

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Voditelj kolegija:
prof.dr.sc. Jure Radić

1. AUDITORNE VJEŽBE

OKVIRNI RASPORED VJEŽBI

04.10.	auditorne	Uvod u tematiku kolegija i način izvođenja vježbi putem studentskih seminara	Razmatranje i odabir tema seminara
11.10.	auditorne	Uvod u tematiku kolegija i način izvođenja vježbi putem studentskih seminara	Razmatranje i odabir tema seminara
18.10.	auditorne	Proračunski primjeri dokazivanja trajnosti pri projektiranju nove konstrukcije	Razmatranje i odabir tema seminara
25.10.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
08.11.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
15.11.	auditorne + konstruktivne	Priprema za 1. kolokvij, Prezentacije seminara	Opaska *
22.11.	1. kolokvij (predavanja 1. do 5.)		
29.11.	auditorne	Proračunski primjeri ocjenjivanja postojeće konstrukcije	
06.12.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
13.12.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
20.12.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
10.01.	konstruktivne	Prezentacije seminara	Opaska *
17.01.	auditorne + konstruktivne	Priprema za 2. kolokvij, Prezentacije seminara	Opaska *
24.01	2. kolokvij (predavanja 6. do 12.)		
Opaska *: Tijekom vježbi svaki student izrađuje seminarski rad (pisani dio + usmena prezentacija PowerPointom) na zadanu ili odabranu temu u dogovoru s asistentom. Nakon prezentiranja seminara slijede pitanja i komentari asistenata i ostalih studenata.			

1. KOLOKVIJ

1.	Uvodno o kolegiju, Suvremeni pristup trajnosti građevina kroz projektiranje, građenje i održavanje
2.	Implicitno i eksplicitno projektiranje trajnosti, teorija i primjeri
3.	Robusnost građevina
4.	Ocjenjivanje postojećih konstrukcija – Uvodno, Prikupljanje podataka o konstrukciji, Metode proračuna postojećih konstrukcija i postupci dokazivanja pouzdanosti, Postupci ocjenjivanja postojećih konstrukcija, razredi i razine ocjenjivanja
5.	Ocjenjivanje postojećih konstrukcija dodatno o ispitivanjima konstrukcija

2. KOLOKVIJ

6.	Ocjenjivanje postojećih konstrukcija – Primjeri (1)
7.	Ocjenjivanje postojećih konstrukcija – Primjeri (2)
8.	Kompjutersko modeliranje armiranobetonskih konstrukcija: Linearna i nelinearna analiza, Osnove mehanike loma, Mikroravninski model
9.	Numeričko modeliranje djelovanja korozije u armiranobetonskim konstrukcijama
10.	Općenito o potresu, propisi i norme Ocjenjivanje postojećih konstrukcija na potresno djelovanje
11.	Zaštitne ograde na cestama i mostovima Udar u stup nadvožnjaka
12.	Općenito o požaru Proračun zgrade na požarno djelovanje

DIPLOMSKI IZ PODRUČJA TRAJNOSTI KONSTRUKCIJA

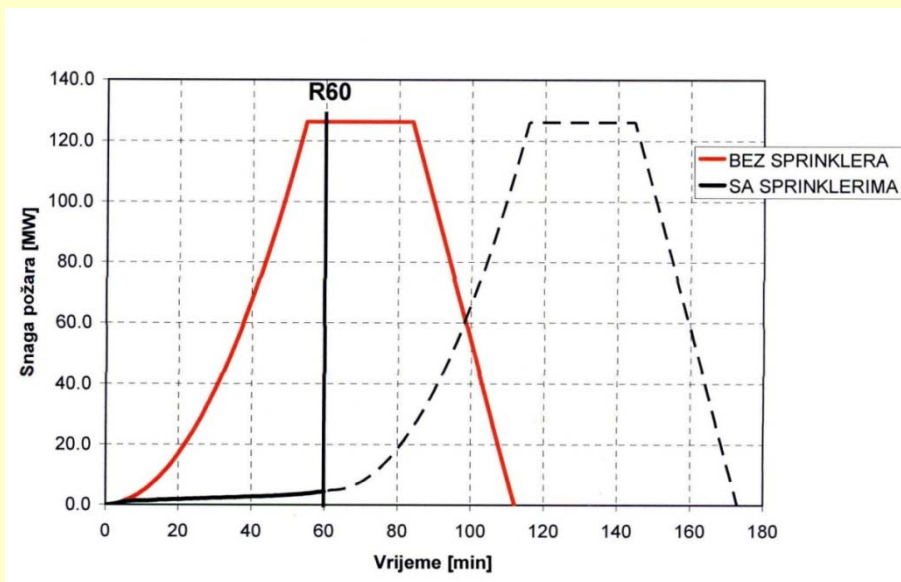
- **OCJENA POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE NA**
 - ❑ vjetar, potres, promet, povećano korisno opterećenje,
 - ❑ neke kombinacije
- **PROJEKTIRANJE NOVE KONSTRUKCIJE –TRAJNOSNE ZNAČAJKE**
 - ❑ projektirani uporabni vijek, razredi izloženosti, sastav i svojstva betona, zaštita armatura od korozije, predviđanje njege betona,
 - ❑ program kontrole i osiguranja kakvoće, tehnički uvjeti,
 - ❑ plan održavanja mosta
- **POPRAVCI, OJAČANJA, REKONSTRUKCIJE**
 - ❑ Dostupnost dokumentacije, proračun određenog dijela konstrukcije prije i poslije
- **TEORETSKA OBRADA NEKE TEME VEZANE UZ TRAJNOST**
 - ❑ + primjer proračuna

PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

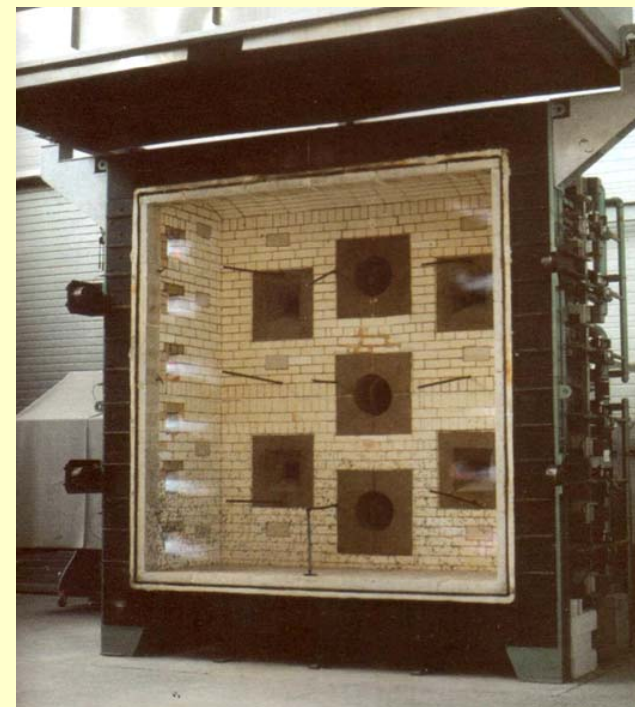
1. Požarno djelovanje u zgradama
2. Termička i mehanička svojstva betona i čelika
3. Mehaničko djelovanje požara i prikladni proračun konstrukcije
4. Tablični postupci provjere elemenata na požar
5. Primjeri proračuna armiranobetonske, čelične i spregnute konstrukcije
6. Zaključak

PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

1. Požarno djelovanje u zgradama



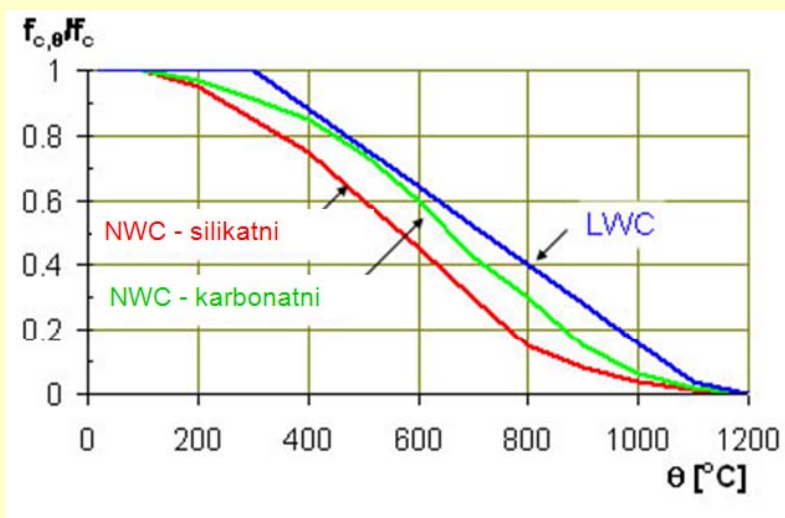
Primjer djelovanja sredstva aktivne zaštite od požara



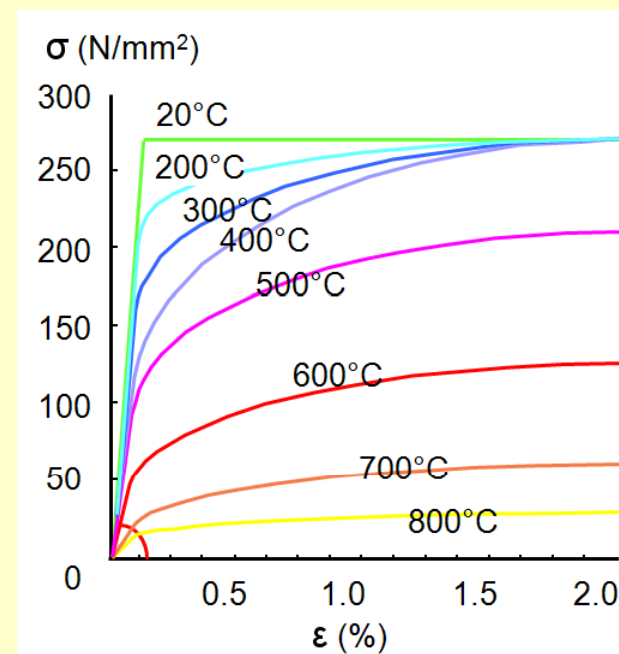
Peć za ispitivanje otpornosti na požar zidova

PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

2. Termička i mehanička svojstva betona i čelika



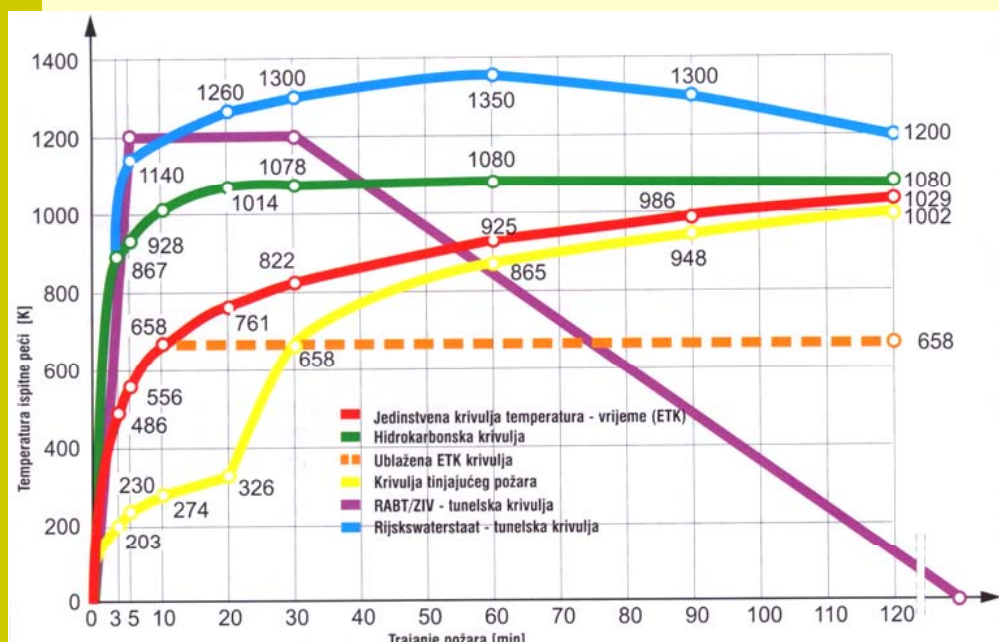
Smanjenje čvrstoće za normalne i lake betone pri povišenim temperaturama



Porastom temperature čelik postaje sve mekši odnosno za iste deformacije potrebna su sve manja naprezanja

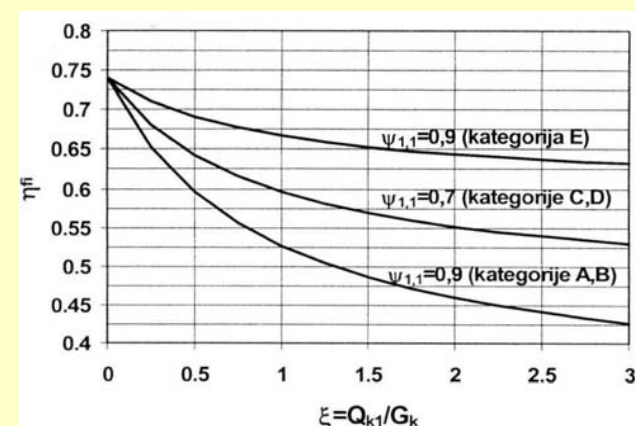
PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

3. Mehaničko djelovanje požara i prikladni proračun konstrukcije



Temperaturne krivulje su krivulje temperature plinova u okolišu površine elemenata kao funkcija vremena.

Učinke djelovanja u izvanrednoj proračunskoj požarnoj situaciji možemo dobiti iz učinaka djelovanja za osnovnu kombinaciju



Ovisnost koeficijenta umanjenja o odnosu dominantnog Q i G za različite koeficijente kombinacije

PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

4. Tablični postupci provjere elemenata na požar

Standardna požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm) debljina zida / osni razmak ($b_{\min}$ / a)			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	Izložen s jedne strane	Izložen s dvije strane	Izložen s jedne strane	Izložen s dvije strane
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/45	200/45	210/55	300/55
REI 240	230/60	250/60	270/70	360/70
* obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema ENV 1992-1-1				

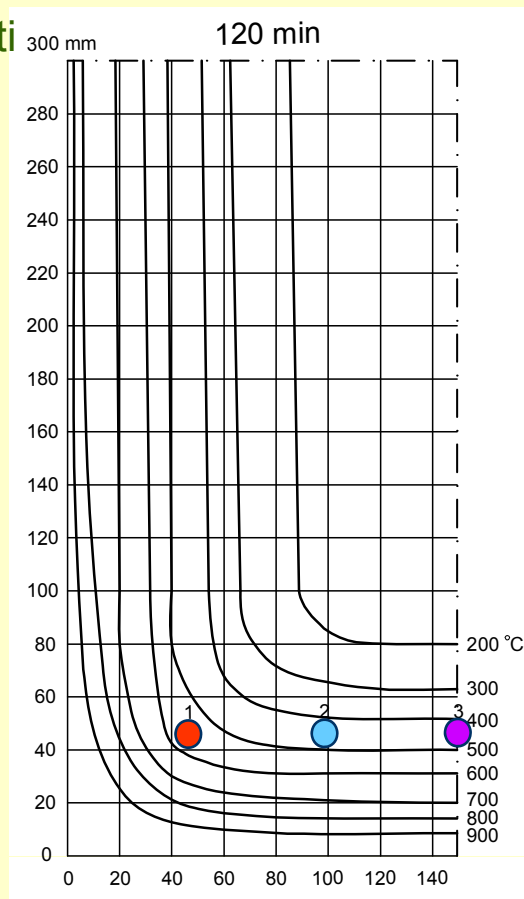
Požarna otpornost armiranobetonskih nosivih zidova zadovoljavajuća je uz minimalne dimenzije (R nosivost + E cjelovitost + I izolacijska sposobnost)

PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA IZVANREDNU POŽARNU SITUACIJU

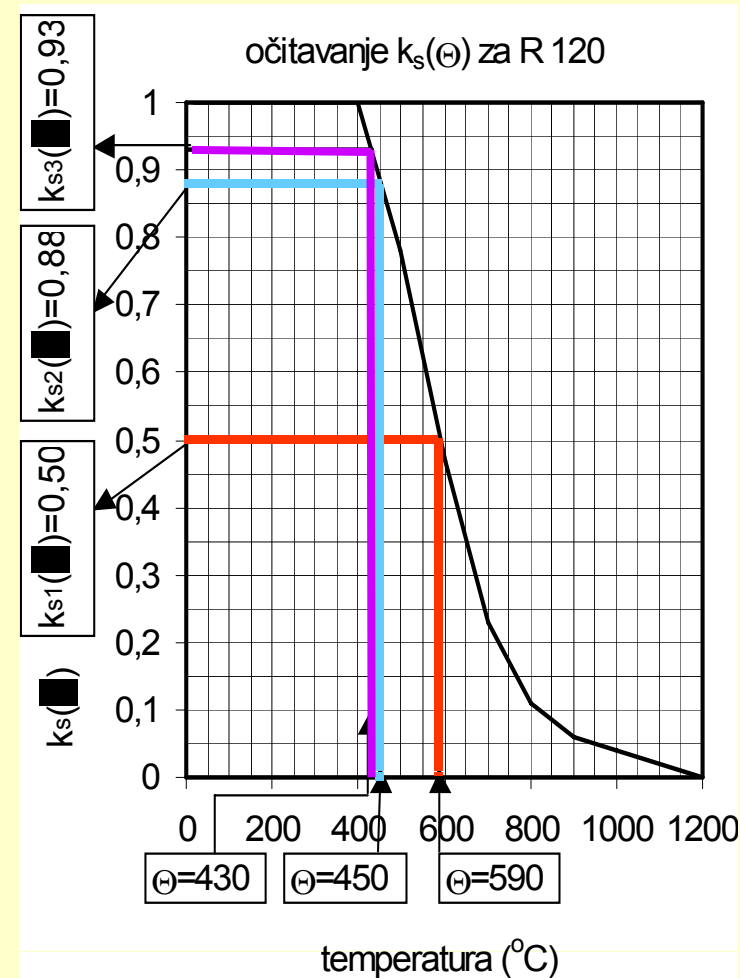
4. Primjeri proračuna

Moment nosivosti pri izloženosti
normiranom požaru

$$M_{Rd,fi} = \sum k_{si}(\Theta) \cdot \left(\frac{f_{ski}}{\gamma_{s,fi}} \cdot A_{si} \cdot d_i \right)$$



Greda 300x600 mm, vrijeme
izloženosti požaru 120 min



Koeficijent umanjenja
karakteristične čvrstoće čelika

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA

1. Povijest i značaj građevine
2. Tehnički opis konstrukcije s nacrtima
3. Pregled i ocjena stanja konstrukcije (betonska, čelična i drvena konstrukcija)
4. Sanacija/rekonstrukcija konstrukcije
5. Zaključak

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA

Na nekim dijelovima je vidljivo da je konstrukcija prve etaže bila zahvaćena lokalnim požarom što je dovelo do smanjenja poprečnog presjeka stupova i greda nosive konstrukcije. Takvo oslabljenje presjeka dovodi do smanjenja nosivosti konstrukcije i njenih elemenata.



Slika 45. Detalj konstrukcije prve etaže zahvaćen požarom

Stupovi i grede koji su obloženi čeličnim limom u dobrom su stanju, a na limu nije primjetna korozija.



Slika 46. Stupovi i grede obloženi čeličnim limom

Na spoju čeličnog lima stupa i betonske podloge uslijed korozije došlo je do potpunog nestanka nosača.



Slike 55. Spoj podloge i stupa

Na nekim mjestima primjetna su mehanička oštećenja stupova na kojima se može vidjeti u kojoj je mjeri korozijom zahvaćena armatura stupa.



Slike 56. Oštećenja stupova

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA

3.1.3.2. Tlačni prsten

Nad stupovima je montiran tlačni prsten promjera 30 m sandučastog presjeka širine 120 cm, visine 40 cm i debljine stjenki 3 mm. Tlačni čelični prsten je na pojedinim mjestima propao do te mjere da dovodi u pitanje stabilnost čitavog čeličnog krova. Ključna mjesta koja je zahvatila korozija su spojevi čeličnog lima s prstenom (spojevi donje stjenke i bočnog hrpta sandučastog prstena).



Slike 57. Oštećenje tlačnog prstena

3.1.3.4. Vanjska (drveno-staklena) fasada

Drugi dio fasade izveden je kombinacijom horizontalno polaganih dasčica koje su spajane sistemom utora i ostakljenih površina. Dasčice su bile farbane u bijelu boju, međutim, ta je boja danas sasvim izbljedita, a na nekim dijelovima i nestala.



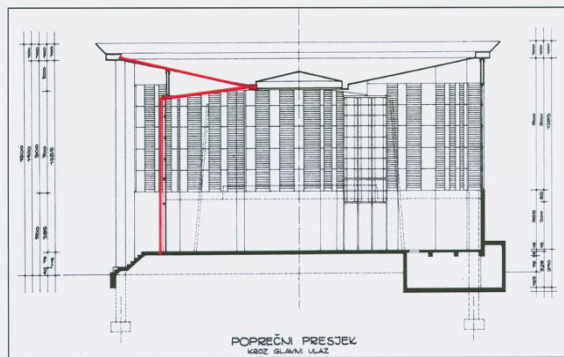
Slika 60. Fasada Francuskog paviljona

Stakla su većinom razbijena, tako da je omogućen direktan unos padalina, a time i oborinske vode koja se cijedi niz fasadu.

Može se primjetiti kako je drvena fasada kvalitetno izvedena, jer nakon toliko godina njeno stanje je još uvijek solidno što se tiče same konstrukcije fasade.

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA

3.1.4. Sustav odvodnje



Slika 64. Sustav odvodnje

Oborinsku vodu je sustav od tri cijevi dovodio od vlačnog prstena do sabirnice na fasadu.

Sva tri profila u lošem su stanju. Na mjestima gdje još postoji lim uočeni su korozija i opadanje premaza. Ovaj dio krova čini se kritičnim i najugroženijim djelovanjem korozije. Pri obnovi bi se trebalo posvetiti nalaženju kvalitetnog rješenja sustava odvodnje (korištenje nehrđajućih čelika i polimera).



Slika 65. Vlačni prsten kao dio sustava odvodnje



Slika 66. Detalj sustava odvodnje

Na fasadi se ukupno nalaze tri sabirnice iz kojih po dvije cijevi vodu odvede u sustav gradske kanalizacije. Primjećujemo da je i sustav odvodnje dotrajavao i ne služi svrsi.



Slika 67. Sustav odvodnje



Slika 68. Sabirnica



Slika 69. Spoj cijevi u sustav gradske kanalizacije

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA



Slika 74. Mjerni instrument za razna ispitivanja betona – pull out

- Izvađeno je pet valjaka ϕ 100 mm
- Obavljeno je sklerometriranje instrumentom tipa Schmidt NR-10 br.25152 na deset mjernih mjesta
- Valjci 46/1 i 2 izvađeni iz betona između stupova imaju osjetno nižu čvrstoću od valjka 46/3
- Bušenje valjaka 46/4 i 5 ispod stupova
- Korekcijski faktor valjak-sklerometar:

KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	OZNAKA VALJKA	MJERNO MJESTO	TLAČNA ČVRSTOĆA	INDEKS SKLEROMETRA	KOREKCIONI FAKTOR	
					k ₁	k _i
TEMELJI između stupova	46/1	3	14,3	54,4	0,263	0,365
	46/2	5	14,6	52,1	0,280	0,365
	46/3	8	19,9	50,9	0,391	0,365
TEMELJI ispod stupova	46/4	4	20,7	51,9	0,399	0,365
	46/5	9	24,8	50,2	0,494	0,365

- Parametri matematičko-statističke obrade rezultata ispitivanja:

Srednja čvrstoća	19,0 MPa
Standarna devijacija	3,0 MPa
Karakteristična čvrstoća	15,1 MPa
Koeficijent varijacije	15,9 %
Ujednačenost kakvoće	prihvatljiva
Broj rezultata ispitivanja	10

- Prema parametrima matematičko-statističke obrade rezultata ispitivanja tlačne čvrstoće, utvrdilo se da je kakvoća temelja jednaka MB-15 (C 12/15).

PLAN OBNOVE FRANCUSKOG PAVILJONA

3.5. Ocjena stanja konstrukcije

- Vizualnim pregledom i ostalim kontrolama ustanovljeno je da je potrebno provesti potpunu rekonstrukciju građevine
- Uočena je dotrajalost pojedinih konstrukcijskih elementa:
 1. vanjski sandučasti nosač (tlačni prsten)
 2. unutarnji sandučasti nosač (vlačni prsten)
 3. glavni čelični stupovi
 4. kanali za odvodnju (nenosivi elementi)
 5. krovni pokrovni lim
- Navedene konstrukcijske elemente potrebno je zamijeniti da se u potpunosti poštuje izvorna ideja nosivog sustava.
- Obzirom na važnost zaštite od korozije potrebno je koristiti nehrđajuće čelike.
- Budući da su elementi čelične konstrukcije izvedeni iz čeličnih limova vrlo male debljine (tankostijeni konstruktivni elementi), potrebno je prije početka izvođenja dogovoriti s izvođačem tehnologiju zavarivanja.
- Potrebna je toplinska izolacija stropa, kako ne bi došlo do kondenzacije, koja je bila veliki problem u vrijeme korištenja.
- Sustav odvodnje potrebno je kvalitetnije i tehnički bolje riješiti.
- Podrumske zidove, kao i vanjski obodni zid od AB potrebno je izolirati.
- Sve drvene elemente potrebno je zamijeniti odgovarajućim novim elementima.
- Potrebno je provesti odgovarajuću zaštitu drveta.
- Potrebno je provesti odgovarajuću protupožarnu zaštitu.
- Betonske podloge kao i vanjsko stubište potrebno je dodatno obraditi stavljanjem zaštitnog sloja.

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

1. Povijest i značaj zidanih svođenih mostova
2. Tehnički opisi sa skicama
3. Problemi provjeravanja zidanih svodova
4. Metode sanacija i rekonstrukcija
5. Pregled i ocjena stanja svođenih mostova
(+primjeri)
6. Zaključak

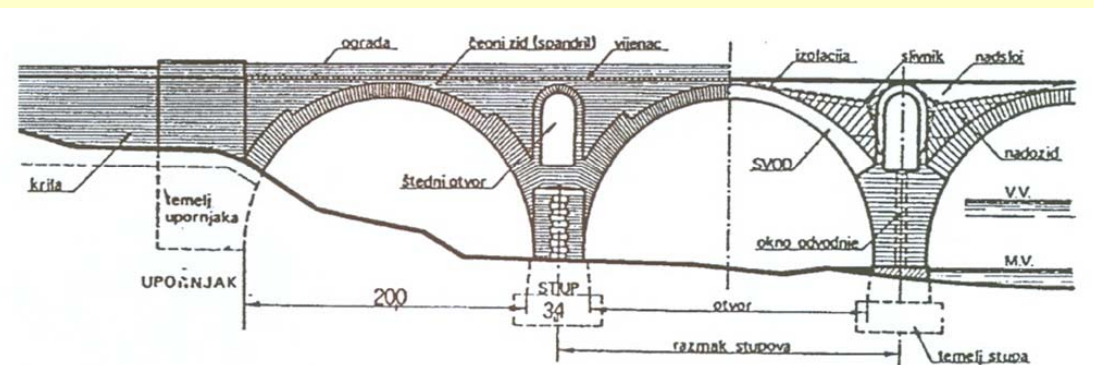
TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

1. Povijest i značaj zidanih svođenih mostova

- Povijesni razvoj kamenih mostova u svijetu
- Povijesni razvoj kamenih mostova u HR

Zajednička obilježja Rimskih mostova:

- polukružni svodovi, otvora do 25 m
- pete svodova pri tlu ili nad četvrtinama polukruga
- niveleta mosta približno vodoravna
- nastojanje da dispozicije budu simetrične
- stupovi kratki, bez vrha u smjeru vode, debeli od trećine do pola otvora
- štedni otvori nad stupovima
- sljubnice u svodovima točno radijalne
- zidanje u suho ili s vapnenim mortom
- lica čeonih zidova vertikalna
- obrada vidljivih ploha ravna, bez utora
- prisutnost oblikovnih detalja (arhivolte, vijenci, reljefi, stupovi, slavluci...)

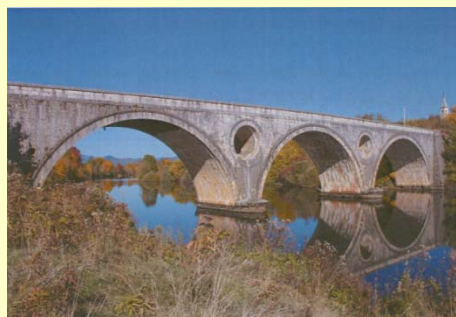
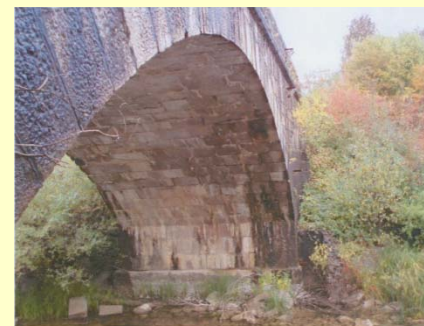
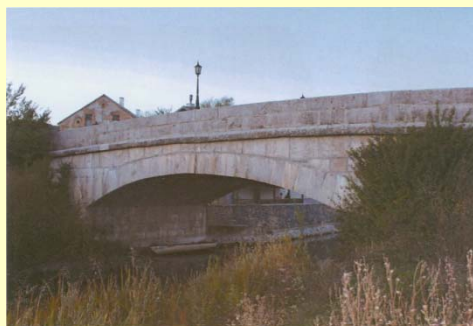
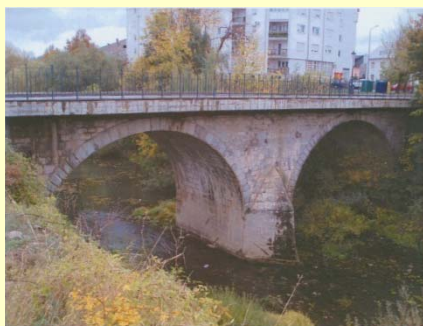


Slika 2. Dijelovi klasičnog svođenog mosta

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

2. Tehnički opisi sa skicama

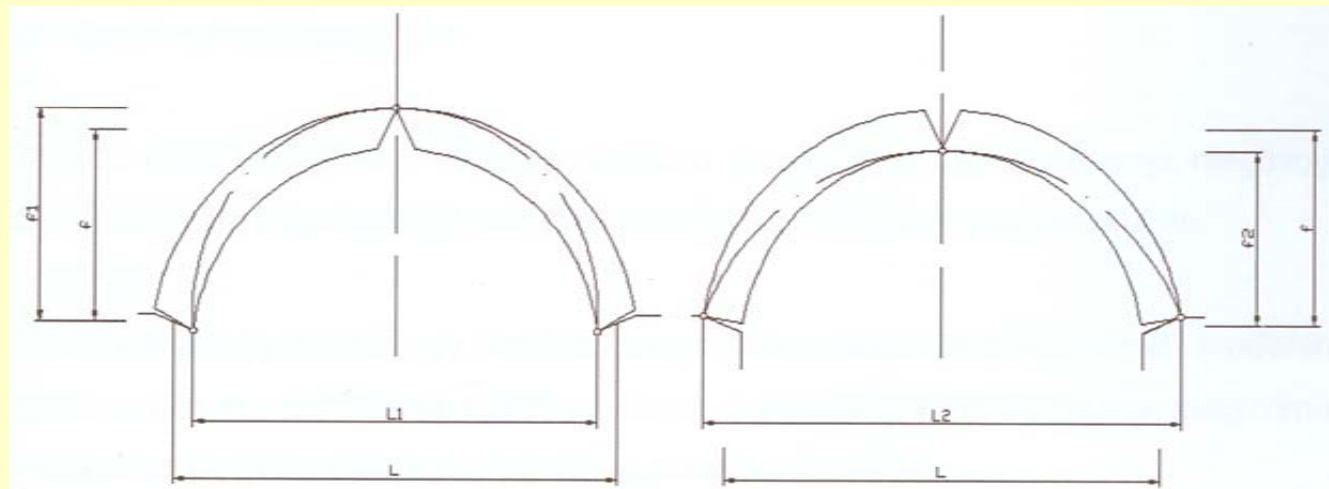
- Most preko Novčice u Gospiću
- Most preko Gacke u Otočcu
- Most preko Otešice na cesti Smiljan-Klanac
- Most preko Like u Bilaju
- Most preko Like u Kosinju
- Most preko Glamočnice u Metku



TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

3. Problemi provjeravanja zidanih svodova

- Pretpostavke proračuna
- Odnos pokretnog tereta prema stalnom
- Utjecaj obrađenosti kamena
- Utjecaj različitih vezova kamena
- Približavanje konstrukcije slomu



Otvaranje zglobova: u prvom slučaju strelica raste, a raspon se smanjuje, u drugom je suprotno

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

4. Metode sanacija i rekonstrukcija

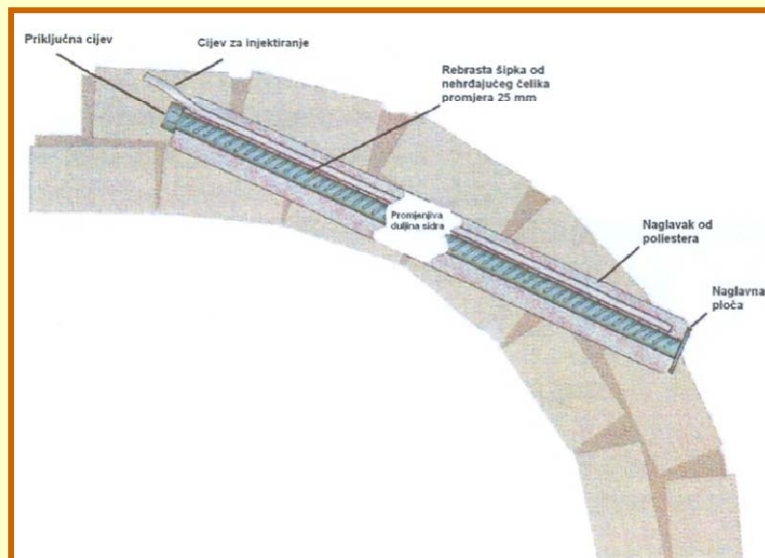
4.2.2.2. CINTEC METODA

Još jedan patentirani sustav poznat pod nazivom Cintec, koristi se za preciznije rekonstruiranje prilikom armiranja. Cintec sustav za ojačanje zidanih konstrukcija sadrži ugradnju Cintec sidra koji se sastoji od tri glavne komponente: šipke od nehrđajućeg čelika, naglavka od poliestera i injektirane cementne smjese.

