

MARINIČEV MOST V ŠKOCJANSKIH JAMAH PROJEKT IN IZGRADNJA MARINIČ BRIDGE IN ŠKOCJAN CAVES DESIGN AND CONSTRUCTION

Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad.
Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.
Inženirski biro Ponting, d. o. o., Maribor

Strokovni članek
UDK: 624.21

Povzetek | V prispevku sta predstavljena projekt in izgradnja novega Mariničevega mostu v Škocjanskih jamah. V Javnem zavodu Park Škocjanske jame so se odločili razširiti svojo ponudbo in obiskovalcem omogočiti tudi ogled vzhodnega dela jam. Male doline ter Mariničeve in Mahorčičeve jame, ki je od povodnji, ki je tukaj divjala leta 1965 in uničila velik del takratne turistične poti, zaprt za obiskovalce. Mariničev most, ki je bil prvotno zgrajen leta 1891, kot most Concordia, kasneje obnovljen kot Bertarellijev most, povezuje pot na robu Male doline z vhodom v Mariničevo jamo. Obstoječo mostno konstrukcijo iz dveh jeklenih I-profilov z leseno pohodno površino, ki je dotrajana in delno tudi močno poškodovana, je zamenjal nov jekleni transparentni, atraktivno oblikovan most. Projekt za izvedbo novega Mariničevega mostu smo izdelali v projektivnem biroju Ponting, d. o. o., iz Maribora, izvedbo objekta pa je prevzelo in uspešno izpeljalo gradbeno podjetje Kraški zidar, d. d., iz Sežane.

Summary | The paper presents the design and the construction of the new "Marinič" Bridge in the Škocjan Caves Park. Public Service Agency of Škocjan Caves Park decided to expand their service and enable visiting also the eastern part of the caves - "Mala dolina" (Small gorge), "Marinič Cave", and "Mahorčič Cave", which has been, after the flood in 1965 that destroyed much of the cave infrastructure, closed for visitors. "Marinič" Bridge, originally built as Bridge "Concordia", then rebuilt as "Bertarelli" Bridge, connects the path at the edge of "Small gorge" and the entrance to "Marinič Cave". The existing bridge of two steel I-sections and a wooden deck, warren down and partially heavily damaged, was replaced by a new, transparent, and attractive bridge made of steel.

The design was made by Ponting Ltd. Consulting Engineering Bureau from Maribor (Slovenia), and the construction has been carried out by Kraški zidar group from Sežana (Slovenia).

1 • UVOD

Javni zavod Park Škocjanske jame je v začetku leta 2008 pristopil k rekonstrukciji turistične infrastrukture v Mahorčičevi in Mariničevi jami. Ta bi razširila turistično ponudbo v parku

in omogočila tudi ogled delov jame, ki so zaprti in opuščeni od leta 1965, ko so visoke hudourniške vode reke Reke v siloviti povodnji uničile dovršen del turistične infrastrukture v

tem delu Škocjanskih jam. V okviru te rekonstrukcije je bila predvidena in izvedena tudi rekonstrukcija Mariničevega mostu (tudi most Concordia oziroma Bertarellijev most).

Investitor: **Javni zavod Park Škocjanske jame**

Projektant: **Ponting inženirski biro, d. o. o., Maribor**

Pogodbeni izvajalec: **JV Primorje, d.d., Ajdovščina in Kraški zidar, d. d., Sežana**

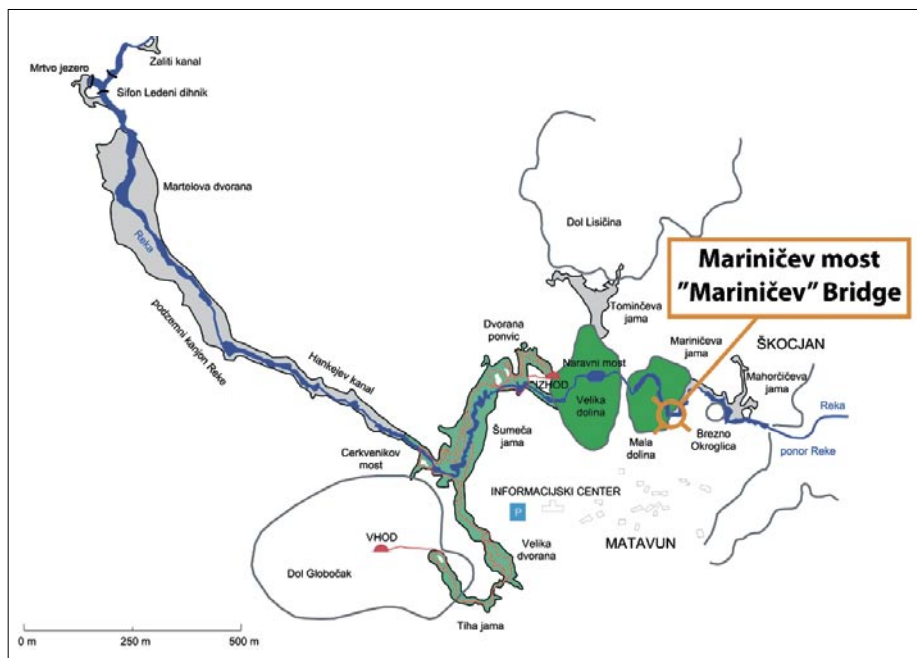
Izvajalec mostu: **Kraški zidar, d. d., Sežana**

