

**Miško Gunjača**  
dipl. inž. građ.

**PRIRUČNIK**  
za projektovanje, nadzor kod izgradnje  
i izgradnju mostovskih konstrukcija prema  
**SRPS EN 1990–1998/NA**

*AGM knjiga*

**Beograd, 2021.**

Kratki opisi fotografija mostovskih konstrukcija sa naslovne strane, u kojima je autor Priručnika učestvovao:



1. Glavni projekat Mosta na baržama preko Dunava u Novom Sadu,  $L=360,0m$ . Ovaj projekat je dobio prvu nagradu Društva građevinskih inženjera i konstruktora Jugoslavije, kao najbolje konstruktorsko ostvarenje u 1999 i 2000. Rešenje je u godini izvođenja bilo prvi most tog tipa sa dvosmernim saobraćajem u svetu, prema saznanjima autora, ali je bilo i ogromna sreća za namučene građane Novog Sada i Srbije, nako NATO bombardovanja Srbije. Most je pušten u saobraćaj 15.09.1999., a uklonjen po zahtevu Dunavske komisije 2004. godine. Autor Priručnika se pojavljuje u svojstvu Ko-autora i odgovornog projektanta projekta mosta.



2. Drumski most sistema sa kosim kablovima sa čeličnom ortotropnom pločom preko reke Tise u mestu Ada,  $L=77.4+167.7=245.1m$ . Projektantski tim je nagrađen godišnjom nagradom Inženjerske komore Srbije u selekciji inženjerskih ostvarenja, za najbolje Inženjersko ostvarenje za 2013 godinu. Most je pušten u saobraćaj 26.12.2008. Autor Priručnika se pojavljuje u svojstvu glavnog i odgovornog projektanta mosta.



3. Konkursno rešenje prema zahtevu za urbanističko-arhitektonskog rešenja rekonstrukcije "Starog Savskog mosta" u Beogradu. Konkursnim rešenjem su predložena dva kontinualna spregnuta drumska mosta, grednog sistema sa kosim podupiralom međusobno povezana čeličnom ortotropnom pločom za tramvajski saobraćaj. Most preko reke Save u Beogradu, glavnih raspona  $L=53.1 + 41.3 + 30.75 + 204.0 + 30.75 + 41.3m$  sa lukom starog mosta kao znakom podsećanja na godine nemačke okupacije tokom II svetskog rata, kao "mrtvim" teretom. Rešenje je omogućavalo odvijanje drumskog saobraćaja bez prekida tokom izgradnje i tromesečnu obustavu tramvajskog saobraćaja. Rad nije ušao u razmatranje konkursne komisije, jer nije zadovoljio uslove konkursa za projektovanje lučnog mosta. Autor Priručnika se pojavljuje u svojstvu autora konkursnog rešenja mosta.

Kompanije donatori izdavanja Priručnika:

- STRABAG d.o.o. Beograd
- PERI Srbija d.o.o. Šimanovci
- Konstruktor Konsalting d.o.o. Beograd
- Put Inženjering d.o.o. Niš
- Freyssinet, ogranak Srbija d.o.o. Beograd
- DOKA Serb d.o.o. Šimanovci
- PRO Inženjering d.o.o. Beograd
- DIORIT d.o.o. Sarajevo
- Institut IMS a.d. Beograd
- Eptisa South East Europe d.o.o. Beograd
- International Part Depo d.o.o. Beograd, zastupnik kompanija Bauer i Minova u Srbiji
- Beton IN1 d.o.o. Beograd
- GMT Geomehanički tim d.o.o. Beograd

Autor im se zahvaljuje na finansijskoj pomoći, podršci i razumevanju.

*Priručnik za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih konstrukcija  
prema SRPS EN 1990-1998/NA  
Miško Gunjača, dip.inž. građ.*

*Recenzenti:*

Prof. emeritus dr Dragan Buđevac, dipl. inž. građ.

Prof. dr Srđan Kisin, dipl. inž. građ.

Prof. dr Snežana Mašović, dipl. inž. građ.

Milan Popović, dipl. inž. građ.

*Izdavač:*

AGM knjiga d.o.o. Beograd - Zemun

www.agmknjiga.co.rs

email: agmknjiga@gmail.com

*Glavni i odgovorni urednik:*

Slavica Sarić-Ahmić

*Lektor:*

Višnja Aksić

*Tehnička obrada:*

Dušan Živković

*Štampa:*

Birograf, Beograd

Tiraž: 800

CIP - Каталогизacija у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

624.21(035)

ГУЊАЧА, Мишко, 1959-

Priručnik za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih  
konstrukcija prema SRPS EN 1990-1998/NA / Miško Gunjača. - Beograd :  
AGM knjiga, 2021 (Beograd : Birograf). - 542 str. : ilustr. ; 30 cm

Tiraž 800. - Str. 7-9: Recenzija / Dragan Buđevac ... [et al.]. - Bibliografija:  
str. 522-524.

ISBN 978-86-6048-030-1

a) Мостови -- Пројектовање -- Приручници

COBISS.SR-ID 50065417

Sva prava zadržava autor i izdavač. Nijedan deo ove knjige ne sme se reprodukovati, fotokopirati ili prenositi u bilo kojoj formi: elektronski, mehanički, fotografski ili na drugi način, bez prethodne pismene saglasnosti autora i izdavača.

## RECENZIJA

**NASLOV:** PRIRUČNIK za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih konstrukcija prema SRPS EN 1990-1998/NA

**AUTOR:** Miško Gunjača, dipl.inž.građ.

**RECENZENT:** Prof. emeritus dr Dragan Buđevac, dipl.inž.građ.

Prof. dr Srđan Kisin, dipl.inž.građ.

V. Prof. dr Snežana Mašović, dipl.inž.građ.

Milan Popović, dipl.inž.građ.

## OPIS SADRŽAJA KNJIGE

“PRIRUČNIK za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih konstrukcija prema SRPS EN 1990-1998/NA” (udaljem tekstu Priručnik) autora Miška Gunjače obrađuje sve faze projektovanja i izgradnje mostovskih konstrukcija pri primeni različitih vrsta materijala za noseću konstrukciju mosta (armiranobetonski, prethodnonapregnuti, čelični i spregnuti mostovi), a koji se izvode prema Evropskim standardima (Evrokodovi). Materija je u Priručniku obrađena kroz devet poglavlja. Tekst je bogato ilustrovan kako priložima i podlogama za projektovanje, tako i crtežima, tabelama i dijagramima iz odgovarajućih Evrokodova, odnosno SRPS EN .../NA (nacionalni aneksi) standarda. Na kraju priručnika priložena je obimna bibliografija od 84 jedinice korišćene literature. U priložima priručnika date su karakteristične karte opterećenja koje se primenjuju u Srbiji (sneg, vetar, temperatura i seizmika), kao i kategorizacija tipova stena i njihovih petrografskih karakteristika i lokacija u Srbiji (magmatske stene, kristalasti škriljci, masivne metamorfne stene i grupe mermera).

### Poglavlje 1: Uvodne napomene

U okviru ovog poglavlja tabelarno je prikazan spisak svih važećih SRPS EN i SRPS EN.../NA standarda. U skraćenom obliku je tekstualno opisan postupak proračuna graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja upotrebljivosti. Tabelarno su prikazani svi pojmovi koji se pojavljuju u prethodno navedenim standardima.

### Poglavlje 2: Osnove proračuna konstrukcije

U ovom poglavlju definisani su nivoi pouzdanosti kod graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja upotrebljivosti, definisane su klase prema posledicama loma i prema pouzdanosti, proračunski eksploatacioni vek i indikativne vrednosti trajanja konstrukcije. U najkraćim crtama je izložena metoda parcijalnih koeficijenata i projektne situacije kod mostova. Date su usvojene vrednosti koeficijenata sigurnosti za stalne i prolazne proračunske situacije, kao i projektovane vrednosti uticaja u incidentnim i seizmičkim proračunskim situacijama. Prikazane su karakteristične kombinacije saobraćajnih opterećenja za drumske, pešačke i železničke mostove, a obrazložena su i geotehnička dejstva i nosivost tla. Na kraju poglavlja dodatno su prikazane i klase izvođenja čeličnih i spregnutih konstrukcija.

### Poglavlje 3: Materijali

U ovom poglavlju definisane su fizičke, mehaničke i tehničke karakteristike materijala za noseće konstrukcije mostova. Obrađeni su materijali koji se najčešće koriste kod izgradnje i u kojima izgrađujemo objekte, kao što su proizvodi od čelika (čelični profili, čelični pločasti materijali, armaturni čelik, čelik za prednaprezanje, kablovski čelik, sidra i moždanici), beton, cement i tlo.

## Poglavlje 4: Opterećenja i dejstva na konstrukcije

Veoma značajno poglavlje 4 odnosi se na opterećenja i dejstva na mostovske konstrukcije. Imajući u vidu da se standardi za opterećenja mostovskih konstrukcija nalaze u okviru većeg broja standarda tipa (SRPS EN 1991-1 do 7/NA i SRPS EN 1991-2/NA) ovo poglavlje je veoma korisno jer na jednom mestu objedinjuje sve ove standarde za oblast mostovskih konstrukcija, uključujući i opterećenja za fazu izvođenja. Seizmička dejstva su izložena u posebnom poglavlju 7 (Proračun dejstva usled seizmičkih uticaja).

