometnice je u tunelu na koti 262.23 m.n.m, nakon čega se trasa počinje spuštati prema glavnoj državnoj cesti na poluotoku, D414. Južni portal tunela nalazi se jugozapadno od sela Dančanje.

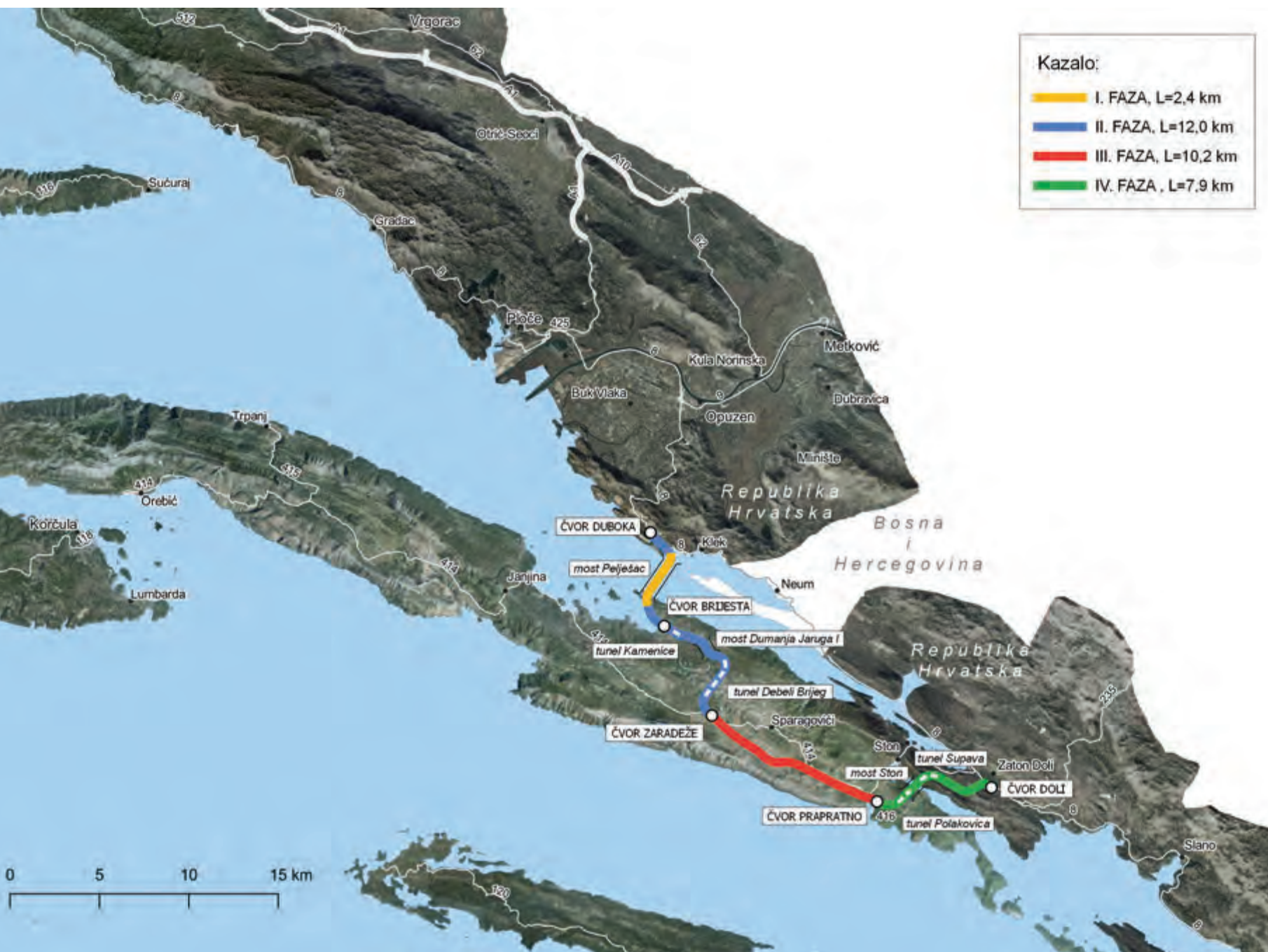


*Pristup Mostu Pelješac s kopnene strane – odmorište Komarna u izgradnji.*

Tunel Polakovica dug je 1242 m, a izlaskom iz tunela dolazi se na Most Ston. Prije ulaza u tunel načinjen je spoj servisne ceste i servisnog tunela Polakovica koji je sjeverno od glavne tunelske cijevi. Servisni tunel je povezan s glavnom cijevi s tri pješačka i dva interventna prolaza.

Most Ston, preko Stonskog kanala, dug je 485 metara. Na završetku mosta trasa ulazi u tunel Supava, dug 1290 m. I ovaj tunel uz glavnu ima i servisnu cijev, koja se nalazi sjeverno od glavne.

Trasa dalje pravcem prolazi južno od naselja Zamaslina, do križanja na kojem se spaja s postojećom državnom cestom D8. Ovo križanje nove ceste s glavnom dužobalnom državnom cestom privremeno je rješenje, budući da se nakon izgradnje autoceste A1 prema Dubrovniku planira pretvoriti u denivelirano čvorište.







Izgradnja tunela  
Debeli Brijeg



## Ugovorene cijene

Ukupni iznosi ugovorenih radova i nadzora za projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom prikazani su u Tablici 2.3.1. Nedostaju vrijednosti za projekt izgradnje čvorišta Brijesta, koje nije bilo predmet sufinanciranja iz fondova EU.

Druga faza projekta (prvu fazu predstavlja izgradnja Mosta Pelješac) nosi službeni naziv „Izgradnja pristupnih cesta Mostu Pelješac, izgradnja dionice: Duboka – Sparagovići/Zaradeže“ i obuhvaća izgradnju nove trase prometnice, dvaju tunela, jednog vijadukta i dvaju mostova, sveukupne duljine 12 km. Ugovor za drugu fazu sklopljen je 9. listopada 2019. godine, a radovi su započeli 13. studenog iste godine. Dionicu je sagradila zajednica gospodarskih subjekata, STRABAG AG

(Podružnica Zagreb STRABAG d.d.) i STRABAG d.o.o. Zagreb. Rok za dovršetak radova bio je 33 mjeseca.

Treću i četvrtu fazu projekta čini izgradnja stonske obilaznice – nove trase državne ceste D414 s poddionicama Sparagovići/Zaradeže – Prapratno i Prapratno – Doli. Treća i četvrta faza projekta obuhvaćaju izgradnju nove trase prometnice, dvaju tunela, jednog vijadukta i jednog mosta, ukupne duljine 18,1 km. Ugovor za izgradnju sklopljen je 9. listopada 2019. godine, a Izvođač radova je uveden u posao 5. prosinca 2019. godine. Dionice je gradila tvrtka AVAX S.A. (Marousi, Grčka).

Ugovori za napajanje i opremanje pristupnih cesta Mostu Pelješac i stonske obilaznice sklapani su zasebno.

Ugovor za napajanje sklopljen je sa zajednicom gospodarskih subjekata:

VALARD ZAGREB d.o.o., Zagreb,  
ELEKTROCENTAR PETEK d.o.o.,  
Ivanić Grad, TEHNO-ELEKTRO d.o.o.,  
Đakovo i DALEKOVOD d.d., Zagreb.

Ugovor je sklopljen 30. lipnja 2020. godine, na iznos od 69.487.734,65 kn (bez PDV-a), s rokom dovršetka radova od 24 mjeseca, računajući od dana početka radova, a Izvođač je bio uveden u posao 7. srpnja 2020. godine.

Ugovor za opremanje sklopljen je s tvrtkom TELUR d.o.o. Zagreb 6. srpnja 2021. godine na iznos od 72.236.516,26 kn bez PDV-a i s rokom dovršetka od 12 mjeseci.





Tablica 2.3.1 Ukupna ugovorena vrijednost radova na izgradnji i stručnog nadzora za projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom ( 1 EUR 7,5 kn )

| CPJD: Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom :<br>ugovori za izgradnju, opremanje i nadzor |        | ugovoreno<br>(kune, bez PDV) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|
| Faza 1: most                                                                                | radovi | 2.081.608.270,72             |
|                                                                                             | nadzor | 49.379.561,00                |
| Faza 2: pristupne ceste                                                                     | radovi | 478.398.402,80               |
|                                                                                             | nadzor | 14.268.090,16                |
| Faze 3 i 4: obilaznica Stona                                                                | radovi | 511.569.355,91               |
|                                                                                             | nadzor | 12.750.697,00                |
| Napajanje                                                                                   |        | 69.487.734,65                |
| Opremanje                                                                                   |        | 72.236.516,26                |
| Ukupno                                                                                      |        | 3.289.698.628,50             |







*Gradilište čvorišta Brijesta iznad istoimenog naselja na Pelješcu, početkom 2022. godine.*



*Gradilište mosta Ston, ožujak 2022.: podizanje središnjeg dijela konstrukcije nad zaljevom*



# STUDIJA OPRAVDANOSTI I EU SUFINANCIRANJE

## Studija opravdanosti

Studija opravdanosti je dokument koji sadrži analizu i ocjenu potencijala investicijskog projekta i namijenjena je donošenju odluke o izgradnji temeljem ekonomskih i socijalnih pokazatelja. Opravdanost projekta *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom* proizlazi iz problema prolaza Neumskog koridora, pa je projekt određen kao strateški cilj Vlade Republike Hrvatske, uz golemu potporu javnosti, a porast prometa u južnoj Dalmaciji dao je dodatni motiv za izgradnju. Stoga je interesantno razmotriti središnje pitanje studije opravdanosti (feasibility study, prevodi se i kao studija izvodljivosti), a to je analiza tehničkih varijanti kojima je moguće uspostaviti vezu oko Neumskog koridora ili preko njega.

Detaljno su analizirane sljedeće opcije povezivanja krajnjeg juga Hrvatske, uključujući određene podvarijante rješenja:

1. Most kopno – poluotok Pelješac s pristupnim cestama
2. Podmorski tunel kopno – poluotok Pelješac s pristupnim cestama
3. Kopneni spoj preko teritorija BiH: autocestovni koridor
4. Kopneni spoj preko teritorija BiH: tunel
5. Kopneni spoj preko teritorija BiH: obilaznica Neuma s pristupnim cestama
6. Trajektna veza kopno – Pelješac: linija Ploče – Trpanj s rekonstrukcijom cesta na Pelješcu
7. Trajektna veza kopno – Pelješac približno na lokaciji mosta (Komarna – Brijesta) s pristupnim cestama

Multikriterijskom analizom je ustanovljeno da su optimalne varijante obilaska Neumskog koridora mostom ili podmorskim tunelom s pristupnim cestama. Dodatno je provedena analiza troškova i koristi tih dviju varijanti, koja je pokazala da je isplativije graditi most nego tunel pod morem. Studija je obuhvatila i vrednovanje dviju varijanti mosta, koje je ukazalo na prednosti projekta koji je u konačnici izveden.

Studija je bila načinjena po metodologiji usklađenoj s procedurama potrebnim za EU sufinanciranje i pozitivno ocijenjena od strane stručnjaka JASPERS-a. JASPERS (*Joint Assistance in Supporting Projects in European Regions*) je tijelo Europske komisije u suradnji s Europskom investicijskom

bankom (EIB) i Europskom bankom za obnovu i razvoj (EBRD) za podršku infrastrukturnim projektima, a cilj mu je pružiti tehničku pomoć državama članicama u pripremi velikih infrastrukturnih projekata te tako poboljšati kvalitetu, kvantitetu i brzinu provedbe projekata koji se natječu za sredstva iz fondova EU.

## EU sufinanciranje - kronologija postupka

Aktivnosti na pripremi projekta *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom* za prijavu Europskoj komisiji započele su još prije ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju, na temelju Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2014. do 2030. godine, koja je usvojena u listopadu 2014. godine. Projekt pod tim nazivom definiran je kao jedna od mjera Strategije. Preduvjeti za prijavu projekta sazreli su donošenjem *Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020.* (OPKK) – to je temeljni programski dokument kojim se provodila kohezijska politika Europske unije.

Hrvatske ceste d.o.o. (korisnik projekta) izradile su i Ministarstvu mora, prometa i infrastrukture (MMPI) 9. lipnja 2016. godine dostavile Prijavu velikog projekta (*Major Project Application*). Priprema Prijave izrađivana je u suradnji i uz pomoć MMPI-a i uz znanje Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova EU (MRRFEU), kao Upravljačkog tijela Operativnog programa (upravljačko tijelo odgovorno je za učinkovito upravljanje programom i njegovu provedbu).

Kao glavni cilj projekta istaknuto je sljedeće: smanjiti negativne posljedice ulaska Hrvatske u Schengenski prostor i pružiti trajnu prometnu povezanost između razdvojenih teritorija RH prilagođenu budućim prometnim potražnjama. Operativni ciljevi projekta su povećanje zaposlenosti i gospodarske aktivnosti u cjelini kroz podršku mobilnosti radne snage i ulaganju u sektor turizma, kao vodećeg sektora u široj regiji.

Prijavu je MMPI 10. lipnja 2016. dostavio stručnjacima JASPERS-a na mišljenje, kako bi ocijenili projekt i donijeli Potvrdu o pripremljenosti projekta.

Potvrda JASPERS-a o pripremljenosti projekta dobivena je 22. prosinca 2016. godine.



Pregledna situacija varijantnih rješenja za obilazak, odnosno prolaz kroz Neumski koridor iz Studije opravdanosti.

MRRFEU je 7. veljače 2017. godine završnu verziju Prijave poslao na pregled i daljnje postupanje Neovisnoj kontroli kvalitete (*Independent Quality Review – IQR*), koji za potrebe EK pregledava dostavljene prijave. Paralelno s ovim procesom, MMPI je proveo postupak donošenja odluke Vlade Republike Hrvatske o financiranju projekta.

Vlada je 16. veljače 2017. godine usvojila Odluku o financiranju Projekta Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom, čime je iskazala spremnost i odlučnost u izgradnji Mosta Pelješac, pristupnih cesta i obilaznice Stona, kao najvažnijeg geostrateškog projekta u Republici Hrvatskoj. Tim je aktom otvorena mogućnost da Hrvatske ceste, po završetku postupka javne nabave, izvrše odabir izvođača radova i sklope ugovore za izgradnju.

MRRFEU i MMPI primili su 20. ožujka iste godine pozitivno mišljenje Neovisne kontrole kvalitete za projekt, koji je ocijenjen prihvatljivim za sufinanciranje iz fondova EU i to u

maksimalnom iznosu od 85 %. Nakon toga, MRRFEU je 28. ožujka 2017. godine u Europsku komisiju poslao prijavu velikog projekta pod nazivom *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom*.

Europska komisija je 7. lipnja 2017. godine donijela Odluku o financiranju projekta, u iznosu od 357 mil. eura (85 % iz Europskog fonda za regionalni razvoj). Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava za financiranje Projekta potpisan je u Dubrovniku 13. lipnja 2017. godine. Potpisale su ga tri strane i to Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, kao takozvano posredničko tijelo razine 1, Središnja agencija za financiranje i ugovaranje programa i projekata EU (SAFU, posredničko tijelo razine 2) i Hrvatske ceste kao korisnik.





*Očuvanje zaštićene prirodne cjeline Kanala Malog Stona bio je jedan od važnih preduvjeta za sufinanciranje Mosta Pelješac iz Fonda EU za regionalni razvoj.*



*Školjke se u Kanalu Malog Stona uzgajaju od vremena Starog Rima, jedan od važnih zahtjeva na projekt i izgradnju mosta bio je da se taj osjetljiv ekosustav ne ugrozi.*



© PONTING - PPEBAHER CONSULTING ENGINEERS

MOST PELJEŠAC - HRVATSKA / PELJEŠAC BRIDGE - CROATIA

# 3. **PRIPREME ZA IZGRADNJU**



# VIZIJE, STUDIJE I NEOSTVARENI PROJEKTI

## Povezivanje sjevera s jugom Hrvatske

Svaki veliki graditeljski pothvat započinje hrabrom vizijom koja u trenutku nastanka većini izgleda neozbiljno ili čak neostvarivo. U trenutku kada se ideja o čvrstom prijelazu na Pelješac pojavila u javnosti nije bilo dileme o tehničkoj mogućnosti njegova ostvarenja, budući da su sagrađeni prijelazi sličnih morskih tjesnaca ili vodenih prepreka druge vrste širom svijeta. Opravdanost ovakvog zahvata za Republiku Hrvatsku nije bila upitna, budući da povezivanje razdvojenih teritorija nosi dozu iskrenog i opravdanog nacionalnog ponosa. Razrada rješenja praćena raspravom o varijantama poveznice događala se u vremenu kada objektivno nije bilo moguće osigurati održivo financiranje projekta. Prijepori i zastoji na putu realizacije u krajnjoj su konzekvenci doveli do rješenja koje je fascinantno, a u tehničkom smislu optimalno.

Na prijelazu tisućljeća u Hrvatskoj se intenzivno gradi mreža autocesta, s naglaskom na pravac od Zagreba prema Splitu i dalje na jug. Strategijom prometnog razvitka, koju je Sabor Republike Hrvatske donio 1999. godine, predviđeno je da autocesta Zagreb – Split – Dubrovnik preko Neumskog koridora prijeđe teritorijem Bosne i Hercegovine. Stanovništvo južnog dijela Dubrovačko-neretvanske županije traži poveznicu s ostatkom Hrvatske koja neće zahtijevati prelazak državne granice. Mišljenje javnosti, uz potporu

političara dubrovačke regije, pretvara se u artikuliranu ideju o povezivanju krajnjeg juga Hrvatske čvrstom vezom – mostom kopno – poluotok Pelješac.

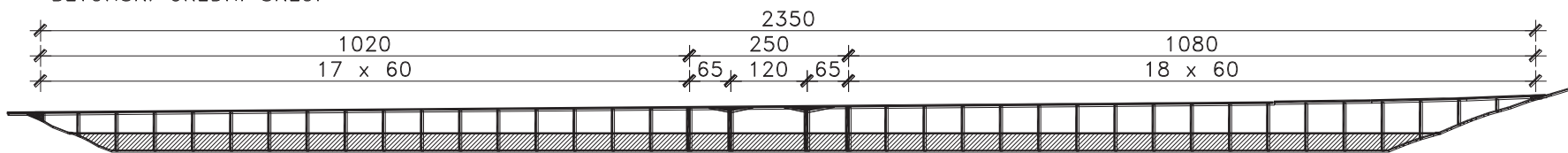
Cesta preko Pelješca, koja uključuje i most, na prijelazu tisućljeća ulazi u prostorne planove. Može se reći da su se u tom trenutku stekle okolnosti za početak razrade projekta koji će osigurati čvrstu vezu razdvojenih kopnenih dijelova Hrvatske prijelazom Kanala Malog Stona. S vremenom je ovaj projekt golemog simboličnog, gospodarskog i političkog značaja dobio snažnu potporu hrvatske javnosti, a prepoznat je i kao europski prioritet. No, put do njegovog ostvarenja bio je dug i pun izazova.

**Prije prikaza kronologije zbivanja na projektu Mosta Pelješac, pristupnih cesta i obilaznice Stona treba naglasiti kako je plan izgradnje autoceste koja bi se nastavljala od čvora Ploče na autocesti A1 do Osojnika, odnosno Dubrovnika, prolazeći kroz Neumski koridor i nakon izgradnje Mosta Pelješac ostao aktualan, kao dio prometnih i prostornih strategija, kao i prostornih planova.**

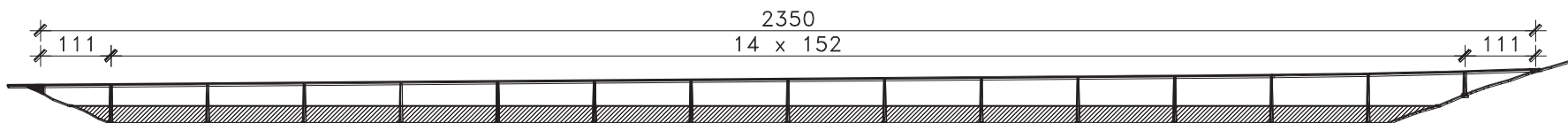


*Graditelji Mosta Pelješac zatekli su 2018. godine napušteno gradilište mosta iz vremena od prije desetak godina, kada je izgradnja neuspješno započela prvi put.*

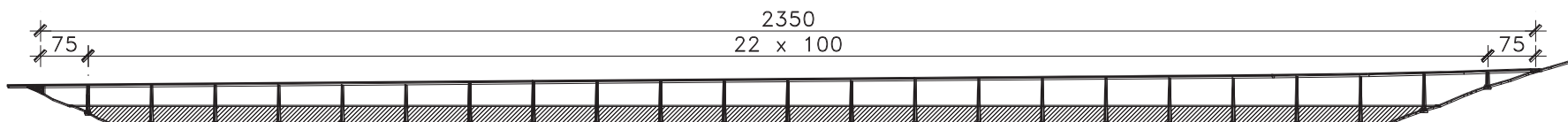
#### BETONSKI GREDNI SKLOP



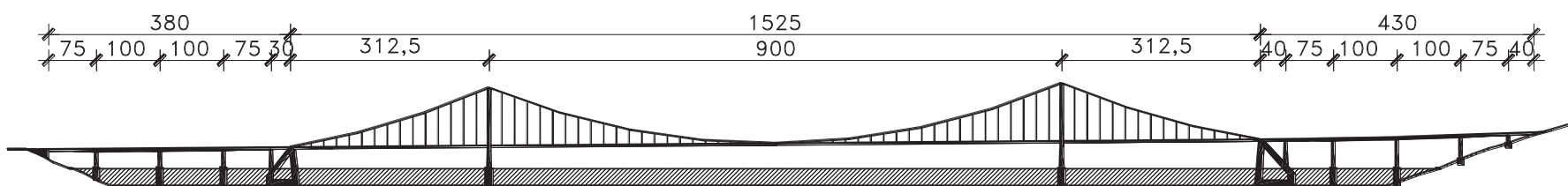
#### ČELIČNI GREDNI MOST



#### SPREGNUTI GREDNI MOST



#### VIŠEĆI MOST



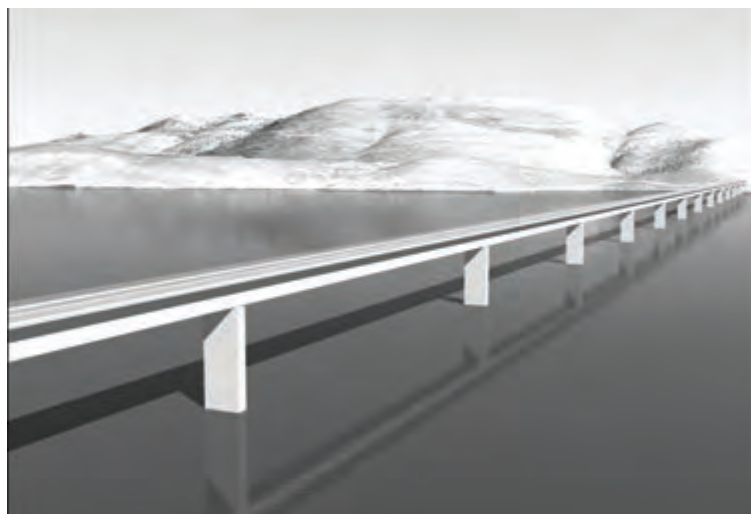
*Prva varijantna rješenja Mosta Pelješac, autori Jure Radić i Zlatko Šavor sa suradnicima s Katedre za mostove Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 2004. godine, nastala su prije definiranja svih parametara projektnog zadatka.*

Varijantna rješenja mostova koji su predlagani kao rješenje prijelaza na Pelješac interesantna su kao prikaz različitih promišljanja, ocjenjivanja i rasprava, koje su na kraju dovele do jednog zrelog, optimiziranog projekta. Treba ih promatrati kao dio procesa inženjerskog studiranja tijekom kojeg se razmatraju i radikalne varijante čvrstog prijelaza, u procesu koji vodi uravnoteženom i održivom konačnom rješenju.

Neke idejne skice prijelaza načinjene su i prije studije Katedre za mostove zagrebačkog Građevinskog fakulteta, no ovdje se ta studija ističe zbog toga što je na osnovi tih promišljanja načinjen prvi idejni projekt Mosta Pelješac. Tim pod mentorstvom profesora Jure Radića uz operativno vodstvo iskusnog projektanta mostova, profesora Zlatka Šavora, razradio je nekoliko varijanti mosta. Vidljivo je nastojanje da se nizanjem srednje velikih raspona ostvari ekonomična struktura s tipiziranim elementima, po uzoru na neke suvremene izvedene prijelaze morskih tjesnaca.

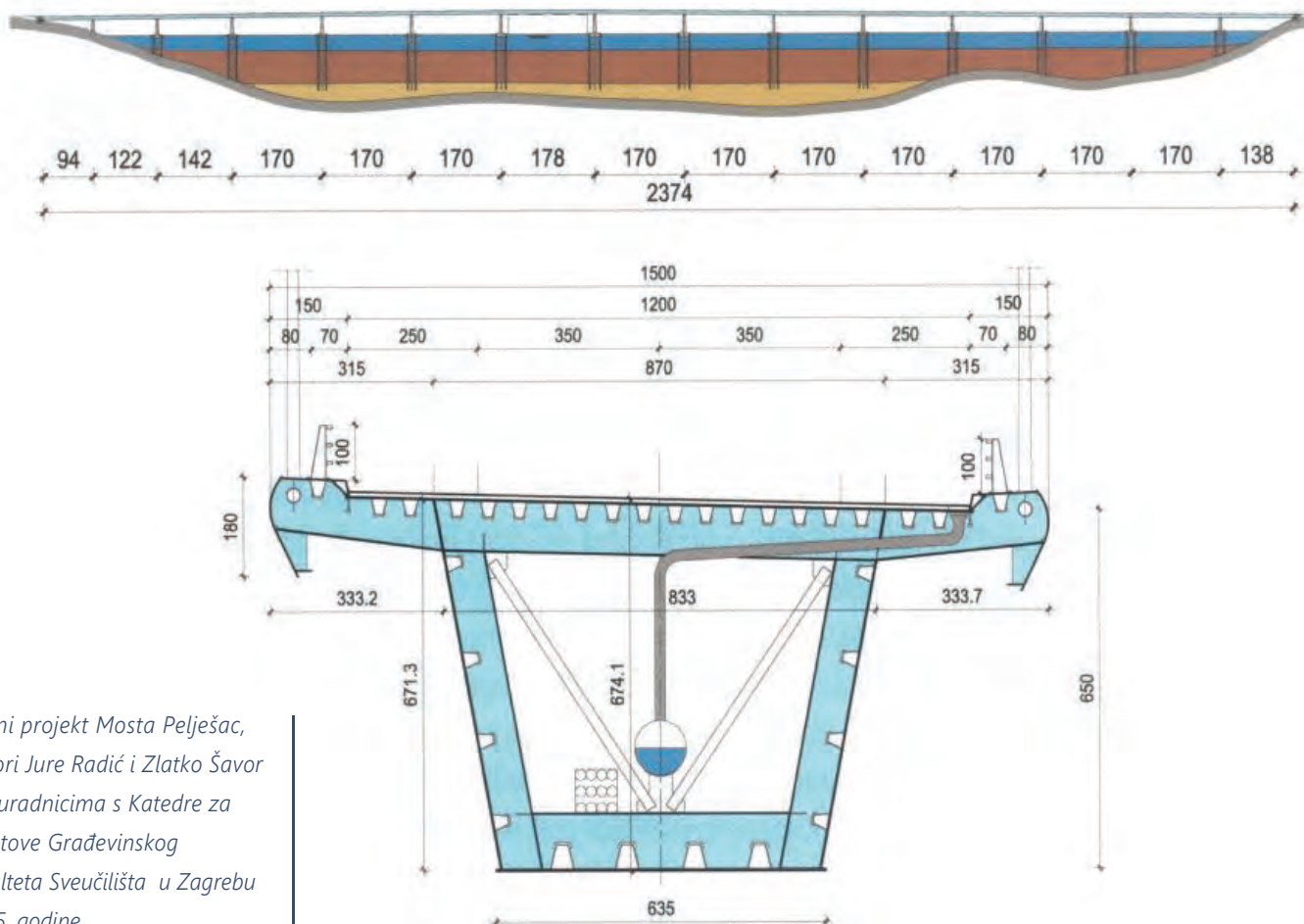
Plovidbeni profil ispod mosta određen je širinom od 150 m i visinom 35 m. Za razradu do razine idejnog projekta odabran je gredni most, sandučastog poprečnog presjeka i stalne visine. Čelični sklop premostio bi središnji dio tjesnaca nizom

od 11 jednakih karakterističnih raspona od po 170 metara, s nešto kraćim rubnim poljima, a ukupna širina prometnice na mostu bila bi 12 metara.



*Rješenje Mosta Pelješac iz prve Studije o utjecaju na okoliš nove pelješke ceste, iz 2004. godine*





*Idejni projekt Mosta Pelješac, autori Jure Radić i Zlatko Šavor sa suradnicima s Katedre za mostove Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 2005. godine.*

Tijekom izrade idejnog projekta traju i istraživanja podmor-ske geologije na mjestu prijelaza, koja su pokazala da je nosivo tlo daleko dublje pod naslagama mulja i gline no što se isprva moglo pretpostaviti. Prvi ozbiljni geotehnički i geofizički istražni radovi dovršeni su u ožujku 2005. godine (provela ih je tvrtka CROSCO).

Javno prikazana idejna rješenja budućeg mosta potakla su reakcije iz susjedne Bosne i Hercegovine, izazvane tezom da most ograničava budućnost razvitka pomorskog prometa na jedinom izlazu te države na more. Treba reći da u vrijeme koje je prethodilo izgradnji kao i u vrijeme izgradnje mosta nije bilo značajnijeg pomorskog prometa prema Neumu, kao ni lučkih kapaciteta na bosansko-hercegovačkoj obali Jadrana.

Loši uvjeti temeljenja i povećanje plovnog profila ispod mosta zadaju novo polazište projektantima, pa su inačice struktura s manjim rasponima, relativno nisko nad površinom mora, napuštene u korist mosta s naglašenim – velikim središnjim rasponom. Za nove varijante mosta određen je slobodni profil za plovidbu širok 400 m i visok 55 m, stoga je za razradu do razine glavnog projekta odabran ovješeni most s dva piona i glavnim rasponom od 568 m, za širinu državne ceste s jednim kolnikom i dvije vozne trake.

Izvorna Lokacijska dozvola za zahvat u prostoru *Most kopno*

– *Pelješac sa pristupnim cestama na D8 i D414* izdana je 29. rujna 2005. godine.

Glavni projekt mosta načinjen je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2007. godine i temeljem njega je ishođena građevinska dozvola; projektanti su bili Zlatko Šavor i Jure Radić sa suradnicima. Iste godine u listopadu otvoreni su radovi na mostu, ugovoreni između Hrvatskih cesta kao investitora i konzorcija triju najvećih hrvatskih građevinskih tvrtki tog vremena (Konstruktor iz Splita, te Viadukt i Hidroelektra iz Zagreba).

Odabrani izvoditelji radova inicirali su određene prilagodbe projekta, u cilju ekonomičnije izvedbe. U međuvremenu su promijenjeni i elementi trase: umjesto državne ceste, trasa preko Pelješca postaje brza cesta s četiri vozna traka i razdjelnim pojasom. Opseg traženih izmjena inicirao je izradu varijante projekta koju je načinio isti projektni tim, uz nastojanje da se konstrukcija optimizira. Zanimljivo je da je jedan od članova konzorcija za izmjene i prilagodbe mosta angažirao inženjera Pipenbahera, pa se on već 2007. upoznaje s projektnim zadatkom mosta kojeg će u konačnoj inačici potpisati kao glavni projektant.

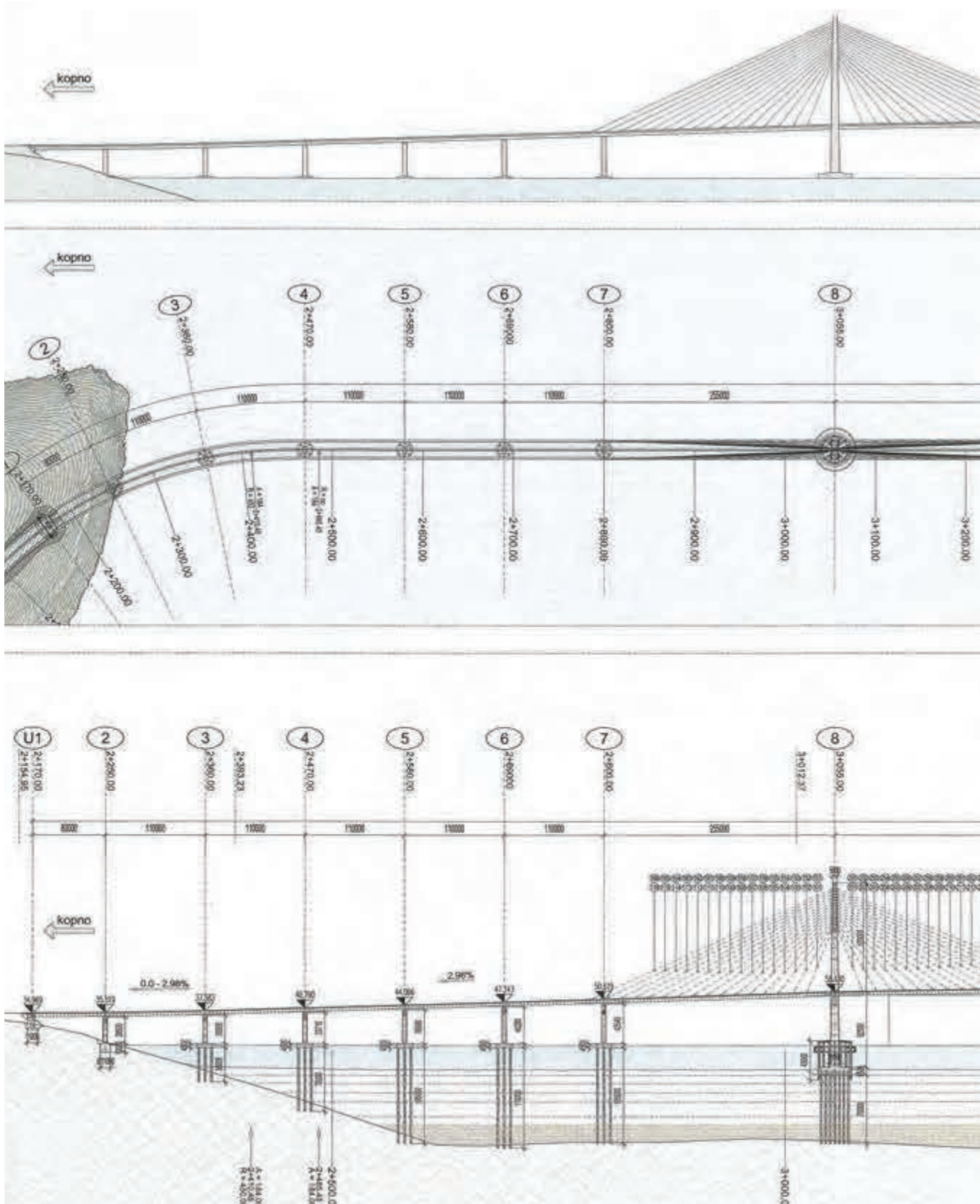
Optimizirani glavni projekt iz 2009. načinjen je za širinu kolnika od 20 metara. Prometnu plohu na mostu čine dva kolnika širine po 8 metara i razdjelni pojas širok 3 metra.

Izvan prometne plohe nalazi se prostor širine po 2 m obostrano, u kome su ograde, poslužne staze i sidra kosih zatega, pa je ukupna širina gornje plohe mosta 23 metra.

Tlocrtno, početak i kraj mosta su u krivini odnosno prijelaznoj krivini, dok je najveći dio u pravcu. Vertikalno, niveleta je na početku u konkavnoj krivini, potom se diže po pravcu nagiba 2,98 %, da bi prelaskom konveksne krivine uslijedilo spuštanje nivelete po pravcu istog nagiba.

Rasponski sklop je kontinuiran cijelom duljinom, od jednog do drugog upornjaka. Duljina mosta preko ukupno 17 raspona iznosi 2404 metra. Konstruktivni sustav središnjeg rasponskoga sklopa je ovješeni most s bočnim ovješnjem, a prilazni rasponi od obje obale premošteni su grednim konstruktivnim sustavom.

Središnji ovješeni most dominira cijelim prijelazom. Proteže se nad plovidbenim otvorom veličine 568 metara i iznad dva



Varijanta projekta  
Mosta Pelješac,  
autora Marjana  
Pipenbahera,  
načinjena za tvrtku  
Viadukt d.d. 2007.  
godine.

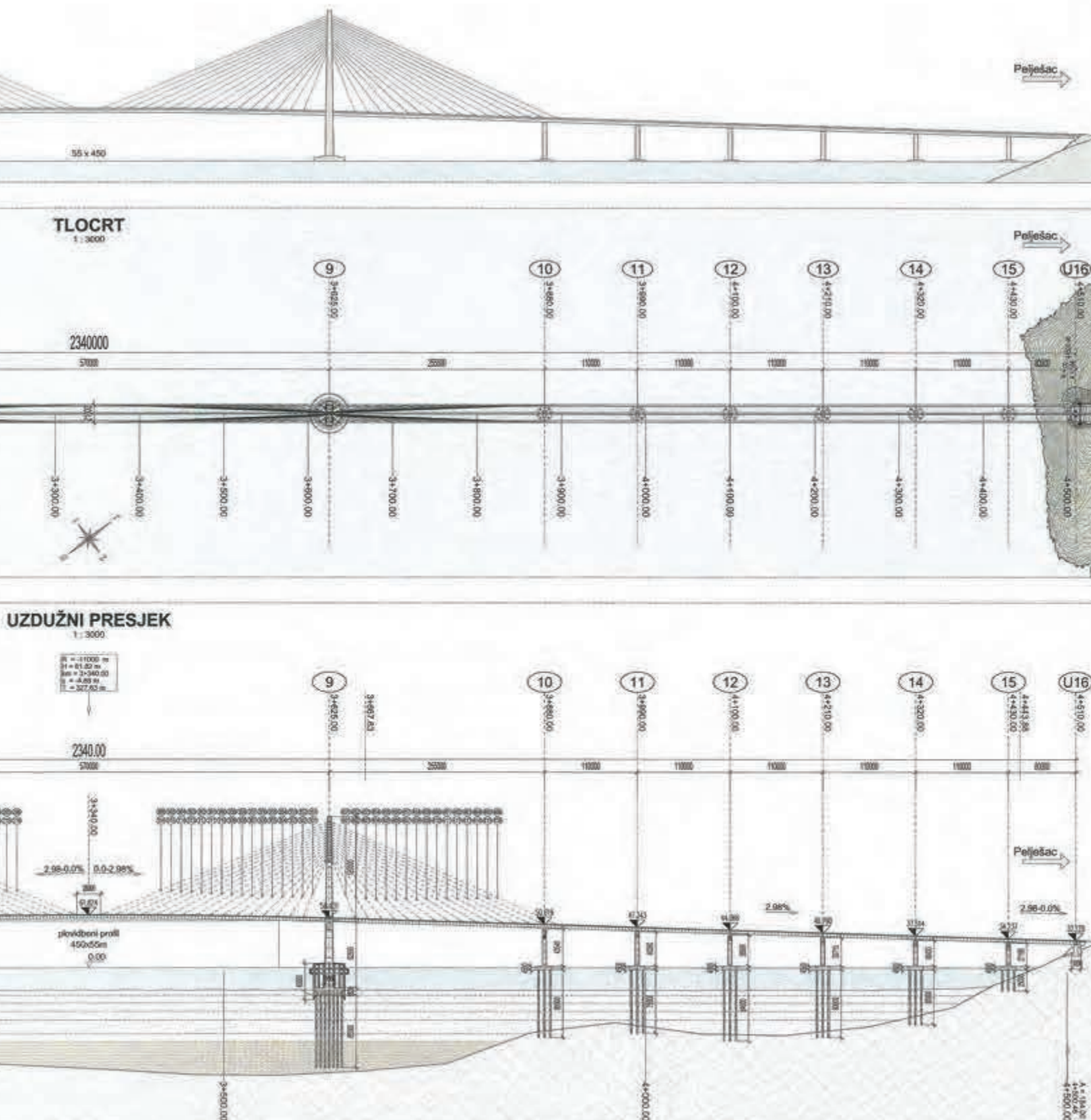


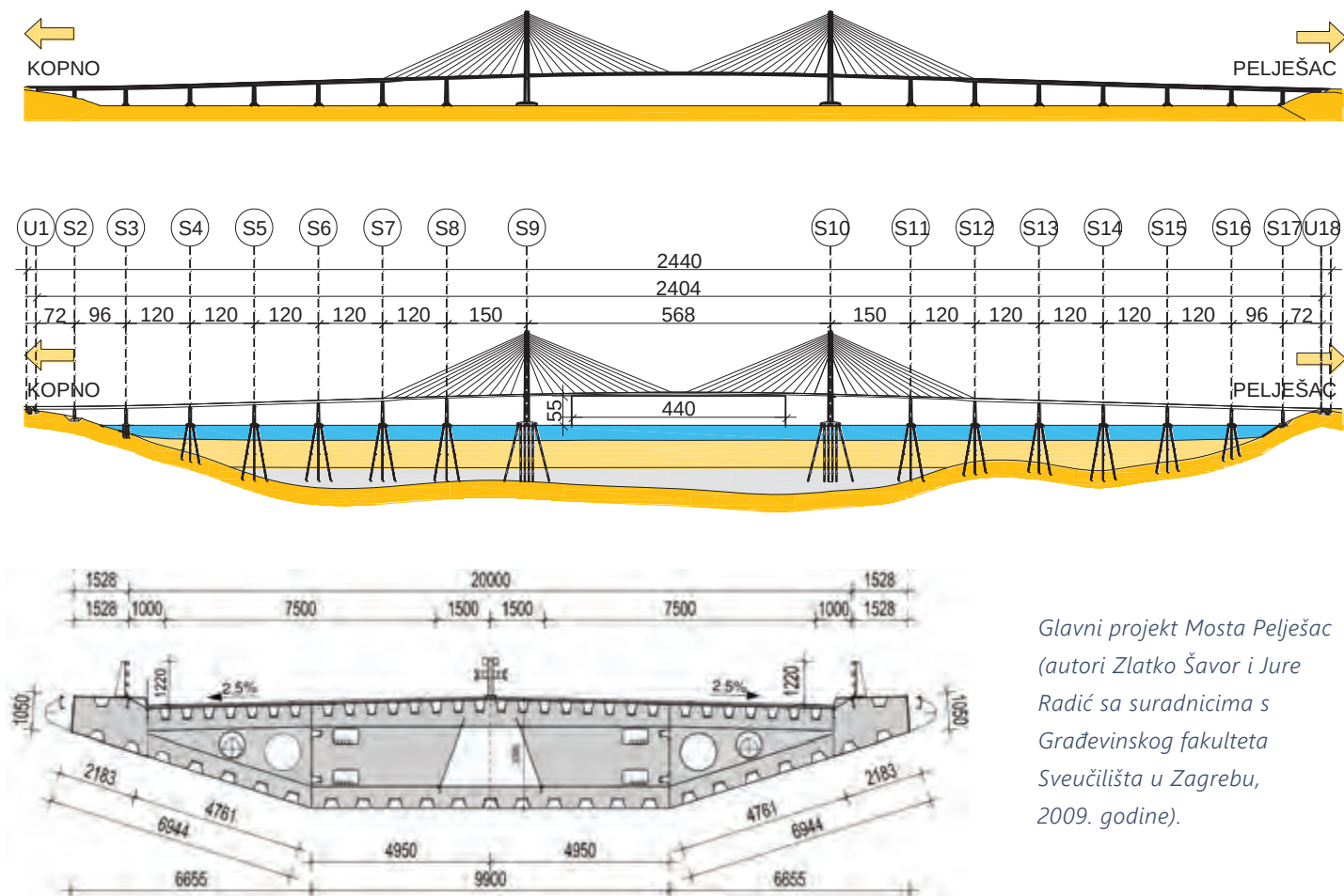
obostrano priležeća otvora, veličine 150, odnosno 120 metara. Tlocrtno je u pravcu, a niveleta je simetrična. Rasponski sklop je pridržan kosim zategama na uzdužnom razmaku od 20 m, s izuzetkom prvih zatega na udaljenosti od 30 m od pilona. Čelična rasponska konstrukcija je sandučastog presjeka, stalne visine od 3 metra, s tri komore, aerodinamičnog oblika.

Piloni su betonski, takozvanog dijamantnog oblika, sandučastog presjeka. Ukupna visina nad morem trebala im je biti 176

metara. Na gornjim dijelovima pilona sidre se kose zatege u dvije ravnine (par zatega obostrano pridržava čelični sanduk), duljine od 86 do 297 metara.

Na krajevima središnjeg dijela mosta visina rasponskoga sklopa raste na 5 metara, kako bi se ostvario kontinuitet čeličnog sanduka s konstrukcijom pristupnih dijelova. Pristupni gredni sklop s obje strane glavnog – ovješnog – dijela mosta ima karakteristične raspone od 120 metara.





Glavni projekt Mosta Pelješac  
(autori Zlatko Šavor i Jure  
Radić sa suradnicima s  
Građevinskog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu,  
2009. godine).

Okomita djelovanja sklopa na donji ustroj preuzimala bi se ležajevima, a vodoravna djelovanja prihvaćala bi kombinacija viskoznih prigušivača, nepomičnih ležaja i prigušivačima s oprugom. Ovaj – klasični – koncept prijenosa vodoravnih sila s gornjeg na donji ustroj značajno se razlikuje od integralnog sustava koji je primijenjen na izvedenom mostu.

Temeljenje oslonaca mosta u moru bilo je predviđeno na sličan način na koji je ostvareno na izvedenom mostu – na grupama pilota povezanih poluuronjenom betonskom naglavnicom. Jedina razlika očituje se u tome što su rubni piloti stupnih mjesta ove inačice trebali biti kosi. Piloti su trebali biti čelične cijevi promjera 2 m, debljine 40 mm, pojačani na dnu.

Izgradnja mosta nije se odvijala prema planu od samog početka radova. Tomu je više razloga i teško je odrediti koji je od njih prevagnuo da se radovi nikada ne pomaknu puno dalje od priprema. Već 2010. godine radovi su zaustavljeni, nakon što su sagrađene operativne obale, dijelovi donjeg ustroja na kopnu i zabijeni piloti stupova najbližih obali.

I u toj situaciji nastavlja se rad na pripremi graditeljskog pothvata, uz nepodijeljenu potporu javnosti, osobito građana najjužnijeg dijela Hrvatske. U rujnu 2012. oni su svojim brodicama došli na napušteno gradilište i povezali ih u svojevrzni pontonski most na lokaciji buduće građevine. Oko 500 brodica povezano je na duljini od oko 2300 metara između Komarne i Brijeste.

Nove okolnosti za ovaj kapitalni projekt nastupile su ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju 2013. godine, kada investitor, državno poduzeće Hrvatske ceste, ponovo pokreće projektiranje. Novim projektnim zadatkom traži se rješenje mosta koje će staviti naglasak na racionalnost njegove izgradnje i održavanja, rješenje koje će biti pogodno za sufinanciranje iz fondova EU. Dogovoren je i zahtijevani slobodni plovni profil ispod mosta, širok 200, a visok 55 metara, dok je Studijom opravdanosti utvrđeno da prometnica na mostu treba biti dvotračna (dva prometna



Projekt Mosta Pelješac iz 2009. godine, vizualizacija.



traka, po jedan za svaki smjer). Od 2004. do 2011. godine načinjena su opsežna geološka i geotehnička istraživanja lokacije, ukupno je načinjeno 60 bušotina od kojih je najdublja išla do dubine od 106 metara ispod morskog dna, pa je i projekt temeljenja bilo moguće optimizirati.

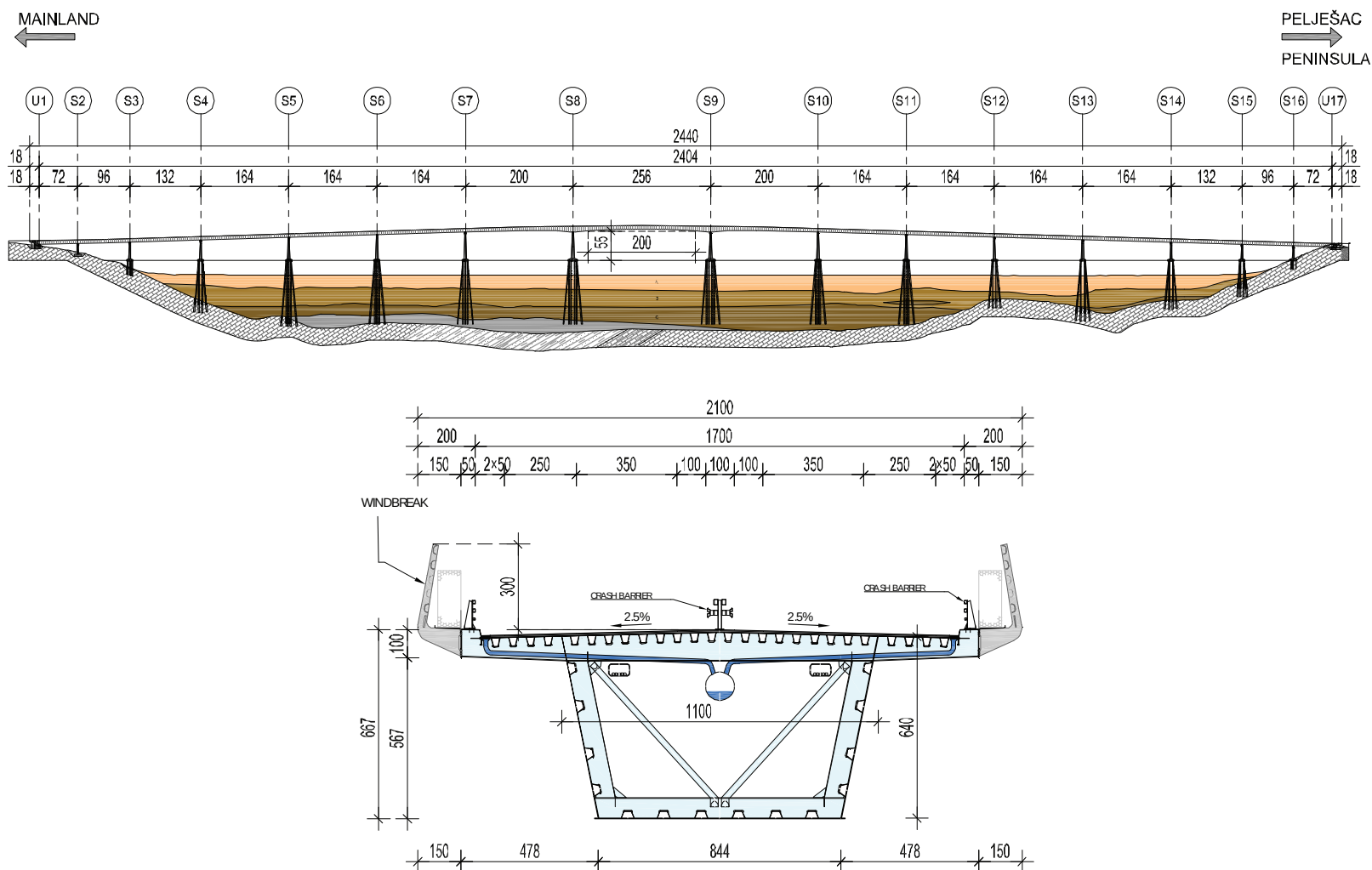
Posao je povjeren konzorciju kojeg čini tim profesora Radića s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u zajednici s dvjema tvrtkama koje vodi slovenski projektant mostova Marijan Pipenbaher: Ponting d.o.o. Maribor i Pipenbaher Inženirji d.o.o. Projekti velikih mostova iz Pipenbaherovih ureda realizirani su u Sloveniji, Turskoj, Crnoj Gori, Izraelu i Alžiru, čime je njihov autor stekao svjetsku reputaciju projektanta ekonomičnih vijadukata, ali i posebnih mostova značajnih raspona, među kojima se ističu neki veliki ovješeni mostovi.

Konzorcij projektanata iznova razrađuje desetak novih rješenja, među kojima su investitoru kao optimalna ponuđena dva idejna projekta na konačni odabir. Razrađene su različite strukture i alternativna rješenja, od onih s

najmanjim razumnim rasponima (oko 120 metara) do onih s najvećim rasponom primjerenim prepreci. U konačnoj estetskoj prosudbi mosta ocjenjivao se ritam potpora, proporcije strukturalnih elemenata, oblikovni sklad svih strukturalnih elemenata kao i uklapanje opreme mosta u opću sliku građevine.

Prvi od dva istaknuta projekta predvidio je izvedbu čeličnog grednog rasponskog sklopa, sandučastog poprečnog presjeka, s najvećim rasponom veličine 256 metara. Rasponski sklop bio bi kontinuiran od upornjaka na strani kopna do upornjaka na Pelješcu (Brijesta), a ukupna duljina trebala je iznositi 2.404 metra. Autor projekta je profesor Zlatko Šavor sa suradnicima.

U konačnici, ovaj projekt nije odabran, već je odlučeno da se most gradi po projektu profesora Radića i inženjera Pipenbahera. Kao i niz ostvarenja koja su ranije razrađivana, ostaje vrijedan primjer mogućnosti premoštenja, za neke buduće velike prepreke.



Idejni projekt grednog čeličnog mosta za prijelaz na Pelješac iz 2013. godine, autora Zlatka Šavora sa suradnicima s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tako je, nakon razmatranja brojnih inačica strukture, konačno usvojen koncept mosta bez naglašenog središnjeg raspona i bez izrazito visokih vertikalnih pilona, koncept koji naglašava niz istih raspona nad središnjim dijelom kanala s jasno definiranim, ponavljajućim elementima stupa, grede i kosih zatega. Vitki sklop premošćuje središnji dio zaljeva u pet koraka, jednakim rasponima od po 285 metara. Simetrični raspored mosta s jasnim, inženjerski opravdanim i arhitektonski čistim obrysima horizontala i vertikalna ima za cilj ostaviti dojam lagane i nenametljive strukture.



*Na obalama uz buduće krajeve Mosta Pelješac postavljeni su u srpnju 2015. brončani kipovi anđela čuvara mosta, u Komarni anđeo Duje, a u Brijesti anđeo Vlaho.*

*Anđeli su tri godine pokazivali na praznu lokaciju budućeg mosta, a onda su započeli radovi koji će biti uspješno okončani.*

*Kipovi su uvećane replike anđela s glavnog oltara crkve u Lepoglavi. Fotografija iz 2021. prikazuje anđela Vlahu nad gradilištem mosta.*

*Simbolička akcija povezivanja obala brodicama na mjestu budućeg mosta dogodila se u rujnu 2012. godine (fotografija: Pixsell)*



# Jure Radić

Profesor Jure Radić bio je jedan od autora projekta Mosta Pelješac, zajedno s Marijanom Pipenbaherom. Na žalost, prerana smrt 2016. godine spriječila ga je da dočeka ostvarenje projekta kojeg je, kao aktivni političar, sveučilišni profesor i građevinar, promovirao i razrađivao dugi niz godina.

Profesor Radić je tijekom čitave aktivne karijere djelovao na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, prošavši sve stupnjeve, od asistenta do redovnog profesora na Zavodu za konstrukcije, najviše vezan za Katedru za mostove. Zajedno sa skupinom suradnika projektirao je više značajnih hrvatskih mostova. Ostat će zapamćen i kao političar: bio je, između ostalog, potpredsjednik Vlade Republike Hrvatske i ministar razvitka i obnove. Zalažući se za bolju prometnu povezanost svih dijelova Hrvatske dao je velik poticaj i doprinos usvajanju i provedbi prve Strategije prometnog razvitka Republike Hrvatske, koja je osobito naglašavala značaj povezivanja sjevera i juga. Na čelu privatne tvrtke – Instituta IGH doprinio je da se ostvare neke od strateških ideja, koncipiranih još za vrijeme borbe za neovisnost.

Kombinirajući stručne kompetencije s talentom javnog djelovanja profesor Radić je učinio mnogo na kreiranju i realizaciji ključnih infrastrukturnih projekata, među kojima je i cestovna veza visoke razine služnosti do krajnjeg juga, do Dubrovnika i dubrovačkog primorja. O temi mosta profesor Radić izravno se i jasno oglasio 2003. godine u stručnom članku pod naslovom Most Klek – Pelješac:

*Most s kopna na poluotok Pelješac ima prije svega strateško značenje i predstavlja čvrsti spoj dijelova Hrvatske unutar njenih granica.*

U radu je osvrtno na dvojbe oko vođenja trase (kroz Bosnu i Hercegovinu ili preko poluotoka, kroz Hrvatsku), ali i na izazov tehničkog ostvarenja velikog čvrstog prijelaza. Pelješki most stavljen je u kontekst sličnih građevina u svijetu, pa i kroz financijska razmatranja, zasnovan na ostvarenim jediničnim cijenama. Zaključak je sljedeći:

*Namjera ovog rada je potaknuti raspravu. Ovako veliki objekti zahtijevaju dugo studiranje i objektivne analize kako bi se što spremnije pristupilo gradnji. No, već na temelju iznijetog valja zaključiti da je most Klek – Pelješac moguć i realan. Ukupan dobitak čvrstog i izravnog povezivanja Hrvatske u jednu prometnu cjelinu sigurno je toliko velik, da ni očekivana cijena mosta ne bi trebala biti prepreka da se ta veza i ostvari.*

*Naslovnica zbornika stručnog skupa održanog 2004. u Dubrovniku. Organizacijom stručnih rasprava profesor Radić je poticao široko i sveobuhvatno sagledavanje problematike čvrste veze kopno - Pelješac.*



Prof. dr.sc.  
Jure Radić dipl.ing.građ.,  
jedan od autora projekta  
Mosta Pelješac.