Namen rekonstrukcije je bil zamenjati dotrajano in poškodovano obstoječo mostno konstrukcijo z novo. Investitor je želel, da bo nov most na isti lokaciji funkcionalen in bo služil osnovnemu namenu, to je varnemu prehodu turistov, hkrati pa naj bi bila rešitev takšna, da bi se rekonstruiran most primerno vklopil v občutljivo, naravno, zaščiteno in turistično atraktivno okolje.

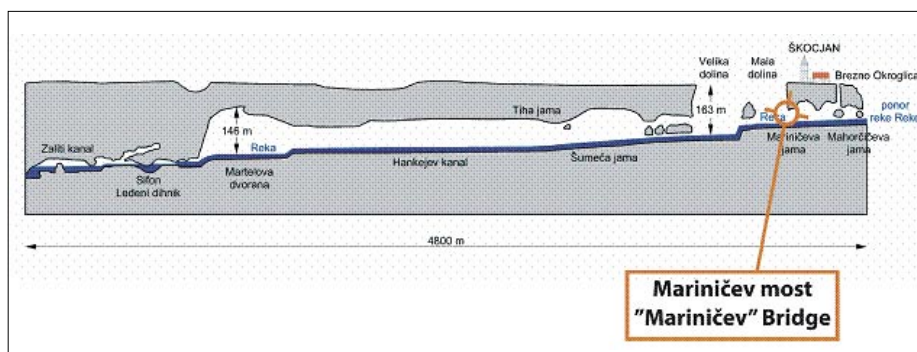
1.1 Obstoječe stanje

Obstoječi most je bil zgrajen verjetno leta 1891 (most Concordia), nato pa med obema vojnama obnovljen (Bertarellijev most). Dimenzije obstoječega objekta so znašale: dolžina 13,00 m, širina 1,35 m (svetla širina med ograjama 1,00 m). Vzdolžni nagib pohodne površine mostu je bil 10 %.

Stanje obstoječega mostu je bilo slabo; jeklena nosilna konstrukcija je bila korodirana, ograja je bila zaradi padajočega kamenja deformirana, ponekod tudi popolnoma porušena, uničena lesena pohodna površina pa je bila za potrebe rekonstrukcije poti nadomeščena z začasno enostavno krovnno konstrukcijo iz neobdelanih lesenih desk.



Slika 1 • Situacija Škocjanskih jam

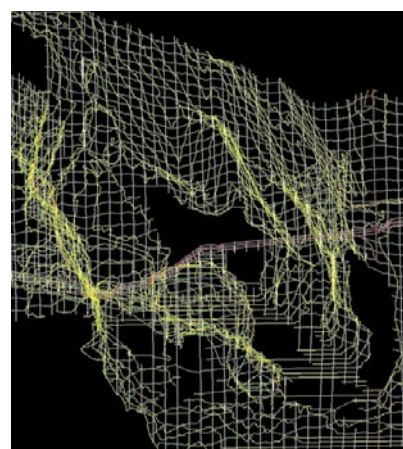
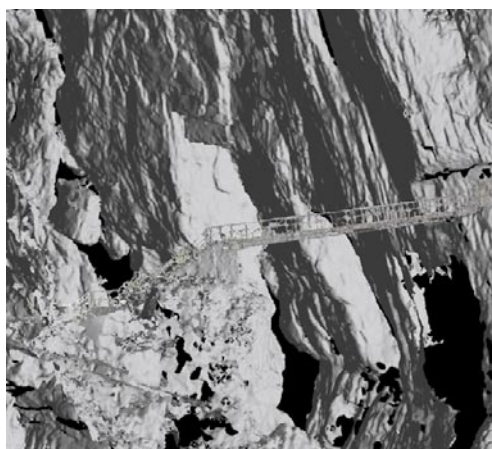
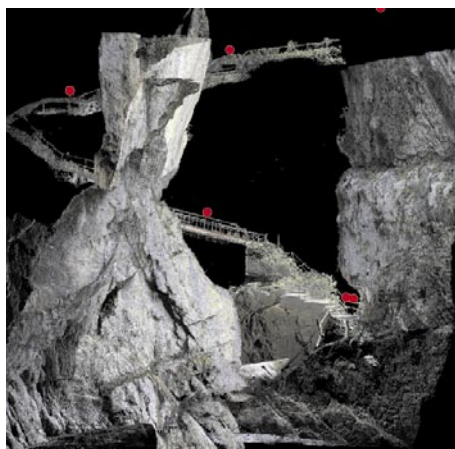


