

MOST PREKO RIJEKE KRKE KOD SKRADINA

Autocesta prema Splitu s dužinom od 376 km prelazi mnoge prirodne prepreke. Stoga i nije čudno da na njoj ima mnoštvo tunela, mostova i vijadukata, od kojih su neki najdulji u Hrvatskoj, poput vijadukta Drežnik u Karlovcu ili tunela – Sv. Rok (izgrađenog) i Mala Kapela (u gradnji). Na toj glavnoj hrvatskoj autocesti (koja se već naziva *Dalmatina*) ima i mnogo velikih mostova. Najduži su oni koji svladavaju spojeve s otvorenim morem ili kanjone jadranskih rijeka Zrmanje i Krke – Maslenički (izgrađen) i most kod Skradina (u gradnji).

Iako neki vijadukti na trasi autoceste imaju veću duljinu (uz spomenuti Drežnik to su Miljanica i Modruš 1), mostovi su znatno poznatiji i medijski zanimljiviji. Ponajprije stoga što imaju mnogo veće raspone te što duboke i strme kanjone svladavaju betonskim lukovima po čijim su rasponima i načinu gradnje hrvatski mostograditelji već otprije poznati i cijenjeni u svijetu. Tako je Maslenički most (prvi objekt u prometu na trasi autoceste od Bosiljeva do Splita) izgrađen 1997., a ima 200 m raspona te zajedno s upornjacima i krilima duljinu od 377,6 m. Most preko Krke kraj Skradina, koji se počeo



Pogled na Skradin s gradilišta mosta (desno stari most)

BRIDGE OVER THE KRKA RIVER NEAR SKRADIN

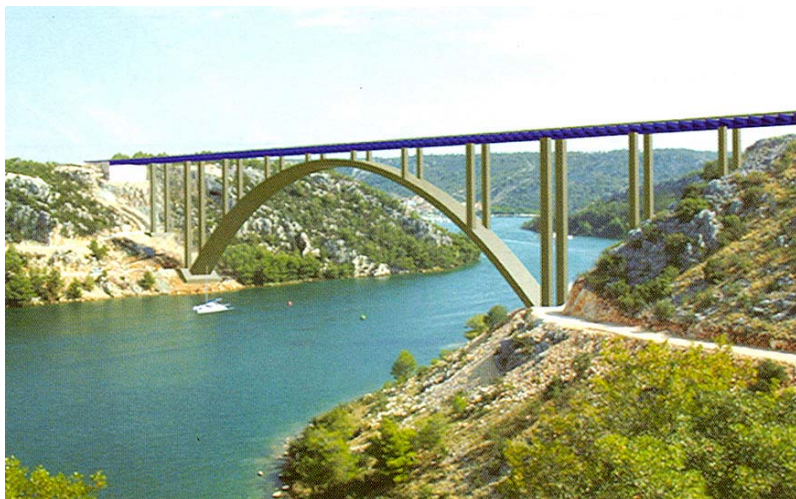
A new bridge is currently under construction on the motorway between Zagreb and Split, at the Krka river crossing situated close to the town of Skradin and the Krka National Park. The construction started in mid 2002 and the bridge is to be completed by the end of 2004. It is an arched concrete bridge measuring 204 m in span and 391.16 m in total length, while its spandrel structure is a composite steel grillage/concrete slab system. The arch is realized by free cantilevering from both sides. The arch is supported by temporary ties attached to piers which are founded together with the arch impost. Steel girders at the spandrel level are moved by incremental launching to their final positions on piers. This work is performed around the clock and the new bridge is expected to fit nicely into the beautiful Krka river scenery.

graditi početkom 2003. i treba biti dovršen do kraja 2004., prati znatno manje zanimanje javnosti, iako se radi i o nešto većem rasponu (204 m) i većoj ukupnoj duljini (391,16 m) te mostu smještenom u prelijepom ambijentu nadomak Nacionalnog parka *Krka*. Taj se most nalazi na dijelu autoceste od Pirovca do Vrpolja dugom 33,5 km (dionica Skradin – Šibenik, 9,3 km) čiji će završetak 2005. označiti i kompletan završetak autoceste između Zagreba i Splita.

