

Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova

Ana Mandić, Jure Radić

Ključne riječi

opterećenja mostova, hrvatski propisi, europske norme, klimatske pojave, prometne okolnosti, seizmika

Key words

bridge load, Croatian regulations, European standards, climatic conditions, transport factors, seismicity

Mots clés

charge appliquée aux ponts, règlements croates, normes européennes, particularités climatiques, circonstances relatives au transport, sismologie

Ключевые слова

нагрузки мостов, хорватские нормы, европейские нормы, климатические явления, обстоятельства транспортного сообщения, сейсмика

Schlüsselworte

Brückenbelastung, kroatische Vorschriften, europäische Normen, Klimaverhältnisse, Verkehrsverhältnisse, Seismik

A. Mandić, J. Radić

Pregledni rad

Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova

Polazi se od toga da će se budući propisi za opterećenja mostova u Hrvatskoj temeljiti na europskim normama uz uvođenje naših posebitosti zbog drukčijih klimatskih, ambijentalnih i prometnih okolnosti u odnosu na europske države, ali različitih i u pojedinim dijelovima naše zemlje. Uspoređuju se opterećenja i njihovi utjecaji na mostove prema novim europskim normama, propisima iz prošlosti te važećim propisima kako bi se uočila potreba za intervencijama na postojećim mostovima.

A. Mandić, J. Radić

Subject review

Contribution to modernization of bridge load regulations

The authors assert that Croatia's future regulations about bridge loads will be based on European standards. Nevertheless, some features specific to Croatia will be kept to take into account local climatic, environmental and transport characteristics, that differ from those typical for other European countries. In addition, regional differences within our country will also be taken into account. Loads and their influence on bridges are analyzed by making comparisons among new European standards, past regulations and current regulations, in order to identify interventions to be made on existing bridges.

A. Mandić, J. Radić

Ouvrage de syntèse

Contribution à la modernisation des règlements concernant la charge appliquée aux ponts

Les auteurs affirment que, dans l'avenir, les règlements croates sur les charges appliquées aux ponts seront basés sur les normes européennes. Toutefois, quelques particularités de Croatie seront conservées afin de prendre en compte les caractéristiques locales tels que climat, environnement et transport, où la différence est considérable par rapport aux autres pays européens. En plus, les différences entre les régions individuelles croates seront également prises en compte. Les charges et leur influence sur ponts sont analysés par comparaison entre nouvelles normes européennes, règlements précédents, et règlements actuellement en vigueur, afin d'identifier les interventions à faire sur les ponts existants

A. Мандић, Ј. Радич

Обзорная работа

Приложение осовременению норм по нагрузке мостов

В работе исходит из того, что будущие нормы по нагрузке мостов в Хорватии будут основываться на европейских нормах при введении наших особенностей из-за других климатических условий, условий окружающей среды и обстоятельств транспортного сообщения по сравнению с европейскими государствами, но и различных в отдельных краях нашей страны. Сравниваются нагрузки и их влияния на мосты согласно новым европейским нормам, правилам из прошлого, а также существующим правилам с целью установить потребность технического вмешательства на существующих мостах.

A. Mandić, J. Radić

Übersichtsarbeit

Beitrag zur Modernisierung der Vorschriften für Brückenbelastung

Man geht von der Tatsache aus dass die zukünftigen Vorschriften für Brückenbelastung in Kroatien sich auf den europäischen Normen begründen werden, mit Rücksichtnahme auf kroatische Besonderheiten, wie andersartige Klima-, Umwelt- und Verkehrsverhältnisse, aber unterschiedlich auch in einzelnen Teilen Kroatiens. Verglichen sind Belastungen und deren Einflüsse auf Brücken nach den neuen europäischen Normen, Vorschriften aus der Vergangenheit und den gültigen Vorschriften, um die Notwendigkeit von Interventionen an bestehenden Brücken wahrzunehmen.

Autori: Mr. sc. **Ana Mandić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet;
prof. dr. sc. **Jure Radić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

1 Uvod

Opterećenja na mostove sadržana su u propisima i normama koje imaju zadaću obuhvatiti realna vanjska djelovanja u nastojanju da se dobiju građevine poznate i željene sigurnosti koje bez oštećenja mogu podnositi sva opterećenja što se pojavljuju tijekom same izgradnje i pri uporabi mosta.

Velik broj naših postojećih mostova proračunan je prema starim Privremenim tehničkim propisima (PTP).

U zamahu gradnje cesta naši graditelji projektiraju i izvode mostove koristeći se vrijedećim hrvatskim propisima, (Pravilnicima), koje nadomještaju stranim normama, prvenstveno njemačkim, a nerijetko i britanskim ili švicarskim, a u najnovije vrijeme prijedlozima europskih propisa Eurocode (EC) odnosno europskim normama (ENV).

Problemi se pojavljuju kada se propisi i norme, koji su većinom neusklađeni, miješaju, primjerice, opterećenja se odaberu prema jednom propisu, a njihove kombinacije i dimenzioniranje prema drugom. Problemi mogu biti i u okviru istih propisa koji neka računski opterećenja ne uzimaju u iznosima koji odgovaraju realnim opterećenjima koja se mogu pojaviti u životnom vijeku mosta što onda može rezultirati potrebom za ojačanjem pojedinih dijelova mostova. Ponekad su norme i prestroge, odnosno daju sigurnost građevine iznad potrebne pa time poskupljuju izgradnju.

Vremenske promjenjivosti djelovanja te novosti u samom pristupu sigurnosti i uporabljivosti građevina imaju za posljedicu potrebu za osuvremenjivanjem propisa za opterećenja.

U skoroj bi se budućnosti za opterećenja mostova u Hrvatskoj trebali primjenjivati isključivo propisi prilagođeni prijedlozima europskih propisa Eurocode, sadržani u norma ENV 1991-2 i ENV 1991-3 te, europski propisi Eurocode 8/2 namijenjeni seizmičkom proračunu mostova.

Međutim, prihvaćanje europskih norma ne smije se dogoditi nekritički, bez promišljanja i analiza, već je potrebno ispitati mogućnosti primjene Eurocoda u našim okolnostima, odnosno ustanoviti i uvrstiti određene posebitosti djelovanja na mostove u nove Hrvatske norme.

2 Normativna opterećenja mostova s posebitostima realnih opterećenja u Hrvatskoj

S obzirom na niz različitih svojstava djelovanja opterećenja ili očitovanja tih djelovanja na samu konstrukciju, prisutne su različite podjele opterećenja na mostove. Dajemo jedinstvenu podjelu opterećenja koja je vidljiva u budućim podpoglavljima. Preuzimanjem europskih

norma, neka od ovih opterećenja, prema svojoj prirodi, uzimat će se jednako u svim europskim zemljama, a u skladu s novim proračunom sigurnosti i uporabljivosti konstrukcija, dok će se ostala opterećenja razlikovati od zemlje do zemlje, pa i unutar pojedine zemlje, kao odraz različitih klimatskih, ambijentalnih i prometnih okolnosti koje ih uzrokuju.

Primjena europskih norma zahtijevat će u nekim slučajevima prilagođavanja, ojačanja pojedinih dijelova postojećih mostova, kako bi se zadovoljila nova poimanja nosivosti i uporabljivosti konstrukcija, pa se ovdje daju i neke bitnije usporedbe europskih norma s do sada upotrebljivanim propisima.

2.1 Vlastita opterećenja nosive konstrukcije i svih ostalih dijelova mosta

Vlastita težina nosive konstrukcije izdvaja se iz ukupnog vlastitog opterećenja mosta kako bi njezine početne pretpostavljene vrijednosti bilo lakše mijenjati u konačnu ako se proračunom za to pokaže potreba.

Za vlastita opterećenja ostalih dijelova mosta, prema novim europskim normama (ENV 1991-2-1), potrebno je odrediti gornju i (ako je mjerodavna) donju granicu nominalne vrijednosti čime se uzima mogućnost početnog odstupanja (npr. odstupanja kota gornjih površina kolničke ploče od projektiranih kota, potreba spajanja slojeva kolnika na mostu i cesti) i promjene tijekom vremena (trošenje kolnika, dodavanje novih slojeva, dodavanje razvodnih cjevovoda i druge opreme) pa se za određivanje karakterističnih vrijednosti uzima nominalna vrijednost uvećana ili umanjena za određeni postotak, najčešće 20%.

2.2 Opterećenja zbog svojstava gradiva

2.2.1 Prednapinjanje

Prema Eurocodu 2 prednapete konstrukcije valja dimenzionirati po metodi graničnih stanja, s tim da se prednapeta armatura predvidi ili odredi metodom dopuštenih napona. Računske veličine izazvane prednapinjanjem kao vanjskim djelovanjem (rezne sile, naponi, deformiranje, raspucavanje) moraju biti manje od odgovarajućih vrijednosti nosivosti i graničnih vrijednosti uporabljivosti.

2.2.2 Skupljanje i puzanje

Pravilnik o tehničkim normativima za beton i amirani beton (PBAB) daje tablične vrijednosti konačnih koeficijentata skupljanja ovisno o srednjem polumjeru presjeka i relativnoj vlažnosti zraka te odnose skupljanja u vremenu i njegove konačne vrijednosti ovisno o srednjem polumjeru za konstrukcije u sredini konstantne vlažnosti i temperature.