Slika 2 • Vzdolžni prerez Škocjanskih jam



Slika 3 • Obstoječe stanje – april 2008





Slika 4 • 3d-SCAN, računalniški (SOLID) model in obdelani 3d-model lokacije (Geodetski zavod Celje, d. o. o., junij 2008)

Na nižji (severni) strani se je most naslanjal na blok plastovitega apnenca, dimenzij ca. 5,00–9,00 m in višine ca. 7,00 m, ki je neugodno razpokan z neugodnim vpadom plasti. Pri spremembi obremenitev na tem bloku je obstajala realna možnost zdrsa, tako da bi ga bilo v primeru izvedbe novega opornika za most na tem bloku treba ustrezno sidrati (stabilizirati). Po natančnejšem pregledu lokacije mostu je bilo dodatno ugotovljeno, da je most na območju severnega ležišča izpostavljen tudi padajočim ledenim svečam, občasno pa tudi padajočemu kamenju, iz česar je sledil zaključek, da se obstoječe, severno ležišče opusti, most pa se z osjo premakne pod previs, proti vhodu v Mariničevo jamo.

1.2 Prostorske značilnosti

Na lokaciji mostu je značilna kraška jamska konfiguracija terena z visokimi apnenčastimi pečinami na obeh straneh vhoda v jamo, višinska razlika turistične poti na obeh straneh pa znaša ca. 5,80 m, previsna višina stene nad lokacijo mostu pa več kot 100 m. Obstoječi most, oziroma dostop na severni strani, je premagoval višinsko razliko s sistemom betonskih stopnišč in podestov, medtem ko novi most premaga višinsko razliko enakomerno vzdolž svoje celotne osi. V osi mostu je premagana višinska razlika 4,50 m, zaradi poplavne varnosti pa je na

severni strani rekonstruirana in nekoliko dvignjena (ca. 1,30 m) tudi turistična pot. Skozi Mahorčičevo in Mariničevo jamo pod mostom v smeri Male doline teče reka Reka, ki ima na lokaciji mostu izrazit mediteranski dežni režim, ozko strugo in močan tok, tako da občasno poplavlja turistične poti na severni (nižji) strani. Gladina vode se spreminja – niha, ob izrednih razmerah celo preko absolutne kote obstoječe turistične poti na severni strani ca. 317,00 m n. v.

Park Škocjanskih jam je edina naravna znamenitost v Sloveniji, ki je pod zaščito Organizacije združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo – UNESCO.

1.3 Geodetske osnove, robni pogoji, oblika in zasnova konstrukcije

Zaradi izredno zahtevnih robnih pogojev, nedostopnosti lokacije, geometrijskih karakteristik konstrukcije in konstrukcijskih posebnosti se je za potrebe razvoja osnovne ideje oblike mostu in zasnove konstrukcije mostu izdelal detajlni posnetek 3d-SCAN območja v okolici lokacije objekta. Na podlagi posnetka se je izdelal računalniški model celotne mikrolokacije mostu na vhodu v Mariničevo jamo, na podlagi računalniškega modela pa se je izdelala tudi maketa lokacije, ki je služila kot osnova za oblikovalska in arhitektonska razmišljanja.



Slika 5 • Konstrukcijska zasnova mostu (maketo izdelal Prototrip, d. o. o.)

Na podlagi obširnih in zahtevnih predhodnih raziskav in aktivnosti smo projektanti razpolagali s kakovostnimi in praktično uporabnimi podatki, na podlagi katerih smo zasnovali nov Mariničev most v smislu konstrukcijskih kot tudi oblikovnih rešitev. Oblika in rešitve specifičnih konstrukcijskih detajlov so v celoti odgovarjale na vse dane robne pogoje, hkrati pa so povsem zadovoljile, če ne celo presegle vsa naročnikova pričakovanja.