Šipka od nehrđajućeg čelika ima ulogu povećanja vlačne i tlačne nosivosti. Naglavak od poliestera dozvoljava propuštanje injekcijske mase za vrijeme injektiranja, te svojim napuhavanjem postiže kemijsku i mehaničku vezu s okolnim zidom. Sprečava prodiranje injektirane mase u okolno zid i na taj način ne dozvoljava dodatan pritisak koji bi mogao uzrokovati pomicanje ili neko drugo oštećenje zida.

Glavno metalno tijelo u potpunosti je zaštićeno naglavkom. Sidro se zajedno s naglavkom smješta u prethodno izbušenu rupu u zidu. Tekuća masa injektira se pod tlakom u prostor između metalnog tijela i naglavka. Prazan prostor između metalne šipke i naglavka se zapunjuje, naglavak se napuhuje i formira konačan oblik kojim se uspostavlja čvrsta veza između tijela i okolnog zida.

Oblik i veličina komponenti Cintec sidra je varijabilna, što omogućuje maksimalnu prilagodbu obzirom na zahtjeve postojećih građevina.

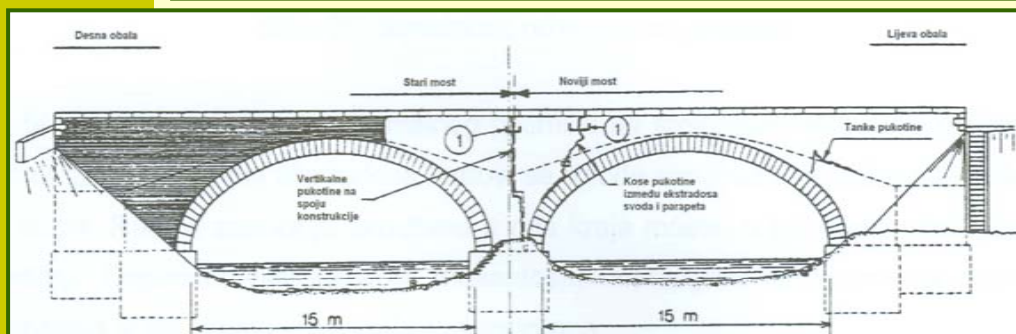


Slika 43. Cintec - sidro od nehrđajućeg čelika

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

4. Metode sanacija i rekonstrukcija

4.5.3. PRIMJENA METODE OJAČANJA KROZ EKSTRADOS LUKA



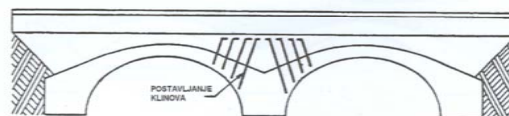
Slika 64. Pukotine na tijelu luka uslijed slijezanja središnjeg stupa.

Faza 1. Metodičko odstranjivanje ispune



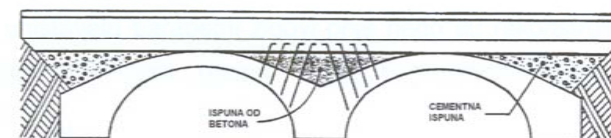
Slika 65. Simetrično odstranjivanje ispune

Faza 2. Postavljanje veziva ploča-zid

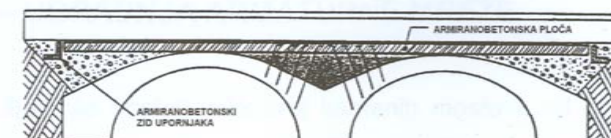


Slika 66. Sidreni klinasti sustav

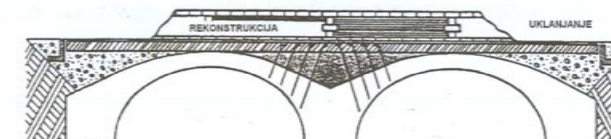
Faza 3. Nasipavanje novog materijala



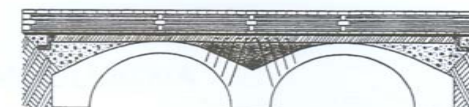
Faza 4. Lijevanje AB ploče i zidova upornjaka



Faza 5. Odstranjivanje i rekonstrukcija parapeta

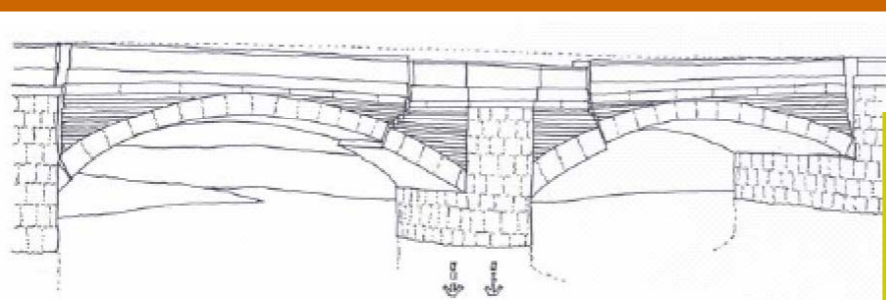


Faza 6. Završni radovi na površini mosta i postavljanje opreme mosta

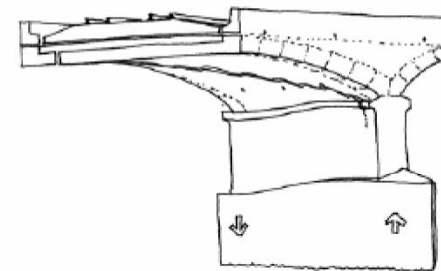
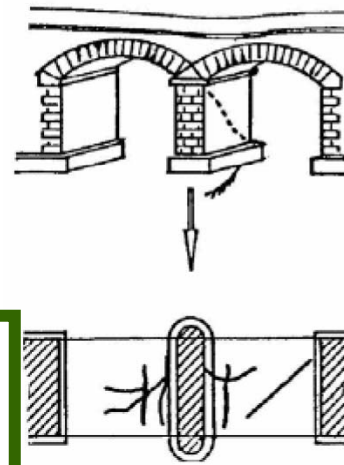


TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

5. Pregled i ocjena stanja svođenih mostova

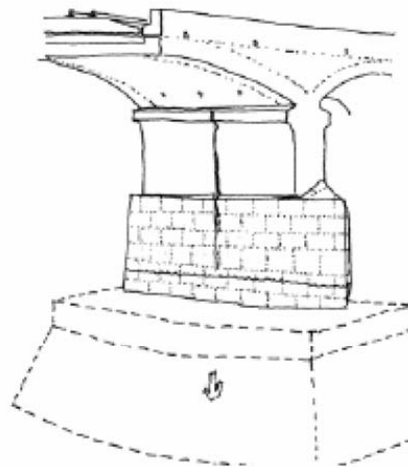


Oštećenja uzrokovana slijeganjem temelja



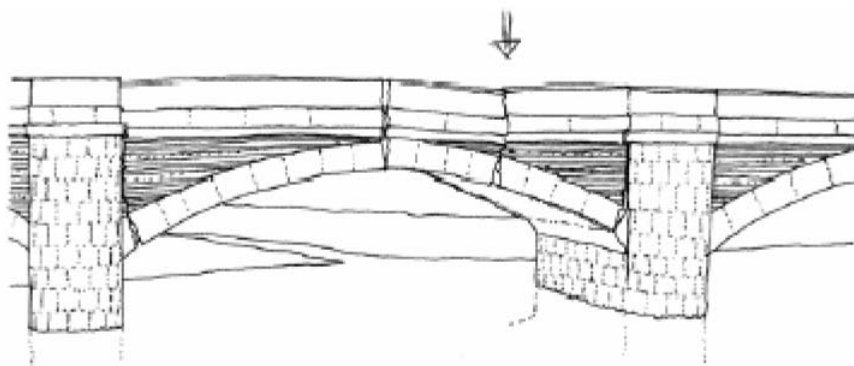
Oštećenja uslijed diferencijalnih slijeganja i transferzalne rotacije baze stupa

Vertikalno pucanje stupa zbog diferencijalnog slijeganja između kraja i središta temelja

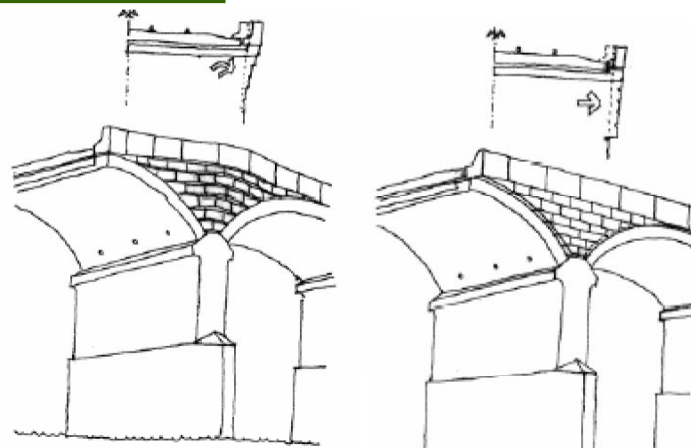


TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

5. Pregled i ocjena stanja svođenih mostova



Slom konstrukcije uslijed formiranja zglobnog mehanizma

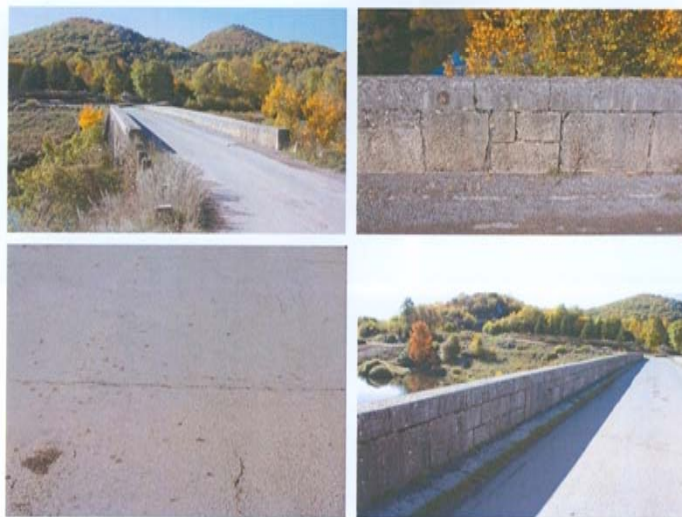


Izbočavanje i klizanje čeonih zidova

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

5. Primjer: Most preko Like u Kosinju

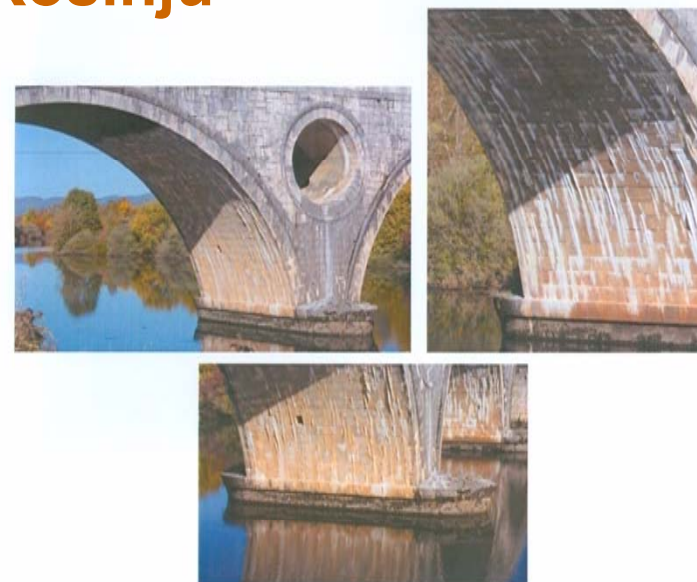
5.3.4.1. OŠTEĆENJA GORNJEG USTROJA



Slika 102. Uočena oštećenja kolničke ploče i parapetnog zida

Na slici 102. vidljiva su oštećenja površine kolnika i parapetnog zida. Uočene su pukotine na habajućem sloju kolnika koje su najvjerojatnije nastale povećanjem prometnog opterećenja, klimatskih djelovanja poput smrzavanja uslijed vrlo niskih temperatura, te oštećenja zbog soljenja kolnika u zimskim uvjetima. Na rubovima kolnika s obje strane mosta uočena je prisutnost vegetacije i nakupine pijeska i sitnog kamena koji se zbog poprečnog nagiba zajedno s vodom nanose na rubove kolnika. Ove nakupine ukazuju da je začepljen sustav odvodnje, odnosno da nije funkcionalan. Parapet je izvornog izgleda. Uočen je gubitak morta na spojnicaama kamenih blokova na parapetu s obje strane mosta, promjena boje i pojava brazdi na površini kamenih ploha i prisutnost niskog raslinja na spoju s kolničkom pločom.

5.3.4.2. OŠTEĆENJA KONSTRUKTIVNIH DIJELOVA

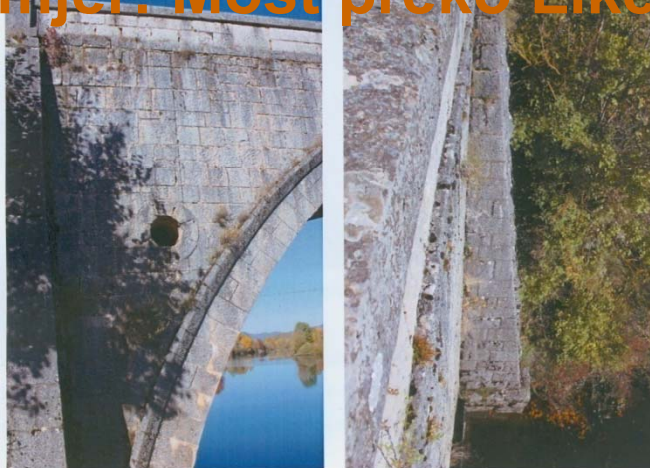


Slika 103. Prisutnost soli i gubitak morta na konstruktivnim dijelovima mosta, te prisutnost vegetacije na proširenjima stupova (uzvodna strana)

Vizualnim pregledom gornjeg ustroja mosta, odnosno konstruktivnih dijelova, svoda, čeonih zidova, stupova i upornjaka uočena je značajna prisutnost soli osobito na intradosima svodova i štednim otvorima, dok je nešto manje zastupljeno na ostalim dijelovima mosta. Na spojevima elemenata svodova, čeonih zidova i upornjaka uočen je gubitak morta. U pogledu svoda, čini se kao da spojno sredstvo curi, što bitno narušava izgled mosta, ali čini upitnim i njegovu sigurnost i funkcionalnost. Vidljiva je prisutnost vegetacije, osobito mahovine na krilima upornjaka te na proširenjima stupova. Promjena boje površinskih ploha kamenih elemenata na pojedinim dijelovima nastala je uslijed starosti i izloženosti klimatskim djelovanjima. Dijelovi stupova u rijeci su okrnuti uslijed djelovanja vode i plovećih nakupina.

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

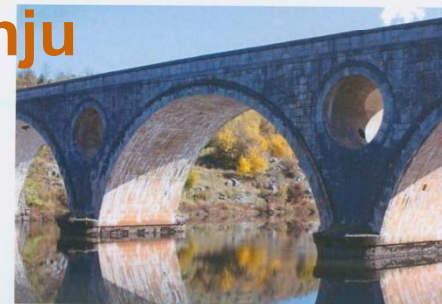
5. Primjer: Most preko Like u Kosinju



Slika 104. Oštećenja krila upornjaka, dijelova čeonih zidova, parapeta i vijenca



Slika 105. Uočena ptičja gnjezda na metalnim cijevima od drenažnog sustava ispunje na intradosima svodova



Slika 106. Oštećenja na konstruktivnim dijelovima mosta na nizvodnoj strani

Gubitak morta na spojnica elementa, pojava soli na površini intradosa svodova i štednih otvora, vegetacije na zadebljanjima stupova, gubitak boje i trošnog izgleda površinskog sloja kamenih elemenata vidljiva su i na nizvodnoj strani.

Obzirom na osebujnu ljepotu mosta i njegovu baštinsku vrijednost, njegovo pregledavanje i održavanje mora se češće izvršavati. Oštećenja koja su prisutna na mostu ne ugrožavaju njegovu funkciju niti stabilnost već samo naštećuju njegovoj ljepoti, što zasigurno ne mora značiti da se stanje neće promijeniti ako se ne poduzmu određene preventivne mjere. Jedini pisani dokument koji potvrđuje da je postojala potreba za očuvanjem sigurnosti i funkcije ove impozantne građevine je ploča na parapetu na kojoj piše: „ Obnovljeno 1954. – 55. god. po građ. poduzeću „Lika“ , Gospić“.



Slika 107. Ploča postavljena na parapetu mosta

TRAJNOST POVIJESNIH SVOĐENIH MOSTOVA

5. Primjer: Most preko Novčice u Gospiću



Slika 98. Nova kolnička konstrukcija s metalnom ogradom na mostu

Most je u relativno dobrom stanju. Kolnička konstrukcija je rekonstruirana i napravljen je nogostup s obje strane mosta, bez proširenja kolničke ploče, maknuta je stara kamena ograda i postavljena je nova metalna ograda.



Slika 99. Uočena oštećenja na vijencu zaokružena (lijevo) i uvećan detalj (desno)

Prilikom pregleda mosta uočena su znatna oštećenja na vijencima mosta. Gubitak spojnog sredstva između vijenca i metalne ograde, vidljivo na slici 99. (desno), uzrokovalo je povećanje vlage i promjenu boje na vanjskim ploham elemenata vijenaca i pojavu vertikalnih pukotina preko cijele visine vijenca označeno strelicama na slici 99.



Slika 100. Vidljivo curenje vode po dijelovima mosta s korodirane cijevi ispod vijenca

Prema boji kamena i općem izgledu mosta nema značajnijih i većih oštećenja. Minimalan je gubitak morta na spojnica između kamenih elemenata, a na većini mosta površinske plohe kamena nisu promijenile boju. Na intradosima svodova vidljive su bijele nakupine soli, odnosno „iscvjetavanja“. Ispod vijenaca mosta postavljena je instalacijska cijev koja je zbog djelovanja atmosferičnog zraka tijekom vremena korodirala. Zamijećeno je curenje vode s korodirane cijevi i ostalih metalnih dijelova, jer su vidljive mrlje, zaokruženo na slici 100., ispod vijenca. Na proširenim dijelovima stupova za zaštitu od leda vidljiva je prisutnost gljivica, gotovo po cijeloj visini stupa. Na uzvodnoj strani mosta proširenje stupa jače je oštećeno djelovanjem gljivica nego što je na nizvodnoj strani. Prisutnost vegetacije na dijelovima koji su pod vodom i blizu dna riječnog korita.



Slika 101. Prisutnost gljivica na zadebljanjima stupova na uzvodnoj (desno) i nizvodnoj strani (lijevo)

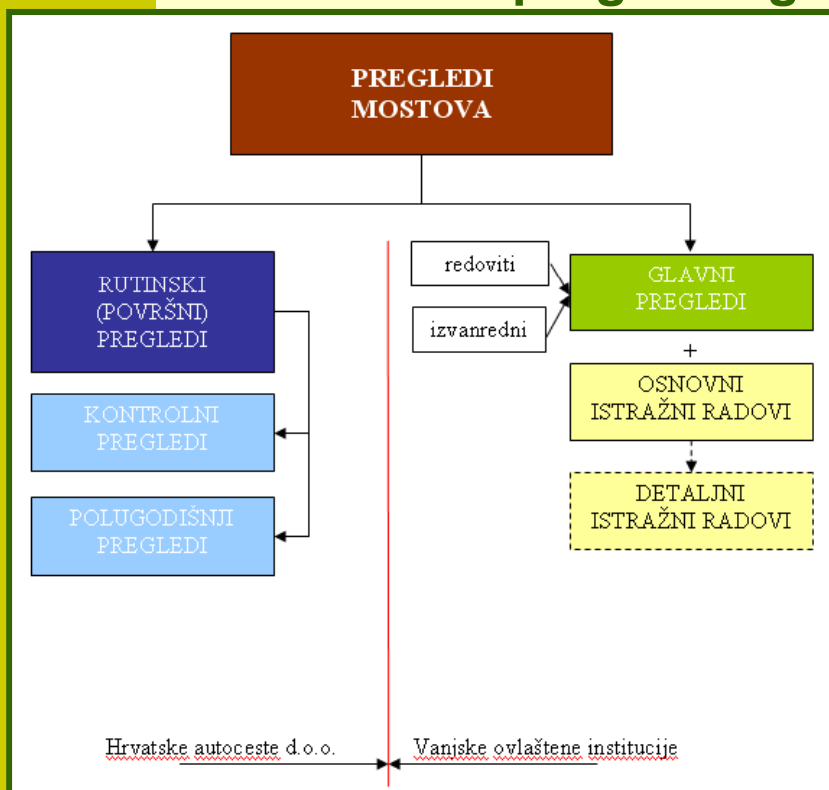
PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

- 1. Općenito o pregledima betonskih mostova**
- 2. Specifičnosti nadvožnjaka**
- 3. Primjer nadvožnjaka – nadvožnjak Zelina**
- 4. Plan, priprema i provedba pregleda nadvožnjaka**
- 5. Rezultati pregleda i ocjena stanja nadvožnjaka**
- 6. Teoretska prilagodba rješenja nadvožnjaka današnjim spoznajama o trajnosti**
- 7. Zaključak**

PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

1. Općenito o pregledima betonskih mostova

- Razlozi pregleda
- Protokol pregleda
- Vrste pregleda: glavni, redoviti, kontrolni, polugodišnji



Redoviti pregledi – unaprijed planirani s konstantnom učestalošću:

- kontrolni pregledi (ophodnja)
- polugodišnji (sezonski) pregledi – 2x godišnje prije i poslije zimskog perioda
- glavni pregledi (svake 2 godine)

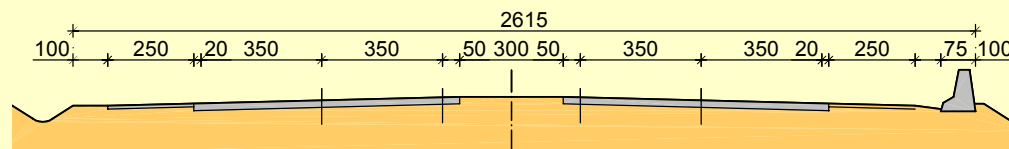
Vrsta pregleda	God. izvedbe	1	2	3	4	5	6	dalje
Kontrolni		u okviru ophodnje autoceste						
Polugodišnji		2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x/god
Glavni			x		x		x	1x/2god

PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

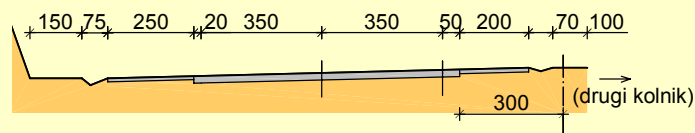
2. Specifičnosti nadvožnjaka

- podloge za projektiranje, dispozicijska rješenja, tipovi nadvožnjaka

AC Zagreb - Macelj, dionica Krapina - Macelj

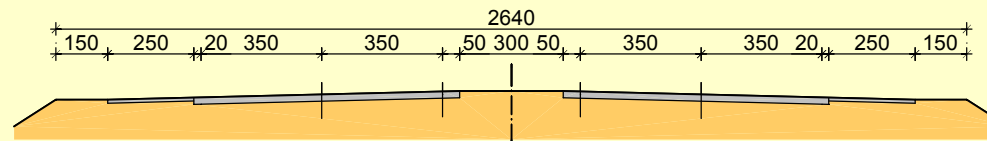


AC Karlovac - Rijeka, dionica Vrbovsko - Bosiljevo
(etapni presjek)



AC Karlovac - Rijeka, dionica Vrbovsko - Bosiljevo
AC Zagreb - Goričan, dionica Hum - Novi Marof

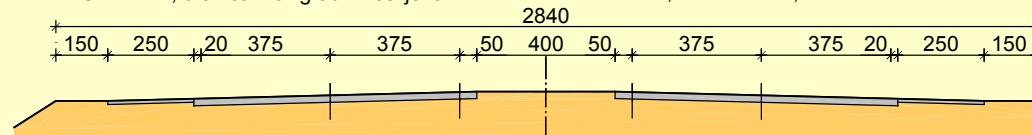
RASPONI NADVOŽNJAKA
14,4+18+18+14,4 m



Prometni profili nekih naših
autocesta i predloženi
rasporedi tipskih
nadvožnjaka

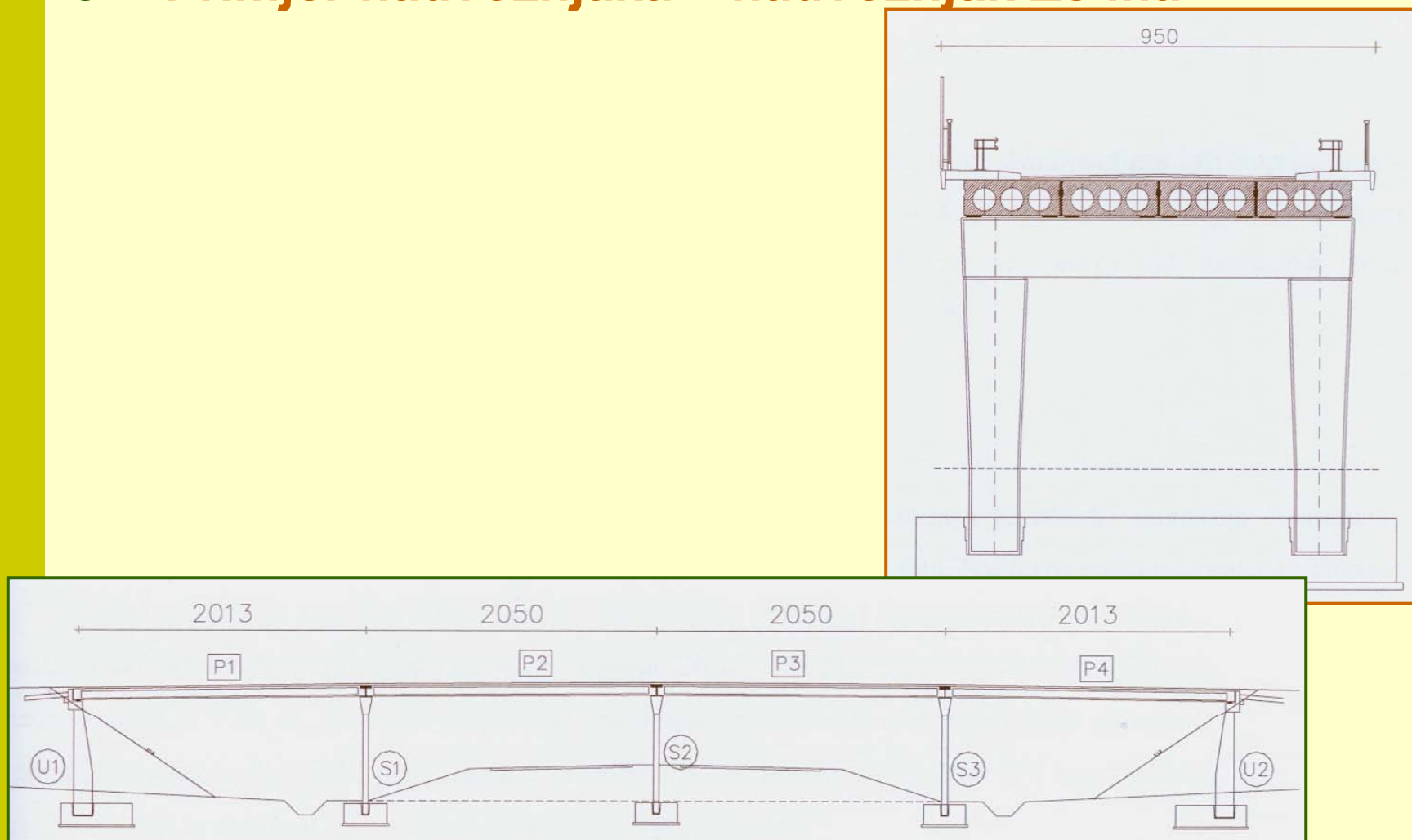
Elementi poprečnog presjeka - puni profil
AC KA - RI, dionica Novigrad - Bosiljevo

RASPONI NADVOŽNJAKA
15,0+19+19+15,0 m



PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

3. Primjer nadvožnjaka – nadvožnjak Zelina



PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

4. Plan, priprema i provedba pregleda nadvožnjaka

8.1 Vizualni pregled

Tijekom vizualnog pregleda potrebno je iz neposredne blizine pregledati sve građevinske elemente mosta, uočiti i dokumentirati oštećenja.

- Vizualni pregled obuhvaća pregled svih izloženih površina svih konstrukcijskih elemenata. U okviru glavnog pregleda, potrebno je pregledati sve elemente iz neposredne blizine za što je potrebna dodatna oprema (**vozilo, skele, platforme i sl.**). U okviru polugodišnjeg (sezonskog) pregleda, potrebno je pregledati sve dostupne elemente iz neposredne blizine, dok se elementi kojima se ne može pristupiti bez dodatne opreme pregledavaju iz daljine pomoću dalekozora. **Ne koristi se dodatna oprema (vozilo, skele, platforme i sl.), već se pregled vrši s površine okolnog terena, odnosno s prometne plohe mosta.**
- Prije samog pregleda potrebno je ukloniti sve nečistoće s površine konstrukcijskog elementa.
- Utvrđuje se vrsta oštećenja, prema *katalogu oštećenja*. Oštećenja betonskih konstrukcijskih elemenata mosta uključuju:
 - mrlje na betonu
 - površinske nepravilnosti (sačasta struktura, segregacija)
 - vlažna područja (mesta procjeđivanja vode – kroz beton/pukotine i kroz reške)
 - ljuštenje
 - pukotine
 - horizontalne i vertikalne pukotine u zidovima
 - uzdužne i poprečne pukotine u gredama i pločama
 - dijagonalne pukotine
 - mrežaste pukotine
 - nepravilne pukotine
 - odlamanje betona (raslojavanje)
 - izložene šipke armature (nedovoljna debljina zaštitnog sloja)

Posebnu pozornost treba posvetiti pojavi novih pukotina i mjesta procjeđivanja vode, u slučaju kojega se može zahtijevati izvanredan pregled kako bi se utvrdio točan uzrok nastanka oštećenja te ocijenio utjecaj oštećenja na nosivost i sigurnost konstrukcije.

Za utvrđivanje oštećenja kolničke konstrukcije koristit će se katalog oštećenja za kolnike, koji se predviđa u drugoj fazi izrade projekta sustava gospodarenja građevinama.

