

# Novi nadvožnjaci na hrvatskim autocestama

Jure Radić, Zlatko Šavor, Gordana Hrelja, Marin Franetović, Mladen Srbić

## Ključne riječi

nadvožnjak,  
hrvatske autoceste,  
studija,  
novi tip nadvožnjaka,  
funkcionalnost,  
sigurnost,  
estetsko oblikovanje

## Key words

overpass,  
Croatian motorways,  
study,  
new overpass types,  
functionality,  
safety,  
aesthetic shaping

## Mots clés

passage supérieur,  
autoroutes croates,  
étude,  
nouveaux types des  
passages supérieurs,  
fonctionnalité,  
sécurité,  
modélisation esthétique

## Ключевые слова

путепровод, хорватские  
автодороги,  
исследование, новый  
тип путепровода,  
функциональность,  
безопасность,  
эстетическая  
формировка

## Schlüsselworte

Überführung,  
kroatische Autobahnen,  
Studie,  
neuer Überführungstyp,  
Funktionalität,  
Sicherheit,  
ästhetische Gestaltung

J. Radić, Z. Šavor, G. Hrelja, M. Franetović, M. Srbić

Prethodno priopćenje

## Novi nadvožnjaci na hrvatskim autocestama

U članku se prikazuju rezultati studije izrađene na Građevinskom fakultetu u Zagrebu koju su naručile Hrvatske autoceste. Cilj je studije bio razviti nove tipove nadvožnjaka na autocestama koji će biti funkcionalni, sigurni za korisnike autoceste i estetski dobro oblikovani. Rezultati studije su tri nova, originalna tipa nadvožnjaka uz razradu mnogo detalja i varijantnih rješenja za primjenu koji će oplemeniti nove autoceste i unaprijediti jedan segment našeg građevinarstva.

J. Radić, Z. Šavor, G. Hrelja, M. Franetović, M. Srbić

Preliminary note

## New overpasses on Croatian motorways

Results of the study commissioned by Hrvatske autoceste and prepared at the Faculty of Civil Engineering, Zagreb, are presented. The objective of the study was to develop new types of motorway overpasses that will be functional, safe for motorway users, and aesthetically pleasing. The study resulted in the definition of three new and original overpass types, with many details and practical alternatives that are sure to give new dignity to future motorways, and hence improve this segment of our civil engineering practice.

J. Radić, Z. Šavor, G. Hrelja, M. Franetović, M. Srbić

Note préliminaire

## Nouveaux passages supérieurs sur les autoroutes croates

Les résultats de l'étude commandée par Hrvatske autoceste et préparée par la Faculté de génie civil, Zagreb, sont présentés. L'objectif de l'étude a été de développer quelques types nouveaux des passages supérieurs autoroutiers qui serait fonctionnels, plus sûrs pour les usagers des autoroutes, et plus agréables de point de vue d'esthétique. L'étude a résulté dans la définition de trois nouveaux types des passages supérieurs, avec beaucoup de détails et alternatives pratiques, ce qui donnera une nouvelle dignité aux autoroutes futures, et assurera un progrès considérable dans ce segment pratique de génie civil.

И. Радич, З. Шавор, Г. Хрелја, М. Франетович, М. Србић

Предварительное сообщение

## Новые путепроводы на автодорогах Хорватии

В статье показаны результаты исследования, проведенного на Строительном факультете в Загребе, по заказу Хорватских автодорог. Целью исследования было развитие новых типов путепроводов на автодорогах, которые бы были функциональными, безопасными для пользователей автодорог и эстетически хорошо продуманными. Результатом исследования стали три новых оригинальных типа путепроводов с разработкой множества деталей и вариантных решений, которые призваны облагородить новые автодороги и развить одно из направлений строительства в нашей стране.

J. Radić, Z. Šavor, G. Hrelja, M. Franetović, M. Srbić

Vorherige Mitteilung

## Neue Überführungen an kroatischen Autobahnen

Im Artikel sind die Ergebnisse einer Studie dargestellt die die Fakultät für Bauwesen in Zagreb auf Bestellung von "Hrvatske autoceste" ("Kroatische Autobahnen") erarbeitete. Das Ziel der Studie war die Entwicklung neuer Typen von Überführungen an Autobahnen, die funktional, sicher für die Nutzer und ästhetisch gut gestaltet sein. Die Ergebnisse der Studie sind drei neue originelle Typen von Überführungen mit vielen Details und Variantenlösungen für die Anwendung, die neuen Autobahnen veredeln und ein Segment des kroatischen Bauwesens fördern wird.

Autori: Prof. dr. sc. **Jure Radić**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Zlatko Šavor**, dipl. ing. građ.; **Gordana Hrelja**, dipl. ing. građ.; **Marin Franetović**, dipl. ing. građ.; **Mladen Srbić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

## 1 Uvod

Zbog velikog zamaha gradnje autocesta u Hrvatskoj, u posljednjih je desetak godina bilo potrebno projektirati i izgraditi velik broj mostova u kratkom vremenu. Investitori, projektanti i izvođači usredotočeni su uglavnom na velike mostove, a manjim se mostovima ne posvećuje dovoljna pozornost. Najčešći su mostovi na autocestama nadvožnjaci, a oni su i najizloženiji pogledu i sudu korisnika autoceste, pa je njihovu oblikovanju potrebno posvetiti posebnu pozornost, uz ispunjenje zahtjeva prometne sigurnosti i slobodnih profila. Nadvožnjaci moraju biti funkcionalne, sigurne, trajne i ekonomične konstrukcije koje su harmonično uklopljene u svoje prirodno okruženje [1].

