

## NOSIVI SISTEMI MOSTOVA

Konstruktivni sistemi razlikuju se po načinu preuzimanja sila, obliku mosta i vezi između rasponske konstrukcije i podkonstrukcije. Dijelevaju se na pet osnovnih nosivih sistema:

- gredni sustemi
- okvirni sustemi
- lučni sustemi (od različitih materijala, za raspone od 40 do 400m, nadlučna konstrukcija ima raspone i do 30 m)
- viseći sustemi ( čelik, kruta greda R.K. rasponi od 500 do 2000m, elastična R.K. rasponi 50 do 150m)
- sustemi sa kosim kablovima (različiti materijali, rasponi od 100m do 1000m)

## Analiza i izbor tehnologije građenja

Tehnologiju građenja gornje konstrukcije objekata određuje: materijal, veličina raspona, dužina (površina) objekta, geometrija ceste te morfologija i veličina prepreke.

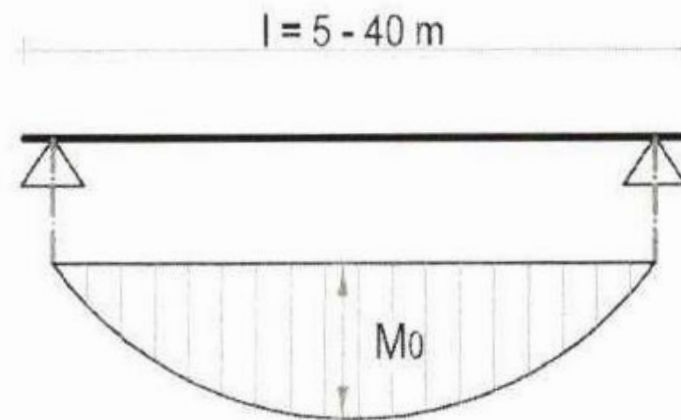
Prednapregnute armiranobetonske objekte raspona do 30 m i ukupne dužine do 150 m, posebno ako se radi o kosim i geometrijsko zahtjevnim objektima, mogu se racionalno graditi pomoću nepomične skele u jednoj ili više faza.

Za raspone 25 – 40 m i ako se objekat nalazi u pravcu konkurentna je tehnologija sa montažnim "T" nosačima sa monolitno spegnutom AB kolovoznom pločom.

Čelična konstrukcija spregnutih mostova se najčešće montira po postupku navlačenja. Kod raspona do 50 m čelična konstrukcija može sama preuzeti sve napone koji nastaju u fazi montaže. Kod raspona koji su veći od 50 m treba upotrijebiti čelični kljun ili pilon sa kosim zategama. Kolovozna ploča spregnutih presjeka betonira se "in situ" na nepomičnoj skeli ili pomičnoj prenosnoj oplati.