## Poglavlje 5: Proračun na zamor

Zamor je jedan od najkompleksnijih i najzačajnijih fenomena kod dinamički opterećenih konstrukcija, pogotovo mostova. Definisani su modeli opterećenja na zamor kod drumskih i železničkih mostova. Takođe su priloženi parcijalni koeficijenti za zamor. Detaljno su dati proračunski modeli za drumske i železničke mostove koji se izvođe kao armiranobetonske, prethodnonapregnute, čelične i spregnute konstrukcije.

## Poglavlje 6: Geotehnički proračun

U poglavlju geotehnički proračun prikazani su principi plitkog i dubokog fundiranja na koherentnom i nekoherentnom tlu sa i bez seizmičkih dejstava. Dat je osvrt na principe usvajanja geotehničkih parametara tla na bazi 'in situ' testova i njihova implementacija kod geotehničkih proračuna koji su Evrokod standardizacijom propisani. Radi boljeg razumevanja i usvajanja principa proračuna prema projektnim pristupima, kako je to definisano standardizacijom evrokoda SRPS EN 1997-1/NA i SRPS EN 1997-2, dati su i osviti na osnovne postavke raznih autora po kojima su projektni pristupi i usvajani, kao i metode proračuna propisane Evrokod standardizacijom.

## Poglavlje 7: Proračun za dejstva usled seizmičkih uticaja

U ovom poglavlju sažeto su izložene odredbe normi SRPS EN 1998-1/NA i SRPS EN 1998-2/NA koje se odnose na seizmičko projektovanje konstrukcija i posebno mostova, Pri tome su istaknute odredbe koje su usvojene u Nacionalnim aneksima pomenutih standarda. Pored osnovnih zahteva, metoda analize i načina verifikacije poseban deo je posvećen seizmičkim izolatorima. Takođe su obrađeni detalji vezani za izvođenje konstrukcija mostova sa aspekta aseizmičkih zahteva.

## Poglavlje 8: Ulazni podaci za proračun mostovskih konstrukcija

U okviru ovog poglavlja prikazane su veoma korisne blok šeme algoritama proračuna zavisno od materijala od koga je mostovske konstrukcije izrađena, istovermeno u kombinaciji sa namenom specifičnog mosta (drumski, železnički, pešački). Poseban deo poglavlja se bavi principima proračuna čeličnih i spregnutih mostova i usvajanja efektivnih širina preseka svih tipova mostovskih konstrukcija.

## Poglavlje 9: Ležišta i dilatacije

U ovom poglavlju prikazana su opšta pravila kod usvajanja ležišta. Definisane su kombinacije opterećenja za određivanje projektnih vrednosti pomeranja i sila u ležištima. Detaljno su izložena: armirana elastomerna ležišta, nearmirana elastomerna ležišta, valjkasta ležišta, ležišta u loncu, sferna i cilindrična ležišta, pokretna ležišta, ležišta sa vođicama i ležišta sa sprečenim pomeranjima. Na kraju poglavlja prikazane su i dilatacione razdelnice.

## ZAKLJUČAK I PREDLOG

Priručnik autora Miška Gunjače " PRIRUČNIK za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih konstrukcija prema SRPS EN 1990-1998/NA" prikazuje i analizira sve faze planiranja, projektovanja i izgradnje izuzetnih inženjerskih ostvarenja kao što su to mostovi. Ovaj priručnik sadrži detaljnu analizu i komentare koji imaju praktičnu primenu za realizaciji nekih budućih mostova u našoj zemlji, kao i korisne komentare po svakom od izloženih poglavlja. Materija je izložena jasno i pregledno, na visokom stručnom

nivou i predstavljaje izuzetno korisnu literaturu kako inženjerima u praksi tako i studentima građevinskih fakulteta u našem regionu. Knjigu prati veliki broj tabelarnih priloga i dijagrama koji informativno pokrivaju svako od priloženih poglavlja.

Izuzetno nam je zadovoljstvo da ovako kvalitetnu i aktuelnu knjigu preporučimo za štampu.

U Beogradu 15.10.2021.

Prof. emeritus dr Dragan Buđevac, dipl.inž.građ.

Prof. dr Srđan Kisin, dipl.inž.građ.

V. Prof. dr Snežana Mašović, dipl.inž.građ.

Milan Popović, dipl.inž.građ.

# SADRŽAJ

<b>1. UVODNE NAPOMENE .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OSNOVE PRORAČUNA KONSTRUKCIJE.....</b>	<b>20</b>
2.1. Upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja nosivosti .....	20
2.2. Upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja upotrebljivosti .....	21
2.3. Metoda proračunskih vrednosti ili metoda parcijalnih koeficijenata .....	22
2.4. Karakteristične kombinacije saobraćajnih opterećenja .....	30
2.5. Geotehnička dejstva i nosivost tla .....	34
2.6. Klase izvođenja konstrukcija.....	40
2.7. Veza geotehničke klase i klase izvođenja .....	42
2.8. Revizija projekata i nadzor .....	42
<b>3. MATERIJALI.....</b>	<b>44</b>
3.1. Čelični materijal.....	44
3.2. Konstrukcioni čelik.....	45
3.3. Armaturni čelik .....	64
3.4. Čelik za zatezne komponente .....	67
3.5. Moždanici za sprezanje.....	85
3.6. Beton za mostovske konstrukcije .....	88
3.7. Cement .....	100
3.8. Tlo – stene .....	102
3.9. Antikoroziorna zaštita i priprema površina.....	109
3.10. Radovi na sanaciji, reparaciji i zaštiti oštećenja na betonu .....	114
<b>4. OPTEREĆENJA I DEJSTVA NA KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>122</b>
4.1. Klasifikacija dejstava .....	122
4.2. Permanentna (stalna) dejstva.....	125
4.3. Opterećenje drumskih mostova .....	129
4.4. Opterećenje pešačkih mostova.....	136
4.5. Železničko opterećenje na mostovima .....	144
4.6. Dinamički uticaji (uključujući rezonancu) na železničkim mostovima .....	151
4.7. Karakteristične vrednosti horizontalnih sila železničke infrastrukture.....	166
4.8. Dugi šinski trak, interakcija šine–most .....	170
4.9. Verifikacija železničkih mostova za stanje upotrebljivosti – SLS kriterijumi .....	179
4.10. Incidentna dejstva na mostovima.....	184
4.11. Dinamičko dejstvo leda .....	192
4.12. Opterećenje od snega na tlo .....	194
4.13. Termička dejstva na konstrukciju .....	195
4.14. Opterećenje od vetra .....	203
4.15. Opterećenje tokom građenja $Q_c$ .....	257
<b>5. PRORAČUN NA ZAMOR .....</b>	<b>262</b>
5.1. Opšti prikaz zamora.....	262
5.2. Modeli opterećenja na zamor kod drumskih mostova ( <i>Fatigue load models</i> ) .....	263
5.3. Parcijalni koeficijenti za zamor drumskih, pešačkih i železničkih mostova .....	267
5.4. Karakteristični proračunski modeli za drumske mostove .....	268

5.5. Proračun na zamor za sve tipove železničkih mostova .....	280
5.6. Zamor kod spregnutih mostova .....	292
<b>6. GEOTEHNIČKI PRORAČUN .....</b>	<b>302</b>
6.1. Ispitivanje terena.....	303
6.2. Poprečni pritisak tla .....	307
6.3. Proračun širokih temelja .....	312
6.4. Uticaji od seizmičkih dejstava u tlu.....	326
6.5. Testovi ispitivanja tla 'in situ' metodama.....	335
6.6. Određivanje modula elastičnosti tla.....	352
6.7. Duboko fundiranje .....	353
6.8. Proračun zidova od talpi.....	393
<b>7. PRORAČUN ZA DEJSTVA USLED SEIZMIČKIH UTICAJA .....</b>	<b>400</b>
7.1. Uvodne napomene za projektovanje i izvođenje objekata pod seizmičkim dejstvima .....	400
7.2. Uslovi tla i klasifikacija tla.....	402
7.3. Seizmičke zone .....	403
7.4. Osnovni zahtevi i uslovi koji moraju biti zadovoljeni ( <i>compliance criteria</i> ) .....	406
7.5. Prostorna promenljivost .....	408
7.6. Metode analize .....	409
7.7. Verifikacija – provera nosivosti .....	417
7.8. Seizmički izolatori .....	431
7.9. Detalji za izvođenje konstrukcije mosta kod seizmičkih dejstava.....	442
<b>8. ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA.....</b>	<b>450</b>
8.1. Opšte napomene .....	450
8.2. Ulazni podaci za proračun čeličnih i spregnutih mostova .....	464
<b>9. LEŽIŠTA I DILATACIJE.....</b>	<b>482</b>
9.1. Opšta pravila i principi kod usvajanja ležišta.....	482
9.2. Opterećenja u zavisnosti od tipa ležišta .....	486
9.3. Kombinacije opterećenja za određivanje projektnih vrednosti pomeranja i sila na ležišta .....	488
9.4. Materijali za klizne elemente .....	492
9.5. Armirana elastomerna ležišta .....	496
9.6. Nearmirana elastomerna ležišta .....	501
9.7. Valjkasta ležišta ( <i>Roller bearings</i> ) .....	502
9.8. Ležišta u loncu ( <i>Pot bearing</i> ).....	505
9.9. Sferna i cilindrična ležišta ( <i>Spherical &amp; cylindrical bearing</i> ) .....	510
9.10. Prekretna ležišta ( <i>Rocker bearing</i> ) .....	513
9.11. Ležišta sa vođicom i ležišta sa sprečenim pomeranjima ( <i>Guide and restraint bearings</i> ) .....	515
9.12. Preporuke za korišćenje pojedinih tipova ležišta .....	516
9.13. Dilatazione razdelnice .....	517
<b>10. BIBLIOGRAFIJA.....</b>	<b>522</b>
<b>11. PRILOZI.....</b>	<b>526</b>
11.1. Karte opterećenja.....	526
11.2. TABELE KONVERZIJE iz/u SI sistema u/iz IMPERIJALNI MERNI SISTEM.....	537
11.3. STENE <sup>[80]</sup> .....	539



# 1. UVODNE NAPOMENE

Priručnik za projektovanje, nadzor kod izgradnje i izgradnju mostovskih konstrukcija prema **SRPS EN 1990–1998/NA** (u daljem tekstu Evrokod) zamišljen je kao brzi i sažeti podsetnik za građevinske inženjere Republike Srbije, koji su se, stupanjem na snagu novog Pravilnika za građevinske konstrukcije, oglašanim u Službenom glasniku RS, broj 89. od 18. decembra 2019, našli u situaciji da do sada u praksi korišćene pravilnike i uputstva zamene pravilnicima koje jednim imenom nazivamo Evrokodovi.