U Hrvatskoj je uobičajena izvedba montažnih ili polumontažnih nadvožnjaka koji svojim karakteristikama prilično ograničavaju izbor investitoru, a projektantima ne daju nikakvu slobodu u oblikovanju. Na slici 1. prikazano je najčešće rješenje nadvožnjaka na autocesti u usjeku. Jedna je od osnovnih preporuka pri oblikovanju nadvožnjaka u usjeku izbjegavanje stupa u srednjem pojasu [2]. Ako je ukupna širina autoceste 30-ak metara,



Slika 1. Uobičajeni nadvožnjak na hrvatskim autocestama u usjeku

tada je za njezino premoštenje bez stupa u srednjem pojasu potreban raspon od približno 40 m. Pri tome upornjaci ne bi trebali biti preblizu kolniku autoceste da nadvožnjak ne bi imao učinak prepreke na korisnike autoceste [3]. Međutim, rješenja u predgotovljenom prednapetom betonu često su upitne estetske vrijednosti i problematična što se tiče pojedinosti izvedbe, održavanja i trajnosti, uz rijetke iznimke [4].

U studiji su razrađena tri različita tipa nadvožnjaka: spregnuti nadvožnjak, integralni nadvožnjak i nadvožnjak od betona velike čvrstoće. Nakon promišljanja u svezi s izborom materijala i pregleda sličnih nadvožnjaka projektiranih i izgrađenih u svijetu, za svaki je tip nadvožnjaka razrađeno više inačica (najmanje 3) i na-

kon analize odabrana je po jedna inačica za obradu na razini glavnog projekta. Na kraju su izrađeni glavni i izvedbeni projekti za konkretne nadvožnjake koje je odabrao investitor -Hrvatske autoceste.

Odabir oblika i materijala za nadvožnjake uvelike ovisi o geometrijskom obliku autoceste i niveleti nadvožnjaka. U slučaju velike visinske razlike između nivelete prometnice na nadvožnjaku i autoceste koju nadvožnjak premošćuje, moguće je ostvariti različite nosive sustave (luk, razupora, okvir, greda), a odabir materijala za izvedbu rasponskoga sklopa je slobodan (beton, čelik ili kombinacija). Za slučaj ograničene građevinske visine nadvožnjaka, gredni sustavi ili okvirni sustavi s jednim rasponom prihvatljiva su rješenja. U takvim situacijama primjena spregnute rasponske konstrukcije ili nadvožnjaka od betona velike čvrstoće postaje ekonomski konkurentna, a uz to se popravljiva vizualni dojam na korisnika autoceste.

Parametri koji su uzeti u obzir pri procjeni i usporedbi varijantnih rješenja bili su: razlika u utrošku materijala, metode izvedbe, vizualni dojam i sigurnosni aspekti. Za svako varijantno rješenje proveden je statički proračun i

određene su potrebne količine materijala, te su napravljene računalne vizualizacije na osnovi kojih je procijenjen vizualni dojam na korisnike autoceste.

## 2 Spregnuti nadvožnjak

Spregnuti mostovi obično se primjenjuju za veće rasponne (50 metara i veće), ali mogu biti konkurentni i kod manjih raspona. Spregnuti nadvožnjaci otvaraju niz mogućnosti za projektiranje ekonomičnih i trajnih građevina [5], koje mogu biti izgrađene u vrlo kratkom roku primjenom čeličnih nosača izrađenih u radionici [6]. Zbog povoljnije cijene, brzine izvedbe, tipiziranih rješenja, ali i osposobljenosti izvođača, u Hrvatskoj su uglavnom građeni nadvožnjaci od predgotovljenih prednapetih betonskih elemenata.

### 2.1 Situacija nadvožnjaka

Inačice spregnutog nadvožnjaka razrađene su na primjeru nadvožnjaka Mucići koji se nalazi na autocesti Zagreb – Split – Dubrovnik, na dionici Šestanovac – Zagvozd. Autocesta je na mjestu nadvožnjaka u usjeku, a nadvožnjak je s jedne strane na nasipu i s druge strane u usjeku. Visinska je razlika između nivelete autoceste i nadvožnjaka u osi autoceste 6,80 m, što s obzirom na zahtijevani slobodni profil od 4,5 m ostavlja dovoljno prostora za konstruiranje različitih oblika spregnutog nadvožnjaka. Prijelaz je s kutom križanja između osi autoceste i prijelaza od  $62,055^\circ$ . Niveleta na nadvožnjaku je u konstantnom padu od 1,626 %. Širina kolnika na nadvožnjaku iznosi  $2 \times 3,55 = 7,10$  m, a sa svake strane nalazi se pješaka staza širine 0,95 m.

### 2.2 Inačice nadvožnjaka

Razmatrane su tri osnovne inačice za dispoziciju nadvožnjaka: slobodno oslonjena greda, integralni okvir i kontinuirani rasponski sklop preko dva raspona sa stupom u srednjem pojasu autoceste (slika 2.).

Inačica 1 je slobodno poduprta greda raspona 40 m, s upornjacima koji nisu blizu kolnika autoceste i odgovarajućim oblikovanjem (slika 2.a). Razmatrana su tri raz-