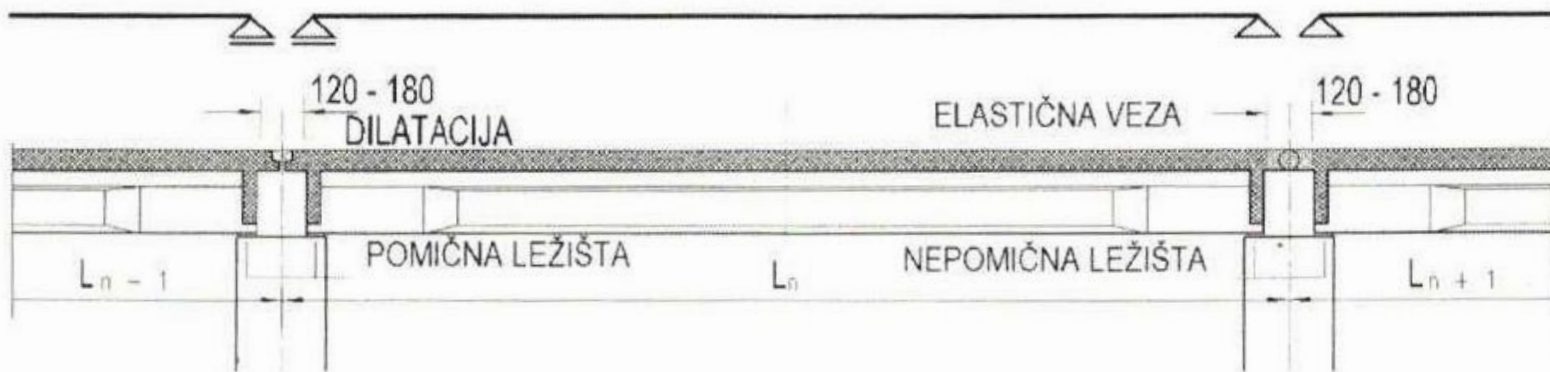
# **PROJEKTOVANJE BETONSKIH GREDNIH I OKVIRNIH MOSTOVA I VIADUKATA**

- Gredni mostovi u jednom polju (sl. 4.1) raspona od 5 do 40 m sa slobodnim oslanjanjem preko ležišta dimenzioniraju se na ukupan momenat  $M_0$  i zahtijevaju dilatacijske spojnice i ležišta. Rasponi od 5 do 15 m odgovaraju armirano betonskim konstrukcijama različitog poprečnog presjeka. Veći rasponi od 15 do 40 (50 m) su za armirano betonske prednapregnute nosače. Poprečni presjek je sa „n“ glavnih montažnih nosača. Poprečni nosači i kolovozna ploča se betoniraju istovremeno na licu mjesta.
- Grede u jednom polju najbolje je oblikovati sa paralelnim pojasevima, a to znači da je gornja ivica paralelna sa linijom kolovoza. Konstruktivna visina je konstantna. Ovo takođe važi i ako je linija kolovoza pod nagibom ili ako je zaobljena.



Slika 4.1  
Greda u jednom polju

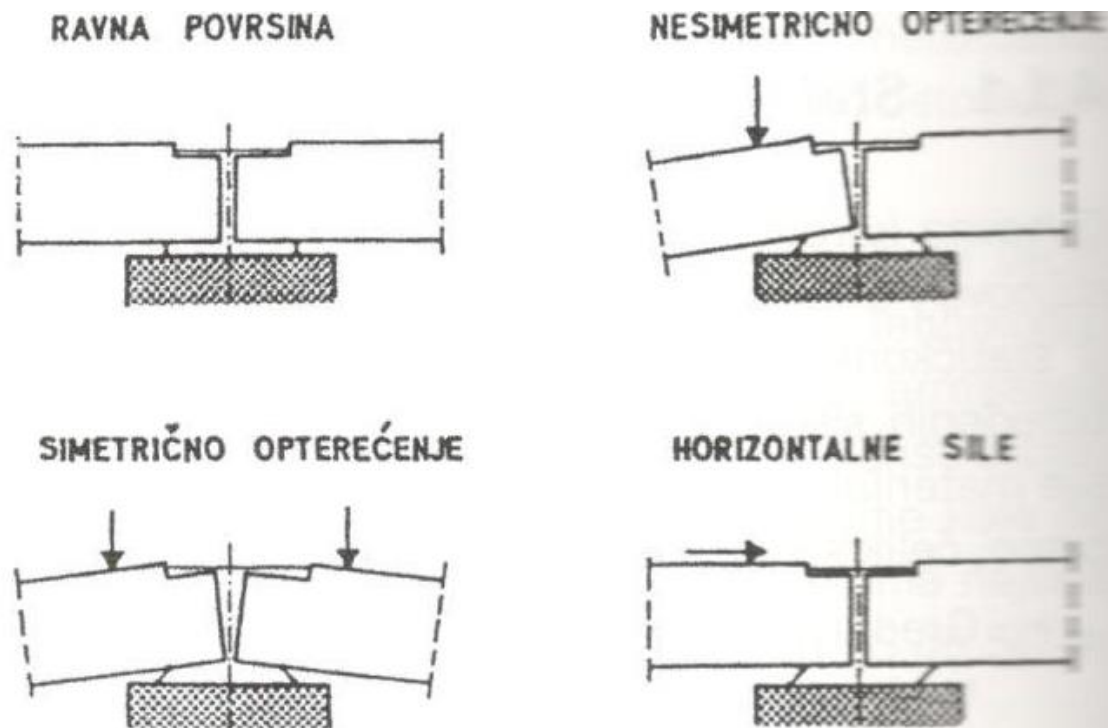
- Gredne mostove u jednom rasponu zbog smanjene trajnosti i većih troškova održavanja treba manje primjenjivati i treba umjesto njih graditi okvirne konstrukcije u jednom rasponu od 5 do 50 m koje su bez ležišta i dilatacionih spojnica.
- Većina izgrađenih mostova sa montažnim glavnim nosačima od prednapregnutog betona su sa dva ili više polja i imaju poprečni diskontinuitet iznad srednjih oslonaca. Dilatacione spojnice iznad oslonaca nastale su kao posljedica ustupaka tehnologiji izrade i montaže nosača (slika 4.2).



