

Vizualni pregled kao pomagalo za ocjenu stanja mostova

Tenžera, Danijel; Puž, Goran; Radić, Jure

Source / Izvornik: **Građevinar**, 2012, 64, 717 - 726

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

<https://doi.org/10.14256/JCE.718.2012>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:237:320053>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



Primljen / Received: 2.5.2012.

Ispravljen / Corrected: 6.9.2012.

Prihvaćen / Accepted: 18.9.2012.

Dostupno online / Available online: 15.10.2012.

Vizualni pregled kao pomagalo za ocjenu stanja mostova

Autori:



Danijel Tenžera, dipl.ing.građ.
Hrvatske ceste d.o.o., Zagreb
danijel.tenzera@hrvatske-ceste.hr



Doc.dr.sc. **Goran Puž**, dipl.ing.građ.
Institut IGH d.d., Zagreb
goran.puz@igh.hr



Prof.dr.sc. **Jure Radić**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
jradic@grad.hr

Prethodno priopćenje

Danijel Tenžera, Goran Puž, Jure Radić

Vizualni pregled kao pomagalo za ocjenu stanja mostova

Vizualni pregled je glavno pomagalo za ocjenjivanje stanja mostova, stoga ima presudan utjecaj na planiranje radova izvanrednog održavanja. U Hrvatskim cestama je početkom 2012. godine provedeno istraživanje s ciljem postizanja ujednačenosti pri ocjenjivanju mostova. Inženjeri za mostove ocijenili su određeni skup građevina, a potom su rezultati analizirani metodama matematičke statistike. Dobiveni rezultati upućuju na slabosti postojećeg sustava ocjenjivanja, a s provedenim istraživanjem stvorena je podloga za unaprjeđenje pomagala za gospodarenje, priručnika i postupaka za preglede mostova.

Ključne riječi:

mostovi, vizualni pregledi, ocjena stanja, izvanredno održavanje

Preliminary note

Danijel Tenžera, Goran Puž, Jure Radić

Visual inspection in evaluation of bridge condition

Given that visual inspection is vital when evaluating the condition of bridges, it plays a crucial role in planning the special maintenance works. At the beginning of 2012, a research was conducted in HAC (Croatian Highways) aiming to standardize evaluation of bridges. The bridge engineers had assessed a certain group of buildings, and their results were afterwards analysed using the mathematical statistics methods. The obtained results showed weaknesses in the existing evaluation system, and the conducted research created a base for improving aides for management, handbooks and procedures for bridge inspection.

Key words:

bridges, visual inspection, state evaluation, periodic maintenance

Vorherige Mitteilung

Danijel Tenžera, Goran Puž, Jure Radić

Sichtkontrolle als Stütze zur Bewertung des Brückenzustands

Die Sichtkontrolle ist ein Haupthilfsmittel zur Bewertung des Zustands von Brücken und haben deshalb einen bedeutenden Einfluss auf die Planung von außerordentlichen Wartungsarbeiten. In der öffentlichen Einrichtung "Hrvatske ceste", die für den Bereich Straßenbau- und verwaltung zuständig ist, wurde eine Forschung mit dem Ziel durchgeführt, eine Standardisierung bei der Brückenbewertung zu erreichen. Brückeningenieure haben eine bestimmte Gruppe von Bauten bewertet und danach die Resultate mit Hilfe mathematischer statistischer Methoden analysiert. Die erhaltenen Resultate weisen auf eine Schwäche des bestehenden Bewertungssystems hin. Aufgrund der durchgeführten Forschung wurde eine Basis für eine Modernisierung des Brückenkontrollverfahrens sowie Verbesserung der Handbücher für die Brückenkontrolle geschaffen.

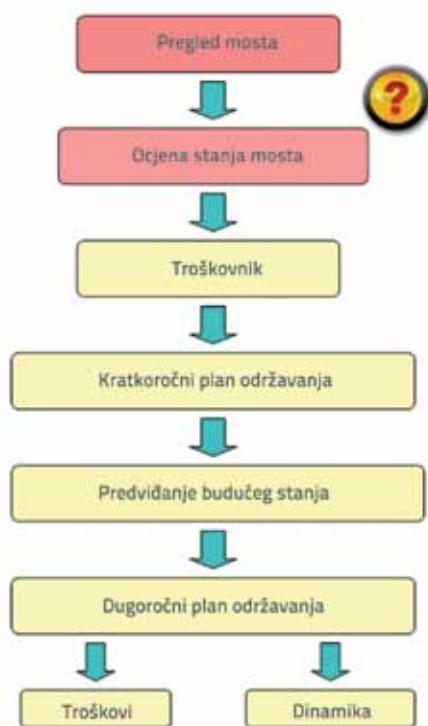
Schlüsselwörter:

Brücken, Sichtkontrolle, Zustandsbewertung, außerordentliche Wartung

1. Uvod

Na svim građevinama tijekom vijeka uporabe nastaju oštećenja, pa ih je potrebno popravljati, odnosno održavati. Radi planiranja održavanja uz najmanje troškove za korisnika i upravitelja građevine, osmišljavaju se sustavi gospodarenja građevinama. Za planiranje je potrebno poznavati stanje građevine, odnosno razinu do koje je oštećena, potom predvidjeti tijek daljnjeg dotrajavanja i dati prijedloge za održavanje. Većina odluka vezanih uz održavanje mostova donosi se temeljem procjena zasnovanih na vizualnim pregledima koje obavljaju za to osposobljeni inženjeri pomoću postupaka i pomagala definiranih sustavom gospodarenja. Kako bi se osigurala ujednačenost i objektivnost, pregledi se provode standardiziranim postupkom, koji se u poduzeću Hrvatske ceste razvija od 1995. godine pod nazivom HRMOS, na temelju sustava Danske direkcije za ceste [1, 2].

Procesi koji ugrožavaju mostove uglavnom započinju bez vidljivih znakova, a tek u odmakloj fazi očituju se pojavama vidljivim na površini građevine. Zadatak inženjera pri pregledu je vidjeti, zabilježiti i prepoznati pojave koje su bitne za ocjenu stanja konstrukcije i opreme mosta, odnosno indikacije ili manifestacije procesa koji vode oštećenju. Interpretacijom viđenog i zabilježenog, elementima mosta dodjeljuju se ocjene stanja, koje se potom ugrađuju u jedinstvenu ocjenu čitave građevine. Određivanjem prioriteta i predviđanjem budućeg tijeka dotrajavanja planiraju se radovi, odnosno troškovi budućeg održavanja mostova (slika 1.).