- Mjeri se opseg oštećenja, npr.
 - za oštećenje «pukotine u betonu» mjeri se duljina i širina pukotine
 - za oštećenje «odlamanje betona» mjeri se duljina i širina (zahvaćena površina) i dubina
- Utvrđiti postoji li diferencijalno slijeganje temelja konstrukcije

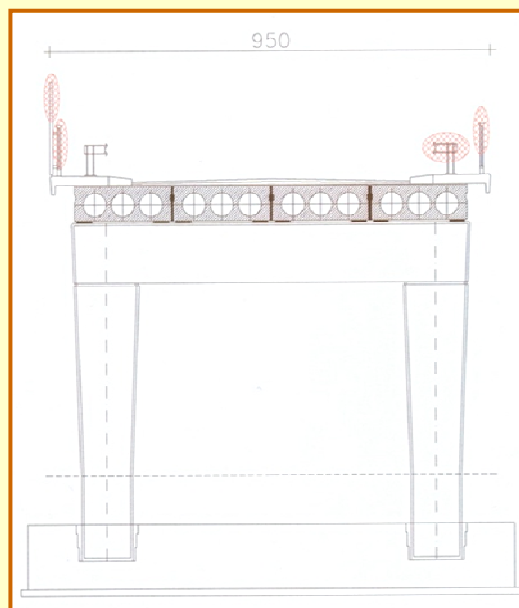
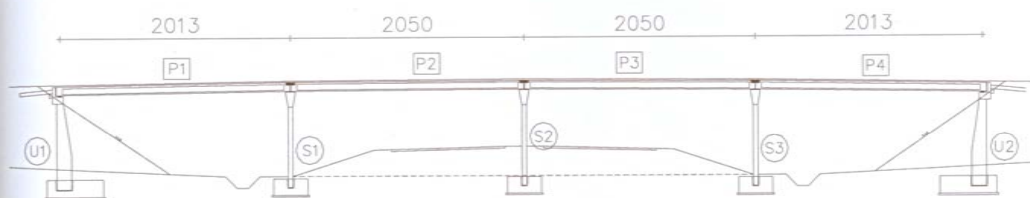
Pukotine	smjer pružanja; duljina pukotine (m); širina pukotine (mm)	1m; 0,2mm
sanirana pukotina		
ponovno otvorena pukotina nakon sanacije		1m; 0,2mm
relativan vertikalni pomak duž pukotine (cm)		RV2cm
relativan horizontalni pomak duž pukotine (cm)		RH2cm
Vlažna područja (ako je vlažno područje uz cijev sustava odvodnje, ucrtati i njen položaj)		0,8m
Vlažna područja uz raspucavanje i kristalizaciju (ako je vlažno područje uz cijev sustava odvodnje, ucrtati i njen položaj)		0,8m
Površinske nepravilnosti (segregacija i sačasta struktura)		0,8m
Mrlje od korozije (samo mrlje)		0,8m
Pukotine i ljuštenje		0,8m
Pukotine i odlamanje s vidljivom korozijom armature		0,8m
Šipka armature na površini (izvedena bez zaštitnog sloja)		0,6m

PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

5. Rezultati pregleda i ocjena stanja nadvožnjaka

Nadvožnjak Zelina – polje P3

Prometne površine, ograde, rubnjaci



Slika 50. Korozija ograde i zaštitne ograde



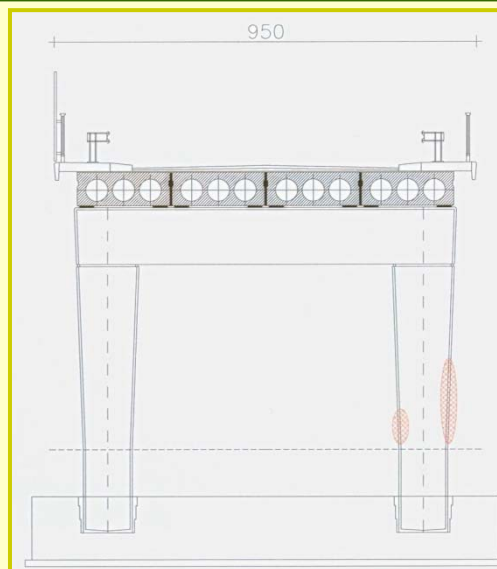
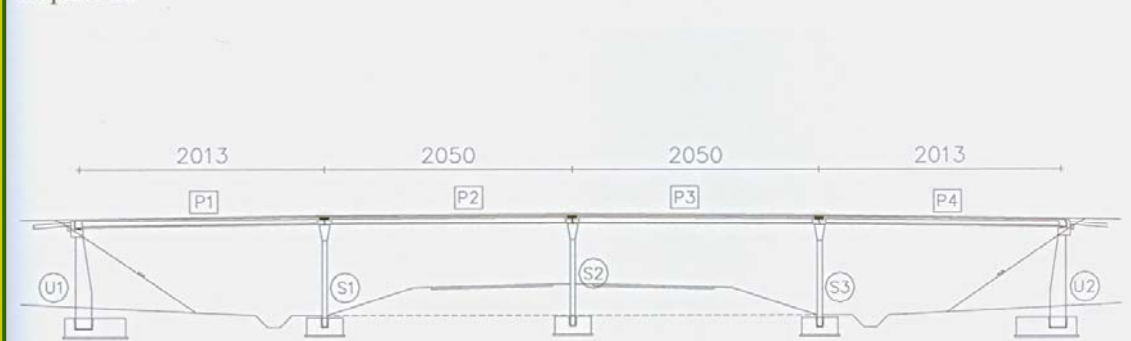
Slika 51. Spoj ograde i zaštitne ograde

PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

5. Rezultati pregleda i ocjena stanja nadvožnjaka

Nadvožnjak Zelina – stupište i nadglavne grede

Stupište S2



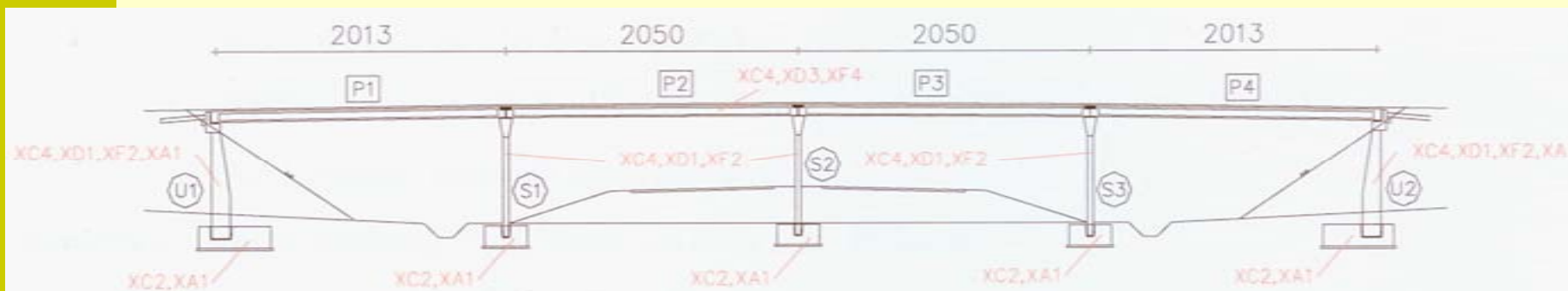
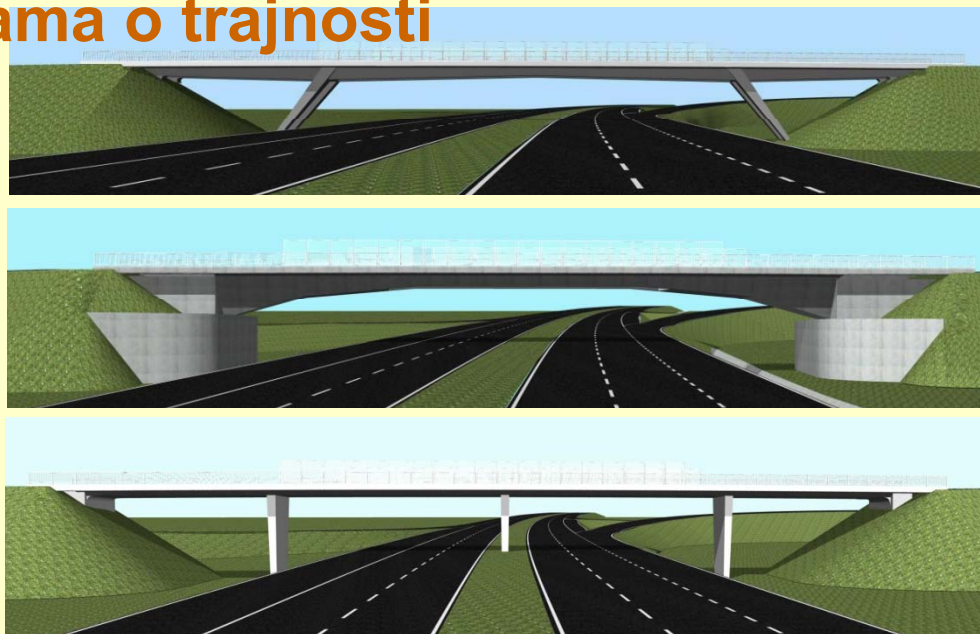
Slika 80. Otpadanje zaštitnog sloja i korozija armature



Slika 81. Otpadanje zaštitnog sloja i korozija armature

PRILAGODBA RJEŠENJA NADVOŽNJAKA DANAŠNJIM SAZNANJIMA O TRAJNOSTI

6. Teoretska prilagodba rješenja nadvožnjaka današnjim spoznajama o trajnosti



NORMIRANJE TRAJNOSTI METALNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA

- 1. Općenito o normizaciji u pogledu trajnosti konstrukcija**
- 2. Projektiranje trajnih metalnih i spregnutih konstrukcija**
- 3. Osiguravanje trajnosti u izvedbi metalnih i spregnutih konstrukcija**
- 4. Održavanje metalnih i spregnutih konstrukcija**
- 5. Zaključak**

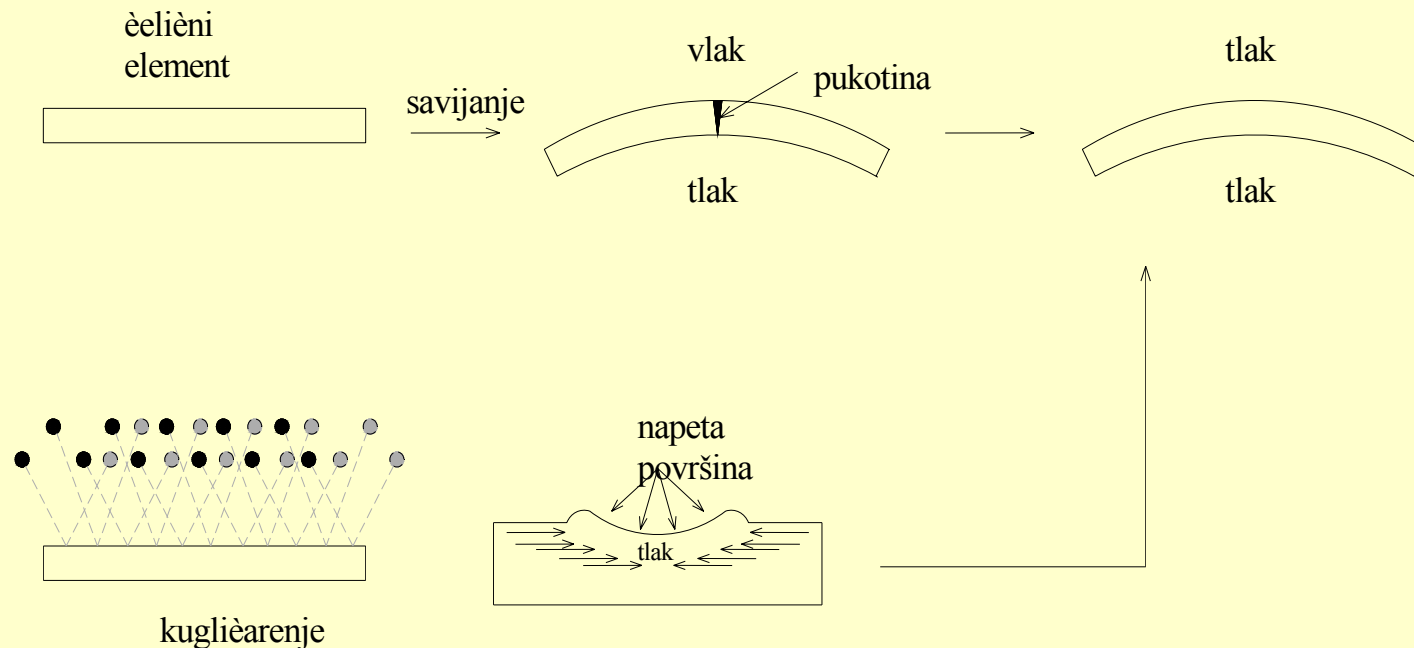
NORMIRANJE TRAJNOSTI METALNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA

Sadržaj rada:

1. OPĆENITO O NORMIZACIJI U POGLEDU TRAJNOSTI KONSTRUKCIJA	4
1.1. Temeljni zahtjevi na konstrukcije, razlikovanje pouzdanosti i uporabni vijek	4
1.2. Trajnost i zahtjevi na trajnost	6
1.3. Tehnički propis za čelične konstrukcije	8
2. PROJEKTIRANJE TRAJNIH ČELIČNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA	9
2.1. Opće smjernice za čelične konstrukcije	9
2.2. Razredi okoliša	13
2.3. Trajnost spojnih sredstava	14
2.4. Nehrđajući čelik	15
2.5. Vrste korozije	17
2.5.1. Točkasta korozija	17
2.5.2. Pukotinska korozija	18
2.5.3. Bimetalna korozija	19
2.5.4. Naponska korozija raspucavanja	21
2.5.5. Opća korozija	22
2.5.6. Napad na prostor između zrna i raspadanje zavara	23
2.6. Razine rizika	24
2.7. Izbor materijala	25
2.7.1. Izbor osnovnog materijala	25
2.7.2. Vrste i razredi nehrđajućih čelika	27
2.7.3. Izbor materijala za spojne elemente	31
2.8. Projektiranje za kontrolu korozije	34
2.8.1. Izbjegavanje zadržavanja prljavštine	36
2.8.2. Izbjegavanje pukotina	36
2.9. Spojevi	37
2.9.1. Vijčani spojevi	37
2.9.2. Zavareni spojevi	38
2.10. Žice, užad i užad za prednapinjanje	39
2.11. Čelični mostovi	42
2.12. Čelični piloti i žmurje	43
2.13. Opće smjernice za spregnute konstrukcije	47

2.14. Moždanici	48
2.14.1. Zaštitni sloj i razmak moždanika	49
2.14.2. Lokalno armiranje ploča i zadebljanja ploča	52
2.14.3. Vijci plosnate glave	53
2.15. Spregnuti mostovi	54
2.16. Toplo valjane čelične ploče	55
2.16.1. Diskontinuiteti površina – dubina i područje pod utjecajem	55
2.16.2. Razredba površina i potreba za popravcima	57
2.16.3. Popravak brušenjem	58
2.16.4. Popravak varenjem	60
3. OSIGURAVANJE TRAJNOSTI U IZVEDBI ČELIČNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA	62
4. ODRŽAVANJE ČELIČNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA	65
5. NEKE METODE ZAŠTITE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA OD KOROZIJE	67
5.1. Priprema čeličnih podloga prije primjene boja i srodnih proizvoda	67
5.1.1. Stupnjevi korozije i stupnjevi pripreme	67
5.1.2. Mlazno čišćenje	67
5.1.3. Ručno i strojno čišćenje	69
5.1.4. Čišćenje plamenom	69
5.1.5. Lokalno mlazno čišćenje prethodno premazanih površina	70
5.1.6. Lokalno ručno i strojno čišćenje prethodno premazanih površina	70
5.1.7. Lokalno strojno struganje prethodno premazanih površina	71
5.1.8. Postupanje s preostalim premazima	71
5.2. Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije zaštitnim sustavom boja	72
5.2.1. Vrste konstrukcija, površine i priprema površina	73
5.2.2. Vrste okoliša i razine izloženosti	73
5.2.3. Vrste zaštitnog sustava, izrada i trajnost	76
5.3. Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije vrućim pocinčavanjem	77
5.3.1. Općenito	77
5.3.2. Vizualni pregled premaza	77
5.3.3. Debljina premaza	78
5.3.4. Obnavljanje premaza	79
5.4. Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije toplinskim naštrcavanjem	80
5.4.1. Priprema površina	80
5.4.2. Postupak toplinskog naštrcavanja	80
5.4.3. Hermetizacija i bojanje	81
6. ZAKLJUČAK	82
LITERATURA	84

NORMIRANJE TRAJNOSTI METALNIH I SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA



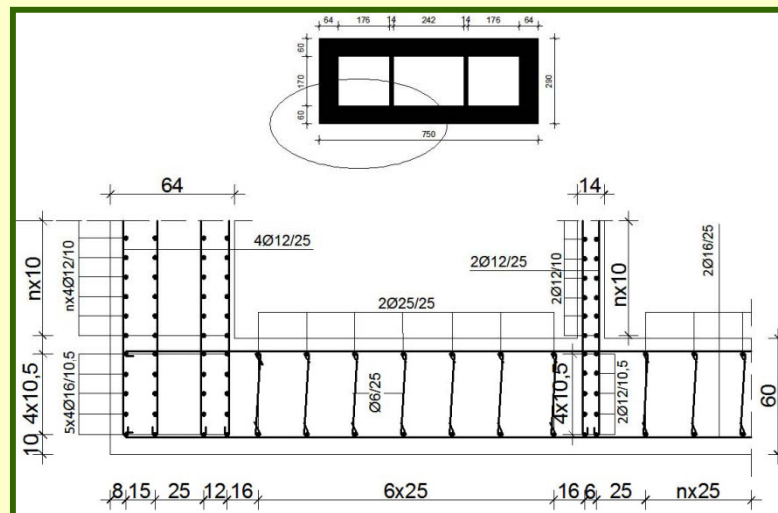
Kugličarenje je proces poboljšanja čelika, povećavanjem njegovog početnog tlačnog naprezanja. Naime, savijanjem elementa, na njemu se pojavljuju tlačni (s donje strane) i vlačni (s gornje strane) naponi. Osjetljivo mjesto u tom slučaju je strana na kojoj se nalaze vlačni naponi, jer samo uslijed istih može doći do nastajanja pukotine zbog zamora materijala. Proces kugličarenja se svodi na dovoljno bombardiranje površine čelika kako bi se u njemu potaknulo početno tlačno naprezanje, što znači da se element može dulje savijati, odnosno poveća mu se uporabni vijek.

ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

1. Šibenski most – tehnički opis s nacrtima i slikama
2. Seizmički proračun – linearna metoda proračunskog spektra odziva
3. Seizmički proračun Šibenskog mosta s prednapetim armiranobetonskim nadlučnim sklopom
4. Seizmički proračun Šibenskog mosta sa čeličnim nadlučnim sklopom
5. Usporedba rezultata i zaključak

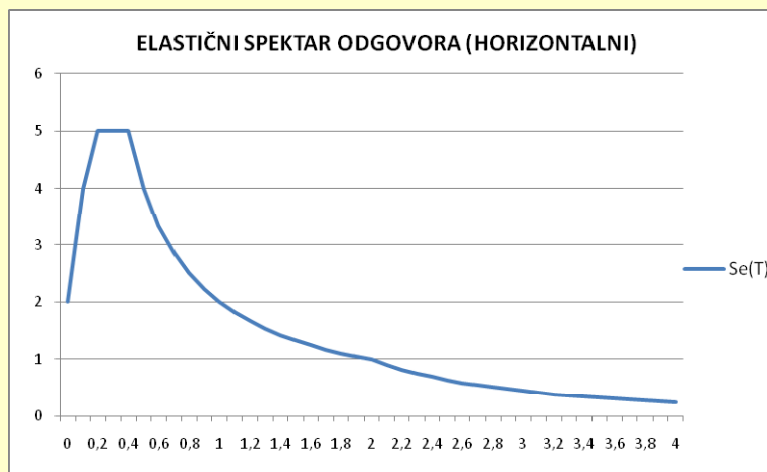
ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

1. Šibenski most – tehnički opis s nacrtima i slikama



ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

2. Seizmički proračun – linearna metoda proračunskog spektra odziva

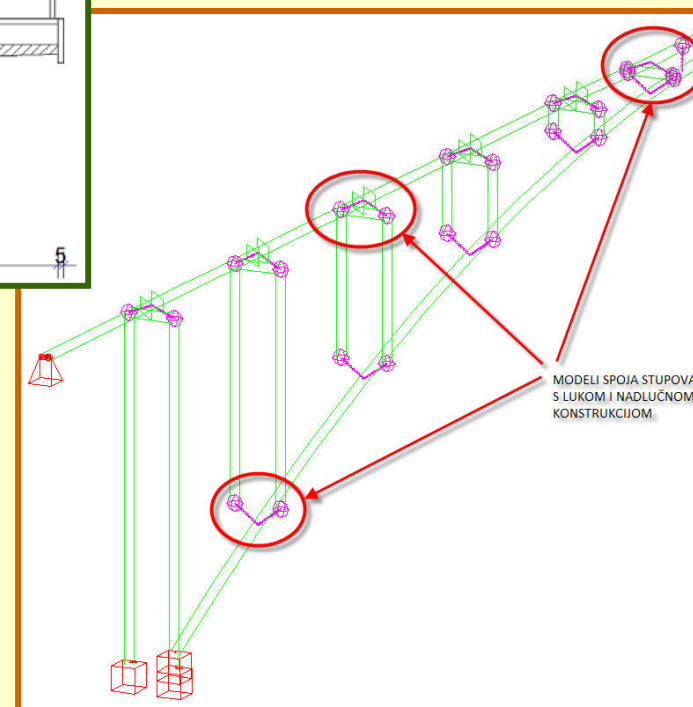
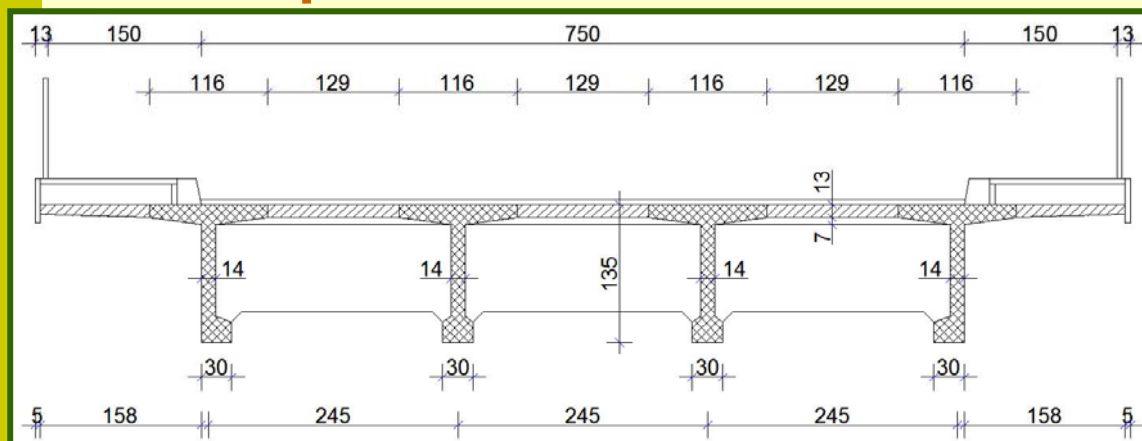


RAZRED TLA	TIP 1 ELASTIČNOG SPEKTRA			
	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,2	0,6	2,0
D	1,35	0,2	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

DUKTILNI ELEMENTI	POSTELASTIČNO PONAŠANJE	
	OGRANIČENO DUKTILNO	DUKTILNO
ARMIRANOBETONSKI STUPOVI:		
-VERTIKALNI STUP, SAVIJANJE	1,5	3,5
-NAGNUTI ŠTAP, SAVIJANJE	1,2	2,0
-KRATKI JAKI STUP	1,0	1,0
ČELIČNI STUPOVI:		
-VERTIKALNI STUP, SAVIJANJE	1,5	3,0
-NAGNUTI ŠTAP, SAVIJANJE	1,2	2,0
-NORMALNO PODUPIRANJE, STUP	1,5	2,5
-EKSCENTRIČNO PODUPIRANJE, STUP		3,5
UPORNJACI:	1,0	1,0
LUKOVI:	1,2	2,0

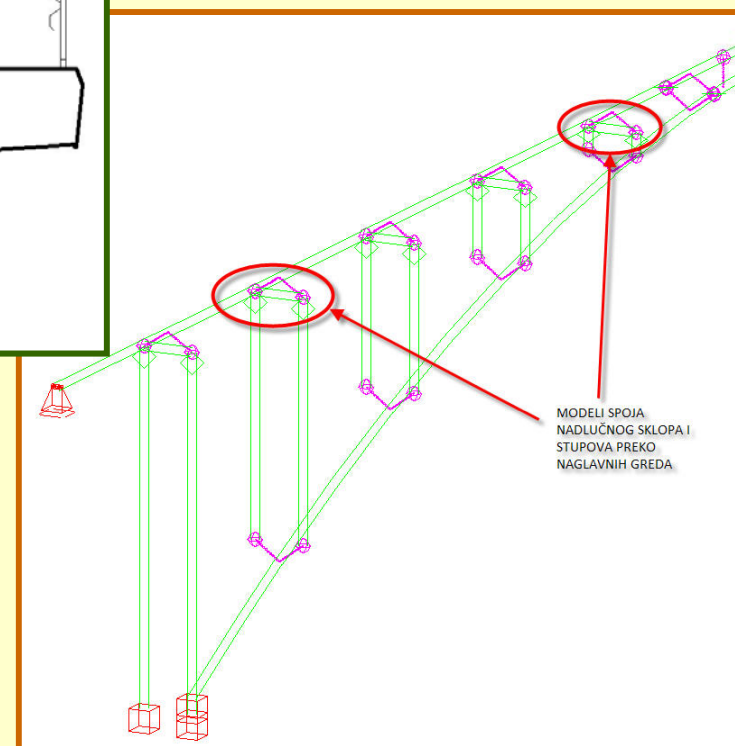
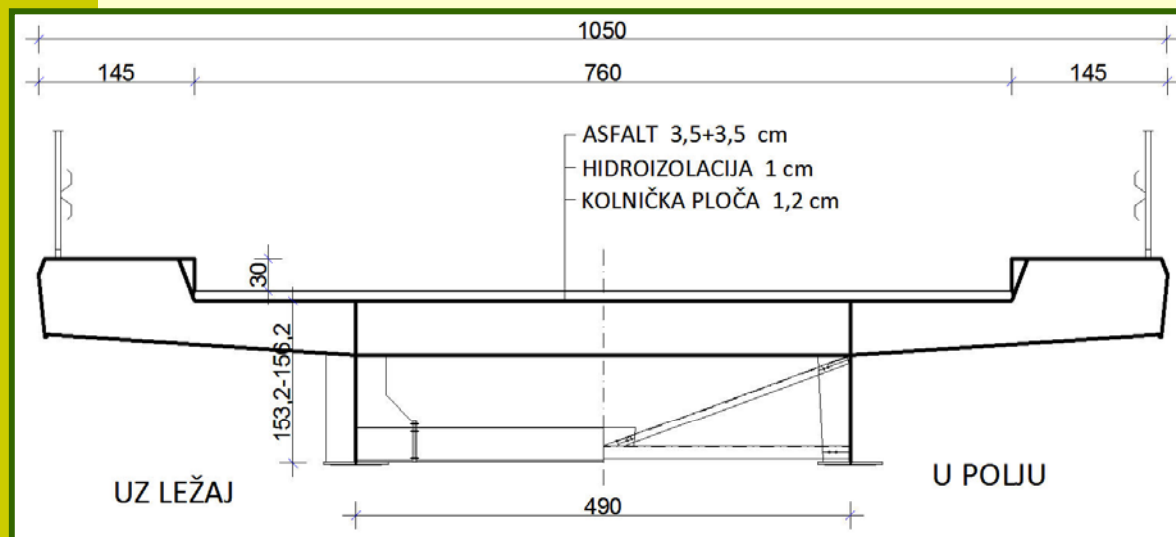
ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

3. Seizmički proračun Šibenskog mosta s prednapetim armiranobetonskim nadlučnim sklopom



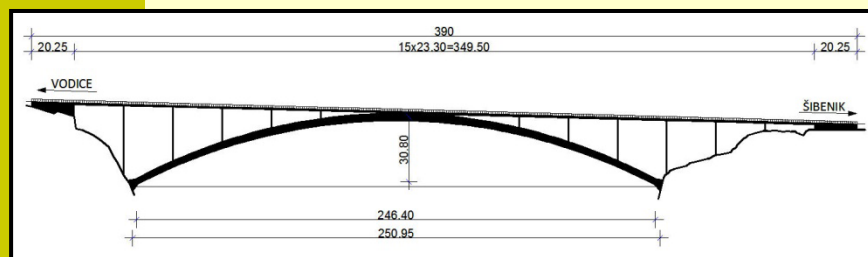
ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

4. Seizmički proračun Šibenskog mosta sa čeličnim nadlučnim sklopom



ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

5. Usporedba rezultata i zaključak



I S K A Z A R M A T U R E						
LUK	POSTOJEĆA ARMATURA (cm ²)		POTREBNA ARMATURA ZA AB NADLUČNI RASPONSKI SKLOP (cm ²)		POTREBNA ARMATURA ZA ČELIČNI NADLUČNI RASPONSKI SKLOP (cm ²)	
	VODICE	ŠIBENIK	VODICE	ŠIBENIK	VODICE	ŠIBENIK
PETA	962,8	962,8	1730	1667	1601	1597
1/4 RASPONA	841,4		1138		841,4	
TJEME	822,8		822,8		822,8	
DNO STUPA	DNO	VRH	DNO	VRH	DNO	VRH
STUP 1	86,6	86,6	281,9	113,8	343,8	249,0
STUP 2	56,9	56,9	223,4	199,5	127,5	106,1
STUP 3	41,6	41,6	136,3	128,8	62,8	58,0
STUP 4	34,3	34,3	105,8	101,7	48,4	46,3
STUP 5	34,3	34,3	109,6	109,6	72,7	72,7
STUP 6	34,3	34,3	99,0	99,0	57,4	57,4
STUP 7	41,6	41,6	142,9	136,1	86,4	80,7
STUP 8	56,6	56,6	222,9	202,8	174,2	149,9
STUP 9	86,6	86,6	427,2	361,6	321,5	243,4
STUP 10	56,6	56,6	310,0	281,7	138,6	114,6
STUP 11	41,6	41,6	41,6	41,6	194,7	183,2

ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

1. Šibenski most – tehnički opis mosta i rekonstrukcija nacрта
2. Ocjenjivanje postojećih mostova na normirano potresno djelovanje
3. Modeliranje mosta i potresnog djelovanja
4. Rezultati proračuna pushover metodom
5. Usporedba s rezultatima linearnog višemodalnog proračuna i zaključak

ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

3. Modeliranje mosta i potresnog djelovanja

3.3.1. Potresno opterećenje u poprečnom smjeru mosta

Zbroj efektivnih modalnih masa, za razmatrane tonove osciliranja treba iznositi najmanje 90% ukupne mase konstrukcije. Stoga je za poprečni smjer mosta korišteno 80 tonova, da bi aktivna masa iznosila 90,5% ukupne mase.

Model load contributions per function					
funct.	mode	RV-factor [o/o]	V*RV-factor	mode	RV-factor [o/o]
791	1	-7.030E+01	56.0	41	1.147E-06
	2	-2.030E-10	0.0	42	1.200E-06
	3	-1.242E+01	1.4	43	4.361E-01
	4	2.355E+01	5.0	44	9.709E-07
	5	1.258E-09	0.0	45	4.067E-07
	6	2.055E+01	3.8	46	4.463E-06
	7	2.453E+01	5.4	47	2.812E-03
	8	4.539E+00	0.2	48	1.122E-05
	9	-4.978E+00	0.2	49	2.156E+00
	10	-1.933E-09	0.0	50	-1.606E+01
	11	-6.291E+00	0.4	51	-1.277E-02
	12	1.005E-09	0.0	52	-1.785E+01
	13	2.262E+00	0.0	53	1.361E-04
	14	-7.576E-09	0.0	54	5.355E+00
	15	-2.948E+01	5.0	55	4.559E-01
	16	4.760E-07	0.0	56	-6.204E-05
	17	-6.308E-03	0.0	57	-2.314E+00
	18	-8.898E-08	0.0	58	-2.021E-05
	19	1.429E+00	0.0	59	-1.172E-05
	20	2.459E-07	0.0	60	-1.295E+00
	21	4.971E-08	0.0	61	4.724E-05
	22	-4.502E-01	0.0	62	2.305E-05
	23	-3.207E-07	0.0	63	4.895E+00
	24	-6.239E-01	0.0	64	-4.690E-02
	25	-7.859E-03	0.0	65	6.481E+00
	26	2.040E-05	0.0	66	1.029E-04
	27	-3.138E-06	0.0	67	1.043E-05
	28	-1.609E-02	0.0	68	-1.644E-05
	29	-8.932E-07	0.0	69	1.595E-05
	30	7.552E-07	0.0	70	-1.555E-03
	31	-1.341E-05	0.0	71	1.631E-05
	32	1.212E+01	1.3	72	-7.227E-05
	33	2.121E-05	0.0	73	-6.534E-12
	34	-6.523E-07	0.0	74	1.109E-12
	35	-2.305E+01	4.8	75	-1.304E+01
	36	4.695E-06	0.0	76	1.912E+00
	37	8.440E-07	0.0	77	-5.265E-03
	38	-1.800E+00	0.0	78	-4.284E-05
	39	1.913E-05	0.0	79	6.255E-05
	40	-1.843E-06	0.0	80	-4.796E+00
Sq. Sum		1.008E+04	90.5		

Slika 20. postoci aktivne mase u prvih 80 tonova osciliranja konstrukcije

Normirana metoda

Iz slike 20. vidljivo je da je u prvom obliku titranja konstrukcije aktivno 55,0% ukupne mase konstrukcije tako da je taj oblik titranja dominantan. Pomoću perioda titranja koji odgovara ovom obliku titranja dobivamo ordinatu proračunskog spektra odziva iz koje izračunamo zamjensku horizontalnu silu u poprečnom smjeru y.

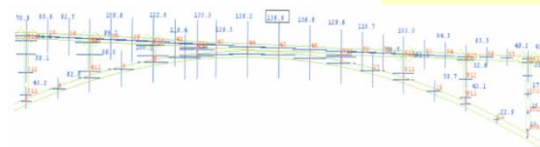
$$T_1 = 2,486 \rightarrow S_y(T_1) = 0,635$$

Približna višemodalna metoda

Ekvivalentni period titranja dobiva se razmatranjem postotka mase aktivnog pri svakom pojedinom obliku titranja.

$$T_{Eq} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

$$T_{Eq,y} = 1,924 \rightarrow S_y(T_{Eq,y}) = 1,020$$



Slika 29. vrijednost pomaka luka u poprečnom smjeru od potresnog djelovanja

3.3.2. Potresno opterećenje u uzdužnom smjeru mosta

Za uzdužni smjer mosta korišteno je 150 tonova osciliranja da bi aktivna masa iznosila 91,3% ukupne mase.