Posebna pravila koja važe za projektovanje i izvođenje građevinskih konstrukcija sada su svrstana u grupu dokumenta, Evrokodova, i nose oznake od **SRPS EN 1990** do **SRPS EN 1999** s dopunskom oznakom **NA** – Nacionalni aneks, kojima se utvrđuju pravila projektovanja, izgradnje i kontrole izvođenja građevinskih objekata, fiksiraju vrednosti promenljivih konstanti, koeficijenata i faktora vezanih za određene specifičnosti: klimatske, reljefne, zemljotresne, geološke, ekonomske i slične na teritoriji Republike Srbije.

U tabeli koja sledi može se videti prikaz dosad izdatih Nacionalnih aneksa u Republici Srbiji (septembar 2020), a koji su direktno povezani s pravilima projektovanja, dejstvima na konstrukcije i proračunima samih konstrukcija u skladu sa usvojenim Pravilnikom za građevinske konstrukcije:

<b>SRPS EN 1990/NA</b>	Osnove projektovanja konstrukcije
<b>SRPS EN 1991-1-1/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja na zgrade
<b>SRPS EN 1991-1-2/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-2: Dejstva na konstrukcije izložene požaru
<b>SRPS EN 1991-1-3/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-3: Dejstva snega
<b>SRPS EN 1991-1-4/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-4: Dejstva vetra
<b>SRPS EN 1991-1-5/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-5: Toplotna dejstva
<b>SRPS EN 1991-1-6/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-6: Dejstva u toku građenja
<b>SRPS EN 1991-1-7/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 1-7: Incidentna dejstva od udara i eksplozije
<b>SRPS EN 1991-2/NA</b>	Dejstva na konstrukcije: Deo 2: Saobraćajna opterećenja na mostovima
<b>SRPS EN 1992-1-1/NA</b>	Proračun betonskih konstrukcija: Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
<b>SRPS EN 1992-1-2/NA</b>	Proračun betonskih konstrukcija: Deo 1-2: Projektovanje na dejstvo požara
<b>SRPS EN 1992-2/NA</b>	Proračun betonskih konstrukcija: Deo 2: Betonski mostovi, pravila projektovanja i konstruisanja
<b>SRPS EN 1992-3/NA</b>	Proračun betonskih konstrukcija: Deo 3: Konstrukcije rezervoara i silosa
<b>SRPS EN 1993-1-1/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
<b>SRPS EN 1993-1-2/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-2: Projektovanje na dejstvo požara
<b>SRPS EN 1993-1-3/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-3: Dodatna pravila za hladno oblikovane tankozidne elemente i limove
<b>SRPS EN 1993-1-4/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-4: Dodatna pravila za nerđajuće čelike
<b>SRPS EN 1993-1-5/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-5: Puni limeni elementi
<b>SRPS EN 1993-1-6/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-6: Čvrstoća i stabilnost ljuski
<b>SRPS EN 1993-1-7/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-7: Pločaste konstrukcije opterećene izvan ravni
<b>SRPS EN 1993-1-8/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-8: Projektovanje veza
<b>SRPS EN 1993-1-9/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-9: Zamor
<b>SRPS EN 1993-1-10/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-10: Izbor čelika u pogledu žilavosti i svojstava po debljini
<b>SRPS EN 1993-1-11/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-11: Projektovanje konstrukcija sa zategnutim komponentama
<b>SRPS EN 1993-1-12/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 1-12: Dodatna pravila za proširenje primene EN 1993 na vrste čelika do S700
<b>SRPS EN 1993-2/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 2: Čelični mostovi
<b>SRPS EN 1993-3-1/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 3-1: Tornjevi, jarboli i dimnjaci – Tornjevi i jarboli
<b>SRPS EN 1993-3-2/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 3-2: Tornjevi, jarboli i dimnjaci – Dimnjaci
<b>SRPS EN 1993-4-1/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 4-1: Silosi

Nastavak tabele na sledećoj strani

<b>SRPS EN 1993-4-2/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 4-2: Rezervoari
<b>SRPS EN 1993-4-3/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 4-3: Cevovodi
<b>SRPS EN 1993-5/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 4-5: Šipovi
<b>SRPS EN 1993-6/NA</b>	Proračun čeličnih konstrukcija: Deo 4-6: Nosači kranskih staza
<b>SRPS EN 1994-1-1/NA</b>	Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona: Deo 1.1: Opšta pravila i pravila za zgrade
<b>SRPS EN 1994-1-2/NA</b>	Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona: Deo 1.2: Projektovanje na dejstvo požara
<b>SRPS EN 1994-2/NA</b>	Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona: Deo 2: Opšta pravila i pravila za mostove
<b>SRPS EN 1995-1/NA</b>	Proračun drvenih konstrukcija
<b>SRPS EN 1996-1/NA</b>	Proračun zidanih konstrukcija
<b>SRPS EN 1997-1/NA</b>	Proračun geotehničkih konstrukcija Deo 1: Opšta pravila
<b>SRPS EN 1997-2/NA</b> <b>nije izdat</b>	Proračun geotehničkih konstrukcija Deo 2: Istraživanja tla i testiranje
<b>SRPS EN 1998-1/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade
<b>SRPS EN 1998-2/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 2: Mostovi
<b>SRPS EN 1998-3/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 3: Procena stanja i ojačanje zgrada
<b>SRPS EN 1998-4/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 4: Silosi, rezervoari i cevovodi
<b>SRPS EN 1998-5/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 5: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnički aspekti
<b>SRPS EN 1998-6/NA</b>	Proračun seizmičke otpornosti konstrukcija: Deo 6: Tornjevi, jarboli i dimnjaci
<b>SRPS EN 1999-1-1/NA</b>	Proračun konstrukcija od aluminijuma: Deo 1.1: Opšta pravila

Novodefinisanom grupom dokumenata – Evrokodova – utvrđeni su principi proračuna i zahtevi koji se moraju ispuniti, a koji su vezani za sigurnost, trajnost, pouzdanost i upotrebljivost konstrukcija. Na osnovu strogo definisanih pravila, sprovode se proračuni konstrukcija i vrši verifikacija izvršenih proračuna.

Ovim priručnikom razmatraće se samo aspekti vezani za izvođenje, projektovanje – proračun i kontrolu mostovskih konstrukcija od betona, čelika i konstrukcija koje se dobijaju sprežanjem čelika i betona.

Dosada primenjivani koncept dopuštenih napona, modifikovani koncept dopuštenih napona i graničnih stanja, polako, ali neminovno ustupaju svoje mesto probabilističkom konceptu graničnih stanja, konceptu primene probabilističkih metoda proračuna (lat. *probabilis* - shvatanje po kome naše saznanje i znanje mogu biti samo verovatni, ali dokazivi). One se oslanjaju na: stohastički pristup (grč. *stochastike* – veština pogađanja onoga što je tačno), prirodu svojstava materijala, promenljivosti geometrije i vrednosti promenljivih klimatskih veličina (temperatura, vetar, sneg ...) i promenljivih veličina kao što su ljudska navala i saobraćajno opterećenje.

Kako se sve promenljive veličine oslanjaju na odgovarajuće krive raspodele, koje su produkt zakona verovatnoće, njihovo uvođenje u proračun predstavlja vrlo složen i dugotrajan matematički model. Da bi se izbegla izuzetno opsežna matematička analiza proračunskih vrednosti promenljivih veličina, usvojena je pretpostavka da sve promenljive veličine podležu istom zakonu verovatnoće, pa je s tim u vezi primenjena normalna Gausova funkcija raspodele. Ovakav pristup u teoriji je poznat kao poluprobabilistički koncept i on je bio osnova za formiranje koncepta proračuna usvojenog ovom EN standardizacijom. Zasniva se na analizi ponašanja konstrukcije do nivoa dostizanja graničnih stanja nosivosti ili upotrebljivosti. Granična stanja su stanja kod kojih konstrukcija, kada ih prekorači, više ne ispunjava kriterijume proračuna, pa u tom smislu razlikujemo prekoračenja tipa:

- graničnog stanja nosivosti (*Ultimate Limit States – ULS*), kada dolazi do loma konstrukcije (*Structural failure*) i
- graničnog stanja upotrebljivosti (*Serviceability Limit States – SLS*), kada prekoračenjem propisani kriterijum upotrebljivosti i eksploatacioni zahtevi više nisu ispunjeni.