Slika 1. Pojednostavljena shema procesa planiranja izvanrednog održavanja mostova

Bez obzira na to što su razvijene mnoge metode ispitivanja konstrukcija, vizualni pregled ostaje najvažnije pomagalo za ocjenjivanje stanja mostova, osobito manjih građevina tipskih konstrukcija. Kvaliteta i ujednačenost rezultata vizualnog pregleda značajno ovisi o motivaciji, osposobljenosti i opremljenosti osoblja koje takve preglede provodi, a učinkovitost sustava gospodarenja u planiranju održavanja bitno ovisi o ujednačenosti rezultata vizualnih pregleda, odnosno o procjeni kategorije oštećenja koja je vezana uz opseg i tip popravka [3].

Iskustvo i neka provedena istraživanja pokazuju da je ocjena stanja mosta ili dijela mosta temeljem vizualnog pregleda nepouzdana i često ne odražava pravo stanje građevine te u konačnici ne daje ispravne prioritete kod odlučivanja o sanacijama. Radi se o problemu koji na znanstvenoj razini obrađuje psihologija, odnosno područje psihologije koje se bavi osjetima i percepcijom. Osjet je proces koji nastaje putem detektiranja i kodiranja energije podražaja u osjetnom sustavu, dok je percepcija aktivan proces organiziranja, integriranja i interpretiranja osjetnih informacija. Dakle, isti vanjski podražaj i osjet kod različitih ljudi dovodi do različitih percepcija. Percepcija je individualno i situacijski uvjetovana, dakle nije objektivna, fotografska preslika stvarnosti već doživljaj i interpretacija opažača. Konkretnije, percepcija ovisi o nizu psiholoških čimbenika, kao što su očekivanje, stav, vrsta informacija (npr. različita uputa), količina informacija, uvid u proces nastajanja, motivacija, društveno-kulturalni utjecaji itd. [4, 5]. To znači da nije moguće dobiti identične nalaze od različitih pregledavača mostova, međutim se razlike mogu umanjiti, tj. može se postići veća objektivnost tih pregleda.

Svrha je provedenog istraživanja bila vrednovati ujednačenost ocjena koje su dodijelili inženjeri zaduženi za preglede mostova, na kojima se temelji planiranje radova izvanrednog održavanja. Radovi izvanrednog održavanja cesta, pa tako i pripadajućih cestovnih građevina, povremeni su radovi za koje je potrebna tehnička dokumentacija, a izvode se radi mjestimičnog poboljšanja elemenata ceste, osiguranja sigurnosti, stabilnosti i trajnosti ceste i cestovnih građevina te povećanja sigurnosti prometa. Izvanrednim održavanjem podrazumijevamo skup značajnijih aktivnosti za uspostavljanje održivog stanja radi osiguravanja prvobitnih vrijednosti građevine (mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti u korištenju i sl.). U građevinskom smislu to su radovi sanacije, adaptacije i rekonstrukcije koji se izvode radi osiguranja sigurnosti ili upotrebljivosti mosta; popravaka trošnih, dotrajalih ili znatnije oštećenih dijelova građevine i sl. Istraživanje se sastojalo od ocjenjivanja oštećenja mostova vizualnim pregledima u konkretnim okolnostima, metodologijom sustava gospodarenja mrežom državnih cesta Republike Hrvatske, a obradom rezultata izvučeni su zaključci o smjeru daljnjeg razvitka ove djelatnosti. Skupinu od petnaest ispitanika koja je sudjelovala u istraživanju čine

inženjeri s iskustvom u provedbi općih i glavnih vizualnih pregleda mostova na mreži državnih cesta u Republici Hrvatskoj, zaposleni u poduzeću *Hrvatske ceste d.o.o.*

2. Regulatorika

Zakonodavac je prepoznao značenje održavanja građevina i započeo uređivati ovo područje propisujući uvjete na izvršenje poslova redovitog pregledavanja građevina. Valja očekivati da će u budućnosti biti definiran sustav kojim će se odgovornost u poslu pregledavanja i ocjenjivanja stanja građevina izjednačiti s odgovornošću u gradnji.

Temeljni dokument kojim je regulirana uporaba i održavanje građevina jest Zakon o prostornom uređenju i gradnji, a na djelatnost gospodarenja neposredno se odnosi poglavlje *Uporaba i održavanje građevine*, odnosno članci 269. do 272. Konkretni okvir za uspostavu sustava gospodarenja postavljen je člankom 271., kojim je predviđeno da poslove praćenja stanja građevine, preglede građevine i utvrđivanje potrebe za obavljanje popravaka mora vlasnik ili upravitelj građevine povjeriti osobama koje ispunjavaju propisane uvjete za obavljanje tih poslova posebnim zakonom.

Spomenuti zakon, kao i Pravilnik koji donosi ministar, a kojim će biti propisani uvjeti za održavanje, još nisu izdani, premda za takvim dokumentima postoji potreba.

Poslovima ispitivanja i istraživanja građevina bavi se i članak 20 citiranog Zakona, propisujući da provjere koje se obavljaju radi održavanja provode ovlaštene osobe, a ovlaštenje dodjeljuje ministar.

Zakonom o javnim cestama poduzeće Hrvatske ceste d.o.o. određeno je da vodi jedinstvenu bazu cestovnih podataka za osiguranje tehničko-tehnološkog jedinstva mreže javnih cesta. Među tim podacima su i podaci o mostovima. Pregledi građevina na cestama obavljaju se prema Pravilniku o održavanju i zaštiti javnih cesta. Godišnji pregledi građevina obavljaju se najmanje jedanput u dvije godine dok se glavni pregledi obavljaju najmanje jedanput u šest godina. Glavne preglede obavljaju stručne osobe iz nadležne uprave za ceste te stručne osobe zaposlene u specijaliziranim stručnim organizacijama ili ustanovama.

3. Provedba pregleda i postupci ocjenjivanja

3.1. Općenito

U svijetu je razvijeno više postupaka ocjenjivanja koji se razlikuju po pristupu i složenosti procedure [6], a ovdje će biti opisane osnovne značajke hrvatskog sustava, koji je polazišni u provedbi istraživanja. Kratko je prikazan i sustav razvijen u SAD [7], zbog toga jer je ondje provedeno najiscrpnije istraživanje učinkovitosti vizualnih pregleda [8].