Prije detaljnijeg prikaza ovoga složenog i zahtjevnog gradilišta vjerojatno nešto valja reći i o rijeci Krki, nesumnjivo najljepšoj jadranskoj rijeci, kojoj je gotovo cijeli tok zaštićen kao nacionalni park. Nacionalni

park *Krka* proglašen je 1985. (sedmi po redu u Hrvatskoj), iako se riječni tok te rijeke nalazi pod državnom zaštitom još od 1948. Prije je površina parka bila veća i iznosila je 142 km², a danas je smanjena na 109 km². No dio se rijeke pod zaštitom zapravo i nije smanjio već povećao. Naime, prije su sjeverne granice parka bile onkraj starih utvrda Trošenj i Nečven (zbog planova o gradnji HE *Manojlovac II*), dvadesetak kilometara od ušća, a južne kod Šibenskog mosta. Sada su sjeverne granice produljene do 2 km nizvodno od Knina, a južne skraćene do Skradina, čime je izuzeto Prukljsko jezero i preostali dio riječnog estuarija koji zajedno sa šibenskom lukom čini potopljeno riječno ušće. U sastav nacionalnog parka uključen je i donji tok rijeke Čikole. Značajke su rijeke Krke duboki i uski kanjoni (i do 200 m), velika jezerska proširenja riječnog korita te brojni slapovi. Upravo sedam sedrenih slapova s ukupnim padom od 242 m čine rijeku Krku prirodnim i kraškim fenomenom. Vodopadi su iskorišteni i za dobivanje električne energije pa je prva hidroelektrana uz Skradinski buk izgrađena 1898., a druga kraj Manojlovca 1906.

Krka je duga 72,5 km i po duljini je 22. rijeka u Hrvatskoj. Izvire u zapadnom podnožju Dinare (3,5 km sjevero-



Budući izgled mosta preko Krke

roistočno od Knina), a uljeva se u more kod Šibenika. Glavni su joj pritoci Butišnica, Orašnica, Kosovčica i Krčić (koji su izvorišni kraci) te Čikola s Vrbom. Duljina je slatkovodnog toka 49 km, a boćatog 23,5 km. U rijeci i oko nje bogat je biljni i životinjski svijet. Okolni je biljni pokrov zbog kraške podloge i manjka oborina nešto siromašniji, ali zato životinjski uključuje ribe, vodozemce, gmazove i ptice te rijetke sisavce poput vidre i čaglja. Pretpostavlja se da u Krki ima između 9 do 12 endema (nažalost nedovoljno istraženih), što rijeku svrstava među najzanimljivije u Europi. Od ukupno 17 ribljih vrsta najznačajnija je mekousna pastrva (*Salmothymus obtusirostris krkensis*). Pretpostavlja se da je Krka

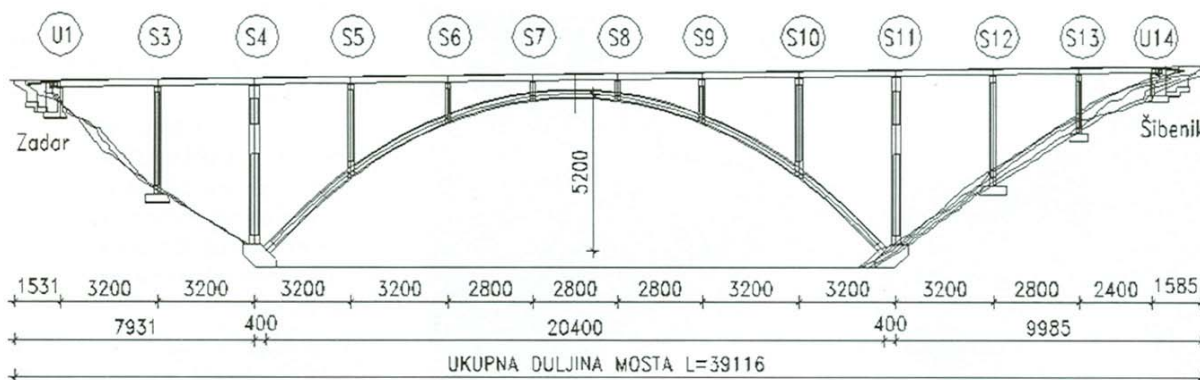
dobila ime po starom privremenom rimskom naselju Curcum podignutom blizu njezina izvora, vjerojatno radi gradnje cesta i mostova.