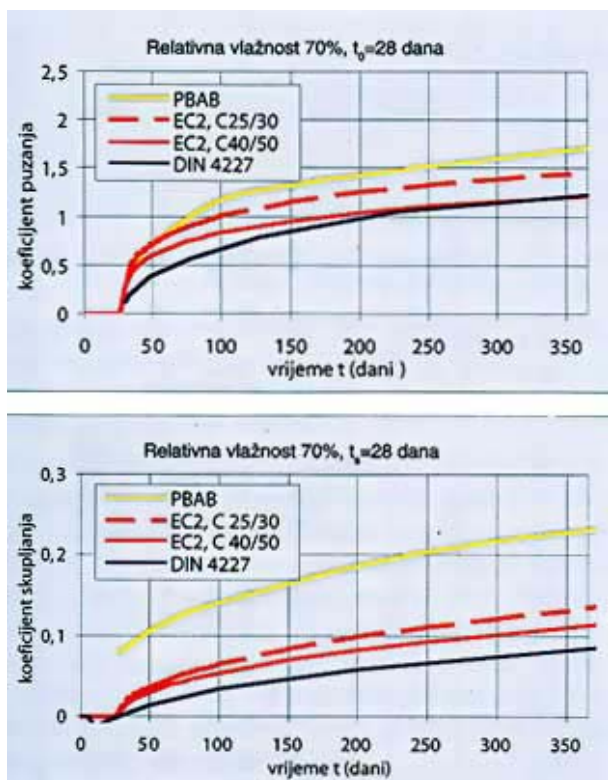
PBAB daje i tablične vrijednosti konačnih koeficijenata puzanja ovisno o starosti pri opterećenju, srednjem polumjeru i vlažnosti te za stalnu vlažnost i temperaturu tablično određivanje koeficijenata puzanja ovisno o trajanju opterećenja i konačnom koeficijenu puzanja.

Njemački propisi DIN 4227-1 daju osnovne vrijednosti koeficijenata skupljanja i puzanja koje se dodatno množe koeficijentima ovisnim o vremenu i efektivnom polumjeru presjeka. Dosadašnji propisi daju diskretne vrijednosti koeficijenata puzanja i skupljanja koje spojene krivuljom mogu prikazati vremensku promjenu ovih koeficijenata.

Aneksom propisa EC2 daju se izrazi za prognozu skupljanja i puzanja u vremenu u funkciji starosti betona, čvrstoći betona, vrsti cementa, vlažnosti zraka i srednjem polumjeru presjeka.

Na slici 1. su usporedbe koeficijenata skupljanja i puzanja za sandučasti poprečni presjek mosta srednjeg polumjera presjeka $h_0 = 314$ mm.

Koeficijenti puzanja određeni su za starost betona u trenutku nanošenja opterećenja od 28 dana. Eurocode daje vrijednosti ovih koeficijenata između onih prema njemačkom DINu i Pravilniku pri čemu su europske norme uvijek na strani sigurnosti prema njemačkim. Pravilnik daje bitno veće koeficijente stoga što se određuju približno.



Slika 1. Promjena koeficijenata skupljanja i puzanja u vremenu za $h_0 = 314$ mm

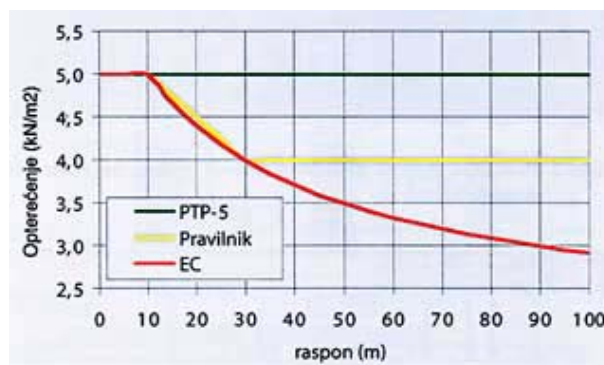
Jedino Eurocode daje ovisnost o klasi betona te za nižu klasu betona odstupanja Eurocoda i njemačkih propisa postaju veća, a odstupanja Pravilnika i Eurocoda se smanjuju.

U proračunu puzanja i skupljanja betona ne uzima se u obzir količina cementa, vodocementni faktor, utjecaj aditiva i plastifikatora, koji mogu utjecati na odstupanja stvarnih vrijednosti ovih koeficijenata u odnosu na teorijske.

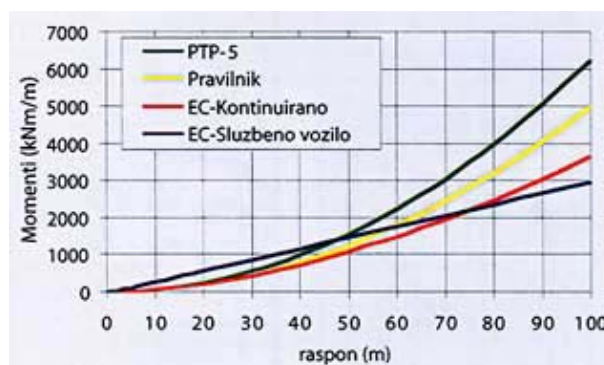
2.3 Prometna opterećenja

2.3.1 Pješački mostovi

Zakovitosti promjene opterećenja ovisno o rasponu pješačkog mosta navedne su na slici 2. Kao rezultat takvog opterećenja prikazani su i momenti savijanja po metru širine pješačkog mosta, statičkog sustava slobodno oslonjene grede (slika 3.).



Slika 2. Prometno opterećenje pješačkih mostova ovisno o rasponu



Slika 3. Maksimalni momenti savijanja po metru širine pješačkog mosta

Opterećenje pješačkih mostova jednako je prema navedenim propisima za raspane mostova do 10,0 m i iznosi 5 kN/m^2 .

Trenutno valjani hrvatski *Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja mostova* ograničava minimalno opterećenje na $4,0 \text{ kN/m}^2$, dok europske norme (ENV 1991-2-1) smanjuju granicu na $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Vidljivo je kako primjena novijih propisa rezultira značajno manjim momentima za veće raspone pješačkih mostova. Novijim propisima uzeta je u obzir smanjena vjerojatnost pojave iste gustoće pješaka na mostovima većih raspona.

2.3.2 Cestovni mostovi

Razvoj cestovnog prometa vrlo brzo napreduje što pokazuje primjerice prosječni dnevni promet u jednoj godini na autocesti Zagreb-Karlovac od 1973. pa do 2002.



Slika 4. Prosječni dnevni promet u jednoj godini na autocesti Zagreb-Karlovac

Posljedica je toga potreba za proračunskim shemama koje moraju sadržavati i procjenu prometa u budućnosti, a u okvirima vijeka trajanja mostovne konstrukcije.

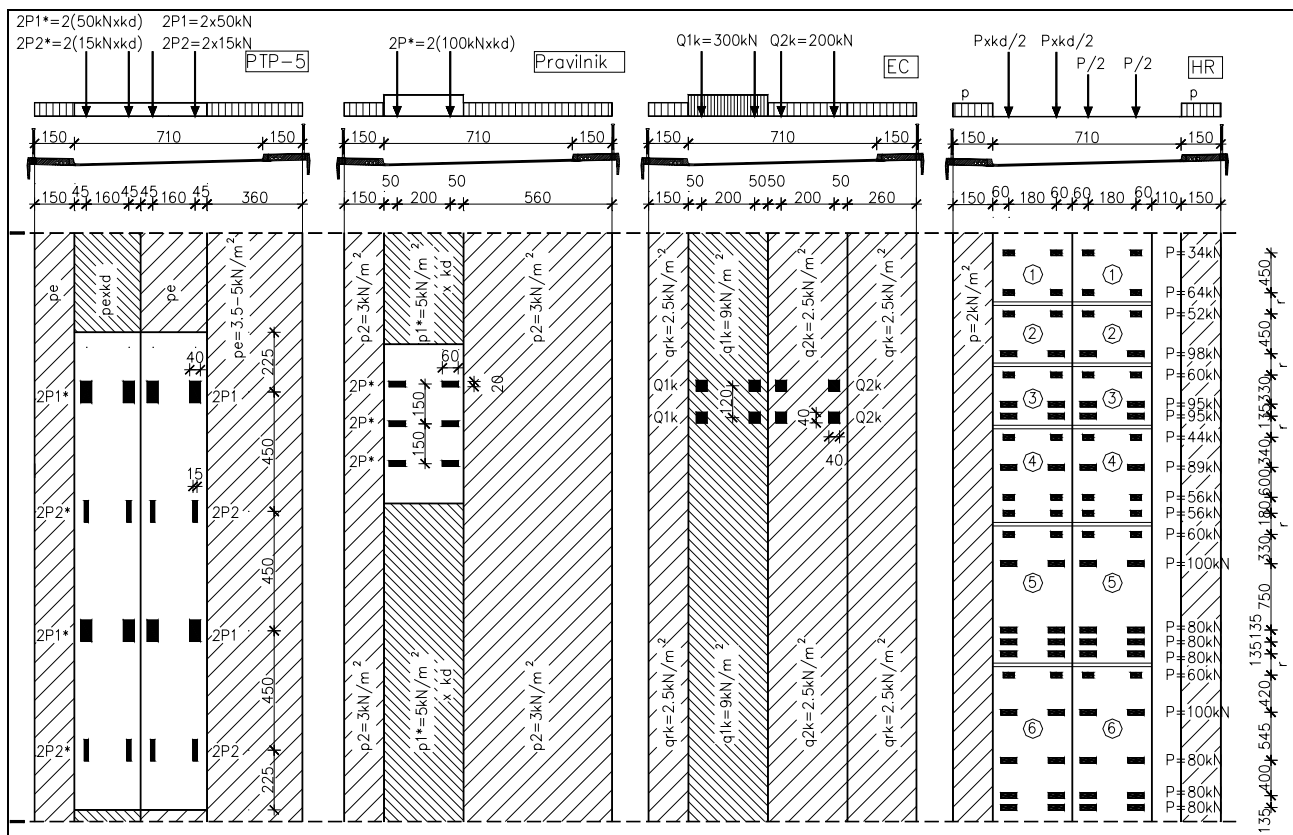
Hrvatska bi država ulaskom u Europu trebala biti u stanju prihvatiti prometna opterećenja europskih prometnica, a koja su sadržana u prijedlozima novih europskih propisa Eurocode, prednorma ENV 1991-3-Prometna opterećenja mostova.