Model load contributions per function					
funct.	mode	RV-factor [o/o]	V*RV-factor	mode	RV-factor [o/o]
792	1	-3.910E-11	0.0	76	2.155E-05
	2	3.702E+01	12.3	77	1.425E-04
	3	6.187E-10	0.0	78	-2.358E+00
	4	-3.298E-10	0.0	79	-2.981E+00
	5	4.819E-01	0.0	80	1.245E-03
	6	6.593E-11	0.0	81	5.225E+00
	7	-7.809E-10	0.0	82	-7.727E-05
	8	-1.095E-09	0.0	83	4.639E-05
	9	-4.039E-09	0.0	84	-4.775E-01
	10	3.080E+00	0.1	85	-2.529E-04
	11	3.187E-09	0.0	86	-2.225E+00
	12	-1.095E+01	1.0	87	-6.683E-04
	13	3.201E-07	0.0	88	6.752E-01
	14	-1.731E+01	2.7	89	-7.885E+00
	15	-6.252E-07	0.0	90	5.558E+00
	16	1.204E+01	1.5	91	-2.345E-03
	17	1.115E-05	0.0	92	4.173E+00
	18	-1.407E+01	1.8	93	-6.887E-01
	19	-2.186E-05	0.0	94	8.095E-04
	20	-5.820E+01	30.4	95	-1.003E-03
	21	3.869E+00	0.1	96	4.546E+00
	22	-2.579E-05	0.0	97	-7.472E-01
	23	-3.513E+01	11.1	98	-8.761E-02
	24	-5.593E-05	0.0	99	8.365E-01
	25	-2.805E-05	0.0	100	6.411E+00
	26	1.609E+01	2.3	101	2.185E+00
	27	5.718E-01	0.0	102	-2.353E+00
	28	4.792E-05	0.0	103	8.897E-03
	29	-9.504E+00	0.3	104	1.335E+01
	30	-9.405E-01	0.0	105	-6.295E-01
	31	6.426E+00	0.4	106	8.488E+00
	32	-1.699E-05	0.0	107	-5.232E-02
	33	5.142E-01	0.0	108	-1.882E+00
	34	-3.897E-01	0.0	109	-1.271E-03
	35	-6.347E-05	0.0	110	-1.456E+00
	36	-1.640E+01	2.4	111	1.056E+01
	37	1.000E+00	0.0	112	8.200E-03
	38	1.227E-05	0.0	113	-2.890E-04
	39	-5.209E+00	0.4	114	-6.997E+00
	40	3.349E+00	0.1	115	-8.762E-01
	41	-1.489E+00	0.0	116	-1.640E-03
	42	-5.518E+00	0.3	117	-1.703E-01
	43	2.604E-05	0.0	118	2.453E-03
	44	-5.982E+00	0.3	119	1.696E+00
	45	-1.554E+01	2.2	120	-5.923E-04
	46	-1.595E-05	0.0	121	1.618E-03
	47	-3.349E-05	0.0	122	3.376E-04

Slika 21. postoci aktivne mase u prvih 150 tonova osciliranja konstrukcije

Normirana metoda

Iz slike 21. vidljivo je da je u 20. obliku titranja konstrukcije aktivno 30,4% ukupne mase konstrukcije tako da je taj oblik titranja dominantan. Pomoću perioda titranja koji odgovara ovom obliku titranja dobivamo ordinatu proračunskog spektra odziva iz koje izračunamo zamjensku horizontalnu silu u uzdužnom smjeru x.

$$T_{20} = 0,271 \rightarrow S_x(T_{20}) = 4,905$$

Približna višemodalna metoda

Ekvivalentni period titranja dobiven je razmatranjem postotka aktivne mase pri svakom od 150 oblika titranja.

$$T_{Eq} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

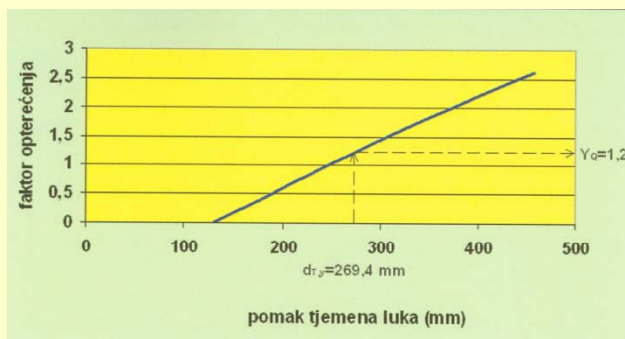
$$T_{Eq,x} = 1,924 \rightarrow S_x(T_{Eq,x}) = 4,881$$

ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

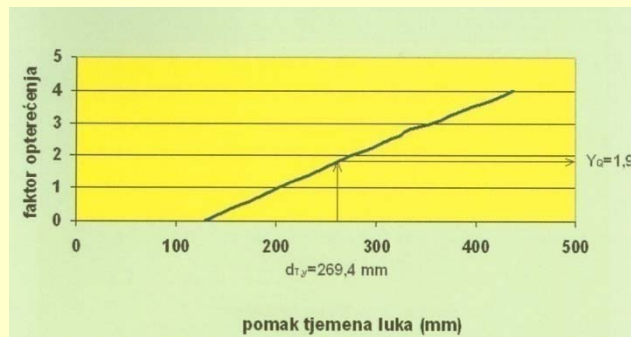
2. Rezultati proračuna pushover metodom – luk

POPREČNI SMJER MOSTA

Približna višemodalna metoda postupnog guranja

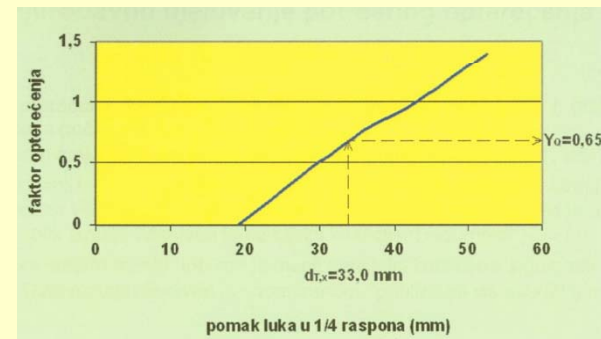


Normirana metoda postupnog guranja

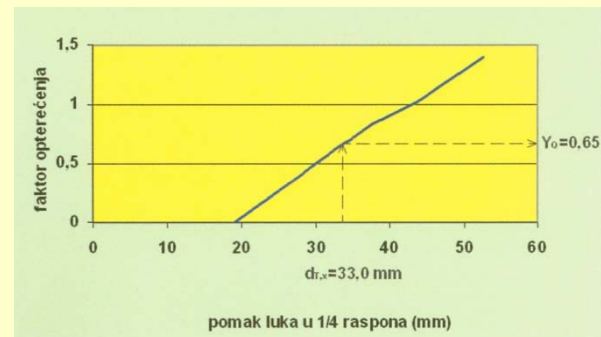


UZDUŽNI SMJER MOSTA

Približna višemodalna metoda postupnog guranja



Normirana metoda postupnog guranja



ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

2. Rezultati proračuna pushover metodom –

	LUK		LUK+STUPOVI		LUK+STUPOVI BEZ TJEMENIH	
	POPREČNO	UZDUŽNO	POPREČNO	UZDUŽNO	POPREČNO	UZDUŽNO
NORMIRANA	1,9	0,65	0,6	0,65	1,9	0,65
PRIBLIŽNA	1,2	0,65	0,3	0,65	1,2	0,65

ŠIBENSKI MOST U SEIZMIČKOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

3. Usporedba s rezultatima linearnog višemodalnog proračuna i zaključak

Na kraju svega navedenog možemo zaključiti slijedeće.

Ocijenjivanjem Šibenskog mosta višemodalnom metodom proračunskog spektra odziva i metodom postupnog guranja (nelinearni statički proračun) dobivene su dvije vrste usko povezanih rezultata. Objema metodama dobiveni rezultati pokazuju nezadovoljavajuće stanje Šibenskog mosta obzirom na važeće europske norme za seizmičko opterećenje. Prvom metodom dobivena je količina potrebne armature koja bi se trebala ugraditi u most, no ona nam ne može dati konkretne smjernice kako bi se trebao renovirati most, jer ne možemo naknadno ugraditi potrebnu armaturu.

Drugom metodom prikazani su parcijalni koeficijenti sigurnosti prema kojima zaključujemo da je kritično djelovanje potresa u uzdužnom smjeru mosta ako izostavimo u proračun stupove S5 i S6 u blizini tjemena. Uzimajući u obzir te stupove dolazi do otkazivanja konstrukcije pri samo 30% seizmičkog opterećenja, i to u poprečnom smjeru.

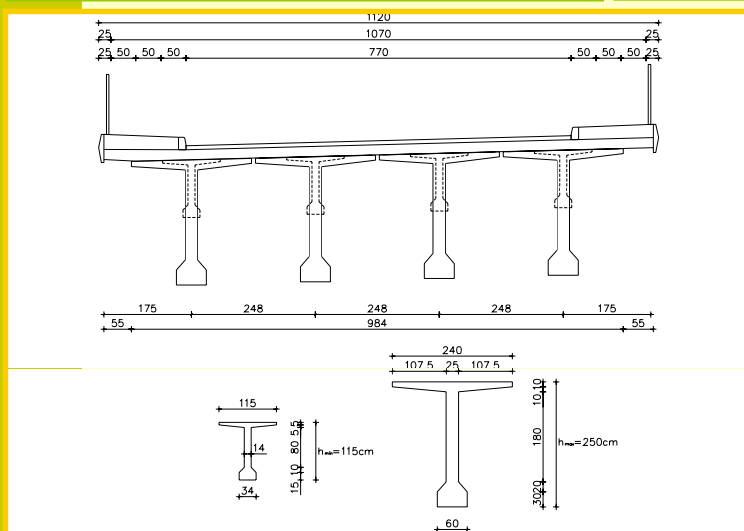
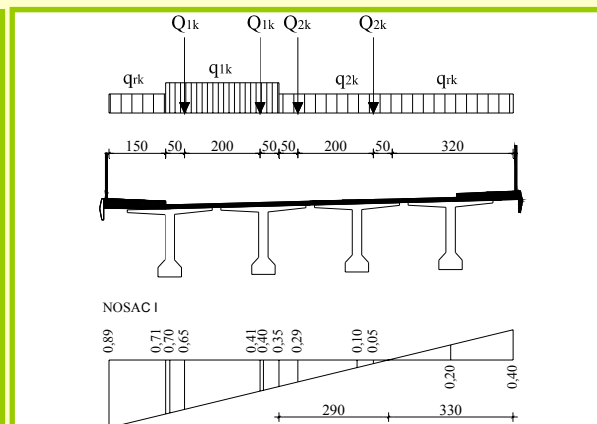
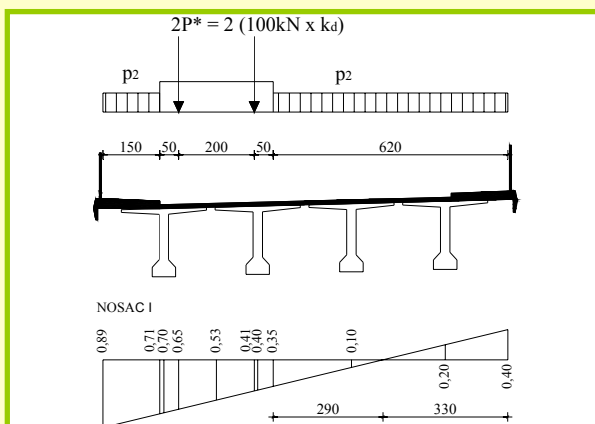
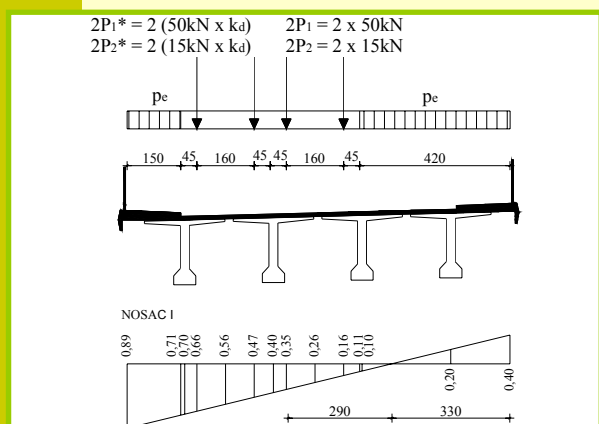
Dobiveni parcijalni koeficijenti sigurnosti mogu poslužiti kao podloge za planiranje radova na ojačanju konstrukcije kako bi se postigla zahtijevana razina sigurnosti.

OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

1. Prometno djelovanje na mostove i normirane sheme
2. Usporedba učinaka normiranih shema opterećenja
3. Nosivost roštilja projektiranog prema starim Privremenim tehničkim propisima PTP-5 iz 1949. godine
4. Nosivost roštilja projektiranog prema Pravilniku za opterećenja mostova iz 1991. godine
5. Zaključak

OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

1. Prometno djelovanje na mostove i normirane sheme



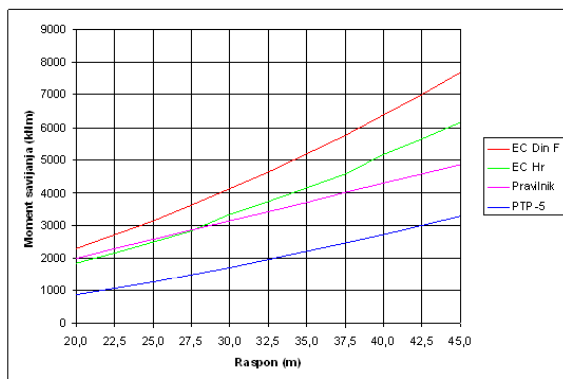
Tablica 3.1. Vrijednosti vlastite težine

	L (m)	h (cm)	A_p (m ²)	g' (kN/m')	g (kN/m')
1	20,0	115	0,265	6,63	21,68
2	22,5	125	0,347	8,68	23,73
3	25,0	140	0,430	10,74	25,79
4	27,5	155	0,512	12,80	27,85
5	30,0	170	0,594	14,86	29,91
6	32,5	185	0,677	16,91	31,96
7	35,0	195	0,759	18,97	34,02
8	37,5	210	0,841	21,03	36,08
9	40,0	225	0,923	23,09	38,14
10	42,5	240	1,006	25,14	40,19
11	45,0	250	1,088	27,20	42,25

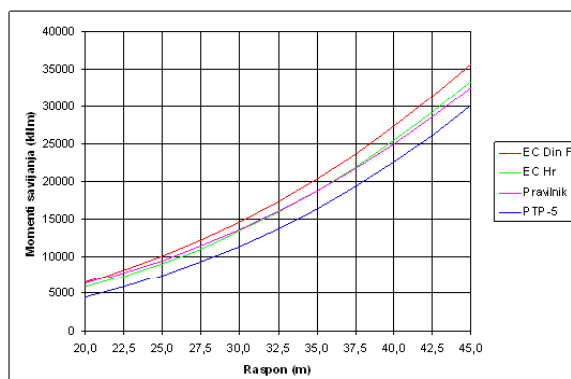
OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

2. Usporedba učinaka normiranih shema opterećenja

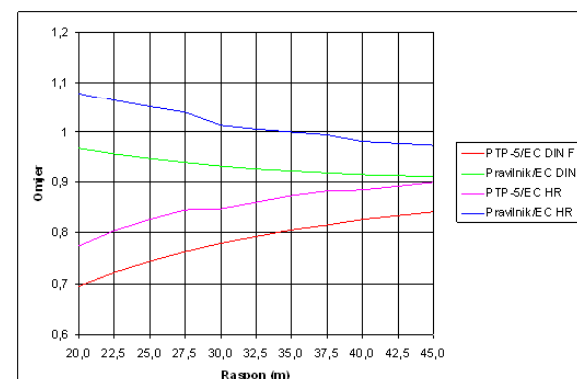
Slika 3.16. Dijagram momenata savijanja od prometnog opterećenja



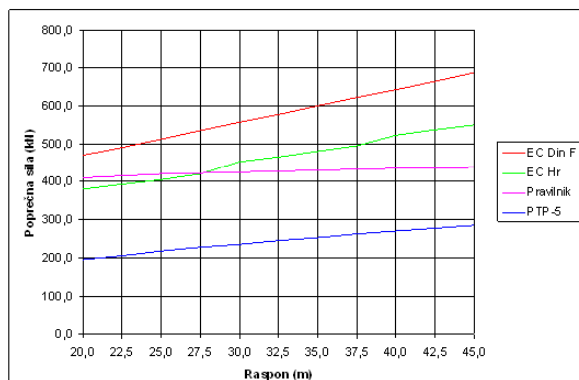
Slika 3.17. Dijagram proračunskih momenata savijanja



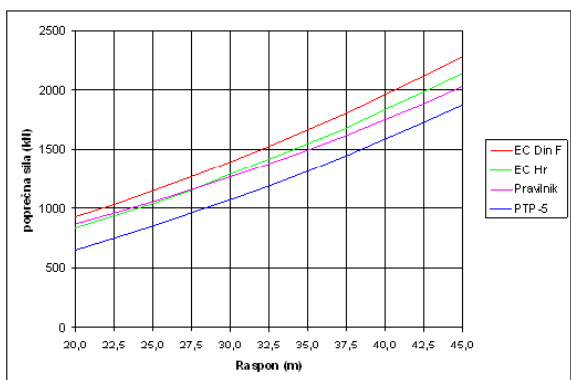
Slika 3.18. Dijagram odnosa proračunskih momenata savijanja



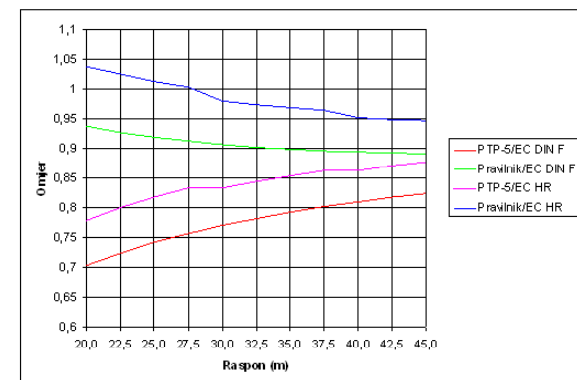
Slika 3.19. Dijagram poprečnih sila od prometnog opterećenja



Slika 3.20. Dijagram proračunskih poprečnih sila

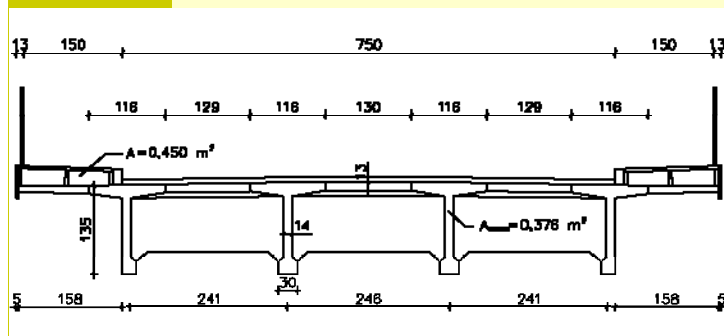


Slika 3.21. Dijagram odnosa proračunskih poprečnih sila



OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

3. Nosivost roštilja projektiranog prema starim Privremenim tehničkim propisima PTP-5 iz 1949. godine



4.2. ODREĐIVANJE NOSIVOSTI POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

Nosivost presjeka na savijanje u polju:

Za određivanje proračunske nosivosti glavnog nosača na savijanje u polju preko prednapete armature koristiti ćemo granicu elastičnosti čelika f_{yk} i površinu kabela A_p . Krak unutarnjih sila uzimamo s 90% statičke visine nosača. Nosivost preko nenapete armature pridodajemo kada nosivost želimo točnije odrediti, također preko granice elastičnosti čelika f_{yk} i površine armature A_s . Izraz glasi ovako:

$$M_{ed} = A_p \cdot \frac{f_{pkel}}{\gamma_p} \cdot 0,9 \cdot d_p + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot 0,9 \cdot d_s$$

Nosač je prednapregnut sa 13 kabela od po 6 žica promjera 7mm i armiran nenapetom armaturom u vlačnoj zoni sa 4Φ8 i 4Φ12.

- površina svih kabela

$$A_p = 13 \cdot 6 \cdot r^2 \cdot \pi = 13 \cdot 6 \cdot 3,5^2 \cdot \pi = 3001,8 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_p

$$d_p = 135 - \frac{3 \cdot 4 + 10 + 16 + 22 + 28 + 34 + 40 + 46 + 52 + 68 + 64}{13} = 105,6 \text{ cm} = 1056,0 \text{ mm}$$

- površina uzdužne armature A_s

$$A_s = A(4\phi 8) + A(4\phi 12) = 201 + 452 = 653 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_s

$$d_s = 135 - \frac{30 \cdot 4 + 1,13 + 18,7 \cdot 2 \cdot 0,5 + 24,5 \cdot 2 \cdot 0,5}{4 \cdot 1,13 + 4 \cdot 0,5} = 126,3 \text{ cm} = 1263,0 \text{ mm}$$

Tablica 4.1. Podaci o armaturi nosača

Prednapinjanje		Uzdužna armatura 4Φ8 + 4Φ12	
broj kabela	13	površina armature A_s (mm ²)	653,0
broj žica u 1 kabelu	6	granica elastičnosti čelika f_{yk}	220,0
promjer žice (mm)	7	(N/mm ²)	
površina svih kabela A_p (mm ²)	3001,8	statička visina d_s (mm)	1263,0
površina svih kabela A_p (mm ²)	3001,8		
vlačna čvrstoća čelika f_{yk} (N/mm ²)	1520,0		
granica elastičnosti čelika f_{pkel} (N/mm ²)	1352,8		
statička visina d_p (mm)	1056,0		

$$M_{ed} = 3001,8 \cdot \frac{1352,8}{1,0} \cdot 0,9 \cdot 1056 + 653 \cdot \frac{220}{1,15} \cdot 0,9 \cdot 1263 = 4001,4 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = 4001,4 \text{ kNm}$$

Nosivost presjeka na poprečne sile:

Kod određivanja proračunske nosivosti na posmik preko vilica i betona koristiti ćemo sljedeći izraz:

$$V_{ed} = A_{sv} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_s} \cdot \frac{0,9 \cdot d}{s_w} + \tau_{sd} \cdot k \cdot 1,2 \cdot b_w \cdot d + P \cdot \sin \alpha$$

gdje je sila prednapinjanja $P = 0,65 \cdot 0,8 \cdot f_{pkel} \cdot A_p$, a kut vođenja kabela je 8°.

Površina poprečne armature profila Φ8 i reznosti 2, na razmaku $s_w = 10 \text{ cm}$:

$$A_{sv} = 2 \cdot A(\Phi 8) = 101,0 \text{ mm}^2$$

Osnovna računaska čvrstoća za djelovanje glavnih kosih napona za MB 40:

$$\tau_{sd} = 0,34 \text{ (N/mm}^2\text{)};$$

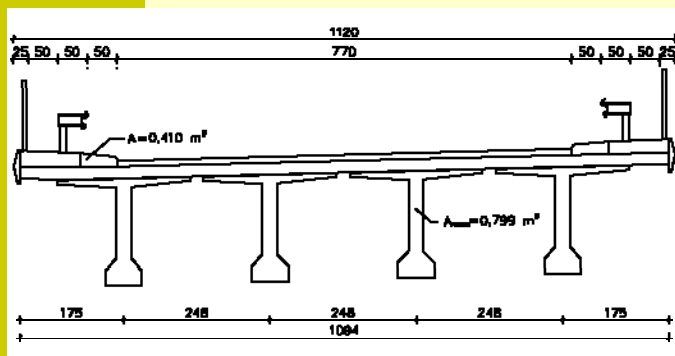
Statička visina presjeka $d_p = 1056 \text{ mm}$

$$k = 1,60 - d = 1,60 - 1,06 = 0,54 \text{ m} \geq 1,0 \text{ m}; k = 1,0;$$

$$V_{ed} = 101,0 \cdot \frac{220}{1,15} \cdot \frac{0,9 \cdot 1056}{100} + 0,34 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 140 \cdot 1056 + 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1352,8 \cdot 3001,8 \cdot \sin 8 = 537,8 \text{ kN}$$

OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

4. Nosivost roštilja projektiranog prema Pravilniku za opterećenja mostova iz 1991. godine



5.2. ODREĐIVANJE NOSIVOSTI POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

- Nosivost presjeka na savijanje u polju:

Nosivos određujemo na isti način kao i u prethodnom poglavlju. Za određivanje proračunske nosivosti glavnog nosača na savijanje u polju preko prednapete armature koristiti ćemo granicu elastičnosti čelika $f_{yk,el}$ i površinu kabela A_p . Krak unutarnjih sila uzimamo s 90% statičke visine nosača. Nosivost preko nenapete armature pridodajemo kada nosivost želimo točnije odrediti, također preko granice elastičnosti čelika f_{yk} i površine armature A_s . Izraz glasi ovako:

$$M_{ed} = A_p \cdot \frac{f_{yk,el}}{\gamma_p} \cdot 0,9 \cdot d_p + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot 0,9 \cdot d_s$$

Nosač je prednapregnut sa 4 kabela i to sa 3 Dywidag 6807 i jednim 6809 i armiran nenapetom armaturom u vlačnoj zoni sa 8Φ28.

- površina svih kabela

$$A_p = 1350 + 1050 \cdot 3 = 4500,0 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_p

$$d_p = 180 - \frac{13,2 \cdot 2 \cdot 1,05 + 13,2 \cdot 1,35 + 29,2 \cdot 1,05}{4,5} = 163,1 \text{ cm} = 1631,0 \text{ mm}$$

- površina uzdužne armature A_s

$$A_s = A(8\Phi 28) = 8 \cdot 615,7 = 4926 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_s

$$d_s = 180 - \frac{6,1 \cdot 6 + 22,0 \cdot 2}{8} = 169,9 \text{ cm} = 1699,0 \text{ mm}$$

Tablica 5.1. Podaci o armaturi nosača

Prednapinjanje		Uzdužna armatura 8Φ28	
broj kabela	4	površina armature A_s (mm ²)	4926,0
površina kabela 6807 (mm ²)	1050,0	granica elastičnosti čelika f_{yk} (N/mm ²)	500,0
površina kabela 6809 (mm ²)	1350,0	statička visina d_s (mm)	1699,0
površina svih kabela A_p (mm ²)	4500,0		
vlačna čvrstoća čelika f_{yk} (N/mm ²)	1770,0		
granica elastičnosti čelika $f_{yk,el}$ (N/mm ²)	1570,0		
statička visina d_p (mm)	1631,0		

$$M_{ed} = 4500,0 \cdot \frac{1570,0}{1,0} \cdot 0,9 \cdot 1631 + 4926,0 \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 0,9 \cdot 1699,0 = 13645,6 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = 13645,6 \text{ kNm}$$

- Nosivost presjeka na poprečne sile:

Kod određivanja proračunske nosivosti na posmik preko vilica i betona koristiti ćemo sljedeći izraz:

$$V_{ed} = A_{sv} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \frac{0,9 \cdot d}{s_w} + \tau_{ed} \cdot k \cdot 1,2 \cdot b_w \cdot d + P \cdot \sin \alpha$$

gdje je sila prednapinjanja $P = 0,65 \cdot 0,8 \cdot f_{yk,el} \cdot A_p$, a prosječni kut vođenja kabela je $\alpha = 5,6^\circ$.

Površina poprečne armature profila Φ12 i reznosti 2, na razmaku $s_w = 10 \text{ cm}$:

$$A_{sv} = 2 \cdot A(\Phi 12) = 226,0 \text{ mm}^2$$

Osnovna računska čvrstoća za djelovanje glavnih kosih napona za MB 40:

$$\tau_{ed} = 0,34 \text{ (N/mm}^2\text{)};$$

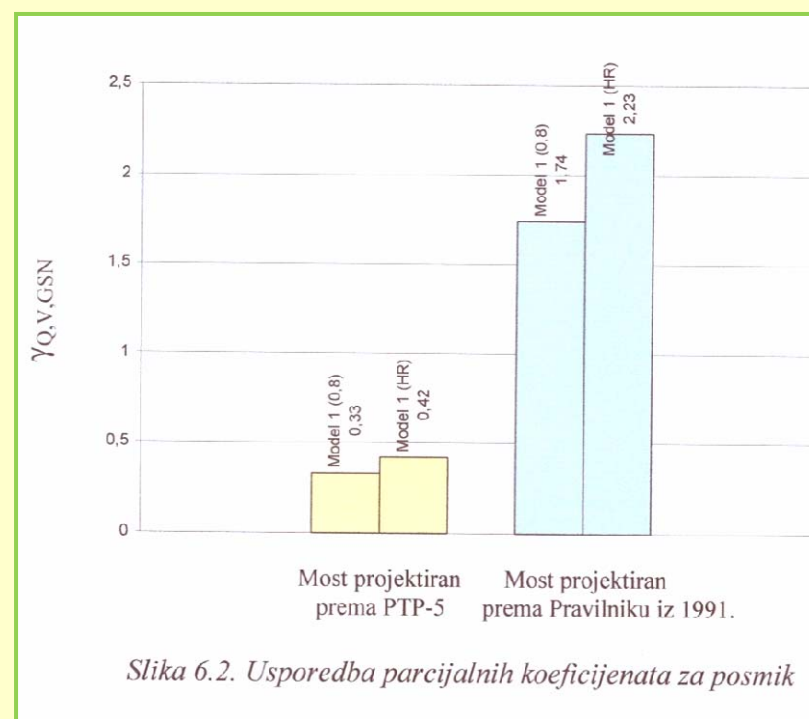
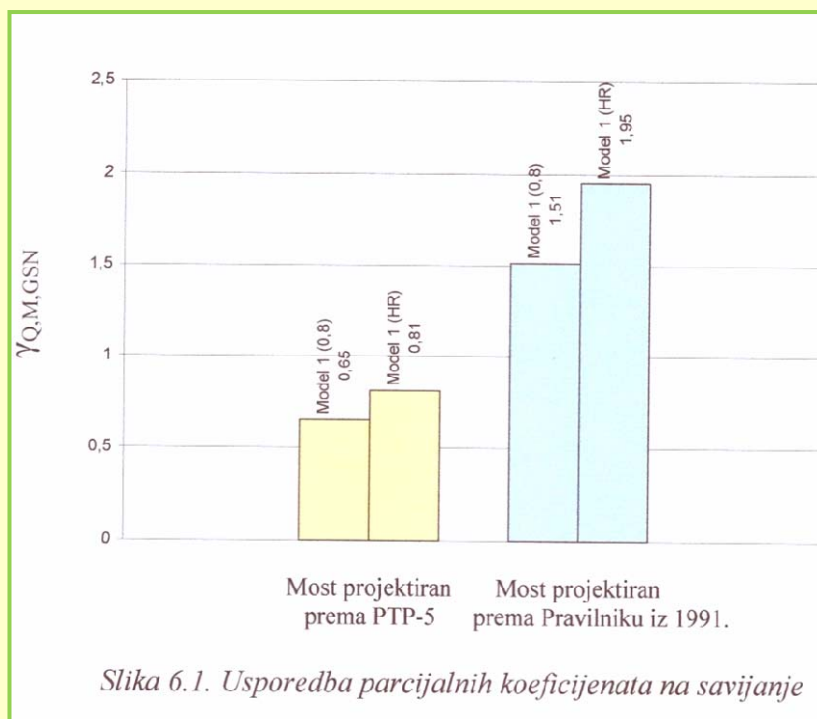
Statička visina presjeka $d_p = 1631 \text{ mm}$

$$k = 1,60 - d = 1,60 - 1,63 = -0,03 \text{ m} \geq 1,0 \text{ m}; k = 1,0;$$

$$V_{ed} = 226,0 \cdot \frac{500}{1,15} \cdot \frac{0,9 \cdot 1631}{100} + 0,34 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 250 \cdot 1631 + 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1570 \cdot 4500 \cdot \sin 5,6 = 1966,3 \text{ kN}$$