Slika 4.2

*Montažna diskontinualna gredna rasponska konstrukcija mosta*

krajevi nosača zaokreću (slika 4.3). Kinematika nosača na spoju izaziva zamor u elastičnim vezama što ima za posljedicu destrukciju zglobne veze kod nepokretnih ležišta, odnosno oštećenja dilatacijske spojnice kod pokretnih ležišta. Kroz ta oštećenja prodire voda u spoj i na glave stubova. Vozna ploha je neravna, pojačava se dinamika udara i stvoreni su svi uslovi za ubrzani vremenski tok destrukcije.



Slika 4.3

*Kinematika krajeva slobodno oslonjenih nosača na srednjim stubovima*



Grede za jedno polje sa konzolama i ovješnim nosačima je statički određen sistem i zahtijeva dilatacije. Na raspodjelu momenta  $M_0$  na polje i zonu oslanjanja se može povoljno uticati postavljanjem zglobova i kroz promjenljivi momenat inercije (promjenljiva visina grede na konzolnom djelu). Ovaj sistem ima mnogo nedostataka u odnosu na kontinualne nosače bez dilatacionih spojnica (slika 4.4).



Slika 4.4

*Gredni nosač sa zglobovima*

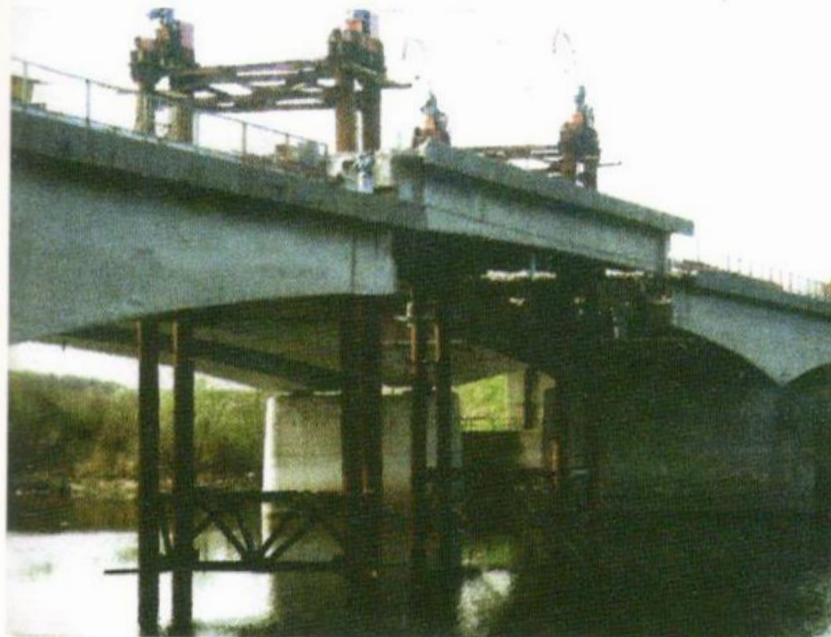
Sistemi sa zglobovima poznati pod nazivom „Gerberov nosač“ su bili karakteristični za razdoblje od dvadesetih do pedesetih godina prošlog stoljeća. U savremenoj mostogradnji mogu se primijeniti samo u izuzetnim slučajevima. U nastojanjima da budu povećani rasponi mostova iznad granica transportnih dužina i težina montažnih nosača nastale su konstrukcije sa zglobovima unutar raspona i krutim vezama između nosive konstrukcije i srednjih stubova (slika 4.5). Ovim rješenjima problem diskontinuiteta nije riješen već je samo dislociran sa stuba u polje, a posljedice destrukcije betona su ostale.