Uspoređeni su utjecaji od normativnih shema opterećenja i onih izazvanih stvarnim prometom na primjeru mosta za državnu cestu (slika 5.).

Prema starim Privremenim tehničkim propisima za opterećenje mostova na putovima (PTP-5) za ovu širinu kolnika predviđaju se dva motorna vozila, kontinuirano opterećenje ovisno o rasponu te uvećanje opterećenja u jednom traku dinamičkim faktorom.

Prema Pravilniku rabi se shema V600 te se opterećenje u glavnom traku množi s dinamičkim faktorom.

Prema ENV 1991-3 predviđaju se dva vozna traka s odgovarajućim dvostrukim osovinskim i kontinuiranim opterećenjima. Dinamički utjecaji uključeni su u vrijednosti shematskih opterećenja.



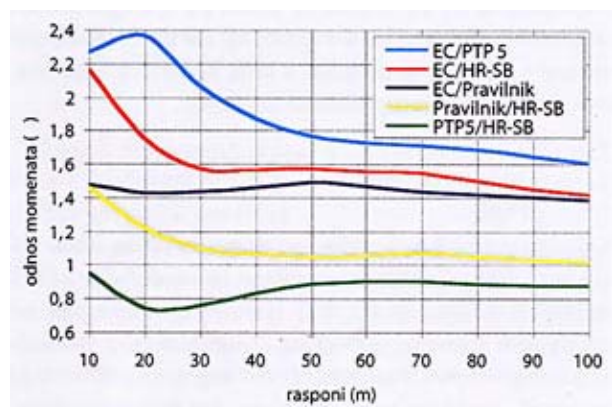
Slika 5. Sheme prometnog opterećenja državne ceste

Za simulaciju stvarnog prometa primjenjuju se podaci o prosječnom dnevnom prometu na godinu za Slavonski Brod – istok iz 2001. kao mjerodavno brojačko mjesto zbog najveće zastupljenosti teških vozila (1 – 6). Računalnim programom Sofistik preko greda raspona 10,0 do 100,0 m propušta se kolona od 1000 vozila ukupne duljine veće od 13.000 m.

Pojedina se vozila modeliraju osovinskim opterećenjem kao koncentriranim silama na poznatim osovinskim razmacima. Gustoća prometa pretpostavlja se razmakom vozila od 3,0 m za mostove najmanjih raspona (10,0 m) pa do razmaka 5,0 m za najveći raspon od 100,0m.

Funkcijom “random” u sklopu računalnog programa Excel obavlja se slučajni odabir rasporeda pojedinih vozila u koloni. Pretpostavljaju se dvije jednake kolone vozila u poprečnom presjeku mosta, a opterećenje u jednom traku množi se s dinamičkim faktorom prema vrijedećem Pravilniku. Osim teških vozila uzima se i opterećenje pješacima od 2,0 kN/m² na preostaloj površini mosta.

Uspoređuju se maksimalni momenti savijanja po metru širine mosta statičkog sustava slobodno oslonjene grede.



Slika 6. Usporedbe maksimalnih momenata savijanja dobivenih normativnim shemama i simulacijom stvarnog prometa

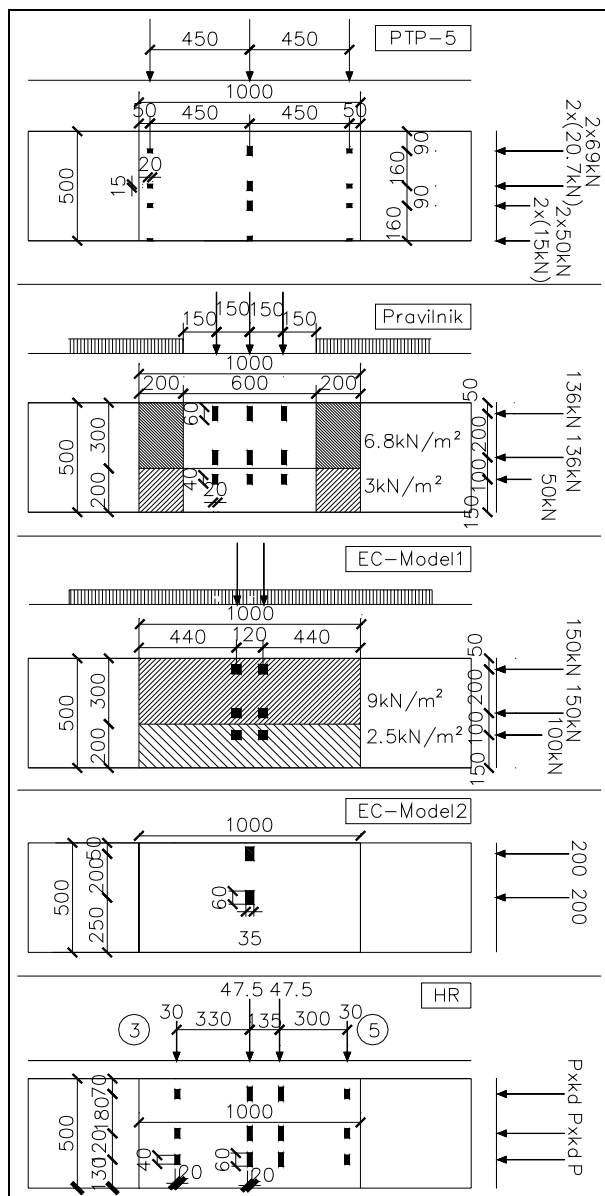
Mostovi proračunani prema PTP-5 zahtijevat će, s obzirom na maksimalni promet na hrvatskim cestama ojačanja rasponskog sklopa za granično stanje uporabljivosti od 5% do 20%.

Mostovi proračunani prema valjanim Pravilnicima zadovoljavaju granično stanje uporabivosti za današnji promet na hrvatskim cestama, a razlike su posebno uočljive pri manjim rasponima mostova, dok se za raspane veće od 40,0 m razlike minimiziraju na manje od 10%. Eurocode zbog izrazitih vrijednosti osovinskih opterećenja daje bitno veće utjecaje nego su oni izazvani stvarnim prometom (40 za najveće do 115% za najmanje raspane). Usvajanjem europskih prometnih shema povećat će se rezerve do graničnog stanja uporabljivosti.

Ako je težnja uporabljivost prema europskim normama, bit će potrebna ojačanja mostova proračunanih prema

Pravilniku u prosjeku za 45% veće momente savijanja, a mostovi proračunani prema starom PTP-5 trebali bi ojačanja za od 60% do 140% veće momente. Ovi rezultati vrijede za mostove na državnim cestama.

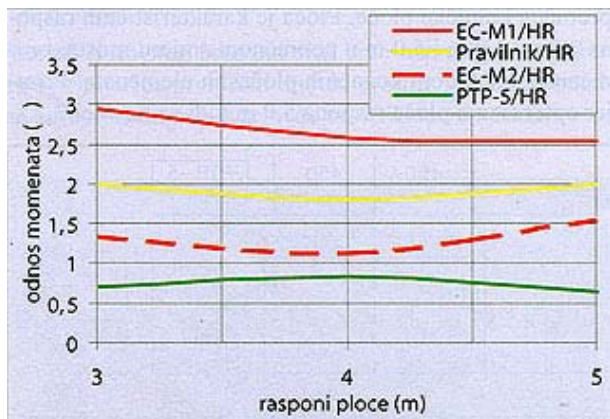
Da bismo uočili utjecaj prometnog opterećenja na lokalni proračun u poprečnom smjeru mosta proveden je i proračun kolničke ploče. Ploča je karakterističnih raspona 3,0 m, 4,0 m i 5,0 m u poprečnom smjeru mosta, proračunana metodom konačnih pločastih elemenata. Primjer opterećenja ploče raspona 5,0 m vidi se na slici 7.



Slika 7. Normativna i stvarna opterećenja kolničke ploče

Uspoređeni su utjecaji do sada navedenih shema prometnog opterećenja prema starom PTP-5, vrijedećem Pravilniku i Modelu 1 europskih shema. Osim toga proračun je proveden i na opterećenje Modelom 2 prema

ENV 1991-3 koji je namijenjen lokalnim proračunima te na opterećenje realnim vozilima tip 3 i 5 koja su odabrana zbog najvećih vrijednosti osovinskih opterećenja i to na najmanjem razmaku. Uspoređuju se poprečni momenti savijanja po metru širine kolničke ploče.