Postupci projektovanja u skladu sa Evrokodovima baziraju se na sledećim pretpostavkama:

Utjecaji različitih dejstava (sopstvena težina, vetar, saobraćajna i udarna opterećenja, temperatura, sleganje stubova itd.) množe se parcijalnim faktorima sigurnosti, a zatim se međusobno kombinuju u zavisnosti od verovatnoće njihovog istovremenog pojavljivanja. Na ovaj način sračunati naponi u materijalu konstrukcije (sada sa oznakom  $E_d$ , a ranije sa oznakom  $\sigma$ ) upoređuju se sa nosivošću (otporom). On se sračunava deljenjem karakterističnih vrednosti nosivosti (jačine) materijala sa parcijalnim faktorima sigurnosti za materijal (sada je to označeno sa  $R_d$ , a ranije sa  $\sigma_{dop}$ ), koji uzimaju u obzir verovatnoću pretpostavljenih vrednosti čvrstoće.

Vrednosti  $E_d$  i  $\sigma$  razlikuju se za veličinu faktora sigurnosti  $\gamma_F$  i faktora istovremenoog pojavljivanja  $\psi$ , kojim su pomnoženi uticaji opterećenja, odnosno njihove kombinacije po novom konceptu. Vrednosti  $R_d$  i  $\sigma_{dop}$  razlikuju se za koeficijente sa kojima su podeljene vrednosti čvrstoće materijala, pa je sadašnje  $R_d$  u stvari vrednost bliska vrednosti nosivosti materijala na granici elastičnosti po starim proračunima podeljena sa  $\gamma_M$  (parcijalni koeficijent sigurnosti za pojedinačni materijal).

Faktori parcijalne (delimične) sigurnosti opterećenja u novom konceptu uzimaju u obzir i neke dodatne aspekte koji se ne mogu precizno izmeriti, a koji ranije nisu korišćeni. Iz tih razloga vrednosti parcijalnih koeficijenta ne mogu se smatrati izvedenim samo iz statističke procene izmerenih opterećenja. Novi koncept, u odnosu na stari pristup, uzima u obzir i osetljivost sistema kroz dodatni sistemski faktor.

Osnovna i dokazana pravila za projektovanje i dimenzionisanje nosećih delova prema starim konceptima projektovanja mogu se koristiti, ali samo uz naznačene modifikacije prema novom konceptu proračuna i uz prilagođavanja pravilima i principima zahtevanim u Evrokod dokumentima.

Moguća poređenja ranijih koncepata s novim, kao i ocene principa i pristupa proračunima i dokazima nosivosti, autor će prepustiti sudu svakog od budućih korisnika ovog priručnika.

Evidentno je da je novim konceptom nivo vrednosti dejstava povećan, a da je nivo karakterističnih vrednosti nosivosti materijala smanjen ispod granice nivoa elastičnosti. Iz navedenog proizlazi da su vrednosti svih predloženih koeficijenata sigurnosti, bez obzira na predložene maksimume i minimume, kako za konstrukcije, tako i za opterećenja, dejstva i materijale viši od ranije korišćenih. To za rezultat daje, i pored mogućnosti da na nivou Nacionalnih dokumenata ti parametri budu usvojeni, da gradimo znatno jače i dugotrajnije objekte, ali i, sa ekonomskog aspekta gledano, objekte značajnijih vrednosti izgradnje.

Autor smatra da je koncept dobar, da omogućava dogradnju i usavršavanje, da nije odgovorio na sve nedoumice i nedostatke iz prošlosti, ali im je otvorio vrata za rešavanje. Prilagođen je novim tehnološkim trendovima, ali i prilično oštro postavljen u ekonomskom pogledu; za njegovu primenu potrebno je posedovanje ozbiljnog računarskog alata, programskih paketa. Koncept nije dovoljno prilagođen izvođačkim zahtevima – konceptualno je pokrivaoblast projektovanja bez dovoljno sagledavanja primene kod izgradnje, a osnovni inženjerski, a i životni princip „Cogito ergo sum“ (Mislim, dakle postojim) doživeo je ozbiljan, bokserskim rečnikom iskazano, tehnički nokaut. Osećaj za utvrđene vrednosti i dobijene rezultate iz polja realnog fizičkog sagledavanja prešao je u oblast matematički prikazanih cifarskih vrednosti, čije se vrednosti teško upoređuju s vrednostima odgovarajućih fizičkih veličina, jačina materijala.

Tokom korišćenja ovog priručnika suočićemo se s nizom pojmova koji su osnova **SRPS EN 1990-1999** probabilističkog koncepta, pa su ti pojmovi, radi svoje preglednosti, razvrstani prema svojstvima na koja se odnose i prikazani su u tabeli 1.1.

U ovom priručniku prikazane su preporuke, pravila i principi na kojima se Evrokod pravilnici zasnivaju i način na koji se primenjuju. U praksi se prikazana pravila i principi mogu primeniti isključivo na mostovske konstrukcije koje su sračunate primenom ove standardizacije, a koje možemo označiti kao novoprojektovane objekte; i/ili na one koje su po tim pravilima i principima izgrađene – novoizgrađeni objekti. Nažalost, do sada izdatim Evrokod pravilnicima i njima obuhvaćenom standardizacijom, kao i pripadajućim Nacionalnim aneksima, nisu tretirani postojeći objekti. Stoga autor ovog priručnika sugeriše svim kolegama koji se susreću sa zahtevima za sanacije i rekonstrukcije postojećih objekata da ne primenjuju direktno nove Evrokod pravilnike i standardizaciju na postojeće konstrukcije, koje su sračunate prema ranije važećim pravilnicima i standardizaciji. Evrokod pravilnicima i SRPS Nacionalnim aneksima nisu definisani parametri redukcije ili pravila i principi koji se odnose na faze sanacije i rekonstrukcije postojećih mostovskih konstrukcija.

Budući da su razlike znatne, kako po zahtevima nosivosti, tako i po zahtevima upotrebljivosti i zamora, autor sugeriše kolegama koji izdaju uslove i propisuju nivoe sanacionih i radova na rekonstrukciji da ostanu u domenu ispitivanja nosivosti i upotrebljivosti po starim normativima uz strogo kontrolisanu primenu eventualne upotrebe novih pravilnika, i to samo u funkciji utvrđivanja kategorizacije postojećeg objekta i dokaza upotrebljivosti lokalnih delova konstrukcije. Naravno, kako je naznačena tema veoma osetljiva i nije jasno definisana ni kod ostalih korisnika ove standardizacije, morao bi da se formira Nacionalni komitet ili slično telo u okviru nadležnog ministarstva i da ozbiljno razmotri pravila za primenu Evrokod pravilnika i njima pripadajuće standardizacije na postojeće objekte.

Dok se ne pojave pravilnici kojima će biti obuhvaćeni pravila i principi uzajamnosti i povezivanja stare i nove standardizacije za mostovske konstrukcije, u problematici korišćenja Evrokod pravilnika na postojeće objekte moraju se primenjivati inženjerski, konstrukterski i etički pristup, pa autor ovih redova sugeriše neke od njih:

1. koristiti novopropisane nivoe promenljivih opterećenja samo za utvrđivanje kategorizacije nosivosti i procene preostalog veka trajanja postojeće konstrukcije korišćenjem redukcionih koeficijenata po Gumbelovoj raspodeli koji su manji od 1, a veći od 0,75;
2. ne rušiti postojeći objekat zato što ne zadovoljava nosivost po novim propisima, već primeniti principe za eventualno povećanje njegove nosivosti do nivoa ekonomske isplativosti i svakako maksimalno povećati njegovu upotrebljivost primenom savremenih materijala za sanaciju i konzervaciju postojećeg stanja;

3. promenljiva opterećenja od uticaja leda, temperature i vetra primenjivati prema stvarnim lokalnim podacima i lokacijski definisanim/usvojenim parametrima na mostovski objekat, bez dodatka koje propisuje nova Evro-kod standardizacija;
4. uklanjati objekte ili delove objekta, tj. menjati ih novim samo tamo gde parametri zamora ili žilavosti postojećeg materijala pokazuju svojstva koja iniciraju ona stanja što dovode do krstog loma ili lokalno mogućeg havarijskog kolapsa;
5. ne menjati delove konstrukcije samo zato što su tehnološki zastareli (npr. betonski pendel ili livena čelična ležišta ne menjati novim ležištima u loncu);
6. ekonomski je neopravdano i neetičko je ponašanje kojim se sprovodi rušenje bilo koje mostovske konstrukcije koja se može sanirati i rekonstruisati i nakon toga služiti za neposrednu ili alternativnu upotrebu u saobraćaju i komunikaciji. Autoru je ovaj stav potvrdilo bombardovanje Srbije 1999. godine;
7. vandalizmom se može smatrati rušenje bilo koje mostovske konstrukcije od kamena da bi se na njenom mestu podigao most po bilo kojim pravilima ili principima.