Već naredne godine, shvaćajući potrebu za širom stručnom raspravom o planovima razvitka prometne mreže krajnjeg juga, kao čelnik Hrvatskog inženjerskog saveza profesor Radić organizira stručni skup u Dubrovniku pod nazivom Prometna povezanost Dubrovačko - neretvanske županije. S eminentnim stručnjacima objavljuje uvodni programatski članak o vođenju ceste visoke služnosti prema Dubrovniku i dalje. Analizirajući aktualna promišljanja o vođenju ceste, 2004. godine on piše sljedeće:

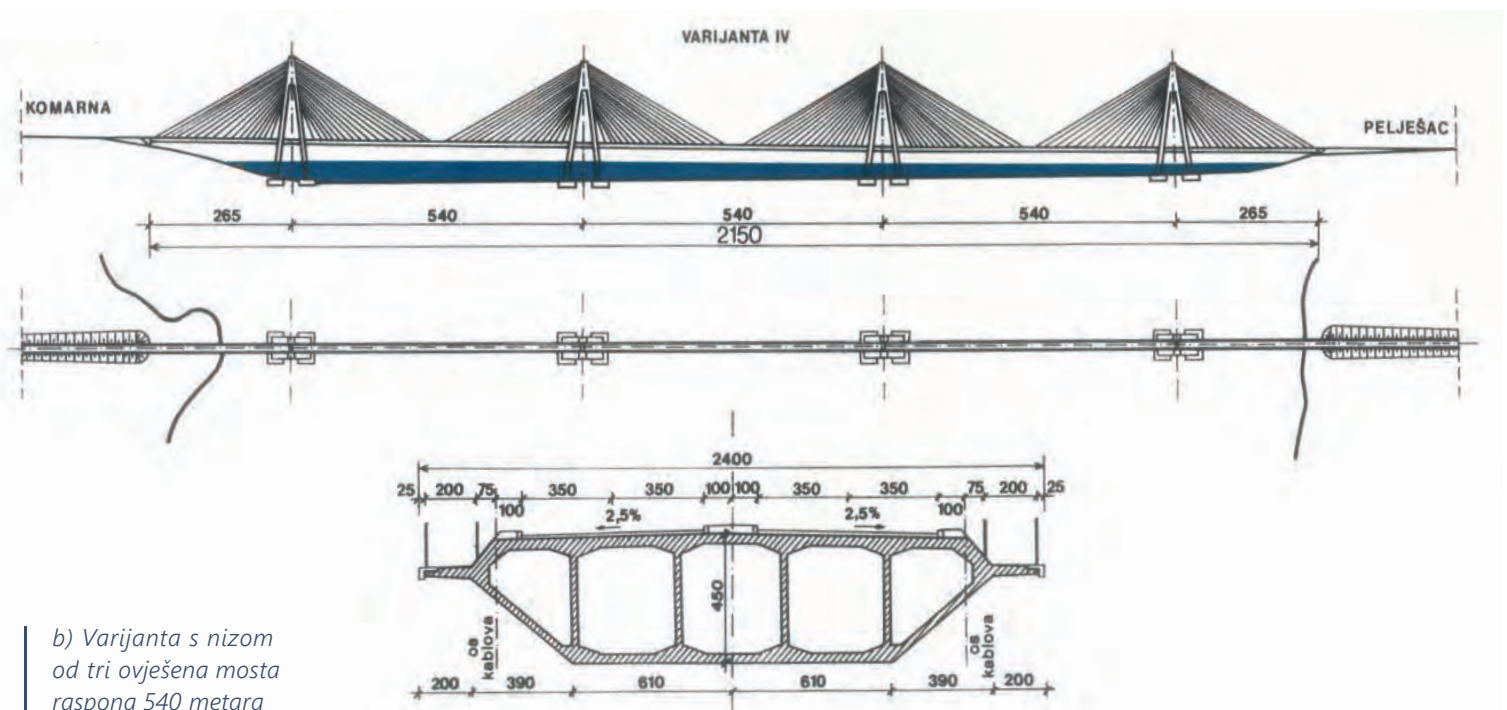
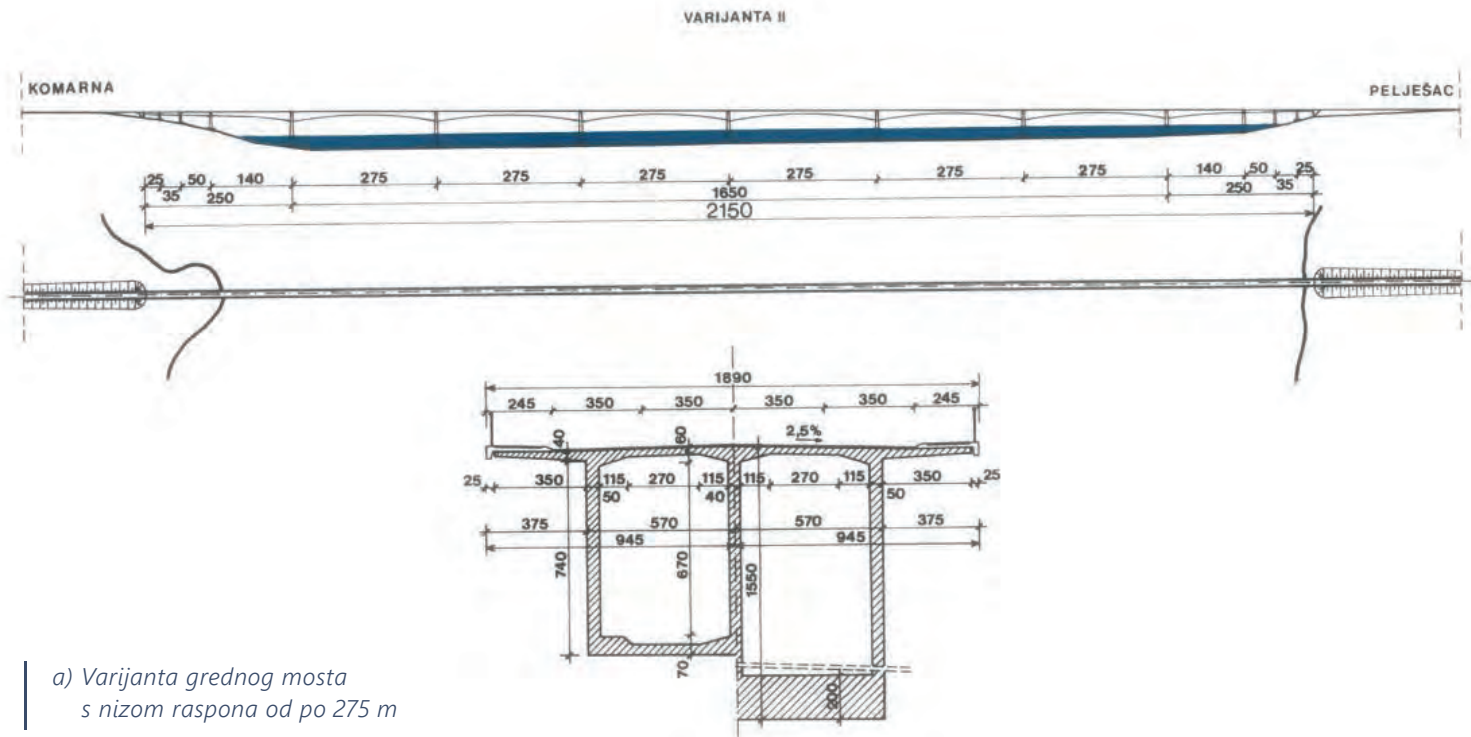
*Od doline Neretve do Dubrovnika i nastavno do dubrovačke zračne luke treba bez prelaska u drugu državu sagraditi cestu visoke razine služnosti. ... Prijelazom na Pelješac zaobišla bi teritorij druge države, spojila u prometnu cjelovitost sve dijelove Hrvatske, a ujedno značila bitnu odskočnicu razvitku Pelješka i najjužnijih hrvatskih otoka.*

U to je vrijeme tim Katedre za mostove već razrađivao inačice mosta kopno – Pelješac. Profesor Radić nastojao je da se s dužnom pažnjom obrade i ona rješenja za koja je od početka bilo malo vjerojatno da bi mogla biti izvedena, sve u cilju da se ostvari i održi rasprava i pozitivno ozračje oko projekta. Postupno su dozrijevali uvjeti za izradu glavnog projekta velikog ovješnog mosta s naglašenim glavnim rasponom, veličine bliske onovremenim rekordima.

Spletom okolnosti ova građevina nije dovršena, no profesor Radić i dalje je ustrajao na pripremi pothvata u čiju je opravdanost duboko vjerovao. Kada je investitor nakon godina stanke iznova zatražio novo, ekonomičnije rješenje za most, profesor je udružio svoj tim s Građevinskog fakulteta s ekipom čuvenog slovenskog projektanta mostova Marijana Pipenbahera. Ova suradnja iznjedrila je rješenje prema kojem je most na kraju sagrađen, uz manje izmjene tijekom razrade.

U građevini koja spaja kopno i Pelješac projektantski doprinos profesora Jure Radića prepoznajemo u naglašenoj brizi za oblikovanje vizure mosta kao i za ostvarenje njegove trajnosti. Estetika i trajnost su elementi projektiranja mostova koji se često potiskuju u drugi plan u korist ekonomičnosti projekta. U svom pedagoškom, stručnom, ali i javnom djelovanju profesor Radić naglašeno se zalagao za lijepe i postojeće građevine.

Kontinuiranim zalaganjem za izgradnju čvrstog prijelaza mostom s kopna na Pelješac, kroz javno djelovanje i projektiranje, profesor Jure Radić dao je nemjerljiv doprinos ostvarenju koje, na žalost, nije dočekao.



Prve studijske varijante projekta Mosta Pelješac iz 2003. godine otkrivaju pravac razmišljanja koji je u konačnici doveo do projekta po kojemu je most sagrađen.





*Računalna simulacija Pelješkog mosta po projektu iz 2009, autori Jure Radić i Zlatko Šavor sa suradnicima*

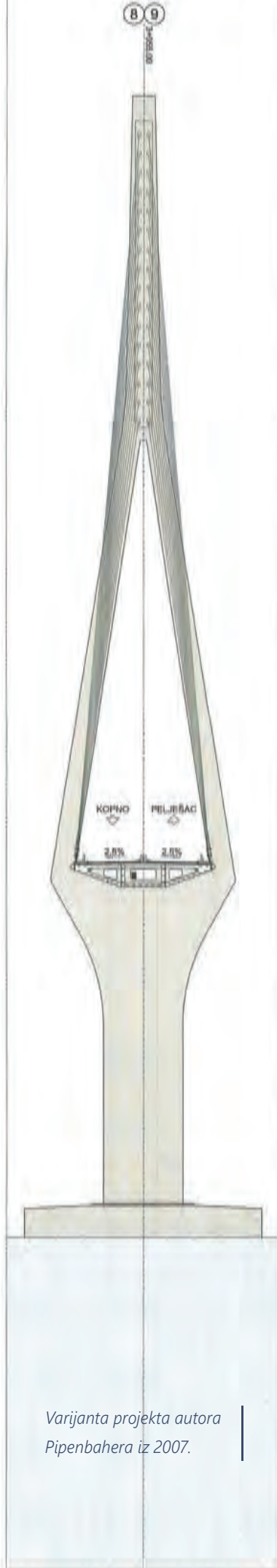




# IZGLED

1 : 400

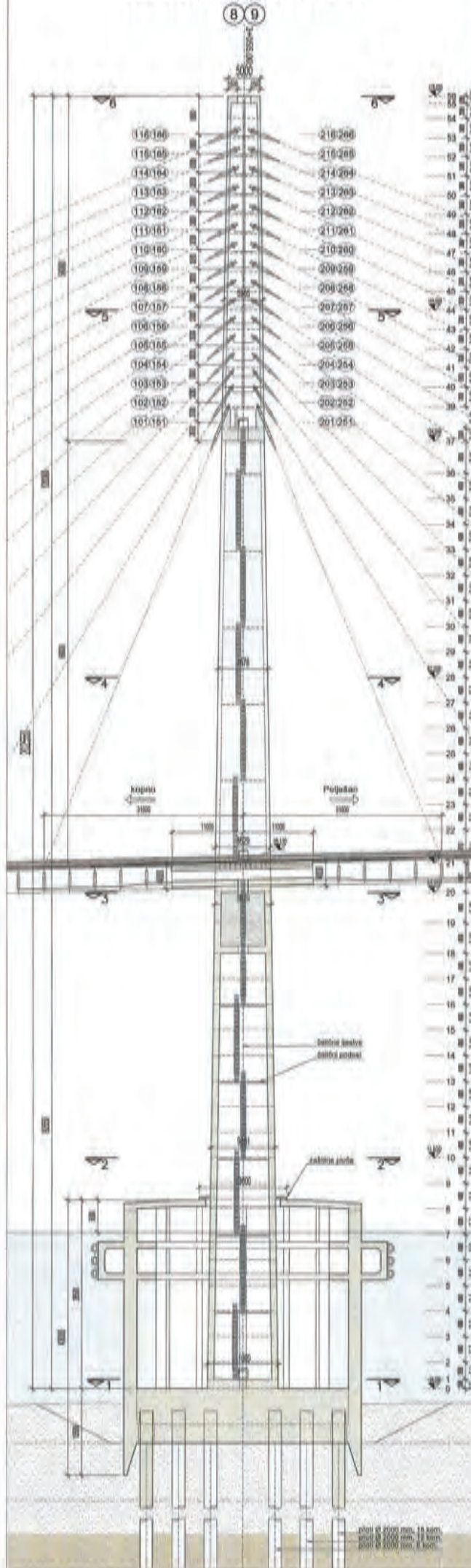
8 9



# UZDUŽNI PRESJEK PILONA

1 : 400

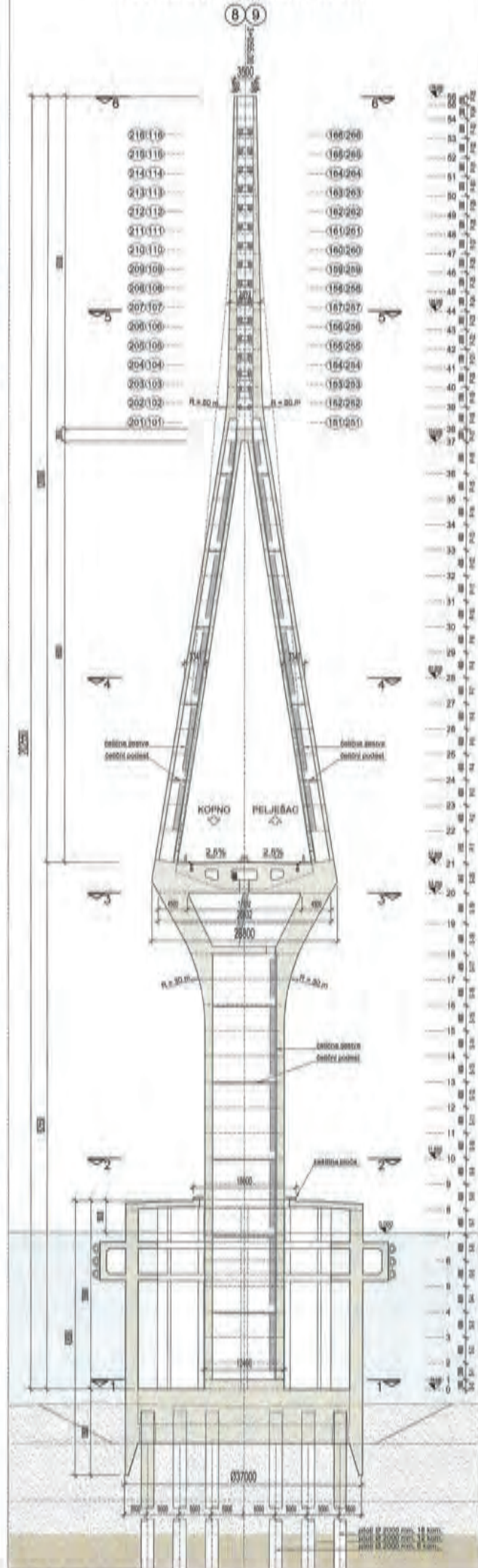
8 9



# POPREČNI PRESJEK PILONA

1 : 400

8 9



Varijanta projekta autora  
Pipenbahera iz 2007.





## 3.2 PROJEKTIRANJE MOSTA

MARJAN PIPENBAHER

Marjan Pipenbaher univ.dipl.ing.građ., glavni projektant Mosta Pelješac, čelnik tvrtki Ponting i Pipenbaher Consulting Engineers, slovenski projektant svjetskog glasa i autor velikih mostova u desetak zemalja

### Kako nastaje projekt mosta?

Bez lažne skromnosti, projektiranje velikih mostova traži vrhunsko inženjersko znanje i iskustvo. Međutim, osobno se u početku procesa uvijek prepustim intuiciji i tada se rodi ideja koja putuje preko ruke i olovke na papir te polako nastaje koncept. Pri tome je ključno posjetiti i osjetiti lokaciju, jer projekt mosta mora dati odgovor na izazove i ograničenja koja ona postavlja. Nastajanje ideje je prožeto osjećajem za strukturu, prožeto iskustvom u projektiranju sličnih građevina, ali i poznavanjem suvremenih rješenja prijelaza na donekle sličnim lokacijama. Tijekom rada prikupio sam preko 15.000 članaka o mostovima širom svijeta.

Veliko osobno iskustvo i dobro poznavanje primjera iz prakse jedan je od razloga što se mogu osloniti na intuiciju kada razvijam koncept za novu lokaciju.

Napravili smo puno rješenja i varijanti za Pelješki most, ali ona prva varijanta je odredila smjer razvitka projekta. Uvijek je ono prvo rješenje koje dođe spontano, još neopterećeno velikim i ograničavajućim tehnološkim problemima izvedbe, dosta dobro. Ta ideja je nevino čista i nosi u sebi i onu temeljnu misao o sintezi arhitekture i strukture. Ovako velike mostove ne treba ničim kititi. Oni u krajoliku svojom strukturom

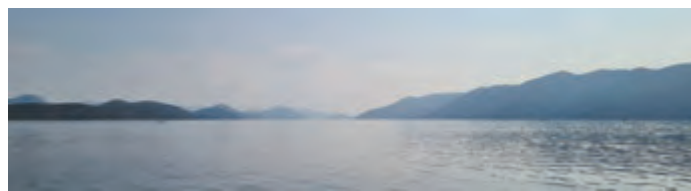
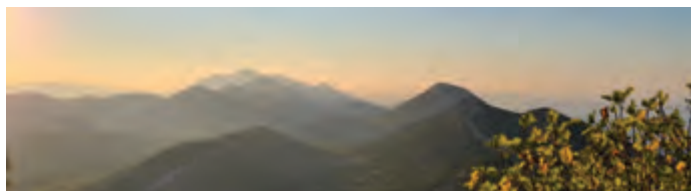
postaju prepoznata arhitektura. Nadahnuće je jako bitno, ali poslije toga slijedi veliki napor, temeljite analize, optimiziranje i onda detaljna razrada svakog detalja.

Na osnovi iskustva i intuicije nastaje koncept strukture, u procesu projektiranja prvo se ideja prenosi na papir, potom se dokazuje stabilnost građevine i razrađuju njezini dijelovi na način koji uvažava ekonomski moment, odnosno zahtjev da se ono što traži projektni zadatak ostvari što jeftinije. Pri tom već u ranoj fazi projekta moramo znati na koji će se način most graditi, jer bez jasne vizije o postupku izvedbe nema učinkovitog rješenja.

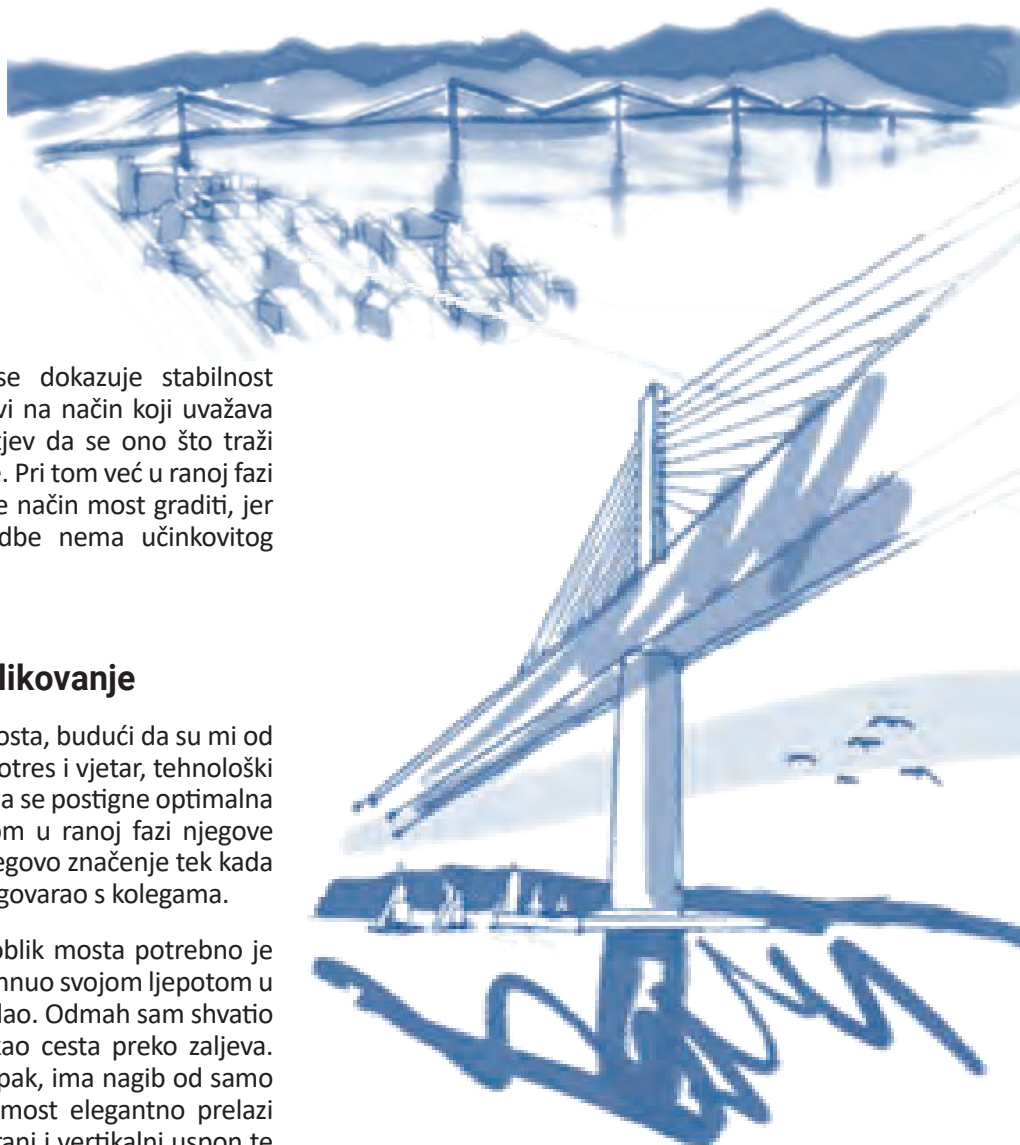
## Lokacija mosta, okoliš i oblikovanje

Puno sam razmišljao o koncepciji mosta, budući da su mi od početka bila poznata ograničenja: potres i vjetar, tehnološki i izvedbeni izazovi, kao i nastojanje da se postigne optimalna cijena. Upoznao sam se s projektom u ranoj fazi njegove razrade, ali sam potpuno shvatio njegovo značenje tek kada sam posjetio lokaciju i malo više razgovarao s kolegama.

Lokaciju koja definira proporcije i oblik mosta potrebno je osjetiti. Malostonski zaljev me nadahnuo svojom ljepotom u trenutku kada sam ga prvi put ugledao. Odmah sam shvatio da ovaj most mora biti linearan, kao cesta preko zaljeva. Osobno bih volio i da je malo niži. Ipak, ima nagib od samo tri posto tako da je uspon mek i most elegantno prelazi preko zaljeva. Zavoje na kopnenoj strani i vertikalni uspon te pad mostu daju dinamiku.



*Genius Loci – motiv krajolika poluotoka i zaljeva Pelješac – krajolik s beskrajnim brojem brda*



*Prve konceptualne skice arhitektonskog i konstrukcijskog rješenja mosta*

Po jasnem danu, na mediteranskom suncu most vrlo jasno pokazuje svoju strukturu i funkciju pojedinih elemenata, ali meni je pogled još ljepši za izmaglice, kada su sjene meke, pa most djeluje još nježnije u prostoru, a to mi je bilo jako važno kod projektiranja, da građevina bude zanimljiva, ali ne i nametljiva. Tijekom posljednjih pedesetak godina u svijetu je sagrađeno mnogo mostova neobičnih konstrukcijskih sustava, pri čemu su u projektiranju glavnu riječ imali arhitekti. Mostovi su, međutim, inženjerske građevine, pa u slučajevima kada je arhitektura postavljena kao temelj oblikovanja, ako se pod svaku cijenu traži novo i neviđeno rješenje, ako su izvodljivost građevine, njezina uporabivost i održavanje u drugom planu, ne dobiva se dobar most, na dobivaju se zrela i održiva rješenja.

Budući da su na obje obale uz most vidikovci, očekujem da će puno turista, puno autobusa na njima zastati i uživati u lijepom pogledu. Osim toga, prostor Pelješca, Mljeta i Korčule



dobit će potpuno novu vrijednost kroz veću mogućnost pristupa, tu ima još puno neotkrivenih potencijala koji će biti aktivirani izgradnjom mosta

## Dva idejna rješenja

Most Pelješac nije prvi most kojeg sam sa suradnicima projektirao u Hrvatskoj: već smo ranije napravili projekt vijadukta Baričević na autocesti A1 kod Svetog Roka i više vijadukata na autocesti Zagreb – Macelj. Tako sam upoznao hrvatske kolege, pa nas je 2007., kada se pripremala izgradnja Mosta Pelješac po prvom projektu, tvrtka Viadukt uključila kao konzultanta. Kroz cijelo to vrijeme imali smo dobru suradnju s Građevinskim fakultetom u Zagrebu, a poklopila se i okolnost da je autocestovni program u Sloveniji završio 2005. godine, pa smo odlučili izaći na inozemno tržište.

Godine 2012. objavljen je natječaj za Most Pelješac. Namjeravali smo se sami javiti, ali vidjeli smo da je bolje udružiti znanje i snage s Građevinskim fakultetom u Zagrebu. Kada smo dobili ugovor, razrađene su dvije varijante mosta, i ponuđene investitoru na odabir. Jednu inačicu je pripremio Građevinski fakultet, to je bio gredni most, a ja sam razradio koncept mosta s kosim zategama.

Analizirali smo varijante Mosta Pelješac s dva, četiri i šest piona da bismo u konačni odabir poslali ovu posljednju varijantu, sa šest piona. U koncipiranju mosta vodili smo se načelom da je jednostavno rješenje obično najbolje, zbog toga je projektirana struktura koja na više od 1800 metara uopće nema ležaja, odnosno integralna konstrukcija. Tako velik okvir mora biti elastičan da unutarnjim pomacima kompenzira promjene duljine konstrukcije zbog zagrijavanja i hlađenja, a to je opet dobro svojstvo kada se razmatra otpornost mosta na potres.

Napravljene su procjene po kojima su cijene izgradnje obaju varijanti dosta blizu. Kod mosta s kosim zategama rasponski je

sklop skuplji, jer bi gredni most imao manje raspone. Međutim, kod grednog mosta trošak temeljenja bio je viši, zbog većeg broja stupova.

Na kraju je odlučeno da se gradi most s kosim zategama koji ima manje stupova u moru i pet velikih, 285-metarskih otvora.

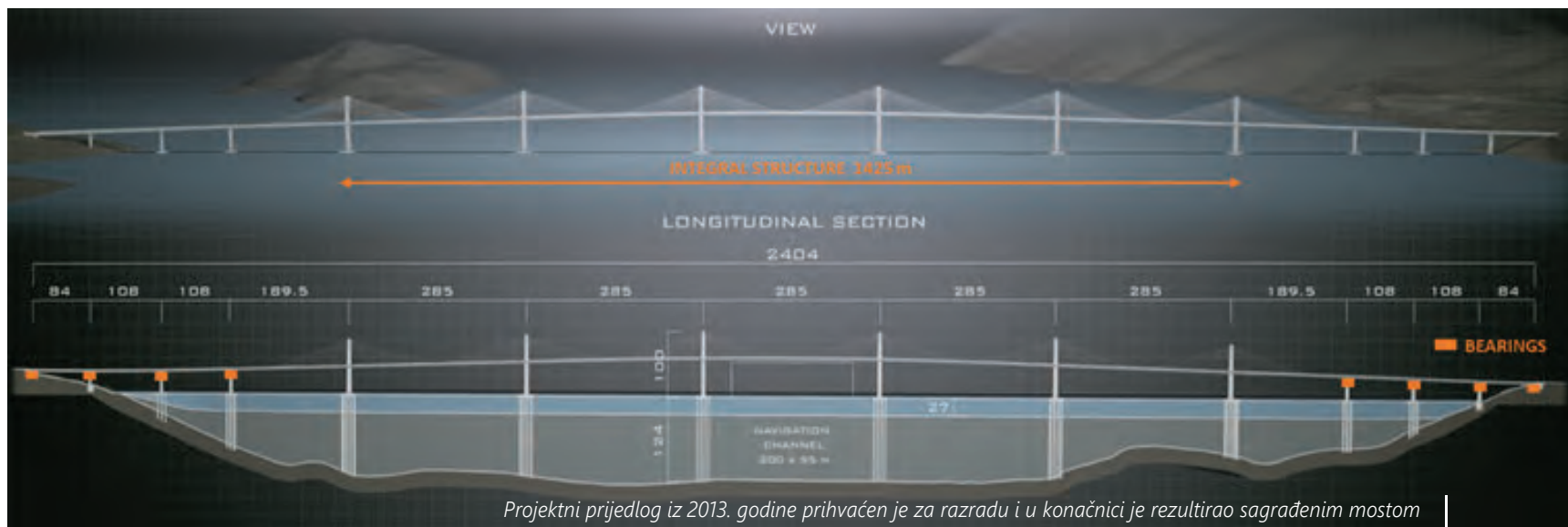
## Plovni put ispod mosta

Za plovidbu iz Bosne i Hercegovine ostavljen je navigacijski koridor od 200 metara širine te 55 metara visine. Osobno mislim da tolika visina i nije nužno potrebna jer prelijepi zaljev treba čuvati kao zaštićenu prirodno-povijesnu cjelinu, a to će biti jako teško budu li u njega uplovljavali veliki brodovi. Zaljev s malim naseljima, farmama školjaka je bogatstvo, jer se radi o rijetko očuvanom mediteranskom krajoliku koji je oplemenjen vjekovima ljudskog napora.

Navigacijski prolaz ovih dimenzija je u rangu prolaza poput onih u Hamburgu, Singapuru, u najvećim lukama svijeta. Hvala Bogu, ovaj prekrasan zaljev je zaštićen Naturom 2000, pa po mojem mišljenju nije izgledno da će se u njemu graditi veća luka u bilo kojoj državi, Hrvatskoj ili Bosni i Hercegovini.

## Velika građevina u zaštićenom okolišu

Malostonski zaljev je toliko lijep da bi bilo nedopustivo u njega ugraditi most koji bi se isticao na način da prevladava nad krajolikom. To mi je bila prva odrednica u projektiranju, naći strukturu koja će se mirno uklopiti u postojeći krajobraz. Malo je dijelova svijeta u kojima možemo naći takvu cjelinu, u kojoj se skladno spaja slika mora, mediteranske obale s gradićima, vinogradi, vrtovi i maslinici i o tome sam razmišljao kod projektiranja mosta. Smatram da sam inženjerskom logikom i osjećajem za proporcije i ritam konstrukcije inženjerski najiskrenije odgovorio na izazov lokacije.



Tu ideju je odmah podupro i pokojni profesor Jure Radić, kao koautor mosta.

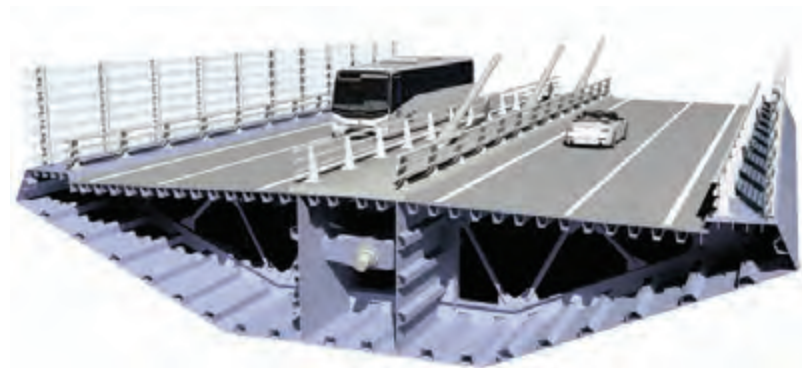
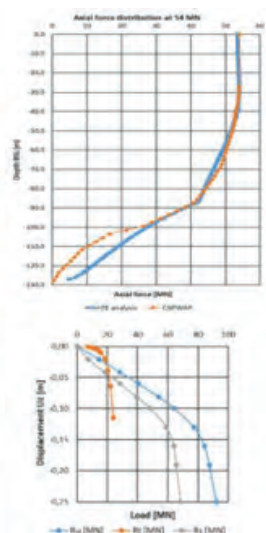
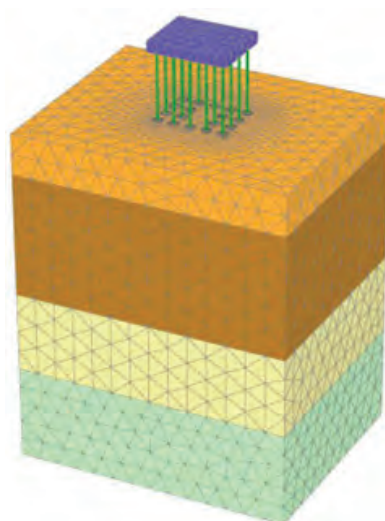
Radi se o velikom mostu, no ako ga gledate iz neke udaljenosti, on djeluje mirno, skromno i konstrukcijski skladno, u tome je ljepota. Namjera je bila oblikovati kompoziciju prostora i strukture koja se u njega ravnomjerno uklapa. Most ipak ostaje podređen prostoru, bilo mi je jako važno ostvariti takav dojam i mislim da sam u tome uspio.



Prvi zadatak projektanta kod koncipiranja velikog mosta je osmisliti strukturu koja će oplemeniti vizuru krajolika bez da se nametne.



Kada je koncept utvrđen, numeričke provjere čitavog sklopa rade se na više neovisnih modela, različitim računalnim programima za statičku i dinamičku analizu konstrukcija.



Čelična rasponska konstrukcija s tri komore i s ogradom za zaštitu od vjetra.

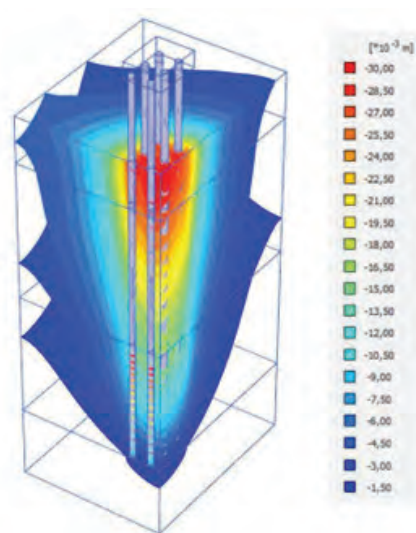
## Prepreke u provedbi izgradnje mosta

Tijekom izgradnje Mosta Pelješac napunio sam 40 godina radnog staža, a kroz te sam godine projektirao dosta velikih mostova. Prema mojem iskustvu, svi veliki mostovi prolaze dugotrajan proces od početnih ideja do koncepta, potom projektiranja pa izgradnje, za to je potrebno minimalno 10 do 15 godina.

Kada se nađe prihvatljivo idejno rješenje, potrebno je usuglasiti projekt i s lokalnom zajednicom. A ne treba zaboraviti ni na administrativne procese, projektiranje, revizije, istražne radove na terenu, postupke javne nabave... Jako se puno vremena izgubi na žalbe i zastoje u postupcima nabave.

Veliki je problem birokratizirane Europe to što na razini zakonske regulative sve izgleda jasno i lako provedivo, ali u praksi postoje brojne prepreke i nejasnoće koje usporavaju projekt. Taj problem imaju i kolege Nijemci, Austrijanci i Francuzi s kojima sam razgovarao. Puno se novca izgubi u dugotrajnoj i kompliciranoj proceduri.

Međutim, trajanje same izgradnje Mosta Pelješac je jako dobar rezultat, pogotovo u uvjetima nepredviđenih problema oko pandemije. Tu su se kineski izvođači dosta angažirali i iskazali.



Nakon globalnih modela izrađuju se detaljni numerički modeli, kod projektiranja Mosta Pelješac posebno složeno modeliranje obuhvatilo je temeljnu konstrukciju i tlo, budući da interakcija konstrukcije s tlom bitno utječe na zahtjevanu otpornost nosivih elemenata.





Projekt golemog vijadukta Črni Kal, koji je sagrađen na slovenskoj autocesti A1, na dionici Koper – Divača.

preko 150 kilometara na sat. U radijusu od 100 kilometara od lokacije mosta dogodilo se za vreme gradnje, znači u dobi od 3 i pol godine više od 40 potresa magnitude do M4,2.

Dana 22. travnja 2022 dogodio se i potres u gradu Stolcu (BiH) magnitude M6,1. Zbog male odaljenosti epicentra (54 km) potres se jako osjetio i na lokaciji mosta. Pomoću GPS uređaja koji su ugrađeni na vrhu do 100 m visokih pilona izmjereni su pomaci do 16 cm. To je daleko manje od pomaka u slučaju jakog potresa magnitude M7,5 koji mogu iznositi preko 80 cm.

## Most Pelješac u kontekstu drugih projekata

Kad projektiram mostove, nikada mi kriterij nije sama struktura, nego uvijek sinteza krajolika, arhitekture i strukture. Pored ostalih, napravio sam i dva lijepa mosta s kosim zategama preko Eufrata u Turskoj, s još većim rasponima nego što ih ima Most Pelješac. Projektirao sam i veliki željeznički most u Izraelu, dužine veće od tisuću metara, preko prelijepe doline kod Jeruzalema. Na sve mostove koje sam projektirao gledam s veseljem pa tako i na najveći slovenski vijadukt Črni Kal.

Međutim, to su ipak mostovi koji u svjetskim razmjerima neće imati onaj odjek kakav je suđen Mostu Pelješac, jer je to stvarno svjetski most, most koji pripada ostvarenjima globalnog značaja. O njemu će se još dugo govoriti u stručnim krugovima, jer je projektom trebalo istovremeno riješiti tri velika problema: duboko temeljenje na zabijenim čeličnim pilotima, visoku seizmičnost lokacije i utjecaj jakih vjetrova.

Pelješki most spada u skupinu pet najvećih europskih mostova koji su izgrađeni početkom 21. stoljeća. Također, po složenosti projekta i izvođenja radova, spada u rang najzahtjevnijih mostova u svijetu. Zanimljivo je da pri razradi izvedbenog projekta i tijekom gradnje nije došlo do značajnijih izmjena glavnog projekta, što svjedoči o njegovoj kvaliteti. Dužine pilota su se mijenjale za manje od dva posto, što je jako dobro pri ovako zahtjevnom utemeljenju, a u konstrukcijskom i arhitektonskom smislu ništa se nije mijenjalo.

## Utjecaj vjetra i potresa

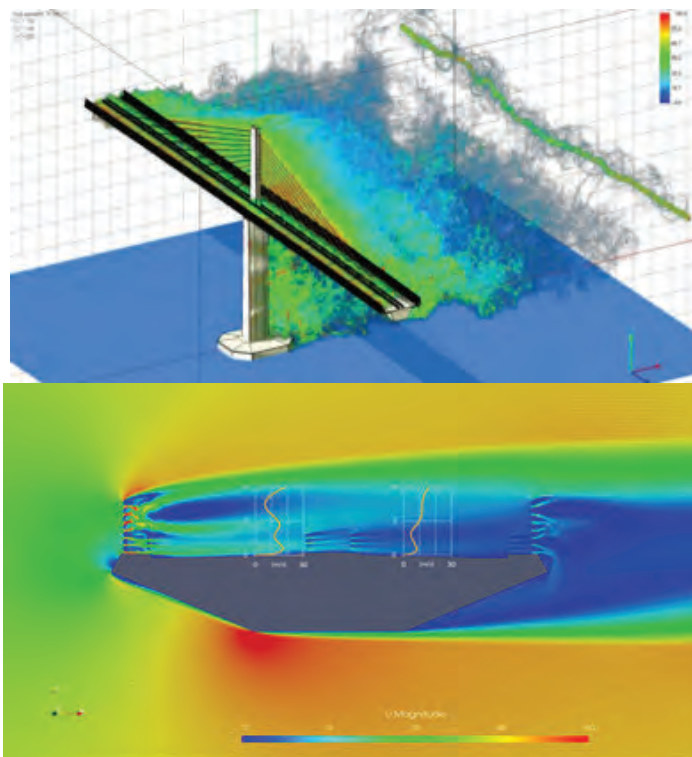
Potres i vjetar su glavna opterećenja koja utječu na oblik i dimenzije mosta. Mi smo model Pelješkog mosta testirali u vjetrovnom tunelu i prilagodili mu oblik da može izdržati udare vjetra do 250 kilometara na sat. Prema svim statistikama i hidrometeorološkim analizama, zaključeno je da na tom području vjetrovi dosežu maksimalne brzine do 180 kilometara na sat.

Ipak, kod mostova je problem faza izgradnje: veliki mostovi su daleko stabilniji kad su izgrađeni nego dok se grade. Budući da je u fazi izgradnje rizik od vjetra i potresa najveći, napravili smo detaljne proračune svih faza građenja i njima prilagodili elemente mosta.

Ispravnost ovakvog pristupa potvrđena je događajima na gradilištu: tijekom gradnje iskusili smo jugo i buru brzine od



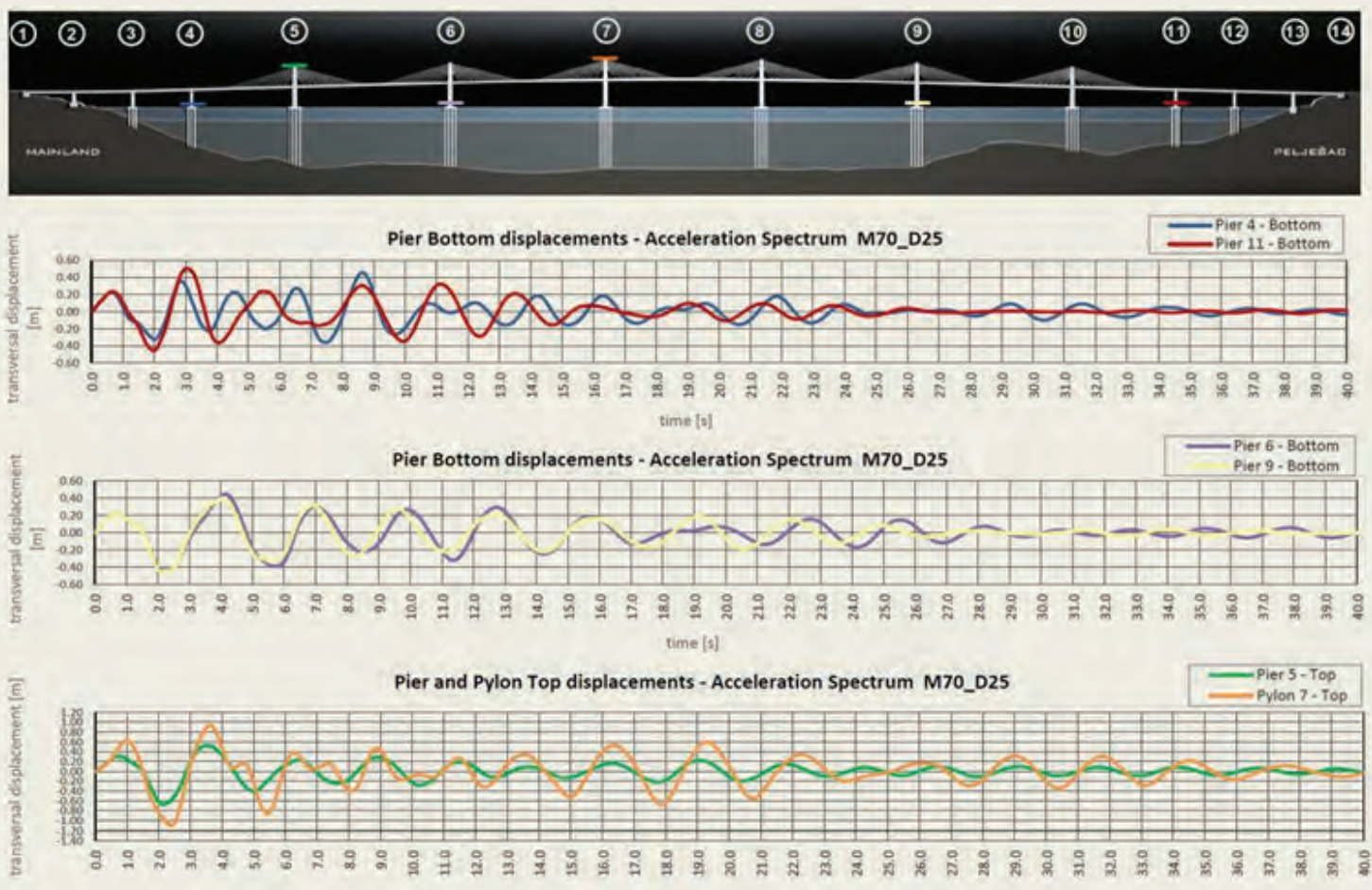
Most s kosim zategama Nissibi preko rijeke Eufrat u Turskoj s glavnim rasponom od 400 m – vijadukt Črni Kal i ovaj most uvrstili su Marjana Pipenbahera među vodeće projektante mostova u svijetu.



Prikaz rezultata CFD analize uticanja strujanja udarnog vjetra na konstrukciju mosta i analiza efikasnosti štíćenja ograde za zaštitu od vjetra.



Testiranje modela mosta u vjetrovnom tunelu.



Numeričke simulacije utjecaja jakih potresa na most pokazale su da će pomaci kod takvih događaja doseći preko pola metra na dnu stupa, čiji će se vrh u jednom trenutku pomaknuti za više od 80 cm, pa je most projektiran da takav događaj može podnijeti bez značajnih oštećenja.



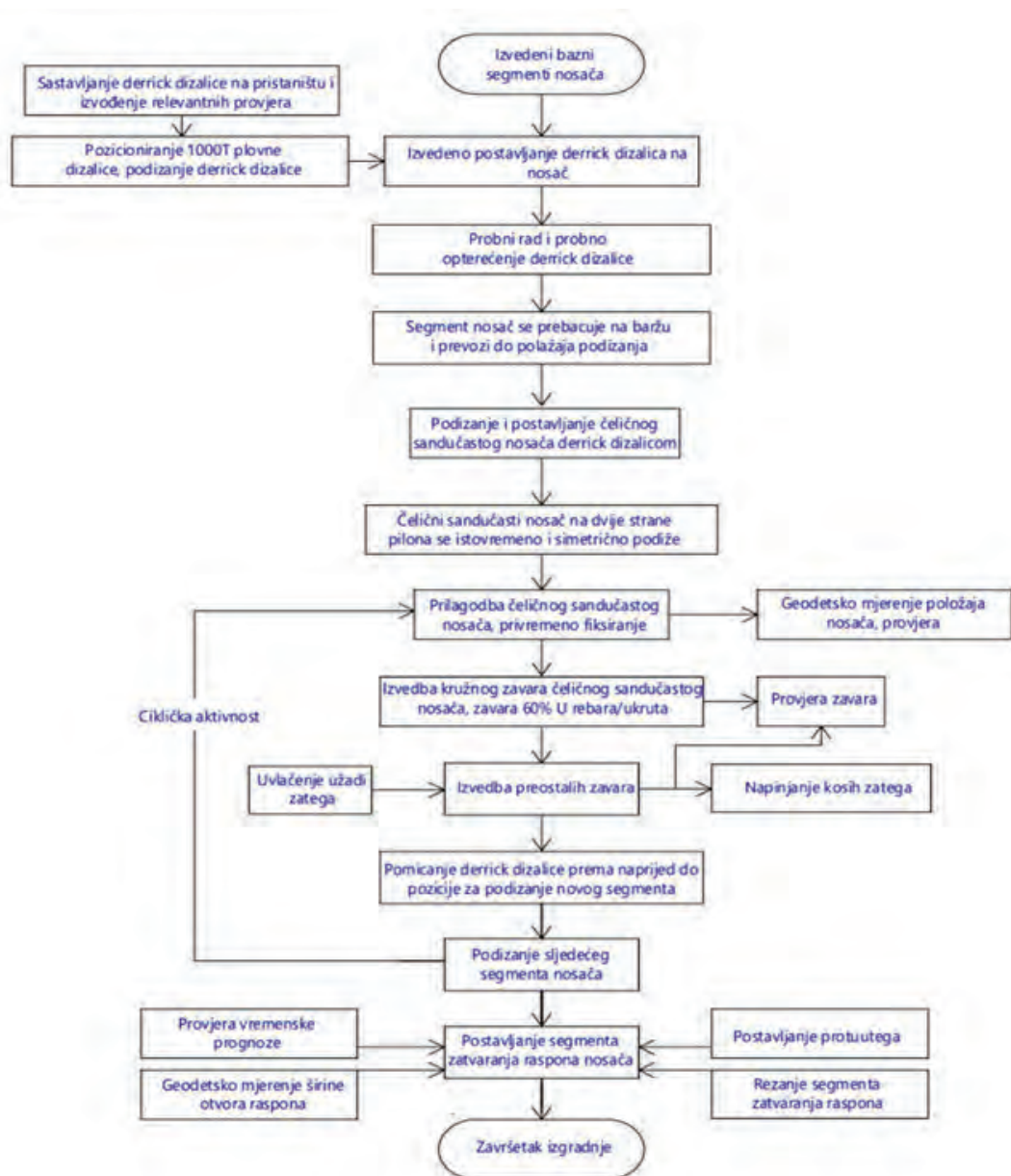
## Projektantski nadzor izvedbe radova

Izgradnju Mosta Pelješac pratio sam svakodnevno. Svi smo gledali most kako brzo napreduje, ali iza toga stoji velika briga i napor. To podrazumijeva svakodnevno preračunavanje i provođenje minimalnih korekcija kako bi se postigle što idealnije linije rasponske konstrukcije, da su kose zatege napregnute kako treba. Projektant nikada ne završi posao kada završi s projektiranjem projekta. Njegov stvarni posao kod ovakvog mosta počinje tek onda kada se krene s njegovom izgradnjom. Treba pratiti svaki korak i traži se svakodnevna aktivnost.

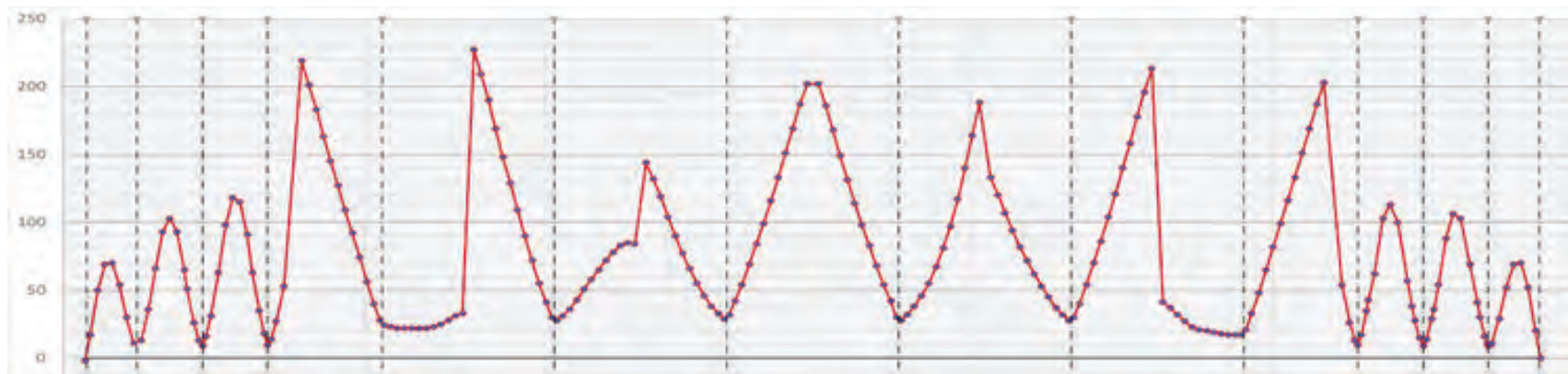
Dva puta mjesečno sam po nekoliko dana na gradilištu, a svakodnevno sam u kontaktu s CRBC- om. Imali smo dobru i korektnu suradnju. Kineski izvođači tvrtke CRBC pokazali su veliko htijenje i jako su se potrudili da postignu kvalitetu

u skladu sa strogim europskim normama. Angažirali su ogromnu tehnološku mehanizaciju. Nikada im nije bilo teško nešto doraditi, popraviti, uvijek su to napravili bez velikih prigovaranja. I njima je cilj da ovaj most bude napravljen u roku i što kvalitetnije. U radu sam inzistirao da se za svaku etapu građenja načini detaljan opis izvedbe (*Method statement*) prije nego što radovi započnu – izvođač mora zajedno s projektantom detaljno razraditi tehnologiju gradnje i tek onda se može početi s radovima.

U fazi izvedbe je bilo i objektivnih teškoća: spomenimo samo to da su segmenti čelične konstrukcije izrađeni u Kini na temperaturi od oko 15°C, da bi onda bili ugrađivani na gradilištu na nekih 35°C, što znači da su njihove dimenzije bile nešto drugačije zbog temperaturnog rastezanja. Sve je to trebalo uvažiti kod montaže segmenata i napinjanja kosih zatega, ali smo i to riješili.



Dijagram toka opisuje metodologiju izvedbe rasponskog sklopa – u fazi izvedbe projektant korigira i odobrava detaljan opis provedbe radnih operacija



*Konačna krivulja nadvišenja mosta pokazuje da je neke dijelove trebalo izvesti tako da budu preko dvadeset centimetara viši u odnosu na projektirani položaj, u kojeg dolaze nakon što je okončana montaža svih elemenata.*

## Još jedno životno djelo

Most Pelješac je moje životno djelo, recimo, četvrto ili peto. Osim njega, tu su vijadukt Črni Kal, najveći slovenski vijadukt, i veliki mostovi koje smo realizirali u Izraelu i Turskoj.

Most Pelješac je golema konstrukcija, čista struktura koja je postala i arhitektonsko ostvarenje. Osim toga on je postao i jedan od simbola suvremene Hrvatske, meni drage zemlje, koja se njime povezala u cjelinu. Na lokalnoj razini ima posebnu važnost: treba otići do Pelješca i razgovarati sa stanovnicima pa shvatiti koliko im most znači.

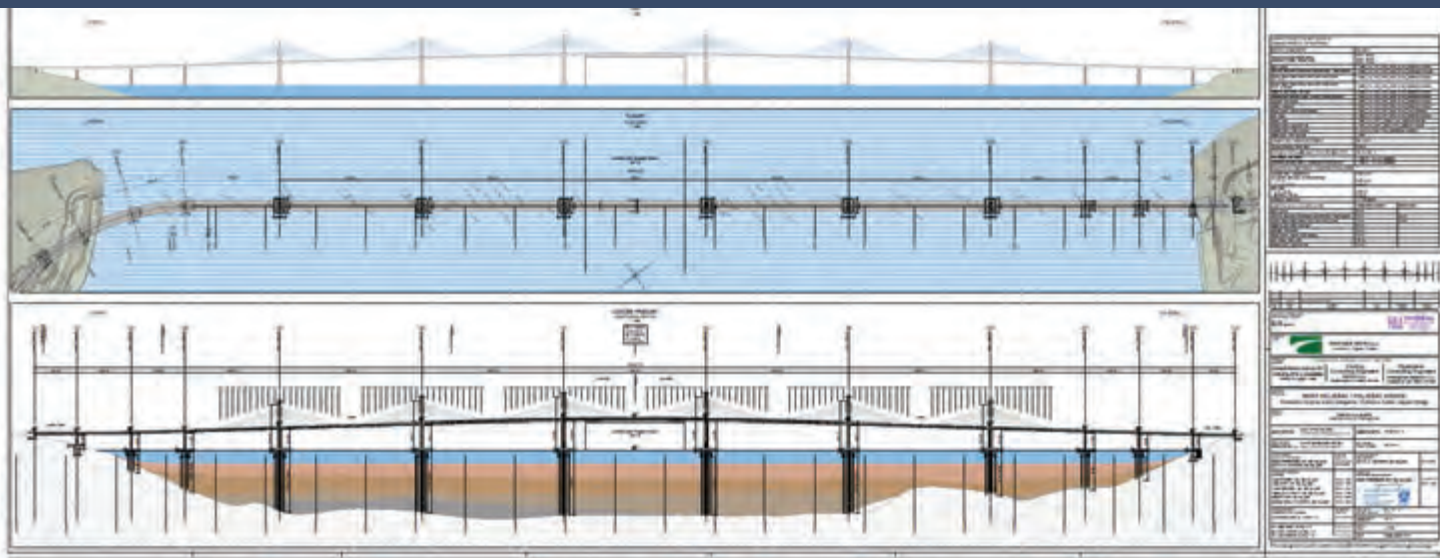
No, trebam spomenuti i suradnike iz naših tvrtki, Pontinga i Pipenbaher Consulting Engineers, budući da most koncipira jedan čovjek, autor, Glavni i odgovorni projektant, ali pri izradi proračuna i nacrtu sudjeluje tim vrlo stručnih ljudi. Radi se o timu koji je specijaliziran za projektiranje mostova velikih raspona, specijalne analize vjetra, geotehniku i seizmiku.



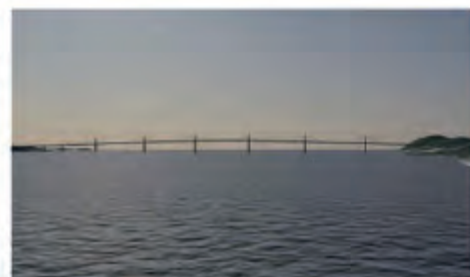
*Pogled na Pelješki most s kopnene strane*



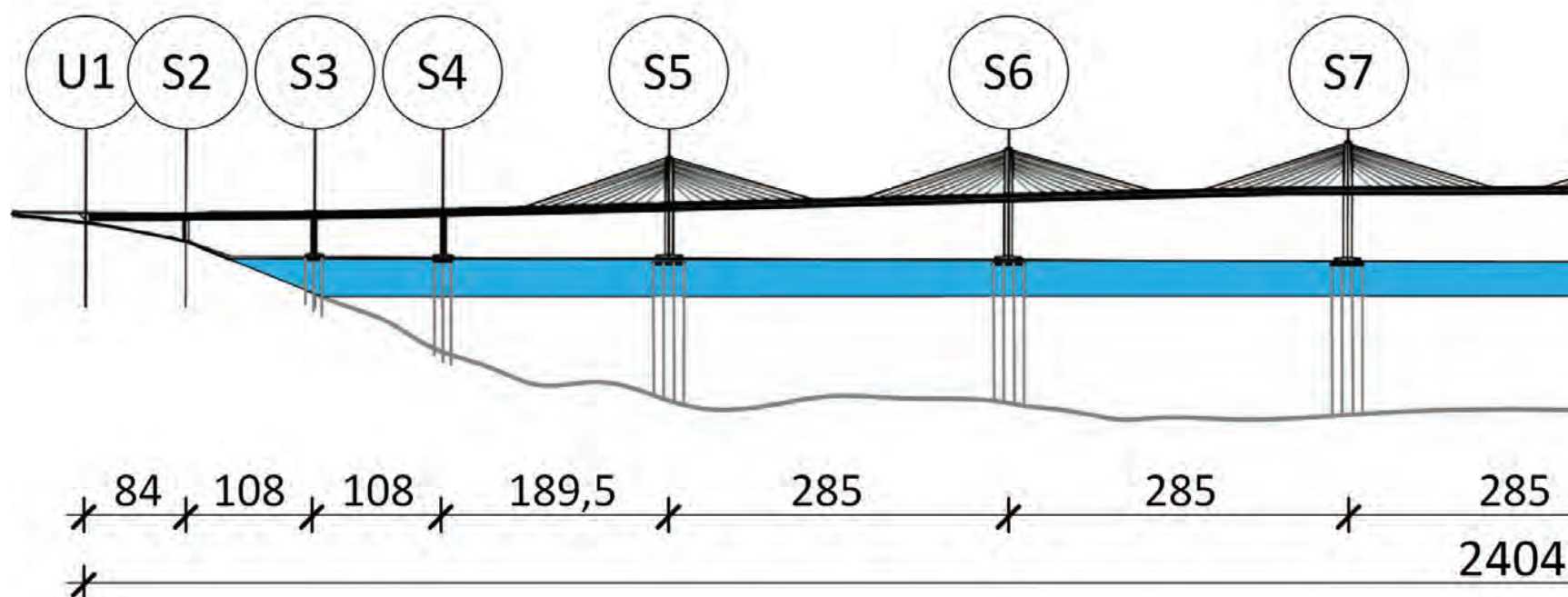
MOST PELJEŠAC  
PELJEŠAC BRIDGE  
DISPOZICIJA MOSTA / DISPOSITION OF THE BRIDGE



MOST PELJEŠAC  
PELJEŠAC BRIDGE  
PRIKAZ MOSTA U PROSTORU / BRIDGE PRESENTATION

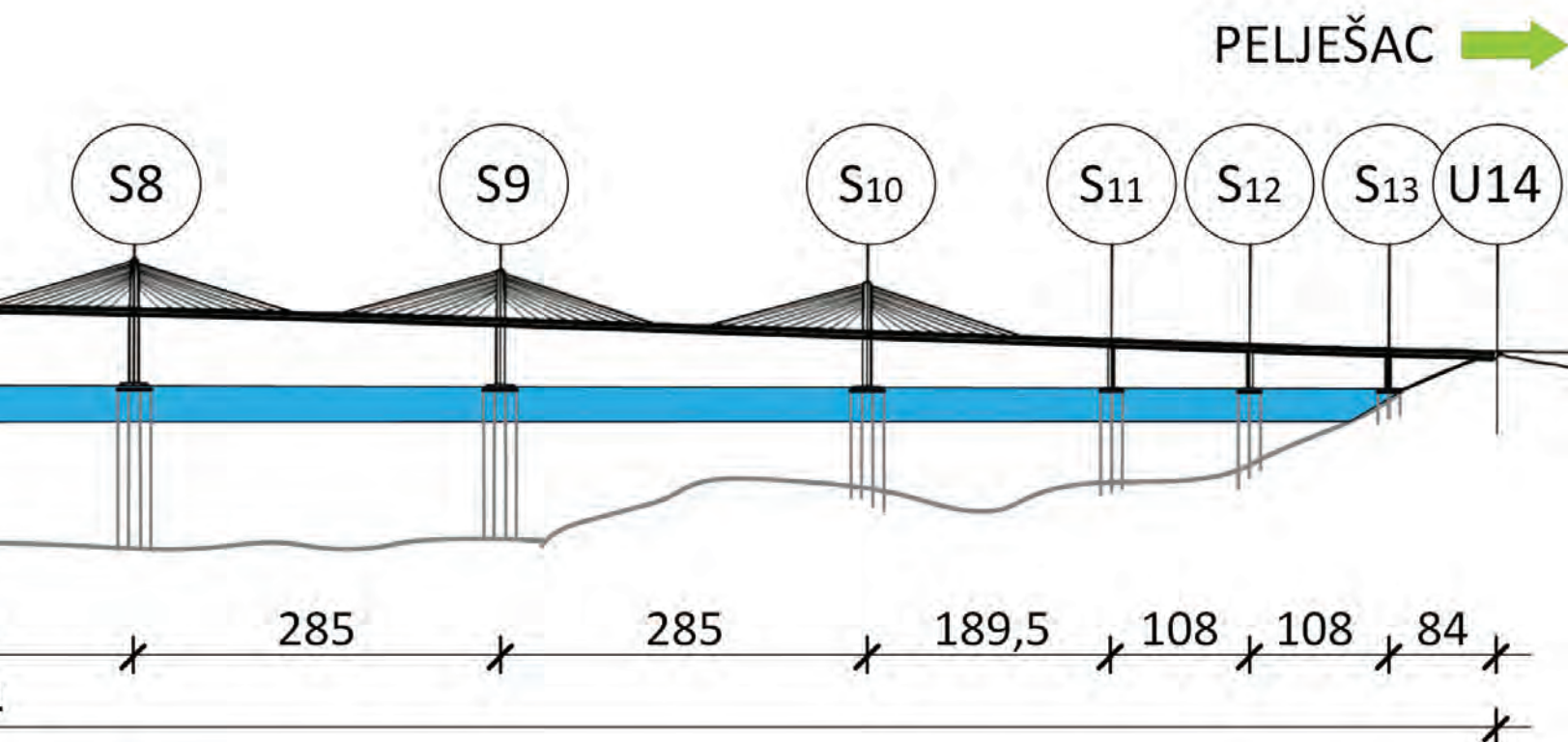


← KOPNO



Nosiva struktura Pelješkog mosta može se lako raspoznati već u pogledu izdaleka: gredni nosači krajnjih polja uzdižu se prema središnjoj strukturi ovješnog mosta (računalna simulacija budućeg izgleda mosta iz projekta).