Slika 8. Usporedbe momenata savijanja kolničke ploče dobivenih normativnim shemama i opterećenjima stvarnih vozila

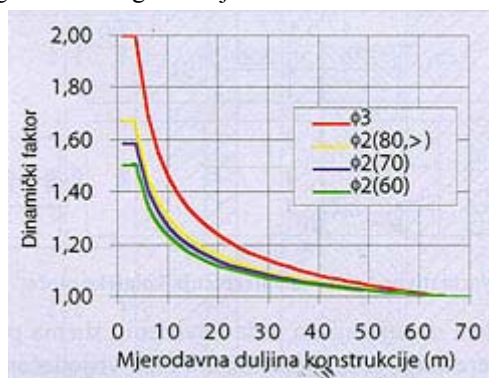
Stari propisi daju nešto manje utjecaje u kolničkoj ploči nego stvarna opterećenja.

Vidljivo je kako realno opterećenje daje momente prilično manje i od vrijedećih shema prema Pravilniku što navodi na zaključak da one nisu prikladne za lokalne proračune. Proračun kolničke ploče na opterećenja sheme prema Pravilniku na strani je sigurnosti prema proračunskim utjecajima koje bi proizvelo stvarno opterećenje.

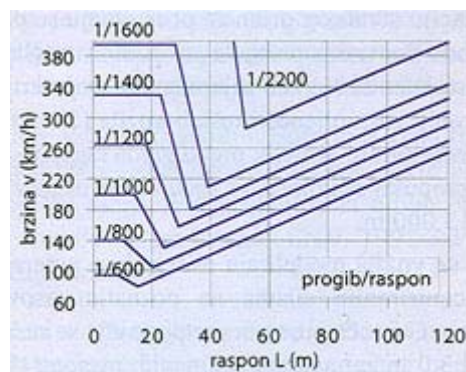
Europski model 1 daje izrazito veće utjecaje u kolničkoj ploči pa bi za takvu vrstu proračuna bilo prikladnije koristiti se modelom 2 opterećenja.

2.3.3 Željeznički mostovi

Korisna opterećenja mostova od uobičajenih željeznica jednoznačna su u svim propisima. Opterećenja glavnih pruga normalnog kolosijeka čini shema UIC-71 ili Mo



Slika 9. Dinamički faktori u ovisnosti o mjerodavnoj duljini konstrukcijskih elemenata i brzini vlaka



Slika 10. Primjer ograničenja progiba željezničkih mostova zbog sigurnosti putnika prema ENV-1991-3

del 71 sastavljena od 4 koncentrirane sile od 250 kN na razmaku 1,6 m te kontinuiranog opterećenja ispred i iza na udaljenostima 0,8 m u vrijednosti 80 kN/m.

Novost je u europskim normama (ENV-1991-3) veći dinamički faktor ϕ_3 za normalno održavane pruge, dok se onaj iz njemačkih i hrvatskih propisa ϕ_2 i dalje primjenjuje, ali na pažljivo održanim prugama.

Napominjemo i da Eurocode uvodi stroga ograničenja deformacija i vibracija za granična stanja uporabivosti vezano uz sigurnost putnika, a koja ograničenja ne postoje u njemačkim propisima i Pravilniku.

2.4 Opterećenja od djelovanja klimatskih pojava

2.4.1 Snijeg

Kako na prometnoj površini ne mogu istodobno biti zamjetniji snijeg i vozila, a prometno opterećenje je veće i od najnepovoljnijeg snijega, opterećenje snijegom ne uzima se u obzir pri proračunu u kombinaciji s prometnim opterećenjem. Na opterećenje snijegom potrebno je provjeriti strukture mostova izvan prometne površine, na koje snijeg može realno djelovati, npr. krovove natkrivenih mostova ili revizijske staze. Za faze građenja treba računati s opterećenjem snijegom na svim površinama pa i prometnim, ali sa znatno smanjenim iznosom.

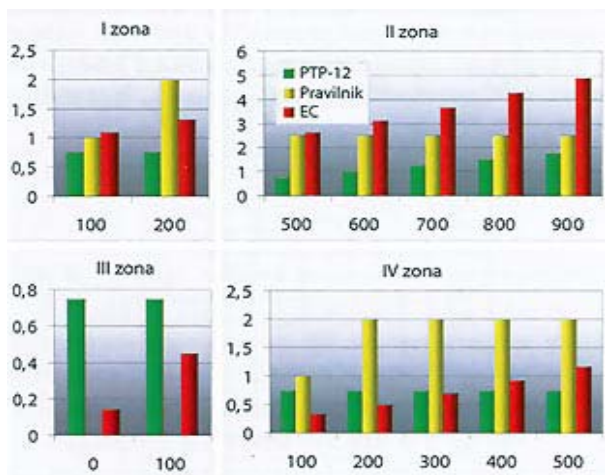
Prema starim Privremenim tehničkim propisima za opterećenja zgrada (PTP-2), opterećenje snijegom od 0,75 kN/m² tek se u planinskim predjelima s nadmorskom visinom većom od 500 m uvećava za (n.v.-500)·400 kN/m².

Prema valjanom Pravilniku opterećenje snijegom daje se tablično ovisno o lokaciji i nadmorskoj visini od 0 do 2,5 kN/m².

Za primjenu europskih norma (ENV 1991-2-3) načinjena je, u skladu s preporukama, podjela Hrvatske na četiri snježne zone i pripadne vrijednosti karakterističnog opterećenja snijegom ovisno o nadmorskim visinama [19].

Na dijagramima su opterećenja snijegom prema različitim propisima za najvjerojatnije nadmorske visine na kojima bi se mostovi mogli nalaziti.

I. zona je kontinentalni nizinski dio, II. je planinska gdje vidimo da je opterećenje snijegom najveće primjenom europskih norma, III. zona predstavlja obalni dio Hrvatske gdje Pravilnik i ne daje opterećenje snijegom, a IV. je dalmatinsko zaleđe gdje je upravo opterećenje prema Pravilniku dominantno.



Slika 11. Opterećenje snijegom za različite nadmorske visine u pojedinim zonama

2.4.2 Vjetar

Starim propisima (PTP-5) rasponska konstrukcija pod prometom proračunava se na jednak pritisak vjetra u pojedinoj zoni bez obzira na visinu nad terenom I-0,6, II-0,9 i III-1,3 kN/m², dok se promjena pritiska vjetra s visinom može primijeniti kod stupova (PTP-2). Iznad prometne površine vjetru je izložen prometni trak visine 2,0 m. Most neopterećen prometom mora se ispitati na djelovanje pritiska veličine 2,5 kN/m².

Vrijedeći hrvatski propisi razlikuju pritiske vjetra ovisno o kategoriji vjetrovne zone i visini mosta nad terenom, a koji se uz to množe i s koeficijentima oblika glavne nosive konstrukcije. Za prometom neopterećen most pritisci vjetra kreću se od 0,45 (I. zona, h < 10 m) do 1,7 kN/m² (III. zona, h > 60 m), a za most pod prometom od 0,3 do 1,05 kN/m². Visina prometne trake cestovnih mostova je 3,5 m.

Njemački propisi daju gotove pritiske vjetra ovisno o visini mosta nad terenom, njegove opterećenosti ili neopterećenosti prometom te postojanju zaštite od buke. Pritisci na prometom neopterećen most idu od 1,45 do 2,5 kN/m², a na prometom opterećen most od 0,9 do 1,25 kN/m², uz visinu promjene traka 3,5 m za cestovne mostove.

Europske norme ENV 1991-2-4 referentni pritisak srednje brzine vjetra množe koeficijentima ovisnim o hrapavosti terena, visini mosta nad tlom, osjetljivosti na dina-

mičku pobudu, vitkosti konstrukcije i odnosu širine i visine konstrukcije.

Dakle primjena novih norma zahtijevat će izradu meteoroloških podloga u obliku karata referentnih brzina vjetra. Osim toga nužno je poznavati i dominantni smjer vjetra. Osim uzdužnog i poprečnog smjera vjetra bit će potrebno analizirati i vertikalnu komponentu, pogotovo kod lakih i dinamički osjetljivih konstrukcija.

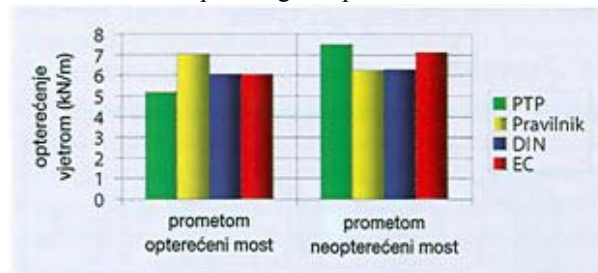
Za proračun opterećenja vjetrom na prometom neopterećen most koristit će se srednja 10-minutna brzina vjetra prema kartama, dok se za djelovanje vjetra na prometom opterećen most preporučuje referentna brzina vjetra od 30,5 m/s za razliku od brzine od 23 m/s koju predlažu ENV 1991-2-4. Ovo je maksimalna brzina vjetra pri kojoj postoje uvjeti za zabranu prometovanja svih kategorija vozila u slučaju suhog kolnika [22] i uzimala bi se samo u slučajevima kad je manja od referentne brzine vjetra iz vjetrovne karte.