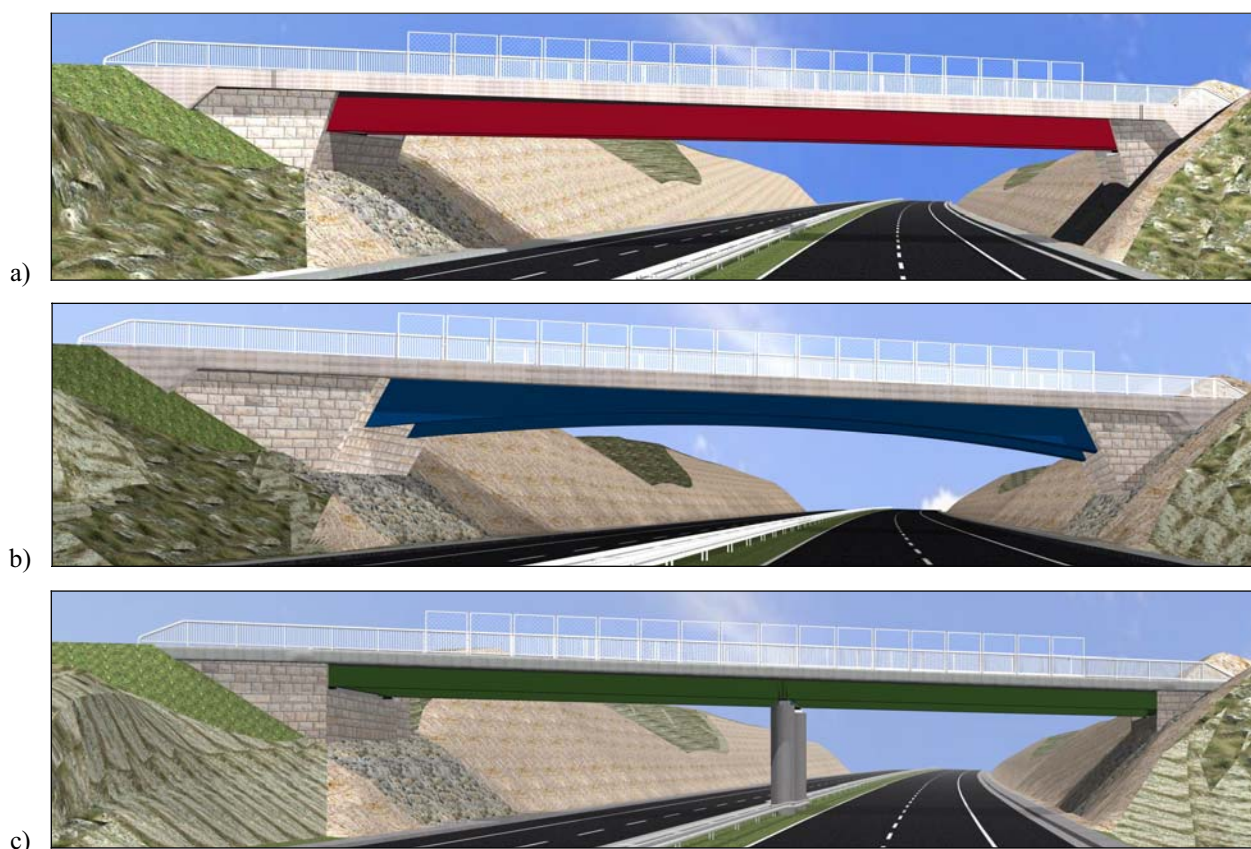
ličita poprečna presjeka: 1A, 1B i 1C. Poprečni presjek inačice 1A sastoji se od dva koritasta čelična nosača visine 1,45 m, s betonskom kolničkom pločom debljine 25 cm. Poprečni presjeci inačica 1B i 1C sastoje se od dva sandučasta nosača visine 1,4 m različitog oblika, s betonskom kolničkom pločom ukupne debljine 30 cm, koju čine omnia ploča debljine 10 cm i dio izveden *in situ* debljine 20 cm. Predgotovljene omnia ploče služe kao izglubljena oplata.

Inačica 2 je integralni okvir sa spregnutim rasponskim sklopom i betonskim upornjacima raspona 37,5 m (slika 2.b). Poprečni presjek sastoji se od dva sandučasta čelična nosača promjenjive visine i betonske kolničke ploče konstantne debljine 30 cm (10 cm predgotovljena omnia ploča i 20 cm *in situ* betonirana ploča).

Inačica 3 je spregnuti roštilj preko dva raspona ( $2 \times 22$  m) sa stupom u srednjem pojasu autoceste (slika 2.c). Poprečni se presjek sastoji od dva čelična "I" nosača nepromjenjive visine od 1,10 m i betonske kolničke ploče konstantne debljine 25 cm.

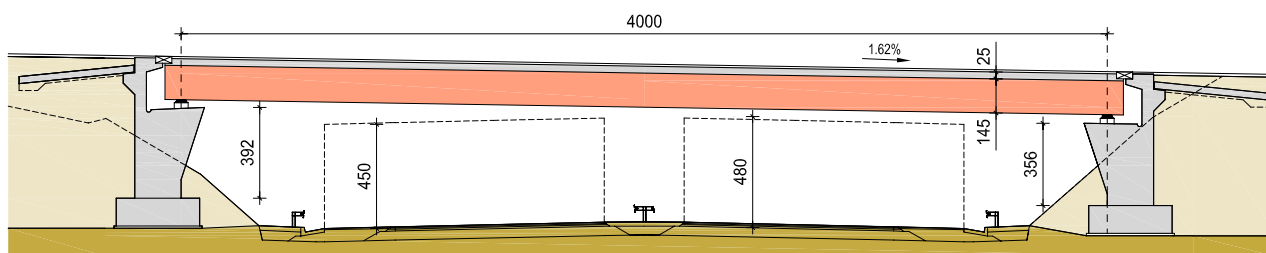
Kod svih inačica upotrijebljeni su sljedeći materijali: konstrukcijski čelik S 355, beton razreda C35/45 i čelik za armiranje B500B

Inačica 3 eliminirana je odmah na početku zbog stupa u srednjem pojasu. Između inačica 1 i 2 odabrana je inači-



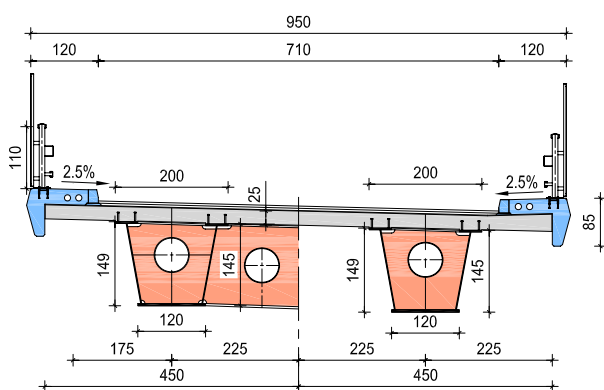
Slika 2. Spregnuti nadvožnjak: a) inačica 1, b) inačica 2 i c) inačica 3





Slika 3. Spregnuti nadvožnjak–uzdužni presjek odabrane inačice

ca 1 (jednostavnija, kosi prijelaz) s poprečnim presjekom 1A (slike 3. i 4.). Za odabranu inačicu načinjeni su glavni i izvedbeni projekti.