Slika 4.5

*Gredni sistem sa dva zgloba u većim rasponima*

Zglobovi se moraju obnavljati svakih 30 do 35 godina. Obnova je skupa i traži zastoj saobraćaja minimalno 3–4 mjeseca. Iz slike 4.6 može se vidjeti takva jedna obnova zglobova.

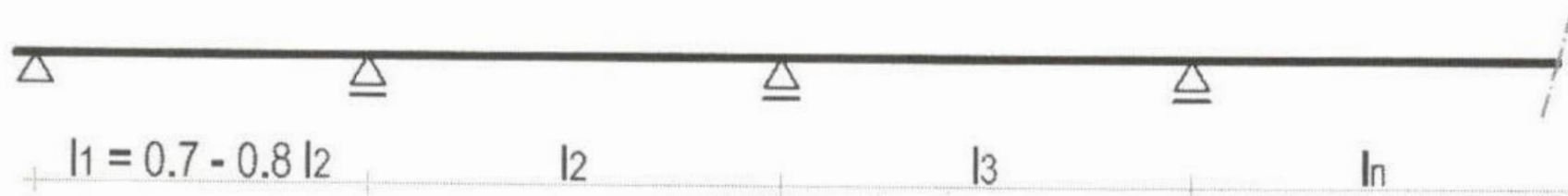


Slika 4.6

*Obnova zglobova na srednjem rasponu  
betonskog mosta*



Statički neodređeni sistemi kao kontinuirani gredni sistemi sa dva, tri ili više raspona (slika 4.7) su najviše upotrebljavani sistemi bez obzira na materijal. Veličina raspona zavisi od morfologije prepreke, okupiranosti terena, uslova fundiranja i potencijalnog postupka građenja. Velika prednost kontinuiranog nosača je izbacivanje zglobova i izostavljanje prekida i dilatacija iznad srednjih stubova. Dilatacione spojnice su skupe, zahtijevaju održavanje, ometaju i ugrožavaju saobraćaj, pa ih treba predvidjeti samo na krajnjim stubovima. Krajnja polja treba izabrati za 20 % kraća od srednjih polja, s tim da momenti u poljima budu približno jednaki.  $M_0$  - momenat se raspodjeljuje na momenat u polju i na osloncu.