Do sada se opterećenje vjetrom uzimalo u proračune kao statičko opterećenje što je u slučaju bure kao vjetra koji se javlja na mahove s velikim promjenjivostima brzine opasno. Potrebna su dodatna istraživanja turbulentnih značajki bure, kako bi se pravilno odredilo njezino dinamičko djelovanje. Srednja 10-minutna brzina vjetra nije prikladna za ocjenu dinamičkog opterećenja burom, već bi u tu svrhu valjalo koristiti se osrednjom brzinom u kraćem intervalu do 1 minute [21].

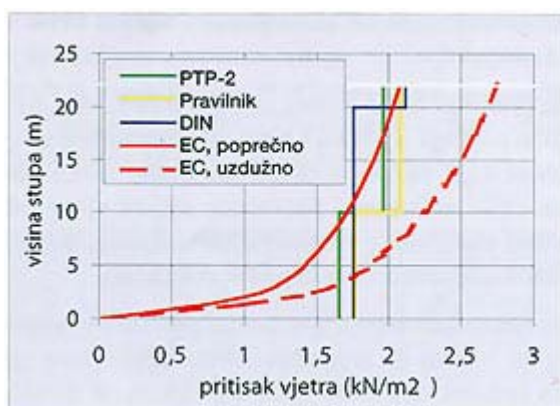
Takvo dinamičko djelovanje vjetra bitno će utjecaje na vitke konstrukcije, dok je na masivnim mostovima vjetar opasniji za sigurnost prometa koji se teče mostom nego za samu postojanost mosta.

Dajemo rezultate proračuna opterećenja vjetrom na vijadukt Crna Draga na dionici Jadranske autoceste Tunel Sv. Rok-Maslenica, kao lokacije koja je izvanredan primjer prostorne i vremenske promjenjivosti vjetra uvjetovane složenim terenom i blizinom mora. Srednja 10-minutna brzina vjetra s godišnjim prekoračenjem 2% na visini 10 m iznad terena jest 33 m/s.

Za prometom opterećeni vijadukt pritisak vjetra po metru dužnom rasponskog sklopa će i za referentnu



Slika 12. Opterećenje vjetrom rasponskog sklopa vijadukta Crna Draga u kN/m



Slika 13. Pritisak vjetra po m² stupa vijadukta Crna Draga

brzinu vjetra od 30,5 m/s biti neznatno veći od onoga dobivenog njemačkim propisima, a razlog tomu jednim je dijelom i znatno manja visina prometa opterećena vjetrom, 2,0 m umjesto 3,5 m. Najdominantniji pritisak dobiven je Pravilnikom uz primjenu koeficijenta oblika 1,6.

Za prometom neopterećeni vijadukt pri referentnoj brzini od 33 m/s europskim normama dobivaju se veći pritisci vjetra nego prema Pravilniku i DIN-u. Najdominantniji pritisak dobiven je starim propisima koji uzimaju opterećenje od 2,5 kN/m² na most neopterećen prometom bez obzira na zonu vjetra ili visinu objekta nad terenom.

Osim vjetra u poprečnom smjeru prema europskim se normama uzima i opterećenje vjetrom u uzdužnom smjeru mosta s 25% poprečnog. Vidljivo je da su pritisci vjetra po visini stupa dosta slični u poprečnom smjeru, dok je znatno veći pritisak vjetra na stup u uzdužnom smjeru.

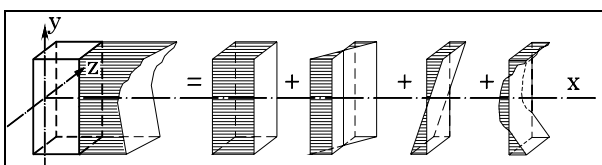
2.4.3 Led

Starim se propisima PTP-5 opterećenje ledom određivalo kao horizontalna sila ovisno o čvrstoći leda, širini stupa i debljini ledenog sloja. Vrijedećim Pravilnikom takva se horizontalna sila dodatno množi koeficijentom koji ovisi o kutu što prednjica stupa zaklapa s vertikalom te korektivnim koeficijentom koji ovisi o odnosu širine stupa i debljine ledenog sloja B/t.

Planirana je izrada europskih prednorma ENV 1991-2-? koje će osim opterećenja ledom obuhvaćati i opterećenje od djelovanja morskih struja i valova.

2.4.4 Temperatura

Prikazane su komponente temperaturnog djelovanja.



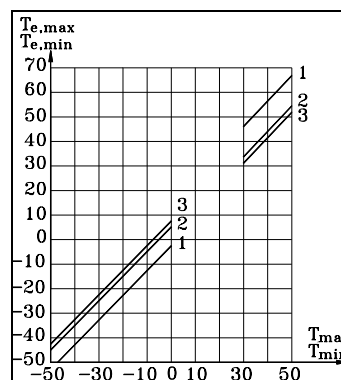
Slika 14. Osnovne komponente temperaturne raspodjele

Jednolika temperaturna komponenta za primjer masivnog mosta prikazana je sljedećim najvećim i najmanjim temperaturama:

Stari propisi: + 25 i -5°C

Valjani propisi: + 35 i -15°C

Njemački propisi: + 30 i -20°C Za proračun jednolike temperaturne komponente prema ENV 1991-2-5, uzimat će se najmanje i najveće temperature zraka u hladu, a na osnovi njih određivati najniža i najviša temperatura mosta (slika 15.).



Slika 15. Odnos temperature u hladu i temperature mosta

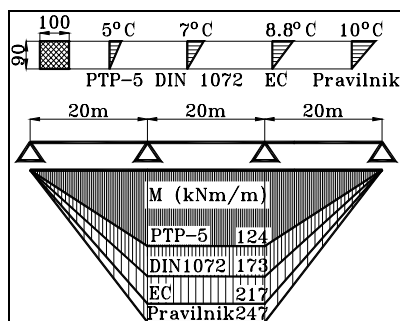
U radu [23] provedeno je temperaturno zoniranje Hrvatske. Određeno je pet klimatskih zona najvećih temperatura zraka T_{max,50} i šest klimatskih zona najmanjih temperatura zraka T_{min,50}. Za pojedine su zone navedeni i linearni odnosi prema kojima se određuje promjena temperature s nadmorskom visinom h.

U tablici su određene najveće i najmanje temperature triju mostova u različitim zonama i na različitim nadmorskim visinama. Razlike prema temperaturama koje daju stari propisi mogu ići i do +15/-11°C, prema vrijedećim propisima do +5/-12°C te prema njemačkim propisima do +10/-17°C.

Tablica 1. Jednolike temperaturne komponente za tri reprezentativna mosta

	Most Baštica	Vijadukt Obilje	Vijadukt Dugi Vrh
Klimatska zona najmanjih temp.	IV.	II.	I.
Klimatska zona najvećih temp.	III.	I.	I.
Nadmorska visina h (m)	40	500	200
T _{min,50} (°C)	- 9,1	-25,9	- 24,8
T _{max,50} (°C)	+ 38,6	+ 35,2	+ 37,2
T _{e, min} (°C)	- 3	- 17	- 16
T _{e, max} (°C)	+ 40	+ 37	+ 39
Δt prema 10 °C	- 13, + 30	- 27, 27	- 26, + 29

Linearne temperaturne razlike prema različitim propisima i pripadni momenti savijanja za primjer jednog pločastog mosta kontinuiranog preko tri raspona prikazani su na slici 16.



Slika 16. Momenti savijanja izazvani linearnim temperaturnim razlikama

Europskim normama nelinearne temperaturne razlike daju se za tri različite skupine rasponskih sklopova:

- Čelična kolnička ploča na čel. sandučastim nosačima, na čeličnim rešetkama ili limenim nosačima.
- Betonska kolnička ploča na čeličnim sandučastim ili rešetkastim nosačima ili na limenim nosačima.
- Betonska ploča ili betonska kolnička ploča na betonskim gredama ili sandučastim nosačima.

2.5 Opterećenja od tla i djelovanja vode

Planirana je izrada europskih norma ENV 1991-2-? koja će obuhvaćati opterećenja tlom i vodom. Opterećenje tlom ovisi o svojstvima tla, te veličini i obilježjima dodirnih ploha, a uz mirni pritisak vode do sada se pritisak tekuće vode uzimao kao mirna horizontalna sila ovisno o obliku čela stupa i brzini vode.

2.6 Opterećenja od svojstava strukture konstrukcije

2.6.1 Otpor ležajeva

Napretkom tehnologije prisutan je velik broj ležajeva na tržištu.

Uzdužna horizontalna sila od trenja ili otpora ležaja ovisna je o ukupnoj reakciji na ležaju te o svojstvima samog ležaja, (tipu, materijalu, stanju), a koja su sadržana u koeficijentu otpora. Prema starim se propisima uzima ukupna reakcija od stalnog i pokretnog opterećenja bez dinamičkog koeficijenta, a prema vrijedećim reakcija od stalnog i polovice korisnog opterećenja također bez dinamičkog koeficijenta. Najveća novost europske norme za ležajeve EN 1337 jest uvođenje koncepta graničnih stanja u projektiranje ležajeva, čime je postignuto usklađivanje s projektiranjem građevinskih konstrukcija u europskim normama za konstrukcije. U prvom je

dijelu ove norme za ležajeve - Osnove za dimenzioniranje – računska vrijednost otpora:

$$V_{Rd} = \frac{\mu_k}{\gamma_\mu} \cdot N_{Sd} + V_{pd}$$

N_{Sd} - minimalna računska normalna sila vezana uz V_{Sd}

V_{pd} - računska čvrstoća bilo kojeg sredstva pridržanja u skladu s europskim standardima i odobrenjima

μ_k - karakteristična vrijednost koeficijenta trenja, 0,4 za čelik-čelik, 0,6 za čelik-beton

γ_μ - parcijalni faktor sigurnosti za trenje, 2,0 za čelik-čelik, 1,2 za čelik-beton.