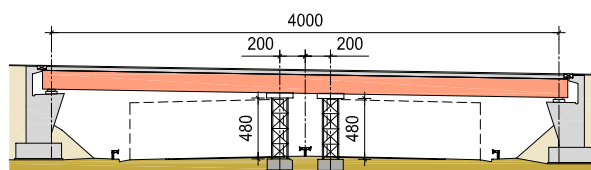


Slika 4. Spregnuti nadvožnjak–poprečni presjek odabrane inačice

### 2.3 Izvedba nadvožnjaka

Izvedba nadvožnjaka započela je izvedbom upornjaka U1 i U2. Čelični dio rasponskog sklopa ugrađen je montažom radionički pripremljenih dijelova, autodizalicom, pri čemu su čelični glavni nosači montirani na pomoćne oslonce (slika 5.). Predgotovljene kolničke ploče izvedene su u punoj širini u poprečnom smjeru, a u uzdužnom smjeru u duljini od 1,6 m s otvorima za moždanike (slika 6.). Prvo su postavljene predgotovljene ploče, zatim su betonirane reške i dio ploče kod oba upornjaka (slika 6.), a na kraju su uklonjeni privremeni oslonci.

Nakon toga slijedilo je postavljenje hidroizolacije, izvedba pješačkih staza i zastora. Nadvožnjak Mucići završen je i pušten u promet u prosincu 2008. godine (slika 14.).

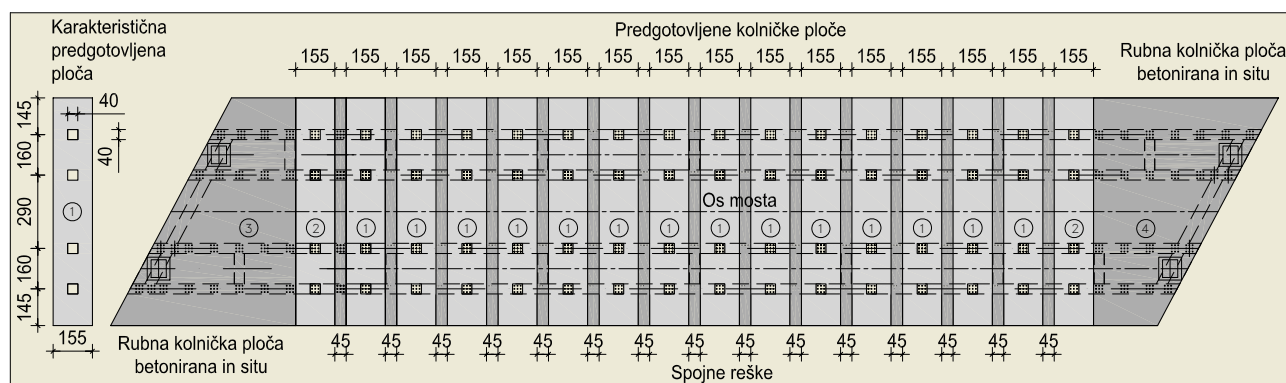


Slika 5. Izvedba spregnutog nadvožnjaka s privremenim osloncima

Utrošak materijala za izvedbu donjeg ustroja bio je 340,4 m<sup>3</sup> betona i 51,0 t armature (150,0 kg/m<sup>3</sup>). Za izvedbu rasponskog sklopa bilo je potrebno 65 t čelika (221,1 kg/m<sup>2</sup> mosta), 90 m<sup>3</sup> betona (0,31 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> mosta) i 36 t armature (122,5 kg/m<sup>2</sup> mosta).

### 3 Integralni nadvožnjak

Integralni mostovi nisu novost u svijetu [7], [8], ali u Hrvatskoj su prvi takvi nadvožnjaci izvedeni tek nedavno. Prijelazne naprave i ležaji uvijek uzrokuju trajnosne probleme. Prijelazne naprave u rasponskom sklopu zahtijevaju održavanje, koje je veoma skupo, a uz to često narušavaju udobnost prelaska preko mosta. Radi izbjegavanja navedenih problema teži se smanjenju broja prijelaznih naprava, što je više moguće, posebice kod srednjih i manjih mostova kao što su nadvožnjaci. Uobičajeni je tip integralnog mosta kruti okvir u najrazličitijim oblicima.



Slika 6. Tlocrtni raspored predgotovljenih kolničkih ploča spregnutog nadvožnjaka

Okvirnim djelovanjem znatno se smanjuju pozitivni momenti savijanja u polju i momenti prevrtanja koji djeluju na temelje. Vizualni je dojam ovakvih mostova ugodan i jasan, a troškovi njihova održavanja su mali [9].

### 3.1 Situacija nadvožnjaka

Inačice integralnog nadvožnjaka razrađene su za konkretni nadvožnjak Osijek, koji se nalazi u čvoru Osijek na autocesti A5 Beli Manastir – Osijek – Svilaj, na dionici Osijek-Đakovo. Autocesta je na mjestu nadvožnjaka na nasipu, a visinska razlika nivelete autoceste i nadvožnjaka u osi autoceste iznosi 6,511 m. Prijelaz je s kutom križanja osi autoceste i prijelaza od  $82,79^\circ$ . Niveleta na nadvožnjaku je u konveksnoj krivini polumjera 3500 m. Širina kolnika na nadvožnjaku iznosi  $2 \times 4,00 = 8,00$  m. S obje strane smještene su servisne staze širine 0,50 m i zaštitne odbojne ograde. Ukupna je širina nadvožnjaka 11,70 m.