U sklopu sustava gospodarenja mostovima, u različitim zemljama razvijena su posebna pomagala koja prate preglede mostova, kao što su priručnici, smjernice i proračunski postupci kojima se uočena oštećenja nastoje objektivno kvantificirati. U većem broju razvijenih država ovom se djelatnošću bave specijalisti. Ovakav pristup posljedica je specifičnosti mostova u odnosu na ostale građevine:

1. Mostovi se sastoje od skupina dijelova koji se često razlikuju po materijalu, kakvoći, izloženosti različitim djelovanjima i načinu izvedbe, pa sukladno tome dotrajavaju različitim brzinom i prema zakonitostima što podliježu različitim mehanizmima.
2. Tijekom relativno dugog uporabnog vijeka dijelovi mostova prolaze kroz karakteristične faze dotrajavanja koje su, za neki dominantni proces, prepoznatljive.
3. Proces dotrajavanja ne napreduje jednoliko po promatranom elementu mosta, jer većina oštećenja ima žarište na mjestima početnih nedostataka, odnosno na mjestima koja su posebno izložena agresivnim djelovanjima.

Postupci za ocjenu stanja mostova zasnovani su na klasifikaciji oštećenja u nekoliko kategorija koje obuhvaćaju usporedive pojave, kako bi se izvješća i potonje analize ujednačile i svele stanje na određen broj tipova kojima pridružujemo troškovničke stavke postupaka popravaka. Dakle, kategorije oštećenja trebaju ispuniti sljedeće uvjete:

- svaka kategorija treba biti jasno prepoznatljiva prema fizikalnim značajkama procesa dotrajavanja i funkcionalnim značajkama vrednovanog elementa konstrukcije,
- svakoj kategoriji treba odgovarati jedan ili više postupaka održavanja ili popravaka mostova.

S obzirom na to da za neke od procesa u ranoj fazi nema vidljivih upozorenja, jasno je da vizualni pregled najčešće nije dostatan za ispravnu prosudbu. No, budući da su ispitivanja složena i skupa, na većini mostova manje veličine i važnosti jedino se na osnovi ocjena određenih vizualnim pregledom može gospodariti. Korelacija tih ocjena sa stvarnim stanjem bitno ovisi o iskustvu i inženjerskoj procjeni neposrednog izvršitelja pregleda.

3.2. Sustav ocjenjivanja stanja mostova na državnim cestama Republike Hrvatske

Poduzeće Hrvatske ceste d.o.o. gospodari mrežom državnih cesta duljine 6585 km na kojoj se nalazi 1538 mostova raspona većega od 2 m. Sustavom gospodarenja mostovima izvorno su bili obuhvaćeni samo mostovi raspona većega od 5 metara, međutim kada je sustav HRMOS 2001. godine uklopljen u širi sustav gospodarenja cestovnim građevinama "*Baza cestovnih podataka Hrvatskih cesta*" (BCP), evidentirani su i cestovni propusti raspona od 2 do 5 metara.

U *Sektoru za održavanje* poduzeća Hrvatske ceste d.o.o. uspostavljeno je četrnaest regionalnih *ispostava* koje

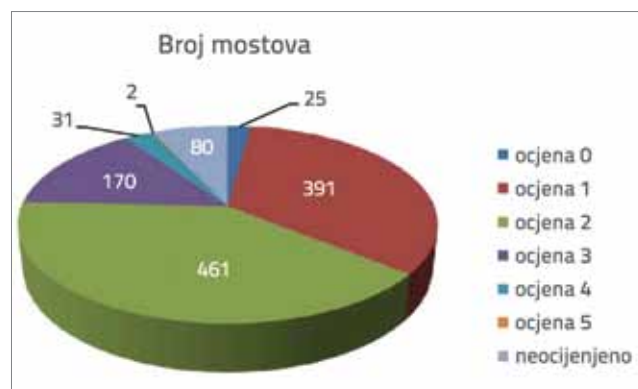
nadziru državne ceste na čitavom teritoriju Republike Hrvatske. Sredstva za održavanje mostova, u što je uključeno i pregledavanje, planiraju se četverogodišnjim programima. Preglede mostova na mreži državnih cesta provode po dva diplomirana inženjera građevinarstva, koji su educirani za obavljanje toga posla - uoči godišnjeg pregleda mostova 2006. godine organizirana je stručna terenska obuka ocjenjivača. Oni daju i prijedloge sanacija. Uobičajeno potrebno vrijeme za pregled mostova na čitavoj mreži državnih cesta za četrnaest timova ocjenjivača otprilike je tri mjeseca.

Prema podacima pregleda mostova raspona većega od 5 metara iz razdoblja 2008. - 2010. evidentirane su ocjene stanja elemenata i mostova za 1160 građevina. Međutim, broj mostova u nadležnosti *Hrvatskih cesta* se mijenja: na mreži državnih cesta 2012. godine evidentirana su 823 mosta (do odstupanja je došlo zbog nove kategorizacije cesta). Zabilježeno je 718 grednih mostova, od toga 587 s armiranobetonskim glavnim nosačima, 113 s betonskim prednapetim glavnim nosačima i 18 s glavnim nosačima izgrađenim od drugih materijala (uglavnom čelični glavni nosači). Nadalje, evidentirane su 74 lučne konstrukcije mostova (zidane 34, betonske i armiranobetonske 39, čelične 1) te 31 most s "ostalim" statičkim sustavima glavnog nosača (okviri, razupore i sl.).

Tablica 1. Oznake elemenata mostova koji se ocjenjuju u sklopu sustava gospodarenja državnim cestama poduzeća Hrvatske ceste, s prosječnim ocjenama (2010.)

Skupine elemenata	Elementi mostova	Prosječne ocjene
A	Prilazi i čunjevi	1,8
B Donji ustroj	B.1. Temelji upornjaka i stupova	1,6
	B.2. Upornjaci	1,6
	B.3. Stupovi	1,4
C Gornji ustroj	C.1.1. Glavni nosači	1,6
	C.1.2. Rasponski sklop	1,6
	C.2. Prijelazne naprave	2,2
	C.3. Ležajevi	1,4
D Oprema	D.1. Kolnik + hodnik	1,9
	D.2.1. Odbojna ograda	2
	D.2.2. Pješačka ograda	2
	D.3. Ostalo	2
Most općenito		1,8

Podaci o praćenju stanja većeg broja mostova, odnosno o redovitom rutinskom ocjenjivanju na razini mreže cesta u Hrvatskoj su skromni. Pregled velikog broja građevina obavljen je u sklopu radova na izradi Katastra mostova sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća [9]. Tom su prilikom mostovi ocijenjeni na osnovi vizualnih pregleda, prema opisnoj ljestvici stupnjevanoj sa: dobar - manje oštećen - znatnije oštećen - potreban je potpuniji pregled - dotrajavao. Vrijedeća metodologija ocjenjivanja mostova koristi ljestvicu sa šest stupnjeva: od 0, što znači da na mostu ili elementu mosta nema oštećenja, do 5, što znači da su uočena velika oštećenja. Kategorije 1 i 2 uglavnom se koriste za označavanje posljedica nedostataka u izvedbi. U kategoriji 3 su elementi na kojima je na djelu proces dotrajavanja, a u kategorijama 4 i 5 su elementi s uznapredovalim procesom dotrajavanja. Tijekom općeg pregleda mostova ocjenjuje se 13 standardnih elemenata mostova na temelju čega se donosi opća ocjena mosta. U tablici 1. prikazano je 12 elemenata, jer su kategorijski dvije ocjene: za kolnik i za hodnik svedene na jednu: D1 kolnik + hodnik. Razdioba mostova po općim ocjenama 2010. godine prikazana je na slici 2.