## 3.3 GLAVNI PROJEKT

### Prepreka i zadana ograničenja

Tijekom razrade projekta Pelješkog mosta vrednovana su vrlo različita rješenja konstrukcije jer projektni zadatak nije upućivao na kakvo konvencionalno rješenje, već je bilo potrebno uvažiti mnoge zahtjeve od kojih su neki međusobno suprotstavljeni. Položaj prometnice nad morem, širina prepreke, plovni put pod mostom, dubina mora i temeljno tlo, potres i vjetar, vizura, zaštita okoliša su čimbenici vrednovani u procesu optimizacije mosta.

Početak mosta na kopnenoj strani nalazi se na rtu između naselja Komarna i Duboka, a završetak na Pelješcu, na rtu Blace, oko 3 kilometra od naselja Brijesta. Prometnica na lokaciji najužeg dijela prijelaza preko Kanala Malog Stona približno je okomita na obale, kako bi se duljina mosta čim više smanjila.

Prometne analize pokazale su da treba projektirati dvotračnu prometnicu s jednim kolnikom i elementima brze ceste (deniveliranim raskrižjima). Projektna brzina – prema kojoj se određuju elementi ceste – je 90 kilometara na sat.

Širina morskog zaljeva na mjestu mosta je 2140 m, a prosječna dubina mora 27 m. Zaljevom prolazi plovni put: širina zadanog otvora za plovidbu iznosi 200 m, a visina 55 m. Osim na glavni otvor mosta, plovni put utječe i na konstrukciju, koja je ojačana radi mogućnost udara plovila u podnožje stupova.

Temeljno tlo na lokaciji mosta čine debele naslage praha i gline male nosivosti ispod kojih se nalazi vapnenačka stijena. Debljina muljevitih naslaga varira u rasponu od 30 do 100

metara, što je utjecalo na odabir temeljne strukture koja se kroz mulj spušta do stijene.

Most se nalazi u području vrlo visoke seizmičke aktivnosti. Za ilustraciju, potres u Stonu 1996. godine dosegao je jačinu 6 po Richteru i 8. stupanj inteziteta (koji opisuje učinke potresa). Razrušeno je gotovo pola staroga Stona, šteta je bila velika, no srećom, bez ljudskih žrtava.

Osim potresa lokaciju karakterizira jak vjetar sjeverozapadnog smjera, bura, kao i jugo. Na visini prometnice, 50 metara nad morem, vjetar je znatno jači no na površini mora.

Kanal, odnosno zaljev, je ekološki vrlo osjetljiva i posebno zaštićena zona, posebni rezervat prirode, zaštićen ekološkom mrežom Natura 2000. Ovaj naziv označava cjelovitu ekološku mrežu područja koje su odredile zemlje članice Europske unije, s glavnim ciljem zaštite vrijedne bioraznolikosti za buduće generacije.

Jedan od aspekata okoliša, koji je utjecao na projekt, odnosi se i na vizuru – uklapanje u krajolik goleme građevine koja se snažno ističe u prostoru. Drugi važan aspekt odnosi se na zaštitu života u moru, koji u zatvorenom zaljevu izloženom utjecaju slatke vode iz Neretve ovisi o osjetljivoj ravnoteži. Simbol i glavni proizvod marikulture ovog kraja su školjke: prema povijesnim podacima kamenice su se u području Malostonskog zaljeva kontinuirano uzgajale još od Rimskih vremena, a danas se kamenice (*Ostrea edulis*) i dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) uzgajaju na ukupnoj površini od 842.683 m<sup>2</sup>.

## Konstrukcija mosta

Konstrukciju čini ovješeni most sa šest pilona i pet glavnih otvora veličine po 285 metara, na dubokim temeljima izvedenim na zabijenim pilotima. Tako u pogledu vidimo ukupno 13 otvora, s početnim i završnim osloncem na upornjacima mosta i ukupno 12 stupova. Ukupna duljina mosta između oslonca na kopnu i onog na Pelješcu iznosi 2.404 metra. Usvojen je koncept mosta bez naglašenog središnjeg raspona, simetričan u pogledu i bez izrazito visokih vertikalna pilona, s nizom istih raspona nad središnjim dijelom kanala i s jasno definiranim, ponavljajućim elementima stupa, grede i kosih zatega.

Stupovi koji su produljeni uvis, iznad kolnika, nazivaju se pilonima i njih je 6. Rasponski sklop, odnosno konstrukcija između oslonaca, nad otvorima, izveden je kao čelična greda s dijelovima betonskog presjeka nad stupovima. Između pilona, greda je pridržana čeličnim zategama. Kažemo da

most ima jedan red zatega, budući da su sve smještene u središnjoj uzdužnoj osi konstrukcije. Piloni i glavni nosač su čvrsto povezani, tako da čine takozvanu integralnu konstrukciju, zbog čega je broj razdjelnica minimalan (one su samo na početku i kraju mosta). Također je smanjen i broj ležajeva – naprava preko kojih se opterećenje grede prenosi na stupove. Ležajevi su na upornjacima i stupovima manjih raspona, na početku i na kraju mosta. Ti prilazni dijelovi glavnom ovješenom dijelu mosta sastoje se od čeličnog grednog nosača, manjih otvora, veličine od 84 do 189,5 metara.

Šest središnjih stupova, odnosno pilona, izdiže se po 40 metara iznad prometnice i oni omeđuju 5 glavnih otvora veličine po 285 m. Iz njih se pružaju zatega – snopovi čelične užadi koji pridržavaju gredni sklop u velikim otvorima, na razmacima od po 12 metara. Iz svakog pilona na obje strane pruža se po 10 kosih zatega, na jednu i na drugu stranu.



*Uzgoj školjaka u Kanalu Malog Stona |*

Prometnica na mostu je dvotračna: sadrži po jedan vozni trak za svaki smjer, ali su vozne trake dopunjene zaustavnim trakama, a smjerovi razdvojeni središnjim pojasom, u kojem su piloni i sidrišta zatega. Stoga se može reći da prometnu plohu na mostu čine dva kolnika, od kojih je svaki širok ukupno 7 metara: svaki kolnik obuhvaća voznu traku širine 3,5 m i zaustavnu traku širine 2,5 m, s dvije rubne trake široke po 0,5 m. Između kolnika je razdjelni pojas sa sigurnosnom ogradom, a na rubovima mosta nalazi se zaštitna ograda za vozila i ograda za zaštitu prometa od vjetrova. Između ovih dviju ograda nalazi se reviziona staza koja omogućuje prolaz službenih osoba (pješački promet na mostu nije predviđen).

Pristupna polja mosta, nad stupovima koji nisu piloni, premoštena su čeličnom grednom konstrukcijom, konvencionalnog sustava, s tim da vanjski oblik sanduka u potpunosti slijedi oblik središnjeg sklopa.

Visina stupova, između naglavnice u moru i pilona iznosi 37 do 53 metra, dok je rasponski sklop (glavni gredni nosač mosta) visok 4,5 m, što znači da se najviši stupovi, piloni S7 i S8 uzdižu oko 100 m iznad površine mora. Visina nivelete (središnje crte prometnice) nad morem u sredini građevine iznosi 62 metra, dok se prema krajevima spušta na 31, odnosno 35 metara.

Čelični glavni nosač je sandučastog, dakle šupljeg presjeka, čija je unutrašnjost uzdužno podijeljena vertikalnim hrptovima na tri zasebne komore. Visina nosača u središnjoj komori iznosi 4,5 m, dok se rubne komore stanjuju prema krajevima. Unutar zatvorenog čeličnog sanduka glavnog nosača nalaze se poprečni nosači i uzdužna trapezna ukrućenja koja jamče stabilnost sklopa. Kolnička konstrukcija je ortotropna ploča: čelična ploča ojačana uzdužnim ukrućenjima.



## Konstruktorske značajke koje Most Pelješac čine originalnim

1

Za pilone Pelješkog mosta kažemo da su niski jer je omjer visine nad kolnikom i raspona manji nego što je to uobičajeno kod konvencionalnih ovješanih mostova. Omjer visine pilona prema rasponima iznosi 0,14 što je manje od omjera 0,2 do 0,22 koji se inače preporučuje. Niski piloni odabrani su zbog uvjerenja projektanta da se na usvojenim rasponima učinak ovješanja može postići i manjom visinom pilona. Ovo je jedna od konstruktorskih osobitosti mosta koje ga čine jedinstvenim.

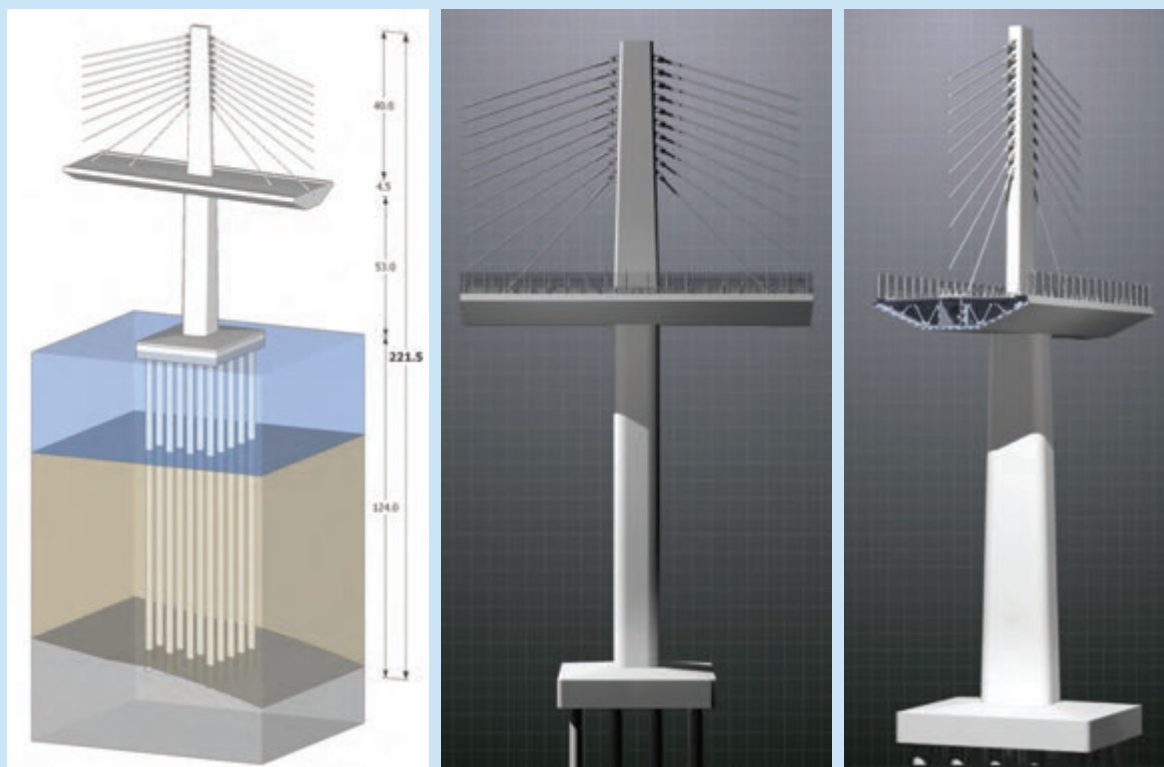
2

Druga važna posebnost ove građevine je polu-integralni (semi-integralni) koncept, odnosno kruta veza središnjih stupova, pilona, s čeličnom konstrukcijom grede. Uobičajena rješenja ovješanih mostova ostavljaju mogućnost uzdužnog pomaka grede u odnosu na pilon. Kod povezivanja duge konstrukcije sa stupovima formira se okvir u kojem nastaju

velike sile od spriječenih pomaka, primjerice, kod oscilacija u temperaturi od kojih se most rasteže. Integralni sklop ovako velike duljine je jedinstven, a projektant je podesio značajke sklopa da bude dovoljno krut za korisna opterećenja i dovoljno elastičan za preuzimanje sile od potresa.

3

Treća posebnost je kombiniranje čelika i betona u izvedbi grednog nosača. Između gornjeg i donjeg dijela piloni sadrže dio rasponskog sklopa istog oblika kao što je čelična greda, ali od prednapetog betona. Dakle, čelične grede pet srednjih raspona protežu se od pilona do pilona, gdje su prekinute betonskim dijelovima sklopa istog vanjskog oblika. Krajevi čeličnih greda uz pilon prednapinjanjem su čvrsto upeti u betonske elemente, kako bi se dodatno zajamčila poprečna stabilnost i osigurala neprekinutost konstrukcije (kontinuitet). Drugim riječima, čelična konstrukcija nad morem nastavlja se prednapetom konstrukcijom nad stupovima i to tako da su čvrsto povezane. Projektant je odabrao ovakav koncept u uvjerenju da on doprinosi boljoj razdiobi sila među stupovima u slučaju potresa ili djelovanja jakog vjetrova.



*Pilon, kose zatege, ovješeni rasponski sklop i temelji Pelješkog mosta na zabijenim pilotima*

Donji dijelovi pilona su u pogledu sa strane široki po 7 metara, a u poprečnom smislu se sužavaju od dna, gdje su širine 11 m do vrha gdje su široki 8,1 m. Iznad donjeg dijela stupa je betonski segment rasponskog sklopa, u koji se sidre čelične konstrukcije, a nad njim je pilonski dio, visok 40 metara. Pilonski elementi nad rasponskim sklopom su punog betonskog presjeka, smješteni u osi mosta, visoki 40 metara. U uzdužnom smislu široki su 2,2 metra, a u poprečnom

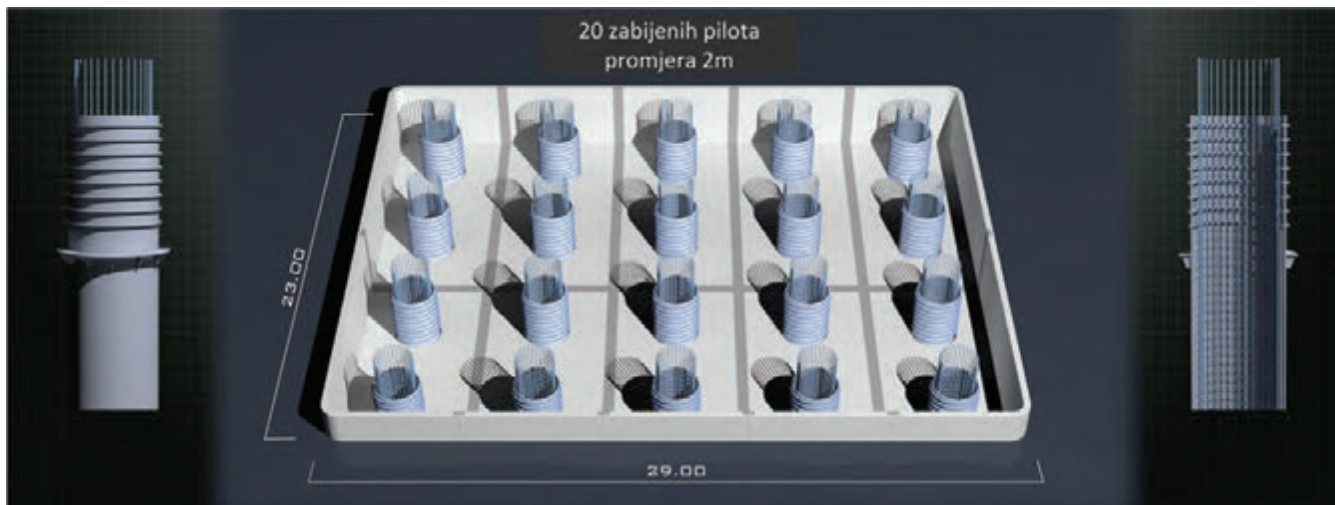
variraju u širini od 7 metara na razini rasponskog sklopa do 5 metara na vrhu. Kose zatege se u pilone sidre preko posebnih čeličnih elemenata, takozvanih sedala, koje prolaze kroz beton jedno iznad drugog. Svaki pilon ima po 10 sedala, u koje se sidri po 10 kosih zatega na svaku stranu, simetrično.

Stupovi dijela mosta kojim se prilazi glavnom ovješanom sklopu uži su od pilonskih stupova, širine 4,25 metara uzduž

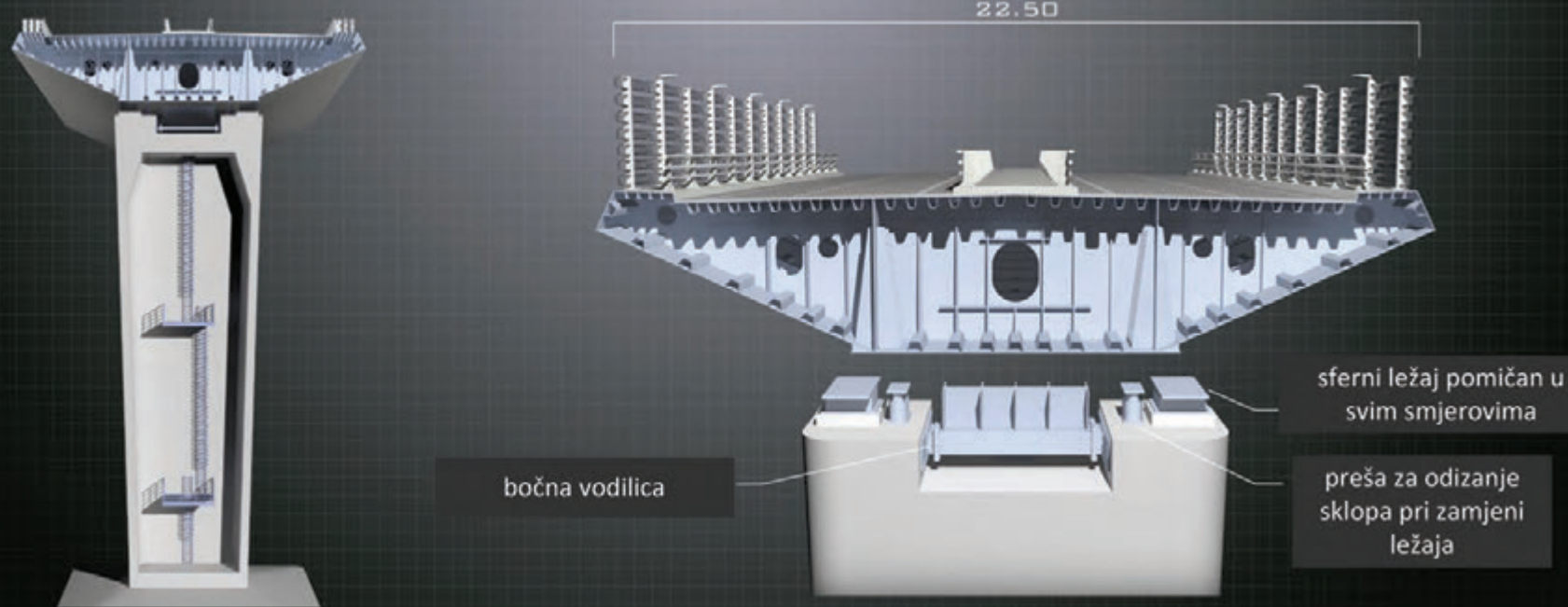
mosta i od 10 do 8 metara poprečno na most. Na vrhu završavaju ležajnim kvadrima preko kojih se oslanja rasponski sklop. Između grede i betonskog stupa su čelični ležajevi koji omogućuju pomake konstrukcije mosta u odnosu na stup. Uz ležajeve ugrađuju se i uzdužne vodilice, koje sprečavaju pad konstrukcije mosta sa stupova u slučaju katastrofalnog potresa. Na oba upornjaka, kao i na stupovima S4 i S11

ugrađeni ležajevi mogu preuzeti i vlačne, odnosno odižuće sile.

Svi stupovi u moru pri dnu završavaju betonskom naglavnom pločom. Temeljeni su na zabijenim pilotima, a naglavne ploče ime su dobile po tome što u njih – s donje strane - ulaze vrhovi pilota.



Naglavnica pilota pilona S7 i S8



Presjek kroz stup i detalji vrha stupa s osloncem rasponske konstrukcije

Na krajevima mosta rasponska konstrukcija se oslanja na masivne upornjake – krajnje stupove koji s jedne strane prihvaćaju opterećenje od mosta, a s druge strane nasip pristupne ceste.

Na mostu je dosljedno primijenjeno načelo proisteklo iz iskustva s održavanjem građevina, po kojem svi šuplji prostori unutar konstrukcije mosta moraju biti dostupni pregledu.

Svi stupovi imaju otvore za ulaz i čelične ljestve pa je čitav unutrašnji prostor pristupačan pregledu. Kroz stupove se može doći i u unutrašnjost sanduka, pa pristupi služe i za popravke i održavanje opreme mosta.



## Temeljenje

Većina oslonaca Mosta Pelješac nalazi se na mjestima gdje je tlo dobre nosivosti na većoj dubini pa je bilo potrebno projektirati duboke temelje, kojim je opterećenje kroz naslage gline preneseno na stijenu. Duboko temeljenje Pelješkog mosta izvedeno je na pilotima. Bio je to značajan inženjerski izazov, budući da se nosivo tlo, čvrsta stijena koja može preuzeti opterećenja s konstrukcije nad morem, nalazi na velikoj dubini: najdulji piloti dugi su 130,6 metara.

Svi piloni oslanjaju se na po 20 zabijenih čeličnih pilota, koji su na vrhu povezani naglavnom pločom. Piloti su dijelom ili u čitavoj duljini ispunjeni armiranim betonom. Na stupovima na manjoj dubini temelji su na 18 pilota, a pod stupovima uz obalu su temelji na po 9 pilota. Kraći piloti imaju promjer od 1,8 metara, a oni dulji 2 metra.

Projekt temeljenja zasnovan je na ispitivanju tla na lokaciji mosta.



*Geotehnički istražni radovi na lokaciji mosta: bušenje uzoraka s morskog dna obavlja se cijevima u kojima ostaju uzorci tla s određene dubine. Analizom tih uzoraka određuje se u kojoj je mjeri tlo podobno za temeljenje.*



*Uzorci s dna mora na lokaciji budućeg temelja mosta složeni su u kutiju po redu, odnosno po dubini iz koje su izvađeni. Vidljiva je granica između slabo nosive gline i stijene na dubini od 127 m, odnosno oko 100 m ispod dna mora.*

Sabrani su brojni rezultati prethodno načinjenih probnih bušotina, geofizičkih i drugih ispitivanja. Zanimljivo je da se kod probnog bušenja na mjestu temelja vodilo računa o posebnostima krškog područja – mogućim kavernama, pa je bušeno najmanje 12 metara u čvrstu stijenu, kako bi se pronašle eventualne šupljine ispod temelja.

Za konačnu varijantu mosta načinjene su dodatne bušotine na mjestima svakog temelja, a zabijena su i dva testna pilota, promjera 2 metra, koji nisu dio nosive konstrukcije. Izradom testnih pilota potvrđena su ranija saznanja o tlu, a osim toga služili su i za isprobavanje opreme i tehnologije radova prije nego što su primijenjene na nosivim pilotima.

Piloti tijekom zabijanja prolaze kroz slojeve gline da bi se oslonili na čvrstu stijenu. Postavljeni su u pravokutnom rasporedu, a ukupno ih je u nosivoj strukturi 148, ne računajući 22 manja bušena pilota u temelju stupa S13. Grupe pilota ispod svakog stupa ili pilona povezane su na razini mora debelom naglavnom pločom od armiranog betona, tako da zajednički prenose opterećenja od stupa. Donja polovica naglavne ploče je ispod razine mora, a gornja iznad.

Čelične cijevi pilota debele su 40 mm, a pri dnu – na najopterećenijem dijelu – podebljavaju se na 60 mm. Piloti dulji od 100 metara ispunjeni su armiranim betonom do dubine od 40 metara, mjereno od morske površine, dok su ostali ispunjeni po čitavoj duljini. Piloti stupišta bližih obali načinjeni su posebnom tehnologijom, na način da je i stijena ispod zabijenog pilota izbušena i ispunjena betonom, odnosno, ispod pilota je izvedena betonska stopa dubine 6 m.

## Kose zatege

Kose zatege su osnovni konstruktivni i nosivi element mosta. Zategu čini snop usporednih čeličnih užadi, a svako uže sastoji se od po 7 čeličnih žica ukupne površine 1,5 cm<sup>2</sup>. Žice su načinjene od čelika prekidne, vlačne čvrstoće 1860 MPa. Vlačna čvrstoća čeličnih kosih zatega može se ocijeniti sljedećom usporedbom: žica promjera 1 mm<sup>2</sup> od materijala zatega mogla bi podnijeti da se o nju objesi težina od 186 kilograma. Međutim, u eksploataciji mosta koristi se samo 45 % čvrstoće, što znači da najveće naprezanje u normalnoj uporabi može dosegnuti 84 kilograma po milimetru kvadratnom.

Duljina zatega varira od 33 m do 137 m, a svaka se sastoji od najmanje 55, a najviše 109 strukova. Po dvije nasuprotne zatege na pilonu su spojene zakrivljenim sedlima. Zatege završavaju sidrima, od kojih je jedno pričvršćeno na pilon a drugo je u unutrašnjosti čelične konstrukcije mosta. Svaki snop žica pojedine zatege usidren je zasebno i može se dotezati tijekom uporabe mosta. U unutrašnjosti rasponskog sklopa su aktivna sidra, ona na kojima se užad može naknadno dotegnuti, dok su na sedlima na pilonu fiksna sidra.



*Detalj pilonskog sedla*

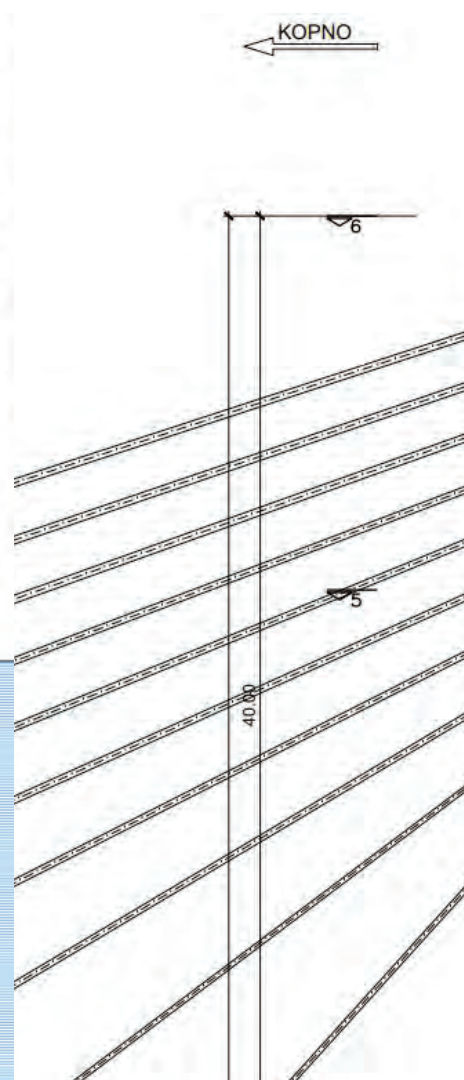
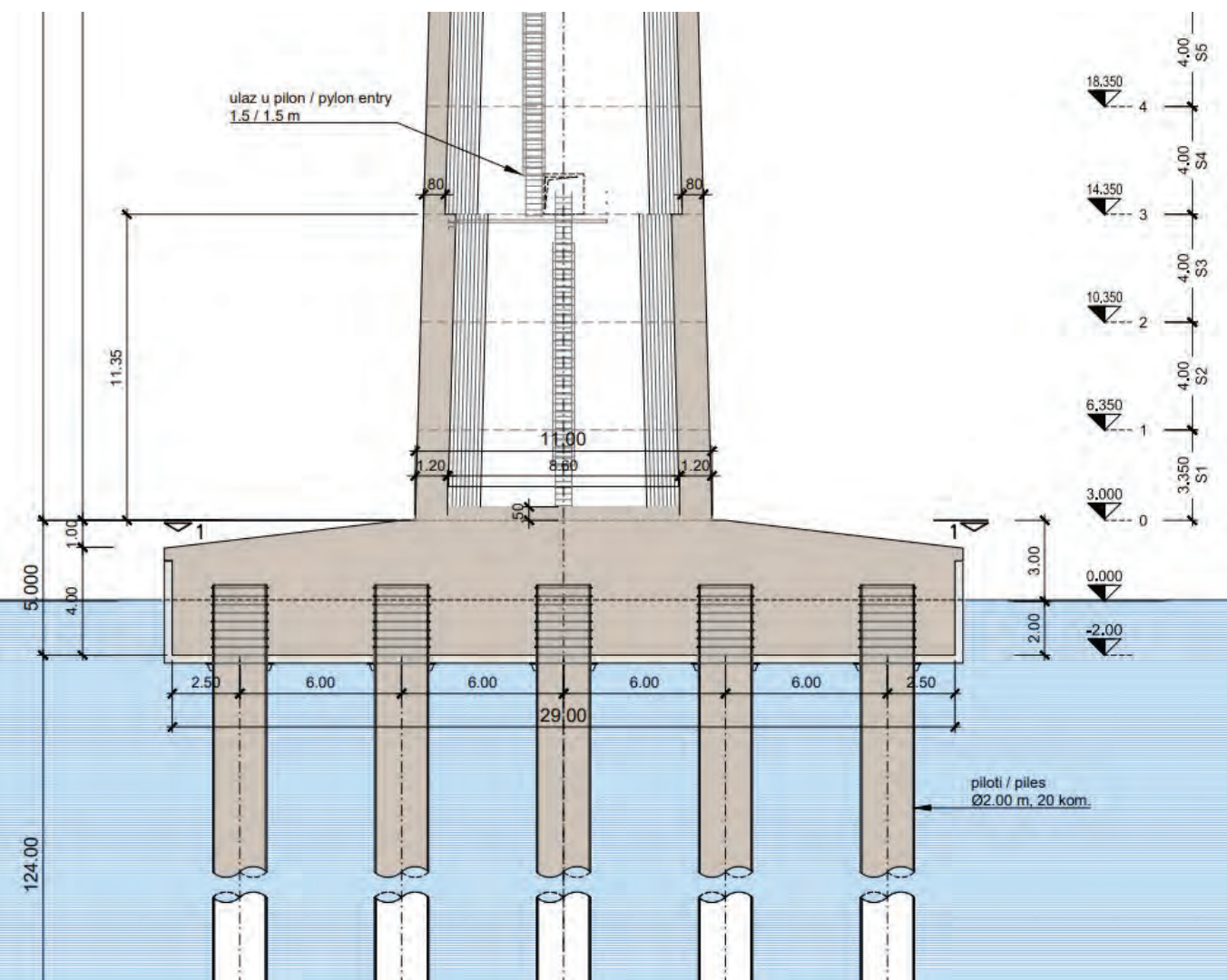
Zatege su višestruko zaštićeni od korozije, koja predstavlja najveći rizik ovih elemenata mosta, a završni vanjski omotač čine cijevi od polietilena visoke gustoće (kratica za taj materijal je HDPE).

Posebna pažnja posvećena je preveniranju vibracija zatega do kojih dolazi za vjetrovitih dana, budući da su takve pojave zabilježene na dubrovačkom mostu. Zaštitne polietilenske cijevi kosih zatega na vanjskoj su površini profilirane posebnim rebrima koja služe za to da se smanje vibracije uslijed kombiniranog djelovanja vjetera i kiše. Pored toga, na 5 najduljih zatega ugrađeni su hidraulični prigušivači vibracija. Na mostu preko Rijeke dubrovačke (ovješeni Most dr. Franja Tuđmana, na ulazu u Dubrovnik sa zapada) došlo je do vibracija uz umjeren vjetera i kišu, u tolikoj mjeri da su oštećene ograda i rasvjetni stupovi mosta, pa su zaštitni elementi ugrađeni naknadno.

Pojedinačni strukovi čeličnih žica ili čak cijele zatege mogu se – u slučaju potrebe – zamijeniti i to tako da se promet na mostu za vrijeme zamjene ne zaustavlja, već se prebacuje na zaustavne trake. Dakle, dio ovješene konstrukcije bez zatega može izdržati puno prometno opterećenje na mostu.



Kose zatege Pelješkog mosta sastoje se od paralelnih užadi gdje je svako uže ispleteno od po 7 čeličnih žica. Užad se na gradilištu uvlači u zaštitnu cijev, potom se jedno po jedno uže zateže na određenu silu. Zategu čini od 55 do 109 užadi napetih istom silom.



Presjek donjeg dijela pilona uz plovni put otkriva posebno ojačanje – podebljanje betonskih zidova na 1,2 m zbog mogućeg udara broda u stup.



## Oprema mosta

Most ne čini samo nosiva konstrukcija, već i svi oni elementi koji omogućuju sigurno i udobno prometovanje po njemu.

Rasponska konstrukcija mosta rasteže se i skuplja pod utjecajem promjena temperature, pa se na krajevima mosta ugrađuju prijelazne naprave, koje kompenziraju ove pomake, osiguravajući kontinuitet kolnika između mosta i obale. Prijelazne naprave Pelješkog mosta najveće su ikada ugrađene u neki naš most jer omogućuju pomake od po 70 centimetara u svakom smjeru (+/- 700 mm). To znači da razlika između duljine konstrukcije mosta između krajnjih stanja može biti po 1,4 metra na svakoj strani.

Na kolničku ploču ugrađuje se hidroizolacija i na nju dva sloja asfalta, prvo zaštitni, a na njega habajući sloj. Oba sloja asfalta debljine su po 4 centimetra.

Odbojne ograde na mostu priječe pad vozila s mosta, odnosno prelazak u suprotni kolnički trak.

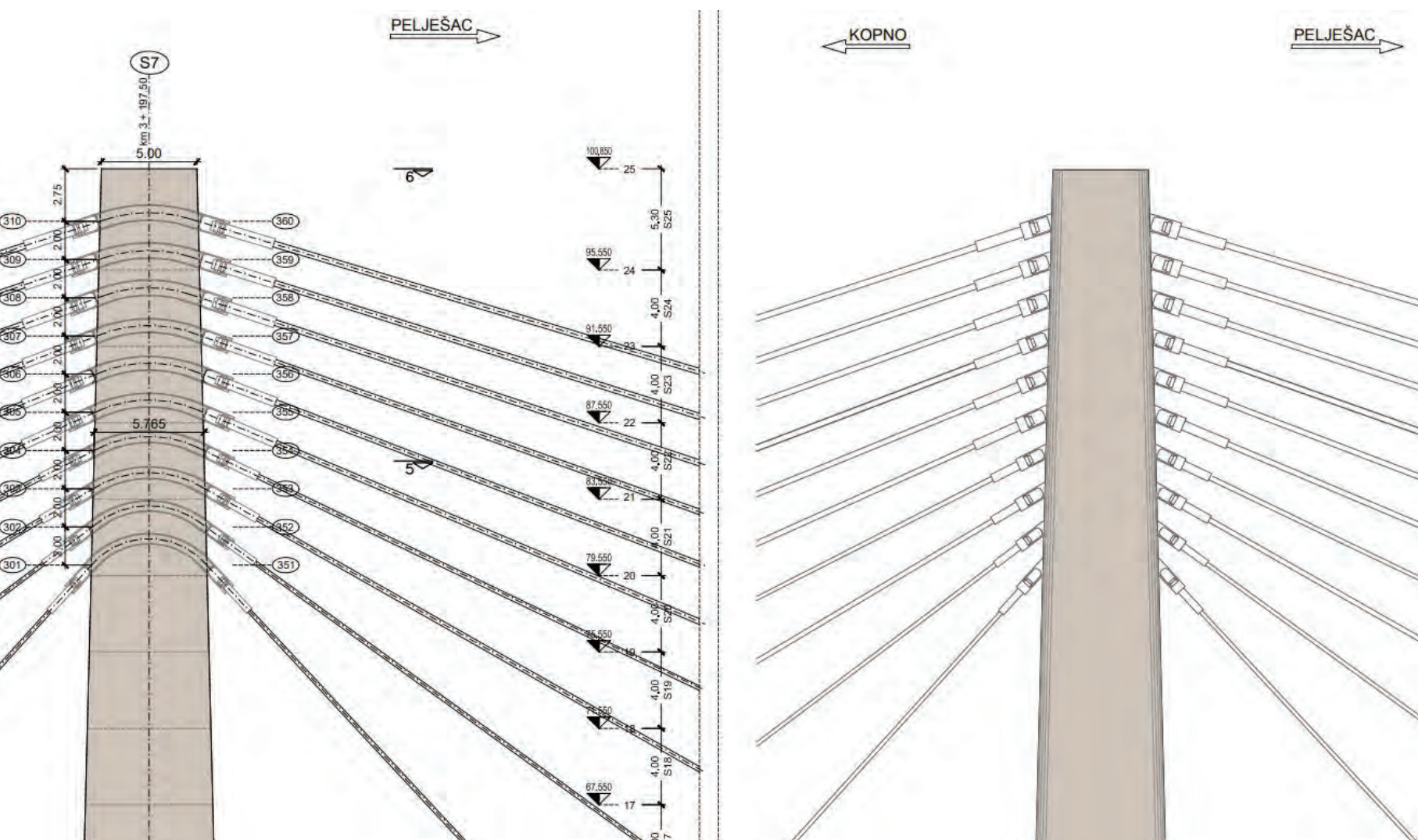
Na rubovima rasponskog sklopa postavlja se ograda koja štiti

vozila od djelovanja vjetra. Proračunom i ispitivanjima u vjetrovnom tunelu određena je visina vjetrobrana od 3,2 metra. On se sastoji od 7 lamela koritastog oblika, od armiranog akrilnog stakla. Lamele su široke 30 cm, a među njima je razmak od oko 15 centimetara. Ovakav tip ograde ranije se pokazao učinkovitim na nekim hrvatskim mostovima u području jakih bura.

Ograda za zaštitu od vjetra ujedno je i zaštitna ograda za pješake na servisnoj stazi.

Most ima takozvani zatvoreni sustav odvodnje: sva voda s kolnika se prikuplja i cijevima koje prolaze kroz sanduk odvodi dalje od mosta, prema uređajima za pročišćavanje. Sustav se sastoji od slivnika, poprečnih i uzdužnih cijevi, te šahtova. Zanimljivo je da je, obzirom na duljinu i širinu građevine, cijev odvodnje na kraju mosta promjera 50 centimetara.

Preko mosta prelaze instalacije prometne signalizacije, cestovne, dekorativne i servisne rasvjete, rasvjete plovnog puta, telekomunikacijski vodovi, te električni kabeli visokog i niskog napona. Sve instalacije smještene su na policama unutar sanduka.



Detalj vrha pilona u presjeku i pogledu: vidljiva su čelična sedla koja povezuju po dvije nasuprotne zatege, koje se sidre o krajeve sedala.

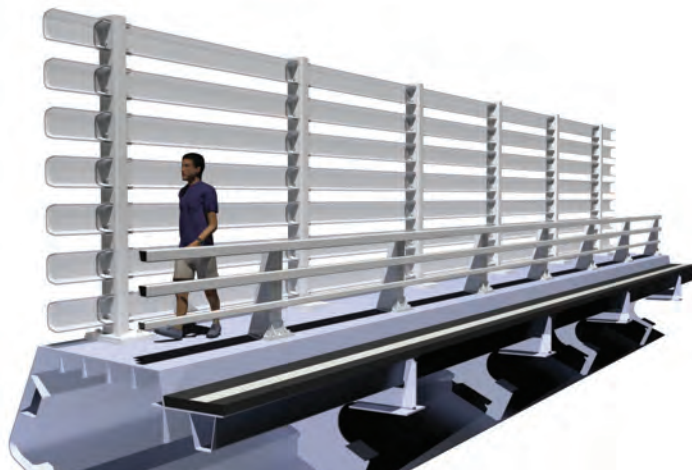
Na mostu je instalirano više sustava rasvjete:

- cestovna rasvjeta je u funkciji sigurnosti prometa
- dekorativna rasvjeta ugrađena je kako bi se naglasila posebnost mosta noću
- servisna rasvjeta montirana je u unutrašnjost svih stupova i sanduka
- oznake plovnog puta su na donjem rubu mosta u plovnom otvoru, a svi stupovi i piloni vidljivo su osvijetljeni kako bi se izbjegle nezgode s plovilima
- signalna rasvjeta na vrhu pilona služi sigurnosti avionskog prometa.

U most će biti ugrađen i poseban sustav opreme – senzora – koji su namijenjeni praćenju parametara mosta koji su bitni za trajnost. Pitanju trajnosti i budućih troškova održavanja u projektu je posvećena značajna pažnja, pa je tako razrađen sustav monitoringa.

Konkretno, mjere se pojave koje indiciraju buduća oštećenja betona, kao i stanje korozije čelika, odnosno stanje zaštitnih premaza. Senzori na lokacijama mjerenja bit će povezani sa središnjim računalom za registraciju u centru za održavanje. Uz redovite preglede mosta očekuje se da će ovaj sustav doprinijeti prevenciji većih radova. Ipak, održavanje mosta planira se kao značajna stavka radova koji će se odvijati kontinuirano.

*Detalj rubnog dijela sandučastog rasponskog sklopa Mosta Pelješac s ogradom za zaštitu od vjetra i odbojnom ogradom – simulacija iz projekta. Crtež pješaka je simboličan, servisnom stazom prolaziti će samo službeno osoblje.*

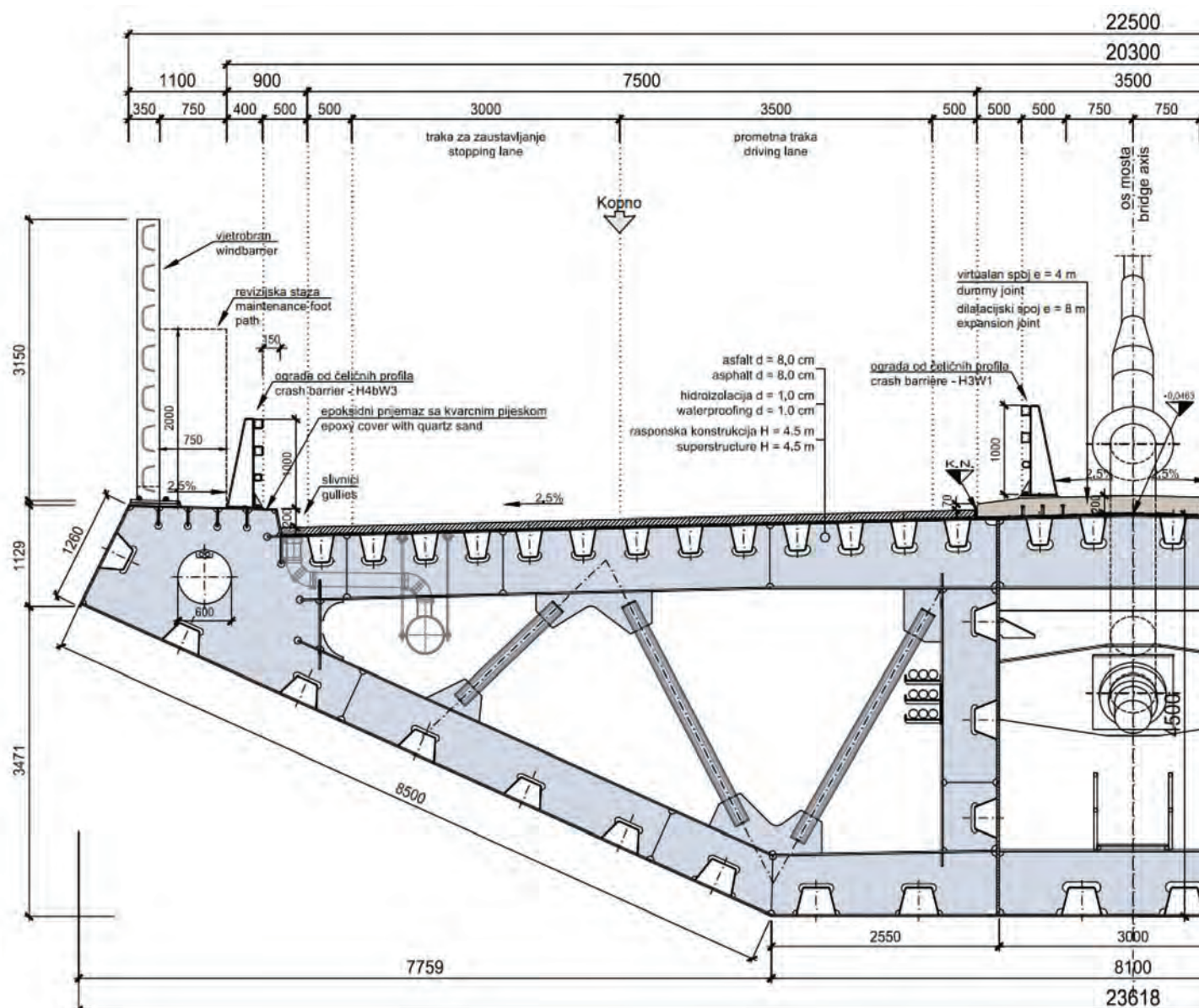


*Iz projekta dekorativne rasvjete mosta*



*Projekt cestovne rasvjete mosta morao je – između ostalog – biti usklađen s propisima koji štite okoliš od svjetlosnog onečišćenja*





Poprečni presjek ovješnog sklopa Mosta Pelješac s elementima opreme: vjetrobran, odbojna ograda, kolnik, odvodnja i nosači instalacija.

## Proračun mosta i ispitivanja na modelu

Kao što je rečeno, Pelješki most sadrži neke neuobičajene konstruktorske značajke pa su računske provjere na numeričkim modelima bile posebne i složene, a provedeno je i jedno ispitivanje modela mosta, u vjetrovnom tunelu.

Kompjutorski modeli mosta razlikuju se po složenosti u odnosu na namjenu: neki simuliraju ponašanje čitavog mosta, a neki samo njegov dio. Tako su i za Pelješki most načinjeni cjeloviti modeli, potom posebni, precizni modeli za neke detalje, a načinjene su i simulacije sklopa u fazama gradnje. Dio računskih provjera proveden je na dva modela, na različitim softverima, kako bi se mogućnost pogreške svela na najmanju moguću mjeru. Neki od načinjenih modela uključuju i tlo kao element mosta, odnosno uzimaju u obzir

interakciju tla i strukture, budući da deformacije tla uslijed opterećenja značajno utječu na raspored unutarnjih naprezanja u građevini.

Propisi za projektiranje zahtijevaju da projektant unaprijed odredi životni vijek građevine, slijedom toga je most projektiran na način da traje stotinu godina. Proračunski životni vijek odnosi se na dijelove konstrukcije koji se ne mogu zamijeniti, dok zamjenjivi dijelovi opreme, kao što su ograda, rasvjeta, kolnička konstrukcija i dijelovi odvodnje, imaju manju trajnost i predviđeno je da se, po potrebi, zamijene.

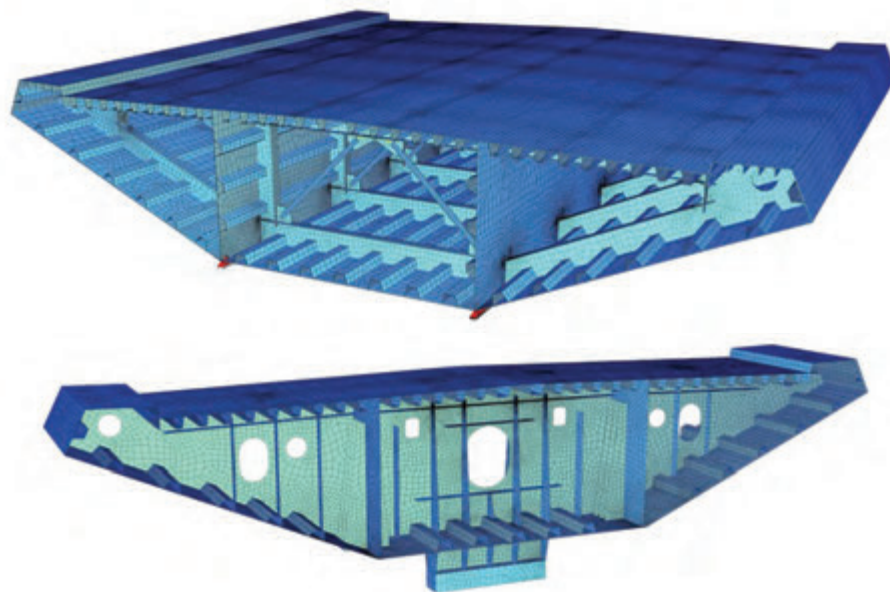
Svaki proračun građevine započinje analizom različitih djelovanja za koja očekujemo da će se pojaviti tijekom životnog vijeka. Djelovanja se kombiniraju u proračunske situacije, kojima se simuliraju kombinacije događaja koji bi mogli izazvati najveće sile na most. Za svaki dio mosta određuju se najznačajnija djelovanja, kojima se onda prilagođava njegova otpornost, primjerice, prilagođavanjem debljine čelika ili količinom armature u betonu.

Vidljivi elementi nosive konstrukcije mosta jasno pokazuju

način prijenosa vertikalnih opterećenja od prometa s kolnika na temelje pod morem: jaka greda dodatno je pridržana kosim zategama, a greda i zatege čvrsto su povezani jakim stupovima. No, zajedno s vertikalnim djelovanjima, na most povremeno djeluju i vrlo jake horizontalne sile, dominantno od potresa i vjetra, pa je projektiranjem obuhvaćen velik broj kombinacija opterećenja (proračunskih situacija). Analizom djelovanja na Most Pelješac obuhvaćena su djelovanja:

- vlastita težina nosive konstrukcije
- dodatno stalno opterećenje (npr. od opreme mosta)
- prometno opterećenje: korišteni su propisani modeli cestovnih vozila, a zanimljivo je da se jedna od provjera odnosi na prolaz specijalnog vozila mase 300 tona
- zamor: dijelovi se provjeravaju na velik broj ponovljenih opterećenja
- kočna sila: događaj kod kojeg veći broj vozila kočenjem izazove uzdužnu silu u sklopu
- diferencijalni pomaci temelja: jedna od proračunskih situacija predviđa mogućnost da se neki od pilonskih stupova pomakne za 5 centimetara u odnosu na ostale
- puzanje i skupljanje: osobina betona da mijenja volumen tijekom vremena provedenog u opterećenom stanju
- temperaturne promjene: konstrukcija se uslijed promjene temperature rasteže i skuplja, pa je primjerice, za čelik proračunom obuhvaćena situacija kada se most ohladi na  $-14^{\circ}\text{C}$  i ona kada se sklop zagrije na  $+55^{\circ}\text{C}$
- potres
- vjetar: za proračun se promatra djelovanje vjetra koji puše kontinuirano najmanje 10 minuta i javlja se prosječno jednom u 50 godina - najveća brzina takvog vjetra na lokaciji mosta iznosi  $33,7\text{ m/s}$ , odnosno oko  $120\text{ km/sat}$ . Međutim, s obzirom na složenost mogućih djelovanja vjetra različite jačine i smjera provedena su ispitivanja u vjetrovnom tunelu.
- udar broda: stupovi uz plovni put posebno su ojačani za mogućnost udara broda srednje veličine, mase  $10000\text{ tona}$ , koji plovi brzinom od  $2,5\text{ m/s}$ . Veći brodovi bit će tegljeni kroz područje mosta. Ostali stupovi u moru otporni su na udare manjih plovila.
- promjena kosih zatega: proračunski zahtjev koji kaže da se jedna zatega ili par zatega (simetrične zatege s obje strane pilona) mogu promijeniti bez da se zaustavi promet na mostu
- lom kose zatege: računa se s mogućnošću da se jedna – bilo koja - zatega naglo prekine.

Opasnost od potresa jedna je od okolnosti koje značajno utječu na konstruktivno oblikovanje mosta. Dubrovačko primorje u prošlosti je razarano snažnim potresima, od kojih je najpoznatiji onaj iz 1667. godine koji je opustošio stari Dubrovnik. Uglavnom, na području koje okružuje most, na radijusu od  $100\text{ km}$  u prošlom se stoljeću dogodilo 7 značajnih potresa magnitude veće od 6 stupnjeva po Richteru.



*Fragment numeričkog modela rasponske konstrukcije Mosta Pelješac, mreža predstavlja podjelu na konačne elemente – virtualne dijelove sklopa koji služe za opisivanje zamišljene konstrukcije jednadžbama*

Glavni parametri kojima se opisuju potresna djelovanja na nekoj lokaciji su dvije vrijednosti akceleracije (ubrzanja) na razini tla. Očekivani potres se opisuje ubrzanjem zbog toga što izaziva inercijalne sile, koje su produkt mase građevine i akceleracije. Ove se sile, radi boljeg razumijevanja, nekad izražavaju kao dio vlastite težine građevine, budući da inercijalne sile koje nastaju uslijed gravitacijskog opterećenja osjećamo u svakom trenutku pa su nam razumljive same po sebi.

Most je proračunat i sagrađen tako da izdrži djelovanje potresa manjeg intenziteta bez značajnih oštećenja, odnosno da se ne sruši pri djelovanju jakog potresa, već da u tom slučaju nastanu oštećenja koja se mogu popraviti. Očekivano razdoblje u kojem je vjerojatna pojava slabijeg potresa je oko 100 godina, dok se katastrofalni potres statistički očekuje jednom u 500 godina. Ovakav koncept odgovara europskim antiseizmičkim propisima, koji još predviđaju da se proračunski potres dodatno poveća ako se radi o građevinama od posebne važnosti.

Vršno opterećenje na razini tla za potres koji očekujemo jednom u 500 godina, izraženo kao dio ubrzanja sile teže ( $g$ ), iznosi  $0,34\text{ g}$ . Ova veličina, određena seizmološkom studijom, dodatno se množi faktorom važnosti građevina pa se računa s akceleracijom na razini tla u iznosu od  $0,54\text{ g}$ . Treba znati da se, zbog elastičnosti konstrukcije, sile od potresa iznad tla značajno uvećavaju, tako da možemo reći kako most u ekstremnoj situaciji mora izdržati vodoravnu silu koja je veća od vlastite težine konstrukcije – silu koja je jača od uobičajenog vertikalnog djelovanja.

Most je projektiran da izdrži djelovanje vjetra velike brzine, koji može djelovati iz raznih smjerova (referentna brzina vjetra doseže  $40\text{ m/s}$ ). Vjetar stvara pritisak na izložene plohe



mosta, koji se u proračunu uzima kao jedna od sila prema kojima se dimenzioniraju elementi nosive konstrukcije. Osim učinaka koji se u proračunu mogu uzeti u obzir kao dodatna sila na konstrukciju, projektant mora računati s dinamičkim učincima vjetra – vibracijama i oscilacijama koje također mogu ugroziti nosivu strukturu. U slučajevima ekstremno jakog vjetra promet na mostu se obustavlja, a da bi takvi slučajevi bili čim rjeđi, projektom je predviđena zaštita prometnice posebnim vjetrobranskim ogradama.

Opterećenje vjetrom na most istraženo je na numeričkim modelima, međutim zbog složenosti pojava koje prate strujanje zraka (mehanike fluida) načinjena su i ispitivanja na modelu mosta, u vjetrovnom tunelu. Ispitivanjima u vjetrovnom tunelu obuhvaćene su i faze izvedbe, kao i djelovanje vjetra iz različitih smjerova.

Ova ispitivanja utjecala su na oblikovanje poprečnog presjeka (koji podsjeća na avionsko krilo više no na klasični sandučasti presjek) i na projektiranje ograde za zaštitu od vjetra.

### Osnovni podaci o mostu:

Duljina 2440 m

Širina 23,6 m

Visina 55 m

Najveća visina od dna mora do vrha pilona 220 m; od toga 120 metara u moru, a 100 metara iznad mora

Najveći raspon mosta 285 m

Dubina mora ispod mosta 27 m

Broj zabijenih pilota: 148

Broj stupova: 12

### Glavne količine gradiva:

|                          |                                                                   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Beton:                   | 68.000 m <sup>3</sup> (C35/45, C40/50, C50/60 i C60/75 za pilone) |
| Čelična armatura:        | 18.000 tona                                                       |
| Kose zatege:             | 1.100 tona                                                        |
| Čelik za prednapinjanje: | 300 tona                                                          |
| Građevinski čelik:       | 33.600 tona (S355 / S460 – rasponska konstrukcija)                |
| Građevinski čelik:       | 31.200 tona (S355 -piloti)                                        |

### Sudionici na projektu izgradnje Pelješkog mosta:

|                               |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investitor:                   | HRVATSKE CESTE d.o.o.                                                                                                                                            |
| Projektant - udruga:          | GRAĐEVINSKI FAKULTET – Sveučilište u Zagrebu<br>PONTING Inženirski biro d.o.o., Maribor<br>PIPENBAHER INŽENIRJI d.o.o., Slovenska Bistrica                       |
| Autori projekta:              | Marjan PIPENBAHER, univ. dipl. ing. građ.<br>Prof. dr. sc. Jure RADIĆ, dipl. ing. građ.                                                                          |
| Projektant glavnog projekta:  | Marjan PIPENBAHER, univ. dipl. ing. građ.                                                                                                                        |
| Kontrola glavnog projekta:    | Geodata Tunnel Ltd. i COWI A/S                                                                                                                                   |
| Kontrola izvedbenog projekta: | RAMBOLL Denmark A/S                                                                                                                                              |
| Izvoditelj - zajednica:       | China Road and Bridge Corporation,<br>CCCC Highway Consultants Co. Ltd.,<br>CCCC Second Highway Engineering Co. Ltd.<br>CCCC Second Harbour Engineering Co. Ltd. |
| Stručni nadzor:               | Institut IGH d.d.<br>Centar za organizaciju građenja d.o.o.<br>Investinženjering d.o.o.                                                                          |
| Predstavnik investitora:      | Goran Legac, dipl. ing. građ., voditelj Projekta CPJD<br>Jeroslav Šegedin, dipl. ing. građ., Predstavnik Naručitelja<br>za ugovor o izgradnji mosta              |



## Upravni postupak

|                                                                                                  |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Lokacijska dozvola za zahvat u prostoru Most kopno – Pelješac sa pristupnim cestama na D8 i D414 | 29. 9. 2005.  |
| I izmjena i dopuna                                                                               | 27. 1. 2016.  |
| II izmjena i dopuna                                                                              | 31. 12. 2019. |
| III izmjena i dopuna                                                                             | 11. 5. 2021.  |
| IV izmjena i dopuna                                                                              | 20. 5. 2022.  |
| Građevinska dozvola:                                                                             |               |

## Most Pelješac (faza 1)

|    |                                                                                                                                                                       |               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. | Most Pelješac od km 2+120 do km 4+560 – građevinski dio                                                                                                               | 24. 10. 2007. |
| 2. | I izmjena i dopuna Most Pelješac od km 2+120 do km 4+560 – građevinski dio                                                                                            | 21. 10. 2009. |
| 3. | II izmjena i dopuna Most Pelješac od km 2+120 do km 4+560 – građevinski dio                                                                                           | 20. 9. 2017.  |
| 4. | „Most kopno – Pelješac sa pristupnim cestama na D8 i D414“ 1. skupine,<br>Faza 1 – Most Pelješac od km 2+120 do km 4+560 – građevinski dio Rješenje o ispravku greške | 12. 3. 2022.  |



# PROJEKTIRANJE I PROJEKTANTSKI NADZOR

GORDANA HRELJA KOVAČEVIĆ, dipl. ing. građ.  
mr. sc. NIJAZ MUJKANović, dipl. ing. građ.

Gordana Hrelja Kovačević i Nijaz Mujkanović zaposleni su na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na Katedri za mostove još od vremena izrade prvih rješenja Mosta Pelješac, na kojima su radili kao suradnici, pod vodstvom prof. Jure Radića i prof. Zlatka Šavora. Isti tim radio je na projektu za koji su ishođene dozvole i koji se počeo graditi 2007., kao i na kasnijim projektima, između kojih je odabrano ono konačno, po kojem je most sagrađen. Glavni projektant Mosta Pelješac, a kasnije i kineski izvoditelj radova, prepoznali su kvalitete malog hrvatskog tima s Građevinskog fakulteta i angažirali ih u različitim ulogama pri izradi projektne dokumentacije. Hrelja Kovačević bila je projektant suradnik na izradi Glavnog projekta, između ostalog zadužena za ostvarenje kontinuiteta pravnih procedura projektiranja i ishođenje potrebnih suglasnosti i dozvola. Zajedno su bili angažirani kao konzultanti za izradu izvedbenog projekta i zaduženi za pregled izvedbenih projekata, kao i projektantski nadzor.



*Gordana Hrelja Kovačević, dipl. ing. građ. i mr.sc. Nijaz Mujkanović, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; projektanti - suradnici na projektu Mosta Pelješac*

## Glavni projekt mosta i izvedbeni projekt

Glavni projekt ima svoju zakonom definiranu namjenu kod ishođenja građevinske dozvole, prikazuje tehničko rješenje i daje dokaz mehaničke otpornosti i stabilnosti. Za ovako složenu građevinu to znači da sadrži glavne nacрте i veliku količinu vrlo složenih statičkih i dinamičkih proračuna. Nastavno na glavni projekt, izvedbeni projekt sadrži jako veliku količinu nacрта kojima se razrađuje svaki detalj mosta, a prateći proračuni služe projektantima za potvrdu konačnih rješenja i detalja konstrukcije. Nakon svih interakcija, možemo reći da je rad kineskih kolega vrlo profesionalan i da su napravili jako dobar izvedbeni projekt. Dijelovi

koji se odnose na čelične konstrukcije detaljno su pregledavani, te su nakon manjih dopuna usvajani za izvedbu.