### 3.2 Inačice nadvožnjaka

Razmatrane su tri osnovne inačice za dispoziciju nadvožnjaka: kontinuirani prednapeti okvir preko četiri i preko tri raspona i razupora (slika 7.).

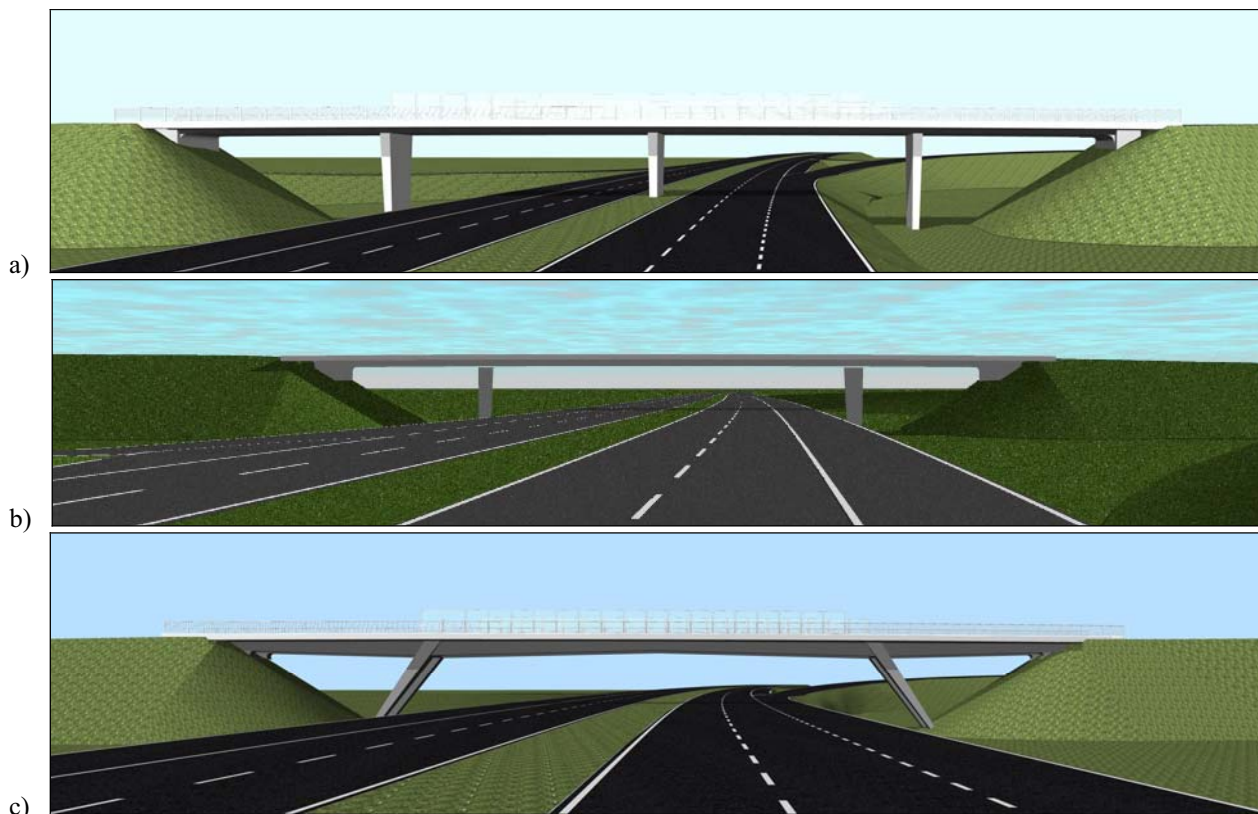
Inačica 1 je kontinuirani prednapeti okvir preko četiriju raspona (17,6 + 22,0 + 22,0 + 17,6 m) (slika 7.a). Ukup-

na je duljina nadvožnjaka 87,80 m. Poprečni presjek rasponskog sklopa je betonska ploča konstantne debljine 0,70 m, prednapeta u uzdužnom smjeru.

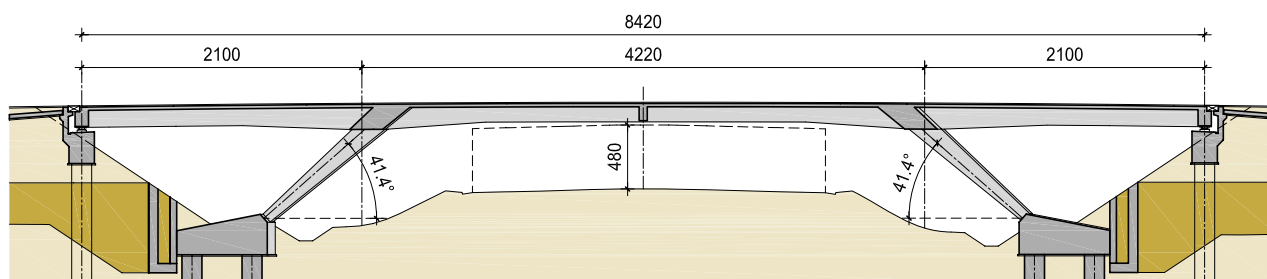
Inačica 2 je kontinuirani prednapeti okvir preko triju raspona (22,6 + 34,0 + 22,6 m) (slika 7.b). Ukupna duljina nadvožnjaka je 79,2 m. Rasponski sklop je rebrastoga poprečnog presjeka sa dva nosača na osnom razmaku od 5,50 m. Visina nosača s kolničkom pločom iznosi 1,6 m na upornjacima i u sredini srednjeg polja i 2,0 m nad stupovima. Kolnička je ploča debljine 25 – 35 cm. Poprečni nosači smješteni su nad upornjacima, nad stupovima i u sredini srednjeg raspona.