OCJENJA NOSIVOSTI ROŠTILJA NA PROMETNO OPTEREĆENJE

5. Zaključak

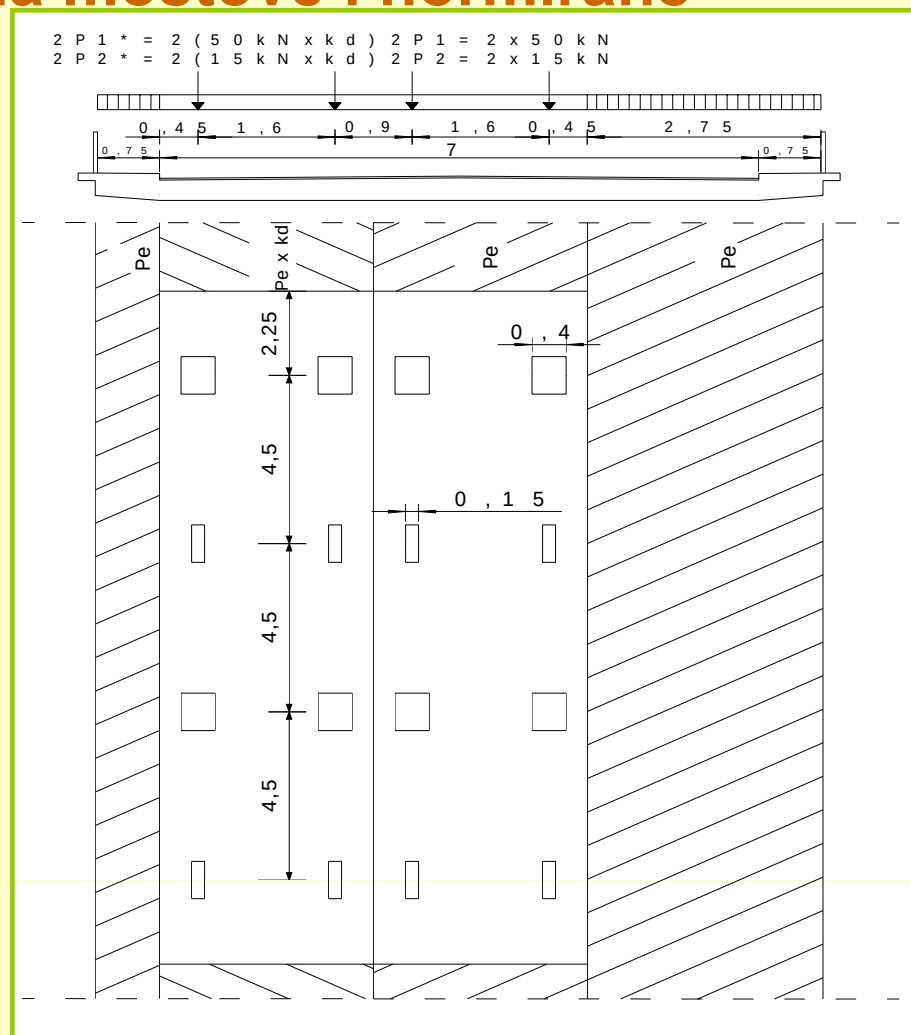
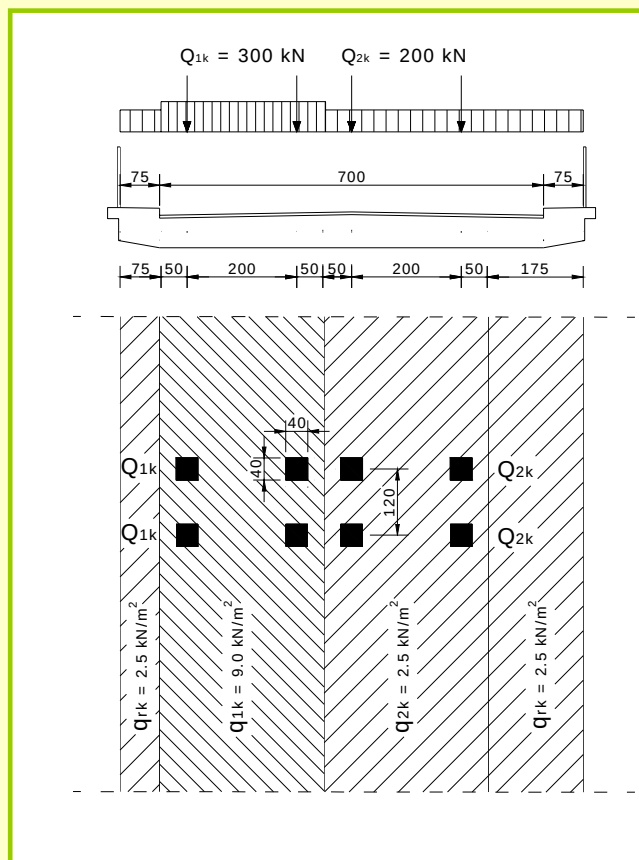


OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

1. Prometno djelovanje na mostove i normirane sheme
2. Usporedba učinaka normiranih shema opterećenja
3. Primjer pločastog mosta
4. Ocjena nosivosti pločastog mosta
5. Zaključak

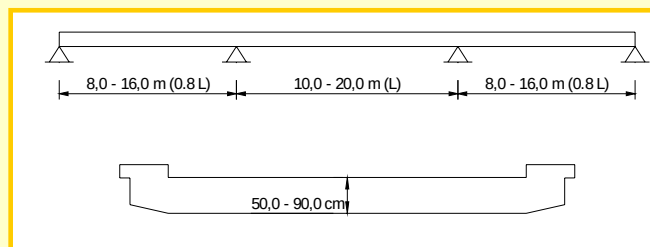
OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

1. Prometno djelovanje na mostove i normirane sheme



OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

2. Usporedba učinaka normiranih shema opterećenja



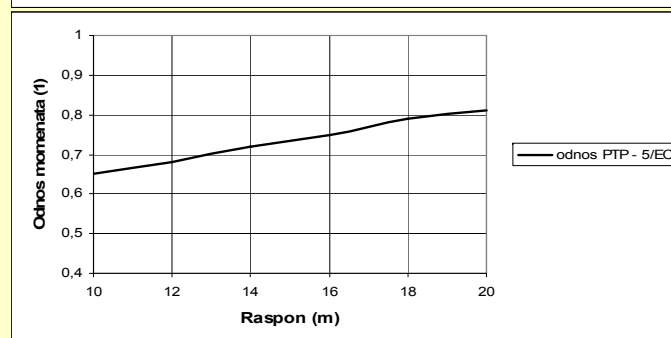
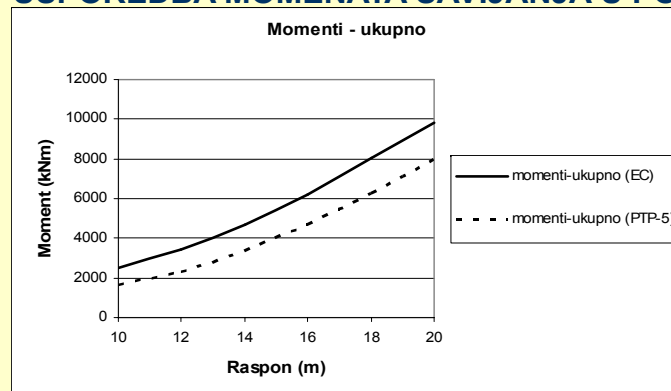
$$M_{sd} = 1,35 \cdot (M_g + M_{\Delta g}) + 1,5 \cdot (M_{promet-kont.} + M_{promet-konc.}) \Rightarrow \text{EUROCODE}$$

$$M_{uk} = \frac{1,6 \cdot (M_g + M_{\Delta g})}{1,15} + \frac{1,8 \cdot (M_{promet-kont.} + M_{promet-konc.})}{1,15} \Rightarrow \text{PTP-5}$$

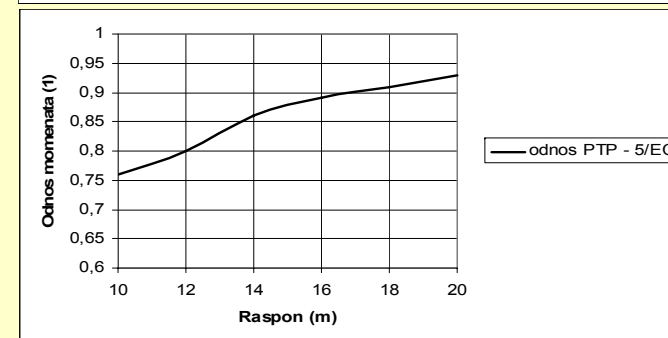
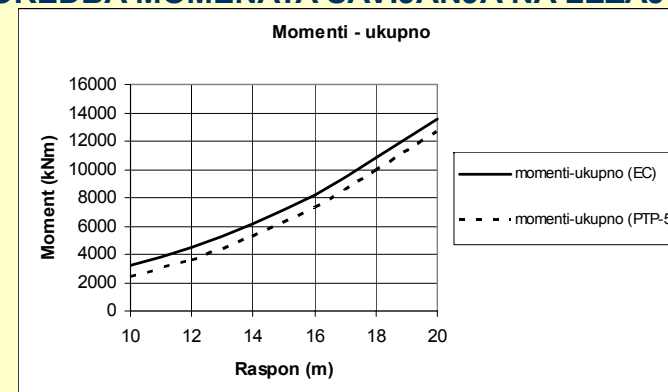
$$V_{sd} = 1,35 \cdot (V_g + V_{\Delta g}) + 1,5 \cdot (V_{promet-kont.} + V_{promet-konc.}) \Rightarrow \text{EUROCODE}$$

$$V_{uk} = \frac{1,6 \cdot (V_g + V_{\Delta g})}{1,15} + \frac{1,8 \cdot (V_{promet-kont.} + V_{promet-konc.})}{1,15} \Rightarrow \text{PTP-5}$$

USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA U POLJU



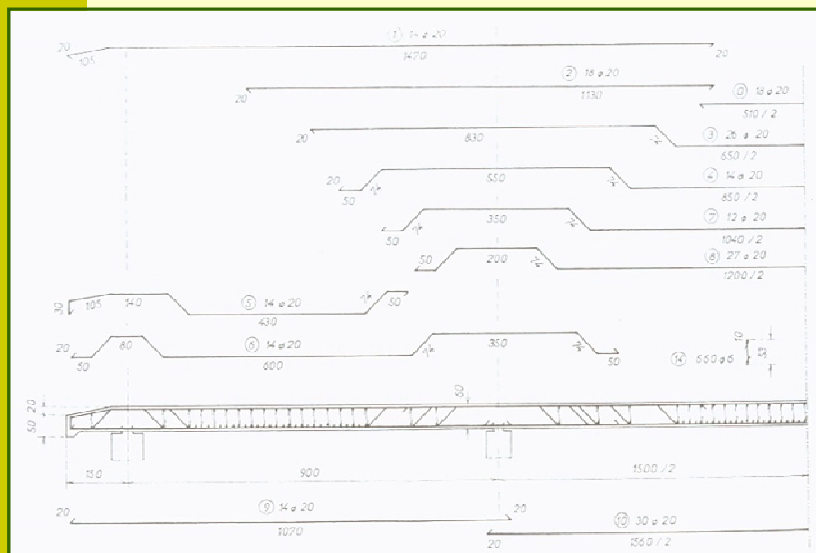
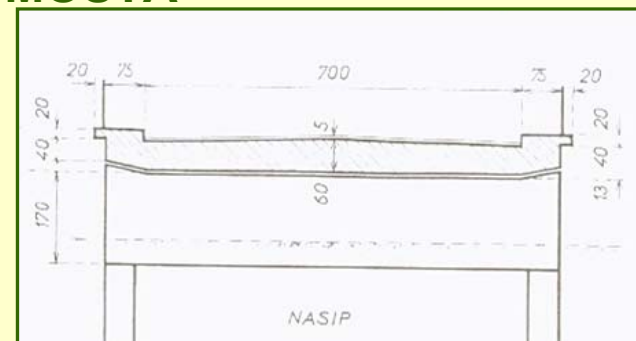
USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA NA LEŽAJU



OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

3. Primjer pločastog mosta

PRORAČUN I USPOREDBA UČINAKA DJELOVANJA NA ŠTAPNOM MODELU MOSTA



	Rubno polje 1	Srednje polje	Rubno polje 2	Upornjak 1	Ležaj 1	Ležaj 2	Upornjak 2
Moment (%)	-38%	-26%	-37%	-42%	-16%	-15%	-42%
Moment prosječno (%)	-30,86%						

Tablica 10 Odnos momenata savijanja po PTP – 5 prema momentima po EC

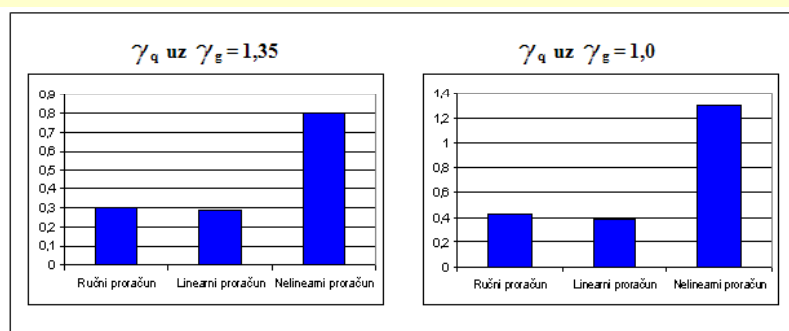
	Upornjak 1		Ležaj 1		Ležaj 2		Upornjak 2	
	lijevo	desno	lijevo	desno	lijevo	desno	lijevo	desno
Poprečna sila (%)	-54%	-35%	-26%	-18%	-19%	-26%	-36%	-54%
Poprečna sila prosječno (%)	-33,50%							

Tablica 11 Odnos poprečnih sila po PTP – 5 prema silama po EC

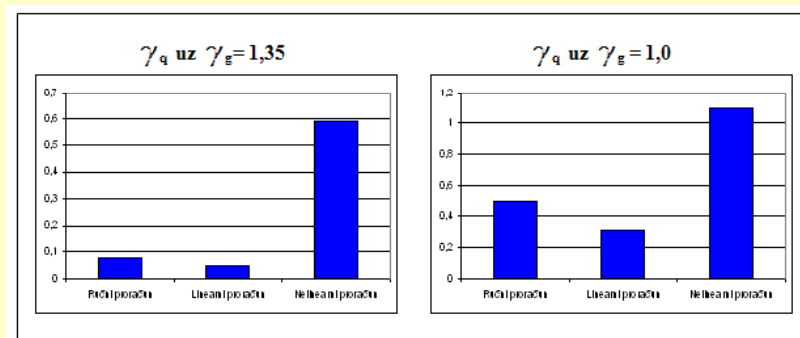
OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

4. Ocjena nosivosti pločastog mosta

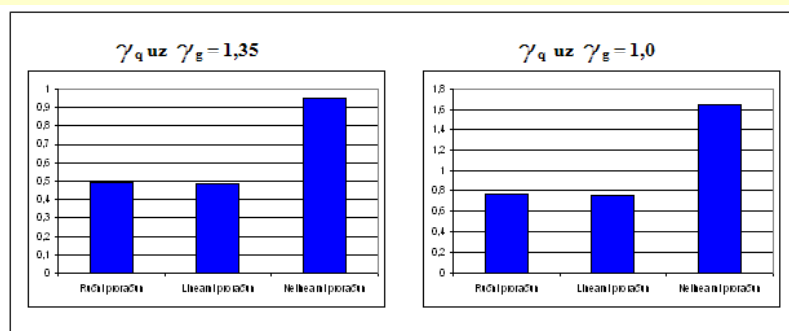
- ❑ PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA
- ❑ LINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU
- ❑ NELINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU



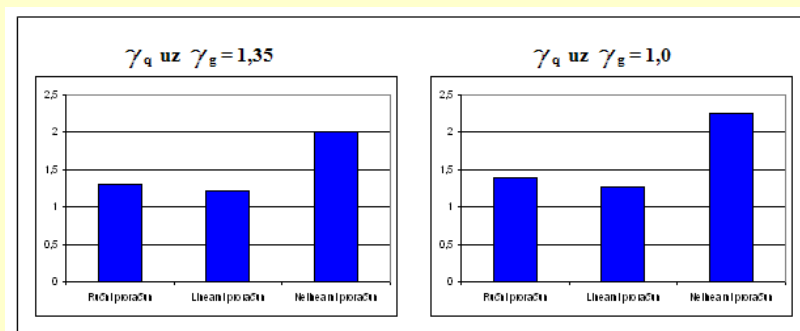
Slika 42 Rezultati različitih proračuna za rubno polje



Slika 44 Rezultati različitih proračuna za srednji ležaj



Slika 43 Rezultati različitih proračuna za srednje polje



Slika 45 Rezultati različitih proračuna za upornjak

OCJENA NOSIVOSTI PLOČASTOG MOSTA U STALNOJ PRORAČUNSKOJ SITUACIJI

5. Zaključak

Nakon svih proračuna i usporedbi, razmatrani su kapaciteti nosivosti postojećeg mosta u opterećenog u skladu s važećim propisima.

Uz ručni proračun nosivosti po presjecima i linearni proračun na računalu koji su dali nepovoljne rezultate, odnosno kapacitet nosivosti mosta pokazao se kao nedovoljan, proveden je i nelinearni proračun na računalu s mogućnošću preraspodjele naprezanja s obzirom da je most statički neodređen sustav. Ovaj je proračun rezultirao izrazito povoljnijim vrijednostima.

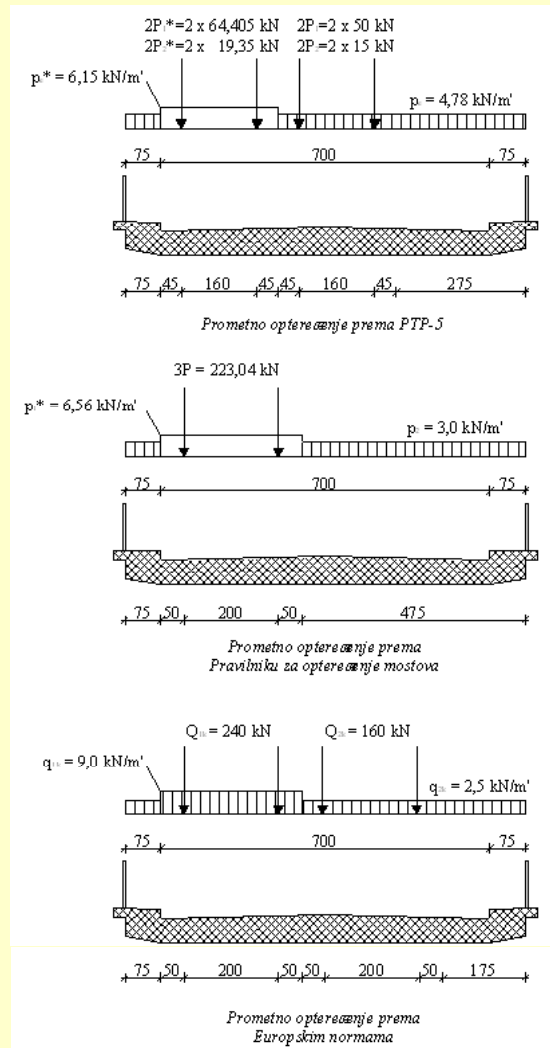
Prema ručnom i linearnom proračunu presjek iznad srednjeg ležaja ne može izdržati niti 10 % predviđenog prometnog opterećenja no uzimanjem u obzir nelinearnosti most bi mogao izdržati skoro 60 % prometnog opterećenja. Ovo vrijedi uz parcijalni koeficijent 1,35 na stalno djelovanje.

Ako smo na temelju ispitivanja na terenu i u laboratoriju (dimenzije, kvaliteta gradiva) u mogućnosti to više se približiti stvarnim vrijednostima stalnog djelovanja (smanjivati parcijalni koeficijent na stalno djelovanje) onda će most biti u stanju izdržati i veći postotak prometnog opterećenja (parcijalni koeficijent na promet sa 0,45 poraste na 1,05 uz parcijalni koeficijent 1,0 na stalno djelovanje).

Ostaje ipak otvoreno pitanje nosivosti na posmik koje nelinearnim proračunom nismo provjeravali. Valja naglasiti da je još povoljnije rezultate moguće dobiti modeliranjem pločastih mostova pločastim elementima što, u dogovoru s mentorom ostavljamo za temu nekog sljedećeg diplomskog rada.

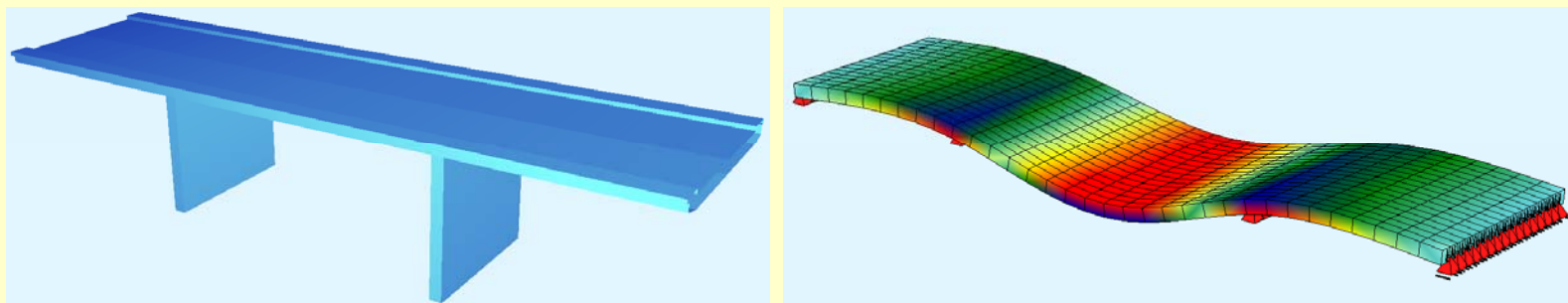
NOSIVOST PLOČASTOG MOSTA NA SAVIJANJE I POSMIK

1. Prometno djelovanje na mostove i normirane sheme
2. Dimenzioniranje na savijanje i posmik – PBAB i EC2
3. Primjer pločastog mosta
4. Usporedba učinaka normiranih shema opterećenja
5. Usporedba postupaka dimenzioniranja
6. Ocjena nosivosti pločastog mosta
7. Zaključak



NOSIVOST PLOČASTOG MOSTA NA SAVIJANJE I POSMIK

Usporedba momenata savijanja na štapnom i pločastom modelu



MOMENTI SAVIJANJA U POLJU	Štapni model	Pločasti model
moment savijanja od stalnog opterećenja (kNm/m)	220,7	200,5
moment savijanja od prometa (kNm/m)	290,2	274,8
proračunski moment savijanja (kNm/m)	733,2	682,9
MOMENTI SAVIJANJA NA LEŽAJU		
moment savijanja od stalnog opterećenja (kNm/m)	350,4	277,8
moment savijanja od prometa (kNm/m)	306,7	223,0
proračunski moment savijanja (kNm/m)	933,1	709,5

U tablici su usporedno prikazane karakteristične vrijednosti momenta savijanja (kNm/m) dobivenih na štapnom modelu (svedeno na metar proračunske širine ploče) i onih dobivenih na pločastom modelu. Manji momenti na pločastom modelu ukazuju da će provjere na temelju njih rezultirati povoljnijim ocjenama nosivosti.

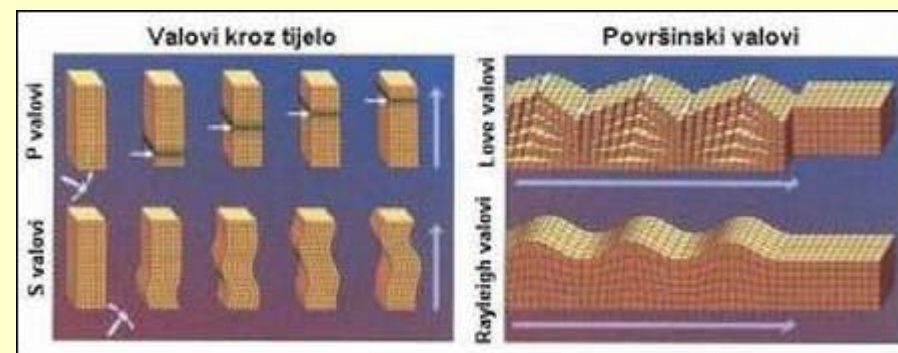
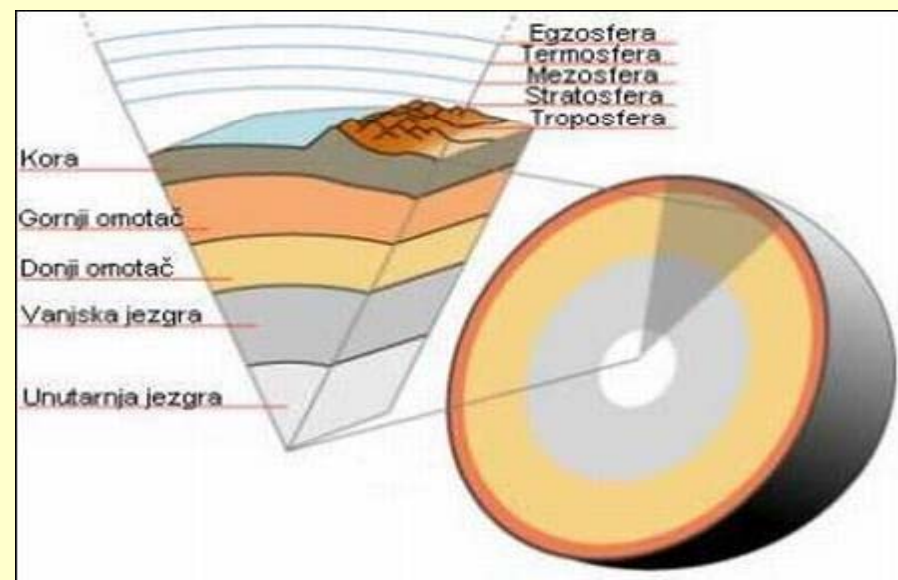
USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

1. Uvodno o potresu
2. Potresno djelovanje i seizmički proračun mostova prema starim propisima
3. prema hrvatskim normama
4. prema europskim normama
5. Opis vijadukta i način modeliranja
6. Rezultati primjene različitih postupaka seizmičkog proračuna
7. Zaključak

USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

1. Uvodno o potresu

Obilježja potresa
Seizmologija
Pojam potresa i njegovo nastajanje
Karakteristike potresa
Seizmički valovi
Rasjedi
Hipocentar i epicentar
Detektiranje potresa
Seizmičko kartiranje terena
Karakteristični katastrofalni primjeri



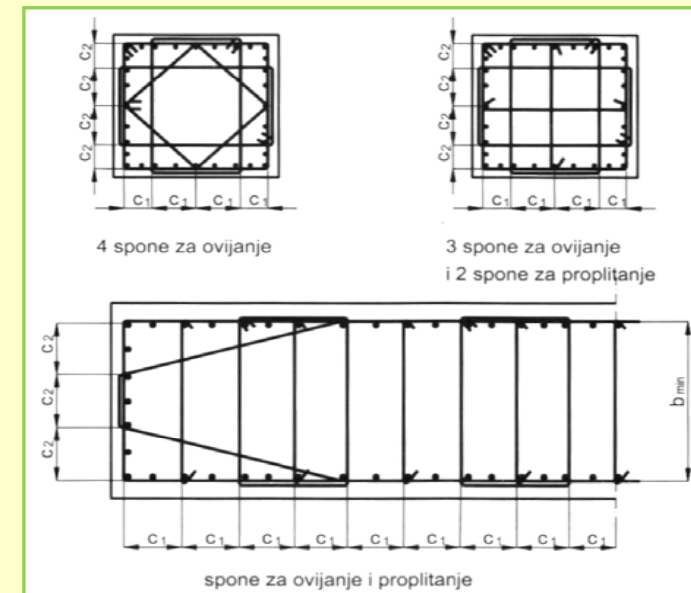
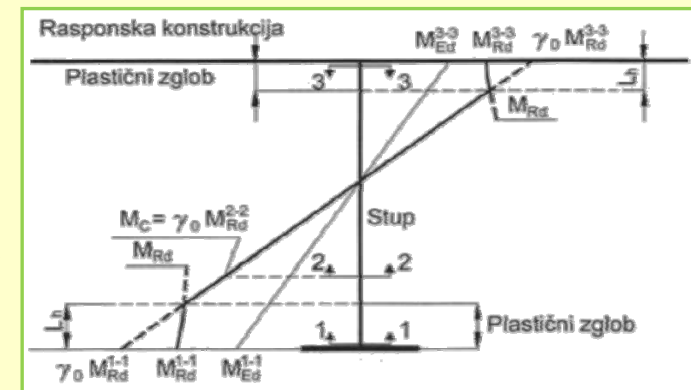
USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

2. Potresno djelovanje i seizmički proračun mostova prema starim propisima

3. prema hrvatskim normama

4. prema europskim normama

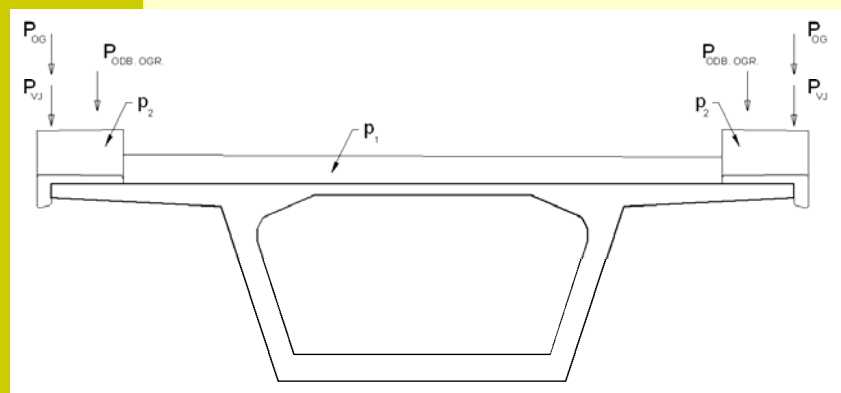
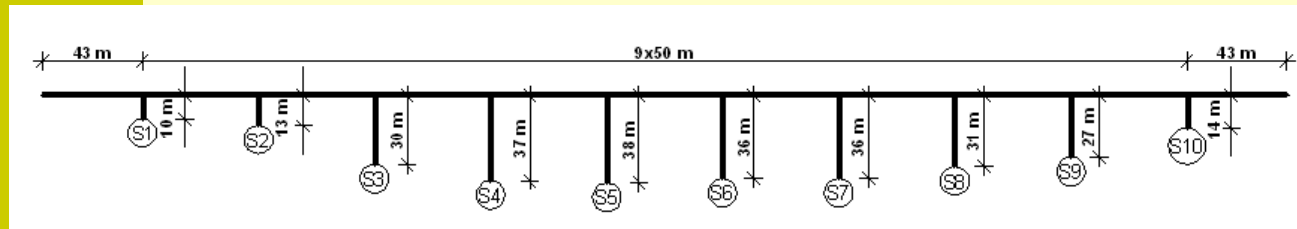
- ❑ Opće odredbe
- ❑ Kategorizacija
- ❑ Lokalni uvjeti tla
- ❑ Metode proračuna
- ❑ Provjera nosivosti – dimenzioniranje
- ❑ Posebna pravila oblikovanja
- ❑ Protupotresna izolacija



1. AUDITORNE VJEŽBE

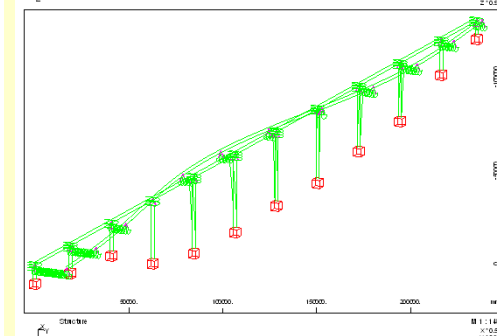
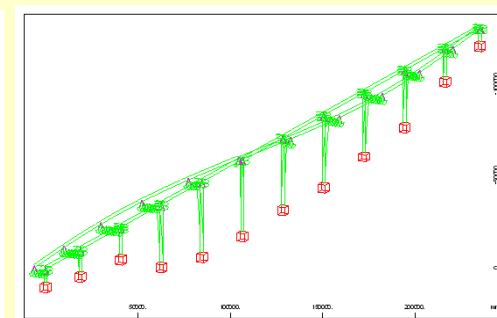
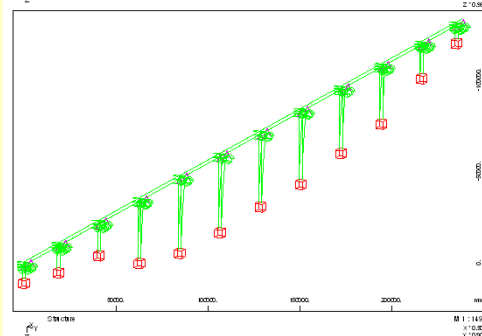
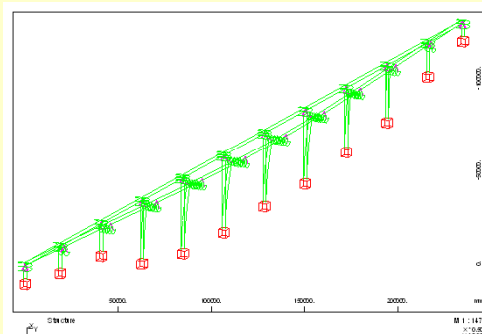
USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

5. Opis vijadukta i način modeliranja



6.1 Vlastite frekvencije za prvih 10 modova:

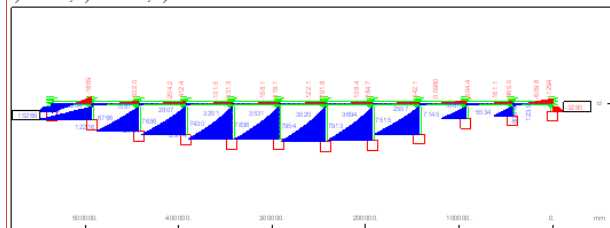
No.	LC Eigenvalue	relative	omega	frequency	period	Damping
	[1/sec ²]	Error	[1/sec]	[Hertz]	[sec]	
1	551 5.8870E+00	1.66E-15	2.426	0.386	2.590	0.00000
2	552 8.3965E+00	2.12E-16	2.898	0.461	2.168	0.00000
3	553 8.5613E+00	2.28E-15	2.926	0.466	2.147	0.00000
4	554 1.3213E+01	2.42E-15	3.635	0.579	1.729	0.00000
5	555 2.2359E+01	6.30E-10	4.729	0.753	1.329	0.00000
6	556 3.8426E+01	3.70E-16	6.199	0.987	1.014	0.00000
7	557 7.0711E+01	1.81E-15	8.409	1.338	0.747	0.00000
8	558 1.3546E+02	2.52E-15	11.639	1.852	0.540	0.00000
9	559 1.9131E+02	3.71E-07	13.832	2.201	0.454	0.00000
10	560 2.0522E+02	7.42E-07	14.325	2.280	0.439	0.00000
11	2.2119E+02	8.66E-05	14.872	2.367	0.422	
12	2.2164E+02	7.50E-04	14.887	2.369	0.422	