## Usporedba dvaju projekata koji su konkurirali za konačno rješenje

Zajednički nastup PCI, Pontinga i Građevinskog fakulteta Zagreb započeo je optimizacijom ranijeg projektnog rješenja zavješnog mosta središnjeg otvora 568,0 m. Na Građevinskom smo fakultetu, u okviru projektnog tima pod vodstvom prof. Šavora, razradili projektno rješenje koje zadovoljava uvjet minimalnih troškova izgradnje. Načinjen je projekt grednog mosta sa središnjim rasponom veličine 256,0 metara, koji je u sebi sažeo sva stečena znanja o lokaciji.







Podizanje montažnog odsječka mosta, mase oko 200 tona |

naš nalog trebalo provesti: kolege bi jednostavno nastavili raditi po svom. Neke stvari trebalo je ponoviti tri ili četiri puta da bi se realizirale. U tom pogledu imali smo potporu glavnog projektanta, inženjera Pipenbahera, koji nije popuštao već je tražio da se svaki detalj izvede na odobreni način.

## Projektantski nadzor

Projektantski nadzor zapravo podrazumijeva pojašnjavanje projekta tamo gdje izvoditelj radova ima određenih nedoumica ili je nadzorna služba uočila problem. Također smo radili na usklađivanju specijalističkih projekata, na primjer projekta katodne zaštite s projektom konstrukcije. Neke zamisli projektanta trebalo je tijekom gradnje dodatno protumačiti, između ostalog i dodatnim nacrtima ili proračunom. Pregledavali smo sve nacрте i proračune faza izvedbe, s time da smo nešto i promijenili, odnosno dali neka rješenja koja su u skladu s važećim normama. Na primjer, to su rješenja ojačanja presjeka na mjestu gdje segment prihvaća dizalica kod manipulacije.

## Najsloženiji dio mosta

Spoj rasponske konstrukcije i pilona, odnosno spoj betonske i čelične strukture svakako je oblikovno, projektantski i izvedbeno najsloženiji detalj na mostu. U fazi projektiranja bilo je kritike na račun tog rješenja zbog zahtjevnosti izvedbe, međutim su svi ti spojevi izvedeni po projektu, bez većih poteškoća. Takvim rješenjem projektant je postigao učinkovito povezivanje pilona i rasponske konstrukcije u okvir s krutim spojevima, ali relativno gipkim elementima, dakle ostvario je integralni sklop kombinacijom dvaju materijala. Treba reći i to da upeti - fiksni spojevi čelične i betonske grede u mostogradnji

nisu inovacija, neki mostovi načinjeni su na takav način. Kada kažemo da u koncepciji detalja i spojeva u konstrukciji Pelješkog mosta nema osobitih inovacija, to treba shvatiti u pozitivnom smislu, jer bi eksperimentiranje na građevini ove veličine i značaja bilo neprimjereno. Niti jedan detalj na mostu nije nepoznanica, radi se o spojevima i konstrukcijskim elementima kakve predajemo ovdje, na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Njihovo dimenzioniranje, povezivanje i oblikovanje u cjelinu je ono što daje mostu Pelješac originalnost u odnosu na druge prijelaze sličnih prepreka.

## Integralni mostovi

Svi idejni projekti našeg tima predviđali su ugradbu ležajeva između rasponskog sklopa i stupova, a na kraju je sagrađen integralni sklop. Integralni mostovi imaju karakteristiku da im je rasponska konstrukcija kruto povezana s potporama. Time su pomaci na krajevima konstrukcije koji nastaju uglavnom uslijed temperaturnog rastezanja značajno smanjeni, ali se povećavaju sile u elementima mosta. Naše iskustvo govori da bi svi mostovi kraći od 80 metara trebali biti projektirani kao integralni. Ušteda na ležajima nije toliko bitna, već koristi koje proizlaze iz jednostavnijeg održavanja. Prekidi u konstrukcijama mostova uvijek su slaba mjesta, tako da smatramo da je preuzimanje većih sila (onih koje nastaju zbog spriječenih pomaka) opravdano uštedama u održavanju. Na Mostu Pelješac integralnu cjelinu čini 6 centralnih pilona s konstrukcijom između i prilježnim poljima, dakle imamo gredu dugu 1800 metara koja je spajanjem s pilonskim stupovima postala okvir. Tako velik integralni sklop, koji još sadrži i kose zatege, je jedinstven. Međutim, kada se govori o spriječenim pomacima od zagrijavanja i hlađenja konstrukcije, treba imati u vidu da su piloni, koliko god to čudno izgledalo, zapravo gipki, pa je horizontalno nepomična točka oko 50

metara ispod kolničke konstrukcije. Možemo procijeniti da su svi pomaci koji bi nastali od rastezanja i skupljanja grede do veličine pola metra zapravo potpuno prihvatljivi u ovom mostu.

Drugim riječima, vitki stupovi omogućuju pomake do kojih će doći uslijed promjene temperature i projektant je o svemu tome vodio računa, pronašavši vrlo elegantna rješenja.

Drugo pitanje vezano uz integralne sklopove velikih mostova odnosi se na ponašanje u slučaju potresa. Mostovi u potresnim zonama u SAD-u projektiraju se i grade s velikim brojem ležajeva i prigušivača, dok u europskoj praksi u zemljama izraženog seizmiciteta nalazimo oba rješenja, sustav oslanjanja s ležajima i prigušivačima i sustav koji sadrži i upete spojeve.

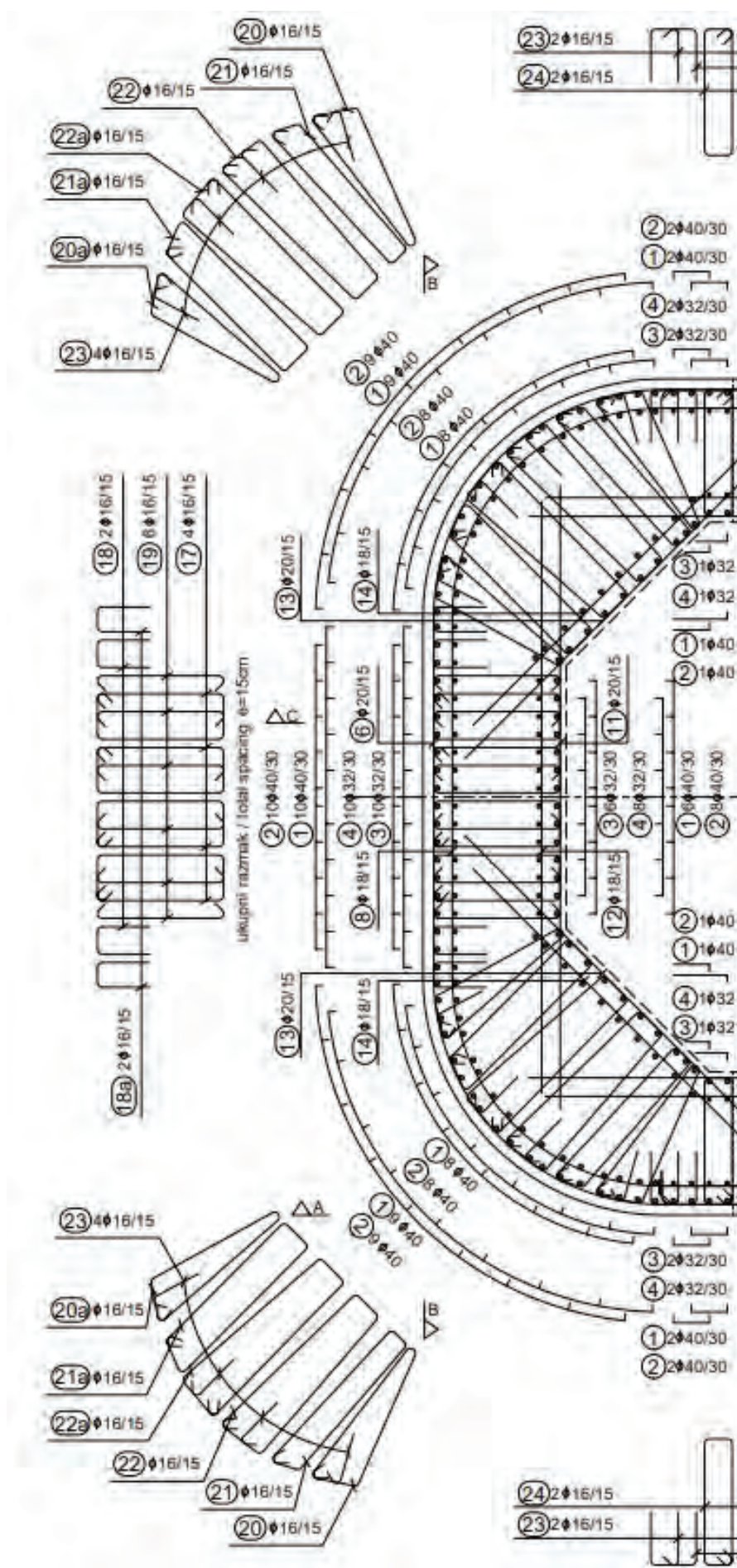
Ako projektant ispravno dimenzionira oslonce, odnosno realno procijeni raspored sila u slučaju potresa, oba rješenja su dobra. Ipak možemo naglasiti kako most bez ležaja izgleda elegantnije, a očekuje se da bi bio i jednostavniji za održavanje.

## Detalji armiranja betonskih elemenata

Detalji armiranja na Mostu Pelješac su različiti od onog što se uobičajeno viđa u oplatama betonskih elemenata naših mostova. Armatura naglavnih ploča pilota, stupova i piona je gušća nego na bilo kojem mostu na kojemu smo do sada radili. Uz to, korištene su šipke velikih promjera, od 40 mm i više. Nastavljanje armature preklapanjem u takvim je uvjetima upitno, pa je izvoditelj koristio patentirane nastavke. U debelim zaštitnim slojevima ugrađen je još i sloj mrežaste armature od nehrđajućeg čelika. Imali smo sreće s kineskim armiračima, koji su vrlo uredni, jer je tolike količine armature bilo teško smjestiti u relativno tanke presjeke.

## Hrvatski tim za projekte velikih mostova

U Hrvatskoj svakako postoji skupina inženjera koji posjeduju znanje, iskustvo i tehničke pretpostavke za izradu projekta velikog mosta napredne koncepcije. Međutim, za izradu ozbiljnog projekta mosta potreban je tim od desetak ljudi koji rade zajedno u kontinuitetu, a takvog tima posvećenog isključivo mostovima kod nas, za sada, nema. S druge strane, inženjer Pipenbaher stvorio je značajnu ekipu koja projektira isključivo mostove. Specijalizacija, iskustvo rada na velikim projektima, rad sa specijalističkim alatima, uz voditelja koji ima respektabilnu međunarodnu reputaciju čini ih konkurentnima na trećim tržištima. Voljeli bismo da se jednog dana u Hrvatskoj formira takva ekipa. U vrijeme zamaha izgradnje autocesta bilo je nekoliko timova koji su se bavili projektiranjem mostova, ostvareni su i pojedini projekti mostova za strane naručitelje, primjerice u Bosni i Hercegovini i na Kosovu, no s padom domaćih narudžbi timovi su se raštrkali, a neki kolege počeli su se baviti projektiranjem drugih građevina. Most kao što je Pelješac ne može projektirati netko tko nije duboko posvećen znanosti, zanatu pa čak i umjetnosti projektiranja mostova.











Armaturni koš na stupu prije betoniranja













3.4

# JAVNA NABAVA I UGOVARANJE

*Marica Cikoja Ratkovski, inženjerka građevine i zaposlenica Hrvatskih cesta, s dvadesetogodišnjim iskustvom na poslovima javne nabave iz područja građevinarstva, vodila je tim koji je proveo dugotrajan i složen postupak javne nabave za radove i stručni nadzor izgradnje Pelješkog mosta, kao i postupke javne nabave za preostale elemente projekta CPJD. Takozvani dvostupanjski postupak nabave radova na izgradnji mosta vrijednih preko dvije milijarde kuna trajao je dvije godine, uz veći broj teškoća i zastoja kojima je zajednički nazivnik to što važeća regulativa ne prepoznaje posebnosti nabave velikih infrastrukturnih projekata u odnosu na nabavu uobičajenih radova i usluga.*

## Postupak javne nabave radova

Postupak javne nabave za odabir izvođača radova na izgradnji Pelješkog mosta, Hrvatske ceste su formalno započele objavom poziva zainteresiranim gospodarskim subjektima u Elektroničkom oglasniku javne nabave RH i Službenom listu EU 21. lipnja 2016. godine. Opsežne pripreme za postupak počele su znatno ranije.

Hrvatske ceste su jedan od najvećih javnih naručitelja u Republici Hrvatskoj, no iskustvo ranijih nabava velike vrijednosti nije dostajalo za pripremu svih aspekata odabira izvođača za ovako složenu građevinu. Cilj je bio odabrati izvođača radova koji će imati potrebne kapacitete i znanje za izvedbu vrlo složenih specijalističkih radova u rokovima koji su zacrtani i određeni Operativnim planom povlačenja sredstava. Dokumentacija za nadmetanje je izrađena u Hrvatskim cestama uz podršku međuresorne radne skupine koja je osnovana radi provedbe ovog strateškog projekta i uz konzultacije vanjskih stručnjaka za pojedina područja (Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Državna geodetska uprava, Uprava za sustav javne nabave). Dokumentacija za nadmetanje je prije same objave prošla prethodnu kontrolu nadležnog tijela (Posredničko tijelo, odnosno Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture) te je usklađena s preporukama.

## Dvostupanjski postupak

Za provedbu ove nabave odabran je ograničeni postupak javne nabave koji se provodi u dva stupnja. Osobito je važno spomenuti kompleksnost trenutka u kojem je započet postupak, jer je na snazi bio Zakon o javnoj nabavi (NN 90/11, 83/13, 143/13, 13/14 Odluka Ustavnog suda) uz obveznu primjenu odredbi Direktive 2014/24/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 26. veljače 2014. o javnoj nabavi čija je implementacija u novi Zakon o javnoj nabavi tek bila u fazi savjetovanja. Svi oni koji su se u to vrijeme bavili javnom nabavom u RH znaju koliki je izazov za naručitelja bilo pokretanje ovakvog kompleksnog postupka javne nabave u takvom pravnom okviru, jer tada nije postojalo relevantno iskustvo niti jednog javnog naručitelja niti pravna praksa nadležnih tijela kojima bi se vodili u provedbi.

Tijekom prvog stupnja ograničenog postupka javne nabave, naručitelj je izmijenio izvorno tražene uvjete sposobnosti kako bi omogućio što šire tržišno natjecanje, na način da je:

a) povećao razdoblje prihvaćanja referenci (uvjet koji kaže koliko najviše godina mogu biti stare prihvatljive reference) i to s 15 na 20 godina,

b) izvorno je tražen jedan stručnjak s iskustvom na izgradnji ovješanih mostova, iskustvom dubokog temeljenja u vodi na čeličnim pilotima i iskustvom predstavnika izvođača u vođenju ugovora po pravilima FIDIC ugovora. Uvjet je izmijenjen na način da se umjesto jednom osobom, uvjet mogao dokazati putem više stručnjaka, maksimalno tri.

Dugi vremenski periodi između pojedinih koraka postupka javne nabave bili su zapravo ispunjeni značajnim aktivnostima i od strane investitora i od strane gospodarskih subjekata, što je vidljivo iz mnogobrojnih upita za dodatnim pojašnjenjima, uglavnom od stranih gospodarskih subjekata. Bez obzira na to što su postupak i dokumentacija bili, u opisanim okolnostima, kvalitetno pripremljeni, u provedbi prvog stupnja postupka uložene su 3 žalbe na dokumentaciju za nadmetanje. Razinu stručnosti dokumentacije za nadmetanje potvrđuje činjenica da su dvije žalbe odbijene u cijelosti, a u slučaju treće žalbe je od deset žalbenih navoda samo jedan navod ocijenjen osnovanim. Trajanje žalbenih postupaka rezultiralo je mirovanjem postupka nabave od 98 dana.

## Prvi stupanj postupka

"Dan D1" - rok za dostavu, donio je 12 Zahtjeva za sudjelovanje:

1. Zajednica natjecatelja: Bechtel International Inc., US i ENKA Insat ve Sanayi A.S., Turska
2. Zajednica natjecatelja: Astaldi S.p.A. i IC ICTAS INSAAT SANAYI VE TICARET A.S., Turska;
3. Zajednica natjecatelja: Bouygues Travaux Publics S.A.S., Francuska i Viadukt d.d., Republika Hrvatska;
4. Zajednica natjecatelja iz Kine: China Road and Bridge Corporation; CCCC Highway Consultants Co. Ltd.; CCCC Second Highway Engineering Co. Ltd. i CCCC Second Harbour Engineering Co. Ltd.;
5. Zajednica natjecatelja: TEIXEIRA DUARTE-ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, S.A., Portugal; TOTO S.p.a., Cooperativa Muratori&Cementisti-C.M.C. di Ravenna Societa Cooperativa, Italija; J&P-AVAX S.A., Grčka
6. STRABAG AG, Austrija;
7. Zajednica natjecatelja: Sinohydro Co. Ltd., Kina i SRBG Sichuan Road and Bridges (Group) Corporation Ltd., Kina;
8. Zajednica natjecatelja: AKTOR SA, 25, Grčka; Rizani de Eccher S.p.A., Italija i Daewoo E&C, Južna Koreja;
9. Zajednica natjecatelja: EIFFAGE GENIE CIVIL, Francuska i STFA INSAAT A. Ş., Turska;
10. Zajednica natjecatelja: CIMOLAI S.p.A., Italija i SAIPEM Limited, Velika Britanija;
11. Zajednica natjecatelja: COMSA S.A., Španjolska, ACCIONA INFRAESTRUCTURAS S.A., Španjolska i GS ENGINEERING&CONSTRUCTION CORP, Južna Koreja;
12. Zajednica natjecatelja: OBRASCON HUARTE LAIN S.A., Španjolska, SK Engineering&Construction Co.Ltd., Južna Koreja i IHI Infrastructure Systems Co.Ltd., Osaka, Japan.

Prema broju zaprimljenih Zahtjeva za sudjelovanje, vidljivo je da je naručitelj uvjetima propisanim u postupku javne nabave osigurao korektno tržišno natjecanje i u slučaju ovako kompleksnog predmeta nabave.

U nastavku postupka, bilo je potrebno detaljno pregledati, pojasniti i upotpuniti svih dvanaest Zahtjeva, što je otprilike četrdesetak registratora dokumenata, izvornika i prijevoda s raznih jezika. Osobiti izazov je predstavljala kontrola dokumenata dostavljenih u svrhu dokazivanja prava obavljanja djelatnosti pojedinih gospodarskih subjekata, nekažnjavanja gospodarskih subjekata i odgovornih fizičkih osoba, nepostojanje poreznog duga, a sve u okvirima pravne regulative zemalja poslovnog nastana.

Slikovito rečeno, trebalo je utvrditi način dokazivanja nekažnjavanja pravnih i fizičkih osoba te nepostojanje poreznog duga u Osaki u Japanu, Seulu u Južnoj Koreji, Dongcheng Districtu u Kini i ostalim državama iz kojih dolaze natjecatelji, odnosno utvrditi relevantne podatke o uvjetima sposobnosti i načinu njihove evidencije. Naručitelj je morao tražiti pomoć od veleposlanstava RH i diplomatskih predstavništava stranih zemalja u RH.

Tijekom mukotrpnog pregleda i ocjene Zahtjeva za sudjelovanje, naučili smo koliko je sagrađeno impozantnih mostova primjerice na Bosporu, u Francuskoj ili u Kini, vjetroelektrana u hladnom Sjevernom moru i drugih građevina širom svijeta.

Tijekom pregleda i ocjene Zahtjeva za sudjelovanje, često se znalo događati da strani natjecatelji ne razumiju naše zahtjeve

za pojašnjenjima i/ili upotpunjavanjima dokumentacije, ljuteći se na "pretjeranu birokraciju i sitničavost", ne znajući da svaka kriva riječ, izraz na stranom jeziku, nedovoljno precizna referenca, može biti razlog odbijanja njihovog zahtjeva.

Od dvanaest zaprimljenih Zahtjeva za sudjelovanje, valjanim je ocijenjeno njih osam, te su se stekli uvjeti za početak drugog stupnja postupka nabave.

## Drugi stupanj

Natjecateljima koji su dostavili valjane Zahtjeve, dana 31. svibnja 2017. godine, upućen je Poziv na dostavu ponuda s pripadajućom dokumentacijom, a preostalim natjecateljima dostavljena je Odluka o nedopustivosti sudjelovanja.

Tijekom drugog stupnja postupka javne nabave, sklopljen je Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava za projekt *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom* kojim je omogućeno financiranje projekta, te je naručitelj povećao iznos predujma kojeg će izvršitelj dobiti sa 10 % na 15 % ugovorenog iznosa. Ovo je učinjeno radi očekivanja da će veći predujam smanjiti financijske rizike izvođaču, što bi trebalo utjecati na smanjenje cijene ponude.

Također je izmijenjen kriterij za bodovanje, odnosno propisana dužina trajanja jamstva za otklanjanje nedostataka u jamstvenom roku je smanjena s 20 godina na 10 godina. Navedenom izmjenom nastojalo se utjecati na smanjenje



cijene ponude, kako bi se izbjeglo povećanje rizika u odnosu na kvalitetu izvedenih radova jer su glavnim projektom strogo propisani minimalni uvjeti kvalitete izvođenja radova za izgradnju mosta od kojih se ne može odstupati. Isto tako, nastojalo se omogućiti šire tržišno natjecanje s ciljem dobivanja kvalitetnog i iskusnog izvođača i realne cijene radova.

Do "Dana D2" - roka za dostavu ponuda, 15. rujna 2017. godine, zaprimljene su tri ponude koje su pregledane i ocijenjene sukladno kriterijima za odabir kako slijedi:

- Zajednica ponuditelja: Astaldi S.p.A. i IC ICTAS INSAAT SANAYI VE TICARET A.S., Turska; s cijenom ponude od 2.551.512.924,09 kn (bez PDV-a) i koja je odbijena jer Zajednica ponuditelja nije dostavila jamstvo u skladu s Dokumentacijom za nadmetanje.

- STRABAG AG, Austrija, s ponuđenom cijenom bez PDV-a u iznosu od 2.622.856.184,45 kuna, rokom dovršetka radova od 42 mjeseca i dužinom roka za otklanjanje nedostataka u trajanju od 120 mjeseci – ponuda je bodovana s 84,84 boda.

- Zajednica ponuditelja China Road and Bridge Corporation; CCCC Highway Consultants Co. Ltd.; CCCC Second Highway Engineering Co. Ltd. i CCCC Second Harbour Engineering Co. Ltd. s cijenom ponude u iznosu od 2.081.608.270,72 kn (bez

PDV-a), rokom dovršetka radova od 36 mjeseci i dužinom roka za otklanjanje nedostataka u trajanju od 120 mjeseci, čime je postigla maksimalni broj od 100,00 bodova te je prema kriteriju za odabir ponude ocijenjena kao ekonomski najpovoljnija ponuda.

Oba ponuditelja čije ponude nisu odabrane uložili su žalbe na Odluku o odabiru, no one su odbijene kao neosnovane rješenjem Državne komisije za kontrolu postupaka javne nabave, čime je Odluka o odabiru postala izvršna. Ugovor o izgradnji mosta kopno – Pelješac s pristupnim cestama je potpisan dana 23. travnja 2018. godine.

## Završetak postupka

Izvršnošću Odluke o odabiru završen je postupak nabave radova izgradnje mosta kopno – Pelješac s pristupnim cestama, što je predstavljalo tek prvu fazu projekta *Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom*, ali i neprocjenjivo iskustvo svima koji su sudjelovali u njegovoj provedbi.

Dragocjena znanja stečena kroz provedbu ovog "postupka svih postupaka" korištena su u narednim nabavama radova i usluga u ostalim projektima Hrvatskih cesta, a bila su od koristi i ostalim javnim naručiteljima s kojima smo ih podijelili.



*Prof. dr. sc. Vladimir Skendrović je karijeru započeo kao glavni inženjer na gradilištima naših prvih autocesta, bio je organizator i rukovoditelj radova u inozemstvu, znanstvenik, a potom tehnički savjetnik po najsloženijim pitanjima vođenja graditeljskih projekata, radeći za svjetske financijske institucije. Djelovao je kao profesor na građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu i Osijeku, uz savjetničke angažmane kojima je postizao da se poslovni procesi vezani uz građenje i održavanje cesta podignu na višu razinu. Radio je na projektima vezanim uz graditeljstvo u više od 20 država diljem svijeta. Kao savjetnik investitora dao je značajan doprinos ugovaranju i postavljanju sustava upravljanja projektom izgradnje Pelješkog mosta.*

# UGOVOR ZA RADOVE NA IZGRADNJI MOSTA

Nakon što je izrađen glavni projekt mosta, načinjena je dokumentacija o nabavi radova, uključujući i prijedlog ugovora o građenju te dokumentacija o nabavi stručnog nadzora s prijedlogom odgovarajućeg ugovora. Oba navedena ugovora imaju svoje posebnosti zbog tehničkog rješenja, veličine i karakteristika građevine, načina financiranja te primijenjenih modela ugovora.

Ugovor o građenju pripremljen je pod nazivom „Ugovor o izgradnji mosta kopno – Pelješac s pristupnim cestama“ i nakon javnog nadmetanja sklopljen je 2018. godine s konzorcijem kineskih tvrtki. Budući da je gradnja sufinancirana sredstvima iz EU fondova, ugovor o građenju trebao je biti temeljen na nekom od FIDIC-ovih modela *Uvjeta ugovora (Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils, Međunarodna federacija inženjera konzultanata)* i morao je biti na hrvatskom jeziku.

Zbog karakteristika tehničkog rješenja i složenosti gradnje mosta, što se prvenstveno odnosi na veliku količinu čelika, zatim na zabijene čelične pilote iznimne duljine te visoke armiranobetonske pilone, bilo je nedvojbeno da će Izvođač radova raditi izvedbene projekte u skladu sa svojom tehnologijom i organizacijom radova. To se naročito odnosi na radioničke nacрте izrade elemenata čelične konstrukcije i čeličnih pilota, uvjete kopnenog i pomorskog prijevoza te montažu odnosno ugradnju čelične rasponske konstrukcije i pilota.

Imajući u vidu potrebu tako značajnog opsega projektiranja od strane Izvođača, postavilo se pitanje koji bi FIDIC-ov model ugovora za radove bio odgovarajući. U obzir su uzeti FIDIC-ovi *Uvjeti ugovora o građenju za građevinske i inženjerske radove po projektima naručitelja*, prvo izdanje 1999., poznati pod nazivom „Crvena knjiga“ i *Uvjeti ugovora za postrojenja i projektiranje i građenje*, prvo izdanje 1999., poznati pod nazivom „Žuta knjiga“. Nakon detaljnog razmatranja prednosti nedostataka navedenih modela, ugovor o građenju pripremljen je prema „Crvenoj knjizi“, pri čemu je korišten hrvatski prijevod tog modela u izdanju Hrvatske komore inženjera građevinarstva.

„Crvena knjiga“ se redovito koristi i prvenstveno je namijenjena za radove po projektima naručitelja, ali nije isključena njena primjena i za ugovore prema kojima Izvođač uz građenje preuzima i dio obveze projektiranja. Tako se u Općim uvjetima ugovora već u prvoj rečenici prvog stavka članka 4.1 [Opće obveze Izvođača] navodi: „Izvođač će projektirati (do obujma navedenog u Ugovoru), izvesti i dovršiti Radove u skladu s Ugovorom ...“. Međutim, nigdje se u preostalim člancima Općih uvjeta ugovora na bilo koji način ne spominje projektiranje, stoga je u Posebne uvjete ugovora trebalo dodati specifične odredbe kojima su detaljno uređene obveze i odgovornosti Izvođača u pripremi i odobravanju izvedbenih projekata, a što je jedna od posebnosti ovog ugovora o građenju. Uz to, kao što je slučaj sa svakom primjenom FIDIC-ovih modela ugovora u našoj praksi, Posebni uvjeti ugovora sadrže mnoge odredbe kojima se Opći uvjeti ugovora dopunjuju, brišu ili mijenjaju kako bi se uskladili s našim Zakonom o obveznim odnosima, Zakonom o gradnji i drugim relevantnim propisima, posebno što se tiče osiguranja kvalitete te kako bi se prilagodili specifičnostima građevine.

Ugovorom o građenju, između ostalog, predviđena je i obveza Izvođača da pribavi odgovarajući softver i alate te razvije, instalira, održava i za cijelo vrijeme trajanja ugovora koristi *Building Information Modelling* (BIM – digitalna reprezentacija građevine) u svrhu planiranja, građenja i kasnijeg održavanja mosta. Riječ je o prvom slučaju u našoj praksi u kojoj je BIM primijenjen na gradnji velikih infrastrukturnih građevina.

Ugovor o stručnom nadzoru pripremljen je pod nazivom „Nadzor nad izgradnjom mosta kopno – Pelješac s pristupnim cestama“ i nakon provedenog nadmetanja 2018. godine sklopljen je s konzorcijem hrvatskih tvrtki: Institut IGH d.d., Centar za organizaciju građenja d.o.o. i Investinženjering d.o.o. Budući da je ugovor o građenju temeljen na FIDIC-ovim

uvjetima ugovora, ovaj ugovor je morao uređivati ne samo usluge stručnog nadzora nego sve usluge Inženjera, a radi preciznosti nazivu ugovora je dodan podnaslov „Ugovor za usluge Inženjera“.

FIDIC je 2006. godine objavio 4. izdanje *Modela ugovora Naručitelja i Konzultanta za pružanje usluga*, poznatog pod nazivom „Bijela knjiga“. Knjiga je prevedena na hrvatski jezik i mogla se koristiti kao temelj ugovora za usluge Inženjera na gradnji Pelješkog mosta. Međutim kako taj model ugovora nije bio dobro prihvaćen u međunarodnoj praksi, a i kod nas je bio rijetko primjenjivan, odlučeno je da se on neće koristiti.

Zbog iznimne složenosti tehničkog rješenja i gradnje mosta, jedna od karakteristika ovog ugovora je da konzultantska tvrtka koja pruža usluge Inženjera mora osigurati i na mostu zaposliti čak 12 specijaliziranih ovlaštenih nadzornih inženjera, a što je jedinstven slučaj u gradnji naših infrastrukturnih građevina.

U prvom (neuspješnom) pokušaju gradnje Pelješkog mosta, izvođači su (u formi konzorcija) bile u to vrijeme najiskusnije i najveće hrvatske građevinske tvrtke za područje niskogradnje: Hidroelektra-Niskogradnja d.d., Viadukt d.d. i Konstruktor-Inženjering d.d. Sve su te tvrtke kasnije propale pa se moglo očekivati da će se na novo nadmetanje za gradnju mosta javiti samo inozemni Izvođači. Zbog toga se s velikom vjerojatnošću pretpostavilo da će Izvođač čelične elemente mosta raditi u inozemstvu, stoga je u ugovoru o uslugama Inženjera posebnim odredbama uređen nadzor nad izradom čeličnih elemenata izvan granica Republike Hrvatske. Unatoč ograničavajućim uvjetima pandemije COVID-19, ovaj nadzor je uspješno proveden u Kini.



Potpisivanje Ugovora za izgradnju i nadzor radova na Mostu Pelješac  
25. travnja 2018.

Gledano s lijeva na desno: Zhang Xiaojuan, predstavnik tvrtke CRBC, ministar mora, prometa i infrastrukture RH Oleg Butković, predsjednik Vlade Republike Hrvatske Andrej Plenković, predsjednik Uprave Hrvatskih cesta Josip Škorić i predsjednik Uprave Instituta IGH, Oliver Kumrić





Postavljanje prvih derrick dizalica





# 4. IZGRADNJA MOSTA





4.1.

# UPRAVLJANJE PROJEKTOM

G O R A N L E G A C dipl. ing. građ.

Voditelj projekta

## Povezivanje

Projekt Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom jedan je od najznačajnijih infrastrukturnih projekata u Hrvatskoj, projekt koji je u prvom redu povezao ljude, a potom i razdvojene dijelove državnog teritorija. Nakon više pokušaja, napokon je došlo do realizacije mosta između kopna i poluotoka Pelješca, uz angažman značajnog broja tvrtki te velikog broja ljudi koji su došli iz svih krajeva svijeta. Radeći s njima shvatili smo koliko je važno da mi, građani Hrvatske, budemo povezani i jedinstveni kada se radi o nacionalnim interesima.

Ponosan sam što smo realizirali most i ceste, što ih predajemo na korištenje i što smo dali svoj doprinos boljem međusobnom povezivanju.

## Uloga voditelja projekta

Voditelj projekta odgovoran je za ostvarivanje postavljenih ciljeva projekta unutar zadanih rokova i u okviru prihvaćenog proračuna kroz koordiniranje niza pojedinih aktivnosti i kontrolu rada učesnika u projektu. Ovako pojednostavljeno rečeno, posao može izgledati jednostavan: treba ostvariti ono

što je propisano projektnom i ugovornom dokumentacijom unutar predviđenih rokova, no međutim u praksi to nije tako lako s obzirom da je svaki projekt jedinstven i provodi se uvijek u novom okruženju.

Prvo treba pripremiti zahtjevu dokumentaciju koja postupkom javne nabave rezultira sklopljenim ugovorima: o projektiranju, nadzoru, građenju i raznim specijalističkim uslugama. Sklopljeni ugovor postaje pravni okvir za otvoreni dijalog dvije ugovorne strane u kojemu kroz aktivan rad morate postići spremnost druge ugovorne strane na postizanje svojih ciljeva kroz razumijevanje, uspostavu sustava kontrole, ali i kroz stvaranje atmosfere povjerenja. Ciljevi ugovornih strana su na početku provedbe u mnogim točkama različiti, pa i suprotstavljeni, no tijekom rada kroz kontinuiranu komunikaciju treba postići dogovor u kojemu na kraju obje strane ne bi trebale biti nezadovoljne.

Grubo rečeno, izvoditelj ima potraživanja, obično usmjerena na čim veću i bržu financijsku realizaciju, produljenje roka ili zamjenu tehnologije kako bi se nešto napravilo brže i jednostavnije. S druge strane predstavnik naručitelja nastoji

uspješno, kvalitetno i u roku privesti izgradnju kraju. Kako bi u tome bio uspješan, mora biti iskusan i predvidjeti poteze druge strane i djelovati na način da se fokus održi na realizaciji projekta: rokovima, kvaliteti i cijeni.

Uspješan voditelj projekta mora osim velikoga životnog i profesionalnog iskustva imati čitav niz kompetencija, poznavati pravne okvire i poslovne procese uz nesporno tehničko znanje o predmetu projekta. Može se činiti da projekt, ugovor i općenito regulativa tvore sustav iz kojeg se mogu iščitati rješenja svih spornih situacija na projektu, no to često nije tako. Većina izazova nastaje i rješava se izvan okvira onoga što je propisano. Ovdje bih istaknuo timski rad: da bi voditelj projekta ostao fokusiran na ostvarenje ciljeva, mora biti sposoban brzo ući u samu srž problema koje treba riješiti u najkraćem roku, te mora imati kompetentne suradnike na koje se u rješavanju problema može osloniti. Voditelj projekta planira i postavlja ciljeve te delegira pojedine zadatke projektnom timu, koji kroz svoje aktivnosti rješava pojedinačne svakodnevne izazove na projektu.

Često se miješa uloga voditelja projekta i voditelja građenja. Voditelj projekta mora, osim o izvedbi projekta na gradilištu, brinuti o svim dionicima i okruženju projekta u kojem se projekt priprema i odvija. To uključuje čitav niz aktivnosti na poslovima pripreme proračuna projekta, studijske i projektne dokumentacije, dokumentacije o nabavi, analiza i donošenja odluka.

Vođenje projekta ne može se poistovjetiti samo s osobom voditelja projekta. Projektni tim u pripremnoj fazi uključuje veliki broj stručnjaka raznih struka i profila. Taj se broj vlastitih stručnjaka smanjuje u korist većeg broja angažiranih vanjskih stručnjaka kako projekt prelazi iz faze pripreme u fazu provedbe.

I tu izazovima nije kraj, jer kroz koordinaciju velikog broja stručnjaka treba neprestano bdjeti i brinuti o izvršenju sklopljenih ugovora s ciljem dovršetka i isporuke cjelokupnog projekta na korištenje.

Na projektu se značajno puno vremena potroši na komuniciranje s upravom radi donošenja odluka, tijelima javne vlasti pri ishodu dozvola, kao i revizijskim tijelima pri podnošenju dokaza tijekom pravdanja realiziranih troškova.

Može se zaključiti da je provedba velikih infrastrukturnih projekata tehnički izrazito složena, priprema je dugotrajna i vrlo skupa, a provedba vrlo intenzivna uz značajan broj aktivnosti koje se odvijaju istovremeno. Sve skupa ovo zahtjeva potpunu posvećenost voditelja projekta poslu i veliki angažman projektnog tima kako bi projekt u uvjetima prostornog, vremenskog, resursnog i financijskog ograničenja bio proveden i isporučen korisnicima.

## Priprema

Priprema projekta je dugotrajna i puna neizvjesnosti i u ovoj fazi je najveći značaj rada projektnog tima i voditelja projekta. Jedan od najbitnijih elemenata pripreme projekta

je analiza rizika. Tim Hrvatskih cesta kojeg vodim je prije početka rada na projektu definirao sve rizike koje smo mogli sagledati, a koji bi nas mogli usporiti ili omesti – one vjerojatne, kao i one manje vjerojatne. Analizom smo obuhvatili očekivane rizike, ali na pandemiju i posljedično zatvaranje tržišta nismo računali. Takvo što nije se dogodilo još od vremena nakon Prvog svjetskog rata. Hoću reći da, koliko god se pripremali koristeći sva svoja znanja i teoriju te računalne modele, ne možete biti spremni na okolnosti koje mogu utjecati na složen i dugotrajan graditeljski pothvat.

Zrelost projekta za provedbu raste u projektnom vijeku kroz postupke definiranja projekta za odobrenje financiranja, pa potom kroz procjenu prihvatljivosti zahvata za okoliš i ishođenje akata za gradnju, sve do pripreme, nabave i sklapanja pojedinih ugovora, kada je projekt konačno zreo za izvedbu. U pripremnoj fazi projekt se detaljno određuje kroz specifikaciju tehničkih zahtjeva, na koje ponuditelji moraju odgovoriti kroz postupke nabave.

## Provedba projekta - početak radova

Radovi su započeli 2018. godine, a puni intenzitet gradilišta uspostavljen je 2019. godine, koja je bila vrlo optimistična, obilježena rekordima u turizmu, koji je cvjetao – između ostalog – zahvaljujući ranije realiziranim infrastrukturnim projektima. Moderni turizam obilježen je mobilnošću gostiju, a za to su neophodne autoceste i zračne luke, projekti u čijoj sam realizaciji i sam ranije sudjelovao. Financiranje je bilo osigurano, imali smo potporu svih državnih institucija, izvoditelj je bio kompetentan za zahvat, uspostavili smo nadzorne i kontrolne mehanizme pa se činilo da nam ništa ne stoji na putu. Onda je došla 2020. godina u kojoj su poteškoće izazvane pandemijom nadvile oblake i bacile sjenu na odvijanje projekta. Radovi na izradi dijelova konstruktivnog sklopa u Kini privremeno su obustavljeni od veljače do svibnja. Uspješni nastavak radova uslijedio je odmah po ukidanju tvrdih mjera zatvaranja, takozvanog *lock-downa*, jer je postojala čvrsta volja svih dionika da se ide dalje usprkos logističkim poteškoćama i kasnijem porastu cijena.

## Kompleksan projekt

Radi se o vrlo složenom projektu po broju dionika, po cijeni, po uloženom radu i po posebnim ostvarenjima, odnosno po nekim stvarima koje smo radili po prvi puta. Ovakav projekt podrazumijeva široku lepezu vrlo specijalističkih znanja i vještina, kao i iskustvo u vođenju tehnoloških procesa izgradnje. Uz osoblje investitora i nadzornu službu imali smo sreće da je izgradnju pratio projektant, Marjan Pipenbaher, koji ima golemo iskustvo u projektiranju i projektantskom nadzoru. Pod tim mislim na situacije u kojima se određeni rizici anticipiraju unaprijed i sprečavaju u nastanku. Bez njegove predanosti radu na ovome projektu, most bi se realizirao kudikamo teže.



## Jedinstveni radovi

Na ovom smo se projektu susreli s radovima kakvi nikada ranije nisu izvođeni kod nas. Primjerice, betoni kakvi su ugrađeni u most, u ogromnoj količini, imaju svojstva koja su do izgradnje mosta nisu bila ostvarena u hrvatskoj graditeljskoj praksi. Prije ovog projekta, betoni koji su traženi tehničkim specifikacijama za most bili su rađeni samo u laboratorijskim, eksperimentalnim količinama, a to je samo jedan od posebnih segmenata koji most čine izuzetnim. Tu su najdulji piloti ikada zabijani u komadu, kojih je ukupno 150, balansirana konzolna montaža sa 6 pilona odjednom, segmenti mase 800 tona ugrađivani odjednom i još dosta složenih radova koje je trebalo izvesti, kontrolirati i dokumentirati.

## Odnos s kineskim izvođačem

Za ovakav projekt važno je da izvođač ima kapacitet za njegovu provedbu. Tijekom rada imao sam iskustava s izvođačima koji su bili u poslovnim poteškoćama ili nisu imali prave resurse za provedbu određenih radova, a to se jako odražava na gradilištu. Kineski izvođači bili su kapacitirani resursima i vrlo motivirani, ali to ne znači da ih nije trebalo usmjeravati.

Na početku realizacije velikog projekta uvijek postoji određena rezerva, mogućnost odustajanja – raskida ugovora ako se pokaže da su rizici za izvođača preveliki. Nakon toga dolazi do točke preokreta, kada izvođač u toj mjeri uđe u projekt, da mu se više ne isplati odustati. Rekao bih da se u tom trenutku učvršćuje partnerski odnos svih dionika na gradilištu.

Na projektu izgradnje Pelješkog mosta prva točka preokreta iz moje perspektive bila je trenutak dovršetka ugradnje pilota, a druga trenutak prve isporuke čelične rasponske konstrukcije na gradilište. Nakon toga nije bilo povratka, znao sam da ćemo zajedno privesti projekt kraju. Međutim, i dalje je bilo povremenih kriza u odnosima, dijelom zbog vanjskih okolnosti, a dijelom zbog razlika u poslovnoj kulturi. U takvim trenucima bilo je važno razumjeti kontekst, okolnosti u kojima izvođač posluje i onda mu na neki način pomoći da prevlada teškoće.

Ponekad je naša komunikacija bila nekonvencionalna i manje formalna, ponekad smo trebali namjerno zaoštriti odnose kako bismo održali usmjerenost na postizanje krajnjeg cilja. Pred kraj projekta trebalo je osigurati otklanjanje manjih, ali brojnih nedostataka na mostu i istodobno razriješiti sve zahtjeve izvođača za potraživanjem dodatnih radova i troškova. I to smo rješavali u korektnim odnosima, ali ne mogu reći da je bilo lako.

## Rješavanje konfliktnih situacija

U projektu, a posebno pri izvedbi na gradilištu se konfliktne situacije događaju često. One su neizbježne, ali ne treba ih sve promatrati kao negativnu pojavu. Rekao bih da u nekim

situacijama ljudi moraju izaći iz komforne zone da bi se posao pokrenuo kako treba. Drugim riječima, rješavanje konfliktnih situacija često potiče ljude na dodatni angažman i rješavanje problema. Kod rješavanja sporova i sukoba u prvom redu se vodim odredbama ugovora, ali uvijek nastojim razumjeti partnera i njegove teškoće, nastojim pomoći u onoj mjeri u kojoj to postupanje ne ugrožava interes tvrtke - investitora. Ako smo u pronalaženju rješenja produbili međusobno povjerenje i partnerski odnos, tada se isplati pristati na kompromis, budući da novi dan donosi novi zajednički problem.



Gradilišni sastanak

## Posebnosti u vođenju projekta

Neke od metoda i postupaka vođenja projekta koje smo primijenili na izgradnji Pelješkog mosta ranije nisu korištene za vođenje infrastrukturnih projekata u Hrvatskoj. Na ovom projektu po prvi put smo u velikoj mjeri pokrenuli BIM modeliranje, po prvi put smo planiranje radili po metodologiji kakvu koriste velike strane korporacije.

No ono što je bitno spomenuti je proces koji je zajednički provedbi velikih i malih projekata, to je izgradnja odnosa među ljudima. Odnose je nešto lakše izgraditi u okolnostima kada radite s poznatom domaćom operativom, s dijelom ljudi i poslovnih običaja koje poznajete od ranije. Međutim, u vremenu prije započinjanja izgradnje dogodili su se veliki poremećaji na našem tržištu, došlo je do raspada velikih tvrtki koje su mogle preuzeti izgradnju većih cjelina unutar ovog projekta, pa su došle velike međunarodne korporacije od kojih su neke po prvi put u Hrvatskoj pokretale proizvodnju u namjeri da realiziraju složene radove i isporuče građevinu naručitelju unutar ugovornih rokova. Dakle posebnost projekta je i u tome što smo radili s novim partnerima, koji dolaze iz drugih graditeljskih, ali i civilizacijskih kultura.

## Dinamika realizacije i rokovi

Na početku izgradnje mosta bilo je dosta skepse oko toga hoće li se on graditi zadanom dinamikom, možda i zbog neuspjeha ranijeg pokušaja izgradnje. Kada su temeljne ploče izronile iz mora, percepcija se promijenila. Bili smo uvjereni u tehničku mogućnost da se projekt provede po planu jer je provedena temeljita priprema.



Kineski radnici na brodu |

Dobra ilustracija za takvu tvrdnju je izvedba temelja. Od početka razrade projekta bilo je velikih stručnih prijedora oko koncepcije i izvedbe dubokih temelja. I konačno usvojeno rješenje bilo je osporavano do trenutka kada je uspješno izvedeno, a to se dobrim dijelom dogodilo i zbog toga što ništa nismo prepustili slučaju. Mi smo na početku zatekli određenu količinu rezultata provedenih istražnih radova na morskom dnu na lokaciji mosta, međutim smo ipak tražili od odabranog izvođača da napravi nova istraživanja na točnim lokacijama svakog od stupova u moru, budući da je došlo do promjene veličina raspona u odnosu na prethodni projekt. Na taj način – temeljitom pripremom – postigli smo to da su temelji mosta izvedeni u okviru ugovorenog proračuna.

Temeljenje je primjer koji sam odabrao jer se ispod razine tla obično događaju najveća iznenađenja pri izgradnji. Da se razumijemo, i na Mostu Pelješac temeljenje nije prošlo bez iznenađenja: na dvije lokacije podmorskih temelja od njih deset tlo nije bilo točno onakvo kakvo smo po provedenim istražnim radovima očekivali.

Veliki su izazovi za realizaciju projekta nastali u vrijeme i nakon pojave pandemije zbog posve poremećenih lanaca opskrbe i značajnih povećanja cijena na tržištu što je kroz poremećaje novčanih tokova izvođača gotovo ugrozilo realizaciju projekta. Bio je potreban veliki angažman projektnog tima pri iznalaženju rješenja i otklanjanju poremećaja, kao i angažman dodatnih financijskih sredstava izvođača i naručitelja.

## Kontrola kvalitete

Za kvalitetnu isporuku građevine najvažnije je raspisivanje i kontrola tehničkih specifikacija kroz projektnu dokumentaciju koje mora ispuniti izvođač. Uvjetno rečeno, u izvedbi projekta smo s istim ciljem, ali često s različitim pristupom. Izvođač nastoji optimizirati projekt kako bi uz postizanje tražene kvalitete zaradio što više. Projektant je s druge strane raspisao sve najviše standarde i norme kako bi konstrukcija bila što trajnija. A to je i u interesu naručitelja, u ovom slučaju Hrvatskih cesta, zbog troškova održavanja.

Naručitelj se kod nadzora izgradnje Pelješkog mosta odlučio propisati veliki broj kontrolnih ispitivanja i nadzornih inženjera kako se kvaliteta radova ne bi dovela u pitanje.

Bez obzira na veliku udaljenost proizvodnih pogona u Kini i restrikcije putovanja u doba pandemije, nadzor je u proizvodnim pogonima bio prisutan za cijelo vrijeme proizvodnje, a kontrola se dodatno vršila nakon dopreme na gradilište od drugog tima nadzornih inženjera što predstavlja dvije razine (uz onu tekuću koju provodi izvođač) kontrole kvalitete.

## Tehnički pregled

Tehnički pregled su vodili predstavnici Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine u siječnju 2022.



Prije samog terenskog pregleda radova, omogućili smo detaljan predpregled dokumentacije kroz razmjenu informacija na BIM platformi, što je bilo pogotovo značajno budući da se tehnički pregled građevine odvijao u doba pandemije s restrikcijama okupljanja.

Tijekom pregleda demonstrirali smo upravljanje kvalitetom i dokumentacijom na gradilištu, sustav koji je uveden i rigorozno provođen tijekom godina izgradnje. Konkretno, bilo je najbitnije dokazati potpunu sljedivost, od osnovnog materijala kojeg smo dopremali na gradilište, preko postupaka ugradnje, podizanja, montiranja, betoniranja, zavarivanja, sve do trenutka kada je konstrukcija opterećena probnim opterećenjem.

Predložili smo i listu nedostataka koje je trebalo otkloniti, manjih zahvata, koji ne utječu na bitna svojstva građevine. Moj cilj tijekom ovog završnog testa za cijeli tim bio je stvoriti atmosferu povjerenja kroz upravljanje evidentiranim nesukladnostima koje do trenutka provedbe pregleda nismo otklonili. Uglavnom, dobili smo pohvale za upravljanje dokumentacijom i evidencijom nedostataka koje treba otkloniti u narednih 90 dana. Završnim izjavama nadzornih inženjera o otklanjanju nedostataka proces je uspješno dovršen.

## Održavanje mosta bit će složen i skup posao

Uobičajeno je očekivati kako će se u projektiranom životnom vijeku građevine, recimo stogodišnjem periodu, konstrukcija i oprema mosta kroz redovno i izvanredno održavanje kompletno popraviti, pa zamijeniti. Znači ako je gradnja koštala dvije milijarde kuna barem još toliko će se potrošiti u 100 godina na održavanje. Naravno ti troškovi će u početku biti manji, a kasnije će rasti, sukladno garancijama izvođača.

## Analiza rizika od požara

Požar je najopasnija situacija koja se može dogoditi na mostu pa je velika pozornost posvećena protupožarnoj zaštiti. Najgori razmatrani scenarij je onaj pri kojem prilikom prolaska cisterne sa zapaljivom tekućinom dođe do njezinog istjecanja i zapaljenja. U tom slučaju odmah će se spustiti rampe i zaustaviti promet i to iz središta daljinskog nadzora i upravljanja prometom, gdje se situacija na mostu prati uz pomoć videokamera. Centar za kontrolu prometa je smješten u mjestu Zaradeže na poluotoku Pelješcu, gdje će biti stacionirana i vatrogasna jedinica.



*Vremenske prilike nisu puno utjecale na rokove izgradnje:  
magla na gradilištu mosta*

Posebna pozornost kod izgradnje posvećena je odabiru materijala i detekciji, budući da se u unutrašnjosti mosta nalazi mnoštvo kabela za razne instalacije, optiku i napajanje.

Unutarnje komore mosta su prohodne kako bi most izvana i iznutra bio dostupan za održavanje i inspekciju.

## Praćenje stanja mosta

S obzirom na važnost Pelješkog mosta, projektom je predviđena ugradnja opreme za njegovo kontinuirano motrenje – monitoring. Putem njega će se u realnom vremenu pratiti razni parametri.

Ugrađena je sva sila aparature. Nabrojat ćemo samo neku: 362 optičko-vlaknasta osjetila (senzori) za mjerenje deformacija, za praćenje pomaka pilona na njihove vrhove stavljeni su GPS uređaji, za praćenje vibracija postavljena su ukupno 153 akcelerometra, u blizini upornjaka na kopnenoj i pelješkoj strani postavljeni su seizmografi, ugrađeno je i 248 geodetskih repera koji će kontrolirati pomake mosta tijekom uporabe, na dva stupa montirana su osjetila za praćenje korodiranosti betona i ugroženosti armature zbog korozije itd.

## BIM u projektiranju i vođenju projekta

U posljednjih nekoliko godina dionici u graditeljstvu veoma su zainteresirani za implementaciju BIM tehnologije u projektiranje, građenje i održavanje budući da se od te tehnologije očekuju značajne koristi. Međutim, različiti dionici imaju različitu viziju ili interpretaciju pitanja što je zapravo BIM.

Zapravo se radi o povezivanju i razmjeni planova s ažurnim skupom dokumentacije građevine temeljem kojeg dionici mogu donositi odluke u bilo kojoj fazi nastajanja ili korištenja objekta. Kako je to već spomenuto, u graditeljskom procesu sudjeluje veći broj sudionika koji istovremeno ili s određenim vremenskim pomacima sudjeluju u kreiranju nekog objekta.

Ključna stvar u takvom kompleksnom postupku jest koordinacija svih sudionika. Nedovoljna komunikacija i nepotpuna koordinacija je uglavnom najveći uzrok problema u graditeljskim procesima. Postojeći mehanizmi, koji se zasnivaju na dostavljanju odgovarajućih podataka ili dijelova projekata na zahtjev, putem elektroničke pošte, u najboljem slučaju jednostavno nisu dovoljni.

BIM tehnologija predlaže potpuno drugi koncept. On se zasniva na korištenju platformi za pohranu podataka koja je u svakom trenutku dostupna svim sudionicima. Takvi se sustavi pohranjuju tako da su dostupni svim dionicima koji njima mogu pristupiti na jednom mjestu.

U praksi, za nas BIM u prvom redu znači sustav za pohranu sve dokumentacije vezane uz projekt Pelješkog mosta, a u drugom redu plastično, vizualno praćenje faza izgradnje u trodimenzionalnom prikazu i u vremenu (ponekad se takav sustav naziva četverodimenzionalnim zbog povezivanja s vremenskim planovima). Takav alat daje voditelju projekta potpuno novu perspektivu građevine u nastajanju.

U poduzeću Hrvatske ceste projekt implementacije BIM tehnologije je započeo 2018. godine. Oformljena je grupa stručnjaka koja je imala zadatak primijeniti pojedine aspekte BIM tehnologije u skladu sa zahtjevima i realnim mogućnostima. Projekt implementacije je u prvom koraku bio usmjeren na fazu projektiranja. Cilj prve faze implementacije je bio definiranje zahtjeva za primjenu BIM tehnologije u natječajnoj dokumentaciji. Kasnije se kroz ugovore o građenju i projektiranju izvedbenih projekata formirao dodatni tim stručnjaka izvođača koji su dalje razvijali BIM modele.

Kao rezultat provedenih analiza implementirana je platforma koja je imala zadatak poboljšati i modernizirati komunikaciju svih sudionika procesa građenja, odnosno u početku između Hrvatskih cesta i projekatanta, a kasnije u fazi građenja nadzornih inženjera, izvođača i revidenata.

S ponosom mogu reći da je upravo Most Pelješac i cijeli projekt cestovnog povezivanja južne Dalmacije prvi projekt na kojem se ova tehnologija kod nas koristi u značajnoj mjeri.

Pelješki most u BIM prikazu. |





## Priprema radova

Temeljenje na stijeni duboko ispod morskog dna, ispod stotinu metara naslaga mulja i gline samo po sebi predstavlja tehnički izazov koji nadilazi uobičajene zadatke ovog tipa. Kao ilustracija ovoj tvrdnji može poslužiti podatak da kod usporedivih mostova cijena temeljenja sudjeluje u ukupnim troškovima gradnje s otprilike 25 %, dok je kod Pelješkog mosta udio gotovo 40 %.

Podaci o slojevima i nosivosti tla određeni su analizama istražnih bušotina. Između 2004. i 2011. godine izbušeno je 60 istražnih bušotina dubine do 130 metara ispod dna mora. Projekt je načinjen temeljem rezultata ovih radova, a izvođač radova dobio je obavezu da načini dodatne bušotine, 2018. godine napravljeno ih je još 17.

Gradilišta su formirana s obje strane kanala. Povoljna okolnost bila je ta što su gradilišni platoi i gradilišne ceste bili pripremljeni ranije, pri prvom početku radova na mostu. Na strani Pelješca, u blizini Brijeste, uređena je i operativna obala, intenzivno korištena tijekom izgradnje.

4.2

# TEMELJENJE

Piloti – čelične cijevi duge do 130 metara, mase do 250 tona – su izrađeni u tvornicama u Kini. Formirani su od limova, većim dijelom debljine 40 mm, od segmenata dugih po 3 metra, koji su savijani na oblik oplošja valjka i uzdužno zavareni. Po tri odsječka, promjera 1,8 ili 2 metra, zavarena su zajedno u cijev dugu 9 metara, potom su po tri takve cijevi zavarene zajedno i tako dok se ne postigne projektirana duljina, određena bušenjem na svakom stupnom mjestu. Piloti završavaju pojačanim dnom koje se zabija u tlo, debljine 60 mm, a unutar pilota navarene su perforirane čelične trake koje će nakon zabijanja biti povezane s armaturom. Vrh pilota posebno je oblikovan, radi boljeg povezivanja s naglavnom pločom. Gornji dijelovi pilota, koji će biti u izravnom kontaktu s morem, presvučeni su antikorozivnom zaštitom.



Formiranje pilota u tvornici: komadi cijevi se zavaruju međusobno na projektiranu duljinu

Intenzivni radovi na izradi dijelova mosta – temeljne konstrukcije pod morem - započeli su dolaskom male flote specijaliziranih plovila iz Kine. Brodice i barže dopremljene su posebnim brodom, koji se može djelomice potopiti, tako da brodice s palube mogu otploviti do samog gradilišta.

## Izrada, transport, zabijanje, ispunjavanje i testiranje pilota

Izvorni plan izrade i ugradnje pilota bio je predvidio da se cijevi dopreme na gradilište u dva dijela, kako bi se polovicama lakše manipuliralo. Nakon zabijanja donjeg dijela, gornji je trebao biti zavaren na licu mjesta, nakon čega bi se zabijanje nastavilo. Pokazalo se da kineski izvođač raspolaže opremom pomoću koje se piloti mogu dopremiti i zabiti kao cjeloviti elementi, što je znatno povoljnije i brže, no to je prvo trebalo i dokazati, budući da piloti takve duljine praktički nigdje nisu zabijani u komadu. Izvođač radova to je obavio uz strogi nadzor i kontrolu zabijanjem dvaju dugih pilota koji nisu postali dio nosivog sklopa.

Zabijanje pilota obavljano je dizalicom s nagibnim tornjem, kapaciteta podizanja 300 tona. Kao i drugi pomoćni brodovi, i taj plovni objekt je stigao iz Kine na gradilište, i napustio ga, kao teret na polupotopnom transportnom brodu. Piloti su podizani s broda, pozicionirani na mjesto zabijanja i potom zabijani pomoću opreme na ovom jedinstvenom plovilu.

Toranj plovila za zabijanje pilota opremljen je hidrauličkim čekićem, jednim od većih na svijetu. Duljina sklopa čekića je 14,5 m, masa mu je oko 85 tona, a najveća energija udarca 800 kNm (kJ). Prilikom ugradnje čeličnih pilota za temeljenje Pelješkog mosta korištena je najveća energija od oko 750 kNm (kJ). Interesantno je da su piloti dobrim dijelom duljine tonuli u meko tlo morskog dna pod djelovanjem vlastite težine, pa je čekić aktiviran tek kada bi pilot dosegao čvršću glinu i do 80 metara ispod površine mora.

U ožujku 2019. godine zabijena su dva probna pilota, koji kasnije nisu bili dio temeljnih konstrukcija. Zabijanjem prvog, kraćeg pilota izvođač je pokazao sposobnost manipulacije, pozicioniranja, ugradnje čeličnih pilota, bušenja unutrašnjosti pilota takozvanim posebnim bušaćim strojem i betoniranja. Drugi probni pilot bio je ujedno najdulji čelični pilot koji je ikada do tada zabijen u jednom komadu: duljina mu je bila 130,3 m i njegovom izradom tehnologija je konačno potvrđena.

Prije izvođenja pilota plovilo s čekićem bilo je potrebno precizno pozicionirati i usidriti. Kada počne zabijanje cijevi, postupak se ne smije prekidati do dosizanja predviđene dubine, odnosno dok otpor zabijanju ne ukaže na to da je dosegnuta čvrsta stijena.

Zabijanje pilota goleme mase i velike duljine obavljeno je vrlo precizno, konačan položaj vrha cijevi na razini mora nije smio odstupati za više od 10 cm od projektiranog položaja. Precizna manipulacija pilotom, koji se može pomaknuti uslijed udaraca kod zabijanja, obavlja se snažnim hidrauličkim čeljustima na plovilu za zabijanje. Uz pilot fiksiran čeljustima

postavljan je prsten sustava za ispuštanje zraka (formiranje zavjese od mjehurića zraka uokolo pilota) kojim se umanjuje nepovoljni učinak buke od zabijanja pilota na faunu u akvatoriju izvođenja radova. Ovo je samo jedna od posebnih mjera zaštite okoliša tijekom radova, koje su definirane Studijom o utjecaju na okoliš.

Cjelokupan postupak podizanja, prijevoza, pozicioniranja i zabijanja pilota pratio je nadzorni inženjer, specijalist za radove dubokog temeljenja uz tim koji je vršio mjerenja i ispitivanja.