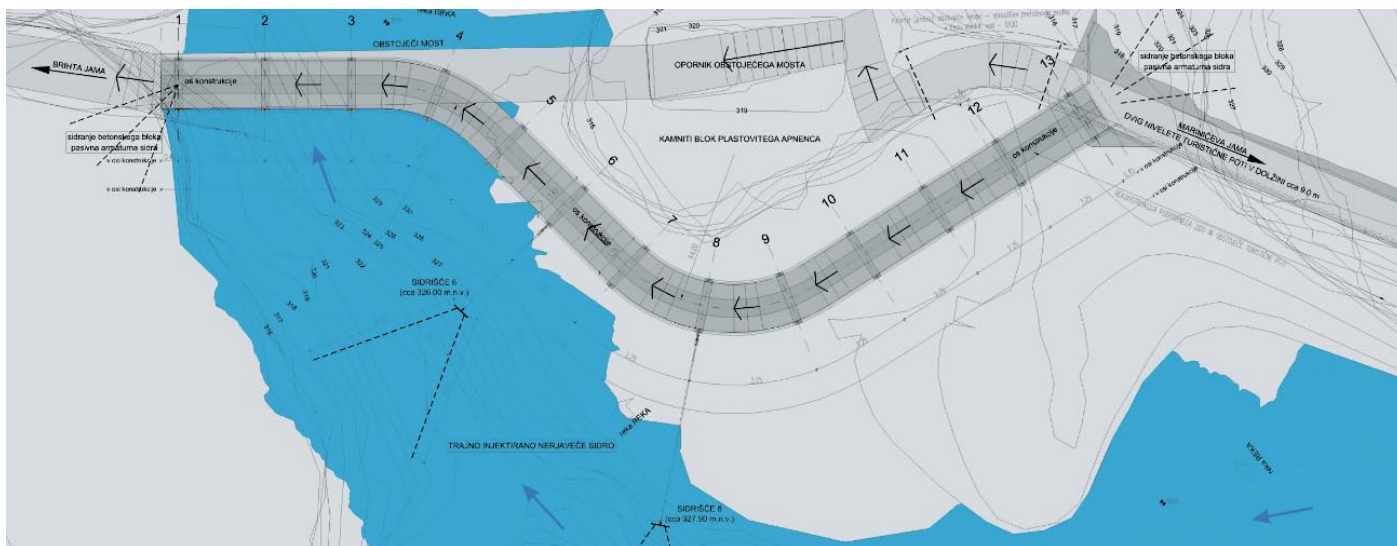
2 • ZASNOVA NOVEGA MARINIČEVEGA MOSTU

2.1 Splošni opis konstrukcije

Jeklena 28 m dolga (v osi mostu), vitka mostna konstrukcija poteka tlorisno v krivulji,

sestavljeno iz ravnih delov $R = \infty$ in konstantnih krivin $R = 4,00$ m, ki so med seboj tangentno povezani (brez lomov). Takšna geometrija

konstrukcije zagotavlja ustrezne odmike od naravnih preprek v samem razponu mostu, umakne konstrukcijo zunaj območja padanja ledenih sveč in kamenja, obenem pa za uporabnika predstavlja veliko atraktivnejše doživljanje prečkanja globeli v izrazito jamskem okolju.



Slika 6 • Tloris mostu

V vzdolžni smeri je v smislu premagovanja višinske razlike (4,50 m) konstrukcija v konstantnem vzdolžnem naklonu $i = 15,5\%$ in ima vgrajene stopnice in podeste, ki so sistemsko enakomerno porazdeljeni po celotni dolžini mostu. Svetla širina mostu med ograjama znaša 1,25 m, skupno pa je most širok 1,50 m.

Na koncih je konstrukcija vpeta v kompaktno raščeno skalo (južna stran) oziroma v betonskokamniti podstavek (severna stran).

V razponu v sredinskem delu je konstrukcija dodatno elastično podprta z dvema poševnima nateznima palicama premera 28 mm. Natezni palici sta dolžine 5,200 m oziroma 8,625 m in sta preko jeklenih sidrišč

in trajnih prednapetih geotehničnih sider vpeti v kompaktno apnenčasto skalo južne stene vhoda v Mariničevo jamo.

2.2 Prekladna konstrukcija

Glavni nosilec mostne konstrukcije je centrično postavljena okrogla jeklena cev premera 457,20 mm, z debelino stene 20,00 mm. Vzdolžno je konstrukcija razdeljena na dvanajst delov, ki so ločeni s postavitvijo prečnih nosilcev (prečnikov), katerih karakteristični razmak znaša 2,25 m.

Prečniki so izdelani iz krojenih pločevin debeline 10,00 do 25,00 mm, v prečnem prerezu pa imajo obliko spremenljivega T-prereza.