Slika 2. Ocjene mostova na državnim cestama Republike Hrvatske – stanje 2010. godine

Glavni cilj ovako uspostavljenog sustava jest načiniti prognozu potrebnih sredstava za održavanje mostova tijekom sljedećih pet godina.

Osim prikazanog sustava, koji se primjenjuje na mreži državnih cesta, na najvećem dijelu autocestovne mreže u sustavu naplate uveden je sustav SGG (sustav gospodarenja građevinama) [10]. Bitna razlika dvaju sustava je u tome što se HRMOS više oslanja na kvalitetu prosudbe vršitelja pregleda, koji neposredno ocjenjuje elemente mosta, dok SGG predviđa postupke opažanja i evidentiranja pojedinačnih oštećenja, unošenje prikupljenih podataka u računalno koje određenim algoritmom dolazi do ocjene elementa mosta.

3.3. Sustav ocjenjivanja u SAD

Sve savezne države SAD-a od 1970. su obvezne organizirati praćenje stanja mostova na cestama od državne važnosti.

Za potrebe Sustava gospodarenja mostovima - BMS (Bridge Managment System) uspostavljeni su Državni standardi za pregled mostova - NBIS (National Bridge Inspection Standards) [11]. Prema tim standardima, mostovi se dijele na četiri glavne konstrukcijske cjeline, koje su zasebno ocjenjivane temeljem pregleda: gornji ustroj, donji ustroj, kolnička ploča i propusti.

Proces ocjenjivanja provodio se svake dvije godine na takav način da se svakome od četiri glavna dijela dodjeljivala cjelobrojna ocjena između 1 i 9. Ocjene odražavaju stupanj dotrajivosti, tako što ocjena "9" pripada mostu bez ikakvih oštećenja i nedostataka, a ocjena "0" mostu koji je toliko propao da se više ne može popraviti. Dugogodišnjom primjenom takvog sustava ustanovljeni su njegovi bitni nedostaci:

- podjela mosta na dijelove nije dovoljno detaljna za identifikaciju prikladnih strategija za održavanje
- ocjene ne prepoznaju proces dotrajavanja kao ni opseg kojim su dijelovi mosta zahvaćeni dotrajavanjem
- ocjenjivanje je vrlo subjektivno, jer se ocjenjuje "opće stanje" mosta.

Nedostaci ovog sustava potakli su razradu novih sustava tijekom devedesetih godina 20. stoljeća uz potporu Državne organizacije službenika koji se bave autocestama i transportom (AASHTO), što im u SAD daje službenu težinu na saveznoj razini. Prema novom sustavu, most se dijeli na veći broj elemenata, kojima se stanje mjeri prema ljestvici koja odražava uobičajeni proces dotrajavanja i učinak dotrajavanja na uporabljivost. Ocjene stanja mosta definirane su na takav način da iz njih proizlaze potrebna djelovanja na održavanju, odnosno tako da se mogu približno odrediti troškovi i trajanje radova, a u principu se definiraju zasebno za svaki proces koji vodi propadanju mosta. Za svaki element i za svaki mjerodavni proces dotrajavanja prikupljaju se dvije bitne informacije:

- stanje – stupanj dotrajivosti
- opseg – količina ugroženih elemenata.

4. Istraživanje učinkovitosti vizualnog pregleda provedeno u SAD

Budući da je ustanovljeno kako su rezultati na kojima se temelji sustav gospodarenja relativno nepouzdan, odnosno kako postoje znatna odstupanja u ocjenama mostova pojedinih ispitivača, provedeno je istraživanje učinkovitosti vizualnog pregleda. Opsežnu studiju provelo je tijelo savezne uprave "Nondestructive Evaluation Validation Center" (NDEVC) 2001. godine [8]. Istraživanje se sastojalo od pripremnog dijela – prikupljanja iskustava i analize dokumentacije te od praktičnog dijela: provedbe pregleda od strane 49 državnih ocjenjivača (inspektora) iz čitavog SAD-a koji su zasebno obavili šest redovitih pregleda, dva detaljna pregleda i dva dodatna pregleda prema standardima vlastite savezne države. Osnovni zaključci studije mogu se sažeti u sljedeće:

1. Većina ocjenjivača nije uočila neke pojave koje bitno utječu na nosivosti i uporabljivosti elemenata mostova: manje

od 10 % ocjenjivača je identificiralo deformacije, odnosno prekomjerne progibe na konstrukciji. Manje od 50 % ocjenjivača je nosive elemente procijenilo kritičnima, kada su takve ocjene bile opravdane.