Inačica 3 je razupora s rasponima od 21,0 + 42,0 + 21,0 m (slika 7.c). Ukupna duljina nadvožnjaka je 93,66 m. Rasponski je sklop rebrastoga poprečnog presjeka sa dva nosača na osnom razmaku od 5,50 m. Visina nosača s kolničkom pločom iznosi 1,5 m nad upornjacima i u krajnjim poljima, 2,0 m nad srednjim stupovima i 1,35 m u sredini srednjeg polja. Kolnička je ploča debljine 25–35 cm. Poprečni nosači predviđeni su nad upornjacima, nad stupovima i u sredini srednjeg raspona.

Za sve tri inačice uporabljeni su sljedeći materijali: beton razreda C35/45, čelik za armiranje B 500B i čelik za prednapinjanje Y1770S7.

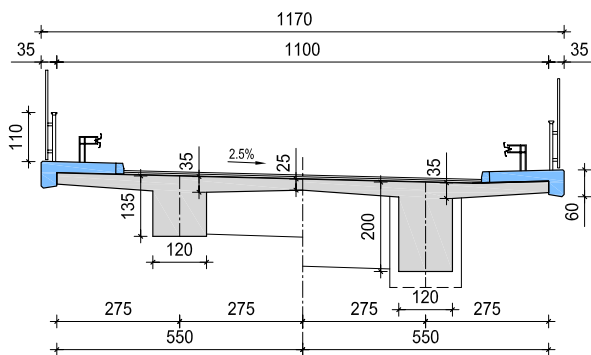


Slika 7. Integralni nadvožnjak: a) inačica 1, b) inačica 2 i c) inačica 3



Slika 8. Uzdužni presjek odabranog djelomično integralnog nadvožnjaka

Kod nadvožnjaka u nizinskim krajevima bitno je da nadvožnjak bude "prozračan", tako da su prihvatljivi nadvožnjaci s više raspona i sa stupom u srednjem pojasu, osobito jer slobodni profil i visina rasponskog sklopa definiraju niveletu nadvožnjaka i visinu nasipa na pristupnim rampama. Kako se radi o nadvožnjaku koji se nalazi u blizini grada, želja investitora bila je da se odabere inačica 3. Za odabranu inačicu napravljeni su glavni i izvedbeni projekti.



Slika 9. Poprečni presjek odabranog djelomično integralnog nadvožnjaka

### 3.3 Izvedba nadvožnjaka

Izvedba nadvožnjaka započela je izvedbom pilota i upornjaka U1 i U2. Nakon toga izvedeni su piloti za stupove, zatim naglavna greda i stupovi na skeli i konačno rasponski sklop na skeli. Slijedilo je prednapinjanje rasponskog sklopa. Na kraju je ugrađena hidroizolacija, izvedene su pješačke staze i ugrađen zastor.



Slika 10. Nadvožnjak Osijek u čvoru Osijek

Nadvožnjak Osijek u čvoru Osijek završen je i pušten u promet u travnju 2009. godine (slika 10.). Utrošak materijala za izvedbu donjeg ustroja bio je: 1137,0 m<sup>3</sup> betona i 145,9 t armature (128,2 kg/m<sup>3</sup>). Za izvedbu rasponskog sklopa bilo je potrebno 590 m<sup>3</sup> betona (0,63 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> mosta), 88,5 t armature (94,4 kg/m<sup>2</sup> mosta) i 23,5 t čelika za prednapinjanje (25,1 kg/m<sup>2</sup> mosta).

## 4 Nadvožnjak od betona velike čvrstoće

Na početku članka spomenuto je da su na hrvatskim autocestama uobičajeni nadvožnjaci izvedeni od standardnih predgotovljenih betonskih elemenata. Najveći nedostatak tog tipa nadvožnjaka jest njihova trajnost i njihovo zahtjevno i skupo održavanje. Bolje rješenje može se postići izvedbom nadvožnjaka *in situ* primjenom betona velike čvrstoće. Prema EN 1992-1-1 [10] betoni razreda od C 12/15 do C 50/60 su betoni običnih svojstava, a betoni razreda C 60/75 do C 90/105 su betoni visokih svojstava (velike čvrstoće). Betoni razreda višeg od C 90/105 smatraju se betonima vrlo visokih svojstava 7 (vrlo velike čvrstoće). Preporuka u EN 1992-2 [11] je da najmanji razred betona koji se koristi pri gradnji mostova bude C30/37, a najveći C 70/85.

### 4.1 Situacija nadvožnjaka

Inačice nadvožnjaka s rasponskim sklopom od betona velike čvrstoće razrađene su na primjeru nadvožnjaka Rapain Klanac koji se nalazi na autocesti A7 Rupa – Žuta Lokva, na dionici Senj – Žuta Lokva. Autocesta je na mjestu nadvožnjaka u usjeku, a nadvožnjak je s obje strane na nasipu. Visinska razlika između nivelete autoceste i nadvožnjaka u osi autoceste iznosi 8,80 m, što s obzirom na zahtijevani slobodni profil od 4,5 m ostavlja dovoljno prostora za konstruiranje različitih oblika. Niveleta na nadvožnjaku je u konstantnom padu od 1,46 %. Prijelaz je s kutom križanja između osi autoceste i prijelaza od 60,89°. Širina kolnika na nadvožnjaku iznosi 2 x 3,55 = 7,10 m. Obostrano su smještene pješačke staze širine 1,0 m i odbojne ograde, tako da je ukupna širina nadvožnjaka 11,6 m.