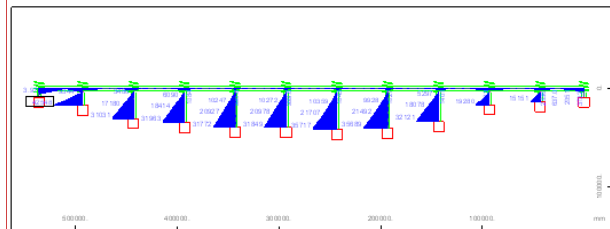
USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

6. Rezultati primjene različitih postupaka seizmičkog proračuna

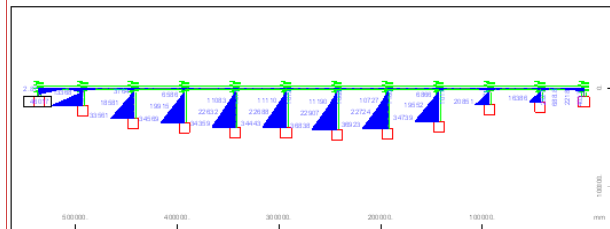
1) PTP-12; 2) EN 1998; 3) HRN ENV 1998



Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 15 VIII, 1 cm = 10000.0 kNm
(d1w=3280) (d1a=15266)
M 1 : 3708

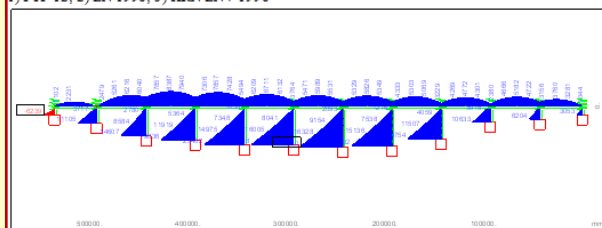


Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 527 II A x B1 (COC), 1 cm = 50000.0 kNm
(d1w=32548)
M 1 : 3409

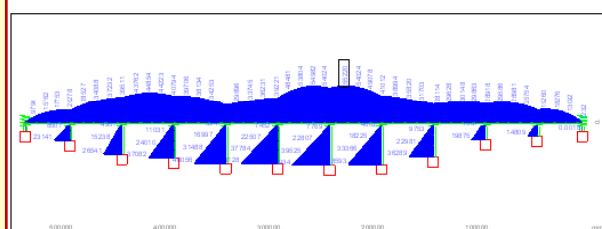


Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 727 II A x B1 (COC), 1 cm = 50000.0 kNm
(d1w=46017)
M 1 : 3409

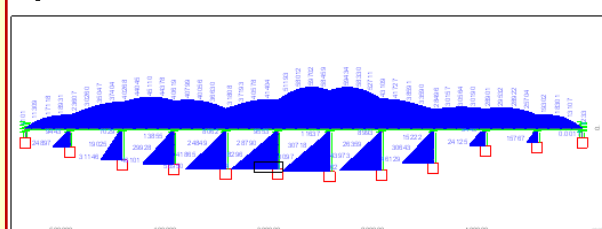
1) PTP-12; 2) EN 1998; 3) HRN ENV 1998



Beam Elements, Bending moment Mz, Loadcase 15 VIII, 1 cm = 20000.0 kNm
(d1w=6236) (d1a=24520)
M 1 : 3609

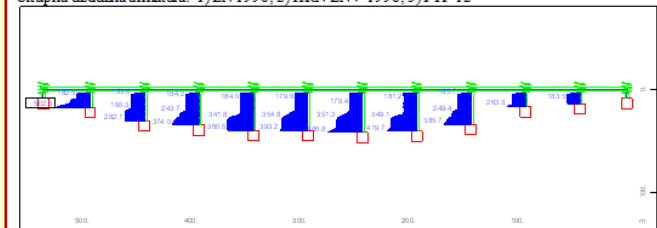


Beam Elements, Bending moment Mz, Loadcase 519 II A x B1 (COC), 1 cm = 50000.0 kNm
(d1w=85220)
M 1 : 3326

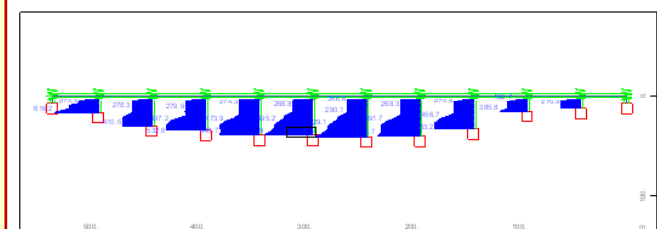


Beam Elements, Bending moment Mz, Loadcase 719 II A x B1 (COC), 1 cm = 50000.0 kNm
(d1w=89996)
M 1 : 3326

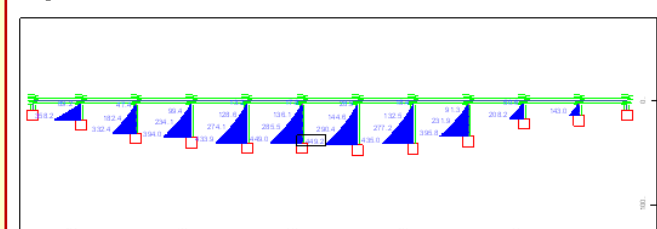
Ukupna uzdužna armatura: 1) EN 1998; 2) HRN ENV 1998; 3) PTP-12



Beam Elements, Longitudinal reinforcement (total), Design Case 1, 1 cm = 500.0 cm²
(d1a=902.9)
M 1 : 3327



Beam Elements, Longitudinal reinforcement (total), Design Case 2, 1 cm = 500.0 cm²
(d1a=706.2)
M 1 : 3379

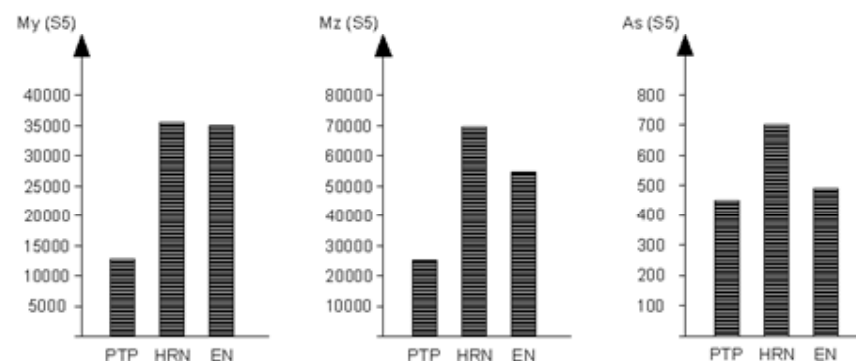


Beam Elements, Longitudinal reinforcement (total), Design Case 3, 1 cm = 500.0 cm²
(d1a=445.2)
M 1 : 3269

USPOREDBA UČINAKA NORMIRANIH POTRESNIH DJELOVANJA NA PRIMJERU VIJADUKTA

7. Zaključak

Usporedba dobivenih rezultata (M_y , M_z i A_s) na stupu S5:



Proračun prema Eurokodu 8 ima za posljedicu daleko veću seizmičku sigurnost građevine.

Kod duktilnih konstrukcija, odnosno kada se dopušta veća redukcija sila potresa, bit će potrebno manje glavne uzdužne armature, ali više poprečne i konstruktivne za osiguranje kritičnih presjeka od nepoželjnoga krhkog sloma (plastični zglobovi).

Uspoređujući hrvatske i europske norme, vidljive su razlike u elastičnim spektrima odziva koji se modificiraju sukladno kategorijama tla, što može rezultirati bitno većim utroškom gradiva primjenjujući valjane hrvatske norme, nego što će biti potrebno primjenom europskih normi koje će se uskoro usvojiti.

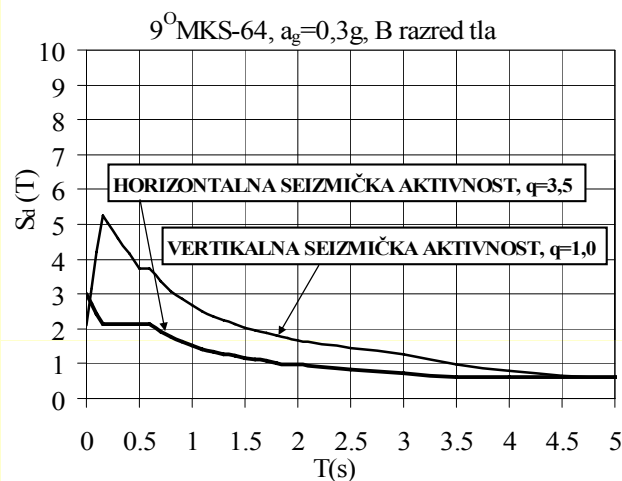
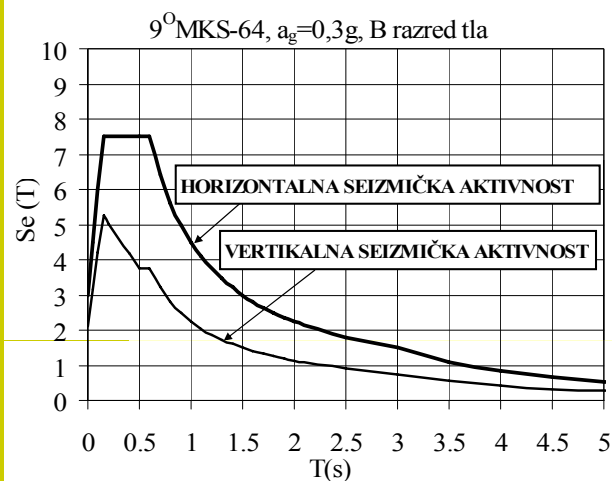
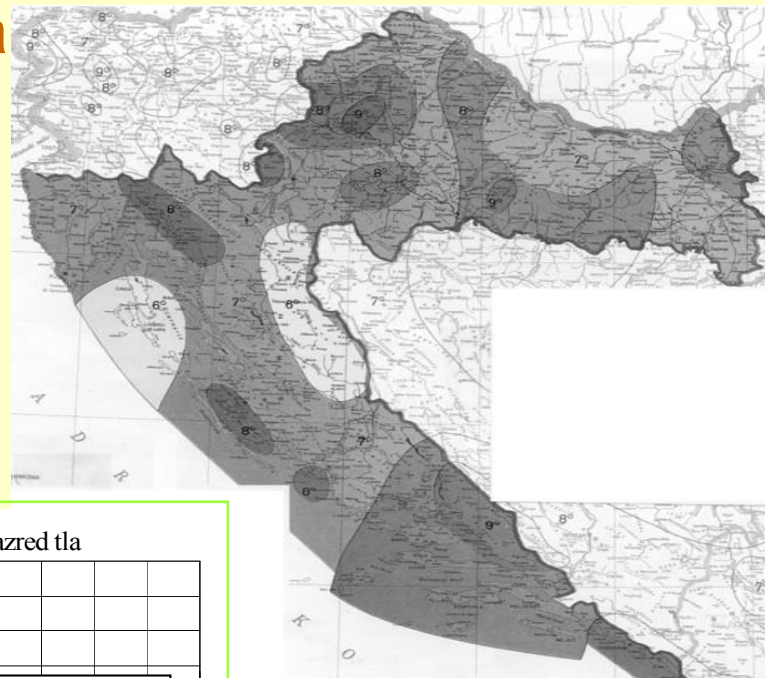
OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

1. Potresno djelovanje i seizmički proračun mostova prema različitim propisima
2. Metode proračuna za ocjenjivanje postojećih mostova
3. Postupak postupnog guranja – pushover metoda
4. Opis tipskog vijadukta dimenzioniranog prema različitim propisima
5. Ocjena tipskog vijadukta dimenzioniranog prema različitim propisima
6. Zaključak

OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

1. Potresno djelovanje i seizmički proračun mostova prema različitim propisima

1. Pravilnik 1964
2. Pravilnik 1987
3. Hrvatske norme
4. Europske norme



OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

2. Metode proračuna za ocjenjivanje postojećih mostova

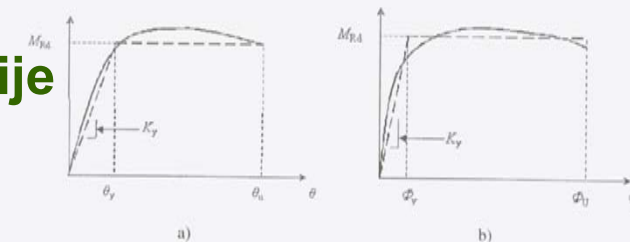
- ☐ Metoda višemodalnog spektra odziva
- ☐ Nelinearni proračun uporabom vremenskog zapisa
- ☐ Nelinearni statički proračun – postupno guranje
- ☐ Pristup s q faktorom

OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

3. Postupak postupnog guranja – pushover metoda

- ❑ Postupak proračuna, referentna točka, ciljani pomak
- ❑ Raspodijela opterećenja
- ❑ Deformacijski zahtjevi
- ❑ Provjera rasponske konstrukcije
- ❑ Krivulja kapaciteta

1) Kada su korištene ekvivalentne metode linearne analize, krutost svakog elementa se odabire tako da odgovara njegovoj sekantnoj krutosti za najveće proračunato naprezanje pod proračunskim potresnim djelovanjem. Za elemente koji sadrže plastične zglobove to odgovara sekantnim krutostima u teoretskoj granici popuštanja.



Slika 9. Dijagrami ovisnosti momenta savijanja i deformacija kod plastičnih zglobova
a) Ovisnost momenta savijanja i rotacije plastičnog zgloba za konstrukcijski čelik
b) Ovisnost momenta savijanja i zakrivljenosti armiranobetonskog poprečnog presjeka

2) Za armiranobetonske elemente mostova projektiranih na duktilno ponašanje, efektivna krutost na savijanje koja će se koristiti u linearnoj analizi (statičkoj ili dinamičkoj) za proračunsko potresno djelovanje, može se približno uzeti kao:

- za armiranobetonske stupove, vrijednost izračunata na temelju sekantne krutosti u teorijskoj granici popuštanja
- za prednapeti ili armiranobetonski rasponski sklop, krutost neraspucalog bruto betonskog presjeka

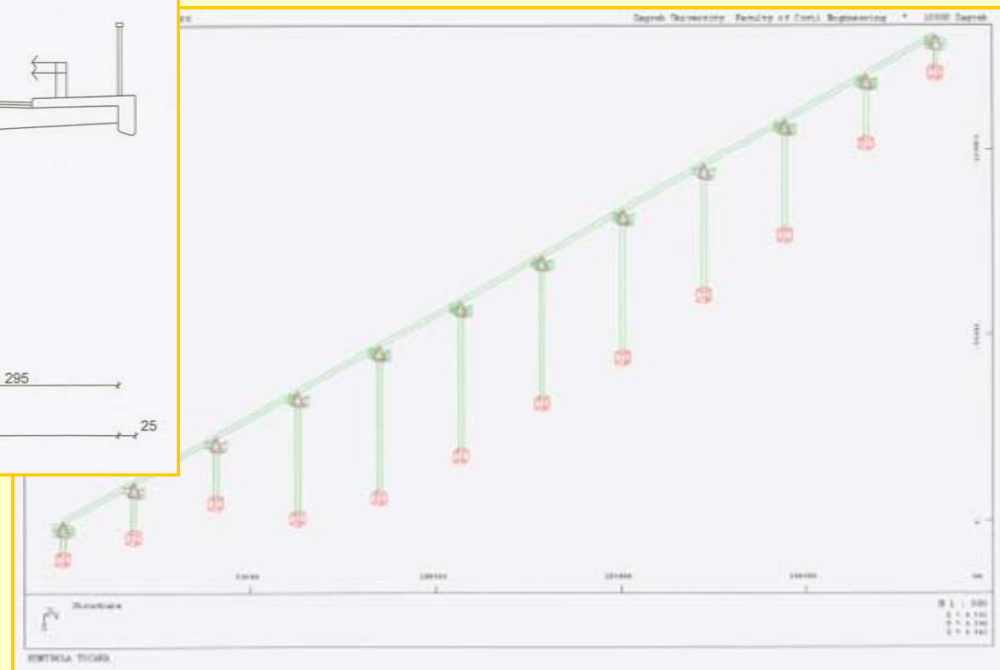
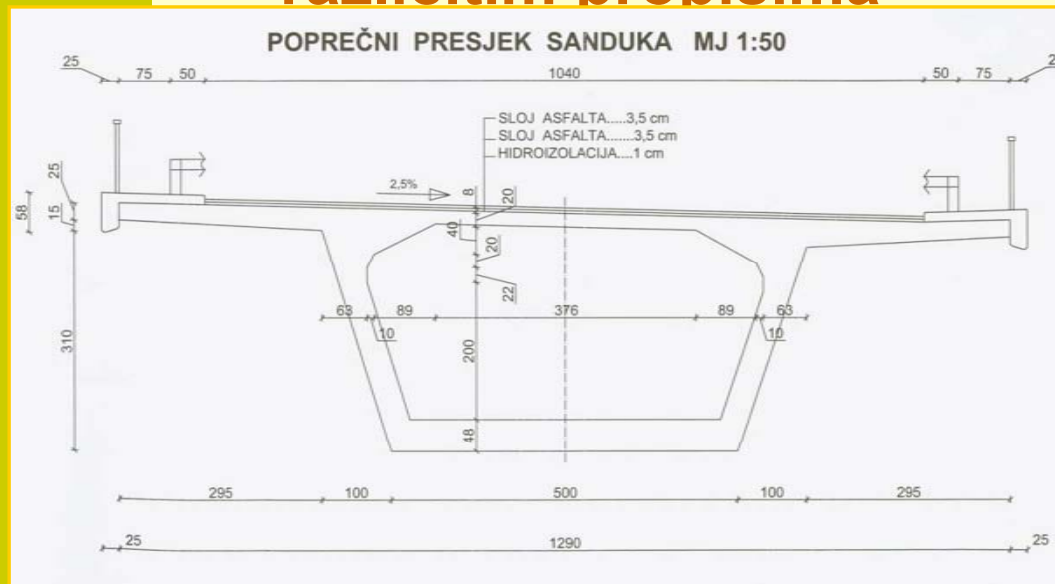
3) Kod mostova proračunatih za ograničeno duktilno ponašanje oba pravila pod 2) mogu biti primijenjena ili se za cijelu konstrukciju može koristiti krutost na savijanje neraspucalog bruto betonskog presjeka.

4) Za mostove duktilnog i ograničeno duktilnog ponašanja mora se uzeti u obzir značajno smanjenje torzijske krutosti rasponskog sklopa u odnosu na torzijsku krutost neraspucalog rasponskog sklopa. Osim ako se ne koristi točniji proračun, mogu se koristiti slijedeće vrijednosti torzijske krutosti neraspucalog bruto presjeka:

- za otvorene presjeke ili ploče torzijska krutost se može zanemariti
- za prednapeti sandučasti presjek, 50% krutosti neraspucalog bruto presjeka
- za armiranobetonske sandučaste presjeke 30% krutosti neraspucalog bruto presjeka

OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

4. Opis tipskog vijadukta dimenzioniranog prema različitim propisima



→ Tablice armature u svim stupovima po visinskim područjima prema PTP-12, HRN ENV i EN 1998

OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

5. Ocjena tipskog vijadukta dimenzioniranog prema različitim propisima

Modeliranje djelovanja

Potresno djelovanje je predstavljeno zamjenskim horizontalnim opterećenjem koje se dobiva umnoškom ordinate proračunskog spektra odziva $S_d(T)$ i mase konstrukcije (masa uslijed vlastite težine i dodatnog stalnog opterećenja).

$$F = M \cdot S_d(T)$$

U prvom obliku titranja konstrukcije aktivno je 61,5% ukupne mase konstrukcije. Pomoću perioda titranja koji odgovara ovom obliku titranja dobivamo ordinatu proračunskog spektra odziva $S_d(T_1)$ potrebnu za izračun zamjenskog potresnog opterećenja u poprečnom, y-smjeru. U drugom obliku titranja konstrukcije aktivno je 82,9% ukupne mase konstrukcije. Pomoću perioda titranja koji odgovara ovom obliku titranja dobivamo ordinatu proračunskog spektra odziva $S_d(T_2)$ potrebnu za izračun zamjenskog potresnog opterećenja u uzdužnom, x-smjeru.

Slika 14. Postoci ukupne mase konstrukcije aktivni u prvom odnosno drugom obliku titranja konstrukcije

Modal load contributions per function							
funct.	mode	R ² V-factor	[o/o]	V ² R ² V-factor	mode	R ² V-factor	[o/o]
591	1	-1.013E+02	61.5	-1.000E+00	6	-2.123E+01	2.7
	2	-2.769E-05	0.0	-1.097E-11	7	-5.435E+00	0.2
	3	8.663E+00	0.5	-1.000E+00	8	-3.786E+00	0.1
	4	-4.955E+01	14.7	-1.000E+00	9	-1.591E-03	0.0
	5	-1.578E+01	1.5	-1.000E+00	10	-3.293E-03	0.0
Sq. Sum		1.354E+04	81.2	-7.001E+00			

Modal load contributions per function							
funct.	mode	R ² V-factor	[o/o]	V ² R ² V-factor	mode	R ² V-factor	[o/o]
592	1	6.826E-06	0.0	-1.069E-14	6	-2.085E-06	0.0
	2	-1.176E+02	82.9	-1.000E+00	7	-6.865E-07	0.0
	3	-3.894E-04	0.0	-1.100E-11	8	9.452E-08	0.0
	4	-1.323E-05	0.0	-2.584E-14	9	1.059E+01	0.7
	5	-4.952E-06	0.0	-2.709E-14	10	1.077E+01	0.7
Sq. Sum		1.405E+04	84.2	-3.000E+00			

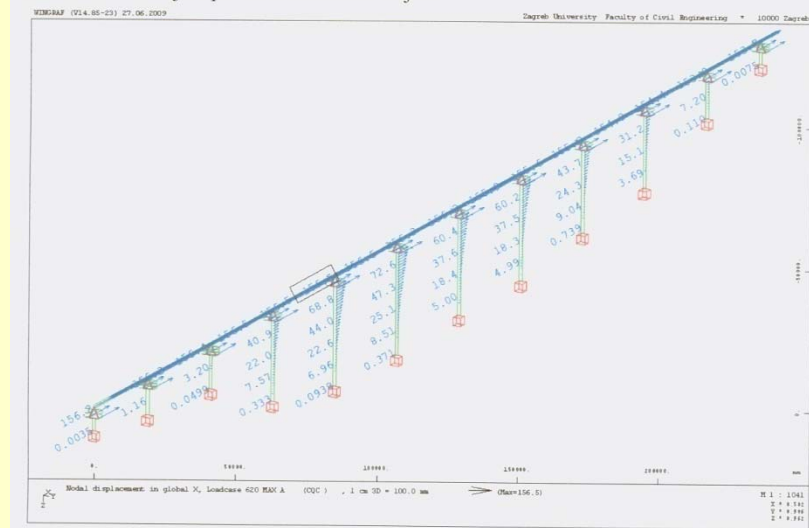
Moguće je razmatranjem postotka mase aktivnog pri svakom pojedinom obliku titranja povećati sigurnost proračuna uzevši u obzir ekvivalentni period titranja proračunat na temelju pojedinih koji odgovaraju svakom pojedinom modu.

$$T_{Eq} = \frac{\sum_{i=1}^{10} M_i \cdot T_i}{\sum M_i} \quad T_{Eq,y} = 2,35 \rightarrow S_d(T_{Eq}) = 1,07$$

Opterećenje se zadaje u koracima, povećavajući se u svakom slijedećem koraku za 20%. Proračun se provodi, odnosno potresno djelovanje povećava sve dok pomak rasponskog sklopa ne dostigne vrijednost ciljanog pomaka, dobivenu na temelju linearnog dinamičkog proračuna zasnovanog na proračunskom spektru odziva uz faktor ponašanja $q=1,0$.

- u smjeru x $d_{T,x} = d_{E,x} = 156,0$ mm
- u smjeru y $d_{T,y} = d_{E,y} = 210,0$ mm

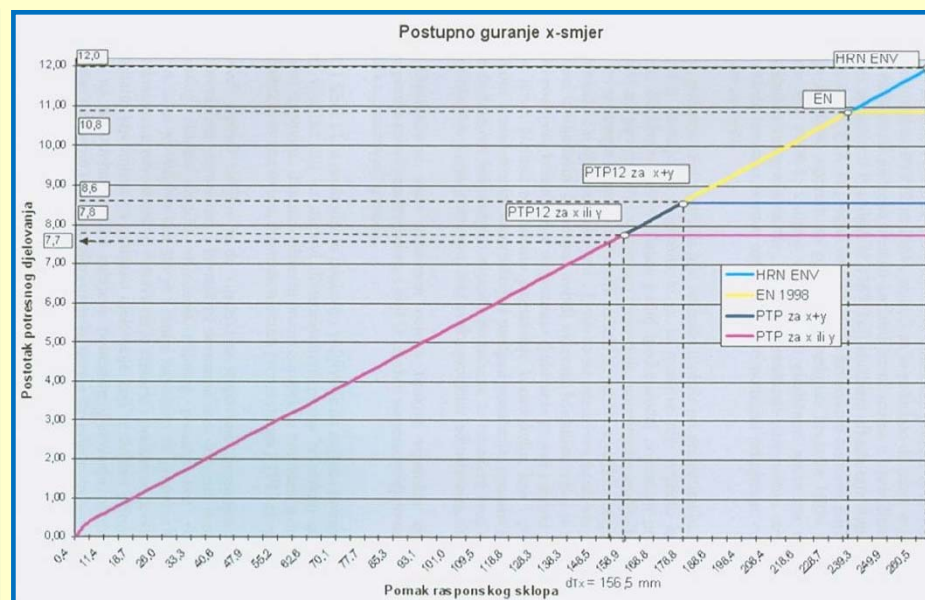
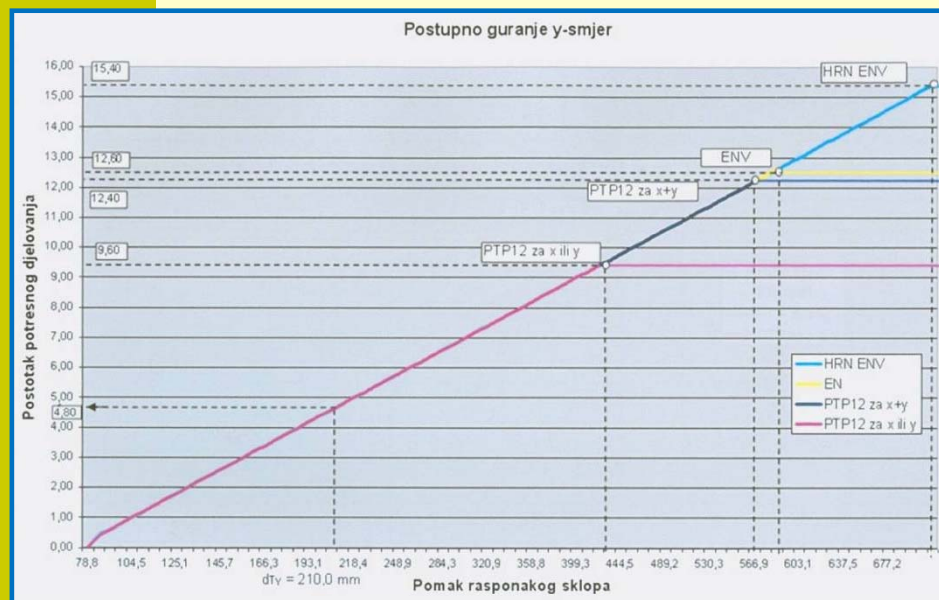
Slika 15. Ciljani pomak u uzdužnom smjeru



OCJENA VIJADUKTA NA POTRESNO DJELOVANJE

6. Zaključak

Uzimanjem u obzir nelinearnih svojstava može se utvrditi daleko veća pouzdanost postojeće konstrukcije u odnosu na onu dobivenu linearnim proračunom.

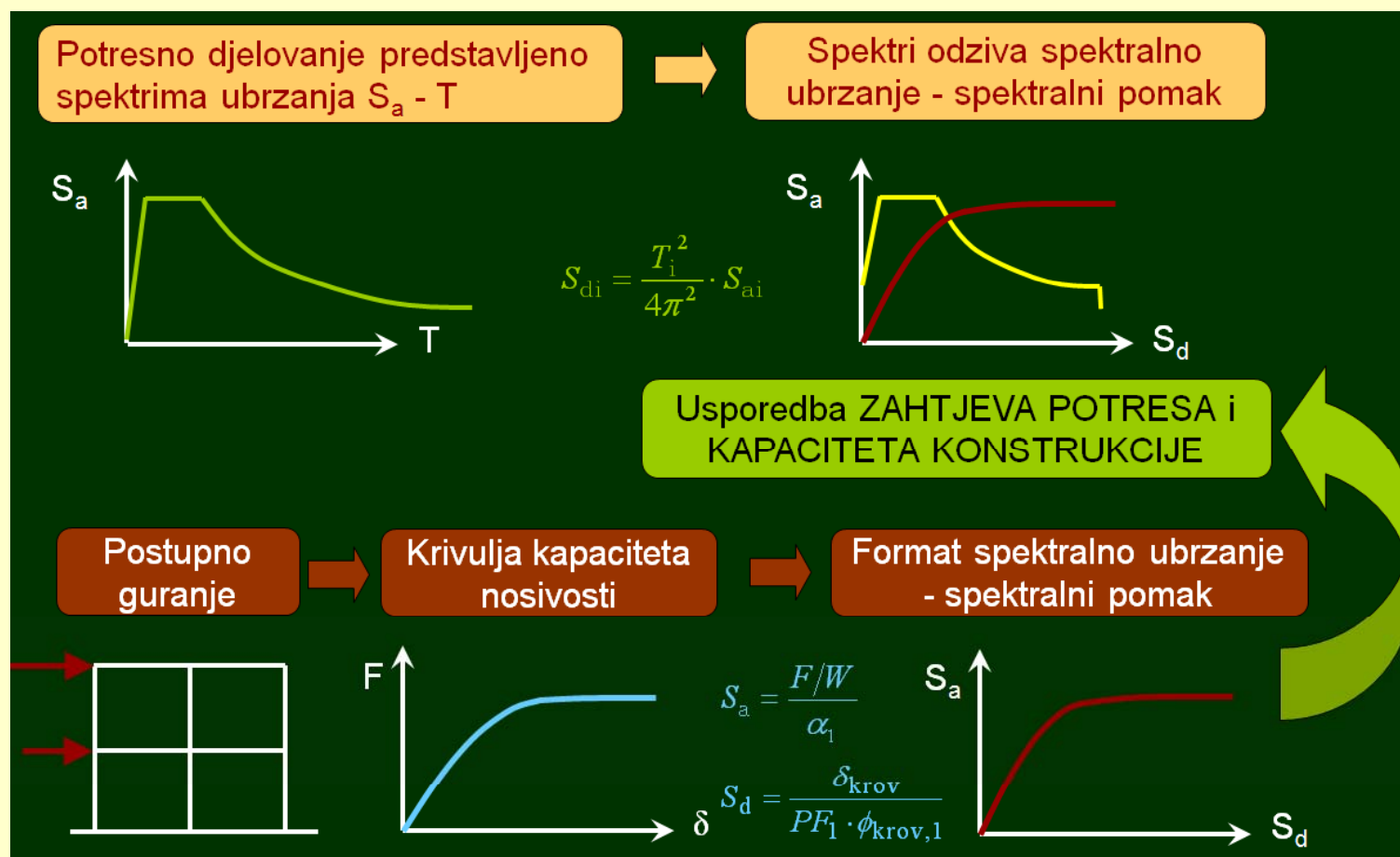


OCJENJIVANJE KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

1. Potresno djelovanje
2. Metode proračuna za ocjenjivanje postojećih konstrukcija
3. Postupak postupnog guranja – pushover metoda
4. Primjer primjene pushover metode na armiranobetonskom okviru zgrade
5. Zaključak