Nakon zabijanja čeličnih cijevi pilota u njima je ostao morski sediment, mulj i glina, kojeg je trebalo izvaditi do razine do koje će pilot biti ispunjen armiranim betonom. Iskop je vršen posebnim strojem, takozvanom tehnologijom reverzibilne cirkulacije (*RCD, Reverse Circulation Drilling*). Radi se o metodi bušenja u tlu koja koristi dvije cijevi – vanjsku i unutarnju. Kroz šuplju unutarnju cijev iskopani se materijal transportira van, na površinu, stalnim tokom.

Piloti na stupištima S3, S4, S10, S11 i S12 produljeni su betonskom stopom u stijeni ispod razine do koje su zabijeni, čime se osigurava prijenos opterećenja u tlo. Dakle, nakon zabijanja ovih pilota RCD opremom dodatno se buši tlo ispod njih, kako bi se u tako formiranu šupljinu ulio beton, koji će penetrirati u razlomljenu stijenu i ojačati tlo pod pilotom. Ovi su piloti u potpunosti – do vrha - ispunjeni armiranim betonom, a na vrhu su povezani naglavnim pločama.

Temelje pilona S5 – S10 čine skupine od 18 ili 20 pilota, promjera 2 m, koji su na razini morske površine povezani masivnom naglavnom pločom od armiranog betona.

Na temeljima pilona – središnjih stupova, odnosno na ukupno 94 pilota vanjskog promjera 2 m, bušilo se u morski sediment unutar pilota do razine od oko 15 m, mjereno od razine morskog dna prema dolje na mjestu ugradnje pilota. Po završetku bušenja unutrašnje oplošje i čelične perforirane trake za sprezanje detaljno su oprani i očišćeni, a na razini dna budućeg betonskog dijela ugrađivan je betonski čep. Tek nakon što je ovako pripremljen sklop pregledao nadzorni inženjer, pristupalo se ubacivanju armature, koja je na platou uz betonaru slagana u kaveze – armaturne koševе – od uzdužnih šipki i poprečnih spona.

Sav materijal izvađen iz pilota skupljan je u brodove s otklopnim dnom (klapete) koji su ga odvozili na prethodno utvrđenu lokaciju za deponiranje, na otvorenom moru, dvadesetak nautičkih milja od lokacije mosta. Ova mjera određena je uvjetima zaštite okoliša, zbog osjetljivosti ekosustava zaljeva.

Temelji su projektirani na način da čelični pilot i AB ispuna pilota trebaju biti spregnuti u jednu konstruktivnu cjelinu. Da bi se taj uvjet ispunio, unutrašnjost plašta pilota i perforirane trake za sprezanje betonske ispune i čelične cijevi pilota moraju biti čiste. Pranje unutrašnjosti pilota obavljeno je uz pomoć visokotlačnih perača.





Piloti ukrcani na brod, pred polazak iz kineske tvornice prema Hrvatskoj.



Zabijanje čeličnih pilota Pelješkog mosta: brod s čekićem i tornjem za zabijanje prihvaća pilot dizalicom i zaokreće ga u položaj za zabijanje.



Ožujak 2019.: plovila za izgradnju mosta dopremljena su na gradilište polupotopnim brodom



Kontrola radova





*Bušača glava za RCD bušenje materijala koji je ostao u cijevi pilota nakon zabijanja.*



*Piloti jednog stupnog mjesta u različitim fazama izrade betonske ispune: na jednom pilotu radi uređaj za bušenje, u susjedni pilot spušta se armaturni koš, a nekoliko ih je već pripremljeno i izbetonirano do vrha, na pilotima u radu su privremene konstrukcije koje formiraju radnu platformu.*



*Uređaj za RCD bušenje tijekom pražnjenja gornjeg dijela jednog od pilota. Izbačeni materijal prikuplja se u brod s otklopnim dnom koji će ga odvesti*





*Pogled u unutrašnjost očišćenog pilota u koji je ubačena armatura. Stare rukavice štite vrh četiriju cijevi koje služe za ispitivanje integriteta pilota nakon betoniranja (Crosshole Sonic Logging).*



*Betoniranje dijelova dna temeljne ploče (naglavnice) na operativnoj obali kraj Brijeste, na Pelješcu.*

Nakon betoniranja pilota provjeravana je kvaliteta, odnosno cjelovitost betonske ispune čeličnih pilota i dijelova bušenih armiranobetonskih pilota. Piloti su ispitivani PIT (*Pile Integrity Testing*) postupkom koji se zasniva na mjerenju prostiranja naponskog vala izazvanog udarcem čekića. Mjerenja se vrše

prijemom preko akcelometra na glavi pilota. Cjelovitost betonske ispune unutar čeličnih pilota stupnih mjesta ispitivana je ultrazvučnim postupkom CSL (*Crosshole Sonic Logging*). Svaki pilot je prilikom izrade armaturnih koševa opremljen s po četiri čelične cijevi promjera 50 mm ugrađenih od dna do vrha pilota.

Tvrtka SLP d.o.o. Ljubljana za ovaj je projekt razvila posebnu opremu za istovremeno mjerenje kroz sve četiri cijevi. U jednom prolazu, od vrha do dna pilota, snima se cjelovitost betonske ispune čeličnog pilota. Svaka sonda je opremljena predajnikom i prijemnikom ultrazvučnog signala, što omogućava istovremeno snimanje čitavog presjeka pilota.

Ispitana je i nosivost pilota na bočnu silu, odnosno silu koja djeluje poprečno na pilot.

## Naglavne ploče pilota

Naglavne ploče su najviši dijelovi temelja mosta, jedini vidljivi dijelovi temelja na površini mora i imaju ulogu povezivanja i ukrućenja pilota tako da zajedno nose opterećenje čitave konstrukcije. Piloti stupova povezani su na razini mora masivnim pločama od armiranog betona, debljine od 4 m na rubu do 5 m uz stup.

Naglavne ploče su betonirane u oplati, u sanducima koji su imali dno od betona i čelične oplata sa strane. Dno oplatnih sanduka, u formi armiranobetonske ploče, izrađeno je u dijelovima na operativnoj obali na strani Pelješca. Otvori na temeljnim pločama tijesno okružuju vrhove pilota: budući da njihov položaj odstupa od projektiranog za dopustivi odmak (do 10 cm), ploče su precizno izvedene nakon geodetskog snimanja točnog položaja vrhova pilota. S obzirom na velike dimenzije naglavnih ploča, dno je formirano od nekoliko dijelova koji su zasebno prenošeni na mjesto ugradnje i tamo povezani u cjelinu.



*Prijevoz i postavljanje jednog elementa dna temeljne ploče (naglavnice) na privremene oslonce u produžetku pilota: u prvoj fazi oplata naglavnice formira se nad razinom mora. Pomoćna čelična konstrukcija kasnije se uklanja.*



Oplata naglavnica pilota formirana je na privremenim – pomoćnim čeličnim stupcima koji su se oslanjali na vrhove pilota. Drugim riječima, ona je izrađena na suhom, iznad razine mora i tek po dovršenju čitav šuplji sanduk spušten je u more, u svoj konačni položaj, u kojemu će se obaviti betoniranje (u konačnici naglavnica je uronjena do polovice svoje visine). Stranice sanduka su načinjene od čeličnih ploča, koje su kasnije, nakon stvrdnjavanja betona, uklonjene, dok je betonsko dno sanduka postalo dijelom čitave temeljne konstrukcije.

Nakon spuštanja sanduka na predviđenu dubinu on bi bio ispunjen morem. Zazore između pilota i betonskog dna sanduka trebalo je prvo zabrtviti, a tek potom ispumpati more kako bi se armatura postavljala u suhom.

Betoniranje naglavnih ploča razlikuje se od izrade uobičajenih betonskih elemenata zbog masivnosti – u najveće ploče ugrađivano je po 3000 kubnih metara betona. Beton naglavnica, klase C35/45, pripreman je u betonari uz gradilište, utovarivan u kamione-mješalice koji su potom ukrcavani na trajekt opremljen pumpom za beton. Trajekt bi doplovio mješalice do stupnog mjesta gdje se vršilo betoniranje.

Naglavnice pilota nisu betonirane odjednom, već po slojevima, po visini. Veće naglavnice betonirane su u tri sloja (prva dva po 1,5 m, treći sloj visine 2 m), a manje u dva sloja. Kako bi se formirala nagnuta gornja ploha, pred završetak betoniranja postavljana je i gornja oplata naglavne ploče. Zbog guste armature naglavnica korišten je beton koji u svježem



*Oplata buduće naglavne ploče stupa spuštena na zadanu kotu. Prije ispumpavanja mora iz sanduka potrebno je zabrtviti otvore uokolo vrhova pilota (ožujak 2020.)*

stanju ima konzistenciju samozbijajućeg betona. Korišten je usporivač vezivanja, kako bi svojstva tečenja bila očuvana i do 10 sati nakon pripreme betona, što je bitno kod dugotrajne izvedbe betoniranja.



*Zahtjevan dio posla oko pripreme naglavnih ploča pilota obavljali su ronioci (ožujak 2020.)*





*Unutrašnjost sanduka – oplave naglavne ploče tijekom armiranja*



*Nakon što je sanduk nad pilotima zabrtvljen, a more ispumpano iz njega, postavlja se armatura naglavne ploče*



*Izvedba temelja stupa S13, uz more, na Pelješcu: vide se vrhovi bušenih pilota nad kojima je izvedena temeljna ploča*

## Temelji stupova uz more

Stup S2 nalazi se na obali i temeljen je duboko na stijeni na bunaru promjera 11 m, dubine 8 m.

Stup S13, posljednji brojeći s kopna, nalazi se uz obalu – djelomično u moru. Temeljen je na 22 bušena pilota, koji su izvedeni ispod razine mora, ali u suhom, nakon što je izveden nasip i načinjena zaštita građevne jame.



*Betoniranje naglavnih ploča pilota u završnoj fazi. Naglavnice pilonskih stupova su vjerojatno najmasivniji betonski elementi ikada izvedeni u Hrvatskoj. U najveće naglavnice ugrađeno je po 3000 kubnih metara betona.*



*Temeljna jama jedinog stupa na koji je izveden na kopnu, prvog sa strane Komarne – S2*





*Geotehnički istražni radovi na lokaciji mosta:  
plovilo s opremom za bušenje uzoraka s morskog  
dna na dan kada je puhao jak vjetar, rujan 2018.*





# NADZOR IZVEDBE PILOTA

I V O B A R B A L I Ć, dipl. ing. građ.

*Ivo Barbalić, dipl. ing. građ., Nadzorni inženjer za temeljenje i geotehničke radove na temeljenju mosta i pristupnim cestama bio je uzor svima koji su radili na gradilištu Pelješkog mosta, prvenstveno zbog odnosa prema poslu, ali i odnosa s ljudima, osobito mladim inženjerima kojima je prenosio svoje iskustvo. Inženjer Barbalić je rođen 1953. godine u Požegi, školovao se u Splitu, a građevinu studirao u Zagrebu. Radni vijek započeo je u tvrtki „Konstruktor“ Split, da bi potom 40 godina i dva mjeseca odradio u Institutu IGH. U penziju (ne mirovinu!) je otišao 31. svibnja 2020. godine, u jeku radova na mostu, međutim je i nakon toga nastavio raditi na istim poslovima nadzora, radeći na pola radnog vremena kao djelatnik tvrtke Terestrika d.o.o. Split.*

## Struka i životni poziv

Kroz radni vijek geotehničara pratila me misao o temeljenju slavnog oca mehanike tla, profesora Karla von Terzaghija: U temeljenju nema slave. *Uspjeh dobro izvedenog temeljenja zauvijek je duboko sakriven ispod površine, a neuspjeh se odmah vidi!*

Volio bih da se tijekom eksploatacijskog vijeka ovoga mosta nikada ne spomenu oni koji su projektirali, gradili i nadzirali temelje mosta. Izostanak spomena o ljudima koji su, kako se znam našaliti, „ostavili najdublji trag u izgradnji mosta“ (zbog dugačkih pilota), bio bi nam najveće priznanje.

## Istražni radovi i priprema

Od samog spomena mogućnosti izgradnje mosta do poluotoka Pelješca počeo sam pratiti aktivnosti oko izbora sustava konstrukcije, a posebno me zanimalo odabir koncepta temeljenja. Kontaktirajući kolege, pratio sam sve etape izvedbe geotehničkih istražnih radova. Zadnju etapu terenskih dopunskih geotehničkih istražnih radova za izgradnju mosta osobno sam nadzirao. Oni su započeli 17. kolovoza 2018. godine. Sama doprema plovne opreme za ispitivanje bila je obilježena velikim nevremenom i oštećenjem opreme. Rad na moru, s plovne opreme je uvijek izazovan, izgledalo je kao da se priroda odupirala početku gradnje mosta.

## Piloti rekordne duljine

Jedan od posebno zanimljivih plovnih objekata je dizalica s nagibnim tornjem. Sva manipulacija uzimanja pilota s broda, pozicioniranja na mjesto zabijanja pojedinog pilota je obavljena uz pomoć 12 vitala i čitavog niza sidrenih blokova. Radi se o poslovima koji nisu rutinski: zabijani su najdulji piloti koji su ikada izvedeni u jednom komadu.

Ugradnja pilota se zahuktala. Geologija podmorja je vrlo promjenjiva, pa i dužine zabijanja pilota u stijenu nisu uvijek ostvarene sukladno projektu, prema kojemu su vrhovi zabijenih pilota trebali biti tik iznad površine mora. Skupina pilota koji čine temelj jednog stupa sastoji se od pilota koji su međusobno razmaknuti 6 metara, i oni su jednakih duljina. Geološke osobine stijene su se na tim razmacima znale bitno razlikovati, pa su susjedni piloti ponegdje bili zabijeni tako da su dijelovi nad površinom različitih visina.

## Kontrola zabijanja pilota

Prilikom zabijanja pilota senzorima se kontroliraju parametri iz kojih se zaključuje o tome da je pilot zabijen do kraja. Gornji dio čelične cijevi u duljini od 20 metara opremljen je s dva akcelerometra i dva deformometra. Ovi senzori su spojeni s uređajem za prikupljanje i obradu podataka (PDA - *Pile Driving Analyzer*) kojim se kontrolira proces zabijanja, pomoću posebnog softvera.

Prirast nosivosti pilota po plaštu provjeravao se uz pomoć ispitivanja dinamičkim opterećenjem (DLT - *Dynamic Load Testing*). Tvrtka SLP d.o.o. Ljubljana izradila je poseban sklop, okvir s utezima mase od 1,6 tona do 54 tone, koji kontroliranim padom na vrh pilona izazivaju naprezanja i deformacije koji se mjere, a nakon interpretacije, svjedoče o nosivosti pilota. Visina pada utega se prilagođavala programu ispitivanja. Na svaki pilot prije ispitivanja ronilac bi ugradio dva senzora deformacije (deformometra) i dva akcelerometra.



Jedan od testnih – probnih pilota ugrađenih prije same izgradnje mosta bio je do tada najdulji pilot na svijetu zabijen u jednom komadu, dug 130,3 metra. Na fotografiji je pilot na obali u Brijesti. Desno je detalj čekića i platforme za zabijanje pilota.



Inženjer Barbalić u pilotu promjera 1,8 metara, koji je dopremljen iz Kine i pripremljen za ugradnju, na stovarištu uz gradilište mosta.

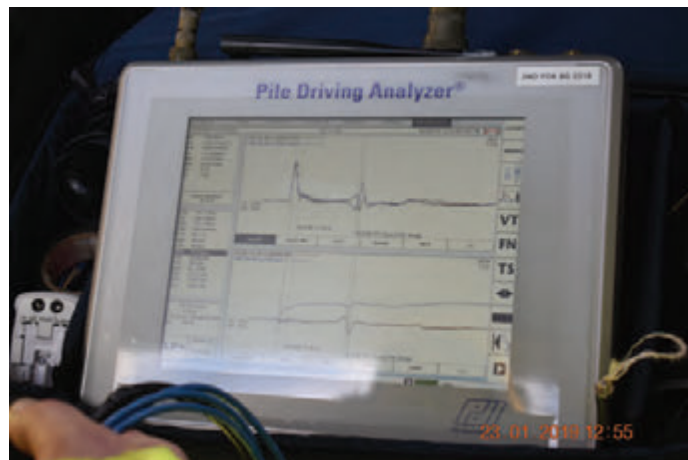


Okvir za ispitivanje pilota dinamičkim opterećenjem sadrži uteg koji svojim padom izaziva naprezanja u čeliku iz kojih se može zaključiti o nosivosti pilota.

## Kontrola unutrašnjosti i betoniranje

Nakon zabijanja pilota slijedio je iskop morskog sedimenta iz unutrašnjosti cijevi, a potom je trebalo oprati i očistiti unutrašnje oplošje i čelične perforirane trake za sprežanje.

Po završetku čišćenja i pranja nadzorni inženjer se spuštao do dna iskopa i pregledavao čistoću. Dubina spuštanja bila je oko 42 m ispod razine mora. Osim tih pregleda provjeravana



Praćenje podataka sa senzora na čeličnom plaštu cijevi pilota



Senzori na vrhu pilota, kojima se prati zabijanje kako bi se ono prekinulo u trenutku kada dno pilota dosegne čvrstu stijenu ispod morskog dna

je i kvaliteta izrade šljunčanog „čepa“ koji se izvodio na dnu iskopa. „Čep“ je sloj čistoće prije ugradnje armaturnog koša i betona u unutrašnjost čelične cijevi pilota. U unutrašnjost pilota, na dubinu od oko 42 metra spustio sam se više od 220 puta. Najveća dubina na kojoj sam bio bila je oko 65 metara, radi provjera kvalitete obrade kontaktne plohe betona na nivou prekida betoniranja pilota.

Pregledi su obavljani iz košare koju je spuštala i podizala plovna dizalica, to znači mnogo trzanja i ljuljanja. S obzirom na skromna mladenačka alpinističko-speleološka iskustava, a poslije i ronilačka, spuštanje u pilote mi nije predstavljalo poteškoću. Uz mene je uvijek bio jedan kineski radnik koji bi moje upute radiom prenosio rukovaocu dizalice na kineskom jeziku. Engleskim jezikom se radnici ne služe. Komunikacija s „drugom iz košare“ odvijala se uz pomoć nekoliko loše izgovorenih riječi na kineskom jeziku te uz veliku pomoć ruku – pantomime!





*Košara za pregled unutrašnjosti pilota spušta se dizalicom u očišćeni dio cijevi, do dna prostora koji će biti ispunjen armiranim betonom. U košari je nadzorni inženjer s kineskim operaterom.*

U unutrašnjosti pilota je obilje vlage. Umjesto „slane sobe“ nas dvojica smo imali „slanu cijev“. Svojevrsnu inhalatornu terapiju morskim parama. Povećanjem dubine sve manje je prirodnog svjetla, palimo baterijske svjetiljke. Temperatura u pilotu je zimi i ljeti otprilike ista, u oba godišnja doba ugodna! Polako se spuštamo do dna pilota. Čeličnom šipkom opipavam dno iskopa. Pokušavam odrediti sastav tla koji izgrađuje dno. Ako su razina mora i stišljivost temeljnog tla to dozvoljavali, izašao bih iz košare i hodajući po dnu iskopa (s košarom koja visi iznad mene) detaljnije obavio pregled dna iskopa pilota. U spuštanju bih pregledavao oplošje i trake polovice promjera unutrašnjosti pilota. U klimavom podizanju pregledavam drugu polovicu, do izlaska na danje svjetlo i spuštanja na palubu plovila.

Čistoća unutrašnjeg oplošja i „perfo bond“ traka cijevi čeličnih pilota koji su bili ispunjeni morem provjeravana je uz pomoć podmorske kamere na ronilici s daljinskim upravljanjem.

## Srdačan odnos s kineskim kolegama

Prilikom radova na plovnoj opremi stvorio se i prijateljski odnos s radnicima tvrtke CRBC. Provodio sam cijeli radni dan

na plovnoj opremi, pa sam ručao isto što i kineski radnici: bočica vode, plastična kutija s rižom, povrćem ili gljivama, komadićima mesa (piletina ili svinjske nogice, suhe svinjske kože i sl.), sve začinjeno s mnogo, mnogo bijelog luka i ljute papričice. U kuhinji nekih plovila (barže) mogao se dobiti i neki od mnogobrojnih ljutih umaka. Najveća poteškoća mi je bila savladavanje tehnike baratanja štapićima za jelo. To je bio jedini pribor za jelo. Ako ne želiš biti gladan, potruđi se! U početku sam izazivao smijeh kod kineskih kolega, no nakon „škole“ bi me znali pohvaliti da sam vješt.

Poslastica je i sušeno meso, suši se perad, svinjetina, govedina ... Meso se sušilo na zraku, obješeno na ogradu brodova. Loše je izgledalo na početku sušenja, dok je krvavo, budući da se po njemu skupljaju muhe, ne izgleda bolje ni kada se osuši jer je skoro pa crno, međutim, kada se skuha i začini, vjerujte mi, odlično je!



*Meso koje se suši na kineskom brodu*

U restoranima na gradilištu prigodno su nam posluživani vrhunsko pripremljeni i servirani kineski gastronomski specijaliteti, hrana i piće dostojni najboljih kineskih restorana. Tako dobrom osjećaju pridonosilo je i prijateljsko, kolegijalno ozračje koje se, kroz zajednički život i rad, stvorilo među nama.



*Za posebne prigode kineski kuhari pripremali bi raznolike obroke od domaćih namirnica sa svojim začinima.*



*Uzgoj bilja na krmi kineskog plovila*

Osim sušenja mesa kolege na plovilima bavili su se i poljoprivredom. Na skoro svakoj krmi smjestili su sanduke sa zemljom i formirali rasadnike. Sijalo se sjeme posebnih kineskih sorti krastavaca i tikvica. Značajke tih sorti su da imaju bujno lišće, penju se visoko, rađaju obilato, izrazito velike plodove. Posada „barže“ bi od čeličnih cijevi formirala brajdu na koju bi se penjale sadnice i bujnim lišćem formirale hlad, što je korisno i ugodno.

## Posljednji pilot

Posljednji pilot kojeg smo betonirali bio je oštećen tijekom zabijanja. Dno cijevi toga pilota doživjelo je deformaciju prilikom zabijanja. Na dubini od oko 52 m deformirao se nož pilota – 6 cm debeli dio cijevi na kraju. Deformacija je bila duga oko 160 cm, visoka oko 60 cm, a deformirani dio ušao je u unutrašnji profil čelične cijevi pilota oko 40 cm. Deformirana cijev onemogućavala je iskop u stijeni ispod pilota RCD strojem.

Kao najprikladniju tehnologiju za uklanjanje deformiranog dijela cijevi pilota nadzor je predložio korištenje robotiziranog podvodnog rezača. On se uobičajeno koristi prilikom sličnih zahvata na velikim dubinama na platformama za eksploataciju plina ili nafte.

Međutim, izvođač je predložio tehnologiju rezanja korištenjem usmjerenog kumulativnog miniranja brizantnim eksplozivom. Stručnjaci za miniranja s Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu daju stručnu pomoć. Nakon mnogo priprema i pokušaja, miniranje nije dalo zadovoljavajuće rezultate pa izvođač mijenja tehnologiju. Uz savjetodavnu pomoć stručnjaka s Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, odabire se kombinirana tehnologija podmorskog „žljebljenja“ plašta čelične cijevi pilota plazma „BROCO“ elektrodama i završnog rezanja lima cijevi podmorskom hidrauličkom rotacionom brusilicom.

Ronilačke radove izvodi tvrtka „Stijeg“ iz Splita, pojačana ronionicima specijalistima iz Zagreba, Rijeke, Zadra, Dubrovnika i Metkovića. Ronilac smije obaviti jedan zaron u danu, svaki drugi dan. U najboljem slučaju dnevno je obavljano pet zarona. Spuštanje na dubinu od 52 metra traje oko 3 minute, rad na dnu pilota oko 17 minuta i izron s dekompresijskim zastojem nešto manje od pola sata. Ronilo se s mješavinom plinova. Rad s odabranim elektrodama stvara plinove koji dolaskom u određene uvjete postaju eksplozivni. Da se ne desi takva situacija, smrtonosna za ronioca, radilo se s izuzetno velikom pažnjom. Najstrože su poštivani uvjeti za izvođenje radova, pa je i ovaj, tehnički izuzetno zahtjevan i opasan posao uspješno odrađen. Deformirani komad čelične cijevi pilota je uklonjen i omogućen je nastavak radova.

## Poruka mladim kolegama

Svi koji smo dugo boravili na gradilištu živjeli smo „rađanje“ mosta. Prozori moje radne i spavaće sobe bili su s pogledom na gradilište. S pogledom na most sam se budio i usnivao. Na neki način most sam doživljavao kao – veliko spajanje.

Radove na ovom gradilištu označila je prisutnost velikog, velikog, broja mladih kolega, Kineza i Hrvata. Većina ih je došla s fakulteta na gradilište. Svakodnevno se družeći s njima nastojao sam im prenijeti moja stručna iskustva. Uz to sam im pokušao – prvenstveno kroz vlastito ponašanje – usaditi i klicu osobnih motiva pristupa radu: ljudskost, skromnost i radišnost.



Priprema za zaron u pilota, do dna koje je na dubini od 52 metra.



Pokušaj uklanjanja oštećenog dijela pilota temelja stupa S12 eksplozivom nije uspio.



Vađenje deformiranog dijela cijevi pilota nakon podmorskog rezanja.





Oznake upornjaka (U1, U14), stupova (S2, S3, S4, S11, S12, S13) i pilona (S5 – S10) Pelješkog mosta. Visina pilona nad kolnikom iznosi 40 m.

Visina stupova, između naglavnice i pilona iznosi 37 do 53 m, dok je rasponski sklop visok 4,5 m, što znači da se najviši stupovi S7 i S8 uzdižu oko 100 m iznad površine mora.

4.3.

## STUPOVI I PILONI

### Piloni

Glavni stupovi ovješanih mostova nazivaju se pilonima: to su stupovi koji prenose opterećenje s kosih vješaljki u temelj, pa stoga imaju i dijelove iznad rasponske konstrukcije. Ponekad se pilonom naziva samo dio stupa iznad kolnika, pa lako dođe do zabune. Uglavnom na Pelješkom mostu pilonima nazivamo središnjih 6 stupova, od S5 do S10, koji omeđuju najveće raspone mosta od 285 metara. Visina dijela nad kolnikom svih 6 pilona iznosi 40 m, a visina između naglavnice i pilona iznosi 37 do 53 m. Visine pilona od razine mora do vrha su sljedeće:

S5 i S10 visoki su 85,4 m

S6 i S9 visoki su 93,9 m

S7 i S8 visoki su 100,9 m.

Dijelovi pilona ispod rasponskog sklopa su sandučastog poprečnog presjeka i stalnih vanjskih izmjera u pravcu poprijeko na most, a gledano uzduž mosta šire se od vrha prema dnu. Stupovi su četverokutnog oblika, širine 7 m u pogledu sa strane, a stranica okomita na os mosta širi se od 8,1 m pri vrhu do 11 m pri dnu. Stjenke kraće stranice su debele 80 cm, a dulje stranice 70 cm, s tim da se u donjem dijelu stupova uz plovni profil podebljavaju na 1,2 m, radi mogućnosti udara plovila.

Dijelovi pilona nad kolnikom su armiranobetonski, punog presjeka i sadrže sedla. U svaki pilon je ugrađeno po 10 čeličnih sedala koja služe sidrenju nasuprotnih zatega. Izmjere punog dijela, visokog 40 metara, na vrhu iznose 2,20 x 5 m, dok su na razini rasponske konstrukcije 2,2 x 7 metara.

Beton svih pilona (S5 do S10) do razine kolnika je razreda čvrstoće C50/60, a dio pilona iznad kolnika je beton visoke čvrstoće C70/85 koji uz višu nosivost osigurava i još bolje osobine trajnosti.

Izgradnja pilona započela je izvedbom osnove u temeljnoj stopi, uz koju je postavljena oplata. Oplatni elementi su prilagođeni obliku stupa – korišten je oplatni sustav proizvođača Doka (velikoplošna oplata Top 50 i hidraulični samopenjući sustav Doka Xclimb 60 ST). Takozvani samopenjući sustav oplata sadrži hidraulične sklopove, koji omogućuju premještanje cjelokupne opreme s već izvedenog na sljedeći ciklus betoniranja neovisno o dizalici. Visina odsječka koji je betoniran odjednom kod betoniranja pilona iznosila je 4,5 metara za dio stupa ispod kolničke konstrukcije i 4 metra za dio iznad kolnika. Sama oplata sastoji se od čeličnih i drvenih nosača, te posebnih ploča od drveta.

U vremenu premještanja cijeli sustav oplata bio je pričvršćen za prethodno izveden dio pilona, čime je omogućeno premještanje opreme i pri nepovoljnim vremenskim prilikama. Za izradu pilona korišteno je 6 kompleta hidrauličnog sustava za penjanje opreme i isto toliko kompleta oplata.

Na vrhu svakog pilona trebalo je izvesti betonski dio rasponskog sklopa istog oblika kao što je čelična greda. Da bi prvi čelični segmenti uz pilon bili s njim kruto povezani, postavljeni su na svoje mjesto prije betoniranja dijela sklopa koji ih povezuje. Za privremeno podupiranje tih – baznih – elemenata podignute su teške cijevne skele, koje su se oslanjale na naglavne ploče pilota.

Rubni dijelovi segmenata uz pilone su ubetonirani da bi se čvrsto povezali u cjelinu s betonskim elementom. Osim poveznice moždanicama, veza čelika i betona dodatno je ojačana prednapinjanjem kabelima od čelične užadi.

Glavna zaštita od korozije armaturnog čelika je zaštitni sloj betonskih elemenata – sloj betona koji ovija armaturu i formira glatku vanjsku plohu. Betonski dijelovi Pelješkog mosta imaju debljine zaštitnih slojeva od 5 cm do čak 10 cm, što je više nego na bilo kojem od mostova koji su ranije građeni uz Jadransko more. Na pilonima je u zaštitnom sloju postavljena dodatna armatura od nehrđajućeg čelika.

Nakon što su čelični elementi uz pilone povezani s betonskim dijelom, kreće izvedba punih dijelova betonskih pilona iznad kolnika. Unutarnji transport betona u ove segmente pilona, koji su bili visoki po 4 metra, obavljao se s barže kranom pumpe za beton, a onda se kablom, pomoću toranjske dizalice podizao i ispuštao u oplatu pilona.

Sedla kosih zatega na predviđenim visinama prolaze kroz beton pilona, radi uravnoteženja sila iz nasuprotnih zatega. Radne skele ostale su na vrhovima pilona dok sve zatege nisu bile postavljene u svoj konačni položaj i napete.



Svih 6 pilona u nizu, od S5 do S10, kolovoz 2021. |



Oplata prve kampade (odsječka koji se betonira odjednom) pilona S5, prosinac 2019., gusto postavljena armatura indicirala je uporabu samozbijajućeg betona.



Izvedba donjih dijelova pilona 2020. godine: svaki stup u moru praktično je zasebno gradilište.



Povezivanje prvih odsječaka čeličnog sklopa mosta s konstrukcijom pilona – formiranje krute veze dodatno se ostvaruje povezivanjem prednapetim kabelima. Izgradnja pilona S5 u lipnju 2020.: prvi čelični odsječci uz stup postavljeni su na mjesto, na skeli, između njih, izravno nad stupom priprema se betoniranje.





*Izgradnja pilona S5, travanj 2020. Oko donjeg dijela pilona privremeno je podignuta teška cijevna skela koja podupire dva čelična segmenta uz pilon, između njih bit će betoniran dio rasponskog sklopa.*





*Izgradnja pilona S5, lipanj 2020. Postavljena je oplata i dio armature donje ploče proširenog vrha stupa. Vertikalna armatura formira obris budućeg nastavka pilona iznad kolničke konstrukcije. Moždanici priležećih čeličnih segmenata otkrivaju veličinu prostora u kojemu će se ostvariti upetost betona i čelika.*



*Betoniranje dijela pilona iznad razine kolničke konstrukcije pomoću posude – kible koju do radilišta podiže toranjna dizalica. Gusta armatura indicirala je korištenje samozbijajućeg betona. Prema projektu, ostvarene su najveće čvrstoće betona kojima su ikada izvođeni masivni elementi neke građevine u Hrvatskoj.*



*Puni dio pilona nad kolnikom tijekom izvedbe – sedla kosih zatega pripremljena su za fiksiranje čelične užadi.*

## Stupovi

Stup S2 temeljen je na kopnu, a S13 na nasipu, odmah uz obalu mora. Ostali stupovi temeljeni su na zabijenim pilotima koji su dodatnim bušenjem ispod razine zabijene cijevi produljeni armiranobetonskim nastavkom nekoliko metara u čvrstu stijenu.

Stupovi su izvedeni konvencionalnim postupkom, u odsječcima i u obostranoj oplati koja je pomicala dizalicama.

Na vrhu stupova ugrađeni su ležajevi koji preuzimaju vertikalne reakcije – sile od rasponskog sklopa i prenose ih u stup, ali istodobno omogućuju uzdužne pomake čelične grede. Osim ležajeva za vertikalne sile, ugrađene su i vodilice, odnosno vertikalno postavljeni ležaji koji sprečavaju poprečne pomake konstrukcije, istovremeno omogućujući uzdužne pomake. Vodilice i dijelovi stupova na koje se one oslanjaju posebno su ojačani za slučaj potresa, jer se tada očekuje pojava značajnih sila u smjeru poprečno na os mosta. Vodilice će u tom slučaju, preko ležaja prenijeti te sile na vrh stupova, koji su konstruirani tako da ih sigurno prenesu u tlo. Na više mostova u svijetu dogodilo se da su dijelovi rasponskog sklopa pali s ležaja tijekom potresa, pa se zbog toga ugrađuju ovakvi dijelovi.

U sve pilone i stupove ugrađena su vrata za ulaz u šupljinu te ljestve, tako da je unutrašnjost dostupna pregledima i popravcima.

Mehanička svojstva i ugradivost betona bitno su određene sastavom mješavine, ali njegova trajnost najviše ovisi o postupku ugradnje i njege betona tijekom stvrdnjavanja. Prebrzo sušenje može uzrokovati poroznu površinsku strukturu ili pukotine, koje bitno narušavaju trajnost građevine budući da omogućuju penetraciju vlage i soli u unutrašnjost betonskog elementa, do armature koja onda korodira. Izvoditelj je posvetio veliku pažnju zaštiti i njezi izloženih betonskih elemenata.



*Izvedba stupa S13, ožujak 2020., temelj na bušenim pilotima izveden na privremenom nasipu, skela i oplata pomiču se kranskom dizalicom, vidljiva je cijev betonske pumpe u dnu stupa.*





*Ilija Gabrić, dipl. ing. građ.,  
projektant sastava betona za Pelješki  
most, PGM Ragusa, Dubrovnik*

# PROJEKT I UGRADNJA BETONA

ILIJA GABRIĆ dipl. ing. građ.

## Projektiranje betona

Projektiranje betona podrazumijeva određivanje mješavine koja će udovoljiti znatnom broju različitih zahtjeva, od kojih su neki suprotstavljeni. Sastojci betona odabiru se tako da se postignu zadana svojstva u fazi pripreme i ugradnje, potom zadana svojstva očvrslog betona, a da uz to troškovi proizvodnje budu prihvatljivi. Dokaz zahtijevanih značajki svake betonske mješavine provodi se prethodnim ispitivanjima.

Konkretno, sastav mješavine se podešava pokusima do uravnoteženja kohezije i tečenja kompozicije betona i utvrđivanja količine superplastifikatora uz kontrolu niza parametara (sadržaja sitnih čestica, volumena cementne paste itd.) te utvrđivanjem količine dodatka usporivača dok se ne postigne potrebna vremenska odgoda gubitka konzistencije. Tražena vremenska odgoda vezivanja bila je više od 5 sati za pilone, više od 8 sati za stupove i više od 10 sati za naglavnice pilota. Na pokusnim komparativnim mješavinama utvrđuje se optimalni sadržaj letećeg pepela u odnosu na cement. Kada je mješavina podešena po svim parametrima, načinjeni su dijagrami ovisnosti tlačne čvrstoće i vodocementnog faktora te vodocementnog faktora i količine cementa.

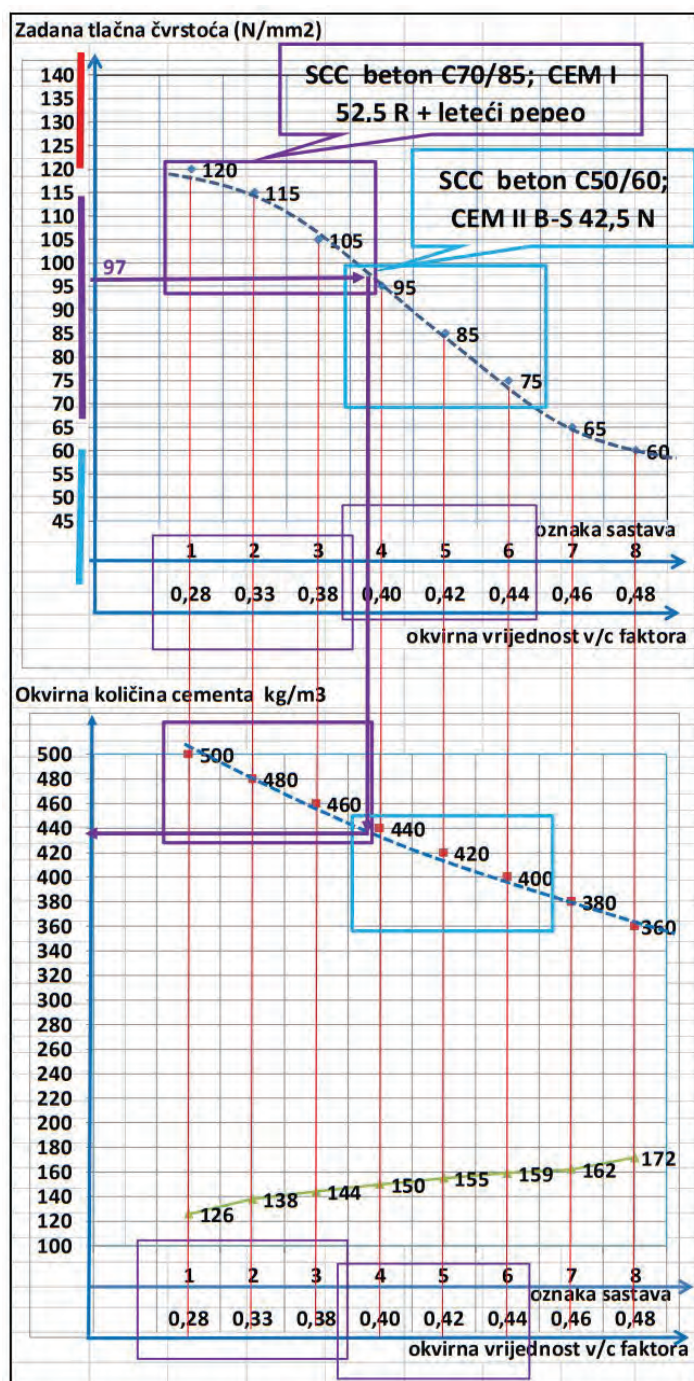
Betoni ugrađeni u Pelješki most načinjeni su korištenjem cemenata s različitim udjelom mineralnih dodataka, zgure i letećeg pepela i s različitim kemijskim dodacima za beton.

U pilone je ugrađen beton klase čvrstoće kakva se još nije koristila u Hrvatskoj za velike građevinske elemente. No, čvrstoća je samo jedno od zahtijevanih svojstava betona. Projektirana trajnost masivnih dijelova mosta od 100 godina diktirala je projektiranje i izvedbu betona koji je nepropustan i otporan na utjecaje iz atmosfere, prvenstveno morsku sol. Sitne kapljice mora nošene vjetrom izazvale su značajna oštećenja nekih naših mostova nad morem, pa se ovom zadatku pristupilo vrlo savjesno.

## Hrvatski proizvod

Beton ugrađen u Pelješki most je u cijelosti hrvatski proizvod, što posebno valja naglasiti u svjetlu činjenice da su projektom mosta bile zahtijevane značajke betona koje daleko nadilaze karakteristike betona uobičajenih u našoj graditeljskoj praksi. Izvođenje armiranobetonske konstrukcije temelja, stupova i pilona mosta trajalo je oko 21 mjesec – od svibnja 2019. do veljače 2021. godine.

Beton, u osnovi mješavina kamenog agregata (drobljenog kamena), cementa i vode – bio je i vjerojatno će još dugo biti najkorišteniji građevinski materijal suvremenog svijeta. Jedna od njegovih prednosti je u tome što se spravlja od lokalno dostupnih gradiva. Za betone Pelješkog mosta projektant glavnog projekta propisao je posebne značajke betona, koje su ostvarene na osnovi rada domaćih stručnjaka iz tvrtke PGM Ragusa d.d. iz Dubrovnika, kroz faze projektiranja sastava betona, njegove izrade i ugradnje.



Projektiranje sastava betona: rezultati laboratorijskih ispitivanja optimalnih mješavina za beton visoke čvrstoće (zadano: 97 N/mm<sup>2</sup>) i korelacija s količinom cementa u betonu te zahtijevanim omjerom vode i cementa u mješavini

Osim temeljnih svojstava čvrstoće i trajnosti, sastav betona ovisi o obliku i visini konstruktivnih elemenata i razmještanju armature u presjeku. Konkretno, gustoća armature predstavlja dodatni izazov u projektiranju betonske mješavine, budući da onemogućava uobičajene metode zbijanja vibratorima. Svi stupovi i piloni mosta preuzimaju značajne sile od potresa, stoga su jako armirani, pa je bilo potrebno projektirati betone tekuće konzistencije. Korišteni su takozvani samozbijajući betoni (*self-compacting concrete*) koji su po ulijevanju u oplatu ispunjavali prostor i obuhvaćali šipke bez značajne uporabe vibratora.

Kod projektiranja betona promišlja se i o vremenu koje će biti potrebno za dostavljanje betona na mjesto ugradnje, kako vezivanje ne bi počelo prerano, kao i o načinu ugradnje – u ovom slučaju za većinu dijelova korištene su betonske pumpe.



Pumpanje betona s trajekta u oplatu stupa.



Transport betona na mjesto ugradnje kamionima – miješalicama zapremine 9 m<sup>3</sup>, trajektom koji je opremljen pumpom za beton.





*Betoniranje pilona, jednog odsjeka visine 4,5 metara: pumpa s trajekta prebacuje svježi beton u korpu stabilne pumpe uz stup, koja ga kroz cijevi postavljene na toranjku dizalicu podiže do*

Beton donjeg – šupljeg dijela stupa je razreda čvrstoće C50/60, dok su piloni izrađeni od betona razreda C70/85, što ih svrstava u betone visokih čvrstoća.

Za izradu betona za Pelješki most korišten je drobljeni agregat iz kamenoloma Visočani, dobiven iz vapnene stijene fiorito i unito, korištene su osnovne frakcije (veličine zrna u milimetrima) 0-4; 4-8; 8-16 i 16-22 mm.

Dodaci betonu su tvornički proizvedene kemikalije koje se dodaju u malim količinama kako bi se osigurala željene značajke svježeg i očvrstlog betona. Korišteni su certificirani dodaci za beton austrijskog proizvođača: superplastifikator, usporivači vezivanja, kompenzator skupljanja.

Korišteni su cementi proizvođača CEMEX iz Kaštel Sućurca, i to sulfatnootporni metalurški cement niske topline hidratacije s udjelom 66 – 80 % zgre te 20 – 34 % klinkera, portlandski cement s udjelom 65 – 79 % klinkera i 21 – 35 % visokokvalitetne zgre, te portlandski cement s udjelom 95 % – 100 % klinkera.

Za beton pilona korišten je i leteći pepeo kao dodatak betonu, proizvođača KUTRILIN d.o.o. iz Zagreba. Silikatni leteći pepeo za beton je fini prah uglavnom kuglastih, staklastih čestica i kemijski je pucolan. Beton koji sadrži leteći pepeo postaje jači, izdržljiviji i otporniji na kemijske utjecaje.

Sastav betona prvo je načelno određen proračunom, a potom je podešavan na pokusnim mješavinama do uravnoteženja željenih značajki, uz kontrolu niza parametara. Izazov je predstavljalo precizno utvrđivanje količine dodatka usporivača do utvrđivanja potrebne vremenske odgode gubitka konzistencije u okviru propisanih toleranci u trajanju većem od 5 sati za pilone, većem od 8 sati za stupove i većem od 10 sati za naglavnice pilota. Odgoda vremena unutar kojeg počinje očvršćivanje betona bilo je bitno zbog mogućih

zastoja u procesu koji je tehnološki vrlo složen budući da je do ugradbe korišten niz strojeva – miješalice, trajekti, betonske pumpe i drugi – koji su kod betoniranja naprezani do graničnog kapaciteta.

Nakon što su optimizirana svojstva mješavine u žitkom stanju, ispitivanjem probnih tijela provjeravaju se svojstva očvrstlog betona. Prema glavnom kriteriju, mjerodavna je tlačna čvrstoća betona nakon 28 dana stvrdnjavanja.

Samozbijajući beton visoke čvrstoće, korišten za dijelove pilona iznad kolnika (C70/85), sadrži 370 kg cementa po m<sup>3</sup>, uz dodatak od 80 kg/m<sup>3</sup> letećeg pepela, i s vodocementnim faktorom 0,35 (omjer količine vode prema količini cementa u betonu). Najveće zrno agregata u mješavini je promjera 16 mm. Za sastav betona stupova (C50/60) korišteno je 435 kg/m<sup>3</sup> cementa i vodocementni faktor 0,385.



*Kontrola bitne značajke samozbijajućeg betona na gradilištu: mjeri se rasprostiranje zadane količine svježe mješavine na glatkoj podlozi*

## Kontrola kvalitete

Tijekom betoniranja uzimani su uzorci betona u obliku kocki, kako bi se svojstva očvrstlog betona provjerila ispitivanjima koje provodi proizvođač u sklopu tvorničke kontrole i – neovisno od toga – kontrolna ispitivanja koja naručuje investitor. Osim čvrstoće uzoraka betona, provjeravana je njegova vodonepropusnost, plinopropusnost, paropropusnost, kapilarno upijanje, difuzija klorida, te ograničene dugotrajne deformacije od skupljanja i puzanja. Ispitivanja su pokazala da betoni imaju i bolje značajke od onih projektiranih, što ih svrstava u betone visokih performansi nove generacije. Nakon iskustava s ubrzanim dotrajavanjem betona nekih velikih mostova na Jadranu pitanja trajnosti armiranobetonskih elemenata konstrukcije postaju iznimno značajna. Betoni Pelješkog mosta projektirani su prema zahtjevnim odredbama projekta i ugrađeni uz iznimno strogu kontrolu kvalitete.

# VOĐENJE RADOVA

JEROSLAV ŠEGEDIN dipl. ing. građ.



*Jeroslav Šegedin dipl.ing.građ., predstavnik investitora –  
Hrvatskih cesta d.o.o., na projektu izgradnje Prelješkog mosta*

## Uloga investitora na gradilištu

Predstavnik naručitelja (odnosno investitora) na gradilištu, kao sudionik u gradnji, nema ulogu s jasnim zakonskim okvirom, međutim kod velikih državnih infrastrukturnih projekata ima puno posla i značajnu odgovornost. Najkraće rečeno, zajedno s nadzornom službom kontrolirao sam što je sve odrađeno, je li odrađeno prema projektu i ugovoru, je li kvaliteta na zadanoj razini i odgovara li mjesečni račun onome što je stvarno napravljeno.

Dakle, Hrvatske ceste kao državna tvrtka i javni naručitelj, internim pravilima postavljaju predstavnika na gradilištu s nekoliko temeljnih zadataka, koji se odnose na financije, kontrolu kvalitete, potraživanja izvođača te posredovanje u eventualnim razmimoilaženjima između nadzorne službe i izvoditelja. Svaki račun, odnosno mjesečnu situaciju, uz nadzornog inženjera mora odobriti i predstavnik na gradilištu. Predstavnik investitora odobrava takozvane više radnje, odnosno odstupanja stvarno izvedenih količina u odnosu na one iz ugovornog troškovnika. Kontrolira i vanstroškovničke radove, čije izvođenje nije predviđeno u ugovornom troškovniku, kao i nepredviđene i naknadne radove.

Drugim riječima, predstavnik naručitelja dopunjuje i nadzire rad službe stručnog nadzora. Na gradilištu Pelješkog mosta formiran je uistinu kvalitetan tim nadzornih inženjera, koji su se aktivno i kompetentno uključivali u rješavanje svake sporne situacije. Mislim da je dobra suradnja nadzora i investitora ključna za kontinuitet rada u situaciji kada imamo izvoditelja koji je s jedne strane vrlo kompetentan u tehnologiji izgradnje, a s druge strane nije imao prethodnih iskustava s našim sustavima nadzora i kontrole radova.

## Pelješki most - složeni projekt

Izgradnja Pelješkog mosta svakako je najsloženiji i tehnološki najzahtjevniji projekt kojeg sam u dugoj karijeri vodio. S motrišta organizacije, zapravo je svaki stup u moru zasebno gradilište koje treba kompetentnog voditelja, opremu, dopremu materijala i tim radnika. To znači da smo na lokaciji zapravo imali 12 gradilišta, dva na obalama između kojih je 2,4 km mora ili, ako ćemo okolo, dvije državne granice, te 10 gradilišta koja su – do spajanja rasponskog sklopa - zapravo otoci. Još nekoliko brojeva: na gradilištu je u jeku najvećih radova bilo ukupno 655 radnika i 28 raznih plovila. U šali smo znali reći da je to bio jedan Hong Kong u malom.

Međutim, ovo nije bio najteži posao kojeg sam obavljao: bio sam predstavnik investitora na mostu Čiovo, koji je također bio sufinanciran sredstvima iz EU fondova, kada je tijekom radova glavni izvoditelj otišao u stečaj. Trebalo je iznova ugovoriti preostale radove, razriješiti odnos s poduzećem u stečaju i održati kontinuitet EU sufinanciranja. I to smo uspjeli, ali su situacije na sastancima bile vrlo neugodne. Suradnja na izgradnji Pelješkog mosta bila je izazovna, bilo je konfrontacija, ali je ozračje ostalo pozitivno od početka do kraja.

## Sporazumijevanje s kineskim kolegama

Biti ću izravan: isprva smo se s Kinezima na gradilištu teško sporazumjeli. Kolege iz Kine koji rade za izvoditelja – tvrtku CRBC dolaze iz jednog sustava školovanja i rada na velikim





*Izgradnja Pelješkog mosta  
zahtijevala je angažman male  
flote različitih plovila. Na popisu  
radnika čitavo vrijeme nalazio  
se veći broj mornara.*

projektima koji je definitivno znatno drugačiji od ovog našeg, hrvatskog, europskog pa u suradnji s njima treba za istu stvar uložiti više truda u odnosu na rad s kolegama iz zemalja koje su nam kulturološki bliže. Da se razumijemo, kineski kolege posjeduju znanje i iskustvo izgradnje sličnih objekata na razini za koju nisam siguran da bismo ostvarili s europskim izvoditeljima. Radi se o dobrim inženjerima i marljivim radnicima, a rezultat je kvalitetno i na vrijeme sagrađen most, međutim, razlike u pristupu rješavanju svakodnevnih zadaća zahtijevale su nesrazmjerno velik trud s naše, a vjerujem i s druge strane.

Pokušat ću konkretnije pojasniti: kolege iz Kine slijede plan provedbe projekta koji je načinjen ranije, daleko od gradilišta, možda u središnjici tvrtke i pridržavaju ga se i kada bi se trebalo prilagoditi, jer su nastupile nove okolnosti.

U više smo navrata na gradilišnim sastancima davali razumne i opravdane prijedloge za poboljšanja koja su bila usmjerena prema učinkovitijem, bržem ili jednostavnijem izvođenju određenog rada, međutim to je sa strane kineskog partnera vrlo teško prihvaćano. Događalo se da neka naša inicijativa deklarativno bude prihvaćena na gradilišnom sastanku, ali bi se onda, nakon dva tjedna naš kineski partner vratio na svoju početnu koncepciju i čitava bi rasprava krenula iznova. Zbog toga kažem da je rad s kineskim kolegama ponekad bio naporan, ali rezultati svjedoče o tome da smo zajedno ipak odradili dobar posao.

## Kontrola kvalitete

Čini se da se naši izvoditelji ranije nisu susretali sa sustavom stručnog nadzora kakav mi uspostavljamo na našim gradilištima, na projektima Hrvatskih cesta. Mi inzistiramo na dokazima kvalitete, osobito kroz provedbu kontrolnih ispitivanja, a kineski partneri ne vole dodatnu kontrolu i nastoje je izbjeći. S druge strane, moramo reći da su Kinezi

predlagali nove, bolje materijale, osobito u situacijama kada su na taj način mogli smanjiti trošak izgradnje.

Tijekom radova navikli su se na naš sustav i prihvatili detaljniju kontrolu i činjenicu da se strogo pridržavamo projektom propisanog opsega kontrolnih ispitivanja. U tome su imali i potporu hrvatskih inženjera koje su angažirali da za njih rade na ovom projektu. S druge strane, mi smo se navikli na njihov način, odnosno na činjenicu da se o istoj stvari raspravlja više puta.

Dakle, na kraju je sve dobro završilo, premda je na ovom, kao i na drugim gradilištima često bilo, najblaže rečeno, povišenih tonova. Primjerice, na jednom čeličnom elementu pronađena je određena imperfekcija pa je nadzorni inženjer zaustavio njegovu ugradnju dok se ne provedu dodatna ispitivanja. Međutim, kineski voditelj nastavio je s radom kako ne bi došlo do kašnjenja u odnosu na planove koji su formirani u središnjici njihove tvrtke. Situacija je eskalirala do te mjere da su zatražene smjene odgovornih osoba, no međutim sve je na kraju izglađeno i riješeno na način koji je zadovoljio obje strane, uz ostvarenje glavnog cilja, a to je neupitna kvaliteta svakog pojedinog dijela mosta.

## Radna disciplina i organizacija građenja

Kineski graditelji imali su drugačiji pristup radu u odnosu na ono na što smo navikli na našim gradilištima, a njihov sustav ima neke vrijednosti koje bismo trebali naglasiti. Na prvom mjestu istaknuo bih radnu disciplinu. U tom pogledu vidi se da se radi o ljudima koji dolaze iz potpuno drugačijeg, vjerojatno puno strožeg sustava koji prožima njihov odnos prema poslu – tome smo imali prilike svjedočiti svakog dana, u svim aspektima naše suradnje. Osobito bih naglasio značaj discipline u borbi s pandemijom bolesti COVID 19, budući da



*Kontrola zavora – pregled radiografskih snimaka u uredu*

se radi o globalnom događaju kojeg u vrijeme ugovaranja nitko nije mogao predvidjeti, a koji je utjecao na sve aspekte svjetskog gospodarstva pa i na izgradnju Pelješkog mosta.

Pandemija je krenula iz Kine, pa su mjere zatvaranja granica odmah zahvatile naše graditelje, međutim su oni – zahvaljujući disciplini i centraliziranoj organizaciji – brzo i odlučno reagirali na promijenjene uvjete poslovanja, s ciljem da se realizacija nastavi bez obzira na bitno otežane okolnosti. U tome su uspjeli i tu im moramo odati posebno priznanje. Dijelovi čeličnog rasponskog sklopa su dovršeni i isporučeni preko oceana u okolnostima zatvaranja globalne ekonomije, što je postignuće koje svjedoči o velikim organizacijskim sposobnostima kineskih kolega.

Usprkos svim izazovima i promjenama na tržištu radovi su izvedeni po razumnim cijenama i u roku koji je suglasno produljen zbog objektivnih teškoća.

Kada se govori o organizaciji građenja svakako treba spomenuti još jedan aspekt, a to je korištenje veće količine potpuno nove, veoma vrijedne opreme za izgradnju Pelješkog mosta. Na opremi za izvedbu radova nije se štedjelo: na gradilištu je postavljeno 6 potpuno novih toranjskih dizalica, 6 kompleta od po dvije derrick dizalice za montažu čeličnih segmenata podizanjem s mora, 12 potpuno novih auto – mješalica za beton, zapremine po 9 kubnih metara, a sagrađena su i 3 nova kontejnerska naselja za smještaj radnika.

Slike s gradilišta u jeku izvedbe rasponskog sklopa svjedoče o nastojanju tvrtke CRBC da na Mostu Pelješac steknu vrijednu referencu i da se pokažu u najboljem svjetlu. Ovakav nastup možda je povezan sa strateškim nastojanjem ulaska tvrtke na tržište Europske unije, no, bilo kako bilo, most je od toga profitirao.



*Kineski radnici su na gradilištu bili vrlo disciplinirani, na slici: armiranje naglavne ploče pilota.*

## Neformalno druženje s kineskim kolegama

Na dane državnih praznika u Narodnoj Republici Kini pozivani smo na svečane ručkove gdje su naši kolege bili pažljivi domaćini. No ta su druženja zapravo bila formalne prirode i ne mogu iskreno reći da smo se neformalno zbližili. Možda će za takvo što trebati malo više od tri i pol godine.

## Neočekivane situacije

Na svakom se gradilištu dogodi nešto neugodno i neočekivano. Za mene osobno najdramatičniji događaj na izgradnji bio je otklanjanje posljedica oštećenja jednog od pilota stupa S12, kada se dno posljednjeg pilota koji je ugrađivan u temelje mosta iskrivilo i popucalo. Opisati ću vam situaciju: ronci ulaze u cijev promjera 1,8 m, ispunjenu zaprljanim morem, dakle ulaze u uvjete vrlo slabe vidljivosti i spuštaju se do dubine od 47 metara ispod površine. Dolje su iskrivljeni komadi čelika debelog 6 cm, koje treba izrezati i izvući na površinu. Pored opreme za ronjenje, spuštaju i opremu za rezanje čelika. Koristili smo više tehnika rezanja dok nismo došli do učinkovitog rješenja, a sve skupa je trajalo oko 30 radnih dana. Čitavo to vrijeme bili smo iznimno zabrinuti za sigurnost naših ronilaca, a sve zbog posljednjih 50 centimetara posljednjeg ugrađenog pilota. Na svu sreću, sve je dobro završilo, taj posljednji pilot posljednjeg izvedenog stupnog mjesta ostvaruje zadanu nosivost, a svi koji su ga popravljali živi su i zdravi.





Gradilište s postrojenjima, radničkim naseljem i operativnom obalom kraj Brijeste na Pelješcu krajem 2019. godine.



Na kartografskom prikazu je naznačena prometnica Brijuni – Orebić, a tekst iz Prostornog plana Dubrovačko-neretvanske županije kaže sljedeće: Koridor Pelješac – Korčula: planirana longitudinalna prometnica uzduž poluotoka Pelješca zajedno s prirodnim nastavkom u trasi korčulanske državne ceste D118 u budućnosti bi trebala činiti okosnicu prometne mreže Pelješca i Korčule. Predviđena je kao središnja prometnica koja povezuje sve gravitirajuće centre (veća naseljena mjesta i trajektna pristaništa) na poluotoku Pelješcu i otoku Korčuli, bilo izravno ili preko mreže kratkih poprečnih veza. Koridor planirane ceste počinje u deniveliranom čvoru Brijuni na koridoru brze ceste Čvor Pelješac (A1) – Pelješki most – čvor Doli, (A1) i vodi do planirane luke Perna za vezu do planirane luke Polačišta, odakle se nastavlja planiranom spojnom državnom cestom do križanja s državnom cestom D118.

## Pripreme za odlazak u mirovinu

Pelješac nije moj posljednji most, a još manje posljednji projekt koji ću voditi. Prije no što odem u mirovinu još namjeravam dovršiti svoju ulogu na izgradnji Mosta Ston, u sklopu iste ceste, odnosno projekta Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom. Nakon umirovljenja namjeravam i dalje voditi projekte – nešto manje, osobne, većinom vezane uz ribolov i masline koje uzgajam na mom otoku Korčuli.

## Značaj Pelješkog mosta za budućnost Korčule

Projekt ceste duge 32,5 km koja sadrži i Pelješki most ima ogroman značaj za Dubrovnik i okolicu, za dio županije istočno od Neumskog koridora. Put prema pristaništu u Orebiću, odakle trajektom krećemo prema Korčuli, svakako će se skratiti i olakšati izgradnjom mosta s pristupnim cestama. Međutim, putnici koji će iskusiti dolazak na Pelješac sustavom autocesta i dobro uređenim državnim cestama sigurno će jako osjetiti nedostatke postojeće otočne ceste od čvorišta Sparagovići - Zaradeže do Orebića. Izgradnja mosta, uvjeren sam, pokazat će da treba intenzivno planirati novu cestu koja će započinjati u čvoru Brijuni i onda preko Orebića, odnosno planirane nove trajektna luke – u budućnosti povezati Korčulu. Mislim da je staru cestu nemoguće rekonstruirati jer ima loše tehničke karakteristike, vrlo je zavojita i prolazi kroz naselja tik uz kuće. Ovaj projekt vrlo je zahtjevan, zbog konfiguracije terena, brda na Pelješcu, no glavni je preduvjet snažnijeg razvitka poluotoka i Korčule. Radi se o projektu za narednu generaciju, koji je u trenutku dovršenja mosta u studijskoj fazi.