#### 4.2 Inačice nadvožnjaka

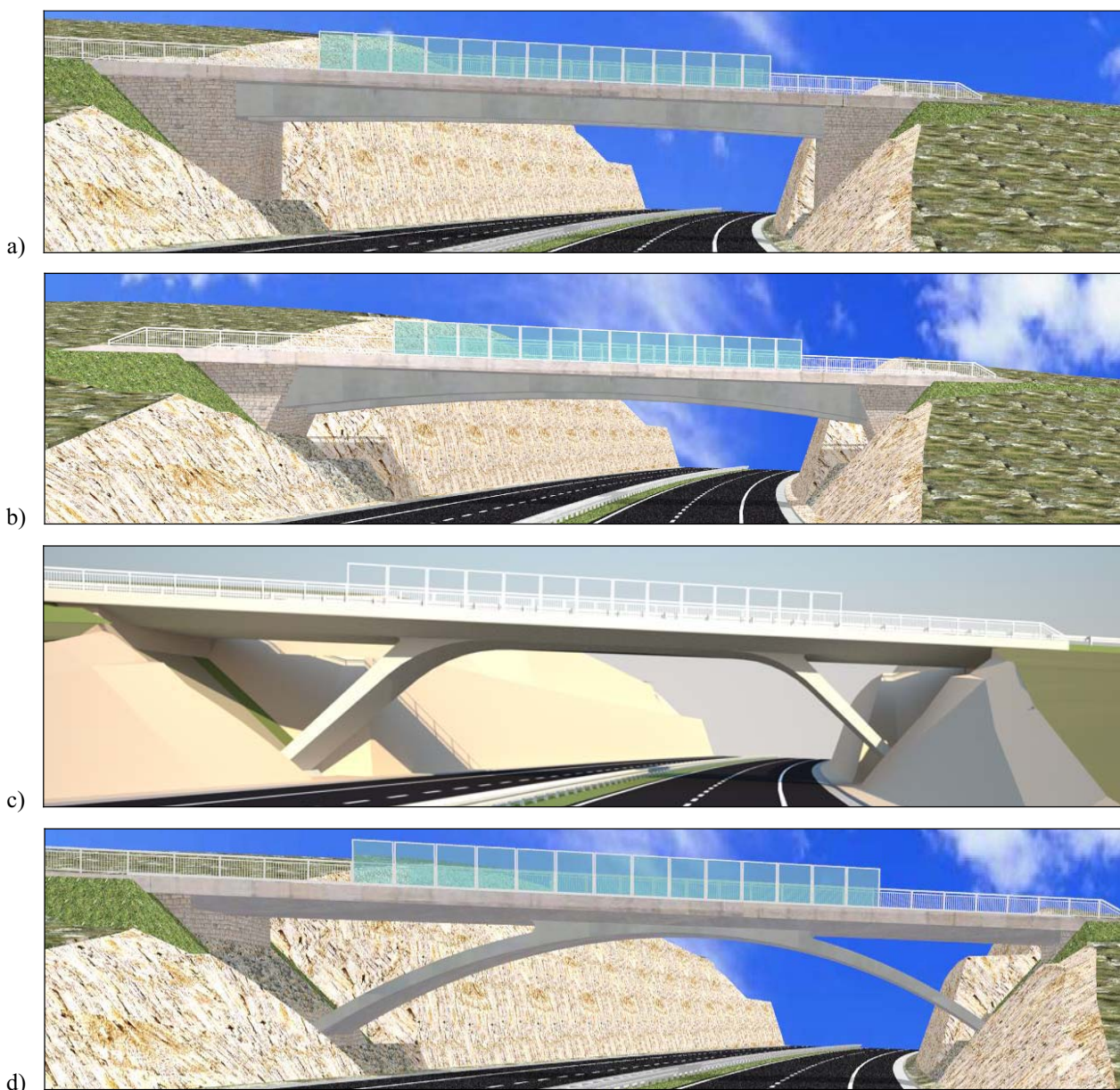
Razrađene su četiri inačice nadvožnjaka: slobodno poduprta greda, integralni okvir, razupora i luk (slika 11.). Inačica 1 je slobodno poduprta greda raspona 38,0 m, s upornjacima ne preblizu kolniku autoceste (slika 11.a). Rasponski je sklop rebrastoga poprečnog presjeka sa dva nosača promjenjive visine na osnom razmaku od 5,0 m. Visina nosača s kolničkom pločom iznosi 2,15 m nad upornjacima i 1,75 m u sredini raspona. Kolnička je ploča debljine 25–45 cm. Poprečni nosači izvode se nad upornjacima i u sredini raspona.

Inačica 2 je integralni okvir s jednim rasponom od 40,0 m (slika 11.b). Rasponski je sklop rebrastoga poprečnog

presjeka sa dva nosača promjenjive visine na osnom razmaku od 5,0 m. Visina nosača s kolničkom pločom iznosi nad upornjacima 2,74 m, a u sredini raspona 1,35 m. Kolnička je ploča debljine 25–45 cm. Poprečni nosači izvode se nad upornjacima i u sredini raspona.

Inačica 3 je nadvožnjak razupornog sustava s rasponima 15,3 + 26,0 + 15,3 m (slika 11.c). Ukupna duljina nadvožnjaka je 67,94 m. Rasponski je sklop pločastoga poprečnog presjeka, prednapet u uzdužnom smjeru i promjenjive visine od 0,8 m u srednjem polju i nad upornjacima do 0,9 m na spoju s kosnicima.

Inačica 4 je lučni nadvožnjak s pločastim nadlučnim sklopom (slika 11.d). Luk je raspona 38,0 m sa strelji-



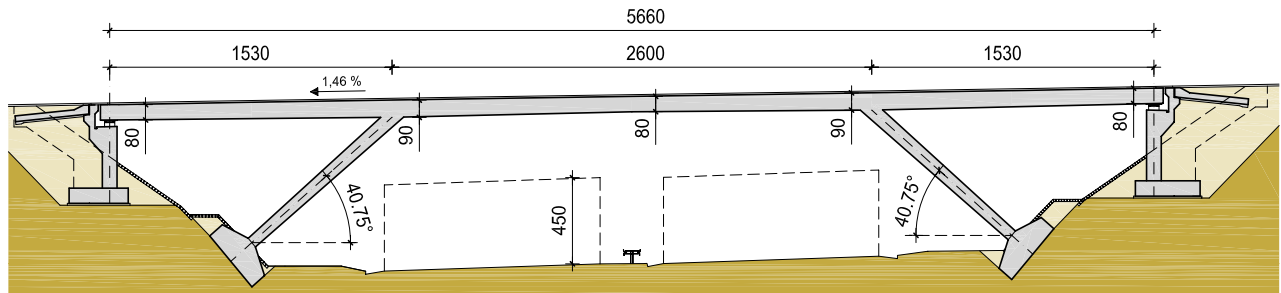
Slika 11. Nadvožnjak od betona velike čvrstoće: a) inačica 1, b) inačica 2, c) inačica 3 i d) inačica 4