Prečniki so neposredno privarjeni na glavno nosilno cev in podpirajo sekundarno konstrukcijo stopnic in podestov. Na mestih elastičnih podpor (natezne palice) so prečniki ustrezno ojačani in oblikovani.

Sekundarna konstrukcija stopnic in podestov je sestavljena iz ojačanih vzdolžnih pločevin 400/10 mm in krovnih montažnih pohodnih rešetk. Vzdolžne pločevine so privarjene na prečnike in oblikovno sledijo geometriji mostne konstrukcije. Krovni elementi stopnic in podestov so izdelani iz krojenih pohodnih rešetk, ki so preko kotnikov 40/40/5 mm pritrjeni na vzdolžne pločevine.

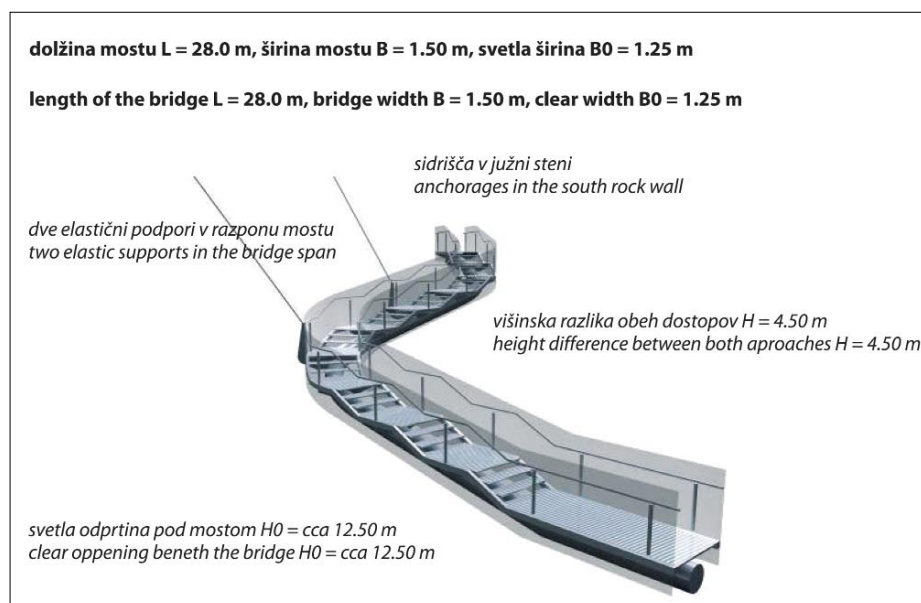
Stebrički ograje na razmiku $e = 1,125$ m so v vzdolžni smeri povezani z značilnim škocjanskim ročajem pašaman na višini 90 cm, pred padcem pa pešce ščiti uokvirjena mreža višine 1,10 do 1,38 m (skupaj 1,60 m). Ročaj ograje je vzporeden z niveleto stopnic in podestov, zaščitna mreža pa je ukrivljena v obliki nosilne konstrukcije.

Celotna mostna konstrukcija je izdelana iz treh ločenih delov, ki so med seboj s prednapetimi vijaki povezani preko prirobnic.