# ČELIČNI SKLOP

Čelični sklop Pelješkog mosta veličinom nadilazi bilo koji čelični most ili građevinu koja je ranije izvedena u Hrvatskoj. U konstrukciju grede ugrađeno je 33.600 tona čelika, odnosno 165 odsječaka koji su načinjeni u kineskim tvornicama. Povoljnu okolnost za most predstavljala je činjenica da su tvornice u kojima su nosači izrađeni imale kapacitet za takav pothvat, a izrađene segmente bilo je moguće transportirati morem, pa je veličinu komada zapravo limitirala oprema i projekt montaže. Brodom su prevezeni veliki komadi pa nije bilo potrebno značajno okrupnjavanje elemenata na gradilištu, a to je dobro jer je više sastavljanja obavljeno u povoljnijim tvorničkim uvjetima.

Glavni nosač je od dopremljenih elemenata sastavljen brzo i precizno, zbog kompetentnog izvoditelja koji je angažirao značajna pomoćna sredstva, konkretno, plovnu dizalicu velike nosivosti i čak 6 parova dizalica za konzolnu gradnju. Prvi elementi na kopnenoj strani podignuti su na mjesto ugradnje u ožujku 2020. godine, a posljednji segment ugrađen je 28. srpnja 2021., dakle čitav sklop je montiran za samo 17 mjeseci. Ovo ostvarenje je tim vrijednije što se događalo u vrijeme pandemije koja je zaustavila mnoge projekte diljem svijeta.

## Tvornička proizvodnja segmenata mosta

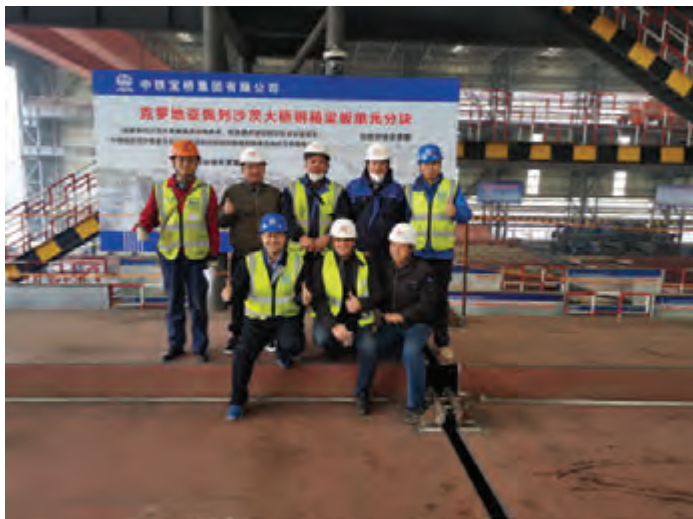
Tijekom razrade izvedbenog projekta kineski inženjeri su, uz kontrolu slovensko-hrvatskog tima, razvili nacрте rasponskog sklopa mosta u radioničke crteže čeličnih limova koji će u tvornici biti izrezani, savijeni i potom zavareni u cjeline montažnih odsječaka. Slijedio je transport brodovima u Hrvatsku, podizanje segmenata na mjesto ugradnje, podešavanje dimenzija i namještanje u točan položaj i konačno povezivanje zavarivanjem u cjelovitu strukturu mosta. Ovaj posao obavljen je s milimetarskom preciznošću, sastavljanjem dijelova goleme mase i veličine. Kada se u obzir uzmu i vremenski uvjeti na gradilištu, rad na visini i ostale otegotne okolnosti, pothvat postaje još fascinantniji.

Kada se govori o limovima, obično percipiramo tanke metalne plohe, no kod izgradnje mostova zapravo se radi o debelim čeličnim pločama. Primjerice, lim kolnika u području središnje ćelije je minimalne debljine 20 mm, a u rubnim ćelijama 14 mm i podebljava se na 25 mm u područja spoja na betonski dio kolničke konstrukcije. Minimalna debljina lima rubnih staza je 14 mm i podebljava se na 20 mm u području spoja na betonski dio kolničke konstrukcije. Donji pojas sanduka je lim debljine 14 i 18 mm (rubni dio) i 20 mm (središnja ćelija), koji se podebljava postepeno na 50 mm u području spoja na betonski dio kolničke

konstrukcije. Kosi hrptovi su debljine 12 mm i podebljavaju se postepeno na 50 mm u područja spoja na betonski dio kolničke konstrukcije. Lim vertikalnih hrptova unutrašnje ćelije je debljine 18, odnosno 28 mm u gornjem dijelu i podebljava se postepeno na 35 mm u području spoja na betonski dio kolničke konstrukcije.



Izrada čeličnih elemenata Pelješkog mosta u tvornici u Kini



Kontrola kvalitete u tvornici pokazala je da odsjecci mosta mogu krenuti na putovanje na drugi kraj svijeta, u Hrvatsku

Sama izrada čeličnih elemenata u tvornici započela je 2019. godine, pod kontrolom nadzornih inženjera iz Hrvatske. Kontrolna ispitivanja, nadzor nad izradom konstrukcije i kontrola zavara i geometrije na gradilištu bili su među glavnim preduvjetima za uspjeh ovog graditeljskog pothvata. Nakon probne montaže u pogonu, elementi su brodovima otpremani izravno na gradilište.

## Ugradnja segmenata nad obalom

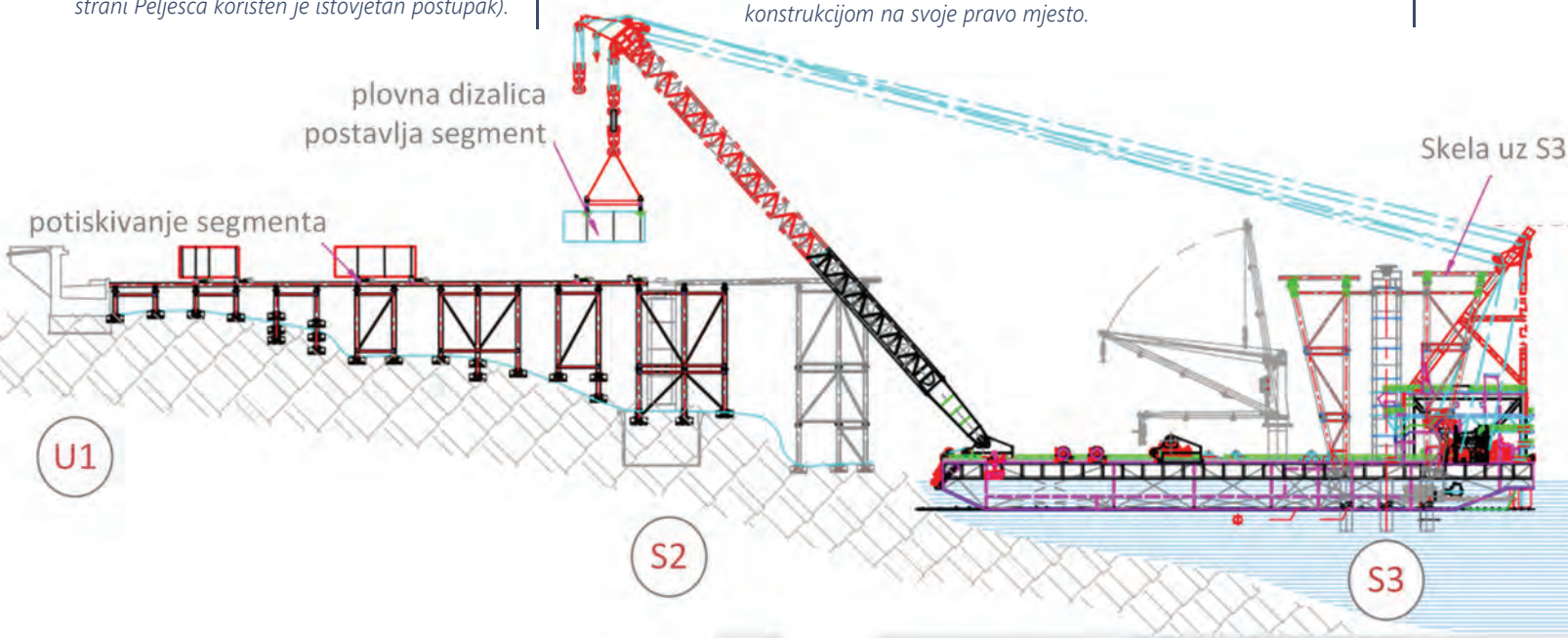
Montaža elemenata rasponskog sklopa počela je nad obalom na kopnenoj strani, gdje ih nije bilo moguće izravno postaviti



na mjesto u konstrukciji dizalicom s mora. Zbog toga su na kopnu postavljene teške cijevne skele po kojima su segmenti klizali od mjesta gdje ih je dizalica mogla spustiti do svog stalnog mjesta. Za to su na skelama bili postavljeni nosači na koje su privremeno postavljene čelični elementi rasponske konstrukcije. Plovna dizalica postavljala je elemente na kraj skele, koji se nalazio uz obalu mora, a potom su oni potiskivani prešama na svoje konačno mjesto. Potiskivanje je obavljano na blokovima koji su klizali po čeličnim šinama – kanalima, koji su slijedili zakrivljeni oblik nivelete prvih raspona.

Nakon pripreme segmenata na skeli i njihovog finog podešavanja rezanjem i brušenjem, montirana je platforma za kružno zavarivanje. Radi se o skeli koja obuhvaća spoj među pojedinim elementima, i s nje zavarivači povezuju elemente u cjelovit sklop.

*Shematski prikaz tehnologije izvedbe prvih raspona konstrukcije Pelješkog mosta na kopnenoj strani (na strani Pelješca korišten je istovjetan postupak).*



*Podizanje prvog elementa čelične konstrukcije na strani kopna u ožujku 2020. Segment je plovnom dizalicom položen na blokove koji će, potiskivani hidrauličkim prešama, otklizati zajedno s čeličnom konstrukcijom na svoje pravo mjesto.*



*Segmenti nad kopnom se potiskuju prešama do svog konačnog mjesta u konstrukciji – dijelovi teški oko 180 tona postupno klizu, potiskivani hidrauličkim prešama po podmazanim kanalima na skeli*

## Slobodna konzolna gradnja

Istodobno s montažom prvih odsječaka na kopnu, montirane su i prve nosive skele uz pilone, na koje će se osloniti takozvani bazni segmenti. Radi se o ključna dva čelična odsječaka uz svaki od šest pilona, koji su betoniranjem kruto povezani s pilonima. Oni u konačnici nisu pridržani zategama, pa dobivaju tijekom ugradnje privremene potpore. To je također bitno kako bi se na te segmente mogle postaviti dizalice, koje će kasnije podizati dijelove mosta u procesu slobodne konzolne gradnje. Skele baznih segmenata, velike nosivosti, postavljene su na naglavnice pilota i pridržane uz stupove.





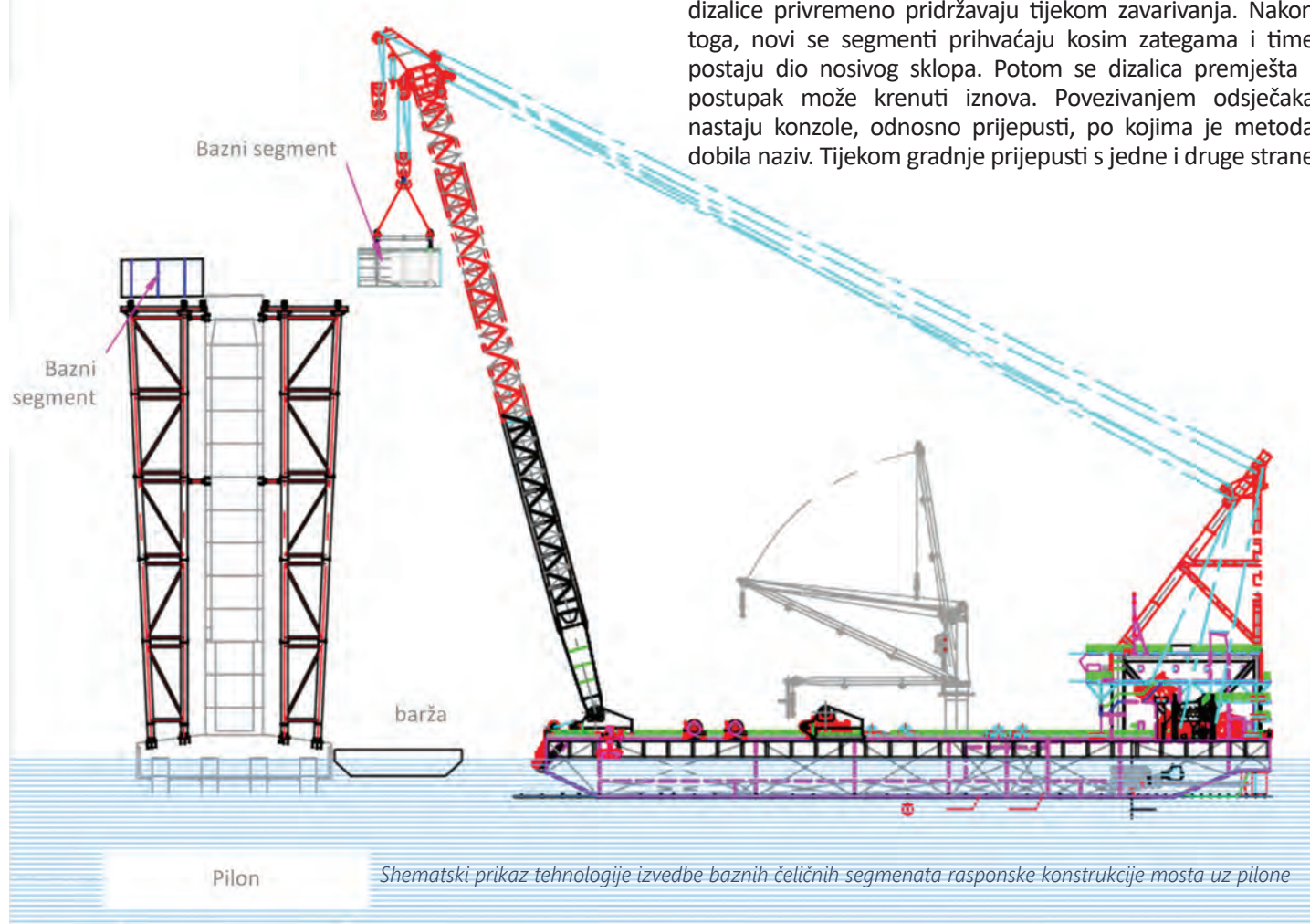
Prvi segmenti Pelješčkog mosta, na kopnenoj strani, postavljeni su u konačni položaj i pripremljeni za zavarivanje – svibanj 2020.



Prvi čelični elementi na skeli uz pilon S5 – lipanj 2020.

Nekada su se mostovi gradili na način da se prvo izvede potporna skela, na kojoj se slažu dijelovi mosta. Kada bi nosač u nekom rasponu bio dovršen, skela bi se uklanjala. Za mostove velikih raspona, osobito nad vodenim preprekama, izvedba na skeli bila bi vrlo neracionalna. Postupak slobodne konzolne gradnje razvijen je kako bi se izbjegla izvedba golemih skela koje služe oslanjanju sklopa tijekom izvedbe.

Nosivi sustav koji sadrži gredu s kosim zategama posebno je pogodan za konzolnu gradnju, budući da se nosivi sklop tijekom izvedbe ne razlikuje puno od nosivog sklopa dovršenog mosta. Izvedba započinje od baznog dijela pilona, ugradnjom prvih odsječaka na koje se postavljaju posebne dizalice. Rasponski sklop postupno se gradi na jednu i na drugu stranu, dodavanjem novih odsječaka (segmenata), koje dizalice privremeno pridržavaju tijekom zavarivanja. Nakon toga, novi se segmenti prihvaćaju kosim zategama i time postaju dio nosivog sklopa. Potom se dizalica premješta i postupak može krenuti iznova. Povezivanjem odsječaka nastaju konzole, odnosno prijepusti, po kojima je metoda dobila naziv. Tijekom gradnje prijepusti s jedne i druge strane





pilona moraju biti u ravnoteži, kako bi se izbjegla nepovoljna opterećenja stupova. Iz tog se razloga postupak još naziva i balansnim.

Postupak konzolne gradnje ne može započeti prije nego se izvedu piloni, odnosno vertikalni elementi iznad kolnika, budući da se u njima sidre kose zatege koje će preuzeti težinu ugrađenih segmenata. Prije izvedbe najvišeg dijela pilona betonirani su odsječci između baznih segmenata, koji su po oplošju identični čeličnoj gredi pa ih je u konačnici teško zapaziti – čini se da je čelična greda neprekinuta od početka do kraja mosta.

Još jedan preduvjet za početak slobodne konzolne izgradnje bio je postavljanje dizalica koje će podizati segmente s plovila na mjesto ugradnje. Takozvane derrick dizalice ugrađuju se simetrično, po jedna sa svake strane svakog pilona, a osim podizanja služe i finom podešavanju položaja elementa čeličnog sklopa i pridržavanju tijekom zavarivanja i ugradbe kose zatege. Kada se sve te radnje obave, kada je segment zavaren na prethodni i kada je u zategu unesena predviđena sila, dizalice se simultano pomiču na kraj konzole vlastitim hidrauličkim uređajima i postupak kreće iznova, pripremom narednog segmenta za podizanje. Kako bi sustigao rokove, izvoditelj je nabavio šest setova od po dvije dizalice, za svaki od pilona. Kapacitet dizalica bio je 250 tona po napravi, a sami segmenti, standardne duljine 12 metara, težili su oko 200 tona svaki.



*Pogled na pilon S6, slobodna konzolna gradnja, svibanj 2021.*

Montažni segmenti čeličnog sklopa dopremljeni su brodovima i deponirani na operativnim obalama, s obje strane gradilišta. Dugačke konzole su prije konačnog spajanja u sredinama raspona posebno su osjetljive na djelovanje vjetrova, pa su privremeno dodatno stabilizirane čeličnim kablovima, koji su nakon spajanja uklonjeni.



*Podizanje prvih odsječaka, duljine 12 metara, koji će biti pridržani zategama, pomoću derrick dizalica na baznim elementima pilona S7 u prosincu 2020., vidljivi su krajnji dijelovi čeličnih sedala koje će prihvaćati zatege.*

## Zavarivanje

Svi montažni spojevi čelične konstrukcije na mostu načinjeni su zavarivanjem. Zavarivanje debelih čeličnih limova na gradilištu značajan je izazov, budući da se na mjestu zavarivanja treba ostvariti čvrstoća veća od čvrstoće osnovnog materijala. Prije početka međusobnog zavarivanja segmenata oni se privremeno fiksiraju pomoćnim komadima, rubovi limova koji se zavaruju se moraju posebno pripremiti, da bi se potom samo spajanje provelo kroz više prolaza zavarivača po istom spoju kako bi u konačnici zavar bio popunjen čitavom debljinom. Dio pripreme je i montaža skele koja će omogućiti pristup čitavom rasporu, s vanjske i unutarnje strane sanduka. Nakon zavarivanja spojevi se bruse, tako da se na jednom spoju radi i po pet puta, uz stalni nadzor svakog zavarivača. Posao zahtjeva vještinu, koja se dokazuje za svakog zavarivača ponaosob, ali i izdržljivost za precizan rad koji se ponekad odvija u iznimno teškim uvjetima.



*Zavarivanje obodnog spoja segmenata mosta odozdo.*



*Uređajima za poluautomatsko zavarivanje izrađivani su spojevi na kolničkoj ploči i to djelomično, rađena je ispuna zavora, dok su većina zavora načinjena ručno.*

## Ugradnja kosih zatega

Zatege se sastoje od pojedinačne užadi – spletova žica, a svako uže zasebno se napinje i sidri. Užad se uvlači u cijevi i provlači kroz sidrene glave, gdje se prihvaća kotvama. Užad na gradilište dolazi namotana na kolutove, a prije ugradnje postavljaju se zaštitne cijevi zatega. Dio zatega formiran je uvlačenjem u zaštitne cijevi odozgo, s pilona, a dio odozdo, s kolničke ploče.

Zatege se ugrađuju simetrično, u parovima, kako se ugrađuju segmenti konstrukcije. Parovi zatega sidre se u pilon na istoj visini, ali na suprotnim stranama betonskog tornja. Na tom mjestu, gdje se predaju sile od nasuprotnih zatega, u pilon se ugrađuju sedla, posebno izrađeni čelični elementi koji povezuju zatege međusobno, kroz beton pilona. Ovi elementi izrađeni su u tvornici.

Važni dijelovi zatega su kotve ili sidra na krajevima, kojima se one pričvršćuju na pilon, odnosno na rasponski sklop. Sidra na krajevima svake zatega nisu ista: jedno je pasivno, fiksirano na kraj zatega, a drugo aktivno, što znači da se može naknadno podešavati. Naknadnim podešavanjem žice u zatezi mogu se pritezati ili otpuštati, kako bi se u svakoj žici ostvarila sila koju je propisao projekt. Ako bi za tim bilo potrebe tijekom uporabe mosta, aktivno sidro može se ukloniti kako bi se zamijenila zatega.

Pasivna kotva, odnosno ona koja ostaje fiksna, nalazi se na pilonu, u čeličnom sedlu, a aktivna kotva, odnosno ona na kojoj se po potrebi vrši dotezanje užadi zatega, nalazi se u sanduku čelične rasponske konstrukcije. Svako uže napinjano je posebno, hidrauličkim uređajem – prešom, koja ga razvlači dok se u užadi ne ostvari zadana sila. Sila se kontinuirano mjeri, a kada je dosegnuta propisana vrijednost uže se klinom upne u kotvu i postupak kreće iznova, na slijedećem užetu, prema unaprijed zadanom protokolu.



*Izrada pilonskih sedala u tvornici*



*Postavljanje zaštitne cijevi kose zatega, vidljiva su zavojska ispuščenja koja služe sprječavanju oscilacija u posebnim okolnostima*



Postupak se ponavlja dok se sva užad ne napne na zadane sile, tada je zatega preuzela svoju ulogu, pa postupak konzolne gradnje može krenuti dalje.

Na Mostu Pelješac zatege su odmah pri izgradnji segmenta nategnute na punu silu i nije bilo naknadnih dotezanja. Korekcije sile u zategama su moguće tijekom uporabe mosta, ako dođe do nekog neplaniranog događaja.



*Uvlačenje užeta u zaštitnu cijev s kolnika – snop užadi od žica čini kosu zategu*



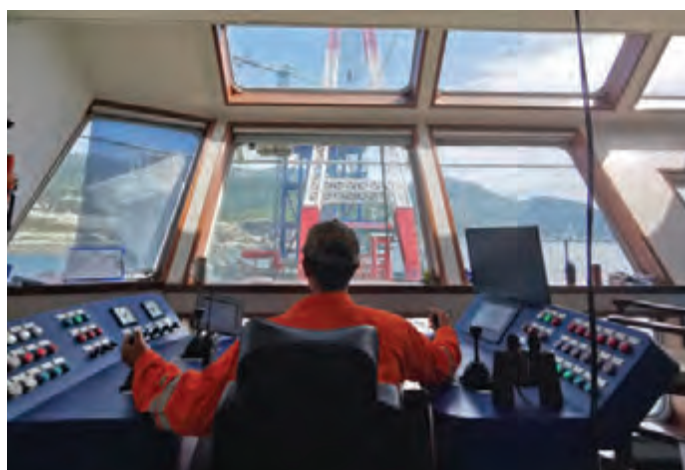
*Napinjanje užadi kose zatege izvodi se pomoću kompaktne hidrauličke preše, po zadanom protokolu, do postizanja sile koja se mjeri na instrumentu u sredini kadra.*



*Postavljanje segmenta grede na stup S3, listopad 2020.*

## Izgradnja prilaznog – grednog dijela mosta

Istodobno s napredovanjem konzolne izgradnje ovješnog dijela sklopa napredovala je i montaža velikih odsječaka čelične grede na prilaznim dijelovima mosta. Nakon što su izvedeni rasponi nad kopnom, odsječci grede prvo su postavljeni nad stupove i privremeno oslonjeni na skelu. Potom su između tih elemenata postavljani spojni odsječci, koji su se privremeno oslanjali na već ugrađene preko velikih spojnih greda. Radi se o najtežim elementima koji su odjednom ugrađivani u most, najveći je imao masu oko 800 tona.



*Upravljačko mjesto dizalice kapaciteta 1000 tona, koja je korištena pri montaži najvećih segmenata mosta..*



## Složena geometrije grede

Sve faze izgradnje odvijale su se po pažljivo razrađenim protokolima, budući da svaka radnja izaziva određene deformacije u sklopu. Zadatak projektanta je bio da predvidi sve pomake u konstrukciji tijekom izvedbe na takav način, da se na kraju ostvari upravo onaj oblik grede kakvog je izvorno zamislio. Obzirom na velik broj faza, ovaj je zadatak iznimno složen, a njegova realizacija ovisi o strogom geodetskom praćenju svakog koraka.

Konačna potvrda projektantskih pretpostavki događala se tijekom montaže završnih segmenata, kojima su konzole povezane u cjelinu. Završni događaj – spajanje posljednje segmenta konstrukcije – odvio se u ponoć, između 28. i 29. srpnja 2021. Kasni sati odabrani su jer dnevna srpanjska vrućina izaziva rastezanje čelika pa je otvor u kojeg treba uglaviti zadnji montažni komad preuzak. Kada su se prethodno izvedeni dijelovi nešto ohladili, posljednji odsječak bilo je moguće uglaviti na mjesto, uz nešto brušenja, budući da ni u ponoć temperatura nije pala ispod 30°C.



*Spuštanje segmenta čelične grede na mjesto ugradnje u dijelu sklopa koji nije ovješeno, goleme grede iznad nosača mosta služe privremenom pridržanju konstrukcije koja teži oko 800 tona tijekom zavarivanja.*



*Niveleta – osnovna linija konstrukcije Pelješkog mosta je složena prostorna krivulja, ostvarena pažljivim podešavanjem tijekom izvedbe*



## Ugradnja posljednjeg odsječka grede

Organizirana je svečanost obilježavanja povezivanja mosta kojoj je, uz Predsjednika Vlade Republike Hrvatske, Andreja Plenkovića, nazočio i velik broj najviših državnih dužnosnika, ali i projektanti, graditelji i velik broj onih koji su sudjelovali u realizaciji projekta.

Nakon što je čelična rasponska konstrukcija mosta povezana u cjelinu, most je bio daleko od dovršene građevine, no može se reći da je najteži dio posla bio obavljen kvalitetno i u okvirima rokova koji su nešto produljeni zbog razloga na koje dionici projekta nisu mogli utjecati.

Preostalo je urediti niz detalja na konstrukciji, koji su iznimno bitni za trajnost mosta.



*Svečanost sklapanja rasponskog sklopa Pelješkog mosta u neprekinutu cjelinu, noć s 28. na 29. srpnja 2021.*



*Predsjednik Vlade Republike Hrvatske, Andrej Plenković, s državnim dužnosnicima, graditeljima mosta, glavnim projektantom i predstavnicima investitora na svečanosti povezivanja Pelješkog mosta u cjelinu.*

# MONTAŽA ČELIČNE KONSTRUKCIJE

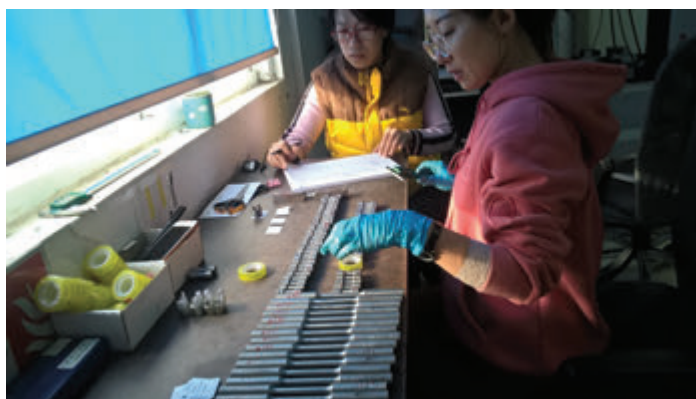
ZORAN TROGRLIĆ dipl. ing. građ.



*Zoran Trogrlić dipl. ing. građ., Institut IGH; nadzorni inženjer za montažu čelične konstrukcije na projektu izgradnje Pelješčkog mosta.*

## Čelik – glavno konstrukcijsko gradivo rasponskog sklopa Pelješčkog mosta

Sav konstrukcijski čelik došao je iz kineskih tvornica, ali se radi isključivo o materijalima s odgovarajućim certifikatima po važećim europskim normama. To znači da je tvornička kontrola proizvodnje provjerena prema normama koje vrijede u Europskoj uniji, a certifikaciju su provele europske, ali i kineske tvrtke s prikladnim ovlaštenjem, te je kvaliteta potvrđena i brojnim kontrolnim ispitivanjima. Ukupno je u most ugrađeno oko 34.000 tona čelika.



*Priprema uzoraka čelika za ispitivanje u kineskoj tvornici – ispitivanja je pratila nadzorna služba iz Hrvatske.*

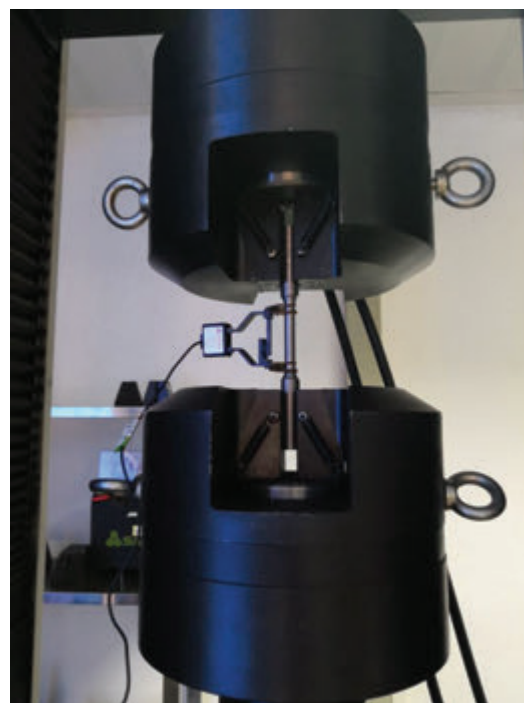
## Zavarivanje

Zavari su spojevi o kojima ovisi ukupna nosivost i kvaliteta konstrukcije. U radionicama, odnosno tvornicama u Kini načinjeno je 462.500 metara zavarenih spojeva, to su spojevi

montažnih elemenata, a duljina montažnih zavora na gradilištu iznosila je 26.720 metara. Od toga obodni zavari čine 9.440 metara, a zavari trapeznih ukruta još 17.280 metara.

Svo zavarivanje na gradilištu radilo se ručno, takozvanim MAG postupkom, uz korištenje poluautomatskog zavarivanja za neke tipove zavora na horizontalnim ploham. Svi zavari na kosim i vertikalnim ploham načinjeni su ručno.

Svi glavni sučeljeni montažni zavari, dakle oni obavljeni na gradilištu kontrolirani su u cijeloj duljini. Ostali zavari kontrolirani



*Uzorak čelika u preši za ispitivanje*



su u opsegu definiranom u skladu s projektiranim razredom kvalitete i značajem u konstrukciji. Korištene su, u odgovarajućoj kombinaciji, sljedeće nerazorne metode ispitivanja: vizualna, ultrazvučna, radiografska i magnetska.



*Kontrola zavora ultrazvučnim uređajem u unutrašnjosti mosta.*

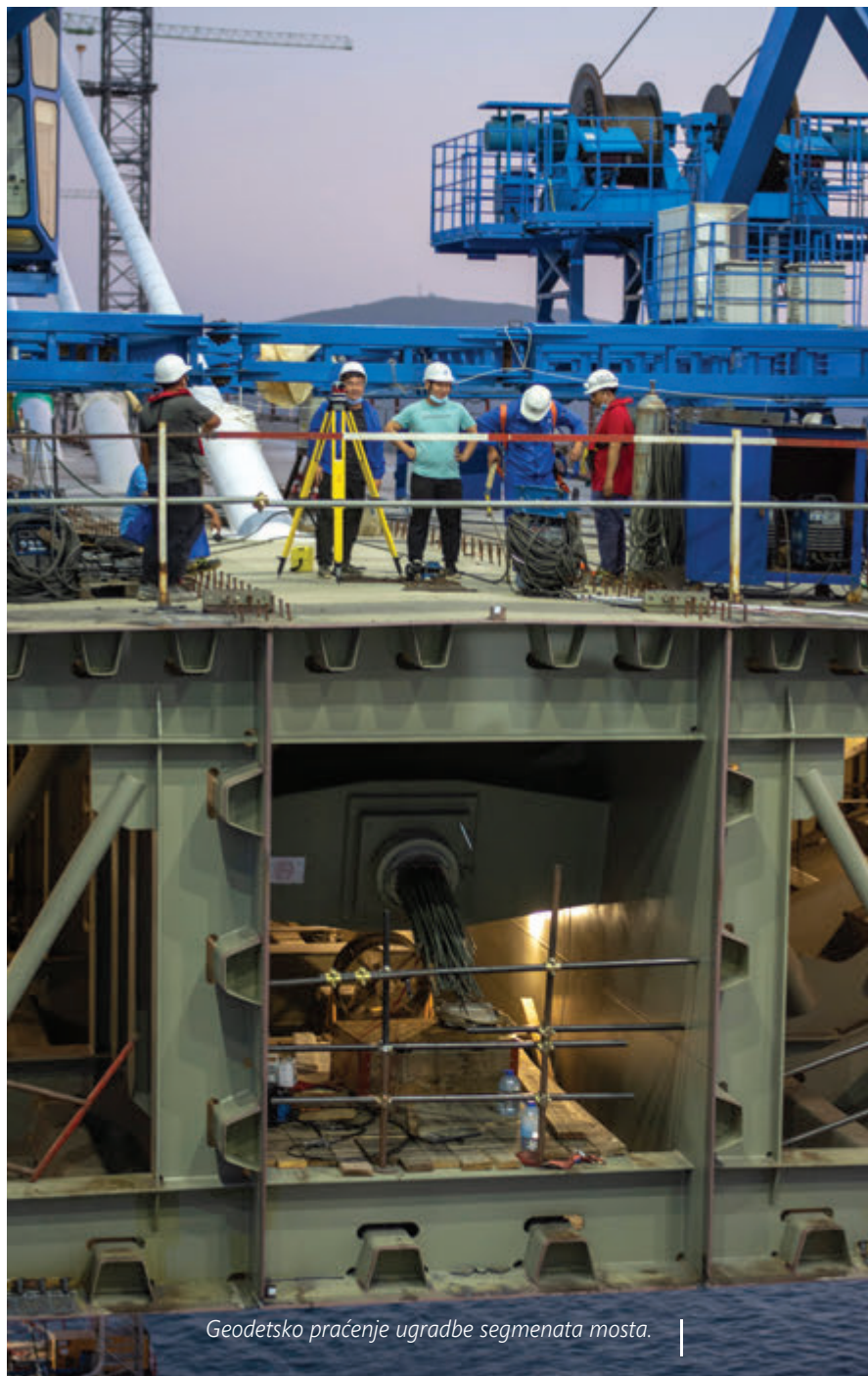
## Montaža segmenata i kontrola geometrije mosta

Najveći segment koji je izrađen u tvornici u Kini, dopremljen i ugrađen u most imao je masu od oko 800 tona i bio je dug 56 metara. Standardni montažni elementi, dugi po 12 metara, znači oni s kosim zategama, bili su teški 180 do 200 tona. Za kontrolu geometrije izrađen je poseban, vrlo opsežan set gradilišne dokumentacije, takozvani protokol nadvišenja. Radi se o detaljnom izračunu položaja u kojemu se moraju nalaziti određene točke na konstrukciji u svakoj fazi izrade mosta da bi u konačnici konstrukcija poprimila točan projektirani oblik. Na gradilištu izvedbu prate geodeti, koji provjeravaju točnost položaja, osobito visine određenih točaka, uz zadanu toleranciju, odnosno dopušteno odstupanje od proračunom predviđenog položaja. Mogu reći da smo veoma zadovoljni postignutim, jer nije bilo velikih odstupanja izvedene geometrije izvan projektiranih granica tolerancije. Ovakva preciznost iziskivala je stalnu prisutnost geodeta na mostu, koji su pratili sve faze ugradnje segmenata, dakle prvo postavljanje u zadani položaj dizalicama, a nakon toga i fazu kada su napinjane zatege, koje su preuzimale opterećenje od segmenta da bi se dizalice pomakle u položaj za podizanje narednog segmenta.

## Precizna montaža čeličnog sklopa

Konačni oblik linije grede postiže se nakon natezanja kosih zatega. Zatege su napinjane na unaprijed zadanu proračunsku

silu, a onda je nakon toga provjeren geometrijski oblik, odnosno točan položaj dijela nosača, koji je ovisio o točnosti proračuna elaborata nadvišenja. Taj geometrijski protokol izrađen je za svaku od 84 faze montaže i sadržavao je proračun nadvišenja, odnosno visina na kojima segmenti tijekom ugradnje trebaju biti, da bi se tek nakon dovršenja montaže, kada se cijela konstrukcija deformira od vlastite težine, ostvario zadani oblik. Znači da se računaju i deformacije konstrukcije i po njima izračunavaju točke po kojima se prati ugradnja pojedinih dijelova. Svaka faza je geodetski praćena, odnosno u svakoj fazi znali smo koordinate u kojima se segment mora naći. Nakon postavljanja segmenta koji je posljednji ugrađen i namješten u svoj položaj, ponovo su



*Geodetsko praćenje ugradbe segmenata mosta.*



provjeravani prethodno ugrađeni segmenti. Uz mnogo truda, provjera i podešavanja postigli smo vrlo preciznu geometriju mosta, u skladu s projektiranim oblikom.

Izvedbeni protokol nadvišenja i deformacija grede Pelješkog mosta radio je kineski specijalist, stručnjak koji je istovremeno istu zadaću obavljao na još dva mosta na različitim stranama svijeta, a njegov proračun je dodatno kontroliran od strane projektanata glavnog projekta mosta i revidenata izvedbenog projekta.

## Ugradnja završnih odsječaka mosta

Znamo da se čelik rasteže pri djelovanju temperature, a čelični sklop je dovršavan tijekom vrlo toplih dana ljeta 2021. godine. Zadnji segmenti koji se ugrađuju u svaki raspon mosta zovu se upasni segmenti i oni moraju točno popuniti otvor između dviju konzola. Svi upasni komadi načinjeni su u tvornici dulji od otvora u koje se ugrađuju za nekih 15 do 20 centimetara, kako bi se na gradilištu precizno iskrojili i onda izrezali na točnu veličinu otvora u koje moraju ući, u koje se moraju upasati. Nakon toga pridržani su pomoćnim gredama na točnoj poziciji dok sve nije provjereno i pripremljeno za zavarivanje. Nakon što je ugrađen posljednji upasni segment, u noći 28. srpnja 2021. godine, provjerena je konačna niveleta, odnosno središnja linija mosta i mogu reći da je ona jako dobro pogođena, odnosno da se podudara s linijom koju je osmislio projektant.

Najzanimljiviji trenuci montaže upravo su oni koji prethode zavarivanju posljednjeg, upasnog segmenta u svakom rasponu mosta, jer njihovo milimetarsko uklapanje u strukturu daje konačnu potvrdu kvalitete našeg rada na svim prethodno ugrađenim segmentima. Upasivanje se obavljalo,



*Fino podešavanje položaja segmenata mosta prije konačnog spajanja zavarivanjem.*

kao što ste rekli, tijekom najtoplijih dana ljeta, pa se za konačno ubacivanje posljednjeg segmenta čekala noć, kada je hladnije nego danju, kako bi se smanjio utjecaj izduljenja. Jednu noć segment bi se pripremao – krojio i rezao, da bi se naredne noći podizao i ugrađivao. Međutim, termin ovih radova poklopio se s noćima tijekom kojih temperatura nije padala ispod 30°C, pa je za jedan segment postupak trebalo ponavljati i strpljivo čekati da se ostvare uvjeti za ugradnju. Treba znati da nekoliko stupnjeva razlike u odnosu na očekivane vrijednosti izaziva centimetarska neslaganja. Osim toga, treba znati da se tijekom vrućih dana gornja ploha segmenta grije na više od 50°C, a donja ostaje znatno hladnija pa se element mosta dodatno deformira. Ključ za uspjeh provedbe ovih radova bio je u kontinuiranim provjerama i kontroli.

Još je zanimljivo na koji način se fino podešava visina nasuprotnih konzola kako bi se one poravnale prije montaže



*Podizanje upasnog segmenta između dviju konzola u srpnju 2021. Pri kraju konzole s lijeve strane vidljivi su tankovi s vodom koji se pune kako bi se konzole dovele u istu razinu, odnosno da bi se element koji ih povezuje ispravno uklopio.*



upasnog segmenta. Obično je jedna konzola malo viša od druge, pa ih treba poravnati. To se čini na taj način da se na višu konzolu postavljaju tankovi s vodom ili nekakav drugi privremeni teret, obično je bilo postavljano oko 80 tona vode s jedne strane. U noći 28. srpnja 2021. obavljeno je spajanje završnog segmenta, zadnjeg upasnog elementa koji je nedostajao. Svečanost je organizirana uz nekoliko stotina uzvanika koji su čekali trenutak spajanja. Radi se o broju ljudi koji za most predstavlja dvadesetak tona dodatnog tereta s jedne strane, na jednoj od dvije konzole. Takvo opterećenje poremetilo bi balans i došlo bi do odstupanja zbog kojih bi spajanje zapravo moralo biti odgođeno. Da bi se spriječila ova situacija, svi uzvanici morali su čekati na kraju mosta dok se ne naprave privremeni spojevi, nakon čega je svečanost mogla početi.

## Kose zatege

Ukupna duljina svih kosih zatega ugrađenih u Pelješki most, a njih je ukupno 120, iznosi oko 10.000 metara. Treba znati da se zatege sastoje od pojedinačnih užadi sačinjenih od spiralno uvijenih žica visokokvalitetnog čelika, od kojih je svako uže efektivnog promjera 1,5 cm<sup>2</sup>. Zatege sadržavaju različit broj užadi, od 55 u najtanjoj do 109 u najdebljoj zatezi. Ukupna duljina ugrađene užadi iznosi 934,1 kilometara.

## Antikorozivna zaštita

Antikorozivna zaštita presudna je za trajnost svake čelične konstrukcije. Veličina ploha koje se štite je fascinantna: vanjska izložena površina s kolničkom pločom velika je 120.000 m<sup>2</sup>, a unutarnja površina sanduka iznosi 226.000 m<sup>2</sup>.

Antikorozivna zaštita na Pelješkom mostu projektirana je za trajnost veću od 25 godina na vanjskim plohamo mosta i preko 40 godina na unutarnjim plohamo, a korišten je standardni epoksi-poliuretanski sustav. Katodna zaštita primijenjena je za pilote i armaturu naglavnicu. Interesantna je zaštita dijela pilota koji su u moru: oni imaju trostruki sustav antikorozivne zaštite. Prva komponenta sustava je statička zaštita, izvedena podebljanjem stijenke pilota za 2.4 do 3.0 milimetra. Druga je zaštitni premaz koji se nanosi u tri sloja debljine 850 μm i konačno tu je katodna zaštita.

## Jezične barijere

Izgradnju mosta pratila je velika količina izrađene izvedbene dokumentacije, svaku fazu izgradnje prati detaljni opis, odnosno metodologija koju su odobravali Glavni projektant i Nadzor. Sva ova dokumentacija izrađena je na hrvatskom jeziku, pripremljena i preuzeta putem pisanih obrazaca, prema postupcima koji su unaprijed zadani kroz Sustav upravljanja kvalitetom. U svakodnevnoj komunikaciji s kineskim kolegama služili smo se engleskim jezikom.

*Upasivanje  
nosača noću*



*Ispitivanje debljine antikorozivne zaštite pilota  
Pelješkog mosta, zadana debljina je 850 μm*

Dokumenti su prevedeni s hrvatskog na engleski jezik i onda s engleskog na kineski. Nismo imali uvid u to koliko je prijevod vjeran izvorniku i koliko je jasan, mislim da su česte nesuglasice na početku radova imale upravo taj uzrok.



*Kineski inženjer bilježi razgovor na mostu kineskim  
pismom, jezik sporazumijevanja je engleski*

# NADZOR NAD RADOVIMA

ĐURO MIHALIĆ dipl. ing. građ.



Đuro Mihalić dipl. ing. građ., Institut IGH; voditelj stručnog nadzora  
na projektu izgradnje Pelješkog mosta

## Glavni nadzorni inženjer

Uloga Glavnog nadzornog inženjera na projektu izgradnje Pelješkog mosta obuhvaća sve ono što se obavlja po Zakonu o gradnji, a uz to i dio zadataka Inženjera prema smjernicama FIDIC-a, a precizno je uređena ugovorom o izgradnji građevine. FIDIC Inženjer prvenstveno je zadužen za kontrolu i realizaciju ugovora, dok stručni nadzor nastupa kao zakonski ovlaštena osoba u procesu nadzora procesa građenja. Stručni nadzor brine o usklađenosti građenja s izdanim dozvolama i primjenjivim zakonima, ali isto tako svojim inženjerskim i proaktivnim pristupom omogućuje otklanjanje eventualnih prepreka na koje se nailazi tijekom izvođenja radova. U konkretnoj situaciji bio sam u prilici pomagati izvoditelju i investitoru u formalnom i sadržajnom smislu, vođenjem dokumentacije i brigom da se projekt realizira prema ugovorenim specifikacijama.

## Rad s kineskim izvoditeljima

Gradnja ovako složene građevine zahtijeva velik broj vještina, kompetencija i posebnih znanja. Naši partneri iz Kine neka su od njih imali u većoj, a neka u manjoj mjeri. Primjerice, bolji su u radu s čelikom nego u betonskim radovima, ali bih naglasio njihovu volju da uče i da – nakon određenog otpora – prihvate i usvoje nova znanja i vještine. Trudili su se da sve što rade naprave dobro i u tom pogledu ostvarili smo dobru suradnju. Još bih napomenuo da nam je došla mlada ekipa, voljom i disciplinom nadoknadili su manjak iskustva.

Uspostava sustava vođenja dokumentacije išla je znatno teže od započinjanja samih radova izgradnje mosta. Kolege iz CRBC-a nisu bili naviknuti na sustav nadzora i kontrole kakav mi redovito uspostavljamo na našim gradilištima, a investitor je nastojao osigurati da kontrole na ovakvom projektu budu i jače od onoga što se inače provodi. Takva situacija je na početku izazivala dosta problema, morali smo im puno

pomagati, truditi se oko zadataka koji su našim inženjerima trivijalni. Kada nije išlo, na gradilištu su zaposlili neke iskusne hrvatske inženjere pa je uz veliku pomoć nas, nadzorne službe, ubrzo nakon početka radova sve dobro krenulo i u administrativnom smislu. U konačnici imamo vrlo urednu gradilišnu dokumentaciju i arhivu, što dokazuju pozitivni nalazi tijela koje nadziru trošenje sredstava iz fondova EU, kao što su SAFU (Središnja agencija za financiranje i ugovaranje) i ARPA (Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije).

## Nadzorna služba

Stalno smo imali 20 ili više stručnjaka na gradilištu, u vrijeme najvećeg intenziteta radova bilo nas je 25 iz tri tvrtke koje su dobile posao kao zajednica ponuditelja: Instituta IGH, Invest-inženjeringa i COG-a. Uz to smo koristili specijalističke usluge nekih podizvoditelja, također hrvatskih tvrtki. Članovi nadzornog tima su se izmjenjivali na gradilištu, ovisno o fazi rada. Treba naglasiti da smo na gradilištu imali i akreditirani laboratorij za određena ispitivanja gradiva koja su se provodila u većem broju.

## Zabijanje pilota

Prije zabijanja pilote je trebalo izraditi i prekontrolirati u tvornicama u Kini, potom dopremiti u Hrvatsku, na gradilište, a tek nakon toga na red je došlo zabijanje. Ovi radovi provedeni su veoma uredno i precizno, dijelom zahvaljujući iskustvu tima, a dijelom zahvaljujući moćnoj opremi, koja je omogućila manipulaciju čeličnim cijevima duljine do 130 metara i mase do 200 tona. Nisam siguran u točnu brojku, no najam čekića – dizalice za zabijanje pilota košta oko 100.000 eura na dan.



Zabijanje se odvijalo u zadanim rokovima, goleme cijevi zabijene su u granicama zadane preciznosti (odstupanje do 10 cm od projektiranog položaja) i tu je sve prošlo glatko do posljednjeg pilota koji je zabijan, dijela temelja stupa najbližeg obali, koji se ošteti pri dnu pa smo ga morali popravljati.

Podsjećam da je stijena ispod dna pilota bližih obali posebnom tehnologijom dodatno bušena kako bi se u nju uglavio produljeni dio pilota od armiranog betona. S tom tehnologijom bušenja kroz cijev prethodno zabijenu do dna bilo je malo problema, ali i oni su savladani unutar prihvatljivih rokova.

Nakon toga slijedilo je vađenje materijala iz gornjih dijelova pilota, njihovo brtvljenje na zadanoj dubini, te vađenje mulja iz gornjeg dijela pilota. Nadzor je strogo pazio da se sav mulj zbrine na propisani način, odnosno da se odveze i izbací daleko na pučini.

U pripremljeni pilot, prije betoniranja gornjeg dijela, spuštao se naš kolega Barbalić u košari i pažljivo pregledavao stijenke iznutra prije nego što je dopustio postavljanje armature i betoniranje. Kolega Ivo imao je 65 godina, pa je otišao u mirovinu za vrijeme trajanja projekta, no svi dionici izgradnje: investitor, nadzorna služba i izvoditelj tražili su da on ostane dok se projekt ne završi. Radi se o pravom primjeru čovjeka koji ima svoj poziv, inženjera koji se dosljedno zalaže za struku, ali na način da je spreman pomoći i objasniti i time je zaradio poštovanje svih nas.

## Izvedba betonskih naglavnih ploča pilota

Kvaliteta betona koji su proizvedeni na gradilištu nije bila upitna, no postupke ugradnje trebalo je razraditi, budući da se radi o nesvakidašnjim elementima, velikog volumena i malog oplošja, naglavnice najvećih stupova sadrže po 3000 kubnih metara betona. Tu smo pomagali kolegama iz CRBC- a

u razradi tehnologije jer su lokacije na moru zahtijevale dobru pripremu: u konačnici smo betonirali po 1000 kubnih metara odjednom. Za velika betoniranja korištena su tri trajekta, na svaki od njih ukrivala su se po tri kamiona – miješalice zapremine po 9 kubnih metara betona. Trajekti su dolazili na mjesto ugradnje jedan za drugim i tako do kraja ugradnje predviđene količine, bez zaustavljanja.

Bili smo organizirani tako da je na svakoj auto-miješalici i na svakom mjestu ugradnje betona bio nadzornik, za taj posao smo angažirali inženjera nadzorne službe, dvojicu inženjera iz laboratorija i još dvojicu tehničara. Naglasio bih kako jedino u slučaju kada je nadzor stalno prisutan na mjestu betoniranja možemo savjesno potvrditi kako je sve izvedeno prema projektu i pravilima struke.

## Posebni betoni

Na jako armiranim elementima mehaničko zbijanje betona prilikom ugradnje je otežano, pa je korišten takozvani samozbijajući beton, materijal koji bez upotrebe vibracijskih uređaja potpuno zaobilazi armaturu i popunjava oplatu. Također je korišten i beton visoke čvrstoće, za izradu gornjih dijelova pilona. Mislim da se klasa betona C70/85 do sada nije u Hrvatskoj koristila za masivne betonske elemente, odnosno u ovako velikim količinama. Također je korištena i armatura debljine veće od uobičajene. Zanimljivo je da su za nastavljanje debelih šipaka korišteni navojni nastavci – spojnice koji su posebno ispitani i certificirani.

Tehnološki iskoraci u betonima zahtijevali su velik broj kontrolnih ispitivanja, koja su uredno provedena u sklopu rada nadzornog tima. Što se kvalitete betona tiče, ona je jako dobra, ostvarene su čvrstoće veće od projektiranih, a manji broj nedostataka na površini betona je popravljen. Radi se o manjim nedostacima na spojevima oplata, ništa bitno za sigurnost mosta.



*Nadzor je kontrolirao i odobravao sve radove - pred betoniranje dijela pilona (gore) i pred polaganje armature u oplatu naglavne grede..*





*Detalj izvedbe pilota: uređaj za bušenje na prethodno zabijenom pilotu temelja stupa S3 prvo vadi materijal zaostao u cijevi nakon bušenja, a nakon toga dodatno buši stijenu ispod dna čeličnog dijela pilota kako bi se u šupljini izveo armiranobetonski nastavak čeličnog dijela pilota.*



## Zavarivanje čeličnih segmenata

Nakon izvedbe stupova na red je došla montaža čelika. Prvi elementi bili su dopremljeni iz Kine, postavljeni na mjesta u sklopu i započelo je zavarivanje, izrada montažnih zava za na gradilištu, posao koji se dobrim dijelom obavljao ručno, posao koji zahtijeva visoku razinu obučenosti većeg broja radnika – zavarivača. Treba reći da su radovi na zavarivanju većeg opsega krenuli u drugoj polovici 2020. godine, u vrijeme zatvaranja granica zbog COVID pandemije, kada su dolasci stručnih radnika iz Kine bili značajno otežani. Primijetili smo da neki od zavarivača ne rade kako bi trebalo. O značaju montažnih zava za integritet sklopa ne treba govoriti – radi se o najvažnijim spojevima u konstrukciji. Situacija se nije popravila nakon upozorenja pa smo u prosincu 2020. privremeno zabranili radove na zavarivanju konstrukcije. Nakon toga angažiran je određen broj naših stručnjaka, a kineski zavarivači prošli su dodatnu obuku. Poslije toga više nije bilo problema sa zavarivanjem.

## Izazovi u postizanju kvalitete

Neki radovi odrađeni su gotovo besprijekorno, dok je za neke koji zahtijevaju finu obradu detalja bilo potrebno dosta raditi s izvoditeljem. Primjer je izvedba razdjelnog pojasa na rasponskoj konstrukciji mosta: odrađene su probne dionice, a radovi su odobreni tek nakon petog probnog pokušaja, kada smo se uvjerili da je završna izrada dovoljno uredna.

Da ovaj odgovor ne ostane na kritici, moram naglasiti jednu

jako dobru stranu suradnje s našim kineskim kolegama: mi nismo popuštali, a oni su bez pogovora nastojali napraviti ono što se od njih traži. Obostrana upornost na kraju je uvijek dovela do rezultata.

Također treba istaknuti da su svi građevni proizvodi dolazili na gradilište s propisanom dokumentacijom, s tim nismo imali značajnijih problema.

Još treba reći kako smo tijekom radova imali pomoć i podršku projektanta mosta. Glavni projektant, kolega Pipenbaher je sudjelovao u izradi izvedbenog projekta i bio je vrlo angažiran tijekom izgradnje.

## Konačna ocjena suradnje s kolegama iz kineske tvrtke CRBC

Mislim da most ne bismo ovako dobro napravili ni s jednim drugim izvođačem. Nije bilo lako, osobito do trenutka kada su naši partneri priznali naš autoritet, ali smo nakon toga našli načina da dođemo do najboljih rješenja za gradilište, čak i ako je za to trebalo znatno više razgovora i sastanaka no što je objektivno potrebno. Osobno mi se čini da nedostatak vlastite inicijative naših partnera proistječe iz njihovog obrazovanja u kojemu se vjerojatno čvrsto slijede autoriteti, to je bio najveći izazov. Konačna ocjena suradnje bila bi čvrsta četvorka.

Postoji garantni rok da se otkriju skriveni nedostaci, no uvjeren sam da je Pelješki most, u smislu tehničke kvalitete, u svim svojim dijelovima i kao cjelina u skladu s projektom, za čistu peticu.



Betoniranje razdjelnog pojasa na rasponskoj konstrukciji mosta



Proizvodnja pilota u kineskoj tvornici bila je certificirana prema regulativi EU, stoga je proizvođač mogao na njih staviti oznaku CE građevinskog proizvoda.



*Priprema površine kolničke plohe za polaganje hidroizolacije  
započinje brušenjem varova, najveće dopušteno odstupanje  
ravnosti čelične ploče je svega 2 milimetra.*









# OPREMA MOSTA

Opremu mosta čine svi dijelovi neophodni za udobno i sigurno prometovanje mostom, kao i ležajevi, koji prenose opterećenje s gornjeg na donji ustroj.

## Ležajevi i prijelazne naprave

Na pilonima S5 – S10, odnosno na ovješnom dijelu mosta, nema ležajeva, budući da se radi o integralnoj okvirnoj konstrukciji. Vertikalne tlačne sile prilaznog dijela rasponskog sklopa na stupovima S2, S3, S12 i S13 prenose se na donji ustroj svestrano pomičnim sfernim ležajevima. Radi se o napravama koje prenose težinu sklopa na stupove, omogućujući zakretanje konstrukcije u odnosu na stup i njezino pomicanje u svim smjerovima. Na upornjacima i stupovima S4 i S11 redovito djeluju tlačne sile, ali se mogu javiti i vlačne sile, odnosno odižuće reakcije, pa ležajevi moraju prenijeti i tu komponentu. Horizontalna djelovanja na upornjacima i stupovima S2 do S4 i S11 do S13 u poprečnom smjeru na most preuzimaju se uzdužnim vodilicama. Na elementima rasponskog sklopa navarene su jake horizontalne vodilice koje prenose poprečne sile s rasponske na potpornu konstrukciju.

Prijelazne naprave s pomičnim čeličnim letvama i gumenim umetcima ugrađene su samo na krajevima mosta.

## Kolnik i hidroizolacija

Hidroizolacija i kolnički zastor najbitniji su dijelovi zaštite sklopa od korozije, a i važan čimbenik sigurnosti i udobnosti prometovanja. Hidroizolacija je višeslojna, sačinjena od reaktivnih smola. Zaštitni sloj nad hidroizolacijom je od lijevanog asfalta debljine 4 cm, a gornji, habajući sloj asfalta, iste debljine je od asfalt – betona. Priprema površine za polaganje hidroizolacije, detalji spojeva izolacije i zastora uz rubove i uz slivnike izrađeni su brižljivo, prema detaljnim uputama iz projekta. Disciplinarnost kineskih radnika kod obavljanja ovih poslova došla je do punog izražaja.



Ležajevi i vodilica na vrhu stupa S3 |



Sferni ležaj na upornjaku prije konačnog  
spuštanja konstrukcije na oslonac |





*Završetak rasponskog sklopa na upornjaku prije ugradnje prijelazne naprave.*



*Polaganje hidroizolacije na kolničku plohu Pelješkog mosta, listopad 2021.*



*Čišćenje kolničke plohe prije polaganja sloja hidroizolacije.*



*Ulaz u rasponski sklop mosta: vrata načinjena po uzoru na brodska u brodogradilištu Radež, na Korčuli.*

## Revizijske staze, ljestve i vrata za ulaz u sklop

Svi šuplji dijelove konstrukcije i stupova moraju biti pristupačni pregledu i održavanju, stoga su u njih ugrađene revizijske staze, penjalice s podestima i vrata za ulaze u sklop. Svi ovi elementi mosta su čelični i načinjeni u Hrvatskoj, u poduzeću Radež d.d. iz Blata na otoku Korčuli, koje proizvodi brodska opremu za domaća brodogradilišta i strane naručitelje. Za izgradnju Pelješkog mosta proizvedeno je i isporučeno ukupno 552 tone ove opreme.



*Cijevi sustava odvodnje s kolnika mosta u unutrašnjosti rasponskog sklopa.*





## Odvodnja

Na Pelješkom mostu ugrađen je zatvoreni sustav odvodnje, što znači da se sva voda s kolnika kontrolirano odvodi do sustava za pročišćavanje van mosta i onda kontrolirano ispušta. U poprečnom smislu slivnici se nalaze u najnižim točkama kolničke plohe, a njihov uzdužni raspored određen je prema uzdužnom padu nivelete mosta. Tako su na mjestima najvećeg uzdužnog nagiba slivnici na razmaku od 20 metara, a na mjestima horizontalne nivelete – na 4 metra. Sustav cijevi unutar rasponskog sklopa opremljen je revizijskim oknima koja omogućuju čišćenje sustava.





*Ugradnja zaštitnog sloja od lijevanog  
asfalta na kolnik Pelješkog mosta*

## Monitoring mosta

Stalni nadzor stanja mosta i prometnih uvjeta na kolniku pratit će se ugrađenim senzorima iz središta za nadzor u Zadaru. Sustav sadrži 362 senzora od optičkih vlakana za mjerenje deformacija na temelju kojih se određuju naprezanja, u pilotima, stupovima, pilonima te čeličnoj rasponskoj konstrukciji. Ukupno 143 senzora mjere temperature u elementima, a za praćenje pomaka pilona na njihove vrhove ugrađeno je 6 GPS uređaja. Akcelerometri su senzori kojima se prate vibracije na stupištima, pilonima, rasponskoj konstrukciji i kosim zategama i njih je ukupno 153. Sila u kosim zategama kontrolira se pomoću 60 senzora. Za slučaj potresa u blizini mosta, s obje strane, kopnenoj i pelješkoj strani, postavljeni su seizmografi. Ugrađeno je 248 trajnih geodetskih repera koji služe za praćenje i kontrolu pomaka. Na nekim pilonima ugrađeni su senzori za praćenje procesa korozije betona i ugroženosti armature od korozije.

Također su ugrađena dva anemometra za mjerenje smjera i brzine vjetra, meteorološka stanica te sustav za praćenje broja, ali i mase vozila koja prometuju mostom.