Most se gradi otprilike kilometar nizvodno od Skradina, gradića smještenog na desnoj obali Krke. To je vrlo staro naselje još iz ilirskih vremena koje se zvalo Scardona, a za rimske je vladavine bilo municipij i jedno od središta pokrajine Liburnije. Grad je imao starodrevnu biskupiju koja je 1828. priključena šibenskoj. Do njega za većeg dotoka vode, odnosno za manjeg dotoka do Skradinskog buka koji se nalazi 3 km uzvodno, pristiže morska voda. Skradin je središte gradskog područja površine od gotovo 187 km² sa 3823 stanovnika (sam grad ima otprilike 750 stanov-

nika), a značajno je turističko središte s velikom marinom za nautičare. Tradicionalno je odredište posjetitelja za obilazak nacionalnog parka. I u povijesti i danas bio je raskrižje plovnih i cestovnih putova pa se i danas uzvodno od Skradina nalazi most preko Krke koji je od ostataka u ratu srušenog mosta majstorski obnovio prof. dr. sc. Kruno Tonković u pedesetim godinama prošlog stoljeća.

Investitor novog mosta na autocesti Zagreb – Split su *Hrvatske autoceste* d.o.o. iz Zagreba, idejni i glavni projekt izradio je Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, izvoditelj radova je *Konstruktor-inženjering* d.d. iz Splita, čiji je projektni ured izradio i izvedbeni projekt, a nadzor obavlja Institut građevinarstva Hrvatske d.d. (IGH) iz Zagreba.

Za osnovne informacije o mostu preko Krke najprije smo potražili glavnog projektanta mr. sc. Zlatka Šavora, dipl. ing. građ., višeg predavača s Građevinskog fakulteta u Zagrebu i u posljednje vrijeme autora najvećeg broja novih ili obnovljenih naših mostova. Saznali smo da su za prijelaz preko Krke bila ponuđena dva rješenja koja su imala betonski luk sličnog oblika i jednakog raspona. Prva je varijanta predviđala uobičajeni rasponski sklop od prednapetih armiranobetonskih nosača s betoniranom pločom (poput rješenja primi-



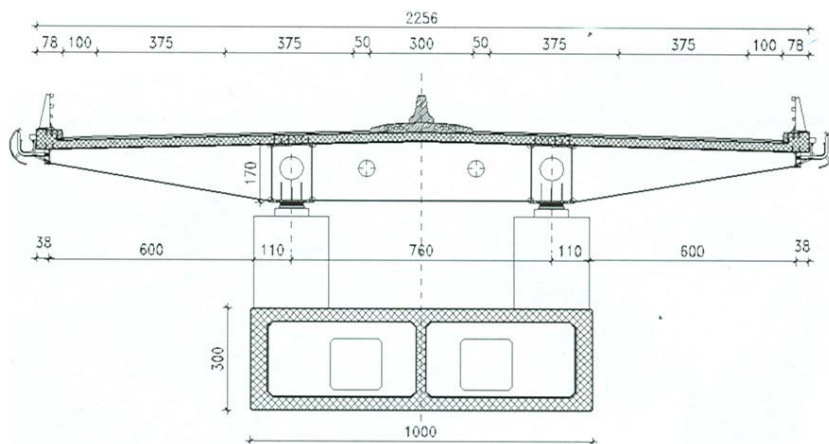
Uzdužni presjek mosta

jenjenog za Maslenički most), a druga varijanta spregnuti nadlučni rasponski sklop. Budući da su dimenzije poprečnog presjeka luka za spregnuti sklop bile znatno manje, za izvedbu je izabran sklop koji se sastoji od čeličnih nosača i betonske kolničke ploče. U odabranom rješenju, slična su primijenjena u Francuskoj 1992. na mostu La Rance (raspon 261 m) i 1994. na mostu Morteban (raspon 201 m), nosivi je sklop zadržao određenu robusnost i širina je betonskog luka povećana na optimalnih 10 m, a visina smanjena na 3 m. Stoga je cijeli most dobio i na vitkosti i ljepoti. Osim toga odnos je strjelice luka i raspona dobio i odgovarajuću ekonomičnu smjelost (0,25).