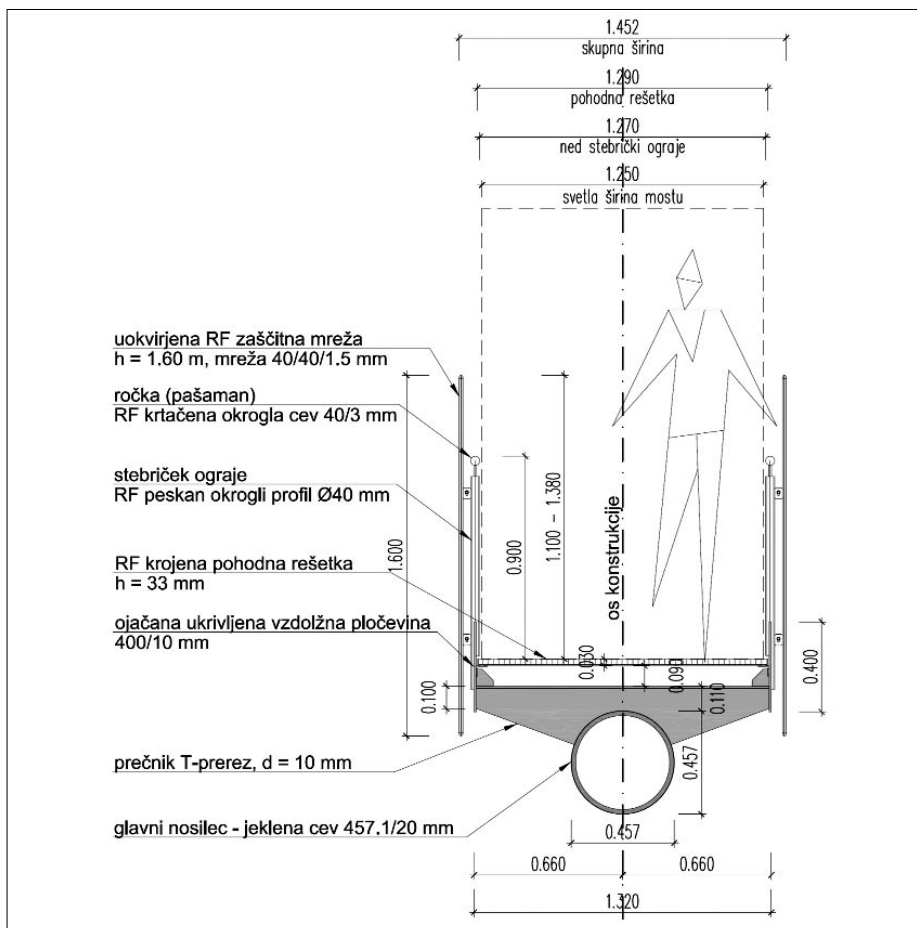
2.3 Podporna konstrukcija

Na južni strani objekta se je na mestu naleganja prejšnjega (obstoječega) mostu izdelal temeljni betonski podstavek, ki je z uvrtno armaturo trdno povezan s kompaktno raščeno skalo.

Na severni (nižji) strani je vzdolž obstoječe turistične poti do stopnišča na vhodu v jamo narejena betonskokamnita škarpa, ki nekoliko dvigne niveleto obstoječe poti. V okviru škarpe se izdela tudi temelj novega mostu. Škarpa poteka vzporedno z obstoječo turistično potjo,



Slika 7 • Računalniška simulacija novega mostu



Slika 8 • Karakteristični prečni prerez mostu

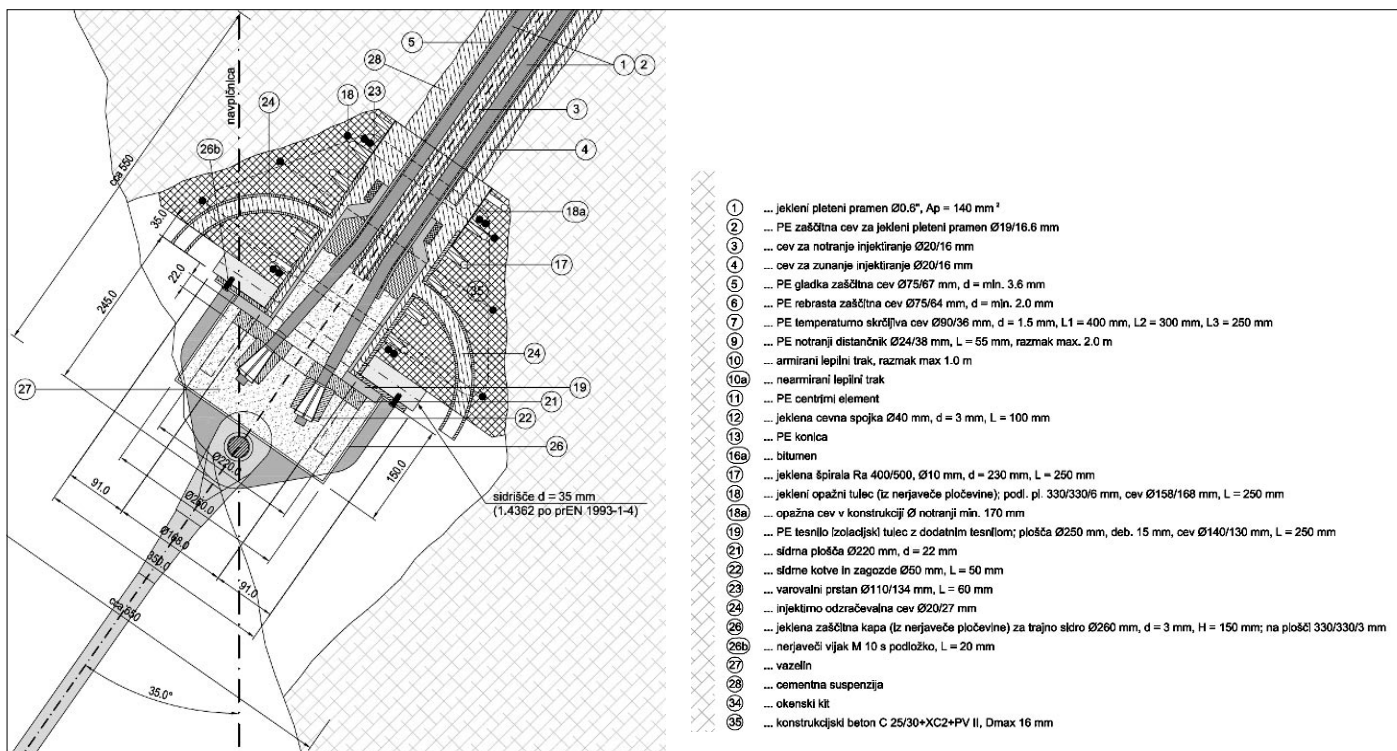
temelj pa je hidravlično oblikovan. Takšna zasnova sestopa na severni strani ne posega v hidravlični profil pretokov, hkrati pa zagotavlja nekoliko večjo višino poti v primeru izredno visokih voda.