2. Ocjene istih elemenata znatno se razlikuju: za svaki element mosta kojemu se može pridružiti jedna od šest razina ocjena stanja, ocjenjivači su davali čak četiri do pet različitih razina ocjena. Statistička obrada je pokazala da se 95 % ocjena elemenata mostova razlikuje u prosjeku u intervalu od dvije ocjene, dok se 68 % ocjena razlikuje u intervalu jedne ocjene.
3. Dio ispitivača posao obavlja nemarno:
 - snimili su manje fotografija no što je bilo predviđeno
 - zabilješke terenskih opažanja nisu kvantitativno i kvalitativno ujednačene
 - vrijeme uloženo u pregled značajno varira: redoviti i detaljni pregledi trajali su od nekoliko minuta do nekoliko sati.
4. Ako su ocjenjivači neodlučni prilikom dodjele niske ili visoke ocjene, tada imaju tendenciju grupiranja ocjena prema sredini ljestvice. Zbog toga elementi u boljem stanju dobivaju manje ocjene, a elementi u lošijem stanju veće ocjene.
5. Među čimbenicima koji utječu na rezultate redovitih pregleda ističu se:
 - nelagoda ocjenjivača zbog prometa koji se odvija po mostu tijekom rada
 - nedostatak specijalističkih znanja ocjenjivača
 - osvijetljenost površine koja se pregledava
 - nepoznavanje povijesti održavanja mosta
 - dostupnost dijelova građevine
 - vremensko trajanje pregleda
 - utjecaj vjetrova, kiše i ostalih klimatskih čimbenika.
6. Detaljnim pregledima nisu otkrivena i identificirana neka bitna oštećenja – posebno to vrijedi za uže pukotine i pojave koje je teško zapaziti. Također, uočeno je da povećanjem učestalosti detaljnih pregleda neće biti otkriveni nedostaci koji već nisu uočeni tijekom redovitih pregleda.
7. Prema pristupu poslu i rezultatima izdvajaju se skupine ispitivača: oni koji zapažaju mala, neznatna oštećenja orijentirani su lokalno na dijelove mosta, dok oni koji pretežno zapažaju značajna oštećenja uzimaju u obzir čitavu strukturu mosta. Ocjenjivači koji daju rezultate manje od prosječnih utvrđenih na jednom mostu, vjerojatno je da će jednako postupiti i na drugim mostovima.

5. Istraživanje provedeno u Hrvatskoj 2012. godine

5.1. Metodologija i početne pretpostavke

Proučavanjem baze podataka ocjena koje su inženjeri za mostove dali u sklopu redovitih pregleda mogu se uočiti statističke pojave koje upućuju na nedosljednosti. Konkretno,

Tablica 2. Obrazac za ocjenjivanje oštećenja mostova obuhvaćenih istraživanjem

Elementi mostova		Tablica procjena oštećenja																										
		Stupanj oštećenja MOST 1					Stupanj oštećenja MOST 2					Stupanj oštećenja MOST 3					Stupanj oštećenja MOST 4					Stupanj oštećenja MOST 5						
		S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4	S0	S1	S2	S3	S4		
A	Prilazi i čunjevi				x			x					x							x					x			
B	Donji ustroj	B.1.			x				x				x					x							x			
		B.2.		x						x			x								x					x		
		B.3.			x						x					x				x						x		
C	Gornji ustroj	C.1.	C.1.1.			x				x		x						x								x		
			C.1.2.				x				x			x					x									
		C.2.		x							x					x					x					x		
		C.3.	x						x				x						x							x		
D	Oprema mosta	D.1.				x			x							x					x					x		
		D.2.	D.2.1.								x						x											
			D.2.2.					x				x						x			x							x
		D.3.			x					x					x					x							x	

veći dio zaključaka citirane američke studije može se primijeniti i na naše okolnosti. Iz tog je razloga provedeno istraživanje kojim je obuhvaćeno 15 ispitivača – inženjera iz ispostava poduzeća Hrvatske ceste, s iskustvom u takvim poslovima, koji su ocijenili oštećenja pet različitih mostova. Za pregled je pripremljen katalog oštećenja i sustav ocjenjivanja, namjerno nešto različit od onoga koji se uobičajeno koristi kako bi se izbjeglo rutinsko ocjenjivanje. Kao uzorak su odabrani stariji mostovi od armiranog i prednapetog betona, a ocjene su gradirane od S0 – što podrazumijeva potpuno ispravan element, do S4, što znači neupotrebljiv element. Karakteristična oštećenja i njima pridružene ocjene za svaki od 12 elemenata mosta opisane su u katalogu koji su ispitivači dobili prije istraživanja. Uz to, dobili su i fotografije svih elemenata mostova koji su bili predmetom istraživanja, s tim da su ocjene upisivali u obrazac prikazan u tablici 2. Ocjene S3 i S4 za grupu elemenata D.3. nisu bile u sustavu ocjenjivanja te su tako obilježene u tablici. (Upisane ocjene su referentne, odnosno predstavljaju stav voditelja ispitivanja.) Konkretno značenje oznaka pojedinih elemenata prikazano je u tablici 1. Ukupna ocjena mosta, prema uputama za ocjenjivanje iz 2006. godine, jednaka je najlošijoj među ocjenama sljedećih elemenata: rasponske konstrukcije, stupa sa naglavnicom, upornjaka, temelja (stupa, upornjaka) i korita rijeke.

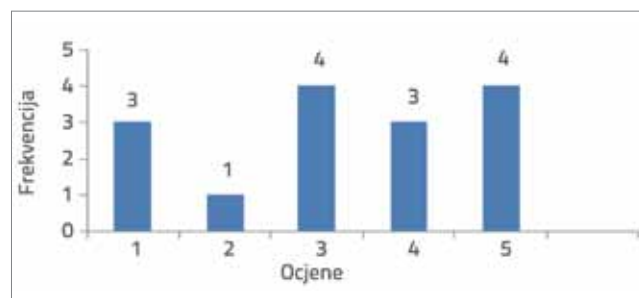
5.2. Rezultati istraživanja

Statistički pokazatelji korišteni u obradi rezultata ocjenjivanja elemenata mostova prosječna su numerička vrijednost stupnja oštećenosti, standardna devijacija, medijan i mod statističke preraspodjele u grupi vrijednosti [12]. Frekvencija ponavljanja moda kao oblika kvantitativne vrijednosti koji se pojavljuje u obradi rezultata odnosi se na frekvenciju ponavljanja najučestalije ocjene oštećenja unutar promatrane grupe. Pojavljuju li se u promatranoj grupi dvije modalne vrijednosti s jednakim frekvencijama, u tablici je prikazana

viša modalna vrijednost s pripadajućom frekvencijom, jer ona predstavlja lošiju ocjenu oštećenja. Obradeni rezultati istraživanja prikazani su u tablici 3.

Rezultati standardne devijacije koji predstavljaju raspršenost od prosječne numeričke vrijednosti stupnja oštećenosti u granicama za jednu višu/nižu razinu ocjene ($\sigma < 1,0$) pojavljuju se u 78,3 % rezultata ocjenjivanja elemenata mostova. Veća odstupanja, odnosno raspršenost od prosječne numeričke vrijednosti stupnja oštećenosti u granicama za dvije i više od dvije više/niže razine ocjene ($\sigma \geq 1,0$) pojavljuju se u 16,7 % rezultata ocjenjivanja elemenata mostova. Ovim intervalom obuhvaćene su pojedinačne grupe oštećenja donjeg i gornjeg ustroja te opreme mostova s mjerom raspršenosti rezultata ne većom od 1,3.