Kako proračuni konstrukcija mostova zahtevaju definisanje i razradu velikog broja konstruktivnih i statičkih sistema, različitih konstruktorskih i izvođačkih detalja, tehnoloških koncepcija izvođenja radova i, naravno, različitih tipova opterećenja i ponašanja materijala, što sve zahteva veliki broj stranica, koje bi samo opteretile prvobitnu želju autora, autor je pokušao da, u sprezi sa Evrokod standardima, sažetim, kratkim prikazom novu standardizaciju približi krajnjim korisnicima, građevinskim inženjerima iz prakse i pruži im uvodne informacije o novim pravilima pri projektovanju i izgradnji konstrukcija mostova.

**Tabela 1.1.** Pojmovi u upotrebi u SRPS EN 1990-1999

DEJSTVA / ACTION F	SVOJSTVA MATERIJALA I PROIZVODA	GEOMETRIJSKI PODACI	ANALIZA KONSTRUKCIJA	PRORAČUNSKI POJMOVI	GRANIČNA STANJA	
Uticaji od dejstava / <i>Effect of action / E</i>	Referentni period / <i>Reference period - statistička procena promenljivih dejstava</i>	Čvrstoća / <i>Strength</i>	Karakteristična vrednost geometrijskog svojstva / <i>Characteristic value of a geometrical property a<sub>k</sub></i>	Analiza konstrukcije / <i>Structural analysis</i>	Proračunski kriterijum / <i>Design criteria</i>	Granična stanja nosivosti / <i>Ultimat limit state / ULS</i>
Stalno dejstvo / <i>Permanent action / G</i>	Vrednost promenljivog dejstva za kombinaciju / <i>Combination value of variable action Ψ<sub>0</sub>Q<sub>k</sub></i>	Karakteristična vrednost / <i>Characteristic value X<sub>k</sub></i> ili R <sub>k</sub>	Proračunska vrednost geometrijskog svojstva / <i>Design value of a geometrical property a<sub>d</sub></i>	Globalna analiza / <i>Global analysis</i>	Proračunske situacije / <i>Design situation</i>	Granična stanja upotrebljivosti / <i>Serviceability limit state / SLS</i>
Promenljivo dejstvo / <i>Variable action / Q</i>	Česta vrednost promenljivog dejstva / <i>Frequent value of variable action Ψ<sub>1</sub>Q<sub>k</sub></i>	Proračunska vrednost svojstava materijala ili proizvoda / <i>Design value of a material or product property F<sub>k</sub>/γ<sub>M</sub>=X<sub>d</sub> ili R<sub>d</sub></i>	Nominalna vrednost geometrijskih podataka / <i>Nominal value of geometrical data a<sub>nom</sub></i>	Linearno-elastična analiza prvog reda bez preraspodele / <i>First order linear-elastic analysis without redistribution</i>	Stalna proračunska situacija / <i>Persistent design situation</i>	Nepovratna granična stanja upotrebljivosti / <i>Irreversible serviceability limit states</i>
Incidentno dejstvo / <i>Accidental action / A</i>	Kvazistalna vrednost promenljivog dejstva / <i>Quasi-permanent value of action Ψ<sub>2</sub>Q<sub>k</sub></i>	Nominalna vrednost materijala ili proizvoda / <i>Nominal value of material or product property X<sub>nom</sub> ili R<sub>nom</sub></i>		Linearno-elastična analiza drugog reda / <i>Second order linear-elastic analysis</i>	Prolazna proračunska situacija / <i>Transient design situation</i>	Povratna granična stanja upotrebljivosti / <i>Reversibility serviceability limit states</i>
Seizmičko dejstvo / <i>Seismic action / A<sub>E</sub></i>	Vrednost ostalih promenljivih dejstava / <i>Accompanying values of action ΨQ<sub>k</sub></i>	Nelinearna svojstva materijala / <i>Non-linear deformation properties of material</i>		Nelinearna analiza prvog reda / <i>First order non-linear analysis</i>	Proračun za dejstvo požara / <i>Fire design</i>	Kriterijum upotrebljivosti / <i>Serviceability criterion</i>
Geotehničko dejstvo / <i>Geotechnical action</i>	Karakteristična vrednost dejstva / <i>Characteristic value of action / F<sub>k</sub></i>			Nelinearna analiza drugog reda / <i>Second order non-linear analysis</i>	Seizmička proračunska situacija / <i>Seismic design situation</i>	Nosivost / <i>Resistance</i>
Nepokretno dejstvo / <i>Fixed action</i>	Reprezentativna vrednost dejstva / <i>Representative value of action / F<sub>rep</sub></i>			Elastično-idealno plastična analiza prvog reda / <i>First order elastic-perfectly plastic analysis</i>	Proračun na zamor / <i>Fatigue design</i>	Pouzdanost / <i>Reliability</i>
Slobodno dejstvo / <i>Free action</i>	Proračunska vrednost dejstva / <i>Design value of an action / F<sub>d</sub>=F<sub>k</sub>*γ<sub>F</sub></i>			Elastično-idealno plastična analiza drugog reda / <i>Second order elastic-perfectly plastic analysis</i>	Incidentna Proračunska situacija / <i>Accidental design situation</i>	
Pojedinačno dejstvo / <i>Single action</i>	Kombinacija dejstava / <i>Combination of actions</i>			Elasto-plastična analiza prvog ili drugog reda / <i>Elasto-plastic analysis - first or second order</i>		
Statičko dejstvo / <i>Static action</i>				Kruto plastična analiza / <i>Rigid plastic analysis</i>		
Dinamičko dejstvo / <i>Dinamic action</i>						
Kvazi -statičko dejstvo / <i>Quasi-static action</i>						

Autor nije pisao knjigu, već priručnik, tako da je, pored svojih prikaza, zapisa, saveta i primera proračuna pojedinih pozicija iz Priručnika, koristio i delove predavanja, analiza standarda i predloga za izmene istih od 1990. do danas od strane članova radnih tela, komiteta CEN, CEB, FIP, RILEM, CEMT i drugih. Naravno, sve ono što je njihovom odlukom bilo ili je još uvek dostupno u .PDF formatu na internet stranama. Na kraju ovog priručnika nalazi se bibliografski prikaz autora čiji su radovi korišćeni. Postoji mogućnost da je autor ovog priručnika slučajno ispustio neku knjigu, rad ili članak, pa u bibliografiji oni nisu navedeni. S obzirom na to da je tokom pisanja ovog priručnika konsultovan veliki broj članaka, a da je autor naknadno pisao bibliografiju, previdi su mogući. Autor ovog priručnika duboko se izvinjava i unapred zahvaljuje na kolegijalnom razumevanju i spreman je da izvrši ispravku i dopunu bibliografije i eventualne izmene tekstualnih i grafičkih prikaza i citata.

Primena ovog priručnika direktno je povezana sa standardizacijom Evrokodova i Nacionalnim dokumentima izdatim od Zavoda za standardizaciju Republike Srbije i tek s njima čini jedan kompletan dokument kojim se u praksi može pravilno sagledavati celokupna materija. Već je ranije rečeno, ali autor želi ponovo to da naglasi – ovaj priručnik je, pre svega, samo vodič za upotrebu i korišćenje 46 dosad izdatih Nacionalnih dokumenata koji se odnose na problematiku Evrokodova u građevinskom konstrukterstvu, od kojih se nekih 37 direktno koristi za mostovske konstrukcije.

S obzirom na činjenicu da su pisanje ovog priručnika i njegova priprema za štampu zahtevali znatan vremenski period, autor koristi priliku da zahvali i izvini se svojoj porodici i prijateljima, pre svih supruzi Ljiljani i ćerki Marini, na ogromnom razumevanju jer im je radom na ovom priručniku uskratio svoje prisustvo, a i neka druga životna zadovoljstva.

Svakako, autor ovog priručnika zahvaljuje i svima koji su u bibliografiji i van nje, a koji su svojim sugestijama, pisanim dokumentima i knjigama pomogli autoru da sublimira ovako obimnu problematiku na ovako malo strana. Autor zahvaljuje kolegama Miloradu Nježiću i Milanu Popoviću na pomoći i sugestijama u delu koji se odnosi na fundiranje objekata i problematiku stena; kolegama Zdenku Hriberšku, Željku Ličini i Zoranu Lukoviću na prijateljskoj i kolegijalnoj podršci i sugestijama tokom zajedničkih druženja; prof. dr Srđanu Kisinu na sugestijama vezanim za dopune i izmene u sadržaju samog Priručnika i recenziji istog; prof. dr Draganu Buđevcu i prof. dr Snežani Mašović na recenziji Priručnika, sugestijama i primedbama.