Ob obeh krajnih ležiščih je most v polju podprt (obešen) še z dvema jeklenima zategama, ki sta preko sidrišč pritrjeni v južno steno vhoda v Mariničevo jamo. Sidrišča so v južni steni sidrana preko dveh trajnih prednapetih vrwnih 2-pramenskih geotehničnih sider CATI-ZRMK tipa RCP/D. Dolžina sider znaša 13,00 m, od tega 6,00 m vezni del in 7,00 m prosti del. Nosilnost sider, predpisana s projektom, znaša najmanj 145 kN.

2.4 Oprema in detajli

Pohodna površina na mostu, stopnice in podesti so izdelani kot krojena, uokvirjena, pohodna rešetka s protidrsknimi profili. Višina rešetke je 33 mm, širina okenca pa 11 mm. Rešetka je preko jeklenih kotnikov in vijakov pritrjena na vzdolžno pločevino. Rešetka je izdelana iz nerjavnega jekla.

Jeklena ograja z mrežastim polnilom je v osnovi zasnovana v skladu z arhitekturnim načrtom. Stebrički ograje so okrogli profili Φ 40 mm, dolžine 945 mm in so preko distančnikov Φ 12 mm na vrhu med seboj povezani z ročajem (pašaman) okrogle nerjavne cevi Φ 40/3 mm. Ročaj poteka vzporedno z nivoletu pohodne površine na višini



Slika 9 • Detajli sidrišča v južni steni



Slika 10 • Sidrišče v južni steni

90 cm. Zaključni del ograje predstavljajo uokvirjene mreže Inox iz žic premera 3 mm in odprtino 4 cm. Mreže so vzporedne z glavno jekleno konstrukcijo višine 160 cm, tako da višina varovanja znaša najmanj 110 cm.

2.5 Materiali in zaščita

Glavna konstrukcija:
S 355J2 po EN 10025 (stara oznaka St52-3N) zaščiteno s premazi skupne debeline min 250 µm v srebrni kovinski barvi.

Natezne palice:

S 460 (Macalloy) ... izvedba v nerjavni obliki.

Sidrišča:

nerjavna pločevina kakovosti 1.4301 po pr-EN 1993 1-4.

Sekundarna konstrukcija:

S 355J2 po EN 10025 (stara oznaka St52-3N), zaščitena s premazi skupne debeline najmanj 250 µm v srebrni kovinski barvi ... po enakem sistemu kot glavna nosilna konstrukcija.

Krovna konstrukcija:

nerjavno jeklo (RF, inox), kakovosti 1.4301 po pr-EN 1993 1-4.

Polnilo ograje (mreža):

nerjavno jeklo (RF, inox) kakovosti 1.4301 po pr-EN 1993 1-4

Pritrdilni material:

RF-prednapeti vijaki 10.9 kakovosti A4 in trdnostnega razreda najmanj 80 (za spoj glavne nosilne konstrukcije) nerjavno jeklo (RF, inox) kakovosti A4 (za krovno konstrukcijo).

Betonski temelji:

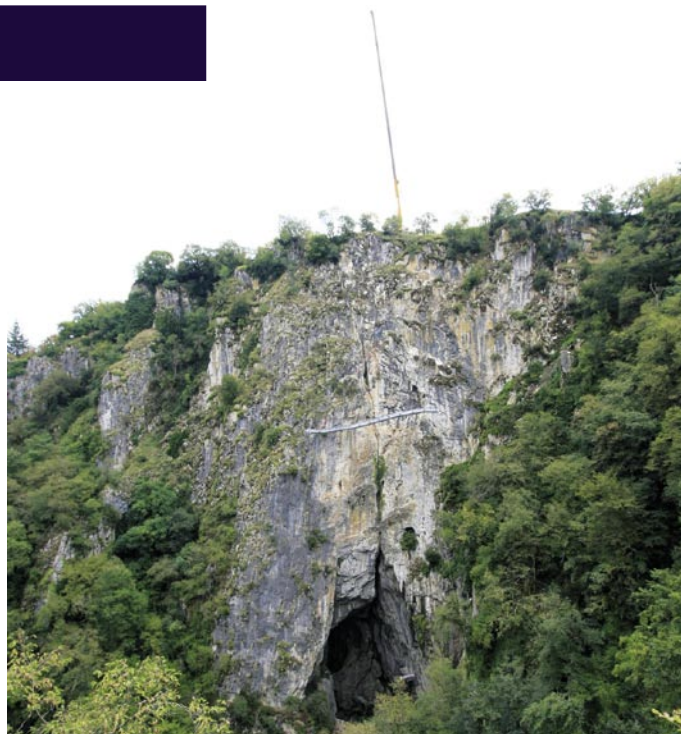
C 25/30, XD1, XF1, rebrasta armatura BSt 500 S(B).

3 • GRADNJA

Glavna jeklena konstrukcija je vključno s podkonstrukcijo izdelana v delavnici v treh geometrijsko ločenih segmentih dolžin 11,350 m, 8,355 m in 8,200 m. V delavnici je narejena tudi antikorozijska zaščita, vključno



Slika 11 • Poskusno nameščanje mostu v delavnici



Slika 12 • Spust glavne nosilne konstrukcije (H = 107 m)



Slika 13 • Nameščanje glavne nosilne konstrukcije



Slika 14 • Namestitvev jeklenih zateg, krovne konstrukcije in opreme

z zaključnim slojem. Segmenti so dostavljeni na gradbišče, delovni plato ca. 107 m nad lokacijo mostu, kjer so med seboj povezani preko prirobnic in prednapetih vijakov.

Na lokaciji mostu so najprej izdelana krajna ležišča in sidrišča v južni steni. Namestitvev jeklene konstrukcije je opravljena s pomočjo montažnih delovnih odrov in začasnih podpor na lokaciji objekta. Spust konstrukcije iz delovnega platoja nad jamo je bil opravljen s pomočjo avto dvigala, namestitvev pa je potekala brez težav in skladno s projektom montaže, ki ga je izdelal izvajalec.

Glavna jeklena konstrukcija je bila odložena na obeh krajnih ležiščih in na vmesni začasni podpori (montažnem odru) v končni legi. Po betoniranju krajnih ležišč so montirane tudi vmesne jeklene zatege, ki so aktivirane po odstranitvi vmesne začasne podpore. Na koncu sta na most nameščeni še pohodna površina in ograja.



Slika 15 • Skoraj končan nov Mariničev most v Škocjanskih jamah

4 • SKLEP

Novi Mariničev most brez dvoma predstavlja dodatno zanimivost že tako prečudovite, zanimive in atraktivne prenovljene turistične poti skozi Malo dolino, Mariničevo in Mahorčičevo jamo in je za obiskovalca eden od vrhuncev doživetja Škocjanskih jam, saj ponuja edinstvene poglede v smeri Male doline kot tudi Mariničeve jame. Atraktivna oblika mostu in njegova zasnova, visoka previsna stena nad glavo obiskovalca in šum reke v globini pod mostom bodo v marsikaterem obisko-

valcu vzbudili tudi adrenalinske občutke, zahvaljujoč premišljenim detajlom pa most zagotavlja miren in varen prehod vseh uporabnikov.

S strani projektantov in izvajalcev je rekonstrukcija Mariničevega mostu predstavljala svojevrsten izziv. Zasnova in oblika mostu sta morali odgovoriti na izredno zahtevne robne pogoje premostitve, hkrati pa se je moral most transparentno vklopiti v občutljivo naravno izrazito jamsko okolje, kar je od pro-

jektantov zahtevalo izredno potrpežljivost, nenehno izpopolnjevanje projekta in visoko strokovnost pri reševanju konstrukcijskih in arhitektonskih detajlov. Lokacija mostu, nedostopnost in zaščiteni naravni dejavniki pa so svoj davek v smislu organizacije samega gradbišča, kategoričnosti gradnje ter izredne natančnosti pri izdelavi in namestitvi mostne konstrukcije zahtevali tudi od graditeljev.

Rezultat dobrega, učinkovitega in strokovnega sodelovanja vseh udeležencev v projektu rekonstrukcije Mariničevega mostu v Škocjanskih jamah je nov jekleni obešeni most, ki je glede lokacije edinstven v Sloveniji, Evropi, morda celo na svetu.