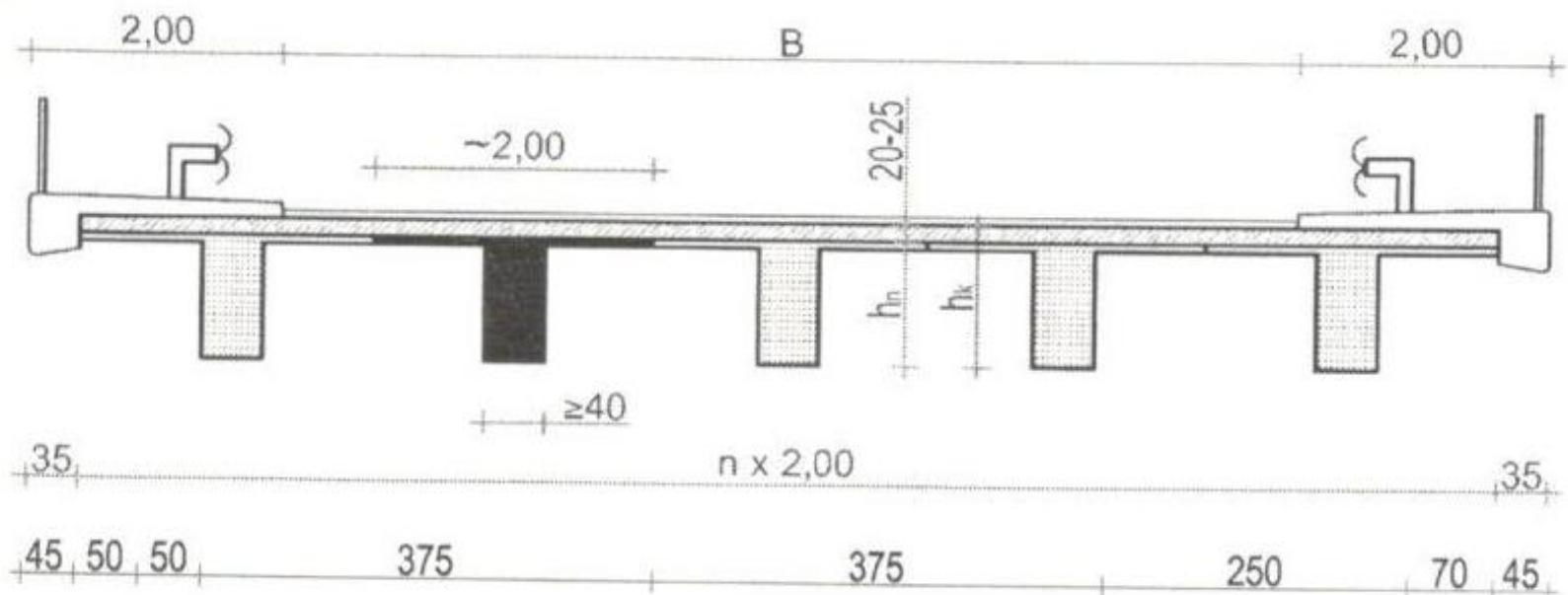


Slika 4.7

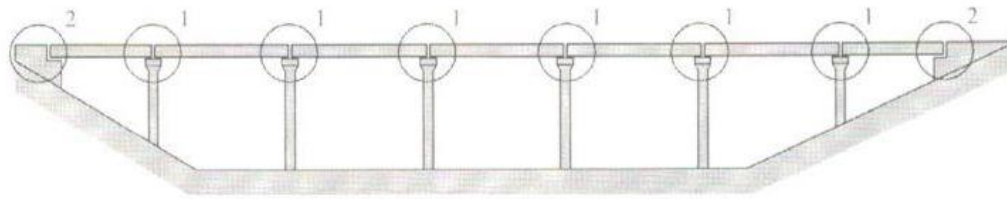
*Kontinualni nosač sa više polja*

Upotreba montažnih nosača od prednapregnutog betona za putne mostove ima određena ograničenja nastala iz iskustva i grešaka iz dosadašnje prakse.

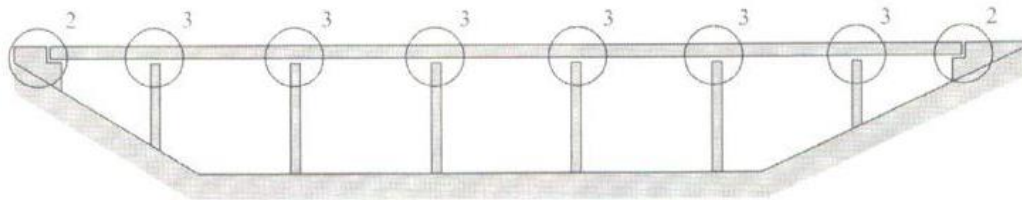
- Rasponi nosača ne bi trebalo da su veći od 35 m.
- Montažni nosači od prednapregnutog betona mogu se primijeniti samo za kontinualne ili okvirne konstrukcije mostova najveće dužine 250–300 m.
- Radijus zakrivljenosti trase puta treba da je veći od 500 m.
- Zakošenje mosta ne smije biti manje od  $60^\circ$ .
- Dozvoljavaju se samo T nosači sa tankim širokim gornjim pojasom koji omogućavaju betoniranje i sprežanje kolovozne ploče bez prekida i bez oplata