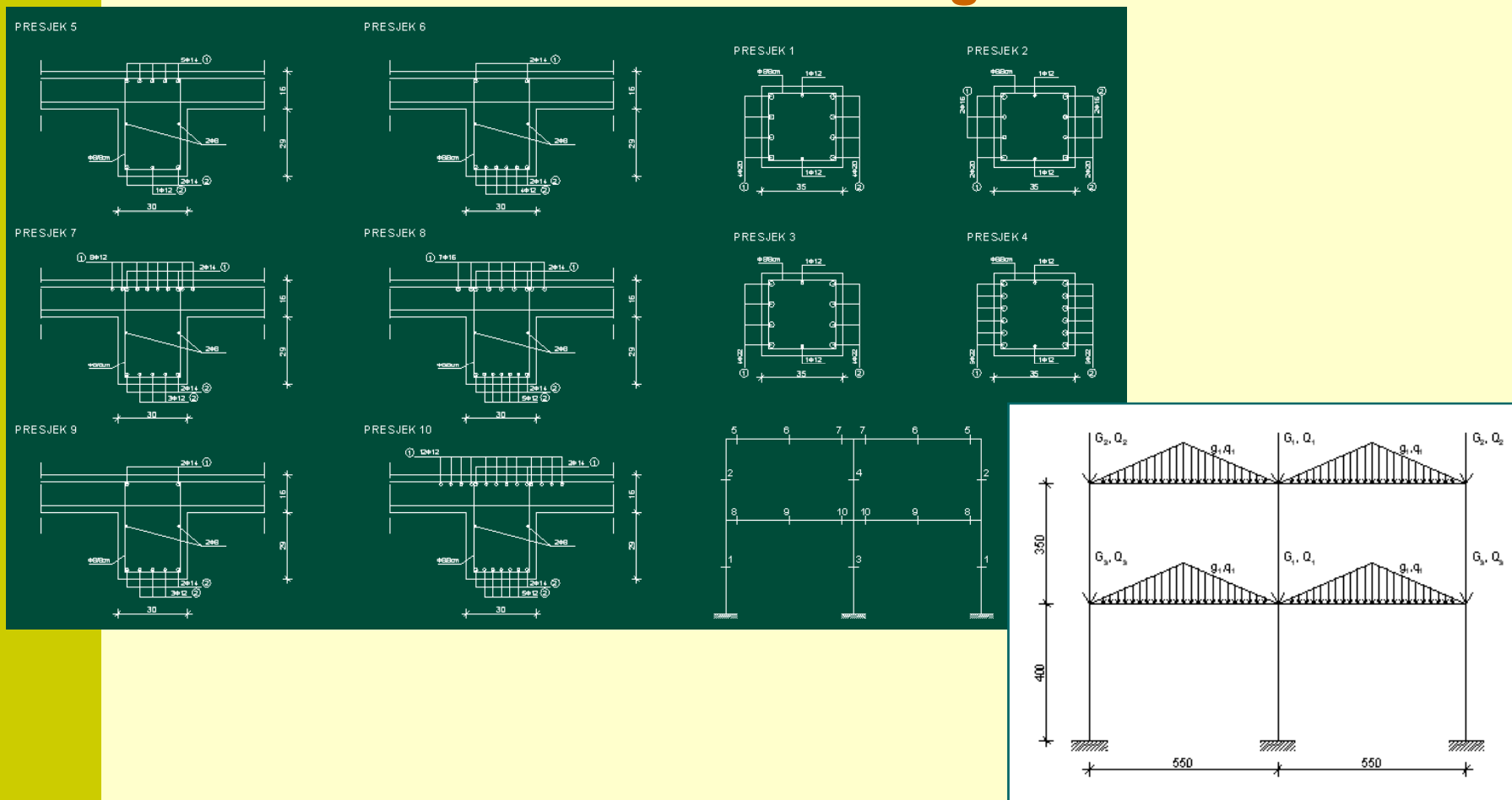
OCJENJIVANJE KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

Primjena pushover metode



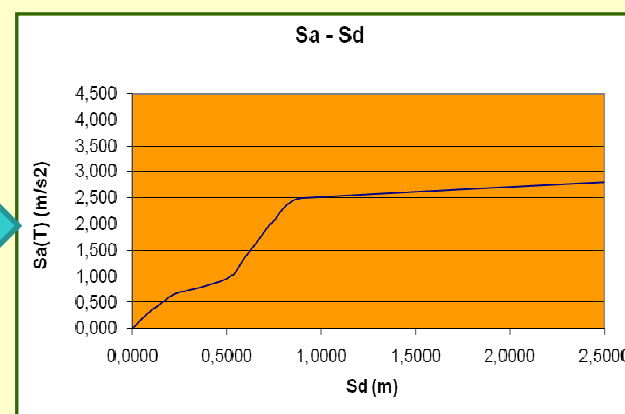
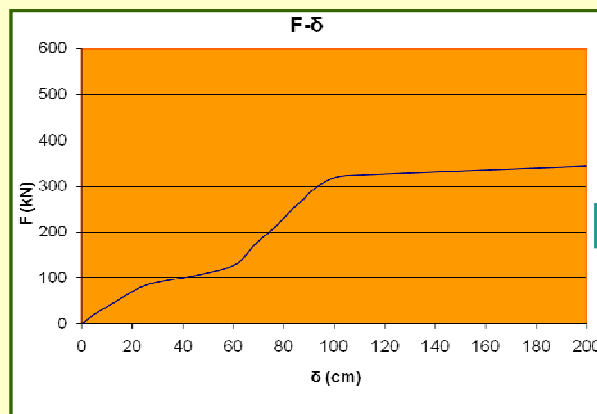
OCJENJIVANJE KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

4. Primjer primjene pushover metode na armiranobetonskom okviru zgrade

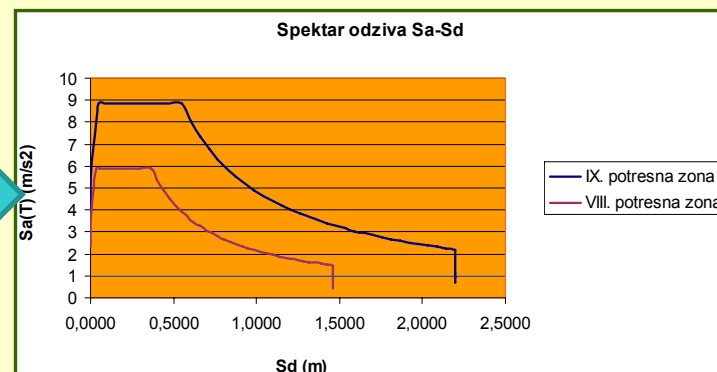
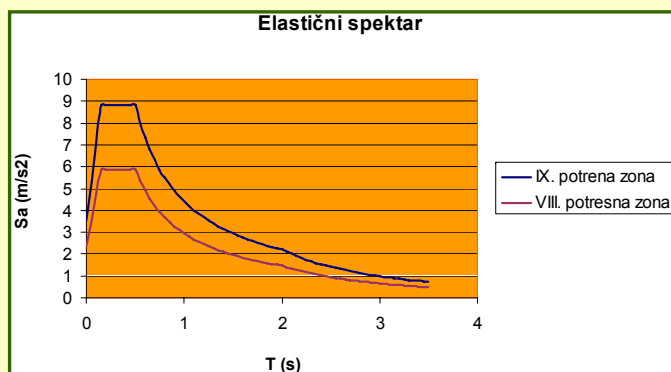


OCJENJIVANJE KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

4. Primjer primjene pushover metode na armiranobetonskom okviru zgrade



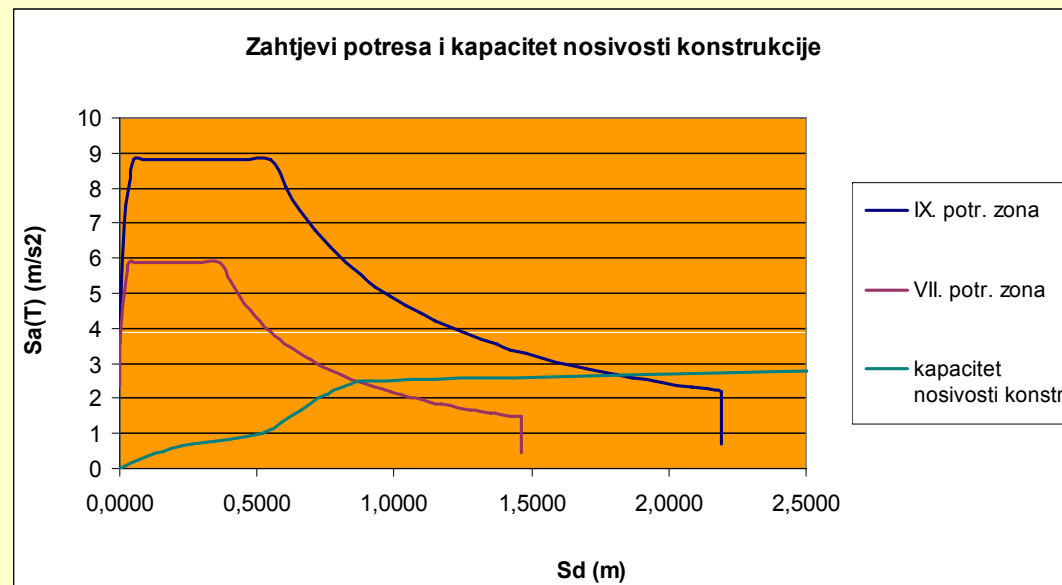
Krivulje kapaciteta nosivosti



Zahtijev potresa (spektri)

OCJENJIVANJE KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

5. Zaključak



Iz priloženog dijagrama vidljivo je da konstrukcija ima dostatnu nosivost za VIII. potresnu zonu, zato što krivulja kapaciteta nosivosti sječe krivulju zahtjeva potresa u linearnom području.

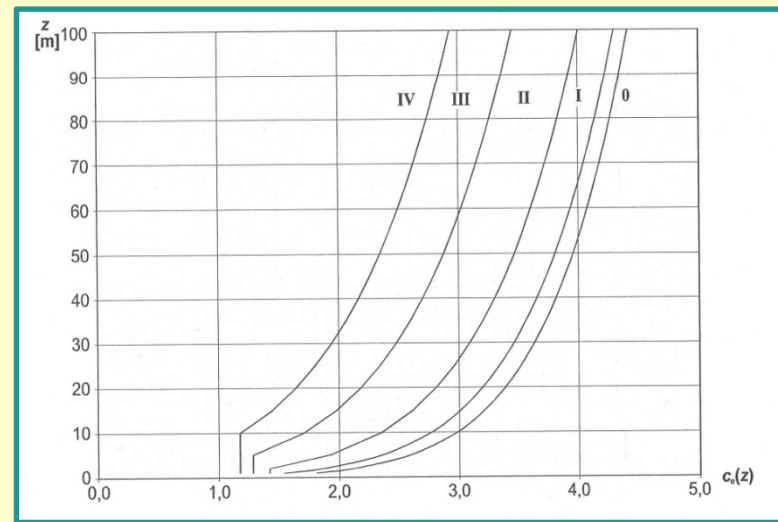
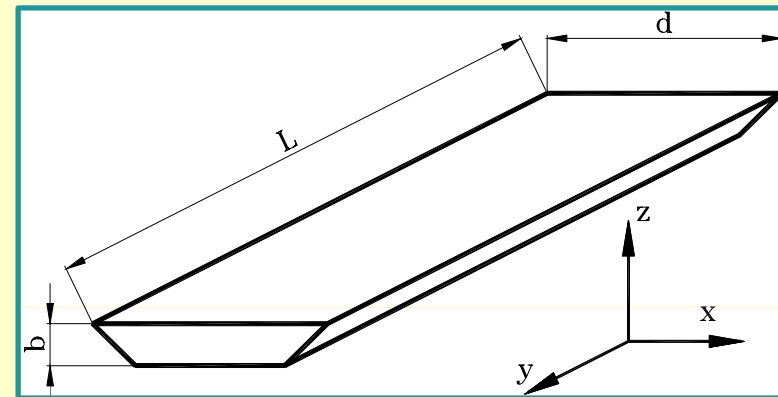
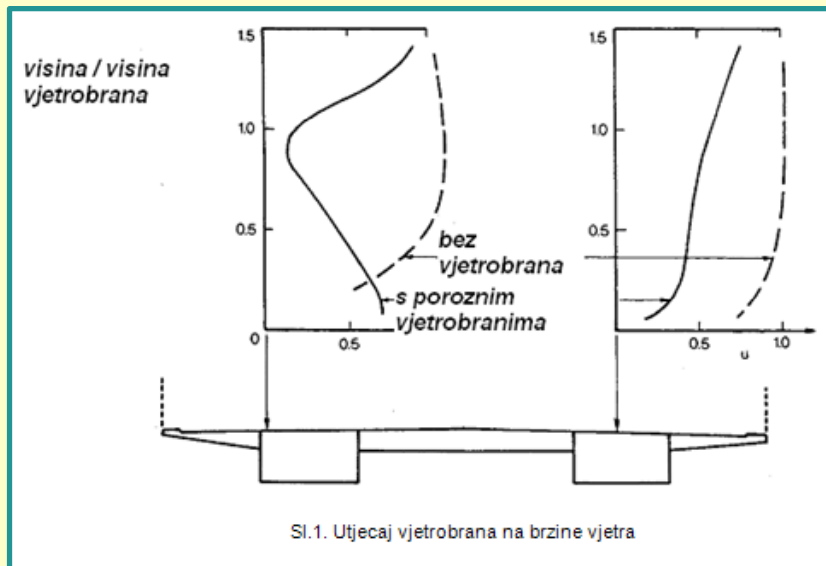
Međutim, nosivost nije dovoljna za zahtjeve IX. potresne zone. Naime, krivulja kapaciteta nosivosti sječe krivulju zahtjeva potresa daleko u nelinearnom području. Iako se ponašanje konstrukcije u tom području ne može precizno predvidjeti, može se smatrati, prema dobivenom dijagramu, da je došlo do većih oštećenja ili čak sloma. Potrebno je dakle, poduzeti određene zahvate da bi se povećala nosivost konstrukcije.

OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

1. Djelovanje vjetra na mostove
2. Šibenski most – rekonstrukcija nacрта i tehnički opis mosta
3. Modeliranje mosta i opterećenja vjetrom
4. Rezultati proračuna i zaključak

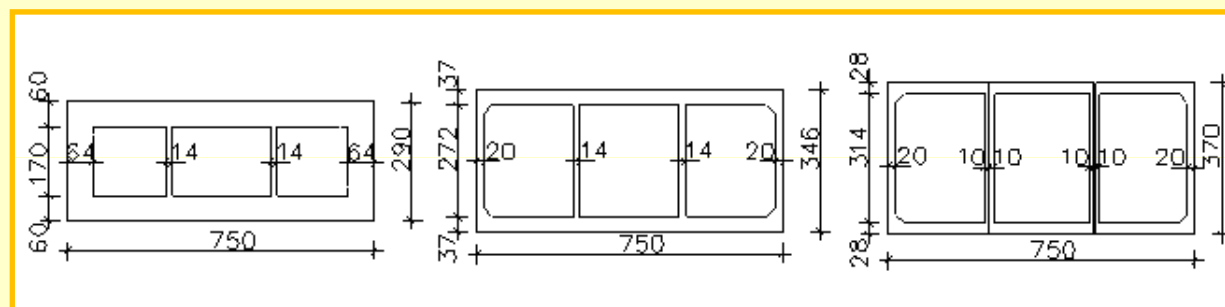
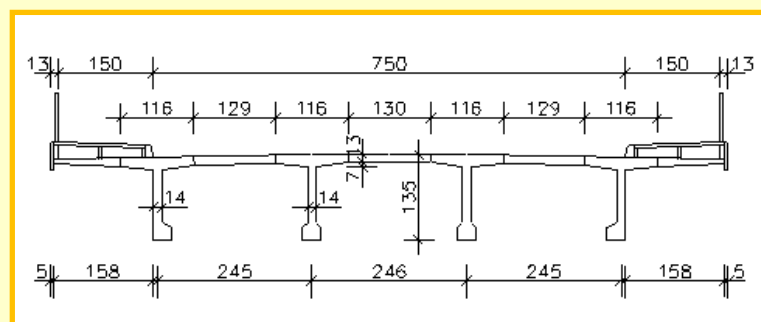
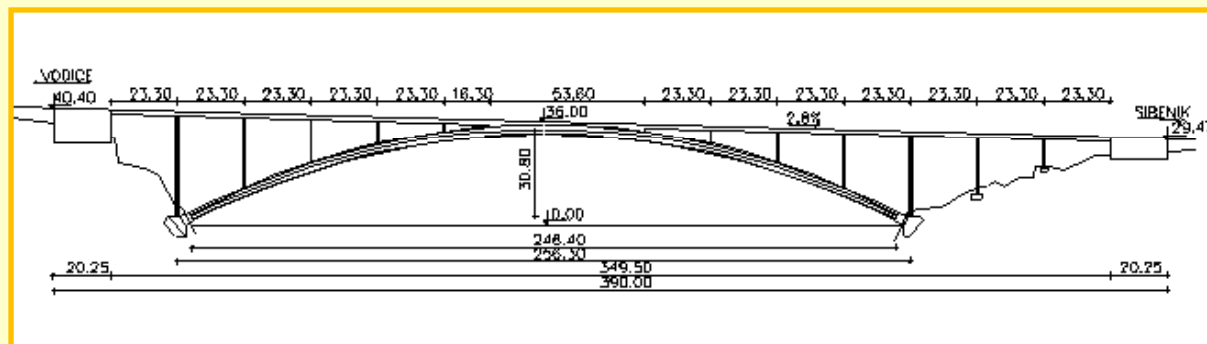
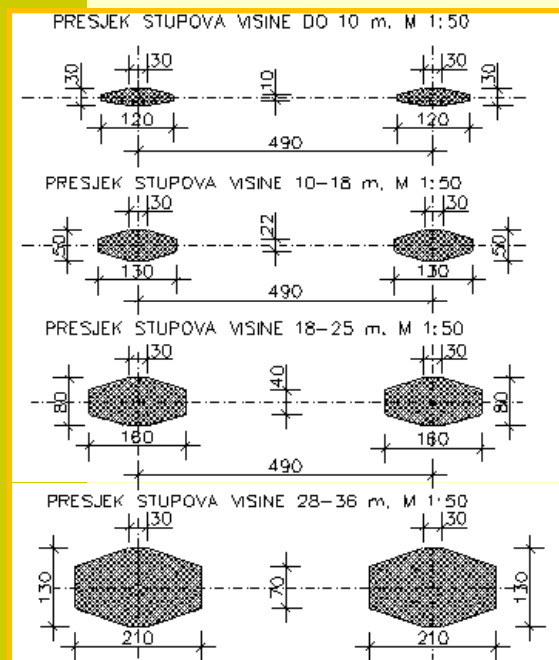
OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

1. Djelovanje vjetra na mostove



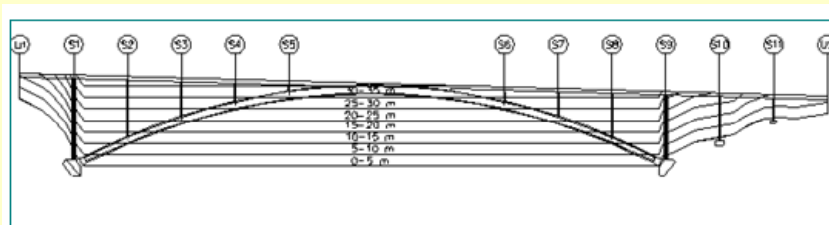
OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

2. Šibenski most – rekonstrukcija nacрта i tehnički opis mosta

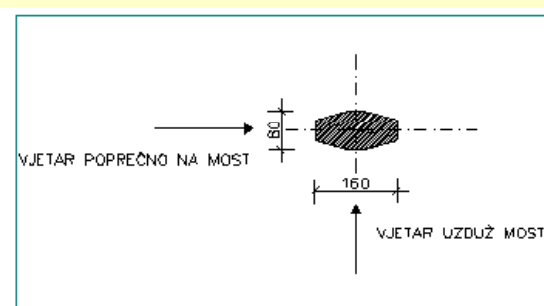


OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

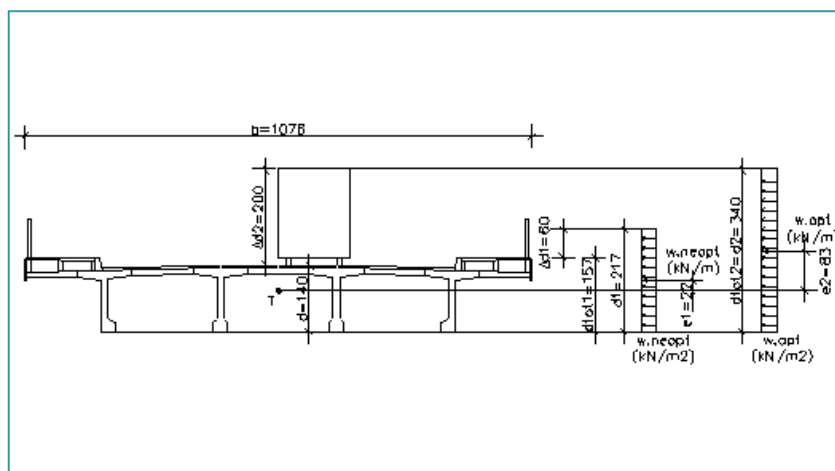
3. Modeliranje mosta i opterećenja vjetrom



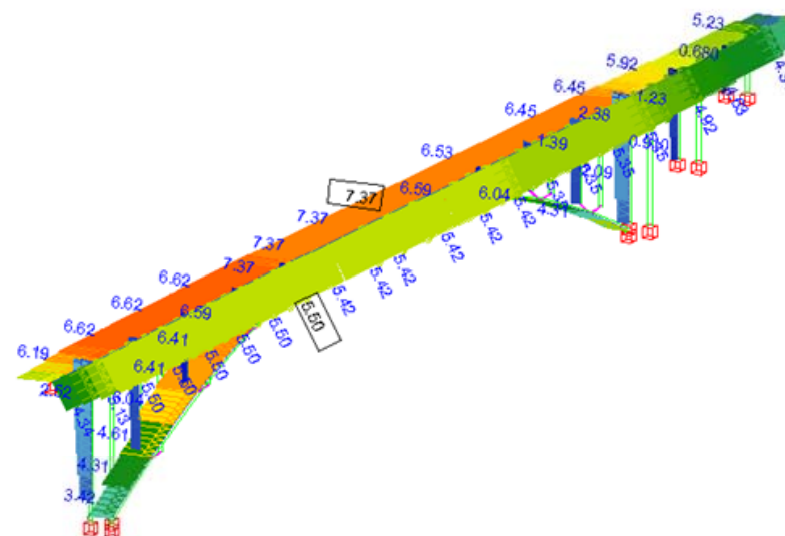
Sl.30. Zone djelovanja vjetra prema visini dijelova mosta nad terenom



Sl.36. Poprečni presjek stupova S2, S8 i S10



Sl.32. Visine površina izloženih djelovanju vjetra



Sl.33. Prikaz opterećenja vjetrom poprečno na rasponski sklop mosta pod prometnim opterećenjem modeliranog u računalnom programu Sofistik

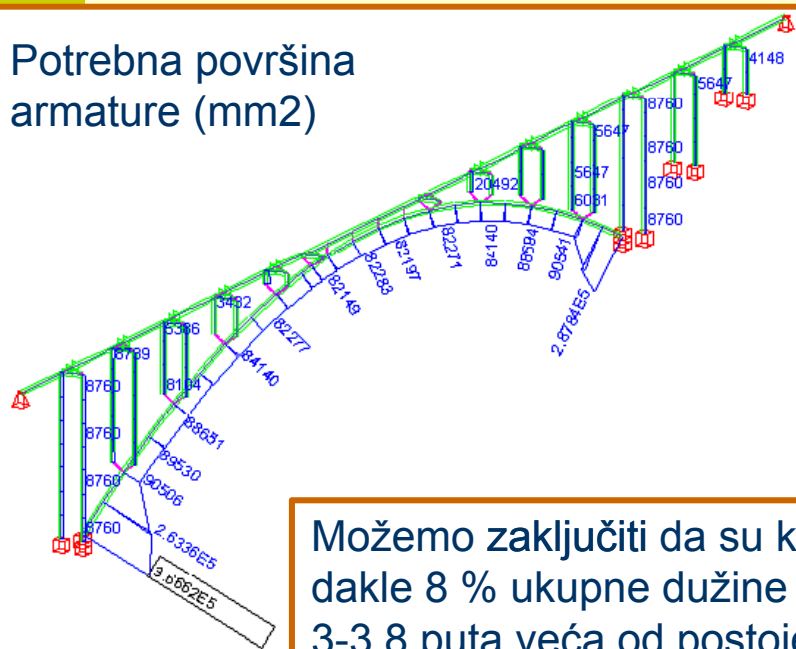
OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

4. Rezultati proračuna i zaključak

Linearni proračun

- ❑ djelovanje vjetra poprijeko,
- ❑ djelovanje vjetra uzdužno

Potrebna površina
armature (mm²)



Konstruktivni element	A _{postojeća} (mm ²)	A _{potrebna} (mm ²)	A _{potrebna} /A _{postojeća}
1 - 1. odsječak luka uz petu lijevo	96277	366620	3.81
2 - 2. odsječak luka od pete lijevo	84140	266220	3.16
3 - 3. odsječak luka od pete lijevo	84147	92487	1.10
4 - 4. odsječak luka od pete lijevo	84140	89530	1.06
20 - 4. odsječak luka od pete desno	84140	89565	1.06
21 - 3. odsječak luka od pete desno	84147	92402	1.10
22 - 2. odsječak luka od pete desno	84140	227910	2.71
23 - 1. odsječak luka uz petu desno	96277	287840	2.99
S2 - element uz rasp. sklop duljine 4,9 m	5647	8739	1.55
S2 - element uz luk duljine 4,76 m	5647	12773	2.26
S3 - element uz rasp. sklop duljine 4,9 m	4148	5386	1.30
S3 - element uz luk duljine 6,0 m	4148	8104	1.95
S5 - cijeli stup	3432	21600	6.26
S6 - cijeli stup	3432	20492	5.97
S8 - element uz luk duljine 4,75 m	5647	6031	1.07

Tablica 15. Potrebna površina armature dobivena linearnim proračunom za poprečno djelovanje vjetra

Možemo zaključiti da su kod luka najkritičnija prva dva odsječka uz pete luka, dakle 8 % ukupne dužine luka sa svake strane, gdje je potrebna armatura čak 3-3.8 puta veća od postojeće.

Najkritičniji stupovi su S5 i S6 uz tjeme luka koji u poprečnom presjeku trebaju čak 6 puta veću površinu armature od postojeće.

OCJENA ŠIBENSKOG MOSTA IZLOŽENOG NORMIRANOM VJETROVNOM OPTEREĆENJU

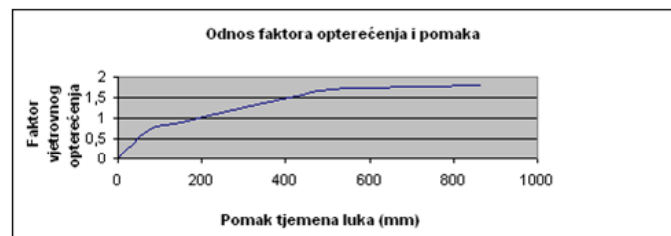
4. Rezultati proračuna i zaključak

Nelinearni proračun

- ❑ Za elemente luka,
- ❑ Za elemente luka i stupova,
- ❑ Za elemente luka i stupova bez tjemernih stupova

Tablica.20. Vrijednosti pomaka za odgovarajući faktor poprečnog opterećenja vjetrom pri proračunu luka i Stupova bez stupova S5 i S6

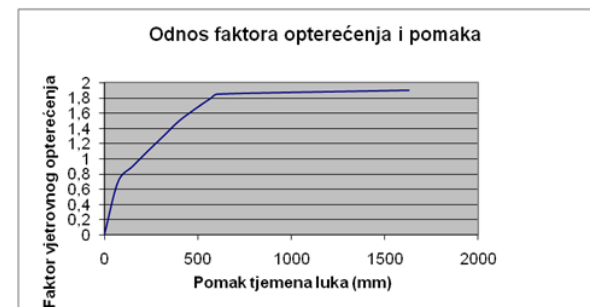
Pomak (mm)	Faktor opt. γ_{θ}
0	0
73,1	0,7
152,1	0,9
232,7	1,1
317,5	1,3
409,5	1,5
513,7	1,7
867,2	1,8



Sl.49. P-š dijagram dobiven proračunom luka i stupova bez stupova S5 i S6

Tablica 17. Vrijednosti pomaka za odgovarajući faktor opterećenja druge kombinacije opterećenja

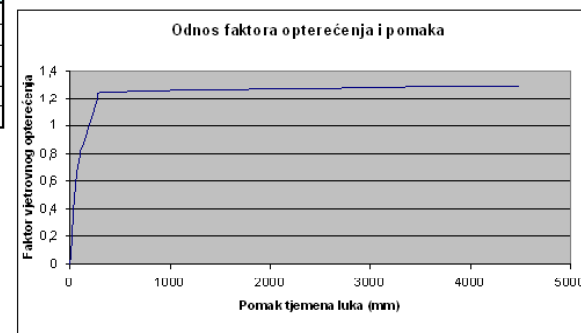
Pomak (mm)	Faktor opt. γ_{θ}
0	0
74	0,7
151,9	0,9
232,8	1,1
317,9	1,3
402,1	1,5
513,1	1,7
573,7	1,8
606,4	1,85
1632	1,9



Sl.46. P-š dijagram dobiven proračunom druge kombinacije opterećenja

Tablica 19. Vrijednosti pomaka za odgovarajući faktor poprečnog opterećenja vjetrom pri proračunu luka i stupova

Pomak (mm)	Faktor opt. γ_{θ}
73,0	0,7
152,4	0,9
233,8	1,1
275,4	1,2
297,0	1,25
4489,0	1,3



Sl.48. P-š dijagram dobiven proračunom luka i stupova na poprečno opterećenje vjetra

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

- 1. Općenito o sanacijama i rekonstrukcijama**
- 2. Povijest i značaj građevine Ustavnog suda te stanje prije rekonstrukcije**
- 3. Osnovne značajke cjelokupne rekonstrukcije**
- 4. Ojačanje stropova izvedbom tlačne ploče**
- 5. Nova čelična krovna konstrukcija s drvenim krovijem i njeno oslanjanje**
- 6. Projektirani vijek uporabe građevine, uvjeti za njeno održavanje, specifični tehnički uvjeti i kontrola kvalitete**
- 7. Zaključak**

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

1. Općenito o sanacijama i rekonstrukcijama



Sl.1.1. – Korozija armature



Sl.1.2. – Otpadanje zaštitnog sloja betona



Sl.1.3. – Raspucavanje drvene građe



Sl.1.4. – Korozija metalne konstrukcije

1.3 POSEBITOSTI KOD ZAŠTITA POVIJESNE I KULTURNE BAŠTINE

U slučaju rekonstrukcije pojedinačne građevine koja je upisana u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske, uz suglasnost Ministarstva kulture, može se odstupiti od bitnih zahtjeva za građevinu ako bi se njima narušila bitna spomenička svojstva. Posebne uvjete kod rekonstrukcije zaštićenih građevina na području grada Zagreba određuje Zavod za zaštitu spomenika Grada Zagreba, a na području Hrvatske Konzervatorski odjel Ministarstva kulture. Kulturna dobra, bez obzira na vlasništvo, od interesa su za Republiku Hrvatsku i uživaju njezinu osobitu zaštitu.

Svrha zaštite kulturnih dobara je:

- zaštita i očuvanje kulturnih dobara u neokrnjenom i izvornom stanju, te prenošenje kulturnih dobara budućim naraštajima.
- Stvaranje povoljnih uvjeta za njihov opstanak i poduzimanje mjera potrebnih za njihovo redovito održavanje
- Sprečavanje svake radnje kojom bi se izravno ili neizravno mogla promijeniti svojstva, oblik i značenje kulturnog dobra i time ugroziti njegova vrijednost

Očuvanje kulturnih dobara jest provedba mjera zaštite i očuvanja, radi produženja trajanja spomeničkih svojstava kulturnog dobra, sukladno pravilima konzervatorske struke.

Osnovna zadaća je zadržati izvornost te u skladu s time potrebno je koristiti srodne materijale te izbjegavati korištenje stranih. Koriste se različite metode sanacije strukture materijala kao što su npr injektiranje, ojačavanje temelja mikropilotiranjem ili mlaznim injektiranjem, upotreba zatega za spašavanje zidova, karbonska vlakna, karbonske i čelične trake koje se primjenjuju za svodove i sl. Izjegava se upotreba betona i materijala koji se u izvornom objektu ne javljaju.

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

2. Povijest i značaj građevine Ustavnog suda te stanje prije rekonstrukcije



Sl.2.3 – Fasada sa zapadne strane



Sl.2.4 - Fasada

od dvostrukog biber crijeva. Krov je višestrešni u nekoliko voda s velikim rasponima. Svi postojeći, unutarnji i vanjski prozori i vrata su drveni.

Postojeća zgrada ima oblik slova U, te se sastoji od podruma, prizemlja, I i II kata te potkrovlja, dok je dvorišna zgrada prizemna. Maksimalni gabariti ulične zgrade su cca 23x19 m, a visina građevine od okolnog terena je 18,5 m. Gabariti dvorišne zgrade su cca 22x6,0(7,5) m, a visina od kote okolnog terena je 7,6 m. U unutrašnje dvorište (sl.2.2) omogućen je samo pješački pristup. Građevine su u više navrata rekonstruirane i adaptirane te postoji više načina uređenja prostora. Prostorna komunikacija omogućena je samo na nivou I kata.

Građevinu sačinjava masivna konstrukcija gdje su postojeći nosivi i fasadni zidovi građevine od pune opeke debljine od 30 do 80 cm a pregradni zidovi od opeke. Međukatne konstrukcije (sl.2.6) su drveni grednici sa šljakom i daskama u više slojeva na kojima je završni sloj ovisno o funkciji pojedine prostorije parket, kamen ili pločice. Stropovi, unutarnji i vanjski zidovi su žbukani. Krovište sačinjava drvena konstrukcija s veznim gredama i kosnicima što onemogućava upotrebu tavanjskog prostora (sl.2.5), a pokrov je



Sl.2.5 – Grede krovišta na tavanjskom prostoru

Većina građevine je u izrazito neadekvatnom stanju kako po trajnosti, tako i po nefunkcionalnosti u odnosu na svoju namjenu. Fasada (sl.2.3) sa svih strana građevine je u lošem stanju a na pojedinim dijelovima je i u potpunosti otpala. U podrumskim prostorima, koji se koriste kao spremišta i arhive izražena je pojava vlage. Strop podruma čine opečeni svodovi sa šljakom i daskama. Drvena građa većinom je u stanju truljenja, a posebno krovna konstrukcija. Tavanjski prostor kompletnog objekta je neuređen i ne koristi se.