Glavna je značajka odabranog rješenja da za spregnutu nadlučnu konstrukciju u odnosu na polumontažni sustav izvedbe u betonu nije nužna naglavna greda. Izostavljanjem naglavne grede bitno su smanjene koncentrirane sile na luk. Omogućeno je povećanje raspona nadlučnog sklopa i izostavljanje dva para stupova. Zbog smanjene težine naglavnih greda, stupova i dijafragmi na mjestu stupova smanjene su dimenzije luka i njegovih temelja. Tako je dobivena ukupna masa novog mosta (zajedno s temeljima i upornjacima) od 22.910 tona, što je 35 posto manje od ukupne mase Masleničkog mosta koja iznosi 35.150 tona. Iako je most preko Krke nešto dulji, njihove su dimenzije približno jednake, a jednaka im je i širina budući da se nalaze na istoj autocesti.

No izabrano rješenje ima i određene slabosti tijekom izvođenja u međusobnom dopunjavanju dvaju različitih poslova. Naime betonski se radovi i montaža čeličnih nosača kolničke konstrukcije međusobno preklapaju. To od izvoditelja zahtijeva međusobno usklađivanje i dogovaranje.

Inače trasa autoceste prelazi kanjon Krke izvan nacionalnog parka, potom teče uz samu njegovu granicu, da bi



Poprečni presjek mosta

dva kilometra južnije ušla u park. Trasa je na mostu tlocrtno u pravcu, s niveletom koja je približno 66 m iznad razine vode i u jednolikom je padu od 1,33 posto. Širina je prepreke na morsko-riječnoj razini 190 m, a na razini nivelete 390 m. Kolnik je širok 21 m, a ukupna je širina 22,56m.

Duljina je mosta 360 m s 12 raspona nosivog sklopa kolnika (4 x 32 + 3 x 28 + 3 x 32 + 28 + 24), a zajedno s upornjacima 391,16 m. U uzdužnom je presjeku most označen s trinaest osi i to počevši od zadarske strane U1 i U14 na šibenskoj strani te stupovima S3 do S13. Odmah upada u oči da nema stupa S2. Naime pri raz-

radi glavnog projekta došlo je do izmjene u odnosu prema idejnom projektu. Zbog nepovoljne konfiguracije terena na stup S2 je izbačen, raspon povećan, a upornjak pomaknut 8 m. Poprečni presjek luka je sandučast s dvije komore, debljina je vanjskih stijenki 0,5 m, a unutarnje razdjelne 0,3 m. Uz pete luka debljine pojasnica povećavaju se na 60 cm, a na spoju s petom luka nalazi se posebna dijafragma, baš kao i na mjestima dodira stupova i luka. Nad lukom je simetrično raspoređeno 6 stupova na udaljenostima 14, 42 i 74 metra, mjereno od tjemena luka. Luk i portalni stupovi (S4 i S11) temeljeni su na



Pogled iz čamca na gradilište na početku gradnje lukova



Rubovi čeličnih nosača s dijelom kolničke ploče

zajedničkim temeljima. Beton predviđen za izradu luka je MB 60. Predviđeno je da se u luk ugradi 2988 m³ betona sa 747 t armature.

Temelji stupova i upornjaka izvedeni su na zdravoj stijeni. Temelji su upornjaka stepenasti, a ispod para stupova izvode se zajednički temelji. Luk ima masivne temelje s presjekom primjerenim veličini prevladavajućih sila što na njega djeluju. Upornjaci su potkrovasti sa stepenasto temeljenim krilima.

Stupovi su sandučasta presjeka, a njihove dimenzije variraju. Razumljivo je da su najviši i s najvećim presjekom stupovi nad petama luka. Njihove su dimenzije 3,2 x 2,5 m, a debljina stijenki 50 cm. Visina im je 52,76 m (S4) i 55,57 m (S11). Stupovi najbliži najvišim stupovima imaju dimenzije 2,2 x 2,2 m, s debljinom stijenki od 30 cm. Njihove su visine 35,83 m (S3), 27,64 (S5) 29,6 m (S10) i 36,49 m (S12). Preostali su stupovi dimenzija 1,8 x 2,2 m a stijenke debljine 30 cm, s tim što su tjemeni stupovi (S7 i S8) punog profila.

Njihove su visine 10,34 m (S6), 3,39 m (S7), 3,76 m (S8), 11,45 m (S9) i

19,66 m (S13). Beton za temelje je MB 40, a za stupove MB 50.