2.6.2 Opterećenja pri izgradnji

Tijekom izgradnje mostovi često prolaze nepovoljnija naponska stanja od onih koja se javljaju na konačnom sustavu. Primjeri su izgradnja luka slobodnim konzolnim postupkom ili izvedba grednog sklopa potiskivanjem.

Stoga posebnu pažnju treba posvetiti opterećenjima koja se javljaju prilikom izgradnje, a koja mogu biti uobičajena, posebna i udesna.

Današnji propisi u Hrvatskoj ne daju neke posebne upute za uzimanje u obzir opterećenja prilikom izgradnje.

Prema novim europskim normama 1991-2-6-Djelovanja pri izvedbi, pojedina opterećenja koja se uzimaju u proračun pri fazama izgradnje mostova su vlastita težina, namjerne (podizanje oslonaca) i nenamjerne deformacije (slijeganje tla), temperatura i skupljanje, vjetar, snijeg, voda, posebna opterećenja od radnika, skladišta, teške opreme, kranovi, dizalice te izvanredna opterećenja zbog pada klizne oplata, pada predgotovljenog elementa, udara vozila, kranova ili opreme na nosive dijelove. Opterećenja se kombiniraju za prolaznu i izvanrednu proračunsku situaciju.

2.7 Izvanredna opterećenja

2.7.1 Udar vozila i plovila

Prema novim europskim normama ENV 1991-2-7-Udesna djelovanja, opterećenja od udara vozila i plovila u slučaju tvrdog udara (energija se uglavnom troši na udarnom tijelu i trošenje energije građevine može se zanemariti) uzimaju se kao horizontalne jednakovrijedne statičke sile. Udarne opterećenja kamiona na potpore mostova ovise o vrsti ceste i daju se za uzdužni smjer vožnje i poprijeko i ne djeluju istodobno. Udar vlaka ovisi o brzini vlaka, udaljenosti od konstrukcijskog elementa do osi najbližeg kolosijeka, redosljedu konstrukcijskih elemenata te o tome jesu li prekinuti ili neprekinuti. Sile u uzdužnom i poprečnom smjeru ne uzimaju se s istodobnim djelovanjem. Udar broda ovisit će o

vrsti plovnog puta, razredu broda i njegovu ponašanje pri udaru, kutu udara, udaru krmom, pramcem ili bokom.

2.7.2 Popuštanje ležajeva

Različite nepredviđene okolnosti u tlu, u svojstvima strukture i djelovanjima na nju mogu dovesti do pomicanja uporišta u obliku translatacija, slijeganja, zakretanja oslonaca koja se očituju kao djelovanja na konstrukciju što mogu biti ispravljena nekim graditeljskim zahvatom ili ih je potrebno unijeti u proračun kao opterećenja koja konstrukcija mora prihvatiti.

2.7.3 Potres

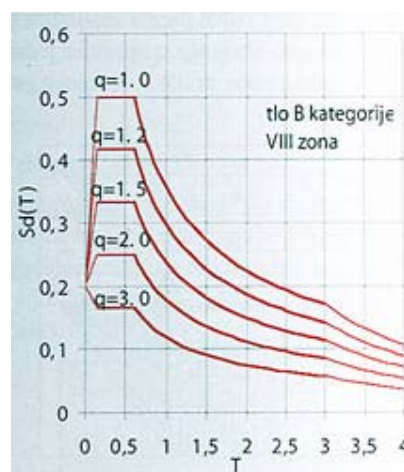
Gotovo je cijelo područje Hrvatske seizmički aktivno. Djelovanje potresa često je mjerodavno za dimenzioniranje elemenata (pogotovo stupova), utrošak gradiva, rješenja detalja, za ukupnu mehaničku otpornost i stabilnost mosta.

Pravilnike koji su se do sada rabili za proračun mostova na seizmička djelovanja, a pokazali su se zastarjelima, treba stoga što prije izbaciti iz upotrebe.

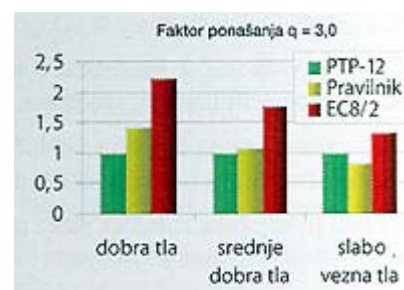
Pokazalo se da Privremeni tehnički propisi za građenje u seizmičkim područjima (PTP-12), kojima se horizontalne seizmičke sile određuju kao postotak ukupne težine konstrukcije ovisno o stupnju seizmičkog intenziteta i kvaliteti tla, a koji su sadržani u koeficijentu seizmičnosti, mogu osigurati dostatnu sigurnost mekih sustava, ali se njima prestati koristiti jer ne uzimaju u obzir dinamička svojstva građevine.

Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmički aktivnim područjima iz 1987., u sklopu kojeg se metodom spektralne analize seizmičke sile određuju primjenom seizmičkog koeficijenta, koeficijenta dinamičnosti, koeficijenta oblika vlastitih oscilacija konstrukcije i položaja točke k u računskom modelu, koeficijenta redukcije zbog duktilnosti, i to za težinu konstrukcije koncentrirane u točki k , nikad i nije službeno stupio na snagu, a manje je siguran i od PTP-12.

Suvremeni postupci proračuna na potres temelje se na duktilnom nelinearnom ponašanju mostova pri potresu. Tako Eurocode 8/2 pretpostavlja da konstrukcija preko duktilnosti nekih elemenata može disipirati dio energije (što naravno mora biti riješeno u detaljima), pa je moguća linearna analiza uz uporabu računskog spektra odgovora. Računski je spektar elastični spektar reduciran faktorom ponašanja konstrukcije q koji je ulazni podatak i o kojem bitno ovisi veličina seizmičkih sila, a kojim se mora i predvidjeti duktilno ponašanje konstrukcije odnosno njezina sposobnost da prihvaća reducirane seizmičke sile bez krhkih lomova. Rabe se dvije razine duktilnosti - ograničena i puna.



Slika 17. Računski spektar odgovora za tlo B kategorije u VIII. potresnoj zoni u ovisnosti o primjenjenom faktoru ponašanja



Slika 18. Odnos maksimalnih mogućih računskih seizmičkih sila u IX. potresnoj zoni

Eurocodom 8/2 dobivaju se najveće seizmičke sile znatno većih vrijednosti u odnosu na sile dobivene ostalim proračunskim postupcima. Za meke sustave s većim periodom titranja može se dogoditi da je seizmička sila prema Pravilniku iz 1964. veća nego ona prema EC8/2.



Slika 19. Odnos maksimalnih seizmičkih sila i ukupne težine konstrukcije pri faktoru ponašanja $q = 1,0$

Proračun prema Eurocodu 8/2 ima za posljedicu daleko veću seizmičku sigurnost mostova.

2.8 Kombinacije djelovanja opterećenja

Prema PBAB te prema njemačkim propisima DIN, računске vrijednosti djelovanja dobivaju se množenjem reprezentativnih vrijednosti globalnim koeficijentima sigurnosti

nosti čija vrijednost ovisi o vrsti opterećenja i o deformaciji čelika.

Prema europskim normama razlikuju se stalne i prolazne proračunske situacije, izvanredne proračunske situacije te seizmičke proračunske situacije o kojima ovisi primjenjiva kombinacija opterećenja za proračun računске vrijednosti djelovanja. Računske veličine djelovanja dobivaju se množenjem reprezentativnih vrijednosti parcijalnim koeficijentima sigurnosti za djelovanja γ_F , pri čemu se još dodatno koeficijentima kombinacije ψ uzima u obzir smanjena vjerojatnost istodobnog djelovanja više promjenjivih opterećenja te vremensko trajanje i učestalost. Računske vrijednosti čvrstoće materijala dobivaju se dijeljenjem karakteristične čvrstoće koeficijentima sigurnosti γ_M .

2.8.1 Djelovanje stalnog i prometnog opterećenja na cestovnom mostu

Na istom primjeru mosta za državnu cestu iz točke 2.6.2 uspoređeni su računski momenti savijanja od kombinacije stalnog i prometnog djelovanja. Opterećenje vlastitom težinom raste proporcionalno s visinom presjeka, koja se mijenja za raspone 5 do 20 m prema odnosu L/16 (pločasti presjek), a za sve veće raspone L/25 (sandučasti presjek).