*Ograda za zaštitu od vjetra i rasvjeta*



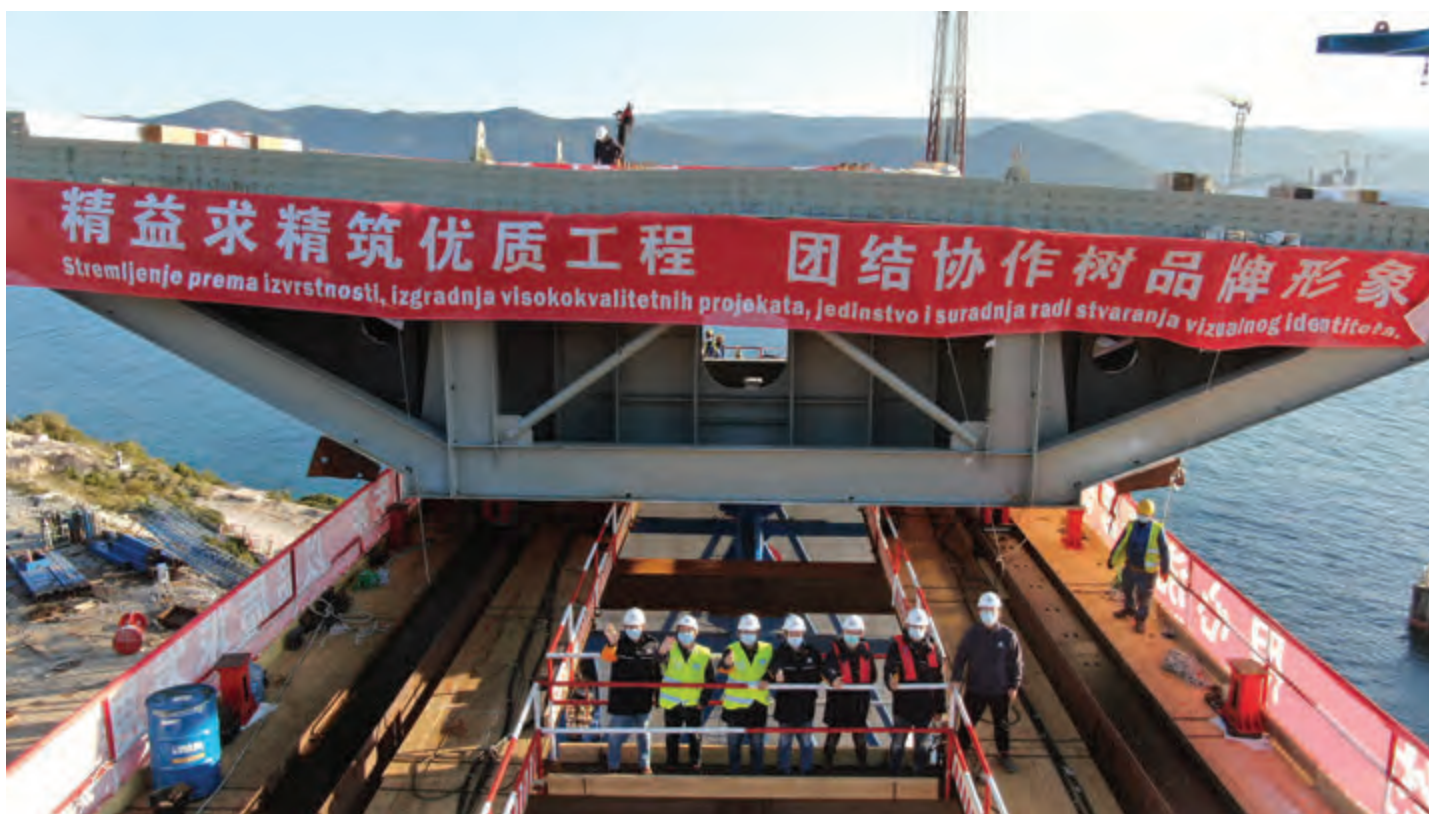
Doprema prijelaznih naprava na gradilište |











Vodstvo tima za izgradnju Pelješčkog mosta kineske tvrtke CRBC ispod jednog od karakterističnih plakata kakvima se obilježava svaka uspješno dovršena faza radova



# CHINA ROAD AND BRIDGE CORPORATION:

## KINESKI GRADITELJI U HRVATSKOJ

### Osnovni podaci

Tvrtka *China Road and Bridge Corporation* (CRBC) formalno je osnovana 1979. godine u Pekingu i uključivala je građevinska poduzeća koja su djelovala još od 1958. godine u sklopu Ureda za pomoć stranim zemljama Ministarstva prometa. Danas ta tvrtka u državnom vlasništvu ima preko 1400 zaposlenih u središnjem uredu u Pekingu, a uz to djeluju i podružnice u oko 60 zemalja u Aziji, Africi, Europi i Amerikama, uglavnom u zemljama u razvoju.

Poduzeće *China Road and Bridge Corporation* u stvari je podružnica veće kineske tvrtke, *China Communications Construction Company* (CCCC), koja je već više od desetljeća među 500 tvrtki s najvećim godišnjim prihodom na svijetu. Radi se o konglomeratu tvrtki koje nastupaju na međunarodnom tržištu na profitnom načelu, ali ujedno promiču političke interese vlasnika – Narodne Republike Kine.

Glavna poslovna djelatnost tvrtke CRBC je izgradnja autocesta, željezničkih pruga, mostova, luka i tunela. Pored izgradnje, tvrtka se bavi i razvojem projekata, financiranjem i upravljanjem prometnom infrastrukturom.

Godišnji prihod tvrtke posljednjih godina kreće se oko 3 milijarde eura.

Izgradnja velikih mostova jedna je od nekoliko specijalnosti tvrtke CRBC, među čijim referencama su i neke građevine značajne u svjetskim razmjerima.

- Most preko tjesnaca Surabaya – Madura u Indoneziji, koji spaja otok Javu s manjim otokom, ukupne duljine 2,1 km. Glavni otvor, raspona 434 metra premošten je ovješnim mostom. Piloni su visoki po 140 metara.
- Most Maputo – Katembe u Mozambiku, državi na jugu afričkog kontinenta, dio je autoceste koja spaja istoimeni glavni grad Maputo s granicom Južnoafričke Republike. Radi se o visećem mostu glavnog raspona 680 m.



Most preko tjesnaca Surabaya – Madura u Indoneziji, izvoditelj CRBC



Most Maputo – Katembe u Mozambiku, izvoditelj CRBC

## Razgovor s odgovornim osobama na gradilištu Pelješkog mosta, koje predvodi Glavni inženjer Zhang Dong

### ***Kako to da ste se prijavili na natječaj za izgradnju Pelješkog mosta?***

Mi imamo znanje, iskustvo i vještine za izgradnju ovakvog ovješnog mosta i to nam je dalo određenu prednost pri sudjelovanju u postupku javne nabave.

### ***Smatrate li da je postupak javne nabave u Hrvatskoj složeniji od postupaka u državama u kojima ste radili na sličnim projektima?***

Postupak javne nabave u Hrvatskoj smatramo korektnim, pravičnim i transparentnim. Postupak nije ništa kompleksniji od onih u drugim zemljama.

### ***Kako vam je raditi tako daleko od doma? Jeste li se navikli na rad u Hrvatskoj?***

Na ovo pitanje odgovorilo je nekoliko radnika CRBC-a.

Gospođa Chen: Moja obitelj živi u sjeverozapadnom dijelu središnje Kine, u pokrajini Shaanxi. Iako je gradilište mosta jako daleko od doma, ljudi u Hrvatskoj su jako gostoljubivi, a kolege na poslu dobronamjerni. Ponekad osjećam nostalgiju za domom, no situacija je općenito dobra.

Gospodin Liu: Sveučilišnu diplomu stekao sam 2019. godine. Prvi put sam ovoliko daleko od doma i nisam se brzo navikao. Međutim, sada se osjećam dobro na svom poslu. Sviđaju mi se hrvatski pejzaži, kao i prijateljski odnos ovdašnjih ljudi.

Gospodin Sheng: Već dulji niz godina radim u inozemstvu. U Hrvatskoj se osjećam drugačije nego u drugim zemljama u kojima sam boravio i radio. Zapravo je jako dobro, ugodno je ovdje. Kada dovršimo most namjeravam se vratiti kući kako bih brinuo o roditeljima, međutim rado bih se ponovo vratio u Hrvatsku, možda kao turist.



*Gđa. Chen sa suprugom, koji je jedan od voditelja građenja*



*Liu, jedan u nizu mlađih stručnjaka koji su dobili šansu da prva iskustva steknu u Hrvatskoj*



*Sheng*

### ***Kako kineski radnici žive u Hrvatskoj?***

Uprava gradilišta posvećuje veliku pažnju svakodnevnom životu i potrebama radnika. Uvjete na gradilištu prilagodili smo važećoj regulativi, odnosno pravilima Ministarstva rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike, kao i sindikalnim politikama. Može se reći da smo uvjete smještaja i prehranu veoma pažljivo organizirali. Radnici su zadovoljni.

### ***Jesu li zaposlenici CRBC-a na gradilištu savladali neke riječi hrvatskog jezika?***

Kako bi se izbjegla mogućnost zaraze virusom COVID-19, ali i kako bi se osigurala veća posvećenost poslu, radnici rijetko izlaze



van granica gradilišta. Ipak, naučili su s mjesnim stanovništvom razmijeniti nekoliko riječi kao što su dobar dan, doviđenja, hvala i slično.

**Što vas je najviše iznenadilo u načinu na koji hrvatski građani žive i rade?**

Ugodno nas je iznenadilo koliko su Hrvati topli i gostoljubivi. Sviđa nam se krajolik, a prosječna temperatura je upravo takva da nam se ponekad čini kao da smo u Kini.

Tijekom duljeg vremenskog razdoblja intenzivnih radova bilo nas je oko 600 na gradilištu, a u tu brojku uključeni su radnici, strojar, zavarivači, posade plovila, osoblje zaduženo za logistiku, kao i pomoćno osoblje.

**Kako su radnici odabrani i organizirani za ovo gradilište?**

Većinom su to radnici koji već dulje vrijeme rade za CRBC. Za rad na projektu odabrani su ljudi s naglašenim osjećajem odgovornosti, vrlo disciplinirani, iskusni na sličnim poslovima. Posebno su odabrani voditelji timova koji dobro vode, ali i surađuju sa svojim ljudima.



Uredski dio privremenog naselja



Službeni panel s biltenom gradilišta tvrtke CRBC – pandan nekadašnjim zidnim novinama

**Zapazili smo kako su kineski radnici iznimno disciplinirani: je li to zbog specifičnosti vaše kulture ili je disciplina posljedica sustava nagrada i kazni?**

Većina radnika koji su došli na rad u Hrvatsku organizirani su na isti način i u Kini, došli su kao uhodani radni timovi. Prije odlaska na rad na inozemno gradilište CRBC provodi seriju dodatnih treninga za radnike te uspostavlja dosljedan sustav mjera za nagrađivanje odnosno kažnjavanje. Na taj način osiguravamo da radnici ispunjavaju naloge nadređenih tijekom izgradnje, a ujedno i podižemo učinkovitost rada.

**Kakvo je radno vrijeme na gradilištu?**

U načelu radimo osam sati dnevno, uz određene prilagodbe vremenskim uvjetima na gradilištu i stanju radova, u okvirima hrvatskog Zakona o radu.



Uredski dio privremenog naselja





***Tijekom izgradnje mosta izbila je pandemija zarazne bolesti COVID-19, zbog koje su u čitavom svijetu provedene mjere izolacije, distanciranja i ograničenja kretanja, pa čak i rada. Kakve ste mjere poduzeli da suzbijete širenje bolesti na gradilištu?***

Vodstvo projekta formiralo je vodeću skupinu za prevenciju epidemije, kao i radnu grupu za provedbu protuepidemijskih mjera, koju je predvodio Voditelj projekta. Uspostavili smo suradnju s lokalnim bolnicama, formirali smo inspekcijski tim koji je nadzirao provedbu mjera, kao i tim za logističku potporu. Možemo reći da smo uspostavili stalni mehanizam za prevenciju.

Za vrijeme trajanja epidemije radne jedinice su bile podijeljene na skupine od 5-10 ljudi, uvedeno je obavezno nošenje maski za lice i radnicima se temperatura mjerila dva puta dnevno. Također se ozbiljno kontrolira protok ljudi na gradilištu, izdane su nove verzije propusnica, a uvedena je i stroža kontrola ulaska na samo gradilište. U lokalnim bolnicama po potrebi su se organizirala testiranja radnika, a nakon što je započelo cijepljenje u suradnji s zdravstvenim

ustanovama započeli smo s cijepljenjem naših radnika. Nakon nekog vremena su svi radnici cijepljeni protiv COVID-a.

Moramo naglasiti da smo tijekom trajanja epidemije poduzeli sve da se ljudi osjećaju što sigurnije, i u konačnici smo na neki način osnažili odnos s njima. Što se tiče tehničkih stvari, vodilo se računa da nabava materijala bude centralizirana, kako bi se rizik za radnike i sve zaposlenike na gradilištu sveo na minimum.

***Je li bilo ozljeda na radu? Primijetili smo da je zaštita na radu važan dio vaše kulture rada. Primjerice, kakva je kazna za radnika koji dođe na radilište bez zaštitne opreme?***

Bilo je manjih ozljeda tijekom izgradnje mosta, međutim nije bilo značajnih nezgoda ili propusta. Što se tiče opreme, onaj tko je ne nosi ili se ne pridržava gradilišnih sigurnosnih propisa ne može ući na samo gradilište. Onaj tko bi bio zatečen na mjestu rada bez, npr. zaštitne kacige, podliježe novčanoj kazni.



Gradilište Pelješkog mosta u ožujku 2020., uredno i dobro organizirano |





anel zaštite na radu i upozorenje vezano uz zaštitu okoliša,  
sa navedenom vrlo strogom kaznom – CRBC, gradilište  
Pelješkog mosta

### Kako ste organizirali kuhinju? Koristite li domaće namirnice?

Na gradilištu smo organizirali 4 kantine i glavni kuhar u svakoj od njih je Kinez. Kuhari su iz različitih krajeva Kine, tako da su pripremali jela različitih kineskih kuhinja. Namirnice – meso i povrće – smo nabavljali od lokalnog dobavljača.



Kineska kuhinja na gradilištu Pelješkog mosta

### Pretpostavljamo da su plaće vaših radnika za rad u Hrvatskoj veće od plaća za isti posao u Kini. Možete li nam nešto reći o tome koliko se primanja razlikuju?

Naravno, plaće za rad u stranoj zemlji veće su od plaća za isti posao u Kini.

### Što je još vaša tvrtka poduzela da motivira radnike da dođu raditi u Hrvatsku?

CRBC svakom radniku plaća osiguranje i nastoji stvoriti dobro radno ozračje. Hrvatska ima bogatu povijest, socijalnu stabilnost i razvijen turizam. Gradilište je smješteno u rezervatu prirode, u lijepom krajoliku, odgovarajuće klime, a uz to računamo i na svijest o tome kako rad u inozemstvu uvećava radno iskustvo i znanje.

Po cijelom gradilištu vidimo goleme otisnute slogane, pa se pitamo zbog čega ih postavljate? Zbog čega su oni toliko važni na mjestu rada?

Postoje različiti paneli sa sloganima na gradilištu i u radničkom naselju, od kojih većina upozorava na sigurnost na radu i na prevenciju zaraze. Zbog njih radnici posvećuju veću pozornost vlastitoj sigurnosti, odnosno mjerama zaštite na radu kao što su nošenje kacige ili zaštitne maske. Računamo s tim da će se s vremenom razviti navike radnika koje doprinose zaštiti na radu. Manji dio natpisa govori o značaju projekta i slavi uspješan dovršetak određene faze radova. Oni su tu da motiviraju radnike i daju im osjećaj smisla za ono što rade. Za nas ovi plakati imaju nezamjenjivu ulogu koja odražava našu korporativnu kulturu koja je usmjerena ka kvaliteti, tehnologiji i sigurnosti.



Jedan od panela na gradilištu povezuje razvojni plan tvrtke CRBC s aktualnom politikom Republike Kine riječima: „CRBC iskreno i savjesno provodi poantu 19. Nacionalnog kongresa Komunističke partije Kine, temeljito proučava i shvaća Xi Jinpingovu misao o socijalizmu s kineskom karakteristikom nove ere“







*Natpisi kojima CRBC promiče korporativnu kulturu izrađeni su bez improvizacije*

**Često smo bili u prilici vidjeti vatromet uz gradilište. Slavi li vaša tvrtka vatrometom svaku uspješno dovršenu fazu rada? Jesu li oni dio kineske kulture?**

Nije baš tako, vatromet priređujemo samo povodom najznačajnijih događaja. Vatromet nije dio graditeljske kulture u Kini, tradicija i običaji razlikuju se od tvrtke do tvrtke.

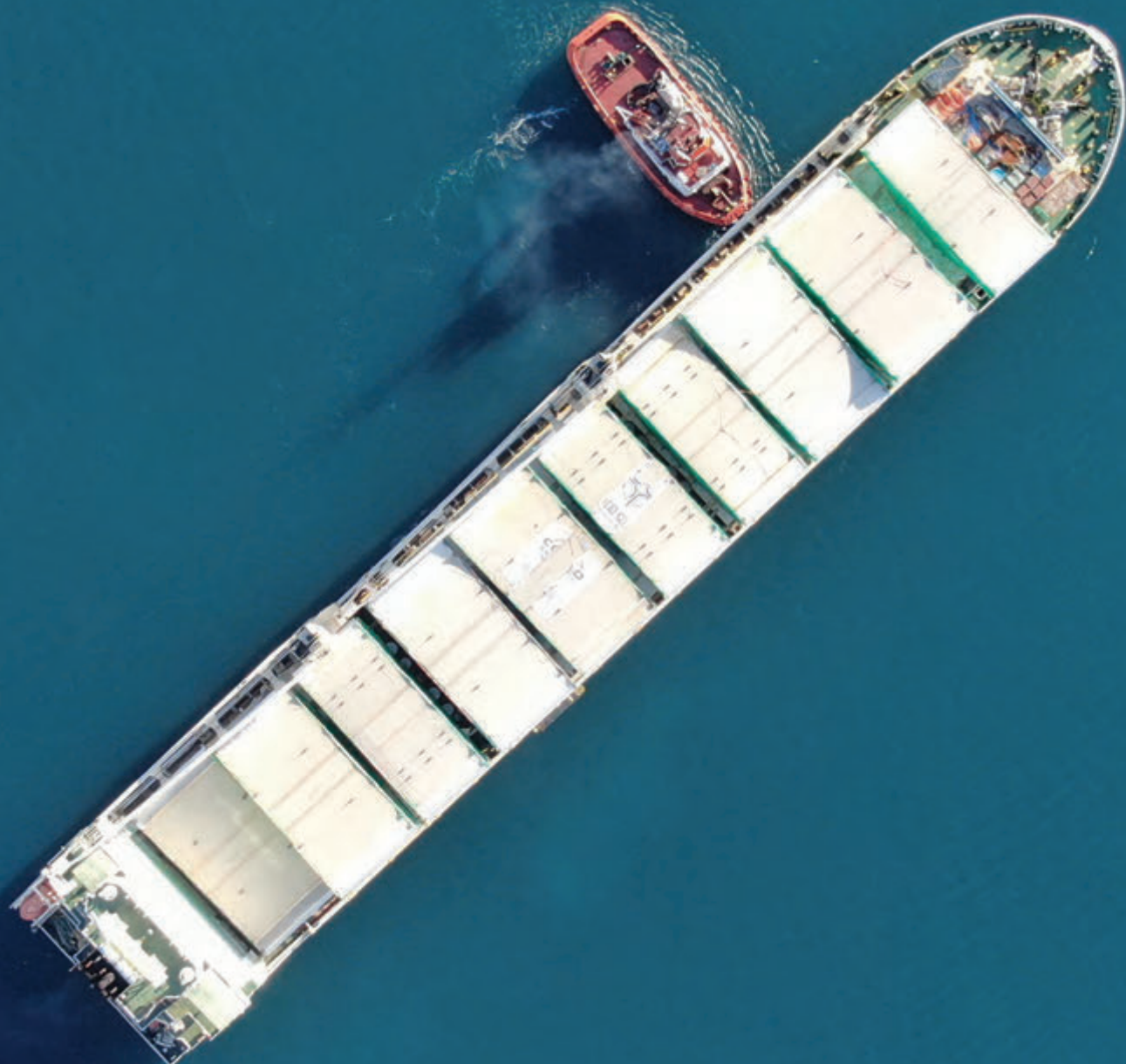


*Postolja panela sa sloganima su čelične konstrukcije, a temelji betonski, no ove neobične građevine nisu odoljele buri. Kada bi vjetar srušio panel, umjesto njega postavljen je novi u najkraćem roku*



*Vatromet na gradilištu*





# KRONOLOGIJA IZGRADNJE

## Kronologija važnih događaja

27. 2. 2016.

Ishođena izmjena i dopuna starije Lokacijske dozvole, čime je potvrđena usklađenost projekta Mosta Pelješac s lokacijskim uvjetima i prostornim planom.

16. 2. 2017.

Vlada Republike Hrvatske usvaja Odluku o financiranju projekta Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom.

7. 6. 2017.

Europska komisija donosi odluku o financiranju projekta.

20. 9. 2017.

Most dobiva građevinsku dozvolu (naveden je datum pravomoćnosti izmjene i dopune građevinske dozvole koja je izvorno izdana 2007. godine).

25. 4. 2018.

Sklopljen Ugovor o izvođenju radova na izgradnji mosta kopno – Pelješac s pristupnim cestama između Naručitelja Hrvatske ceste d.o.o. i zajednice ponuditelja koju predvodi *China Road and Bridge Corporation* te ugovor za usluge nadzora sa zajednicom gospodarskih subjekata Institut IGH d.d., Centar za organizaciju građenja d.o.o., i Investinženjering d.o.o.

30. 7. 2018.

Uvođenje izvođača u posao – službeni početak radova.

27. 12. 2018.

Dopremljena prva pošiljka čeličnih pilota na gradilište, brodom iz tvornice u Kini.

8. 1. 2019.

Zabijen prvi čelični pilot. Kada se tehnologija uhodala, zabijana su po dva, pa čak i tri pilota dnevno.

11. 4. 2019.

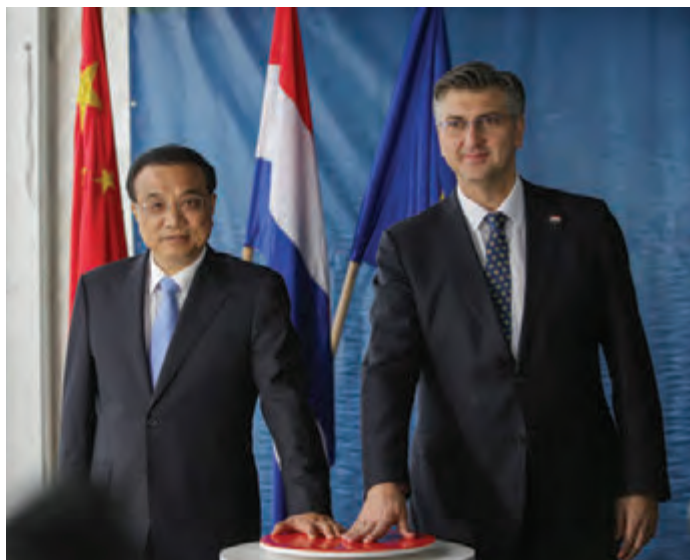
Kineski premijer Li Keqiang i predsjednik Vlade Republike Hrvatske, Andrej Plenković, u posjetu gradilištu mosta.

31. 5. 2019.

Dovršeno zabijanje čeličnih pilota, njih 141, preostali piloti (9) se ugrađuju bušenjem.

lipanj 2019.

Betoniranje prvih pilota



*g. Li Keqiang, predsjednik Državnog vijeća Narodne Republike Kine i predsjednik Vlade Republike Hrvatske, Andrej Plenković u obilasku gradilišta mosta u travnju 2019.*



*Pripremljen oplatni sanduk za prvu naglavnicu pilota, srpanj 2019.*



*Gradilište u listopadu 2019.*



11. 7. 2019.

Planirani datum početka proizvodnja čeličnih segmenata konstrukcije mosta, početak proizvodnje je pomaknut za 4 mjeseca zbog kašnjenja s izradom radioničke dokumentacije

26. 7. 2019.

Početak izrade bušenih pilota

srpanj 2019.

Dovršena prva oplata naglavne grede

kolovoz 2019

Betoniranje temelja stupa na obali, betoniranje prve naglavnice stupa (stup S8)

rujan 2019.

Betoniranje prvog segmenta stupa (stup S8)

studeni 2019.

Postavljanje toranjskih dizalica na mjestima stupova. Početak proizvodnje čeličnih segmenata mosta u tvornicama u Kini.

12. 11. 2019.

Olujni vjetar oštetio oplatu naglavnice stupa S6.

siječanj 2020.

Pri izradi temelja na bušenim pilotima, bliže obalama, dolazi do odronjavanja materijala u bušotine, kvarova RCD stroja i zastoja u radu. Radovi se nastavljaju uz teškoće.

29. 02. 2020.

U tvorničkim pogonima ZPMC-a i CRBBG-a završena je proizvodnja prvih segmenata čelične rasponske konstrukcije (29 komada), koji su brodom dopremljeni na gradilište mosta. Radi se o baznim segmentima središnjih stupova u moru te određenih segmenata čelične rasponske konstrukcije predviđenih za bočni dio mosta. Na gradilištu se postavlja potporna skela za montažu čelične rasponske konstrukcije.

17. 03. 2020.

Dovršen stup S2 na kopnu i potporna skela, postavljen prvi čelični element rasponskog sklopa na kopnu.

travanj 2020.

Na stupovima S5 i S8 započelo je postavljanje privremene potporne skele za čeličnu rasponsku konstrukciju.

23. 05. 2020.

Na stupu S5 postavljen prvi bazni čelični segment rasponske konstrukcije. Bazni segmenti dugi su 9,9 m i teški po 267 tona.

lipanj 2020.

Betoniran spoj čeličnih segmenata na stupu S5, kreće izvedba prvog pilona nad kolnikom. Do kraja lipnja montirano 19 segmenata čelične konstrukcije.



Pripremljen oplatni sanduk za prvu naglavnicu pilota, srpanj 2019. |



Gradilište u ožujku 2020. |



Postavljanje prvog baznog segmenta grede u svibnju 2020. |



Drugi brod s čeličnim elementima grede pred Komarnom, listopad 2020. |

kolovoz 2020.

Na gradilište mosta stiže velika skupina specijaliziranih varilaca iz Kine.

09. 2020.

Dovršen posljednji pilot u sklopu temelja stupa S12, bušeni pilot pri čijoj je izvedbi došlo do oštećenja čeličnog plašta pa je morao biti popravljen. Započelo zavarivanje segmenata čeličnog rasponskog sklopa u prvom polju nad kopnom.

11. 10. 2020.

Drugi brod s čeličnom konstrukcijom, s 13 segmenata teških ukupno 3842 tone, stigao na gradilište

listopad 2020.

Započelo postavljanje Derick dizalica za konzolnu montažu čelične konstrukcije na stupu S5. Postavljen je prvi segment na privremenu potpornu skelu stupa S3, na visinu od 30 m. Segment je dug 52 metra, a težak 736 tona.

23. 11. 2020.

Treći brod, sa šesnaest (16) čeličnih segmenata, ukupne mase oko 4484 tone, stigao na gradilište.

studeni 2020.

Do kraja mjeseca postavljeno trideset tri segmenta čelične rasponske konstrukcije mosta. Započela konzolna gradnja pomoću Derrick dizalica. Na potpornu skelu uz stup S11 postavljen segment težak 789 tona.

8. 1. 2021.

Četvrti brod, s ukupno šesnaest segmenata rasponske konstrukcije, težine 3952 tone, stigao na gradilište

siječanj 2021.

Na stup S4, odnosno potpornu skelu uz stup montiran segment čeličnog rasponskog sklopa težak 794 tone i dug 52 metra. Ugrađene prve kose zatege. Ugrađena 42 segmenta čeličnog sklopa (od ukupno njih 165)

15. 02. 2021.

Postavljen središnji segment između stupova S2 i S3, mase 581 tone, dug 52 metra, čime je spojen prvi raspon nad morem.

05. 03. 2021.

Peti brod s čeličnim segmentima, ukupno dvadeset devet komada, mase 5056 tona, stigao u Komarnu.

ožujak 2021.

Na svim središnjim stupovima u tijeku konzolna gradnja rasponskog sklopa, na gradilištu postavljeno šezdeset šest segmenata, od toga zavarena 42. Na mjestu ugradnje podignut je središnji segment između stupova 12 i 13, mase 582 tone i duljine 52 metra.

14. 4. 2021. Na gradilište stigao šesti brod s 38 segmenata čelične konstrukcije.



Spajanje prvog raspona nad morem, siječanj 2021. |



Spajanje prvog raspona nad morem, siječanj 2021. |



Ugradnja asfaltnog zastora na kolniku, listopad 2021. |



Podizanje posljednjeg segmenta čeličnog sklopa 28. srpnja 2021. |





Demobilizacija gradilišta |



Završni radovi u prosincu 2021. |



Završno otklanjanje nedostataka, radovi se privode kraju |

9. 6. 2021. Na gradilište stigao sedmi brod s 24 čelična segmenta, svih 165 segmenata stiglo na gradilište.

30. 06. 2021. Ugrađen prvi završni – upasni element između dviju konzola, povezan rasponski sklop između stupova S4 i S5. Duljina upasnog elementa 18,6 m, masa 211 tona.

srpanj 2021.

Betoniranje razdjelnog pojasa. Povezivanje rasponskog sklopa između pilonskih stupova. Duljina upasnih elemenata 18,6 m, masa 211 tona.

28. 7. 2021.

Montiran upasni segment između stupova S8 i S9, posljednji od ukupno 165 segmenata, čitava rasponska konstrukcija mosta kopno – Pelješac, postavljena na geodetsku projektiranu poziciju.

30. 7. 2021.

Ugovoreni datum završetka radova, rok za dovršetak produljen do 31. siječnja 2022. Kašnjenje obrazloženo poteškoćama izazvanim pandemijom Covid 19.

kolovoz 2021.

Intenzivira se rad na izgradnji dijelova pristupnih cesta uz most, kao i završni radovi na mostu. Priprema za ugradnju prijelaznih naprava.

rujan 2021.

Postavljanje hidroizolacije na kolnik, ugradnja prijelaznih naprava, premazivanje stupova silanima, demontaža kranskih dizalica, završni radovi.

listopad – studeni 2021.

Ugradnja lijevanog asfalta na kolniku mosta, montaža cijevi odvodnje u sanduku, postavljanje odbojnih ograda i ograda za zaštitu od vjetrova.

prosinac 2021.

Radovi na izgradnji pratećeg uslužnog objekta Komarna, uređenje odvodnje (lagune i separatori), ugradnja prigušivača vibracija na zategama, elektrotehnički radovi, ugradnja preostalih elemenata sustava monitoringa.

siječanj 2022.

Uočeno oštećenje ležaja na stupu S13, naručen zamjenski ležaj. Priprema za probno opterećenje i tehnički pregled građevine.

17. do 27. 1. 2022.

Probno opterećenje mosta.

27. i 28. 1. 2022.

Tehnički pregled mosta.

26. 7. 2022.

u večernjim satima, svečano otvaranje Pelješkog mosta s dijelom pristupnih cesta.

# MOST KAO ŠKOLA ŽIVOTA

DAVOR PERIĆ, dipl. ing. građ.



*Davor Perić dipl. ing. građ., Hrvatske ceste d.o.o., inženjer na gradilištu. U Hrvatskim cestama radi od 2015. godine, nakon početnih iskustava u struci u rodnim Vinkovcima. Na radnom mjestu u Zagrebu bavio se redovitim održavanjem cesta, a onda je iskoristio priliku za odlazak na naše najveće gradilište – projekt CPJD – 2018. godine. Tijekom izgradnje mosta napredovao je od administrativnih zadataka, preko pomoćnika do predstavnika investitora za ugovore napajanja i opremanja trase i mosta kao i za izgradnju čvora Brijesta.*

## Prvi put na velikom projektu

Prilikom odlaska na rad na gradilište Pelješkog mosta dočekao sam bez iskustva s velikim projektima, a tijekom četiri godine rada doživio sam neke stvari koje su bitno utjecale na moje shvaćanje posla kojim se bavim. Na gradilištima u mosta, pristupnih cesta i obilaznice Stona imao sam priliku uspoređivati način rada triju velikih svjetskih tvrtki koje dolaze iz različitih graditeljskih kultura, to su kineski CRBC, austrijski Strabag i grčki Avax. Razlike u pristupu realizaciji projekta među ovim izvođačima su velike, ali Kinezi su u poslu ipak najposebniji. Druga važna značajka projekta proizašla je iz činjenice da je dvije trećine vremena od ukupno 3,5 godina izgradnje gradilište funkcioniralo u posebnom, izoliranom režimu zbog pandemije. Tu su predstavnici CRBC-a brzo i odlučno postupali i prije nego što su u Hrvatskoj stupile na snagu bilo kakve mjere ograničenja kretanja, budući da su imali saznanja o ozbiljnosti stanja u Kini. Rad se nastavio bez prekida, usprkos svim ograničenjima.

U slobodno vrijeme, živeći uz gradilište mosta, imao sam priliku godinama se družiti s kineskim kolegama, mojim vršnjacima. Kada ih se bolje upozna, zapravo su nam vrlo slični. Na Pelješac su došli vrlo ambiciozni mladi ljudi, koji van radnog okruženja vole sport i izlaske, otvoreni su i druželjubivi. S fakulteta dolaze s visokom razinom tehničkog znanja, a određeno vrijeme trebalo im je da se prilagode našem sustavu nadzora, koji je na razini na koju očito nisu navikli. Trebalo je vremena i da usvoje sve zadane mjere zaštite okoliša, osobito one vezane uz flotu plovila. Sa zaštitom na radu bilo je manje poteškoća, jer su radnici vrlo disciplinirani i mogu reći da tijekom čitavog vremena trajanja projekta nije bilo težih nezgoda.





Betoniranje pilota u lipnju 2019. |



# O PROJEKTU IZ EU PERSPEKTIVE

Dipl. ing. L O T H A R Z E L L E R



*Lothar Zeller, Stariji transportni inženjer (Senior Transport Engineer) u tijelu Europske komisije JASPERS (Joint Assistance in Supporting Projects in European Regions) koje djeluje u suradnji s Europskom investicijskom bankom (EIB-om) pratio je pripreme za financiranje i provedbu projekta Cestovne povezanosti s južnom Dalmacijom.*

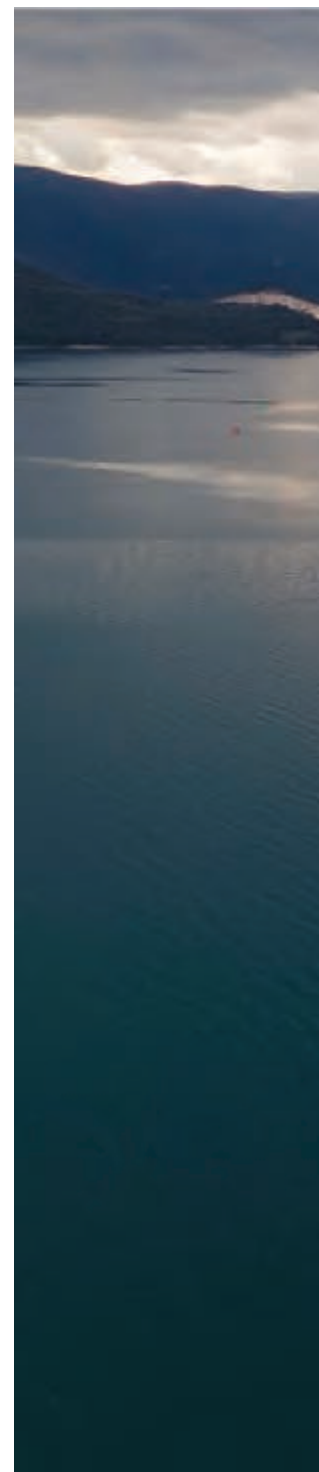
*The Pelješac Bridge, with its unique strategic, symbolic and emotional relevance is a kind of project, which transport experts might only touch once in their career. The bridge including the connecting road network not only secures the integrity of Croatian and therefore EU territory, but also provides a unique opportunity to the development of the region.*

*Many experts expected the bridge to become a “white elephant”, with significant implementation delays and cost overruns. Instead, the project turned out to be an outstanding example of implementation in the European transport sector. The relevance of the bridge is even more underlined by the sad developments in Ukraine, which remind us how fragile the world is we live in.*

---

Pelješki most, jedinstvenog strateškog, simboličkog i emotivnog značaja, predstavlja projekt kakvog stručnjak za transport može dotaknuti jednom u karijeri. Most s mrežom pristupnih cesta ne samo da jamči cjelovitost hrvatskog teritorija i teritorija EU, već ujedno pruža jedinstvenu mogućnost za razvitak regije.

Mnogi stručnjaci očekivali su da će ovaj most postati „bijeli slon“, projekt sa značajnim prekoračenjima rokova i planiranih troškova. Umjesto toga, dobili smo izuzetno pozitivan primjer provedbe projekta u europskom transportnom sektoru. Značaj mosta još je više podcrtan žalosnim razvojem događaja u Ukrajini, a koji nas podsjećaju na to kako je krhak svijet u kojemu živimo.











5.

# UPRAVLJANJE ODRŽAVANJE



podataka proizvodi informacije koje opisuju uvjete odvijanja prometa: radi se o vremenskim uvjetima, prometnom opterećenju, incidentnim situacijama i ostalim čimbenicima. Konkretno, prometno-informacijski sustav obuhvaća opremu instaliranu na cesti, mostu ili u tunelu, prijenos signala sa senzora do sustava daljinskog upravljanja u Centru, kojim se prema zadanim algoritmima i scenarijima automatski upravlja prometom. Ovakvi sustavi nazivaju se inteligentni transportni sustavi (ITS). Neki od njih predviđaju atipične pojave, primjerice prometno-meteorološki sustav, jer se podaci s meteoroloških postaja obrađuju u centru za nadzor i upravljanje prometom te algoritamski određuju stupnjeve opasnosti u skladu s kojima se prilagođavaju znakovi i poruke na cesti.

[illegible]

*Prometna signalizacija na Pelješkem mostu – izvadak iz projekta*

Elementi prometno-informacijskog sustava Pelješkog mosta i pristupnih cesta su:

- o prometni sustav (prikupljanje meteoroloških i prometnih podataka te pružanje informacija)
- o sustav videonadzora i videodetekcije
- o sustav daljinskog upravljanja i nadzora
- o sustavi za monitoring nosivosti, uporabljivosti i vatrodjave mosta
- o telefonsko-pozivni sustav

Prometni sustav zasniva se na prikupljanju podataka o značajkama prometnog toka i trenutnim meteorološkim uvjetima na cesti. Promet prate brojila prometa, ugrađena u kolnik te sustav automatske video detekcije koji omogućava prikupljanje podataka digitalnom obradom i analizom video zapisa s kamera. Podaci o meteorološkim uvjetima prikupljaju se putem meteoroloških postaja opremljenih senzorima za mjerenje vlažnosti, tlaka i temperature zraka, brzine i smjera vjetra, vrste i količine padalina, vidljivosti, temperature kolnika te debljine i slanosti vodenog sloja na kolniku.

Ulazni kriteriji meteorološke postaje za zatvaranje i otvaranje prometnice postavljeni su unaprijed. Tako će se, primjerice, u uvjetima mokrog kolnika promet za sva vozila na mostu zatvarati kada brzina vjetra premaši 90 km/sat.

Sustav video nadzora i detekcije služi prepoznavanju incidenata na cesti putem video snimke koja prolazi detektor za digitalno procesiranje i analizu slike. U slučaju prepoznavanja takve situacije aktiviraju se interventni protokoli, a sudionike u prometu se o situaciji upozorava putem promjenjive prometne signalizacije.

Sustav daljinskog upravljanja i nadzora sastoji se od stanica za nadzor i upravljanje rasvjetom, energetskim napajanjem tunela, ventilacijom i plinodjavom, vratima prolaza za

pješake u tunelima, signalizacijom SOS sustava, sustava dojave požara, hidrantskog sustava te stanica za vezu prema prometno-informacijskom sustavu i video sustavu. Grupe stanica namijenjene su nadzoru i upravljanju objektima na dionici, a povezane su međusobno u lokalne mreže koje se dalje spajaju na glavnu telekomunikacijsku liniju položenu duž trase prometnice.

Sustavi za monitoring nosivosti, uporabljivosti i vatrodjave mosta sastoje se od sustava za prikupljanje podataka o ponašanju konstrukcije, sustava za mjerenje seizmičke aktivnosti, sustava za praćenje meteoroloških utjecaja te sustava vatrodjave za nadzor unutrašnjosti rasponske konstrukcije mosta. Sustavi proslijeđuju alarme u Centar za nadzor i upravljanje prometom Zadaradeže.

Informacije o stanju u prometu s mosta i pristupnih cesta se u realnom vremenu prenose u Središnji centar za nadzor i upravljanje prometom na državnih cestama te posredno dalje u Nacionalnu pristupnu točku, za čije su vođenje zadužene Hrvatske ceste. Time je omogućena digitalna razmjena prometnih podataka i informacija sa zemljama članicama EU i pravodobno informiranje.



Postavljanje kamera za nadzor prometa na mostu |



Središnji centar za nadzor prometa na državnih cestama u Karlovcu |



# PROBNO OPTEREĆENJE

Probno opterećenje mosta provodi se kako bi se dokazalo da će most u uporabi moći preuzeti propisana djelovanja, i to tako da se mjerenjima kontrolira točnost računskih pretpostavki. Jedno od bitnih mjerenja odnosi se na deformacije konstrukcije pod opterećenjem, koje se onda uspoređuju s vrijednostima iz projekta.

Ispitivanje Pelješkog mosta probnim opterećenjem provedeno je od 17. do 27. siječnja 2022. godine pomoću dvadeset kamiona prosječne mase 40 tona, sa po 4 osovine, dakle korištena je ukupna masa od 800 tona. Mjerenja su provedena pri statičkom opterećenju – kada su kamioni nepomični na zadanim pozicijama i pri dinamičkom opterećenju, kada se vozila gibaju po mostu.

Ispitivanje je provedeno prema važećoj normi koja predviđa da se na ispitivanim dijelovima mosta, u provjeravanom

presjeku mora ostvariti najmanje polovica najveće proračunske unutarnje sile. Efikasnost probnog opterećenja je prvo određena proračunom, a onda potvrđena mjerenjima. Tako je na primjer u jednom od središnjih raspona mosta proračun predvidio da bi najveći progib (ugnuće na sredini između stupova) iznosio oko 70 centimetara. Stoga je za taj raspon određeno probno opterećenja sa 16 natovarenih kamiona, koji teoretski trebaju stvoriti progib od 43 centimetra, što znači da je efikasnost probnog opterećenja oko 60 %. Kada su kamioni postavljeni na mjesto, izmjeren je progib od 38,5 cm, dakle nešto manji od računskog.

Pri statičkom ispitivanju kamioni se raspoređuju tako da izazovu najveće unutarnje sile i pomake na promatranom mjestu određenog elementa konstrukcije. Kada se izvrše mjerenja, kamioni se pomiču u novi raspored, namijenjen



*Probno opterećenje Pelješkog mosta izvršeno je pomoću dvadeset kamiona mase od po 40 tona*

izazivanju maksimalnih sila i pomaka u drugom elementu i tako nekoliko desetaka puta. Izmjereni su najveći vertikalni pomaci rasponske konstrukcije, najveće sile u ležajevima, zakretanje pilona i rasponskog sklopa, kao i najveće uzdužne sile u najduljim kosim zategama. Pomaci su mjereni geodetski, a sile mjerenjem relativnih deformacija.

Pri dinamičkom probnom opterećenju prvo se određuje pomak dijelova konstrukcije kada mostom prolaze kamioni različitim brzinama. Nakon toga se određuje dinamički odgovor konstrukcije pri prolasku vozila preko prepreke – mjeri se akceleracija dijela mosta i prigušenje sklopa. Na sličan način se provjerava utjecaj naglog kočenja na mostu. Određene su i dinamičke karakteristike mosta u neopterećenom

stanju: vlastite frekvencije, modalni oblici i koeficijent prigušenja, a na kraju su određene i vlastite frekvencije i prigušenje na zategama.

Na osnovi probnog opterećenja zaključeno je da su izmjerene vrijednosti pomaka rasponske konstrukcije u očekivanim granicama, da nema značajnijih zaostalih pomaka nakon rasterećenja konstrukcije i da je izmjereni dinamički odgovor rasponske konstrukcije očekivan i realan. Nakon ispitivanja proveden je pregled ležajeva kojim nisu uočene promjene u odnosu na stanje prije ispitivanja. Zaključeno je da se Pelješki most ponaša u skladu sa zahtjevima projekta.



Geodetska oprema za  
praćenje pomaka pri  
probnom opterećenju

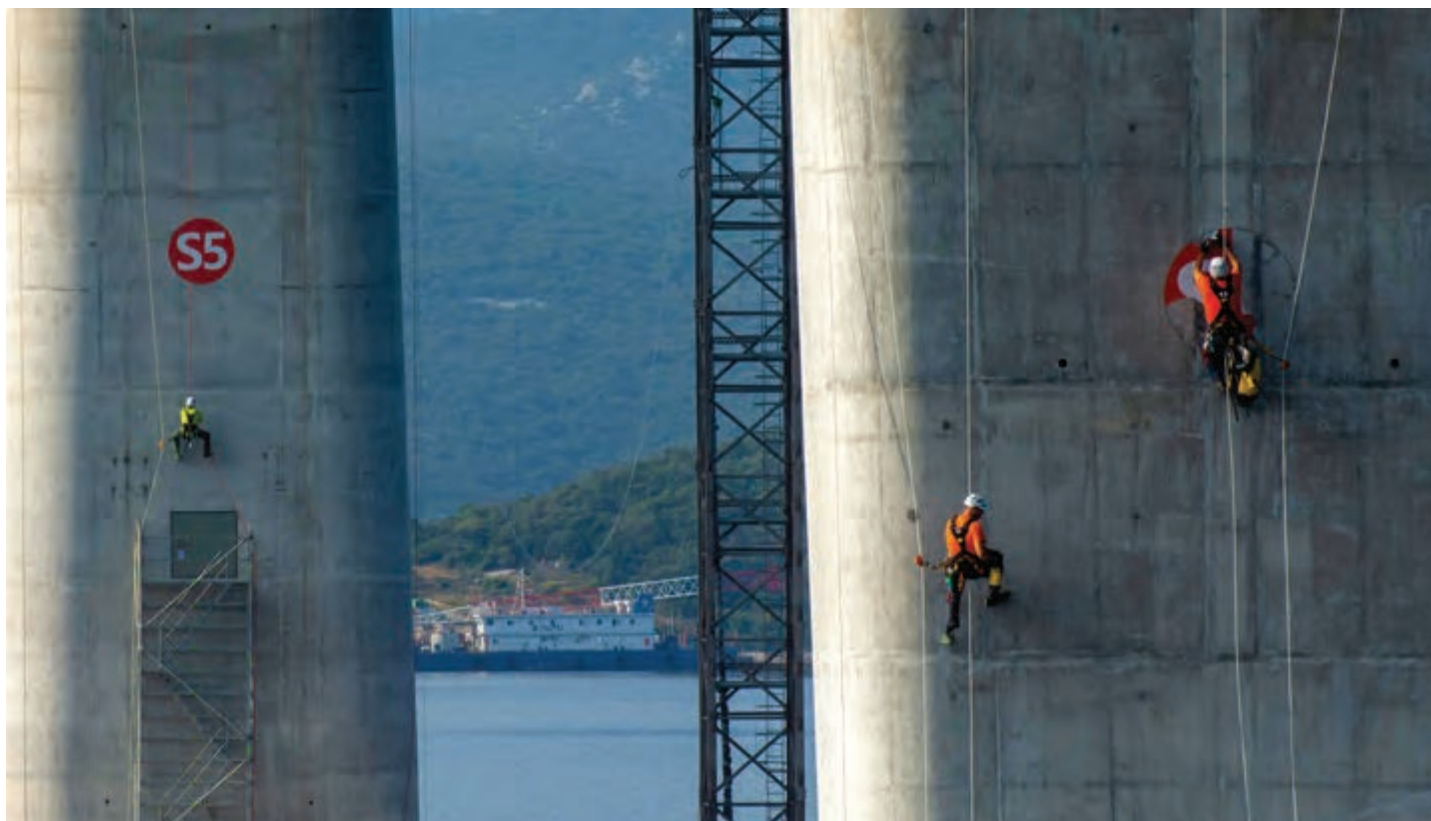


Građevine dotrajavaju protekom vremena i zbog vanjskih djelovanja, kako onih koja su obuhvaćena projektom, tako i onih neplaniranih. U praksi se pokazuje da je za konačnu trajnost od presudne važnosti koncept građevine, oblikovanje detalja, kvaliteta materijala i rada. Uz to, bitan utjecaj na dugovječnost i ekonomičnost neke građevine ima organizacija održavanja i veličina ulaganja kroz godine uporabe. Suvremeni pristup projektiranju sadrži i dokaz trajnosti, koji treba zadovoljiti kriterij zadan u godinama. Projektiranje optimalne trajnosti uključuje razmatranje održavanja već u ranim fazama koncipiranja konstrukcije, potom kroz projektiranje, a onda se nastavlja kroz izvedbu i održavanje do trenutka uklanjanja građevine.

Pelješki most, prema propisu za projektiranje pripada skupini građevina za koju se određuje proračunski uporabni vijek od 100 godina pa su prema toj vrijednosti određene zaštite nosivih elemenata i način popravka ili zamjene dijelova za koje je unaprijed poznato da će dotrajati ranije. To je u projektu jasno definirano, pa su, u odnosu na mehanizme dotrajavanja građiva, po tome određeni zaštitni

slojevi betona koji štite armaturu, značajke antikorozivne zaštite čelika i mogućnosti izmjene kosih zatega. Projektiranje trajnosti podrazumijeva omogućavanje pregledavanja svih elemenata mosta, izvedbom ulaza, staza, penjalica i rasvjete unutarnjih dijelova, a promišljalo se i o pristupanju vanjskog oplošja radi popravaka boje i drugih zahvata. Ono što je po pitanju trajnosti projektirano i učinjeno, kao i skup mjera koje treba poduzimati da most uistinu ostane u uporabi barem jedno stoljeće, sabrano je u priručniku za održavanje koji je dio projektne dokumentacije.

Tvrtka koja most preuzima na upravljanje – Hrvatske ceste d.o.o. – imala je ulogu investitora tijekom izgradnje, pa su pripreme za održavanje odrađene tijekom završnih radova. Građevine kao što je Pelješki most, zahtijevaju kontinuirani nadzor i za to je zadužena ekipa iz Centra za kontrolu prometa Zaradeže. Za most je povoljna okolnost to što se na istoj prometnici nalaze i tuneli, za koje europska regulativa propisuje stalni nadzor prometa, pa ekipiranje centra u Zaradežu dobiva višestruk značaj.



*Čišćenje i uređenje površine netom dovršenih stupova i pilona bitno je za trajnost mosta, a položaj radnika ukazuje na buduće izazove pri pregledima i održavanju.*



*Unutrašnjost mosta  
dostupna je pregledu,  
postoje revizijske staze,  
penjalice i rasvjeta  
unutrašnjosti*

Nadziranje mosta u prvom redu znači nadzor prometa i vremenskih uvjeta, potom je tu sigurnosni aspekt i konačno onaj građevinski – praćenje eventualnih znakova oštećenja građevine.

Ključni dio provedbe programa održavanja mosta odnosi se na obavljanje pregleda konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata mosta u programiranim intervalima i po protokolima koji su razrađeni ovisno o periodičnosti. Rjeđi pregledi mosta su detaljniji, a za sve razine veoma je bitno iskustvo, odnosno poznavanje sklopa, postupka izgradnje i indikacija koje će uputiti na nedostatke. Sustav monitoringa automatskim procedurama prikuplja goleme količine podataka sa senzora, no njihova interpretacija, odnosno pretvaranje skupa podataka u informaciju ovisi o znanju i iskustvu inženjera koji na kraju donosi odluke iz domene održavanja.

Program održavanja sadrži radove redovitog održavanja, periodične radove obnove i izmjene dijelova, kao i osnovne upute za veće radove. Popravci i rekonstrukcije zahtijevaju izradu projektne dokumentacije.

Redovito održavanje odnosi se na radove čišćenja prometnice, površine mosta i odvodnje, a posebno dijelova opreme kao što su ležajevi i prijelazne naprave. Periodički se provodi bojanje i obnova antikorozivne zaštite, uređenje i popravak kolničkih slojeva, ograda i drugih dijelova.

Prema potrebi se provode popravci mehaničkih oštećenja, izmjene i popravci dotrajalih dijelova itd., ali i brojne predradnje koje je potrebno pravodobno obaviti da bi te radove bilo moguće ispravno provesti.

Poznato je da građevine izložene neposrednom utjecaju mora dotrajavaju brže od drugih. Djelovanje mora na neke starije mostove, osobito na Paški i Krčki most, rezultiralo je skupim popravcima, pa je otpornosti Pelješkog mosta na djelovanje mora posvećena posebna pažnja kroz projektiranje, izvedbu i održavanje.



*Održavanje mosta započinje dosljednom provedbom jednostavnih radova, na slici je čišćenje slivnika Mosta dr. Franja Tuđmana u Dubrovniku.*



# NEKE USPOREDBE

## Duljine i rasponi velikih hrvatskih mostova

Pelješki most nadilazi sve hrvatske mostove koji su sagrađeni prije njega, međutim, to nije najdulji most u našoj zemlji, nema najveći raspon niti najviše pilone. Među ostalim velikim mostovima izdvaja se po značaju prijelaza i lokacije, impozantnoj veličini i pojavi u prostoru, po utisku kojeg ostavlja na promatrača. Kada treba brojčano iskazati značajke po kojima se Pelješki most ističe, odnosno uspostavlja nove rekorde, na prvom mjestu tu su utrošci gradiva, betona i čelika. Osim toga, novi most sadrži najdulje zabijene pilote i najdulji neprekinuti rasponski sklop koji je kruto povezan s pilonima, odnosno, on je naš najveći integralni (ili barem dijelom integralni) most.

Teza o tome da Pelješki most sadrži složeniju strukturu od ostalih naših mostova proizlazi iz koncepcije koja na neuobičajen način kombinira glavna gradiva koja se koriste u suvremenoj mostogradnji – beton i čelik. Uobičajeno je da se za izvedbu rasponskog sklopa koristi jedno gradivo – čelik, beton ili njihova kombinacija u spregnutom presjeku. Na Pelješkom mostu čelična je konstrukcija prekinuta nad svakim od 6 pilona odsječkom od prednapetog betona. Povezivanjem čelika i betona u jedinstveni nosivi okvir, kojeg dodatno ojačavaju kose zatege, ostvarena je jedinstvena struktura. Važno je uočiti da iza odabira koncepta mosta stoje godine različitih, ponekad polemičnih promišljanja o oblikovanju ovog mosta. Najveći utjecaj na oblikovanje konačne strukture mosta imalo je promišljanje o svim predvidivim djelovanjima na konstrukciju tijekom stogodišnjeg životnog vijeka. Promišljalo se o ekonomskim i tehničkim aspektima izvedbe, pa je most konstruiran za izgradnju poznatim i provjerenim tehnologijama. I na kraju, arhitektura mosta je uvjetovana težnjom da se golema građevina čim manje nameće u okolišu.

U usporedbi s nekim suvremenim europskim mostovima, Pelješki most nije rekordan po ukupnoj duljini, veličini raspona ili visini pilona, već po načinu na koji se jedna racionalna i tehnički opravdana struktura uklapa u vizuru zaljeva i obale.

Na prikazu su neke usporedbe s drugim mostovima u našoj zemlji, koji veličinom i pojavom dominiraju prostorom, a koje doživljavamo kao goleme strukture. Kada im se približimo, ti su mostovi u našoj percepciji, svaki za sebe, iznimno velike građevine, pa je zanimljivo napraviti usporedbu pravih veličina u odnosu na Pelješki most.

## Most Krk

Most preko morskog tjesnaca između kopna i otoka Krka, sagrađen 1980. godine sadrži dva lučna nosača od klasičnog armiranog betona, od kojih onaj veći ima raspon između temeljnih konstrukcija od 390 metara. Kada bismo mu raspon mjerili od temelja do temelja, što bi bilo tehnički ispravnije, njegova veličina premašila bi 400 metara. U oba slučaja radi se o rasponu koji još uvijek drži svjetski rekord među klasično armiranim lukovima, premda su u međuvremenu načinjeni i veći betonski lučni mostovi (s krutom – samostojećom čeličnom armaturom). U vrijeme izgradnje veći luk Krčkog mosta nadmašio je prethodni luk od betona rekordanog raspona za čak 85 metara. Sagrađen je tehnologijom slobodne konzolne izgradnje, bez teških skela oslonjenih na tlo, na kakvima su se masivni lukovi tradicionalno gradili. Postupak koji je primjenjivan na čeličnim mostovima projektant je razvio na originalan način, istodobno nastojeći da izmjere elemenata budu minimalne, budući da je tehnologija zahtijevala relativno laganu strukturu. Rezultat je veličanstveno ostvarenje, ali vitka struktura s tankim stijenkama nosivih elemenata zahtijeva značajne napore u održavanju. U fazi projektiranja i izvedbe bili su nužni određeni kompromisi kako bi se ostvario rekordan raspon, a oni su došli na naplatu u održavanju mosta.

Činjenica što nikada nakon izgradnje Krčkog mosta nije izveden veći armiranobetonski luk, govori o tome da razvikat novih sustava, prvotno mostova s kosim zategama za sada čini ovakve građevine neisplativim na većim rasponima.



Krčki most, s armiranobetonskim lukom rekordanog raspona od 390 metara, dovršen je 1980. godine







## Most dr. Franja Tuđmana

Na ulazu u Dubrovnik sa zapada dovršen je 2002. godine Most dr. Franja Tuđmana, s glavnim rasponom od 305 metara, što je 20 metara više od središnjeg raspona Pelješkog mosta. Radi se o strukturi koja kombinira dva sustava, koji započinju svaki s jedne obale i spajaju se nad morskim zaljevom. Most s kosim zategama sastoji se od pilona koji je od temelja do vrha visok 141,5 metara, dakle viši je od središnjih pilona Pelješkog mosta za nekih 40 metara. Nesimetrična rasponska konstrukcija sa zapadne strane sadrži dio s kosim zategama koji se proteže 244 metra nad Rijekom dubrovačkom, gdje se spaja s gredom od prednapetog betona. Prednapeti sklop na istočnoj obali izveden je zbog toga što je tu prometnica u zavoju, pa most nije mogao biti simetričan, s obostranim pilonima. Ukupna duljina mosta je 518 metara, a slobodna visina nad morem iznosi 50 metara.

Uspoređujući obrise Pelješkog mosta i Mosta dr. Franja Tuđmana uočava se razlika u visini pilona u odnosu na glavni raspon: dubrovački most je klasični most s kosim zategama s visokim pilonom, dok su na Pelješkom mostu piloni nad kolnikom neuobičajeno niski. Osim toga, dubrovački most ima dva reda kosih zatega, koje su prihvaćene na vanjskim krajevima poprečnog presjeka, dok Pelješki most ima jedan red zatega koje se sidre u sredini. Poprečni presjek dubrovačkog mosta znatno je uži, 14,2 metra u usporedbi s Pelješkim mostom koji je širok 22,5 metara. Most preko Rijeke dubrovačke ima spregnuti otvoren poprečni presjek, s dva glavna nosača i betonskom pločom povrh, dok Pelješki most ima zatvoren, dakle sandučasti presjek od čelika. Važna je i razlika u načinu oslanjanja: dubrovački most oslanja se preko ležaja, dok je Pelješki most u središnjem dijelu integralna – okvirna konstrukcija.

Zanimljivo je da je gradnja mosta preko Rijeke dubrovačke, slično kao i gradnja Pelješkog mosta, započela po jednom projektu da bi ubrzo bila obustavljena. Izgradnja dubrovačkog mosta započela je 1989. godine, a prekinuta je izbijanjem Domovinskog rata. U procesu javne nabave radova kojima se predviđao nastavak izgradnje, potencijalni izvoditelj ponudio je značajne uštede temeljem bitnih izmjena izvornog projekta. Iz današnje perspektive vrlo je upitno jesu li konceptijske promjene iznjedrile bolje tehničko rješenje, a i teza o teoretski postignutim uštedama mogla bi se osporiti. Međutim, u okolnostima kakve su vladale nedugo nakon završetka Domovinskog rata bilo je oportuno prihvatiti rješenje koje je nudilo manji trošak.

Koncept koji sadrži zglobni spoj dviju različitih struktura (mosta s kosim zategama i betonske grede) unutar glavnog raspona za neke je stručnjake upitan u kontekstu vrlo seizmičnog područja (Most dr. Franja Tuđmana i Pelješki most dijele praktički iste projektne potresne parametre). No, treba reći da je hrvatski projektant izvorno predvidio drugačije rješenje, s čeličnim sklopom sandučastog presjeka u većem, a betonskim u manjem rasponu, no izvoditelj je ponudio alternativu koja je trebala donijeti određene uštede.

## Most Drava za autocestu

Most Drava na autocesti A5 kraj Osijeka ističe se neuobičajenom duljinom za most preko istoimene rijeke, od čak 2485 metara, što znači da je za nekih 80 metara dulji od Pelješkog mosta. Uz to je ovaj slavonski most i širi od pelješkog, budući da je građen za autocestu pune širine, s četiri vozne i dvije zaustavne trake, što ukupno čini širinu od 28,6 metara.