Autor želi posebno da zahvali donatorima, kompanijama i pojedincima koji su svojim finansijskim priložima omogućili da ovaj priručnik bude odštampan. Ovim putem autor zahvaljuje: kompaniji *Strabag d.o.o. Beograd*, g. Günther Wimmer, g. Bojanu Bizetiću; kompaniji *PERI Srbija d.o.o.*, g. Miletu Bojaniću i g. Dragiši Đoroviću; kompaniji *Konstruktor Konsalting d.o.o. Beograd*, g. Srđanu Kisinu, g. Ognjenu Kisinu i g. Draganu Brkiću; kompaniji *Put Inženjering d.o.o. Niš*, g. Srđanu Milenoviću i gđi Leli Mitić; kompaniji *Freyssinet d.o.o. (ogranak Srbija)*, g. Miodragu Stankoviću; kompaniji *DOKA Serb d.o.o.*, g. Branku Dobričaninu i g. Nebojši Jovanoviću; kompaniji *PRO-inženjering d.o.o. Beograd*, g. Predragu Niševiću i g. Milenku Goronji; *Institutu IMS a.d. Beograd*, g. Vencislavu Grabulovu, g. Nenadu Šušiću i g. Bojanu Arandeloviću; kompaniji *Eptisa South East Europe d.o.o. Beograd*, g. Draganu Kostadinovu; kompaniji *DIORIT d.o.o. Sarajevo*, g. Mariju Vrdoljaku; kompaniji *International Part Depo d.o.o. Beograd*, koja zastupa kompanije *Bauer* i *Minova* u Srbiji, g. Zlatanu Hamzagiću; kompaniji *Beton IN1 d.o.o. Beograd*, g. Babisu Charalampos Karakgjozidisu, kompaniji *GMT Geomehanički tim d.o.o. Beograd*, g. Goranu Todoroviću. Posebnu zahvalnost autor iskazuje svojim dragim prijateljima g. Nenadu Knežiću, g. Zoranu Galiću i g. Zdravku Sojiću, kao i svima onima čija imena autoru nisu poznata, a koji su svojim uticajem pomogli u ostvarenju navedenih donacija.

Vi, čitaoci i korisnici ovih redova, bićete toliko dobri i ljubazni da autoru javite svoje mišljenje, da prijavite sve greške na koje ste pregledom Priručnika naišli, bilo da su one štamparske prirode ili su po vašem mišljenju neadekvatno prikazani i opisani delovi standardizacije. Imejl autora je [miskogunjaca@gmail.com](mailto:miskogunjaca@gmail.com), pa slobodno pošaljite sve svoje primedbe, eventualne pohvale, neslaganja, predloge izmena i dopune teksta. Autor će vam biti veoma zahvalan, a zasigurno i svi budući čitaoci i korisnici ovog priručnika, jer će se autor potruditi da o njima svi budu obavješteni.

Autor je svoj profesionalni radni vek otpočeo upisom na Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i nastavio ga paralelnim radnim angažovanjem u struci – prešavši put od neposrednog izvršioca poslova u građevinarstvu do rukovodioca najvišeg nivoa, kako u projektovanju, tako i u neposrednoj izgradnji objekata, a svakako najviše na poslovima u mostogradnji. Iskustvo ga je uverilo da se samo uz timski rad, bez lične sujete, želje za isticanjem i skrivanjem stečenog iskustva, a uz poštovanje kolegijalnog i timskog mišljenja mogu uspešno voditi i izvršavati poslovi u građevinarstvu. Ovakav stav autora je i motiv za pisanje ovog priručnika.

Autor se kod pisanja Priručnika vodio i svojim životnim motom, koji možete pročitati na početku Priručnika, a koji je napisan od strane možda ne najvećeg, ali autoru svakako najdražeg srpskog pesnika, Branka Radičevića.

Iskreno se nadam da će vam poslužiti u profesionalnom radu...

U Beogradu, juna 2021.

Autor,

Miško Gunjača, dipl. inž. građ.

## 2. OSNOVE PRORAČUNA KONSTRUKCIJE

Svaka konstrukcija mora da bude proračunata i izvedena tako da tokom svog proračunskog eksploatacionog veka, uzimajući u obzir pouzdanost (nosivost, sigurnost, upotrebljivost i trajnost), prihvati sva dejstva i uticaje koji nastaju tokom izgradnje i eksploatacije i ostane podobna za upotrebu i u slučaju eksplozija, udara, zemljotresa i posledica ljudskih grešaka.

Da bi se upravljalo pouzdanošću konstrukcije, novi proračunski koncept propisuje:

- upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja nosivosti;
- upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja upotrebljivosti.

### 2.1. Upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja nosivosti

Nivoi pouzdanosti kod graničnih stanja nosivosti, koji se primenjuju kod proračuna, dostižu se određivanjem reprezentativnih vrednosti dejstava i izborom parcijalnih koeficijenata. Da bi se odredili nivoi reprezentativnih vrednosti u funkciji pouzdanosti, uvedene su klase: prema pretpostavljenim posledicama loma (CC klase) i klase u zavisnosti od izloženosti konstrukcije rizičnom slučaju (RC klase).

#### 2.1.1. Klase prema posledicama loma (*consequences classes*) CC

Klase prema posledicama loma definisane su prema tabeli B1. SRPS EN 1990:2012.

Tabela 2.1 (Tabela B1) – Definicija klasa prema posledicama

Klase posledica grešaka – havarijske posledice koje uzrokuju ljudske žrtve, materijalne posledice, socijalne i posledice po okolinu	Klasa	Opis
Tribine, stadijumi, mostovi, inž. objekti, javne zgrade sa visokim rizicima (koncertne i sportske dvorane)	CC3	Visoka Velike posledice
Stambene i poslovne zgrade	CC2	Srednja Srednje posledice
Poljoprivredni objekti i objekti gde ljudi ne ulaze često ili uopšte ne ulaze	CC1	Niska Male posledice

#### 2.1.2. Klase prema pouzdanosti (*reliability classes*) RC

Klase prema pouzdanosti definišu se preko indeksa pouzdanosti  $\beta$  za granična stanja nosivosti, kako je to prikazano u tabeli B2. SRPS EN 1990:2012.

Tabela 2.2 (Tabela B2) – Preporučene minimalne vrednosti za indeks pouzdanosti  $\beta$  (granična stanja nosivosti)

Klasa	Indeks pouzdanosti $\beta$ (ULS)		
	1 godina	50 godina	100 godina
RC3	5,2	4,3	3,8
RC2	4,7	3,8	-
RC1	4,2	3,3	-

U SRPS EN 1990 kao referentna klasa pouzdanosti usvojena je klasa RC2 i indeks pouzdanosti za referentni period od 50 godina,  $\beta \geq 3,8$ . Na osnovu toga u tabeli C2. SRPS EN 1990 za referentnu klasu RC2 i različita granična stanja prikazani su indeksi pouzdanosti.

Tabela 2.3 (Tabela C2) – Ciljni indeks pouzdanosti  $\beta$  za klasu RC2 konstrukcijskih elemenata i različita granična stanja

	ciljni indeks pouzdanosti $\beta$	
	1 godina	50 godina
Nosivosti	4,7	3,8
Zamora		1,5 do 3,8
Upotrebljivosti (nepovratno)	2,9	1,5

**Tabela 2.4 (Tabela B3) – Koeficijent  $K_F$  za dejstva**

	$K_F$ faktor dejstva
RC3	1,1
RC2	1
RC1	0,9

Za dejstva u funkciji od usvojene klase pouzdanosti, u *tabeli B3, SRPS EN 1990* prikazane su vrednosti koeficijenta  $K_F$ . Ovaj koeficijent može biti implementiran samo kod nepovoljnih (*unfavorable*) dejstava.

## 2.2. Upravljanje pouzdanošću u pogledu graničnih stanja upotrebljivosti

### 2.2.1. Proračunski eksploatacioni vek

Usvajanjem proračunskog eksploatacionog veka (*Design working life*) svake konstrukcije definišu se nivoi pouzdanosti. U *tabeli 2.1, poglavlje 2.3, SRPS EN 1990* prikazane su indikativne vrednosti eksploatacionog veka. Vrednosti prikazane u *tabeli 2.5* koriste se i kod proračuna na zamor.

**Tabela 2.5 (Tabela 2.1) – Indikativne vrednosti trajanja konstrukcije**

SRPS EN 1990: Poglavlje 2.3, Tabela 2.1	Kategorija	godine
Privremene konstrukcije <sup>1</sup>	1	10
Zamenljivi delovi konstrukcije, na primer kranski nosači, sekundarni nosači kod akvadukta, ležišta, dilatacioni uređaji, drveni kolovoz kod pešačkih mostova	2	10-25
Poljoprivredne i slične konstrukcije, viseći pešački mostovi sa drvenim kolovozom širine $\leq 2,0$ m	3	15-30
Konstrukcije zgrada, konstrukcije industrijskih objekata sa vekom primene tehnologije $\leq 50$ godina i druge jednostavne konstrukcije, <i>mostovi za prevođenje instalacija, pešačke pasarele, mostovi na lokalnim putevima</i>	4	50
Konstrukcije monumentalnih zgrada, <i>mostovi i konstrukcije inženjerskih građevinskih objekata</i> <sup>2</sup>	5	100

<sup>1</sup> Konstrukcije ili delovi konstrukcija koji mogu da se demontiraju sa izgledima da se ponovo koriste ne treba da se razmatraju kao privremeni.

<sup>2</sup> Proračunski vek trajanja za inženjerske građevinske objekte u okviru prilaza industrijskim kompleksima definiše se za svaki pojedinačni projekt.