com od 5,425 m, a u okolini tjemena luka spojen je s pločom. Luk je pravokutnoga punog poprečnoga presjeka. Visina luka je promjenjiva od 0,55 m na spoju s petom do 0,70 m na spoju s pločastim nadlučnim sklopom. Širina luka je konstantna i iznosi 4,5 m. Nadlučni je sklop armiranobetonska ploča konstantne debljine 0,80 m.

Uporabljeni su materijali beton razreda C70/85, čelik za armiranje B 500B i čelik za prednapinjanje Y1770S7.

### 5 Zaključak

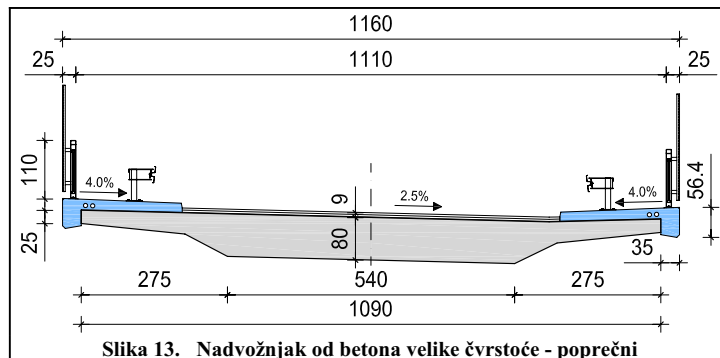
Rezultat istraživanja su tri nova, originalna tipa nadvožnjaka, uz razradu mnogo detalja i varijantnih rješenja za primjenu. Pravilnim i pažljivim izborom opreme mosta može se postići znatno atraktivniji vizualni dojam nadvožnjaka. U tu svrhu, za svaku inačicu nadvožnjaka razmatrani su različiti oblici ograda i vijenaca. Kod svih inačica posebna je pozornost bila posvećena uređenju završetka krila upornjaka i vijenaca, te njihovu spoju s nasipom, što je vrlo česta slaba točka nadvožnjaka nad



Slika 12. Nadvožnjak od betona velike čvrstoće - uzdužni presjek odabrane inačice

Za daljnju razradbu odabrana je inačica 3, nadvožnjak razupornog sustava s pločastim rasponskim sklopom (slike 12. i 13.). Takvim konstrukcijskim sustavom izbjegava se postavljanje stupa u srednji pojas autoceste i rabe se povoljna svojstva betona velike čvrstoće za postizanje vitke i trajne konstrukcije. Uz to ova inačica svojim oblikom oplemenjuje okoliš i čini vožnju autoces-

hrvatskim autocestama. Kod spregnutog nadvožnjaka i nadvožnjaka od betona velike čvrstoće predviđeno je oblaganje upornjaka klesanim kamenom i oblaganje pokosa nasipa i usjeka ispod nadvožnjaka kamenom (slika 14.). Navedeni zahtevi ne povećavaju značajno cijenu nadvožnjaka, ali bitno popravljaju njegov oblikovni dojam.



Slika 13. Nadvožnjak od betona velike čvrstoće - poprečni

Uvođenjem novih tipova nadvožnjaka u hrvatsku građevinsku praksu otvaraju se mnoge mogućnosti za postizanje oblikovno vred-



Slika 14. Spregnuti nadvožnjak Mucići presjek odabrane inačice

tom zanimljivijom. Za odabranu inačicu načinjeni su glavni i izvedbeni projekti.

njih konstrukcija, istodobno najpovoljnijih što se tiče kvalitete, troškova i trajnosti.



## LITERATURA

- [1] Radić, J.: *Studija o novim nadvožnjacima nad autocestama*, Zavod za konstrukcije, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
- [2] Pržulj, M.: *Nadvožnjaci na autocestama*, Građevinar 55 (2003) 2, 63-69
- [3] Leonhardt, F.: *Bridges*, 2<sup>nd</sup> Edition, Deutsche Verlags-Anstalt, 1984.
- [4] Pržulj, M.: *Razmišljanja o autocestama i koncepciji mostova povećane trajnosti i skladnijeg izgleda*, Hrvatski kongres konstruktera, Brijuni, lipanj 2002.
- [5] Gebert, G.; Fuchsel, J.-P.; Fitzenreiter, P.: *Musterentwürfe für Rahmenbrücken in Verbundbauweise und deren Umsetzung in der Praxis*, Bauingenieur Band 79, Berlin, Juli/August 2004.
- [6] Schmackpfeffer, H.: *Standardized design for composite bridges – a competitive alternative to prestressed concrete*, Zbornik radova 4<sup>th</sup> International Symposium on Steel Bridges (European Convention for Constructional Steelwork), Leipzig, 1999., 170-200.
- [7] Pötzl, M.; Schlaich, J.: *Robust Concrete Bridges without Bearings and Joints*, Structural Engineering International 4/96, Zürich, 1996.
- [8] Engelsmann, S.; Schlaich, J.; Schäfer, K.: *Integral Betonbrücken*, Beton und Stahlbeton, Berlin, 1999.
- [9] ACI Committee 343: *Analysis and Design of Reinforced Concrete Structures*, American Concrete Institute, Detroit, 1995.
- [10] EN 1992-1-1 - Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. 2004. Brussels: European Committee for Standardization, CEN.
- [11] EN 1992-2 - Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 2: Concrete bridges - Design and detailing rules. 2005. Brussels: European Committee for Standardization, CEN