Građevina je opremljena svim instalacijama kao što su električna mreža, vodovod, kanalizacija, plin, telefon, gromobrani, unutarnja hidrantska mreža, no međutim kompletna infrastruktura je u izrazito lošem stanju, dotrajala, nedovoljne snage, te ju je potrebno ponovno izvesti.



Sl.2.6 – Međukatna konstrukcija – drveni grednici sa šljakom i daskama u više slojeva

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

3. Osnovne značajke cjelokupne rekonstrukcije

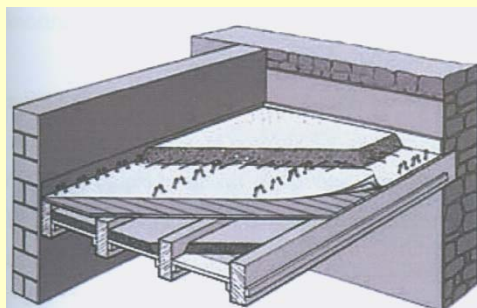
- ❑ Sanacija i adaptacija postojećih građevina
- ❑ Ugradnja dizala
- ❑ Izgradnja novog spojnog hodnika
- ❑ Nove instalacije
- ❑ Izgradnja vanjskog otvorenog čeličnog požarnog stubišta u unutarnjem dvorištu
- ❑ Rekonstrukcija krovišta
- ❑ Rušenje postojeće prizemne dvorišne građevina



SI.3.2 – Mjesto ugradnje dizala



SI.3.6 – Gradnja temelja za spojni hodnik



SI 3.8 – Spregnuta tlačna ploča



SI 3.9 – Postojeći tavanjski prostor

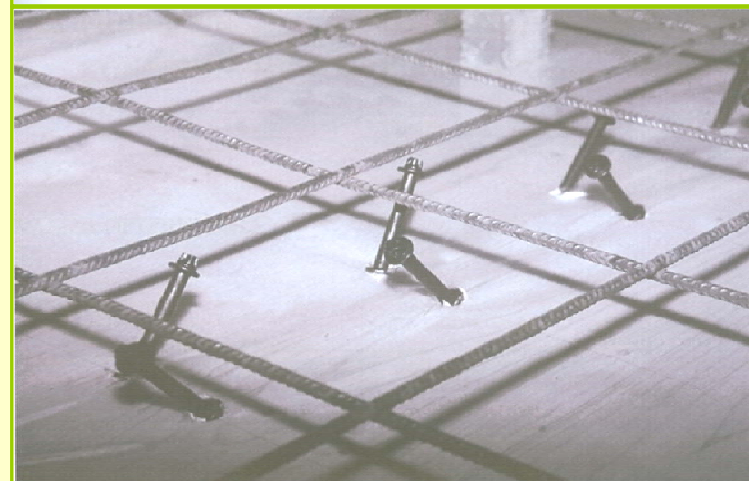
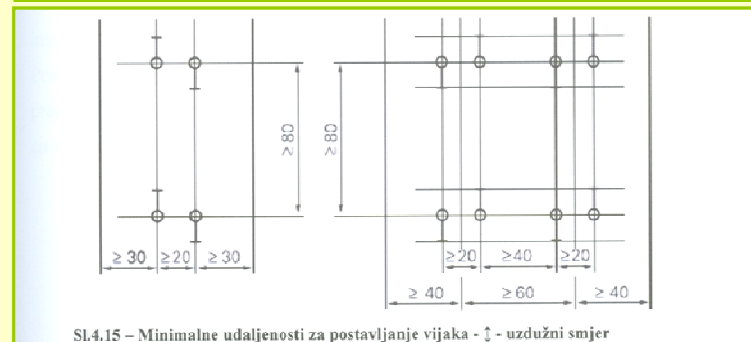
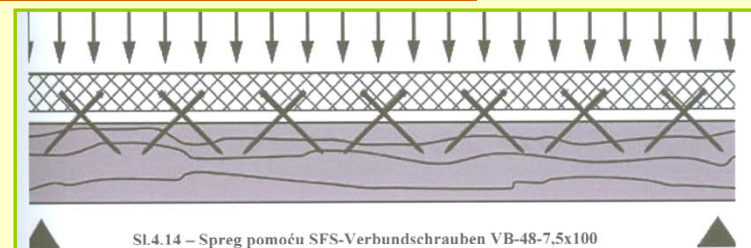


SI 3.7 - Spuštanje podrumске razine

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

4. Ojačanje stropova izvedbom tlačne ploče

- Uklanjanje pregradnih zidova i slojeva postojeće međukatne konstrukcije
- Kontrola stanja drvenih grednika
- Postavljanje dasaka i sidrenje vijaka u drvene grednike
- Postavljanje armature
- Betoniranje tlačne ploče i spoj ploče s postojećim zidovima
- Obrada tlačnih ploča
- Vatrootporna obloga i knauf



SL4.20 - Tlačna ploča spremna za betoniranje

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

4. Ojačanje stropova izvedbom tlačne ploče

4.6 PRORAČUN SPREGNUTE MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE POMOĆU PROGRAMA VB VERSION 02/2005

ANALIZA OPTEREĆENJA

Stalno opterećenje:

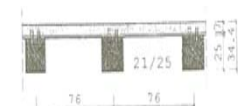
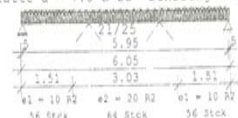
- pregradni zidovi od knaufa.....0,60 kN/m²
- pod.....0,25 kN/m²
- glazura (4cm) (0,04x24).....1,00 kN/m²
- vlastita težina AB ploče, greda i dasaka = **program uzima sam**
- podgled – žbuka (dvostruki knauf).....0,25 kN/m²

$$\Delta g = 2,10 \text{ kN/m}^2$$

Pokretno opterećenje:..... $p = 3,00 \text{ kN/m}^2$

176 SFS-Verbandschrauben

Platte d = 7,0 B 25 Schalung d = 2 - debljina ploče i debljina daske



materijal
BAUSTOFFE : B 25 BSt IV E-Modul = 3200 kN/cm² $\gamma = 4.34$
Holz : NH S 10 E-Modul = 1000 kN/cm² $\gamma = 0.50$
Der E-Modul Beton wird entspr. Zulassung mit 3200 kN/cm² angepasst.

SYSTEM - Werte

Spannweite	l ₁ = 5.95 m	= raspon
lichte Weite	l _w = 5.85 m	= svijetli raspon
Auflagerbreiten	links = 10.0 cm	= širine ležajeva
	rechts = 10.0 cm	

4.7 PRORAČUN SPREGNUTOG NOSAČA PREMA EUROCODE 5

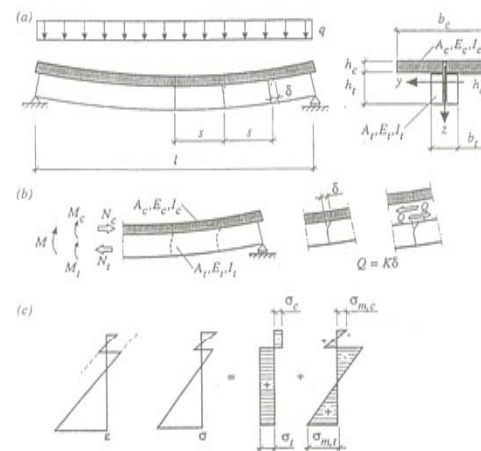
4.7.1 PRORAČUNSKI MODEL (varijanta sprežanja pomoću čeličnih trnova)

Promatra se međukatna konstrukcija, spreg drva i betona, gdje je sprežanje izvedeno diskontinuirano, pomoću čeličnih trnova promjera 20 mm. Čelični trnovi su postavljeni na razmacima od 24 cm duž cijele konstrukcije, do dubine od 10 cm u drvenim gredama i do dubine od 5 cm u betonskoj ploči. Konstrukcija se statički tretira kao prosta greda raspona 5,95 m.

4.7.2 PRETPOSTAVKE PRORAČUNA

Prilikom savijanja spregnutog nosača javlja se:

- u betonskoj ploči: - uzdužno tlačno naprezanje
- naprezanje od savijanja
- u drvenoj gredi: - vlačno uzdužno naprezanje
- naprezanje od savijanja
- na kontaktu dva materijala – posmična sila



SL.4.21 – Deformacije i naprezanja

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

5. Nova čelična krovna konstrukcija s drvenim krovijem i njeno oslanjanje

- Krovište i dalje ostaje drveno, ali kako bi se izbjegli drveni stupovi, visulje i podrožnice velikih dimenzija, novi drveni rogovi se oslanjaju na nove čelične podrožnice, koje se oslanjaju na čelične stupove i čelične okvire koji se oslanjaju na nove horizontalne serklaže zidova.



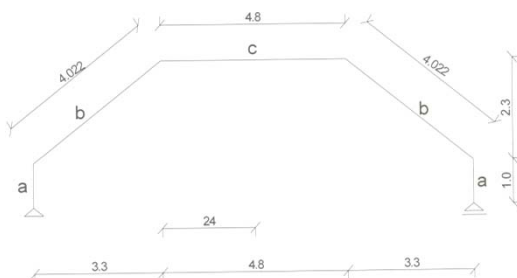
Sl.5.2 - Uklanjanje postojeće krovne konstrukcije



Sl.5.4 – Čelični nosači u stropu II kata

5.6 PROVJERA NOSIVOSTI GLAVNOG OKVIRNOG SUSTAVA DIJELA KROVIŠTA – E – PREMA EUROCODE 3

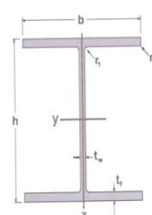
5.6.1 SUSTAV NOSAČA I GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE



Sl.5.13 – Statički sustav krova E (Sl.5.3, Sl.5.11)

- profil: HEA 280

$G = 76,4 \text{ kg/m}$	$A = 97,26 \text{ cm}^2$	$h = 270 \text{ mm}$	$b = 280 \text{ mm}$
$t_w = 8,0 \text{ mm}$	$t_f = 13,0 \text{ mm}$	$r = 24,0 \text{ mm}$	$I_t = 62,1 \text{ cm}^4$
$I_w = 785,4 \times 10^{-3} \text{ cm}^6$	$I_y = 13670 \text{ cm}^4$	$W_y = 1013 \text{ cm}^3$	$W_{ply} = 1112 \text{ cm}^3$
$i_y = 11,86 \text{ cm}$	$A_{v,z} = 31,74 \text{ cm}^2$	$I_z = 4763 \text{ cm}^4$	$W_z = 340,2 \text{ cm}^3$
$W_{pl,z} = 518,1 \text{ cm}^3$	$i_z = 7,0 \text{ cm}$	$A_{v,y} = 75,36 \text{ cm}^2$	



Sl.5.14 – HEA 280

A.....površina poprečnog presjeka
 I_y, I_z momenti tromosti
 W_y, W_z, W_{pl} momenti otpora
 I_w konstanta krivljenja
 I_t torzijska konstanta
 i_y, i_z radijusi tromosti
 $A_{v,z}, A_{v,y}$ djelotvorna posmična površina



Sl.5.3 – Nova čelična nosiva konstrukcija krovijem

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

**6. Projektirani vijek uporabe građevine,
uvjeti za njeno održavanje,
specifični tehnički uvjeti i
kontrola kvalitete**

- AB konstrukcija
- Čelična konstrukcija
- Drvena konstrukcija
- Zidana konstrukcija

REKONSTRUKCIJA ZGRADE USTAVNOG SUDA RH - TRAJNOSNE ZNAČAJKE NOSIVE KONSTRUKCIJE

7. Zaključak

7. ZAKLJUČAK

Zgrada Ustavnog suda RH nalazi se u Zagrebu, na Gornjem gradu, sjeverno od Markove crkve. Zbog dotrajalosti konstrukcije i nefunkcionalnosti prostora krenulo se u izradu projekta rekonstrukcije. Izrada samog projekta započela je još za vrijeme uporabe građevine što je onemogućavalo provedbu detaljnih istražnih radova, tako da se projektiranju pristupilo na temelju pretpostavki koje su naknadno detaljnijim istraživanjima provjerene. S obzirom da je zgrada zaštićeni spomenik kulture, jedan od osnovnih uvjeta je bio zadržati izvornost. Izrada projekta trajala je gotovo godinu dana.

Rekonstrukcija zgrade započela je početkom ove godine, a predviđeno trajanje radova je tri godine. Realno trajanje procijenjuje se na oko godinu i pol dana, ali zbog složenosti organizacije gradilišta i funkcioniranja ustanove Ustavnog suda, praznjenja objekta i preseljanja djelatnika, nadzora Zavoda za zaštitu spomenika nad izvođenjem radova, vrijeme izvođenja radova se udvostručava. Glavni projekt rekonstrukcije izradila je tvrtka Capital ing., koja ujedno vrši i nadzor gradilišta na kojemu se dnevno nalazi više od 50 radnika. Radove izvodi tvrtka Carin d.o.o. u suradnji s 10-ak kooperanata. Ukupna vrijednost radova iznosi više od 42 milijuna kuna, a do sada ih je realizirano u vrijednosti nešto višoj od 7 milijuna kuna.

Građevina je kroz povijest u više navrata rekonstruirana, ali niti jednom u razmjerima rekonstrukcije koja je u tijeku. Kompletna rekonstrukcija građevine, od temelja do krovišta, uz kompletno nove instalacije i strojarske jedinice, rezultirat će suvremenom građevinom koja zadovoljava sve današnje zahtjeve i propise.

Projektom rekonstrukcije osigurano je da je promjena u težinama svih novoizvedenih elemenata u odnosu na prvobitno stanje zanemariva, tj. da iznosi manje od 10%, a nosivost i otpornost elemenata znatno povećana. Nove međukatne spregnute konstrukcije svih prostorija po etažama su međusobno povezane čeličnim šipkama provučenim kroz zidove i sidrene čeličnim pločama na vanjskim zidovima, što rezultira povećanom krutosti i otpornosti u slučaju potresa. Sustav sprezanja drva i betona omogućio je brzu i jednostavnu izvedbu tlačnih ploča uz uštede u vremenu izvedbe i u materijalu.

Nova nosiva čelična konstrukcija krovišta osigurava identičan prijenos opterećenja na zidove kao i postojeća drvena konstrukcija uz mogućnost iskorištenja tavanskog prostora.

Ugradnja lifta, izgradnja novog spojnog hodnika i novog čeličnog evakuacijskog stubišta omogućava bolju i jednostavniju prostornu komunikaciju unutar i između građevina.

Rekonstrukcija ove građevine je izuzetno zahtjevan i kompleksan projekt koji obuhvaća mnogobrojne radove i preciznu koordinaciju poslova a sve uz suglasnost konzervatorske struke. Građevinu čine svi osnovni materijali kao što su beton, čelik, drvo i zide što je svrstava u jedan od ne tako čestih primjera građevine gdje svi ti materijali imaju značajnu nosivu funkciju.

POPRAVKI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

1. **Materijali i proizvodi**
2. **Metode popravka i ojačanja**
3. **Izbor tehnologije**
4. **Ojačanje proizvodima od polimera armiranog vlaknima**
5. **Primjer: dimenzioniranje i ojačanje okvira armiranobetonske zgrade**
6. **Zaključak**

POPRAVCI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

1. / 2. Materijali i proizvodi / Metode popravka i ojačanja



Slika 2.4. Ispitivanje čvrstoće prijanjanja na betonskom uzorku ojačanom FRP tkaninom



Slika 3.8. Prikaz ojačanja rasponskog sklopa mosta prednapinjanjem vanjskih natega

LOKALNI POPRAVCI BETONA

- Ručna primjena morta
- Ponovna ugradnja betona
- Mlazni beton ili mort

SANACIJA PUKOTINA

- Površinska zaštita polimerima
- Nasvođenje pukotina
- Utiskivanje suhog materijala
- Zarezivanje i brtvljenje
- Bušenje i utiskivanje brtve
- Nadsloj morta ili betona
- Injektiranje smolama
- Gravitacijsko injektiranje
- Injektiranje cementnim mortom
- Povezivanje

POVRŠINSKA ZAŠTITA

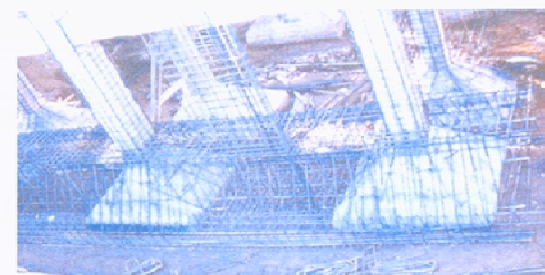
- Hidrofobna impregnacija
- Impregnacija
- Premazi

KATODNA ZAŠTITA

- Galvanska katodna zaštita žrtvujućom anodom
- Katodna zaštita s vanjskim izvorom struje

EKSTRAKCIJA KLORIDA

REALKALIZACIJA



Slika 3.10. Prikaz postavljene armature za ojačanje temelja



Slika 3.11. Zamjena postojećih ležajeva mosta novima

Tablica 3.1. Pregled metoda popravka betona

POPRAVKI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

3. Izbor tehnologije

Metoda ojačanja se odabire s obzirom na:

- tip konstrukcije koja se ojačava
- uvjete upotrebe
- tip i stupanj svojstva koji se treba poboljšati itd.

U fazi odabira metode ojačanja znamo:

- stanje i svojstva postojeće konstrukcije
- svojstva koja ojačana konstrukcija mora imati
- uvjete izvedbe.

Znači, faktori koji utječu na odabir metode ojačanja su:

- učinak određene metode na zahtijevano svojstvo koje treba poboljšati
- održivost izvedbe
- utjecaj na okoliš
- jednostavnost održavanja nakon ojačanja
- ekonomičnost i drugo.

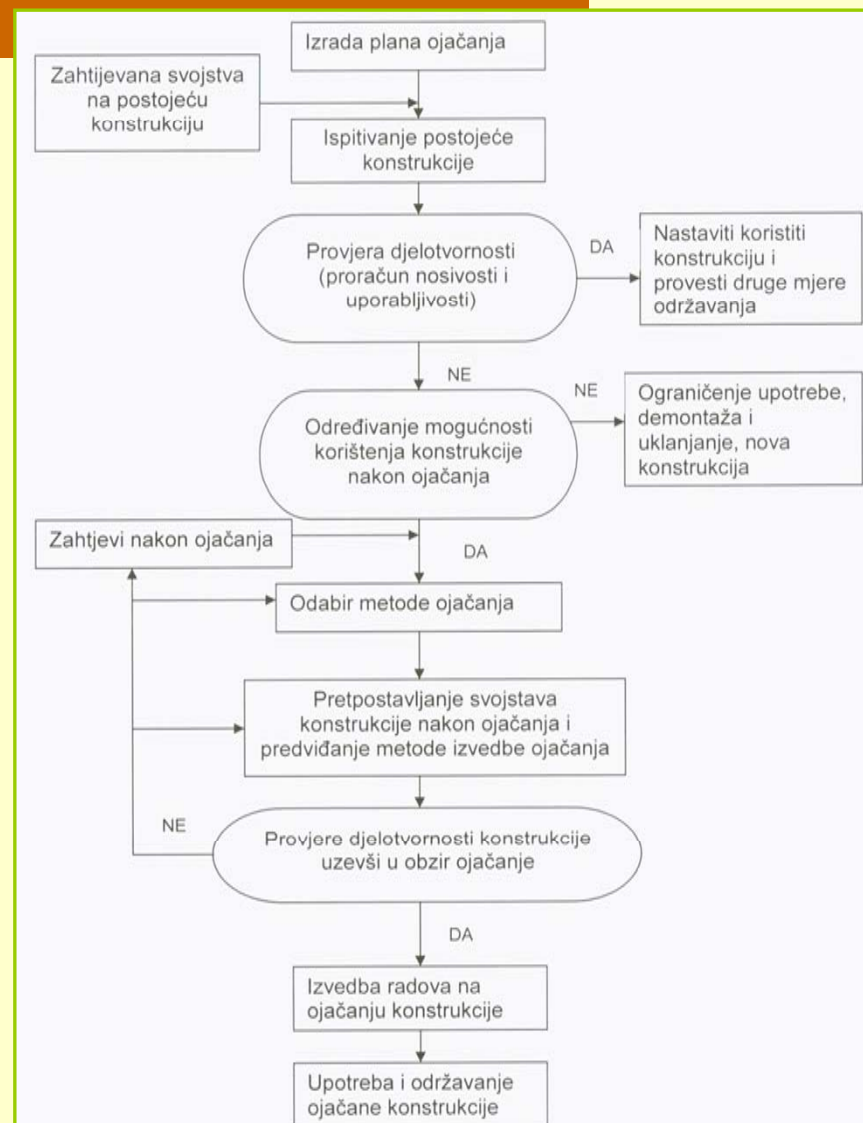
Pri izboru odgovarajuće metode ojačanja velik je broj utjecaja te je ponekad potrebno i kombiniranje različitih metoda.

Na primjer, kod mostova je seizmičko ojačanje često usmjereno na povećanje nosivosti na posmik i savijanje te poboljšanje svojstva duktilnosti pa će u većini slučajeva ojačanje stupova (i drugih elemenata) obavljanjem biti dovoljno.

Ako ovakvo ojačanje nije dovoljno ili ako je potrebno poboljšati ponašanje cijelog mosta u seizmičkoj situaciji, ova metoda će se kombinirati s postavljanjem seizmičkih izolatora, ojačanjem ležajeva, temelja ili cjelokupne konstrukcije dodavanjem novih elemenata.

Pri ojačanju rasponskih sklopova, cilj je poboljšati nosivost ali i uporabljivost (udobnost pri vožnji, ograničenje vibracija) te se primjenjuju metode lijepljenja lamela ili ojačanja podebljanjem rasponske konstrukcije (npr. betonom s vlaknima) a ponekad su potrebni i lokalni popravci betona.

Ako ojačanje postojećih elemenata nije dovoljno, poseže se i za metodama ojačanja dodavanjem novih elemenata, podupirača ili greda.

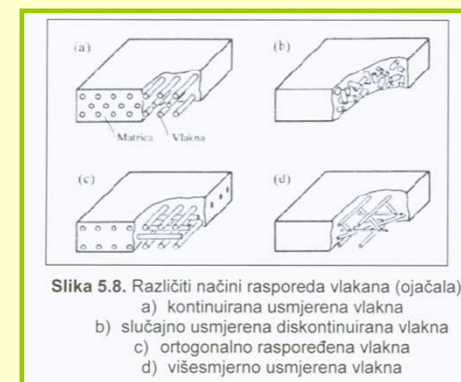
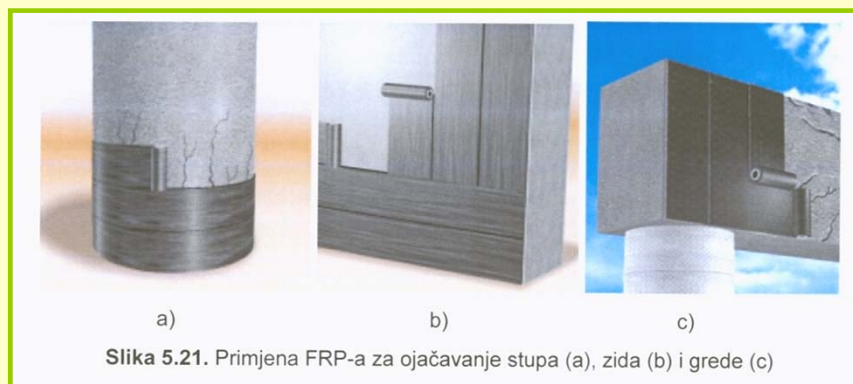
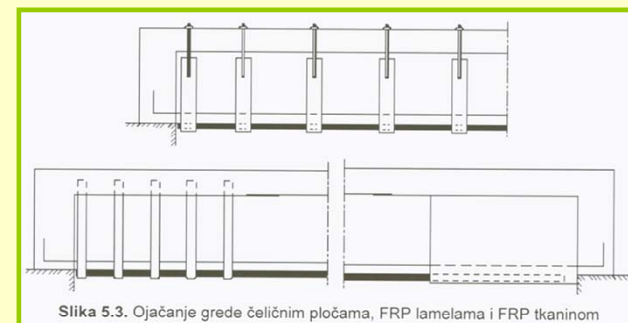


Tablica 4.1. Dijagram tijeka procesa ojačanja

POPRAVKI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

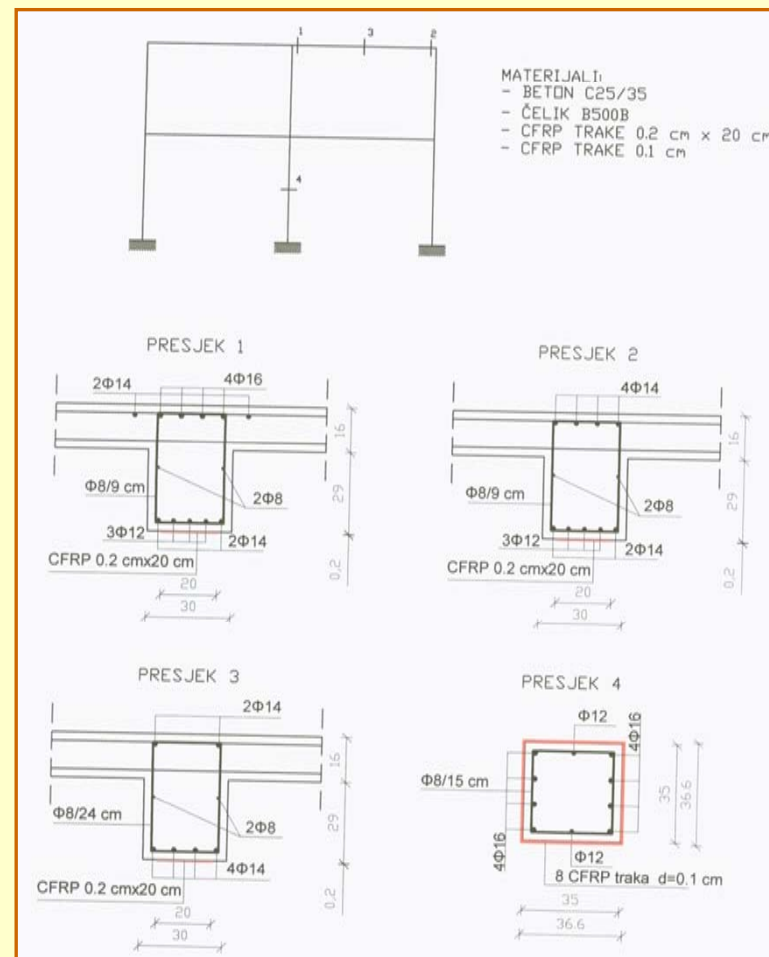
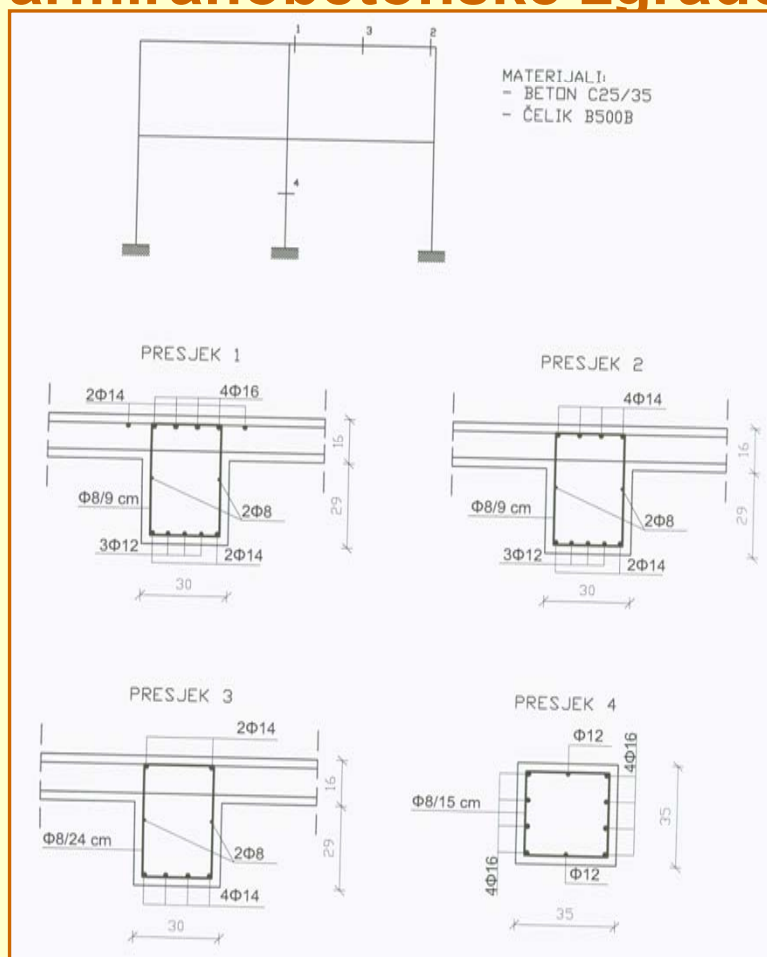
4. Ojačanje proizvodima od polimera armiranog vlaknima

- ☐ Prednosti i mane
- ☐ Osnovne komponente
- ☐ Proizvodi i njihovo postavljanje
- ☐ Područje primjene
- ☐ Dimenzioniranje ojačanih greda na savijanje
- ☐ Dimenzioniranje ojačanih greda na posmik
- ☐ Dimenzioniranje ojačanih stupova



POPRAVKI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

5. Primjer: dimenzioniranje i ojačanje okvira armiranobetonske zgrade



POPRAVCI I OJAČANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

6. Zaključak

U šestom poglavlju je proračunski primjer dimenzioniranja okvira armiranobetonske stambene zgrade koja se nalazi u VII. seizmičkoj zoni te na tlu B kategorije. Provedeno je dimenzioniranje najopterećenijeg stupa prema pojednostavljenom postupku proračuna pojedinačnih vitkih stupova te najopterećenije grede.

Nakon prenamjene u poslovnu zgradu, te detaljnijih istraživanja kojima je utvrđeno da se nalazi na tlu C kategorije te VIII. seizmičkoj zoni, provedeno je novo dimenzioniranje. Zbog novog opterećenja, postojeća je konstrukcija ojačana FRP lamelama. Potrebna površina FRP lamela se odredila iz pretpostavke zajedničkog sudjelovanja postojeće armature i dodanih lamela, u odnosu njihovih krutosti odnosno umnožaka površine i modula elastičnosti svake komponente. U proračunu je površina lamela zamijenjena adekvatnom površinom čelika.

Greda je ojačana CFRP lamelom debljine 2 mm i širine 20 cm po duljini vlačne zone grede. Time je povećana otpornost na savijanje.

Stupu nije bilo potrebno dodati uzdužnu armaturu, no bilo ga je potrebno poprečno ojačati omatanjem osam CFRP traka debljine 1 mm. Poprečna armatura stupa računala se uz jednu stranicu stupa na visini razmaka susjednih postojećih vilica uz zadovoljavanje uvjeta lokalne duktilnosti.

Kod nas, i u svijetu, više nego ikada prisutna je potreba za ojačavanjem betonskih konstrukcija. Sve do nedavno, za povećanje nosivosti, uglavnom se rabio čelik nalijepljen na betonsku podlogu. Međutim, sve se manje koristi zbog podločnosti čelika koroziji. Sve se više rabe proizvodi od vlaknima armiranog polimera: plahte s vlaknima u jednom ili više smjerova, te lamele s vlaknima u jednom smjeru.

Prednosti u odnosu na konvencionalne materijale zaslužne su za sve veću uporabu FRP materijala u konstrukcijskom oblikovanju. Zbog visoke čvrstoće, a u isto vrijeme male težine polimerne materijale sve više upotrebljavamo u krovnim konstrukcijama, naročito kao pokrov u većini današnjih modernih stadiona i drugih sportskih objekata. Otpornost na koroziju i zamor u najvećoj mjeri zaslužni su za upotrebu FRP materijala u cestovnoj infrastrukturi (kao kablovi kod visećih mostova ili prednapeti kablovi...). Prednost ojačanih polimernih materijala jest i njihova standardizirana industrijska proizvodnja te mogućnost brze montaže na mjestu ugradnje bez potrebe za teškom mehanizacijom. Sve to umanjuje visoke troškove radne snage i smanjuje vrijeme ometanja ili obustave prometa prilikom popravka već postojećih konstrukcija.

Nedostaci FRP-a su elastično ponašanje do sloma, malo istezanje pri slomu, velika razlika u svojstvima uzduž i poprijeko na smjer pružanja vlakana te niska duktilnost. Ujedno je nedostatak i to što je cijena pojedinih komponenata, prije svega visokovrijednih ojačala, često vrlo visoka što bitno smanjuje područje primjene.

ROBUSNOST KONSTRUKCIJA

1. Pojam robusnosti i kada je potrebna
2. Elementi robusnosti
3. Postizanje i održavanje robusnosti konstrukcija
4. Primjeri
5. Zaključak

POSTIZANJE TRAJNOSTI MOSTA KROZ PROJEKTIRANJE

1. Uvodno o suvremenom projektiranju za postizanje trajnosti građevina
2. Primjer mosta s tehničkim opisom i osnovnim nacrtima
3. Zadovoljavanje funkcije građevine u projektiranom vijeku kroz projektiranje
4. Projektiranje trajnosti (projektirani uporabni vijek, razredi izloženosti, sastav i svojstva betona, zaštita armatura od korozije, predviđanje njege betona, ...)
5. Program kontrole i osiguranja kakvoće s tehničkim uvjetima
6. Plan održavanja mosta
7. Zaključak