Predviđana je ugradnja lončastih ležajeva, s tim što će na stupovima S3, S4, S5, S10, S11 i S12 biti nepomični, na stupu S13 uzdužno pomični, a na ostalim uzdužno pomični i jedan svestrano pomični. Poseban je slučaj stup S8 gdje će se ugraditi posebni ležajevi (jedan nepomičan i jedan

poprečno pomičan), ali oni će biti uzdužno nepomični za horizontalnu silu do 1000 kN, a za veću silu oba ležaja postaju uzdužno pomična. Prijelazne se naprave ugrađuju u oba upornjaka, a u svaki se upornjak u osi glavnih nosača ugrađuju i prigušnici ("demperi"), prvenstveno za ublažavanje mogućih seizmičkih sila.

Rasponski sklop čini čelični roštilj i betonska kolnička ploča. Čelični se roštilji sastoje od dva glavna uzdužna sandučasta nosača na razmaku od 7,6 m, jakih poprečnih nosača na razmaku od 4 m i rubnih nosača vijenca. Dimenzije su glavnih nosača 0,75 x 1,7 m, a gornji pojas prati nagib kolnika od 2,5 posto prema krajevima. Poprečni su nosači visoki 1,73 m između glavnih nosača, a do rubnih im visina varira od 1,73 m uz glavni nosač do 0,4 m na rubovima. Presjek im je u obliku slova "I", a široki su 0,4 m. Konzolni dijelovi poprečnih nosača dugi su 6,52 m. Kolnička je ploča debljine 25 cm. Predviđa se ugrađivanje 1700 t čelika, 2172 m³ betona i 630 t armature u kolničku ploču.

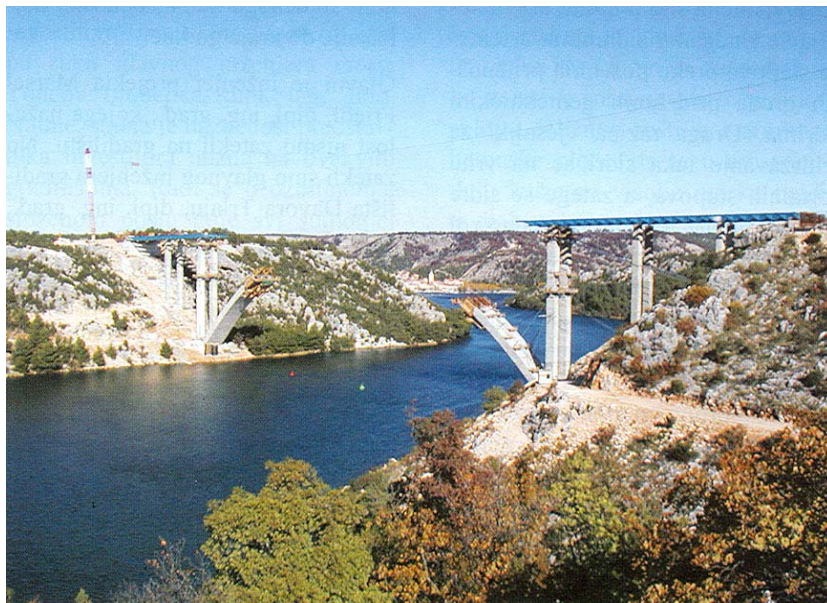
Na kolničkoj se ploči predviđa jednoslojna hidroizolacija od zavarenih



Pogled na gradilište sa skradinske strane

bitumenskih traka po cijeloj širini, a kolnik se izvodi od asfaltnog betona u dva sloja od po 4 cm. Predviđena je vanjska ograda prema tipskom rješenju koji predviđa francuska cestovna uprava, a to je ujedno i odbojna ograda koja priječi pad vozila s mosta. Visina joj je 100 cm, a širina pri dnu 50 cm. U srednjem je pojasu također predviđena betonska odbojna ograda.

Preko mosta se prevode instalacije prometne signalizacije, rasvjete i telekomunikacija, a cijevi su smještene u srednji pojas. I oborinska se odvodnja provodi preko mosta i to s dvjema cijevima promjera 40 cm smještenima između glavnih nosača. S obzirom na blizinu nacionalnog parka odvodnja je u cijelosti zatvorena, s obostranim odvodnim žljebovima smještenim uz bočne vijence. Također je zbog važnosti građevine predviđena i ugradnja opreme za *monitoring*. Predviđeno je mjerenje deformacija, lokalne temperature, korozije betone i armature te pomaka na kritičnim mjestima tijekom uporabe. Također će se na nekim dijelovima mosta (peta luka, četvrtina luka) mjeriti deformacije i za vri-



Pogled na gradilište mosta sa šibenske strane

jeme gradnja, pa će se senzori ugrađivati paralelno s izvedbom lukova.