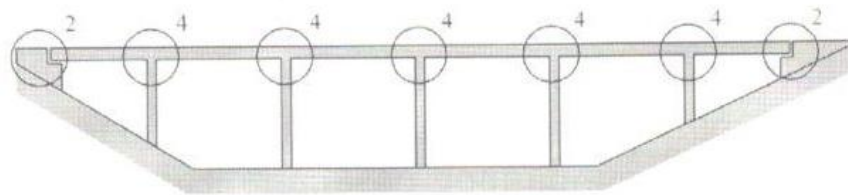
a) Shema diskontinualnog mosta



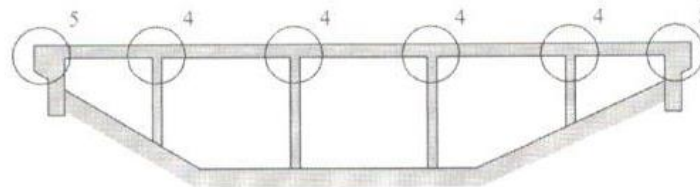
b) Shema kontinualnog mosta



c) Shema kvaziintegralnog mosta



d) Shema integralnog mosta

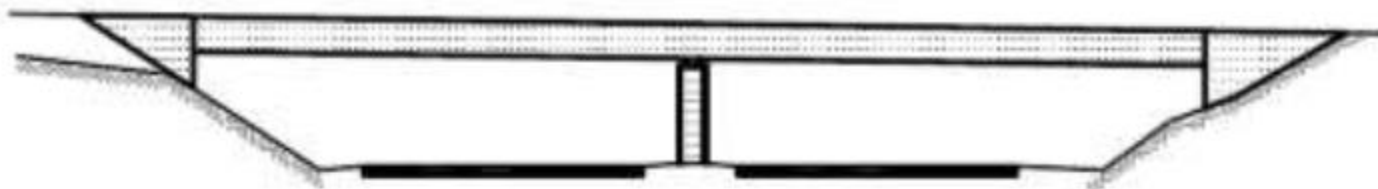


1. Poprečni prekidi – proste grede sa ležištima i dilatacijama
2. Ležišta i dilatacije na obalnim stubovima
3. Kontinuirane rasponske konstrukcije sa ležištima na stubovima
4. Kruta okvirna veza rasponske konstrukcije i srednjih stubova
5. Kruta veza elastičnih modifikovanih obalnih stubova