Iznimno oštećenje temelja upornjaka i stupova na primjeru mosta 1 pokazuje mjeru raspršenosti rezultata u iznosu 1,5 (slika 3). Ovo odstupanje je karakteristično za problem percepcije: sami promatrani elementi (temelji) nisu dostupni pregledu (slika 4.), ali stanje čitave građevine upućuje na problem podlokavanja stupova u koritu, odnosno na mehanizam koji nije vidljiv na samom elementu (stupu) ali je indiciran deformacijama koje su golim okom vidljive na liniji pješačke ograde (slika 5.).



Slika 3. Distribucija ocjena temelja upornjaka i stupova mosta

Tablica 3. Obrada rezultata ocjenjivanja mostova

Element	Statistički pokazatelj	Most 1	Most 2	Most 3	Most 4	Most 5
A. Prilazi i čunjevi	Prosječna ocjena	3,1	1,6	2,0	3,3	2,1
	Standardna devijacija	0,9	0,6	0,4	0,7	0,3
	Medijan	3	2	2	3	2
	Mod	3	1	2	3	2
	Frekvencija	6	7	13	9	14
B.1. Temelji upornjaka i stupova	Prosječna ocjena	3,3	2,7	2,3	3,1	2,1
	Standardna devijacija	1,5	0,8	0,9	1,1	0,3
	Medijan	3	3	2	3	2
	Mod	5	2	2	4	2
	Frekvencija	4	7	9	6	14
B.2. Upornjaci	Prosječna ocjena	2,3	2,5	2,5	3,2	2,5
	Standardna devijacija	0,5	0,6	1,0	0,9	0,7
	Medijan	2	2	2	3	2
	Mod	2	2	2	3	2
	Frekvencija	10	9	7	7	9
B.3. Stupovi	Prosječna ocjena	2,7	4,1	3,3	2,5	2,1
	Standardna devijacija	1,0	0,5	0,9	0,5	0,4
	Medijan	2	4	3	3	2
	Mod	2	4	3	3	2
	Frekvencija	9	11	6	8	13
C.1.1. Glavni nosač	Prosječna ocjena	3,8	2,5	2,5	2,2	2,6
	Standardna devijacija	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5
	Medijan	4	2	2	2	3
	Mod	4	2	2	2	3
	Frekvencija	12	9	10	11	9
C.1.2. Rasponska konstrukcija	Prosječna ocjena	3,7	2,5	2,5	2,4	2,6
	Standardna devijacija	0,7	0,7	0,7	0,9	0,5
	Medijan	4	2	2	2	3
	Mod	4	2	2	2	3
	Frekvencija	10	7	9	10	9
C.2. Prijelazne naprave	Prosječna ocjena	2,9	2,9	4,7	4,4	3,1
	Standardna devijacija	0,8	1,0	0,5	0,5	0,7
	Medijan	3	3	5	4	3
	Mod	2	4	5	4	3
	Frekvencija	6	5	11	9	11
C.3. Ležajevi	Prosječna ocjena	2,1	2,3	2,5	2,5	2,2
	Standardna devijacija	1,3	0,6	0,8	0,8	0,4
	Medijan	2	2	2	2	2
	Mod	1	2	2	2	2
	Frekvencija	6	12	9	10	12
D.1. Kolnik/pješački hodnici	Prosječna ocjena	4,0	2,3	2,8	3,7	2,1
	Standardna devijacija	0,8	0,9	1,0	0,6	0,5
	Medijan	4	2	2	4	2
	Mod	4	2	2	4	2
	Frekvencija	5	11	8	8	14
D.2.1. Odbojna ograda	Prosječna ocjena	-	2,5	3,1	-	-
	Standardna devijacija	-	0,7	1,1	-	-
	Medijan	-	3	3	-	-
	Mod	-	3	2	-	-
	Frekvencija	-	7	6	-	-
D.2.2. Pješačka ograda	Prosječna ocjena	4,0	2,5	3,2	3,0	3,5
	Standardna devijacija	0,9	0,7	1,1	0,9	1,0
	Medijan	4	3	3	3	3
	Mod	5	3	3	3	3
	Frekvencija	6	7	7	6	6
D.3. Ostalo	Prosječna ocjena	2,7	2,0	2,6	2,2	2,4
	Standardna devijacija	0,5	0,0	0,5	0,4	0,5
	Medijan	3	2	3	2	2
	Mod	3	2	3	2	2
	Frekvencija	11	15	9	12	9

Možemo zaključiti da su se inženjeri koji su dali ocjene 1 i 2 (četvorica) ograničili na opažanje neposrednog stanja elementa, dok su oni koji su dali ocjene 4 i 5 (sedmorica) širim obuhvatom indikativnih pojava ustanovili da je element koji ocjenjuju neposredno ugrožen i predstavlja prijetnju sigurnosti

prometa. Inženjeri koji su dodijelili ocjenu u sredini raspona, 3 (četvorica) vjerojatno su prepoznali indikaciju oštećenja ali nisu smatrali da ono neposredno ugrožava sigurnost. Medijan mjeri srednju vrijednost, odnosno mjesto u sredini grupe ocjena u statističkoj raspodjeli na način da polovina

ocjena u grupi ima vrijednost veću od medijana, a polovina ocjena u grupi ima vrijednost manju od medijana. Prema podacima je očito da za grupu ocjena oštećenja prema medijanu 4 i 5 koja predstavljaju znatna oštećenja elemenata, odnosno njihovu potpunu neupotrebljivost, raspodjela rezultata prema standardnoj devijaciji zadovoljava uvjet $\sigma < 1,0$. To znači da je polovina oštećenja koja predstavljaju znatnu opasnost za konstrukciju ocijenjena u granicama vrijednosti stupnja oštećenja za jednu višu/nižu razinu ocjene. Ovaj podatak predstavlja zadovoljavajuću točnost za vizualno opažanje koje je kategorijski u ovom istraživanju podijeljeno ocjenama u pet razina.