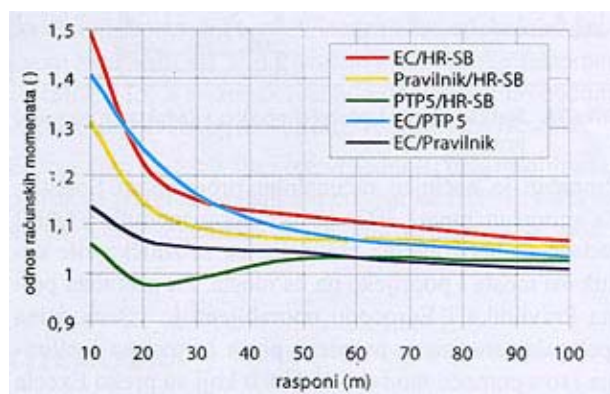
Računski su momenti savijanja za djelovanje prema Eurocodu:

$$M_{Sd}^{EC} = 1.35 \cdot M_G + 1.35 \cdot M_Q$$

te prema Pravilniku uz dodatno dijeljenje graničnog momenta s parcijalnim faktorom sigurnosti za materijal $\gamma_M = \gamma_s = 1.15$:

$$M_{Sd}^{Pravilnik} = (1.6 \cdot M_G + 1.8 \cdot M_Q) / 1.15$$

Vidi se kako svi propisi zadovoljavaju u odnosu na računске momente dobivene od stvarnog prometa osim PTP-5



Slika 20. Usporedba računskih momenata savijanja dobivenih normativnim shemama i simulacijom stvarnog prometnog opterećenja

za raspone od 15 do 30 m. Dakle, mostovi proračunani prema starim i vrijedećim propisima općenito zadovoljavaju najveći promet na hrvatskim cestama s obzirom na granično stanje nosivosti. Usvajanjem europskih prometnih shema povećat će se rezerve nosivosti.

Ako je težnja nosivost prema europskim normama, mostove proračunane prema Pravilniku bit će potrebno ojačati za preuzimanje do 10% većih računskih momenata savijanja osim za raspone manje od 15 metara gdje su razlike nešto veće.

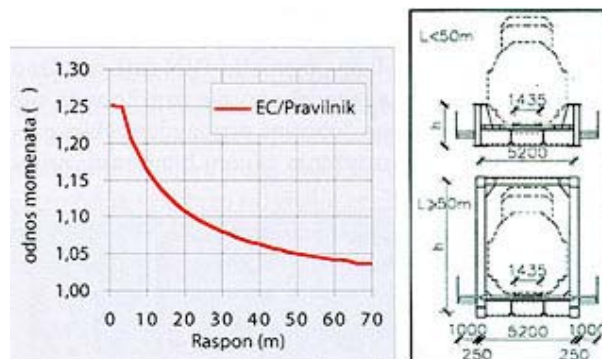
Mostovi proračunani prema starom PTP-5 trebat će ojačanja za od 5% do 40% veće momente. Ovi rezultati vrijede za mostove na državnim cestama.

2.8.2 Djelovanje stalnog i prometnog opterećenja na željezničkom mostu

Računski su momenti savijanja za kombinaciju stalnog i prometnog opterećenja čeličnog željezničkog mosta grednog sustava uz uporabu odgovarajućih dinamičkih faktora:

$$M_{Sd}^{EC} = 1.35 \cdot M_G + \phi_3 \cdot 1.45 \cdot M_Q$$

$$M_{Sd}^{Pravilnik} = (1.5 \cdot M_G + \phi_2 \cdot 1.5 \cdot M_Q) / 1.1$$



Slika 21. Odnos računskih momenata savijanja željezničkog čeličnog mosta i poprečni presjeci

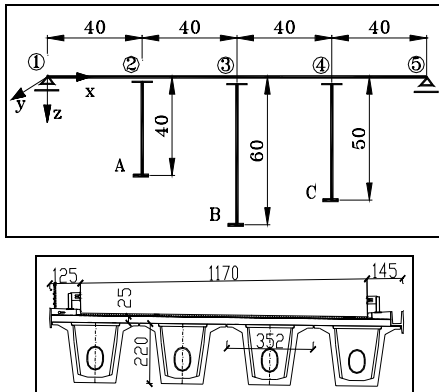
Za raspone do 50 m pretpostavljaju se čelični nosači s pragovima koji leže direktno na glavnim nosačima težine 0,46 L kN/m te preostalo opterećenje do 20,5 kN/m.

Za raspone veće od 50 m pretpostavljaju se rešetkasti glavni nosači težine 0,24L + 3,05 kN/m te preostalo opterećenje od 21,0 kN/m.

Na primjeru usporedbe vidi se da Eurocode daje veće računске momente savijanja koji su kod raspona manjih od 10,0 m više do 17% veći nego momenti dobiveni Pravilnikom, što je posljedica većega dinamičkog faktora.

2.8.3 Djelovanje više promjenjivih opterećenja

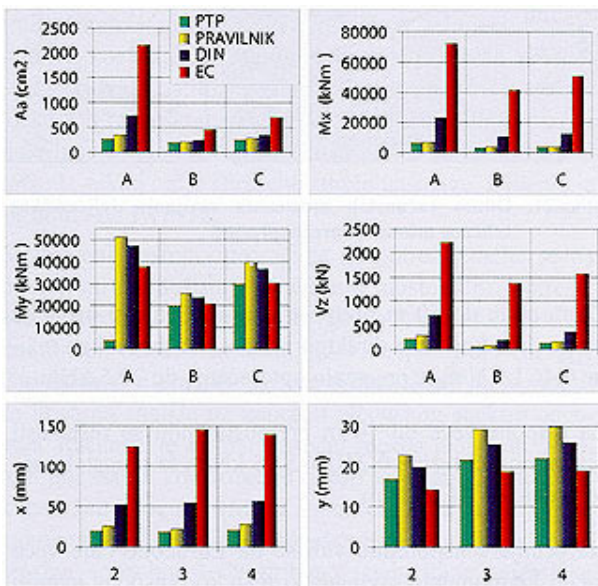
Načinjena je kombinacija stalnog opterećenja, sile kočenja i odgovarajućega prometnog opterećenja, temperaturnog djelovanja i vjetra na primjeru vijadukta s polumontažnim rasponskim sklopom te stupovima šupljega poprečnog presjeka vanjskih dimenzija 5,5 x 2,4 m, debljine stijenke 30 cm. Pretpostavka je da se vijadukt nalazi u III. vjetrovnoj zoni s desetminutnom srednjom brzinom vjetra od 31 m/s te na terenu II. kategorije.



Slika 22. Statička shema i poprečni presjek vijadukta za proračun na kombinaciju više promjenjivih opterećenja

Neki rezultati proračuna navedeni su na slici 23.

Računske vrijednosti momenata i poprečnih sila za uzdužni smjer ne razlikuju se bitno za proračun prema starim propisima i Pravilniku, njemački DIN daje približno dvostruko veće sile, a europske norme izrazito veće sile i tri puta veće nego one dobivene prema njemačkim propisima. I pomaci u uzdužnom smjeru bitno rastu prim-



Slika 23. Neki rezultati proračuna vijadukta na kombinacije djelovanja prema različitim propisima

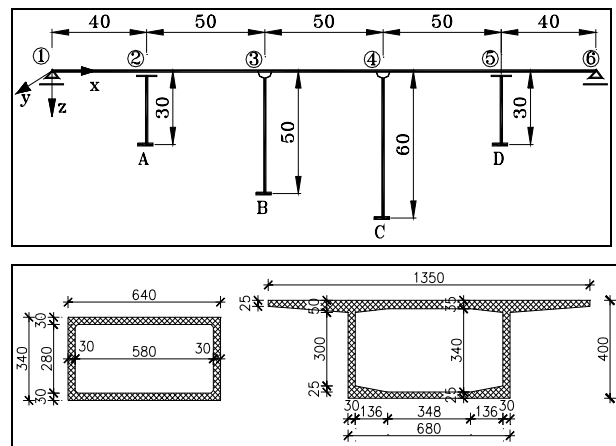
jenom DIN-a, a pogotovo primjenom europskih norma. Razlog tome jesu veće sile kočenja te uzimanje u obzir vjetra u uzdužnom smjeru mosta prema europskim normama.

U poprečnom smjeru PTP daje najmanje sile i pomake, a onda redom Eurocode, Din pa Pravilnik. Razlog je tome što Pravilnik daje najveće kontinuirano opterećenje vjetrom na rasponski sklop 8,64 kN/m, DIN nešto manje 7,5 kN/m, a Eurocode još manje 4,57 kN/m. Opterećenje vjetrom po visini stupova nije bitno različito.

Usporedbom ukupne armature dobivene na dnu stupa vodi se da i PTP i Pravilnik daju slične rezultate. Njemačkim se propisima zbog veće sile kočenja za danu dilataciju dobiva ipak veća potrebna armatura, posebice u najkraćem stupu koji preuzima najveći dio kočne sile, a i gdje je vertikalna sila koja reducira vlačnu armaturu najmanja. Eurocodom se dobiva bitno veća potrebna armatura kao posljedica većih uzdužnih sila i od kočenja i vjetra.

2.8.4 Seizmička kombinacija djelovanja

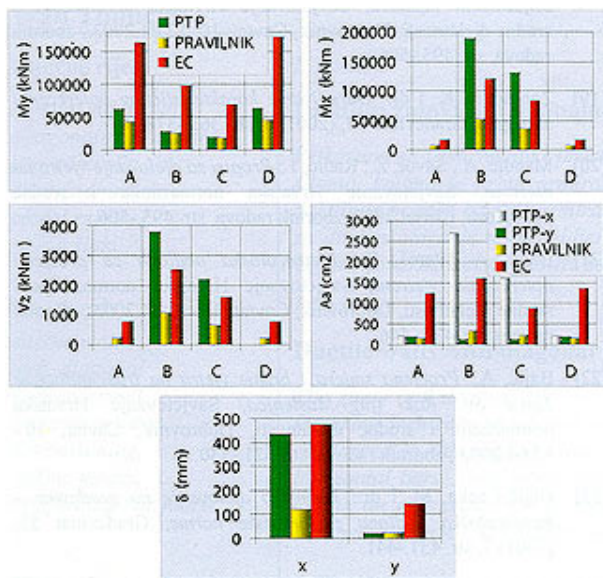
Proveden je seizmički proračun vijadukta (slika 20.) prema navedenim postupcima proračuna. Pretpostavka je da se vijadukt nalazi u VIII. potresnoj zoni te da je tlo B kategorije, odnosno srednje kvalitetno tlo.