#### Indikativne vrednosti trajanja konstrukcije

##### Bliža klasifikacija objekata u odnosu na kategoriju proračunskog eksploatacionog veka:

###### Objekti kategorije 4

- Objekti za preradu nafte i gasa, međunarodni i magistralni produktovodi, gasovodi i naftovodi za transport, gasovodi nazivnog radnog natpritiska preko 16 bar, ukoliko prelaze najmanje dve opštine, skladišta nafte, gasa i naftnih derivata kapaciteta preko 500 t, magistralni i regionalni toplodalekovodi, objekti za proizvodnju biodizela.
- Objekti bazne i prerađivačke hemijske industrije, crne i obojene metalurgije, objekti za preradu kože i krzna, objekti za preradu kaučuka, objekti za proizvodnju celuloze i papira i objekti za preradu nemetalnih mineralnih sirovina, osim objekata za primarnu preradu ukrasnog i drugog kamena, u skladu sa kapacitetima definisanim u Uredbi o utvrđivanju liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu.
- Stadioni za 10.000 i više gledalaca, objekti konstruktivnog raspona od 50 m i više, objekti visine 50 m i više, silosi kapaciteta preko 10.000 m<sup>3</sup>, objekti kazneno-popravnih ustanova.
- Termoelektrane snage 10 MW i više, termoelektrane-toplane električne snage 10 MW i više i dalekovodi i trafostanice napona 110 kV i više.
- Međuregionalni i regionalni objekti za vodosnabdevanje i kanalizaciju, postrojenja za pripremu vode za piće kapaciteta preko 40 l/s i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u naseljima sa preko 15.000 stanovnika ili kapaciteta 40 l/s.
- Postrojenja za tretman neopasnog otpada, spaljivanjem ili hemijskim postupcima, kapaciteta više od 70 t dnevno.
- Postrojenja za tretman opasnog otpada spaljivanjem, termičkim i/ili fizičkim, fizičko-hemijskim, hemijskim postupcima.
- Aerodromi.
- Telekomunikacioni objekti, tj. mreža, sistem ili sredstva koji su međunarodnog i magistralnog značaja i oni koji se grade na teritoriji dveju ili više opština.
- Objekti za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora energije snage 10 MW i više, kao i za elektrane sa kombinovanim proizvodnjom.

###### 11. Mostovi za prevođenje instalacija, pešačke pasarele, mostovi na lokalnim putevima

###### Objekti kategorije 5

- Visoke brane i akumulacije napunjene vodom, jalovinom ili pepelom za koje je propisano tehničko osmatranje.
- Hidroelektrane i hidroelektrane sa pripadajućom branom snage 10 MW i više.
- Kulturna dobra od izuzetnog značaja i kulturna dobra upisana u Listu svetske kulturne i prirodne baštine.
- Centralna skladišta i/ili deponije za odlaganje opasnog otpada.
- Putnička pristaništa, luke, pristani i marine.
- 6. Inženjerski građevinski objekti na državnim putevima prvog i drugog reda, drumski mostovi na regionalnim putevima.**
- 7. Inženjerski građevinski objekti javne železničke infrastrukture sa priključcima i metroom.**
- Hidrograđevinski objekti na plovnim putevima.
- Plovni kanali i brodske prevodnice koji nisu u sastavu hidroenergetskog sistema.

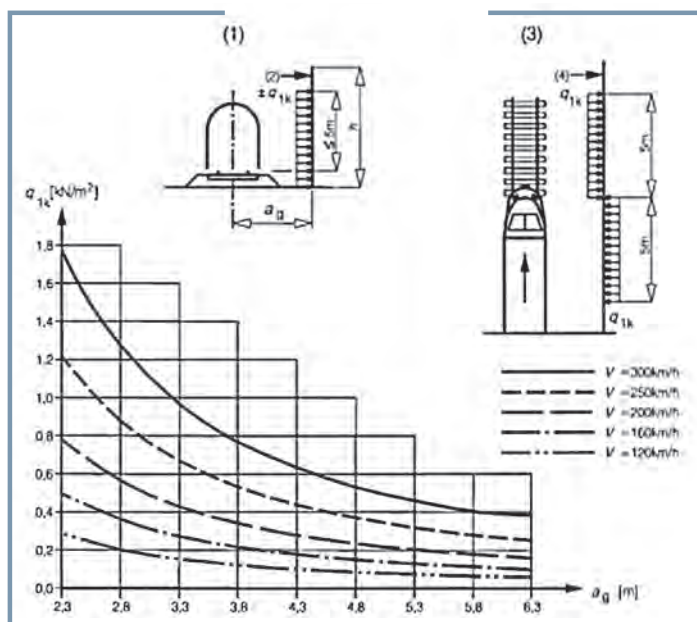
## 4.7.4 Dejstva od strujanja vazduha pri prolasku voza

Svaka konstrukcija koja se nalazi pored koloseka prilikom prolaska voza izložena je dejstvu putujućeg vazdušnog talasa, naizmenično pritiska i zatezanja.

Intenzitet dejstva zavisi od:

- kvadrata brzine voza;
- aerodinamičkog oblika voza;
- oblika konstrukcije;
- položaja, naročito rastojanja konstrukcije od koloseka.

### 4.7.4.1 Proste vertikalne površine paralelne koloseku (npr. zaštitne pregrade od buke)



Slika 4.37 (Slika 6.22) – Karakteristične vrednosti dejstva  $q_{1k}$  za vertikalne površine paralelne koloseku

Karakteristične vrednosti  $\pm q_{1k}$  prikazane su na slici 4.37 (slika 6.22, SRPS EN 1991-2:2012):

- (1) presek;
- (2) površina konstrukcije;
- (3) osnova;
- (4) površina konstrukcije.

Karakteristične vrednosti primenjuju se na vozove sa nepovoljnim aerodinamičkim oblikom i redukuju se sa koeficijentom  $k_1$ , koji ima vrednost:

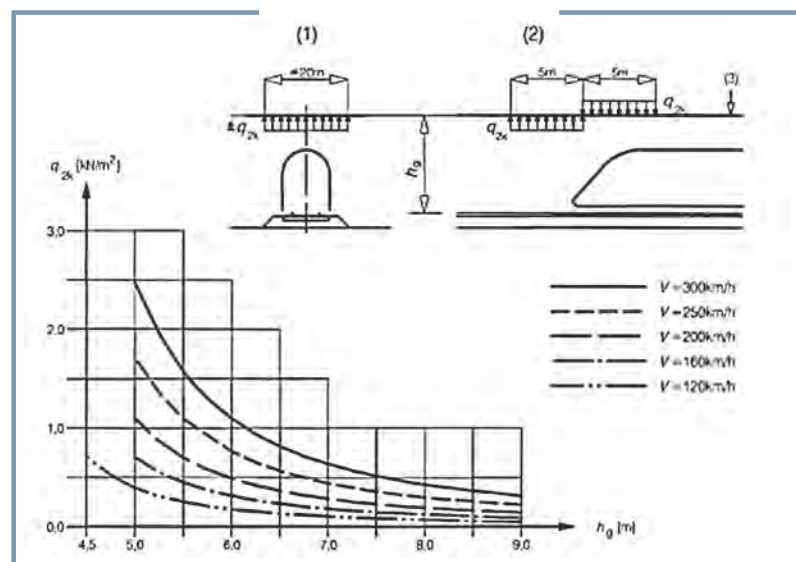
$k_1 = 0,85$  za vozove sa glatkim konturnim sklopom;

$k_2 = 0,6$  za vozove sa aerodinamičkim sklopom (na primer: TGV, ETR, ICE...).

Ako je visina konstrukcije manja od 1,0 m ili jednaka njoj, ili ako je širina manja od 2,5 m ili jednaka njoj, dejstva  $q_{1k}$  uvećavaju se sa koeficijentom  $k_2 = 1,3$ .

### 4.7.4.2 Proste horizontalne površine iznad koloseka (na primer gornje zaštitne konstrukcije)

Karakteristične vrednosti dejstava  $\pm q_{2k}$  prikazane su na slici 4.38 (slika 6.23, SRPS EN 1991-2:2012).



Slika 4.38 (Slika 6.23) – Karakteristične vrednosti dejstva  $q_{2k}$  za proste vertikalne površine iznad koloseka

Opterećena širina razmatranog nosećeg elementa konstrukcije proteže se do 10 m na obe strane od srednje linije koloseka.

- (1) Presek;
- (2) Izgled;
- (3) Donja strana konstrukcije.

Dejstva se superponiraju pri mimoilaženju vozova suprotnih smerova na dva koloseka;

Dejstva  $q_{2k}$  se redukuju sa koeficijentom  $k_1$  iz poglavlja 4.7.4.1 Priručnika;

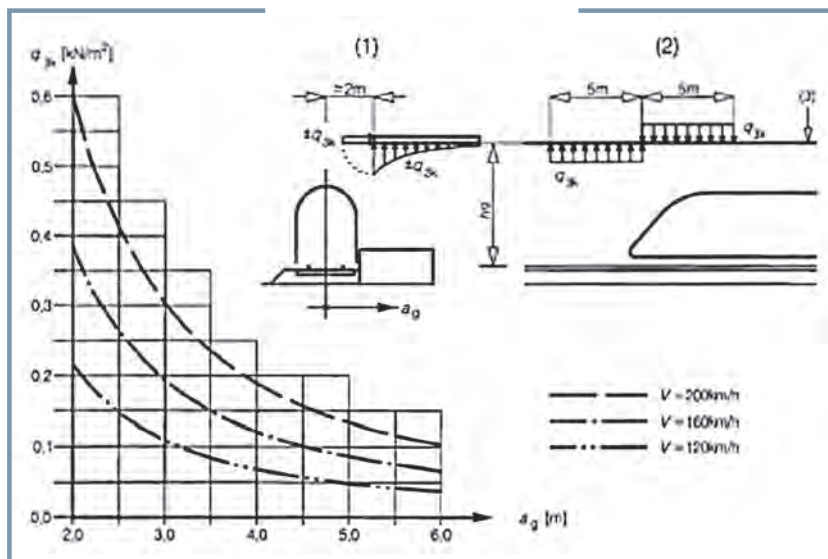
Dejstva na ivične trake koje prelaze preko koloseka redukuju se sa koeficijentom 0,75 na širini do 1,5 m.