Slika 4. Upornjaci i stupovi (Most 1) u vrijeme pregleda, s vidljivim znakovima podlokavanja



Slika 5. Prometna površina i ograde (Most 1)

Mod je oblik kvalitativnog ili kvantitativnog obilježja koji se najčešće pojavljuje, odnosno oblik obilježja s najvećim brojem ponavljanja, odnosno frekvencijom. Kod nominalnih obilježja mod se određuje brojenjem. Za ocjene oštećenja s frekvencijom ponavljanja moda natpolovične većine od 15 ispitanika ($f \geq 8$) evidentirana je podudarnost u 62% od ukupnog broja ocijenjenih elemenata. S obzirom na neparan uzorak ispitanika, ako smanjimo granicu frekvencije ponavljanja moda na ($f \geq 7$), evidentirana podudarnost od ukupnog broja ocijenjenih elemenata iznosi zadovoljavajućih 75 %. Slaganje ispitivača osobito je izraženo oko vidljivih manifestacija većih oštećenja

Odnos modalne vrijednosti i prosječne ocjene daje opisni podatak o raznolikosti odstupanja unutar grupe ocjena oštećenja. Isključi li se decimalna mjera prosječne vrijednosti i primijeni matematički princip zaokruživanja vrijednosti na veću punu ocjenu, uspoređivanjem s modom za istu grupu ocjena oštećenja može se zaključiti o različitosti ocjena unutar grupe. Veća raznolikost u pojedinačnim ocjenama pojavljuje se unutar grupa kod kojih modalna vrijednost i prosječna ocjena ne ulaze u istu razinu ocjene oštećenja, što je slučaj u 17 % od ukupnog broja ocijenjenih elemenata. To znači da u odnosu rezultata koji pripadaju modu (ocijeni s najvećom frekvencijom ponavljanja), postoji značajnija raspršenost preostalih rezultata.

Budući da u ovom istraživanju nema jasno određene točne vrijednosti koja pripada pojedinom elementu mosta, ocjenjivanje uspješnosti pojedinih ispitivača možemo mjeriti odstupanjem njihovih ocjena pojedinih elemenata od srednje vrijednosti – najmanje odstupanje upućuje na najboljega, a najveće na najlošijega ispitivača. Princip je prikazan u tablici 4: za svaku danu ocjenu računa se odstupanje od prosječne vrijednosti, koje onda predstavlja mjeru uspješnosti ocjenjivača.

Tablica 4. Odstupanja ocjena pojedinih ocjenjivača od srednje vrijednosti na primjeru ocjenjivanja gornjeg ustroja (Most 1)

Ocjenjivač	Gornji ustroj - MOST 1							
	C.1.1.		C.1.2.		C.2.		C.3.	
	ocjena	odst.	ocjena	odst.	ocjena	odst.	ocjena	odst.
1	4	0,20	4	0,27	4	1,13	4	1,87
2	4	0,20	4	0,27	2	0,87	4	1,87
3	4	0,20	4	0,27	2	0,87	1	1,13
4	4	0,20	4	0,27	3	0,13	2	0,13
5	4	0,20	4	0,27	2	0,87	1	1,13
6	4	0,20	2	1,73	2	0,87	2	0,13
7	4	0,20	4	0,27	2	0,87	2	0,13
8	3	0,80	3	0,73	3	0,13	1	1,13
9	3	0,80	3	0,73	3	0,13	1	1,13
10	4	0,20	5	1,27	4	1,13	5	2,87
11	4	0,20	4	0,27	3	0,13	3	0,87
12	4	0,20	4	0,27	4	1,13	2	0,13
13	3	0,80	3	0,73	3	0,13	1	1,13
14	4	0,20	4	0,27	2	0,87	1	1,13
15	4	0,20	4	0,27	4	1,13	2	0,13
Srednja vrijednost	3,8		3,73		2,87		2,13	
Standardna devijacija	0,41		0,7		0,83		1,3	

Tablica 5. Broj najmanjih i najvećih odstupanja ocjena od srednje vrijednosti koji se odnose na ocjenjivače i mostove

Frekvencija odstupanja ocjena od srednje vrijednosti												
Ocjenjivač	Most 1		Most 2		Most 3		Most 4		Most 5		Ukupno	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1	7	2	6	0	6	2	2	4	5	5	26	13
2	7	0	5	3	4	5	5	4	9	1	30	13
3	5	2	8	0	8	0	9	0	8	1	38	3
4	6	2	7	3	7	1	7	1	6	4	33	11
5	6	2	8	0	6	0	7	0	8	1	35	3
6	5	3	4	1	7	1	4	1	8	2	28	8
7	5	2	6	1	7	2	4	2	6	4	28	11
8	2	5	7	0	6	1	5	2	9	0	29	8
9	2	5	7	0	6	1	5	2	9	0	29	8
10	2	6	2	3	4	6	4	6	5	4	17	25
11	5	4	9	0	4	4	8	1	8	2	34	11
12	6	3	7	1	7	1	6	2	10	1	36	8
13	2	5	7	0	6	1	5	2	9	0	29	8
14	6	1	7	1	3	4	4	1	4	6	24	13
15	7	3	10	1	8	1	10	0	9	0	44	5

Brojem frekvencije pojave ocjena koje najmanje, odnosno najviše odstupaju od prosjeka za svakog ocjenjivača i svaki most, možemo izvesti zaključke o bliskosti kriterija po kojima ocjenjivači prosuđuju oštećenja mostova. U tablici 5 prikazan je broj ocjena po kojima je svaki ocjenjivač najbliže, odnosno najdalje od prosječne vrijednosti.

Razmatrajući apsolutna odstupanja od srednjih vrijednosti, evidentirana je frekvencija pojave apsolutno najlošijih rezultata kod istog ocjenjivača u 4 od 5 primjera. Tako visoko odstupanje pojedinca od uobičajenih rezultata ostalih ispitanika upućuje na to da navedeni ispitivač ima drugačije kriterije ocjenjivanja od ostatka ispitne grupe.

Atribut apsolutno najboljega ocjenjivača prema pet zadanih primjera pojavljuje se kod iste osobe dva puta, dok u preostala tri primjera on pripada različitim ocjenjivačima. U konačnici razvidno je da ocjene ocjenjivača 10 možemo smatrati upitnima, dok je ocjenjivač 3 u prosjeku najbliži srednjoj vrijednosti. Treba naglasiti da ovakvu prosudbu ocjenjivača ne možemo interpretirati kao apsolutnu, jer usporedba sa srednjom vrijednošću nije egzaktni pokazatelj, međutim ona je dobar indikator za ujednačavanje kriterija.

6. Prijedlozi za unaprjeđenje sustava ocjenjivanja stanja mostova

Osnovni cilj istraživanja bio je provjeriti ujednačenost ocjenjivanja mostova koja se provode u sklopu pripreme planova izvanrednog održavanja. Općenito govoreći, pokazuje

se da kod nekih tipova oštećenja postoje velika odstupanja u ocjenama, do te mjere da su za neka oštećenja različiti ispitivači dali ocjene u čitavom rasponu, od neoštećeno do neupotrebljivo temeljem istih podloga. Ovakav rezultat sugerira da je potrebno kontinuirano raditi na unaprjeđenju sustava koji je organizacijski razmjerno dobro postavljen, ali očito ima nedostataka u načinu na koji inženjeri percipiraju oštećenja.