Preko močvarnog područja koje rijeka povremeno plavi sagrađeni su dugi prilazni vijadukti, kao standardne konstrukcije od montažnih greda od prednapetog betona, koje su povezane kolničkom pločom. Prilazni vijadukt na desnoj obali Drave dug je 1063 metra, a na lijevoj obali 989 metara. Ove strukture nisu ni po čemu posebne, osim što vode do zanimljivog mosta s kosim zategama preko glavnog korita plovne rijeke Drave.

Središnji most preko stalnog korita rijeke dug je 420 metara i sastoji se od spregnute grede i dva pilona visoka po 76 metara, o koje je greda ovješena putem kosih zatega. Uzdužni raspored mosta je simetričan, s glavnim rasponom mosta od 220 metara i postranim rasponima od po 100 metara. Prometnicu nosi spregnuta greda koja sadrži čelični sanduk s tri komore, širok 12 metara. Ovješeno je konstruirano s dva reda usporednih zatega, s tim da su oba reda u središnjoj osi mosta, u razdjelnom pojasu autoceste. Proširenje sanduka do pune širine sklopa, koja je potrebna za kolnik autoceste, izvedeno je konzolno istaknutim čeličnim poprečnim nosačima, koji se protežu kroz sanduk i onda do oba kraja mosta po širini. Nad sandukom i poprečnim nosačima je spregnuta betonska ploča.

Piloni Mosta Drava jako se ističu u slavonskoj ravnici, nadvisuje ih samo toranj osječke konkatedrale, visok 94 metra. Međutim, opravdanosti odabira ovakve strukture može se osporiti argumentom dvaju susjednih mostova na istoj rijeci, znatno manjih središnjih raspona. Uzvodni most preko Drave u Belišću, grednog sklopa s dva čelična nosača u presjeku, povezana spregnutom betonskom pločom ima glavni raspon od 94 metra, a nizvodni most na zapadnoj obilaznici Osijeka, izveden kao čelični gredni sklop sandučastog presjeka, ima središnji raspon od 110 metara. Oba sklopa, uzvodno i nizvodno od Mosta Drava su jednostavne gredne strukture, skromnijih raspona i značajno niže jedinične cijene. Profil plovnog puta za sva tri mosta je isti, širok 52 metra i visok 5,25 metara nad najvišom razinom rijeke kod koje je moguća plovidba.

Sva tri dijela Mosta Drava za autocestu čine markantnu cjelinu, no ona se ne može mjeriti sa složenošću Pelješkog mosta budući da se u naravi radi o tri mosta, od kojih su dva tipske konstrukcije. Interesantno je da most nije građen konzolnim postupkom, koji je primjeren ovoj vrsti nosivog sklopa, već je greda sagrađena potiskivanjem preko privremenih stupova koji su kasnije uklonjeni. Zatege su postavljene nakon što je greda kompletirana, što je vrlo rijetko za mostove ovog tipa. Most je u vrijeme izgradnje Pelješkog mosta bio praktički dovršen, ali je za puštanje u promet valjalo pričekati dovršetak nastavka dionice autoceste prema Belom Manastiru.



*Most dr. Franja Tuđmana, s kosim zategama, glavnog raspona od 305 metara, dovršen je 2002. godine*

## Domovinski most

Domovinski most u Zagrebu ovdje je prikazan kao primjer mosta s kosim zategama s niskim pilonima. Radi se o širokom mostu koji prevodi četverotračnu brzu gradsku prometnicu, a u budućnosti će preko njega ići i laka željeznica koja povezuje središte grada sa zračnom lukom. Glavni raspon dug je 120 metara, a piloni su visoki 16 metara. Most je gredni, s glavnim sklopom od prednapetog betona, koji je u središnjem dijelu nad rijekom ovješeno kosim zategama o dva pilona, dok je nad inundacijama rijeke kontinuirana greda. Ukupna je duljina mosta 879 metara. U poprečnom presjeku, širine 33,5 metara, radi se o petodijelnom sanduku. Interesantno je da je prva inicijativa za izgradnju mosta došla od zagrebačkog komunalnog poduzeća, budući da most prevodi cijevi odvodnje velikog kapaciteta do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Usporedba ovog mosta s Pelješkim mostom interesantna je zbog visine pilona, koji su kod obje građevine niži od preporučenog omjera za mostove s kosim zategama.

Kod zagrebačkog mosta omjer visine pilona prema rasponu iznosi 0,13, a kod Pelješkog mosta 0,14. Za ilustraciju, klasični most s kosim zategama preko Drave ima omjer visine pilona nad prometnicom prema rasponu 0,27, dakle dvostruko veći. Niski piloni ove mostove svrstavaju na granicu mostova posebnog tipa, koji su u kontekstu svjetske prakse prilično rijetki. Radi se o mostovima prednapetim po ekstradosu, koji su zapravo proizašli iz prednapetih betonskih konstrukcija. U vremenu kada se složeni proračuni mogu provesti na

numeričkim modelima, oslabio je imperativ da se most svrsta među tipične strukture, za koje su razrađeni teorijski proračunski modeli. Promatrajući raspon i strukturu Domovinskog mosta moguće je postaviti pitanje razloga za izvedbu ovješnja na rasponu koje se moglo savladati uobičajenim grednim sklopom od prednapetog betona, tim više što je prije izvedbe zagrebačkog mosta sagrađen vijadukt Kamačnik kraj Vrbovskog, kao greda od prednapetog betona, raspona 125 metara.



*Domovinski most preko Save u Zagrebu, raspona 120 metara, dovršen 2006. godine*



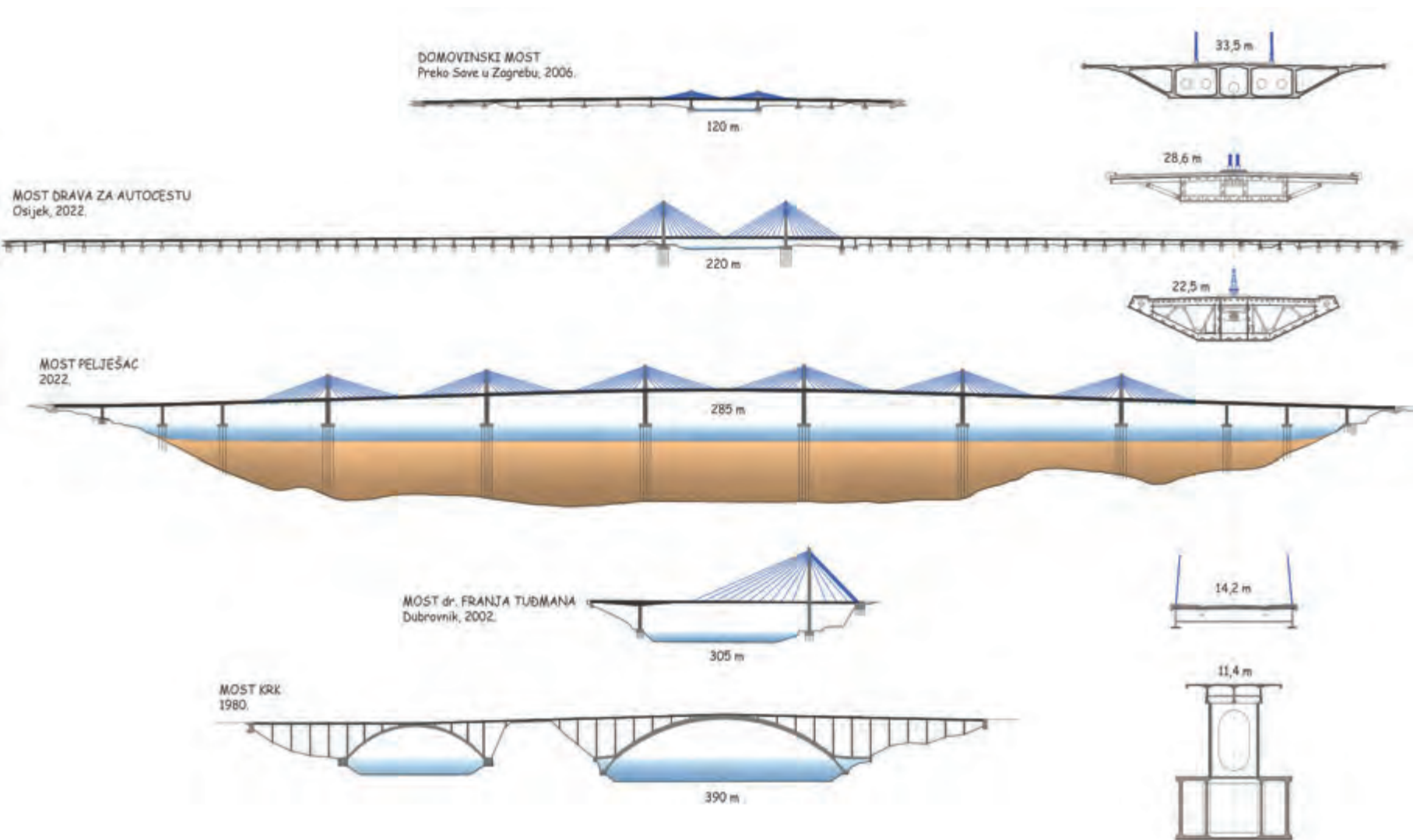
## Usporedbe raspona duljine i količine čelika

Usporedni prikaz u mjerilu Pelješkog mosta i ostalih hrvatskih mostova koje smatramo velikima otkriva razliku iz koje se može očitati složenost inženjerskog postignuća prijelaza na poluotok.

Osim Mosta Drava za autocestu, u vrijeme kada je građen Pelješki most građena su još dva mosta preko Save, za brzu cestu kod Stare Gradiške i autocestovni most kod Svilaja. Interesantno je usporediti ukupne količine konstrukcijskog čelika za ove tri velike i značajne građevine preko plovnih

rijeka s količinom za Pelješki most: utrošak za sva tri velika mosta na kontinentu manja je od polovice ukupne količine utrošene za izgradnju Pelješkog mosta.

Osim Mosta Drava za autocestu, u vrijeme kada je građen Pelješki most građena su još dva mosta preko Save, za brzu cestu kod Stare Gradiške i autocestovni most kod Svilaja. Interesantno je usporediti ukupne količine konstrukcijskog čelika za ove tri velike i značajne građevine preko plovnih rijeka s količinom za Pelješki most: utrošak za sva tri velika mosta na kontinentu manja je od polovice ukupne količine utrošene za izgradnju Pelješkog mosta.



*Pelješki most u mjerilu drugih velikih hrvatskih mostova  
Odozgo prema dolje: Domovinski most preko Save u Zagrebu,  
Most Drava na autocesti A5, Pelješki most, Most dr. Franja  
Tuđmana preko Rijeke dubrovačke i Krčki most.*

*Tablica: Usporedba duljina i količina konstrukcijskog čelika  
triju mostova kontinentalne Hrvatske s količinom  
utrošenom za rasponski sklop Pelješkog mosta.*

|                                                | Pelješki<br>most | Mostovi Drava<br>– Osijek, Sava<br>Stara Gradiška<br>i Sava Svilaj |
|------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Ukupna duljina<br>čeličnog sklopa              | 2404 m           | 1542 m                                                             |
| Količina<br>konstrukcijskog<br>čelika u sklopu | 33.600 tona      | 14.950 tona                                                        |



*Most Drava na autocesti A5, Svilaj – Osijek – Beli Manastir, sadrži spregnuti sklop dug 420 m, širok 30 m u kojeg je ugrađeno 5.000 tona čelika*



*Most Sava kod Stare Gradiške, za brzu cestu, ima čelični sklop dug 462 m i širok 23 m u kojeg je ugrađeno 4.650 tona čelika*





*Most preko Save kod Svilaja, na autocesti A5, sadrži dva paralelna spregnuta sklopa duga po 660 m, široka po 13,5 m u koje je ukupno ugrađeno 5.300 tona čelika.*

## Visoke građevine u usporedbi s Pelješkim mostom

Zanimljivo je postaviti pilone Pelješkog mosta, od kojih se oni najviši uzdižu nad morem oko 101 metar, u odnos s drugim visokim građevinama u Hrvatskoj. Rekord u visini strukture u vrijeme izgradnje mosta držao je industrijski dimnjak termoelektrane Plomin II, visok 340 metara. Istovremeno s mostom građen je u Splitu u tom trenutku najviši hrvatski neboder Dalmatia Tower 2, visok 115 metara, s 27 katova. Na vrhu zgrade postavljena je antena, koja će ukupnu visinu podići na 135 metara.

Neboder posjeduje pet podzemnih etaža, a još je zanimljivo usporediti ukupnu količinu betona koja je u nju ugrađena s količinama utrošenim za Pelješki most. U taj most je ugrađeno ukupno oko 70.000 m<sup>3</sup> betona (170.000 tona), od toga je u pilote ugrađeno 22.077 m<sup>3</sup>, u naglavnice pilota 22.270 m<sup>3</sup>, za predgotovljene oplata naglavnica još 2.545 m<sup>3</sup>, za stupove 14.135 m<sup>3</sup>, za bazne dijelove pilona u razini rasponske konstrukcije i pilone, 3.432 m<sup>3</sup>, za upornjake i bunare 2.380 m<sup>3</sup> te za razdjelni pojas i ostalo 3.161 m<sup>3</sup>. Za Dalmatia Tower 2, bruto razvijene površine 33.560 m<sup>2</sup> utrošeno je ukupno 21.220 m<sup>3</sup> betona, dakle manje betona nego što je utrošeno samo za naglavnice stupova i pilota Pelješkog mosta.

Razlika u količini ugrađene armature između mosta i nebodera još je izraženija, u most je ugrađeno oko 18.000 tona armaturnog čelika, dok je za neboder bilo dovoljno 3.367 tona.

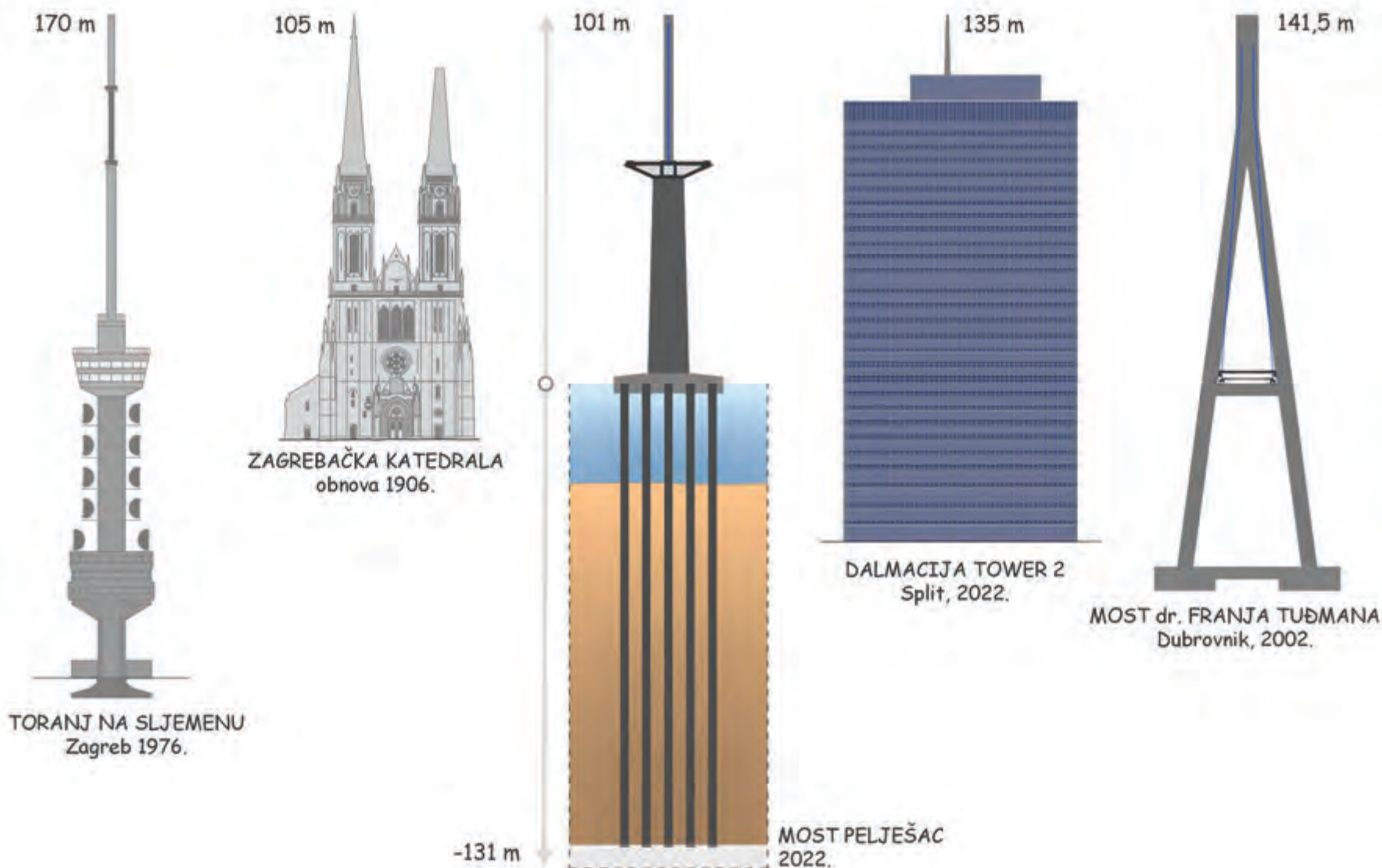


*Splitski Dalmatia Tower visok je 115 metara do krova (135 m do vrha antene), a dovršen je 2022. godine*

Od ostalih visokih građevina s kojima možemo usporediti most, tu je televizijski toranj na Sljemenu, na vrhu Medvednice, kraj Zagreba, dovršen 1976. godine. Ukupna visina tornja, od tla do vrha najviše antene iznosi 170 m. Konstrukcija tornja sastoji se od donjeg, betonskog dijela visine 92 m i gornjeg, čeličnog, visine 78 m.

Zagrebačka Katedrala Uznesenja Blažene Djevice Marije i svetih Stjepana i Ladislava najveća je hrvatska sakralna građevina. Do potresa koji su pogodili Zagreb 2020. godine i rušenja vrhova tornjeva bila je visoka 105 metara, a nakon toga, u vrijeme dovršenja mosta, bila je visoka 92 metra.

Visina Pelješkog mosta u mjerilu  
drugih visokih građevina u Hrvatskoj



## Pelješki most u kontekstu suvremenih europskih ostvarenja

Pelješki most uspoređujemo s europskim mostovima preko morskih tjesnaca ili plovnih rijeka, sagrađenim u desetljećima koja su prethodila realizaciji projekta CPJD. Pokazuje se da je most preko kanala Malog Stona u trendu suvremenih tehničkih i tehnoloških dometa, uz neke značajke koje možemo smatrati inovativnima. Usporedba ostvarene jedinične cijene Pelješkog mosta s drugim mostovima preko sličnih prepreka ukazuje na to da je investicija u gabaritima očekivanih vrijednosti, koje se za ovakve konstrukcije kreću između 5 i 10 tisuća eura po metru kvadratnom površine mosta.

## Most Rion – Antirion

Most Rion – Antirion sagrađen je u Grčkoj i premošćuje Korintski zaljev kod Patrasa, spajajući Peloponez s glavnim grčkim kopnom. Otvoren je za promet 2004. godine. Nalazi se na zahtjevnoj lokaciji, gdje dubina mora doseže 65 metara, morsko dno sastoji se od naplavina male nosivosti do nedohvatne dubine, u području visoke seizmičnosti (parametri za protupotresno projektiranje veći su od onih za Pelješki most), a postoji i mogućnost tektonskih pomaka. Osim toga, most je projektiran da izdrži mogući udar velikog broda.

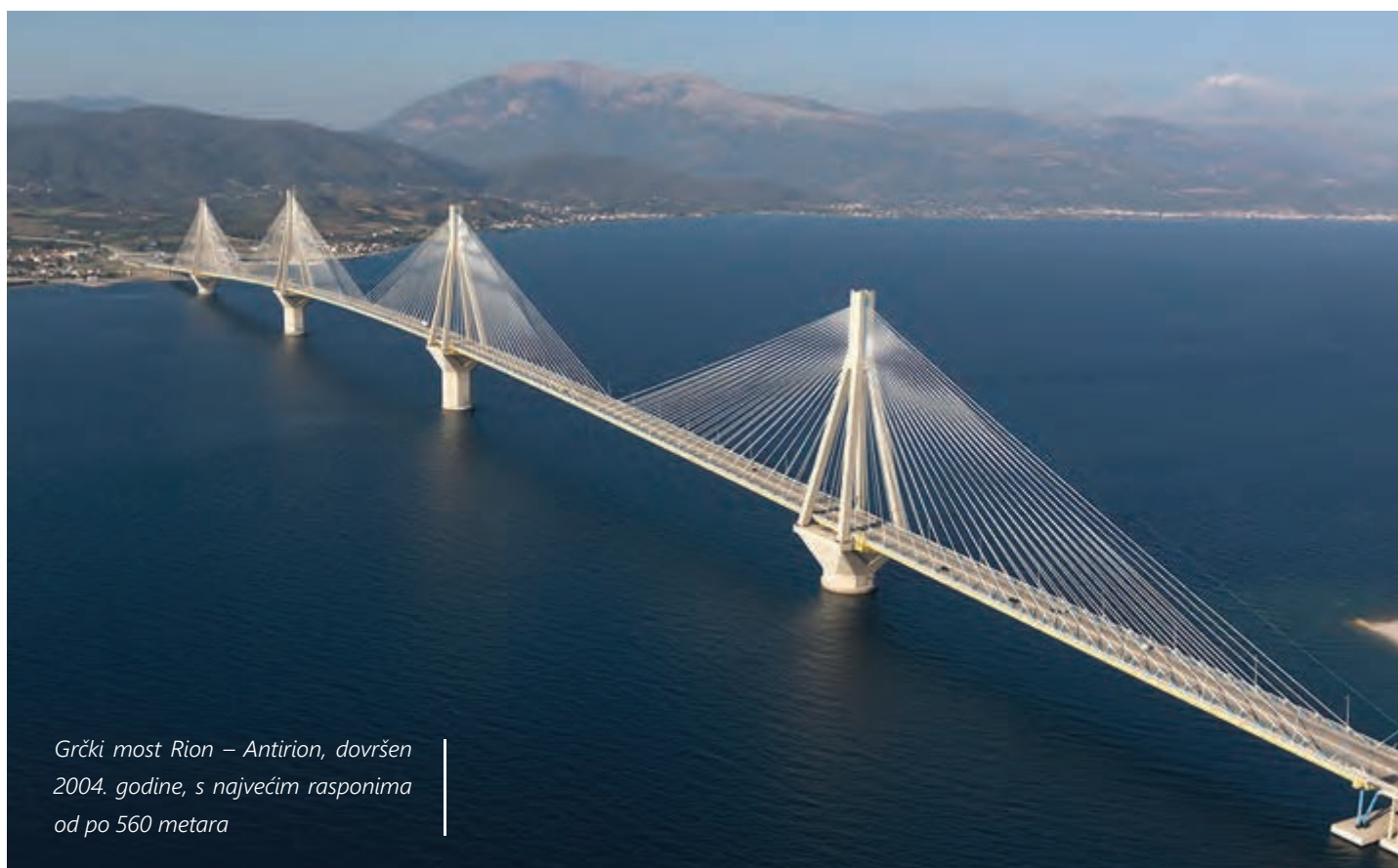


Izveden je most koji se sastoji od kontinuiranog niza sklopova s kosim zategama, s 5 raspona, ukupne duljine 2252 metra, s najvećim rasponima od 560 metara, koji je na krajevima produljen prilaznim vijaduktima pa je ukupna duljina građevine 2883 metra. Glavni sklop je neprekinut čitavom duljinom, slično kao kod Pelješkog mosta.

Ovaj je most ipak najpoznatiji po načinu temeljenja koje je izvedeno na kesonima promjera 90 metara, koji se oslanjaju na morsko dno, prethodno ojačano čeličnim cijevima dugim 25 do 30 metara, koje su ispod temelja zabijene u gustom rasporedu.

Rasponski sklop sastoji se od dva uzdužna nosača visine po 2,2 metra i poprečnih nosača na razmacima od po 4 metra, preko kojih je postavljena betonska ploča, a ukupna širina presjeka iznosi 27 m. Piloni su, od morskog dna do vrha, visoki do 230 metara. Razmak između zatega je 12 metara, a sklop je izgrađen slobodnim konzolnim postupkom, slično kao Pelješki most.

U most je ugrađeno 250.000 m<sup>3</sup> betona, dakle više nego trostruko u odnosu na Pelješki most, no čelika je utrošeno manje, budući da se radi o otvorenom presjeku i spregnutom sklopu, utrošak je 14.000 tona konstrukcijskog čelika. Također je utrošeno oko 4.500 tona čelika za zatege.



*Grčki most Rion – Antirion, dovršen  
2004. godine, s najvećim rasponima  
od po 560 metara*

## Most Ustava iz 1812. ili Most La Pepa

Most La Pepa u španjolskoj pokrajini Andaluziji prelazi zaljev Cadiz, povezujući istoimeni grad na poluotoku i Puerto Real na kopnu. Most dug 3.092 metra sadrži glavni sklop s kosim zategama dug 1.180 metara i pristupne vijadukte. Širina spregnutog rasponskog sklopa iznosi 34,3 metra, a njime prolazi šesterotračna prometnica. Glavni raspon veličine 540 metara prelazi pomorski prolaz sa slobodnom visinom od 69 metara.

Piloni su visoki 183, odnosno 186 metara, oblikovno tipa dijamant, što znači da se pilon račva na mjestu gdje kroz njega prolazi rasponski sklop, da bi se potom iznad sklopa opet spojio u jedinstvenu vertikalu iz koje se pružaju zatege.

Glavni nosač je relativno plitak (3 m) sanduk trapezoidnog –

aerodinamičnog oblika, prihvaćen zategama na krajevima. Most je građen slobodnim konzolnim postupkom, montažom segmenata duljine 20 metara, prosječne težine od oko 300 tona.

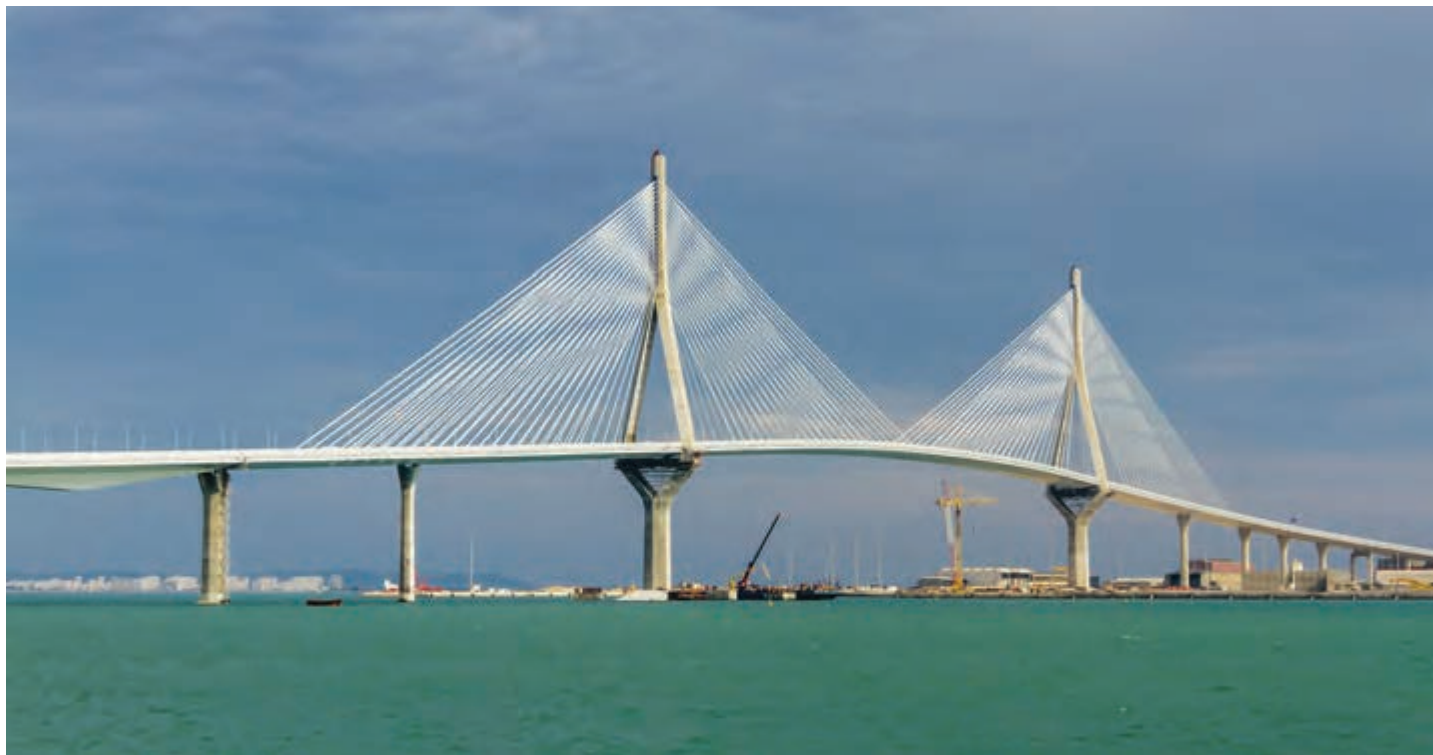
Zanimljivo je da je po zahtjevu brodogradilišta u zaljevu jedan od pristupnih rasponskih sklopova načinjen tako da se može demontirati u slučaju da zaljevom treba proći plovni objekt viši od 69 metara. Budući da će se to događati vrlo rijetko, most nije načinjen kao puni pokretni sklop.

Izgradnja mosta oduljila se zbog ekonomske krize za više od tri godine iza planiranog roka, a troškovi izgradnje pri tom su porasli dvostruko u odnosu na procijenjenu vrijednost. Most je dovršen i pušten u promet 2015. godine.

## Prikaz usporedba veličina i investicija

| most               | lokacija                      | duljina<br>(glavni<br>sklop) | širina | najveći<br>raspon | investicija      | investicija<br>po m <sup>2</sup> |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|--------|-------------------|------------------|----------------------------------|
|                    |                               | m                            | m      | m                 | milijuna<br>eura | euro                             |
| Pelješki most      | Hrvatska,<br>Dalmacija        | 2404                         | 22,5   | 285               | 278              | 5.140                            |
| Rion -<br>Antirion | Grčka,<br>Peloponez           | 2.883<br>(2.252)             | 27     | 560               | 630              | 8.093                            |
| La Pepa<br>Cadiz   | Španjolska,<br>Andaluzija     | 3.092<br>(1.180)             | 34,3   | 540               | 510              | 4.809                            |
| Queensferry        | Velika Britanija,<br>Škotska  | 2.539<br>(1.950)             | 39,8   | 650               | 790              | 7.817                            |
| Mersey<br>Gateway  | Velika Britanija,<br>Engleska | 2.250<br>(998)               | 32,9   | 318               | 720              | 9.726                            |

Tablica: usporedba veličina i investicija za neke velike europske mostove, suvremenike Pelješkog mosta. Podatke o investicijskoj vrijednosti mostova treba uzeti s dozom rezerve, jer nedostaju podaci o tome što točno iznos obuhvaća. Za Pelješki most korištena je vrijednost ugovora za izgradnju, bez PDV-a, bez troškova projektiranja i stručnog nadzora.



Španjolski most Most Ustava iz 1812. ili Most La Pepa u Cadizu, dovršen 2015. godine, s najvećim rasponom od 540 metara.



## Most Queensferry

Most Queensferry prelazi zaljev Firth of Forth, kraj Edinburgha u Škotskoj, nedaleko od povijesno značajnog željezničkog mosta Firth of Forth. Novi most je dug 2.539 metara i sadrži tri sklopa s kosim zategama najvećeg raspona od 650 metara, a otvoren je za promet 2017. godine. Rasponski sklop na mostu s kosim zategama je spregnuti sanduk širok 39,8 metara, s tri komore, visine 4,9 metara. Širina donje plohe sanduka iznosi 26,2 metra.

Most je namijenjen šesterotračnoj prometnici, s tim da su četiri trake namijenjene javnom prometu, a dvije služe samo za javni prijevoz putnika autobusima.

Most s kosim zategama sadrži tri betonska pilona visine oko 210 metara. Rasponski sklop je integralan sa središnjim pilonom (dakle, greda je upeta u pilon), dok su na ostala dva pilona omogućeni pomaci grede u odnosu na pilon. Greda je neprekinuta – kontinuirana od početka do kraja, čitavom duljinom mosta. Interesantno je da su dva reda usporednih

zatega postavljena u središnjem pojasu, s malim razmakom zatega iste duljine (oko 3 metra).

Most je građen slobodnim konzolnim postupkom, s tim da su, slično kao kod Pelješkog mosta, veliki segmenti bili dopremeni brodovima iz kineskih tvornica izravno na gradilište. Ovješena greda formirana je od 134 segmenta koji su u prosjeku težili po 750 tona.

I most Queensferry nalazi se u zoni jakih vjetrova zbog kojih je redovito potrebno obustaviti promet na mostu, pa su postavljene ograde za zaštitu od vjetrova visine 3,3 metra.

Glavni konstruktorski izazov mosta s tri pilona bio je osiguranje stabilnosti središnjeg tornja. Zahtijevana krutost postignuta je produljenjem lepezasto položenih zatega preko polovišta priležećih raspona, tako da se po 10 zatega u središnjim dijelovima glavnih raspona preklapaju.

U spregnuti rasponski sklop ugrađeno je 35.000 tona čelika.



*Britanski, odnosno škotski most Most Queensferry, dovršen 2017. godine, s najvećim rasponom od 650 metara*

Sjeverni i južni pilon izvedeni su s naglavicama, dok je pilon u središtu mosta upet s rasponskim sklopom. Ovo je jedini od prikazanih mostova koji ima rasponski sklop od prednapetog betona, koji je sanduk s jednom komorom, poprečno ojačan jakim gredama koje konzolno podupiru široku ploču kolnika.

Rasponski sklop građen je slobodnim konzolnim postupkom, s betoniranjem odsječaka na licu mjesta, na ovješenoj oplati, u tri faze. Izrada svakog segmenta duljine 6 metara događala se u tjednom taktu, u kojemu je odsječak uzdužno prednapet i ovješena na pripadnu zategu. Pomoćni uređaji s oplatom za konzolnu gradnju težili su 270 tona. Izgradnja je olakšana izvedbom privremenih oslonaca – stupova u rijeci, na udaljenosti od oko 72 metra od pilona.

Pripreme za izgradnju mosta, koja je trajala tri godine, trajale su čitavih 20 godina.

## Most Mersey Gateway

Most Mersey Gateway prelazi rijeku Mersey i plovni kanal u engleskoj pokrajini Cheshire, a za promet je otvoren 2017. godine, prevodeći šesterotračnu cestu. Konstruiran je kao most s kosim zategama s tri pilona. Središnji pilon je niži od ostala dva pilona, od kojih je jedan visok 110 metara, a drugi 125 metara. Najveći raspon iznosi 318 metara.

Most je temeljen na plitkim temeljima, budući da se čvrsto tlo nalazi ispod relativno plitkih naplavnih naslaga. Kružni temelji pilona imaju promjer 22 metra, a visoki su 4,5 metara.



*Britanski, odnosno engleski most Most Mersey, dovršen 2017. godine, s najvećim rasponom od 318 metara*







## 6.1 BILJEŠKA O AUTORU

Dr. sc. G O R A N P U Ž, dipl. ing. građ.

Predstojnik ureda Uprave  
Hrvatskih cesta

Goran Puž je u trenutku nastanka ove monografije bio Predstojnik Ureda Uprave Hrvatskih cesta d.o.o. Zanimanje za mostove razvio je već na početku karijere, radeći na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, kao znanstveni novak i asistent na Katedri za mostove koju je vodio prof. Jure Radić. Od 1991. do 2004. godine osim u nastavi radio je i na stručnim projektima Katedre, na projektiranju poslijeratne obnove obiteljskih kuća, kao i na projektima mostova. Jedan od vizionarskih projekata Katedre iz tog vremena bio je studiranje varijanti za budući Most Pelješac. S fakulteta odlazi raditi u Hrvatske autoceste, gdje se, tijekom intenzivnog razdoblja izgradnje autocestovne mreže, bavi razvitkom sustava upravljanja i održavanja. Nakon toga 2008. godine prelazi u privatnu tvrtku, Institut IGH gdje nekoliko godina radi s timom za projektiranje prometnica, a nakon toga i s timom akreditiranog laboratorija. Po odlasku s fakulteta nije prekinuo rad u nastavi, već sudjeluje u izvedbi nekoliko kolegija na Zavodu za konstrukcije Građevinskog fakulteta u Zagrebu. Konačno, 2017. godine prelazi u Hrvatske ceste, gdje se, uz svakodnevne poslove u Uredu Uprave, bavi i popularizacijom projekata kapitalne prometne infrastrukture. U slobodno vrijeme nastavlja karijeru akademskog nastavnika na Sveučilištu Sjever u Varaždinu, Graditeljski odjel. Objavio je više znanstvenih radova, većinom o temama koje su vezane uz održavanje građevina.

Među publikacijama koje je objavio kao koautor tijekom rada na Sveučilištu u Zagrebu, ističe se priručnik o projektiranju mostova i monografija o poslijeratnoj obnovi mostova pod naslovom Vrijeme rušenja i vrijeme građenja. Radeći u autocestovnom sektoru također je sudjelovao u izradi nekoliko publikacija koje svjedoče o vremenu intenzivne izgradnje kroz tehnički i financijski aspekt. Tijekom godina, objavljujući monografije, brošure, stručne radove i predavanja, isprva se bavi posebnostima i detaljima pojedinačnih projekata, a kasnije sve više ulogom pojedinih projekata u razvitku nacionalne, pa i europske prometne infrastrukture. Monografija pod nazivom Prometnice za europsku budućnost – projekti prometnog sustava Republike Hrvatske, ostvarenja i planovi, iz 2019. godine povezuje kapitalne projekte nacionalne prometne infrastrukture u kontekst održivog razvitka i europskih perspektiva.

Monografija o Mostu Pelješac nastavak je autorovih nastojanja da se na svima razumljiv način približi složenost priprema i izgradnje jednog grandioznog graditeljskog ostvarenja, od koncepta i detalja konstrukcije do uklapanja u europsku prometnu mrežu. Priča o mostu i pristupnim cestama većim je dijelom iznesena kroz razgovore autora s ljudima koji su radili na projektu, budući da osobna svjedočanstva sadrže vrijedna i zanimljiva zapažanja koja nisu sadržana u tehničkoj dokumentaciji.

# BILJEŠKA O RECENZENTU

Prof. dr. sc. ZLATKO ŠAVOR, dipl. ing. građ.



*Prof. dr. sc. Zlatko Šavor, dipl. ing. građ., recenzent monografije Most i ljudi, jedan je od najznačajnijih suvremenih hrvatskih projekatara mostova bio je i autor projektnog rješenja Mosta Pelješac koje je ušlo u samu završnicu izbora, u izravnoj konkurenciji s projektom po kojemu je most konačno i izveden.*

Zlatko Šavor je u svojoj bogatoj karijeri bio profesor na Građevinskom i Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, istraživač – znanstvenik i nastavnik, međutim prije svega projektant mostova, većinom iznimnih raspona ili posebnog oblikovnog dometa. Njegovi projekti uvijek su imali osobni pečat i bili u trendu sa svjetskim dometima u mostogradnji. Kao revident i profesor iz predmeta vezanih uz mostove utjecao je na djelatnost građenja mostova ali i na šire područje graditeljstva u Hrvatskoj, uvijek nastojeći podizati struku na višu razinu.

Među mostovima izvedenim na tlu Hrvatske, kojima je dr. Šavor projektant ističu se slijedeći:

- Novi Maslenički most za autocestu (1996.)
- Obnova mosta kopno - otok Pag (2000.)
- Most Kamačnik (2000.)
- Most preko Drave kod Belišća (2002.)
- Most preko Rijeke dubrovačke (2002.)
- Most preko Save u Martinskoj Vesi (2002.)
- Most na autocesti preko Krke kod Skradina (2005.)
- Vijadukt Mirna (2005.)
- Obnova mosta preko rijeke Save u Jasenovcu (2005.)
- Most Rječina na južnom kraku Riječke obilaznice (2007.)
- Nadvožnjak Mucići (2008.)
- Most kopno – otok Čiovo (2018.)

Dr. Šavor autor je većeg broja znanstvenih i stručnih radova, aktivan član brojnih hrvatskih i međunarodnih stručnih udruga. Za svoj znanstveni i stručni rad dobio je više priznanja i nagrada.



## Iz recenzije:

U monografiji pod naslovom *Most i ljudi* dan je iscrpan pregled različitih aspekata pripreme, projektiranja i izgradnje Mosta Pelješac. Prilozi važnih aktera projekta, kao i velik broj fascinantnih fotografija pružaju čitatelju mogućnost sagledavanja većine izazova koje je valjalo savladati na putu do ovog veličanstvenog ostvarenja. U tehničkom smislu bih naglasio da Most Pelješac pripada vrsti tzv. ekstradosed mostova (ovješanih mostova s niskim pilonima). Takvih mostova u svijetu ima manje od 200, uglavnom izgrađenih na Dalekom istoku s rasponskim sklopom gotovo isključivo od betona. Samo tri japanska mosta s početka 20. stoljeća (Ibi River Bridge, Kiso River Bridge i Korrora Babeldoap Bridge) glavnih raspona do 275m imaju hibridne rasponske sklopove kod kojih su čelični poprečni presjeci uzdužno fleksijski kruto spregnuti s betonskim. Takvo je rješenje odabrano i za most Pelješac, što je logično, jer je bilo neophodno vlastitu težinu smanjiti na minimum zbog izrazito lošeg tla i velike seizmičnosti lokacije mosta. Konstrukcija mosta je vrlo zahtjevna, zabijeni piloti dulji od 100 m, beton pilona C70/85, profili armature do 40 mm, uzdužno sprežanje betonskih sandučastih stolova na pilonima s čeličnim aerodinamički oblikovanim sandučastim presjecima rasponskog sklopa, itd., pa je dobro da knjiga detaljno opisuje strukturu. Po duljini glavnih raspona od 285 m most Pelješac je, u konkurenciji mostova istog tipa, drugi na svijetu.

Monografija *Most i ljudi* predstavlja zahvalu i čestitku svim sudionicima u izgradnji, projektantu, izvođaču, nadzoru i investitoru na maksimalnom naporu koji su morali uložiti da se izgradi ovaj velebni most. Zaključno, most Pelješac utjelovljuje sve kriterije Vitruvija, firmitas, utilitas, venustas, (čvrstoća, svrha, ljepota), može podnijeti sva proračunska djelovanja, funkcionalan je, a u estetskom pogledu je po mom skromnom mišljenju najljepši ekstradosed most na svijetu.







# POPIS TVRTKI KOJE SU SUDJELOVALE U IZGRADNJI NA PROJEKTU

## Cestovna povezanost s južnom Dalmacijom

### 1. Projekt: Izgradnja Mosta Pelješac s pristupnim cestama

Ugovorni izvoditelj: Zajednica ponuditelja  
**China Road and Bridge Corporation**  
 CCCC Highway Consultants Co. Ltd.  
 CCCC Second Highway Engineering Co. Ltd.  
 CCCC Second Harbour Engineering Co. Ltd.

Popis podizvoditelja:

|                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1. GEODETSKI URED VESNA KOVAČ   | geodetski radovi         |
| 2. SLP d.o.o.                   | građevinski radovi       |
| 3. STIJEG d.o.o.                | podvodni radovi          |
| 4. MONTAŽA BAĆINA               | građevinski radovi       |
| 5. ASCON d.o.o.                 | ispitivanje betona       |
| 6. GEOEXPERT d.o.o.             | ispitivanje betona       |
| 7. VSL INTERNATIONAL            | konzultantske usluge     |
| 8. PUNDT d.o.o.                 | NDT ispitivanja          |
| 9. CROATIAINSPECT d.o.o.        | NDT ispitivanja          |
| 10. HARMONY TRADE d.o.o.        | NDT ispitivanja          |
| 11. TPK d.o.o.                  | NDT ispitivanja          |
| 12. UNIS - TELECOM d.o.o.       | građevinski radovi       |
| 13. DEGAL TEHNIKA d.o.o.        | građevinski radovi       |
| 14. MONTEERRA d.o.o.            | građevinski radovi       |
| 15. L.Z. PROJEKT d.o.o.         | građevinski radovi       |
| 16. ADRIACINK d.o.o.            | građevinski radovi       |
| 17. PISMORAD d.o.o.             | elektro radovi           |
| 18. SPELEOLOŠKO DRUŠTVO ŠPIJAR  | građevinski radovi       |
| 19. IMOTEHNIKA d.o.o.           | elektro radovi           |
| 20. REPLY TOOL d.o.o.           | servis radne opreme      |
| 21. TRAG d.o.o.                 | građevinski radovi       |
| 22. ĆOSIĆ d.o.o.                | građevinski radovi       |
| 23. ADVENTURE OMIŠ d.o.o.       | građevinski radovi       |
| 24. KALAUŠ d.o.o.               | građevinski radovi       |
| 25. SPEGRA d.o.o.               | građevinski radovi       |
| 26. C4 d.o.o.                   | građevinski radovi       |
| 27. GUSTIN ZIDINE d.o.o.        | građevinski radovi       |
| 28. ELEKTROENERGETIKA d.o.o.    | elektro radovi           |
| 29. ZAGREB MONTAŽA d.o.o.       | građevinski radovi       |
| 30. GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB | probno opterećenje mosta |

|                                               |                               |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| 31. PRIJEVOZNIČKI OBRT BRDAR                  | prijevozničke usluge          |
| 32. PRIJEVOZNIČKE USLUGE MARKO BOŠNJAK d.o.o. | prijevozničke usluge          |
| 33. GRBIĆ d.o.o.                              | građevinski radovi            |
| 34. KOSINAC d.o.o.                            | elektro radovi                |
| 35. INERO d.o.o.                              | elektro radovi                |
| 36. ANAFORA d.o.o.                            | ispitivanje vodonepropusnosti |
| 37. ANTE INŽENJERING d.o.o.                   | ispitivanje vodonepropusnosti |
| 38. ENERGO PLAN d.o.o.                        | elektro radovi                |
| 39. UNELPO d.o.o.                             | elektro radovi                |
| 40. POMIJA d.o.o.                             | građevinski radovi            |
| 41. KARABIT d.o.o.                            | radovi miniranja              |
| 42. PA-EL d.o.o.                              | radovi na katodnoj zaštiti    |
| 43. MATO LD d.o.o.                            | građevinski radovi            |
| 44. T-REKLAM d.o.o.                           | izrada reklamnih panoa        |
| 45. DUAL CONCEPT d.o.o.                       | građevinski radovi            |
| 46. SITAL d.o.o.                              | građevinski radovi            |
| 47. GABRIĆ d.o.o.                             | građevinski radovi            |
| 48. DOMGRAD d.o.o.                            | građevinski radovi            |
| 49. COLAS HRVATSKA d.o.o.                     | građevinski radovi            |
| 50. TELEGRA d.o.o.                            | elektro radovi                |
| 51. PROMEL d.o.o.                             | elektro radovi                |
| 52. TRITEGRAL d.o.o.                          | elektro radovi                |
| 53. NEOS d.o.o.                               | elektro radovi                |

### 2. Izgradnja pristupnih cesta Mostu Pelješac, izgradnja dionice: Duboka – Sparagovići/Zaradeže

Ugovorni izvoditelj: Zajednica gospodarskih subjekata  
**STRABAG AG (Podružnica Zagreb STRABAG d.d.)**  
**i STRABAG d.o.o. Zagreb**

Popis podizvoditelja: tvrtke iz sastava koncerna Strabag:

1. CML CONSTRUCTION SERVICES d.o.o. za savjetovanje u vezi s poslovanjem
2. STRABAG BMTI d.o.o. građevinski strojevi
3. STRABAG BRVZ d.o.o. za usluge
4. STRABAG d.o.o. SARAJEVO
5. STRABAG d.o.o. BEOGRAD
6. POMGRAD INŽENJERING d.o.o. za graditeljstvo
7. TPA održavanje kvaliteta i inovacija d.o.o.



Ostale tvrtke – podizvođači:

1. ADLSTRUKTURA d.o.o.
2. ADRIA DRILLING d.o.o.
3. ADRIA WOOD INDUSTRIES d.o.o.
4. ADRIACINK TRANSPORT d.o.o.
5. ALFA ATEST d.o.o.
6. ALFATHERM d.o.o.
7. ALLIANZ ZAGREB d.d.
8. ALUPLAST – OBRT ZA ALU I PVC STOLARIJU
9. AMIBLU ROMANIA SRL
10. ANTONINI d.o.o.
11. ASCENDUM GRAĐEVINSKI STR
12. ASCON INSTITUT d.o.o.
13. ASN-GEO d.o.o.
14. AUDAX d.o.o.
15. AVESCO AG
16. BARUNO INTERIJERI d.o.o.
17. BASF CROATIA d.o.o.
18. BAUSYSTEM GROUP d.o.o.
19. BELFRY UT KFT.
20. BEST OBRT ZA CESTOVNI PRIJEVOZ ROBE
21. BESTRENT d.o.o.
22. BETON LUČKO RBG
23. BIJUK HPC
24. BIM-ING d.o.o.
25. BINĐO d.o.o.
26. BRAČA RADIĆ – OBRT ZA ISKOPE
27. BRKIĆ BAU d.o.o.
28. BRODOMETALURGIJA d.o.o.
29. BS TELECOM SOLUTIONS d.o.o.
30. CAR-MERKUR d.o.o.
31. CEMEX HRVATSKA d.d.
32. CHROM INTERIJERI – OBRT ZA BRAVARSKO RADOVE
33. CMC GROUP d.o.o.
34. COLAS HRVATSKA d.d.
35. COMET d.o.o.
36. CONRAM d.o.o.
37. CONTENTO d.o.o.
38. CRIVAC d.o.o.
39. ČOSIĆ GRADNJA d.o.o.
40. D&J d.o.o.
41. DIORIT d.o.o.
42. DIORIT GRADNJA d.o.o.
43. DOKA HRVATSKA d.o.o.
44. DRONE 4 DESIGN d.o.o.
45. DSI UNDERGROUND AUSTRIA GmbH
46. DUBRAVICA d.o.o.
47. DUBROVNIK CESTE d.d.
48. DUNAV-DRAVA CEMENT d.o.o.
49. DVD PUTNIKOVIĆ
50. EKSPLO-PROMET d.o.o.
51. ELEKTROTEHNIKA DIZAJN d.o.o.
52. ELLABO d.o.o.
53. EL-ZAP d.o.o.
54. EPIROC CROATIA d.o.o.
55. ERA COMMERCE d.o.o.
56. FEROTERM d.o.o.
57. FERRO MO d.o.o.
58. FRUHWALD d.o.o.
59. G.O. EMANUEL
60. GEA TIM d.o.o.
61. GEFYRA d.o.o.
62. GEOMATIKA d.o.o.
63. GEOPROJEKT d.d.
64. GEOTECH d.o.o.
65. GEOTEHNIKA-KONSOLIDACIJA
66. GEOTEST d.o.o.
67. GIP-CESTOVNI PRIJEVOZ ROBA
68. GISPLAN d.o.o.
69. GNJEČ PROMET – OBRT ZA CESTOVNI PRIJEVOZ
70. GRAĐA d.d.
71. GRANDIS d.o.o.
72. GRBIĆ d.o.o.
73. GRGA
74. GROTEL d.o.o.
75. GROUND ZERO d.o.o.
76. GUMIIMPEX-GRP d.d.
77. HALO NET d.o.o.
78. HILTI CROATIA d.o.o.
79. HORMANN HRVATSKA d.o.o.
80. IGH d.d.
81. INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d.
82. INDUSTRIAL ELEMENTS d.o.o.
83. INEL d.o.o.
84. INSTITUT IGH d.d.
85. INTER S.T.E.E.L. d.o.o.
86. INŽENJERING GEORAD d.o.o.
87. ISKOPI BORAS
88. JAHODA d.o.o.
89. JAKIĆ - OBRT ZA VODOINSTALATERSKE RADOVE
90. JATA GROUP d.o.o.
91. JVP METKOVIĆ
92. KLEMM SIGURNOST d.o.o.
93. KOMARDA d.o.o.
94. KOMUNALNO DRUŠTVO STON d.o.o.
95. KONTI HIDROPLAST
96. KOTAČ GRAĐ.MEHANIZACIJA, PRIJEVOZ
97. KOTONTEKS d.o.o.
98. KOTONTEKS GEO d.o.o.
99. KREMENA d.o.o.
100. KREŠO GEO d.o.o.
101. KRIVAJA METALI d.o.o.
102. LAGER BAŠIĆ d.o.o.
103. LIMMONT - OBRT ZA LIMARSKO RADOVE
104. LION j.d.o.o.
105. M.A.K.& N. TRADE d.o.o.
106. MAGNUSOL GRAĐENJE d.o.o.
107. MANDIĆ CONSULTING d.o.o.
108. MAPEI CROATIA d.o.o.
109. MARANA d.o.o.
110. MARELO
111. MARITIM BAŠIĆ d.o.o.
112. MASTER BUILDERS SOLUTION
113. MB SPOT-SIGNALIZACIJA
114. MEDIMPEX d.o.o. SARAJEVO

115. MESSER CROATIA PLIN d.o.o.  
 116. METALIS d.o.o.  
 117. MGM PRIJEVOZ  
 118. MGT  
 119. MIAB d.o.o.  
 120. MONTERRA d.o.o.  
 121. MOUNA d.o.o.  
 122. MOZAIK PB d.o.o.  
 123. MUPRO d.o.o.  
 124. NARONA REZ  
 125. NOVI IZBOR  
 126. OBRT MRČAVIĆ  
 127. OBŠIVAČ d.o.o.  
 128. OCTOPUS RIJEKA d.o.o.  
 129. ORIOBETON d.o.o.  
 130. PANORAMA d.o.o.  
 131. PERI OPLATE I SKELE d.o.o.  
 132. PETROKOV d.o.o.  
 133. PGM RAGUSA d.d.  
 134. PIPELIFE-HRVATSKA d.o.o.  
 135. PODOVI OPAČAK d.o.o.  
 136. PODVODNI RADOVI KINA  
 137. POLIROL d.o.o.  
 138. POPULUS d.o.o.  
 139. POSSUM d.o.o.  
 140. PPT d.o.o.  
 141. PRANGL d.o.o.  
 142. PRAVA APLIKACIJA 2020  
 143. PRIJEVOZI ŠIMLEŠA  
 144. PRVI TREPTAČ d.o.o.  
 145. PUŠINA d.o.o.  
 146. RADIĆ&CO d.o.o.  
 147. RAZMIJER d.o.o.  
 148. REGENERACIJA d.o.o.  
 149. REHAU d.o.o.  
 150. ROYAL PRESTIGE d.o.o.  
 151. S.A.K.Z. d.o.o.  
 152. SAMOBORKA d.d.  
 153. SCHRACK TECHNIK d.o.o.  
 154. SECURITAS HRVATSKA d.o.o.  
 155. SEKSTANT d.o.o.  
 156. SIKA CROATIA d.o.o.  
 157. SPB INŽENJERING d.o.o.  
 158. STELA GRADNJA d.o.o.  
 159. STUDIO BASIS d.o.o.  
 160. SUMA MAN POWER d.o.o.  
 161. SVEUČILIŠTE U SPLITU – Fakultet građevinarstva,  
 arheologije i geodezije  
 162. SVEUČILIŠTE U ZAGREBU – Građevinski fakultet  
 163. SYNTEKS d.o.o.  
 164. TABAK GRUPA d.o.o.  
 165. TEHNODELTA-OPUZEN d.o.o.  
 166. TEMPUS PROJEKT d.o.o.  
 167. TERESTRIKA d.o.o.  
 168. TERMO SAN d.o.o.  
 169. TERMODINAMIKA d.o.o.  
 170. TERRAKOP OBRT ZA USLUGE  
 171. TEXO MOLIOR d.o.o.  
 172. TGT PROM d.o.o.  
 173. TIMIS OBRT ZA PRIJEVOZ I USLUGE  
 174. TRANSPORTI PERVAN  
 175. TRASER d.o.o.  
 176. TRG d.o.o.  
 177. TRIO I d.o.o.  
 178. TRLIN d.o.o.

179. UNI RENT d.o.o.  
 180. VEKTOR INTEGRA d.o.o. GLAVNA PODR. DUBROVNIK  
 181. VELBOS d.o.o.  
 182. VENTUNUS d.o.o.  
 183. VETA d.o.o.  
 184. VIANOVA SLOVENIJA d.o.o.  
 185. VIATOR d.o.o.  
 186. VIJCI KRANJEC  
 187. VILJEVAC d.o.o.  
 188. VISOKO POTKROVLJE d.o.o.  
 189. VODOSKOK d.d.  
 190. VOLVERE OBRT ZA CESTOVNI PRIJEVOZ ROBE  
 191. WURTH HRVATSKA d.o.o.  
 192. ZANGRA d.o.o.  
 193. ZIDOGRADNJA d.o.o.  
 194. ZONA ARCHITETTONICA j.d.o.o.  
 195. ŽUHOVIĆ TRANSPORTI

### **3. Izgradnja stonske obilaznice – nove trase državne ceste D414 s poddionicama Sparagovići/Zaradeže – Prapratno i Prapratno – Doli**

Ugovorni izvoditelj:

**AVAX S.A. (Marousi, Grčka)**

Popis podizvoditelja:

1. ADRIA DRILLING d.o.o.  
 2. AKVAMONT d.o.o.  
 3. BASF CROATIA d.o.o.  
 4. BBR ADRIA d.o.o.  
 5. BETON LUČKO d.o.o.  
 6. BOSSIN d.o.o.  
 7. BRODOSPLIT d.d.  
 8. CALX d.o.o.  
 9. COLAS HRVATSKA d.d.  
 10. CONTECH d.o.o.  
 11. DELTA-INŽENJERING d.o.o.  
 12. DIORIT GRADNJA d.o.o.  
 13. DUBROVNIK CESTE d.d.  
 14. DVD PUTNIKOVIĆ  
 15. EDITUS d.o.o.  
 16. EKO SEVERIN d.o.o.  
 17. FERRO MO d.o.o.  
 18. FRACASSO RI d.o.o.  
 19. FRIEDL SOLUTIONS d.o.o.  
 20. GALAXY d.o.o.  
 21. GEFYRA d.o.o.  
 22. GEO LINE SYSTEMS d.o.o.  
 23. GEOMAT d.o.o.  
 24. GEOMIN d.o.o.  
 25. GRAĐA d.d.  
 26. GRBIĆ d.o.o.  
 27. HD USLUGE d.o.o.  
 28. ING ATEST d.o.o.  
 29. ING-JET d.o.o.  
 30. INSTITUT IGH d.d.  
 31. INŽENJERING GEORAD d.o.o.  
 32. IPŽ d.d.  
 33. JOŠKO I JADRAN d.o.o.  
 34. JUDIK d.o.o.



35. KAPLAN PROJEKT d.o.o.
36. KARABIT d.o.o.
37. KLAKAR d.o.o.
38. KOPILOT d.o.o.
39. KRTICA 2 d.o.o.
40. L.Z. PROJEKT d.o.o.
41. LAGER BAŠIĆ d.o.o.
42. LED ELEKTRONIKA d.o.o.
43. MAKIMA, OBRT ZA GRAĐEVINARSTVO
44. MEDIUS d.o.o.
45. MIKULA MALI, OBRT
46. MODULATOR d.o.o.
47. OBŠIVAČ d.o.o.
48. OCTOPUS RIJEKA d.o.o.
49. PERI OPLATE I SKELE d.o.o.
50. PERVAN PLAN d.o.o.
51. PLOVPUT d.o.o.
52. PRANGL d.o.o.
53. PROSUM d.o.o.
54. RADEŽ d.d.
55. RAD-TROGIR, OBRT ZA METALSKE RADOVE, TRGOVINU I IZNAJMLJIVANJE PLOVILA
56. SAMOBORKA d.d.
57. SECURITAS HRVATSKA d.o.o.
58. SIKA CROATIA d.o.o.
59. SLP d.o.o.
60. STOA, OBRT ZA INŽENJERSKI DIZAJN I USLUGE
61. STROJOPROMET d.o.o.
62. SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET
63. TERESTRIKA d.o.o.
64. TERMODINAMIKA d.o.o.
65. TRASER d.o.o.
66. V PLAN SIGURNOSTI d.o.o.
67. VARGON d.o.o.
68. VEKTOR INTEGRA d.o.o.
69. VELIS d.o.o.
70. VIKTOR ENERGY d.o.o.
71. VODA NOVA d.o.o.
72. VODOSKOK d.d.
73. VODOTIM d.o.o. SPLIT
74. ZVONO RENT d.o.o.

#### **4. NAPAJANJE I OPREMANJE**

Izvođači:

1. VICTOR ENERGY d.o.o.
2. TELUR d.o.o.
3. TEHNO – ELEKTRO d.o.o.
4. ELEKTROCENTAR PETEK d.o.o.
5. DALEKOVOD d.d.
6. INERO d.o.o.
7. TEB AUTOMATIKA d.o.o.
8. TELEGRA d.o.o.



PELJEŠKI

# Most i ljudi



PELJEŠKI

# Most i ljudi

CESTOVNA POVEZANOST  
S JUŽNOM DALMACIJOM



CESTOVNA POVEZANOST  
S JUŽNOM DALMACIJOM



Europska unija  
zajedno do fondova EU



VLADA  
REPUBLIKE HRVATSKE



Ministarstvo mora,  
prometa i infrastrukture



Ministarstvo regionalnoga razvoja  
i fondova Europske unije