Slika 24. Statička shema i poprečni presjeci vijadukta za seizmički proračun

Proračun je načinjen računalnim programom Sofistik. Za proračun prema PTP-12 u sklopu modula STAR2 zadane su horizontalne ekvivalentne seizmičke sile uzduž osi mosta i poprijeko na os mosta. Za proračun prema Pravilniku i Eurocodu uporabljena je višemodalna spektralna analiza uz primjenu prvih 16 tonova osciliranja i to s pomoću modula DYNA u koji su preko Excela uvedeni podaci o pojedinim spektrima odziva. Proračun prema Eurocodu proveden je uz faktor ponašanja 1,5, dakle za ograničenu duktilnost.

Na slici 21. su vrijednosti pojedinih izlaznih veličina proračuna za usporedbu. M_y su računski momenti u poprečnom smjeru, M_x u uzdužnom, V_z računске poprečne sile u uzdužnom smjeru, a δ pomaci uzdužno i poprečno.



Slika 25 Neki rezultati seizmičkog proračuna vijadukta prema različitim postupcima

Proračunom prema Pravilniku iz 1964., odnosno PTP-12, dobivaju se znatno veće unutrašnje sile, pomaci i potrebna armatura nego prema kasnijem Pravilniku iz 1987. što se može očekivati za meke sustave.

Eurocodom se dobivaju veće vrijednosti nego prema Pravilniku iz 1987. i to gotovo linearno proporcionalne posebno za uzdužni, posebno za poprečni smjer. Razlog linearnosti je sličnost osnovnih seizmičkih koeficijenata β_i i S_d , dok su različiti odnosi za uzdužni i poprečni smjer posljedica vjerojatno različitih perioda titranja pojedinih modova. Odnos računskih vrijednosti u uzdužnom je smjeru 2,3, a u poprečnom 3,8.

Napominjemo ovdje da su računске vrijednosti sila prema Pravilnicima dobivene množenjem s globalnim faktorom sigurnosti 1,3 te dijeljenjem s parcijalnim faktorom za čelik 1,15, a seizmičke su sile dobivene Eurocodom uz primjenu računskog spektra odgovora direktno računске.

Eurocodom se dobivaju veće vrijednosti unutrašnjih sila, pomaka i potrebne armature u odnosu na PTP-12 kada se horizontalna seizmička sila uzima poprijeko na most.

LITERATURA

[1] Furundžić, B.: *Privremeni tehnički propisi za opterećenje mostova na putovima PTP-5*, Zbirka tehničkih propisa u građevinarstvu, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1969.

Kada se uzima da horizontalna seizmička sila djeluje uzduž osi mosta PTP-12 daje veće momente, poprečne sile i armaturu čak i od onih prema Eurocodu u dva srednja stupa. Razlog tomu je što cijelu horizontalnu silu potresa preuzimaju dva srednja stupa jer su na rubnim stupovima uzdužno pomični ležajevi. Dok se prema EC8 potresne sile računaju na osnovi dinamičkih karakteristika sustava, Pravilnikom iz 1964. određuju se kao postotak težine rasponske konstrukcije.

3 Zaključak

Hrvatske norme za opterećenja mostova temeljit će se na europskim normama uz uvođenje posebitosti djelovanja na mostove u Hrvatskoj zbog različitih klimatskih, prometnih i ambijentalnih okolnosti koje ih uzrokuju.

Zoniranje Hrvatske prema karakterističnom opterećenju snijegom je provedeno. Određena su i područja najvećih i najmanjih temperatura zraka potrebna za određivanje jednolike temperaturne komponente.

Na temelju raspoloživih mjerenja smjera i brzine vjetra određene su referentne brzine vjetra u nekim područjima. Potrebno je, nadalje, formirati cjelokupnu vjetrovnu kartu za što su potrebna dodatna mjerenja, analize i istraživanja.

Za prometno opterećenje cestovnih mostova na sporednim prometnicama mogli bi se upotrijebiti faktori prilagodavanja europskih shema opterećenja [26], kako bi se smanjili nepotrebni troškovi u projektiranju novih i ojačavanju starih mostova. Za mostove u sklopu europskih prometnih koridora treba imati na umu da se prometna opterećenja vrlo brzo razvijaju, brzine prometovanja postaju sve veće, a shodno tome i dinamički utjecaji postaju sve veći. Obuhvaćanje tih složenih obilježja prometnog opterećenja zahtijeva dugotrajna praćenja, mjerenja i analize velikog broja statističkih podataka kroz duži niz godina. Za takve mostove preporučuje se zadržati puno opterećenje europskih shema opterećenja.

Preporučuje se suvremeni postupak proračuna i projektiranja mostova prema Eurocodu 8/2 u cijelosti s time da se za računsko ubrzanje tla za IX. stupanj seizmičkog intenziteta, u nedostatku seizmoloških ispitivanja, uzima vrijednost od 0,4 g umjesto vrijednosti 0,3 g koju daju ovi propisi.

[2] Furundžić, B.: *Privremeni tehnički propisi za opterećenje zgrada PTP-2* (1948), Zbirka tehničkih propisa u građevinarstvu, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1969.

- [3] Furundžić, B.: *Privremeni tehnički propisi za građenje u seizmičkim područjima PTP-12 (1964)*, Zbirka tehničkih propisa u građevinarstvu, Izdavačko preduzeće Građevinska knjiga, Beograd, 1969.
- [4] *Pravilnik o tehničkim mjerama za opterećenje željezničkih mostova i propusta*, Jugoslavenske željeznice ZJŽ br.1478/77, Beograd 1977.
- [5] *Pravilnik za opterećenje i kategorizaciju željezničkih mostova, propusta i ostalih objekata*, Službeni list SFRJ br.77, 1986.
- [6] *Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton*, Službeni list SFRJ br.11, 1987.
- [7] *Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja mostova*, Službeni list SFRJ br.1, 1991.
- [8] *Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmički aktivnim područjima*, Službeni list SFRJ br.07- 93/96, 1987.
- [9] *DIN-1072, Strassen und Wegbrücken*, Lastannahmen, 1985.
- [10] *DIN-1072, Strassen und Wegbrücken*, Lastannahmen Erläuterungen, 1988.
- [11] *DIN-4227-1, Spannbeton*, Juli 1988
- [12] *DS 804, Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbrücken*, Januar 1983.
- [13] *ENV 1991-1. , ENV 1991-2., ENV 1991-3.*, European Committee for Standardization, Bruxelles (1994 -1998).
- [14] *Eurocode 2 – Design of Concrete Structures*, European Committee for Standardization, Bruxelles (1991)
- [15] *Eurocode 8-Structures in seismic regions-design, Part 2, Bridges*, Bruxelles (1993).
- [16] Mandić, A. ; Šavor, Z.; Radić, J.: *Utjecaj propisa za prometna opterećenja na postojanost mostova*, Interdisciplinarno znanstveno-stručni simpozij Graditeljstvo i okoliš, Brijunski otoci, 4.-6.07.2002., zbornik radova, str. 137.–146.
- [17] Mandić, A.; Šavor, Z.; Radić, J.: *Usporedba propisa za prometna opterećenja cestovnih mostova*, Savjetovanje Hrvatska normazacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 485.-494.
- [18] Mandić, A.; Kindij, Šavor, Z.: *Prometna opterećenja željezničkih mostova*, Savjetovanje Hrvatska normazacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 495.-506.
- [19] Zanimović, K. i dr.: *Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom*, Građevinar 53, (2001) 6, str. 363.-378.
- [20] Mandić, A.; Šavor, Z.; Radić, J.: *Propisi za djelovanje vjetra na mostove*, Savjetovanje Hrvatska normazacija i srodne djelatnosti, Cavtat, 2003., zbornik radova, str. 495.-506.
- [21] Bajić, A.; Peroš, B.: *Meteorološka podloga za procjenu opterećenja vjetrom*, Savjetovanje Hrvatska normazacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 437.-446.
- [22] Bajić, A.: *Procjena smjera i brzine vjetra na trasi autoceste Tunel Sv. Rok (jug)-Maslenica*, Savjetovanje Hrvatska normazacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 521.-530.
- [23] Gajić-Čapka, M. i dr.: *Termičko djelovanje na građevine – meteorološka podloga za hrvatske norme*, Građevinar 53, (2001) 7, str. 431.-441.
- [24] Radnić, J.; Harapin, A.: *Seizmički proračun mostova*, Znanstveno-stručno savjetovanje Objekti na autocestama, Plitvička jezera, 14.-16.11.2002., zbornik radova, str. 201.–212.
- [25] *Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2001*, Hrvatske Ceste d.o.o., Zagreb 2002.
- [26] Mandić, A.: *Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova*, Magistarski rad, 2003.