Posjetili smo gradilište novog mosta preko rijeke Krke u vrijeme kad je na skradinskoj (zadarskoj) strani bilo izgrađeno 10 segmenata luka, a na šibenskoj 8. Luk inače ima po 22 segmenta sa svake strane, a središnji je onaj zaglavni s kojim se luk konačno zatvara. U međuvremenu smo

saznali da je ukupni broj segmenata ugrađenih u luk prešao brojku 25, a kako se stalno i danonoćno radi, taj je broj svakog dana sve veći. Završetak luka mosta očekuje se krajem travnja 2004.

Domaćin našeg boravka na gradilištu bio je glavni nadzorni inženjer prof. dr. sc. Zvonimir Marić iz IGH d.d. Zagreba, koji nam je omogućio razgledavanje gradilišta, posjet upravi gradilišta smještenoj na desnoj obali Krke i razgovor sa svim voditeljima gradilišta, a nije propustio da nam pokaže znamenitosti živopisnog Skradina u kojemu boravi gotovo cijeli radni tjedan.

Saznali smo da su pripremni radovi na gradilištu, zbog nedoumica oko izbora rasponskog sklopa, započeli u rujnu 2002. Najprije su izvedeni temelji stupova, upornjaka i pete luka. Potom su izvedeni stupovi na obalama u segmentima od po 5 m s podiznom oplatom i upornjaci. Luk se izvodi konzolnom gradnjom sa zadarske i sa šibenske strane. Privremene vješaljke za pridržavanje luka tijekom gradnje raspoređene su u tri razine. Prva razina vješaljki sidri se u portalnim stupovima na 30 m nji-



Gradilište luka i stupova na šibenskoj strani

hove visine, a sile u njima uravnotežuju se zategama sidrenima u temelje stupova preko posebnih prijenosnih greda pridržanih geotehničkim sidrima. Druga razina vješaljki za pridržavanje luka sidri se na vrhu portalnih stupova, a zatege se sidre na privremene temelje na zadarskoj strani odnosno na temelj stupa S13 na šibenskoj. Prva i druga razina vješaljki pridržavaju luk zaključno s izvedenim dvanaestim segmentom. Portalni su stupovi međusobno povezani razupornim gredama i prednapetim "dywidag" šipkama na mjestima sidrenja prve i druge razine.

Istodobno s izvedbom prvih dvanaest segmenata na svakoj strani montira se rasponski sklop na obalama. Čeličnu konstrukciju izrađuje *Đuro Đaković-Montaža* d.o.o. iz Slavenskog Broda, a elementi rasponskog sklopa izrađuju se u radionici i dovoze na gradilište gdje se spajaju zavarivanjem. Nakon toga se naguravaju od upornjaka do portalnih stupova. Potom se ugrađuje spregnuti rasponski sklop polumontažnom izvedbom armiranobetonske kolničke ploče.

Nakon postavljanja ploča do portalnih stupova i betoniranja spojnih reški započinje se s montažom privremenih čeličnih pilona na portalnim stupovima, koji služe za sidrenje treće razine vješaljki. One se sidre u poprečne grede na vrhu čeličnih pilona (visokih 26,25 m), a piloni su također pridržani zategama koje se sidre u temelje upornjaka. Za pridržavanje pilona i rasponskog sklopa u upornjake se privremeno ugrađuju čelične grede na mjesta gdje će se poslije ugrađivati prigušnici.

Kad se luk izgradi u cijelosti uklanjaju se privremene vješaljke, zatege i piloni te se nastavlja s izvedbom stupova na luku. Potom se sa zadarske strane nagurava rasponska konstrukcija i izvodi armiranobetonska kolnička ploča. Nakon toga se izvode svi predviđeni završni radovi, a očekuje se da će sve biti završeno sredi-

nom studenoga 2004., odnosno najkasnije do kraja godine.