### 4.7.4.3 Proste horizontalne površine u blizini koloseka (na primer peronske konstrukcije)

Karakteristične vrednosti dejstava  $\pm q_{3k}$  prikazane su na slici 4.39 (slika 6.24, SRPS EN 1991-2:2012).

- (1) Presek;
- (2) Izgled;
- (3) Donja strana konstrukcije.



Slika 4.39 (Slika 6.24) – Karakteristične vrednosti dejstva  $q_{3k}$  za proste vertikalne površine u blizini koloseka

Za bilo koji položaj voza duž površine koje se proračunavaju,  $q_{3k}$  se određuje kao f-ja rastojanja  $a_g$  od najbližeg koloseka. Dejstva se sabiraju ako postoje koloseci na obe strane posmatranog elementa.

Ako je rastojanje  $h_g$  veće od 3,8 m, dejstvo  $q_{3k}$  umanjuje se sa koeficijentom  $k_3$ :

$$k_3 = (7,5 - h_g) / 3,7 \text{ za } 3,8 \text{ m} < h_g < 7,5 \text{ m};$$

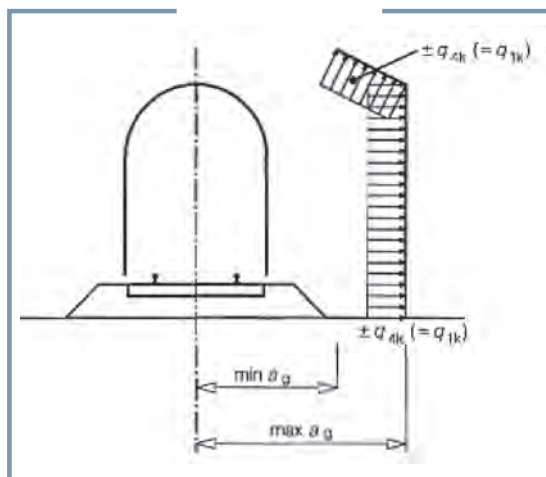
$$k_3 = 0 \text{ za } h_g \geq 7,5 \text{ m};$$

gde je:

$h_g$  – rastojanje između gornje ivice šine i donje ivice konstrukcije.

### 4.7.4.4 Visoke površinske konstrukcije duž koloseka sa vertikalnim i horizontalnim ili nagnutim površinama

(na primer: savijene zaštitne barijere od buke, peronske nadstrešnice ...)



Karakteristične vrednosti dejstava  $\pm q_{dk}$  prikazane su na slici 4.40 (slika 6.25, SRPS EN 1991-2:2012) i deluju upravno na površinu. Za definisanje vrednosti dejstva koristiti dijagram sa slike 4.38 uz usvajanje fiktivnog rastojanja od koloseka :

$$a_g' = 0,6 \min a_g + 0,4 \max a_g \leq 6,0 \text{ m}$$

gde su  $\min a_g$  i  $\max a_g$  prikazani na slici 4.40.

Ako je:

$$\max a_g > 6 \text{ m}, \text{ tada je } \max a_g = 6,0 \text{ m}.$$

Koeficijenti  $k_1$  i  $k_2$  su definisani u tački 4.7.4.1 ovog priručnika.

Slika 4.40 (Slika 6.25) – Definicija rastojanja  $\min a_g$  i  $\max a_g$  od srednje linije koloseka

### 4.7.4.5 Površine koje zatvaraju kolosek po celoj širini na ograničenoj dužini 15–20 m

(na primer: horizontalne površine iznad koloseka i barem jedan vertikalni zid, skele privremeni objekti...)

Bez obzira na aerodinamički oblik voza primeniti:

– na punoj visini vertikalne površine:

$$\pm k_4 * q_{1k}, \text{ pri čemu je } q_{1k} \text{ prema tački 4.7.4.1 ovog priručnika, a } k_4 = 2;$$

– na horizontalne površine:

$\pm k_5 * q_{2k}$ , pri čemu je  $q_{2k}$  prema tački 4.7.4.2 ovog priručnika, a  $k_5 = 2,5$  za obuhvaćen jedan kolosek, a  $k_5 = 2,5$  za obuhvaćena dva koloseka.

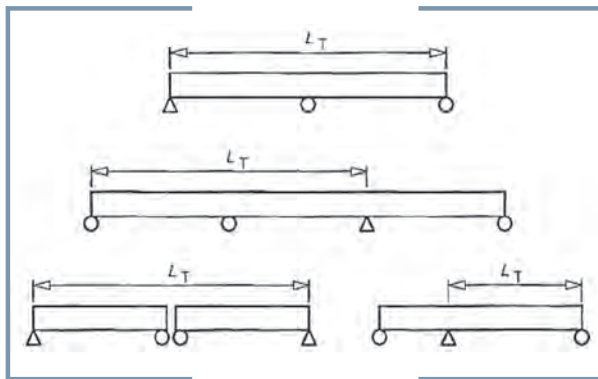
## 4.8. Dugi šinski trak, interakcija šine–most

Relativna pomeranja šina i mosta, koja prouzokuje kombinacija termalnih efekata, kočenja i pokretanja voza, kao i pomeranja ploče pod vertikalnim saobraćajnim opterećenjima (LM 71), dovode do pojave „*dugog šinskog traka*“ – fenomena interakcije koloseka i mosta koji za rezultat ima dodatna naprezanja mosta i šina, a i dodatne vrlo visoke sile u nepokretnim ležištima mosta. Kod provere ovih uticaja model opterećenja LM 71 množi se koeficijentom  $\alpha = 1,00$  (čak i ako je  $\alpha > 1,00$  za ULS)!

Kontinualna zavarena šina sprečava slobodno pomeranje gornjeg stroja, deformacije gornjeg stroja (za vreme temperaturnih promena, vertikalnog opterećenja, tečenja i skupljanja) i proizvodi podužne sile u šinama i nepokretnim osloncima mosta.

Rezultujući efekti od zajedničkog odgovora konstrukcije i koloseka pri promenljivim dejstvima uzimaju se u obzir pri projektovanju mostovske konstrukcije.

Parametri koji utiču na zajednički odgovor konstrukcije i koloseka su:

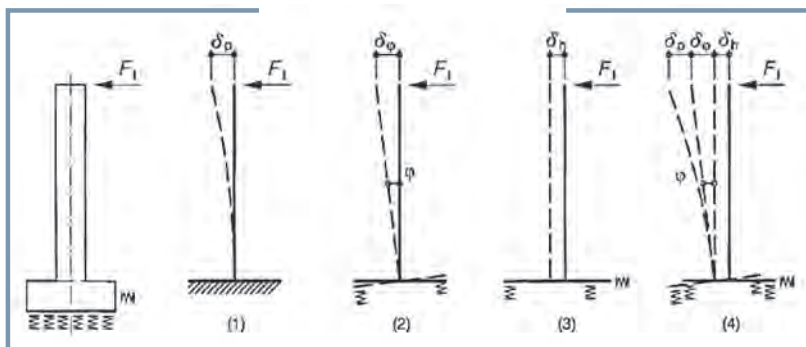


Slika 4.41 – Dilatacione dužine u funkciji od fiksne tačke

1. konfiguracija konstrukcije (prosta greda /kontinualac/ serija prostih greda), dužine raspona do nepokretnih ležišta – dužine dilatiranja ( $L_T$ ) između fiksne temperaturne tačke i ivice gornjeg stroja;
2. konfiguracija koloseka (sa zastorom ili bez, rastojanje ploča/neutralna osa šine, lokacija šinskih dilatacija);
3. geometrijske karakteristike konstrukcije;
4. geometrijske karakteristike koloseka (aksijalna krutost šine, otpor koloseka/šina uzdužnim pomeranjima, otpornost šinskog pribora i pričvrstnog pribora);
5. konfiguracija konstrukcijskih oslonaca (generiše podužna pomeranja kraja gornjeg stroja od ugaone rotacije gornjeg stroja);
6. podužna krutost konstrukcije (definiše ukupnu krutost stubova, ležišta, fundiranja, i koja se mobilizuje da bi sprečila podužna pomeranja, rotacije savijanja).

### Primer

Totalna krutost jednog stuba prikazana je kao:



$$K = F_1 / (\delta_p \delta_\phi \delta_h)$$

- Uticaji od savijanja stuba  $\delta_p$ ,
- Uticaji od rotacije temelja stuba  $\delta_\phi$ ,
- Uticaji od horizontalnog pomeranja  $\delta_h$ ,
- Totalno pomeranje glave stuba.

Slika 4.42 – Totalna krutost stuba<sup>[4]</sup>

Na ovako definisanu konstrukciju (slika 4.43) deluju promenljiva dejstva:

- pokretanje i zaustavljanje voza;
- temperaturni efekti;
- klasifikovano vertikalno opterećenje, bez dinamičkih efekata, čiji uticaji se zanemaruju;
- tečenje i skupljanje, gde i kada je relevantno.

Temperaturne promene mosta predstavljene su sa  $\Delta T_N = \pm 35$  Kelvina (SRPS EN 1991-1-5:2012).

### Kolosek

(1) Šina

(2) Konstrukcija (prikazane su samostalna ploča preko dva raspona i pojedinačna jednorasponska) ploča

(3) Nasip