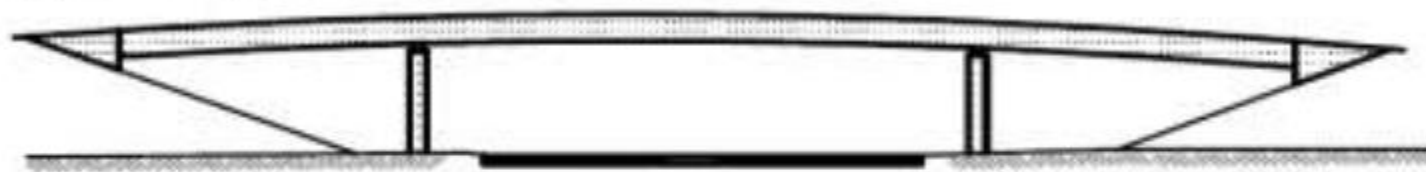
Slika 4.8

*Razvoj statičkih sistema grednih mostova*

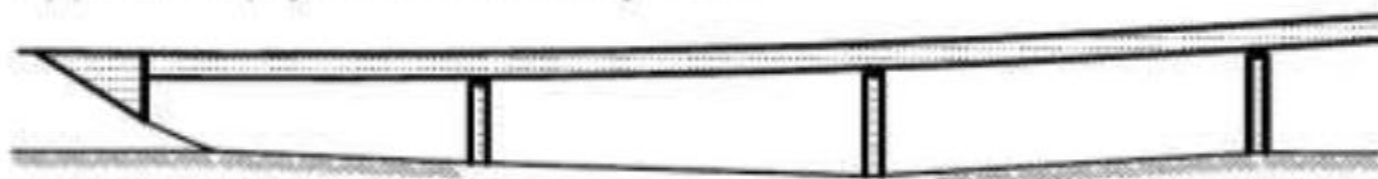
a) paralelni pojasevi - ravni



b) paralelni pojasevi u konveksnoj krivini



c) paralelni pojasevi u konkavnoj krivini



d) paralelni pojasevi u izraženoj konkavnoj krivini



Slika 9.2.9: Oblikovanje kontinualnih grednih mostova

a) sa vutama nad rečnim stubovima



b) sa paraboličnim intradosom



Slika 9.2.10: Gredni rečni mostovi promenljive visine

Kod rečnih mostova su česti gredni mostovi sa tri polja sa naglašenim glavnim otvorom, što je uslovljeno širinom reke, otvorom za prolaz brodova ili slično. Sopstvena težina u srednjem području srednjeg polja i momenti koji nastaju se umanjuju smanjenom konstruktivnom visinom. Tako nastaju grede sa vutama: pravolinijske vute odgovaraju

ravnim profilima puta, a parabolični intradosi odgovaraju konveksno zaobljenim niveletama. Grede sa naglašenim vutama i paraboličnim intradosom ostvaraju estetski efekat i pogodne su za slobodnu konzolnu gradnju, ako je srednji raspon veći od 70 – 80 m (slika 9.2.10).