Glavni je inženjer projekta Marsel Friedl, dipl. ing. građ., kojega nažalost nismo zatekli na gradilištu. No zatekli smo glavnog inženjera gradilišta Davora Trlaju, dipl. ing. građ., kojega smo već upoznali na gradilištu mosta preko Rijeke dubrovačke. Od njega smo saznali da na gradilištu ima stalno 150 radnika i da se radi neprestano svih 30 dana u mjesecu. Tehnologija građenja zahtijeva

dača. Za gradnju luka rabe se dvije pomične skele koje zovu krletke. Krletka je čelični prostorni sklop koji služi kao nosač oplata i radnih podnica. Težina joj je 60 t, a premješta se s pomoću hidrauličnih uređaja.

Ipak problema ima jer se radovi prekidaju čim bura dostigne brzinu od 50 km na sat. No ovdje je bura ipak slabija nego na nekim drugim prostorima u primorju. Ali zato je jugo znatno češće, a tada se zbog kiša i



Jedan od posljednjih snimaka s gradilišta

da se radovi izvode u kontinuitetu pa se betoniranje dijelova luka u segmentima od po pet metara izvodi noću, pod reflektorima.

Radnici su smješteni na gradilištu gdje im je osigurana i prehrana.

Velika im je pomoć žična dizalica ("kabel-kran") nosivosti 6 t. Raspon joj je 510 m, bočni dohvat po 14,5 m, a jarboli su visoki 56 m. Rabe je za sve radove na mostu i dostavljaju dijelove oplata, armaturu i beton, a prevoze i radnike do mjesta gdje se radi.

Sklapanje žične dizalice obavili su djelatnici *Konstruktor* uz savjetodavnu pomoć talijanskoga proizvo-

moćnih grmljavina također prekidaju radovi. Radovi se izvode visoko iznad rijeke na segmentima koji su pridržani zategama i izravno su izloženi utjecajima nevremena. Stoga treba isključiti svaku moguću nesreću.

Most će zbog zadivljujućeg i privlačnog okoliša nesumnjivo privlačiti pozornost posjetitelja nacionalnog parka, posebno brojnih nautičara. To je bio slučaj i tijekom prošlog ljeta kada su morali plutačama ograničavati plovidbu sredinom kanjona da se posjetiteljima, koji za gradilište mosta pokazuju izuzetno zanimanje, ne bi što dogodilo.

Da će novi most dodatno obogatiti ionako dojmljiv okolni krajolik uvjerili smo se i sami dok smo gradilište razgledavali i fotografirali sa svih strana. Ujedno smo zaključili da će plovidba ispod visokog mosta biti zaista prava atrakcija za nautičare, a skradinska marina ima najveći broj uplovljavanja na Jadranu. Na gradilištu smo bili sredinom studenoga i nije bilo ni jednog trenutka da riječnim koritom nije plovila neka izletnička jahta. Primijetili smo da s jednakim marom snimaju krajolik i lukove mosta koji su se tek nazirali.

Tijekom obilaska jedne i druge strane gradilišta sreli smo i Veljka Niže-

tića, dipl. ing. građ., predstavnika investitora *Hrvatskih autocesta*, desnu ruku glavnog inženjera mosta Tončija Ljubetića, dipl. ing. građ. Naime, stalna je nazočnost predstavnika investitora nužna na ovakvim gradilištima. Radi se o ozbiljnom i složenom poslu gdje svi sudionici dobro znaju svoj udio. Inače ing. Nižetiću je to prvi pravi terenski posao jer je donedavno radio i *IGH*-u u Splitu i nije bio na gradilištima.

U kraćem druženju s predstavnicima uprave gradilišta, nadzora i investitora ustanovili smo da su svi oni smješteni privatno po kućama u Skradinu. Uglavnom su to mlađi inženjeri koji su vrlo ponosni na posao

koji obavljaju. Insistirali su da svakako istaknemo kako grade most s najvećim rasponom na autocesti, kako se radi o spregnutom rasponskom sklopu čeličnog roštilja i armirano-betonske ploče, da se u most ugrađuju izuzetno visoke marke betona te da je osiguran *monitoring* tijekom izvedbe i uporabe, posebno stanja konstrukcije i korozije. Ujedno smo saznali da će se uz most urediti poseban vidikovac, sličan onome koji postoji na Masleničkom mostu.

Pripremio: Branko Nadilo

Fotografije i crteži:
Branko Nadilo te arhiv projektanta i
izvoditelja