Razumno je predložiti organizaciju radionica za inženjere koji rade vizualne preglede mostova, uz temeljitu pripremu koja obuhvaća izradu kvalitetnijih pomagala – priručnika za preglede. Postojećem priručniku može se zamjeriti prevelika općenitost i formaliziran pristup ocjenjivanju. Edukaciju inženjera za mostove treba usmjeriti prema dubljem shvaćanju procesa dotrajavanja, kao i njihovih posljedica za sigurnost prometa na državnim cestama. Takve radionice trebaju biti organizirane kao stručno usavršavanje. Edukacija inženjera treba biti usmjerena na šire spoznavanje problematike oštećenja, kako bi bili u stanju prepoznati indikacije koje upućuju na djelovanje određenih mehanizama dotrajavanja i prije nego se pojave vanjski pokazatelji oštećenja.

7. Zaključak

Bez obzira na napredak tehnologije, vizualni će pregledi i dalje ostati glavno pomagalo za prikupljanje podataka o stanju mostova. Prikazano istraživanje i obrada rezultata upućuju na mogućnost ocjenjivanja kvalitete rada inženjera za mostove,

kao i na oštećenja čija je identifikacija i vrednovanje dvojbena. Općenito, rezultati istraživanja pokazuju razmjerno dobru ujednačenost s obzirom na poznate nedostatke subjektivne i kvalitativne metode vizualnog pregleda mostova. Izdvojeni slučajevi znatnog neslaganja u ocjenama indikacija su za tipične situacije u praksi, na koje treba obratiti posebnu pozornost kroz radionice i razradu priručnika za ocjenjivanje mostova.

Prema sadašnjoj metodologiji, ocjena općeg stanja mosta proizlazi iz zbroja oštećenja pojedinih elemenata. U stvarnosti opće stanje može biti zadovoljavajuće usprkos nizu manjih oštećenja dijelova mosta, i obratno: most može biti ugrožen bez velikog broja uočenih lokalnih oštećenja. U tom smislu potrebno je odrediti čvrste kriterije za donošenje opće ocjene stanja mosta temeljem vizualnog pregleda. Upute za određivanje opće ocjene trebaju dati jasne smjernice za bilježenje vidljivih manifestacija globalnog stanja (deformacije, vibracije) kao i za indikatore težih oštećenja (promet, uvjeti okoliša, redovno održavanje). Lokalna oštećenja elemenata imaju manju ulogu u određivanju općeg stanja mosta.

Danas u Hrvatskoj dio pregleda praćenih ispitivanjima provode specijalisti u svojstvu izvoditelja na ugovorenim

poslovima, dok veći dio rutinskih pregleda obavljaju zaposlenici upravitelja dijela cestovne mreže, primjenjujući pri tome najmanje dva sustava. Posebno je značajno uspostaviti komunikaciju između stručnjaka koji obavljaju slične poslove kako bi se razmjenom iskustava ujednačila i unaprijedila praksa gospodarenja važnim i skupim nacionalnim resursom. Također je vrlo bitno kontinuirano raditi na motivaciji ispitivača mostova. Bitan iskorak u tome smjeru moguće je provedbom postojeće regulative i razradom podzakonskih akata, kojima će se poslovima vezanim uz gospodarenje građevinama pridati ista razina odgovornosti kakva već postoji u poslovima vezanim uz građenje. Konkretno, nalazi pregleda više razine trebaju biti ovjereni pečatom ovlaštenog inženjera.

Zahvala

Prikazano istraživanje provedeno je uz potporu poduzeća Hrvatske ceste, uz korištenje podataka iz Baze cestovnih podataka (BCP). Autori zahvaljuju na trudu i razumijevanju svim nadležnima koji su odobrili rad i korištenje podataka, a napose inženjerima zaduženima za preglede mostova koji su sudjelovali u istraživanju.

LITERATURA

- [1] Kršinić, N.: Sustav za upravljanje i gospodarenje mostovima u Republici Hrvatskoj, Zbornik radova IV. kongresa DHGK, Hrvatsko društvo građevinskih konstruktora, J. Radić (ur.), Cavtat 1996., str. 87-93
- [2] Žugelj, V.: Hrvatski sustav za upravljanje i gospodarenje mostovima (HRMOS), Zbornik radova Četvrtog općeg sabora HDGK, Hrvatsko društvo građevinskih konstruktora, J. Radić (ur.), Brijuni, 1998., str. 231 - 236
- [3] Radić, J.: Prosudba utjecaja na trajnost mostova u Hrvatskoj, Zbornik radova prvog znanstvenog kolokvija "Mostovi", Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Brijuni 1991., 219-232
- [4] Coren, S., Ward, L.M., & Enns. J.T.: Sensation and Perception (5th edition). New York: JohnWiley & Sons, Inc., 2003.
- [5] Goldstein, E.B.: Osjeti i percepcija. Jastrebarsko: Naklada Slap., 2011.
- [6] Radić, J. i dr.: BETONSKE KONSTRUKCIJE 4 – SANACIJE; poglavlje: Gospodarenje građevinama (Radić, J.; Bleiziffer, J.; Tkalčić, D.), Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb 2008., str.227-324
- [7] Guidelines for bridge management systems, American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO, Washington, 1993.
- [8] Reliability of visual inspection for highway bridges, Volume I: Final Report, FHWA-RD-01-020 JUNE 2001, Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center, US Department of Transportation, Federal Highway Administration
- [9] Radić, J.; Velan, D.; Zekušić, L.: Osvrt na stanje cestovnih mostova u SR Hrvatskoj, Zbornik radova s XII. kongresa Saveza društava za puteve "Via Vita", Budva 1986., 259-262
- [10] Radić, J.; Šavor, Z.; Puž, G.; Bleiziffer, J.; Balažić, A.: Asset management system for croatian motorways, Proceedings of Fib symposium Concrete structures – Stimulators of development, SECON, Dubrovnik 2007, pg. 881.-888.
- [11] Thompson, P.D.; Shepard, R.W.: AASHTO – Commonly recognized bridge elements, Materials for National Workshop on Commonly Recognized Measures for Maintenance, Scottsdale, Arizona, June, 2000
- [12] Pauše, Ž.: Uvod u matematičku statistiku, Školska knjiga, Zagreb, 1993.