Gredni sistem – prosta greda preko jednog polja



Gredni sistem – prosta greda na više polja



# Gredni sistem – kontinualna greda



# Ramovski sistem

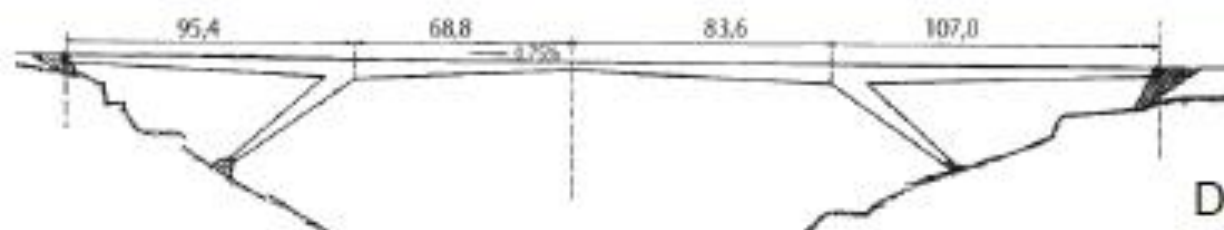
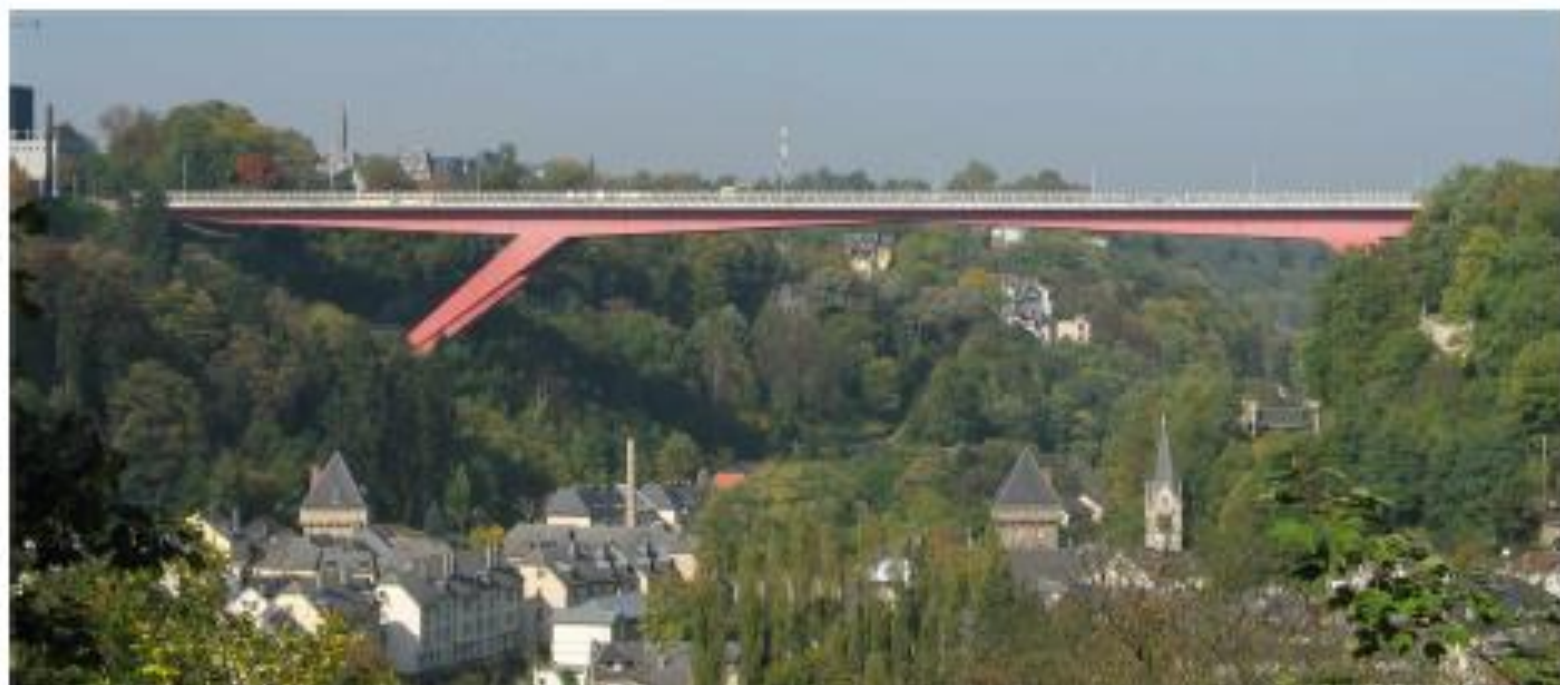






Pont sur la Truyère à Garabit, 1993

# Čeliční mostovi tipa podupírala



Do 250 m



**SFALASSA, autoput Salerno-Reggio Calabria, Italija**



Razmak između oslonaca kosih stubova 360m

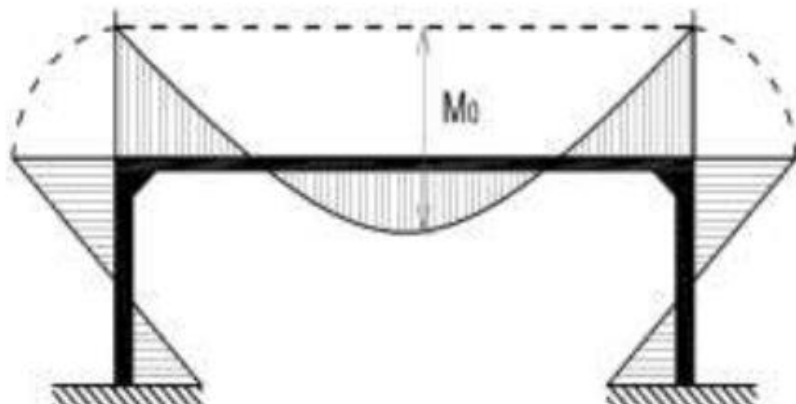
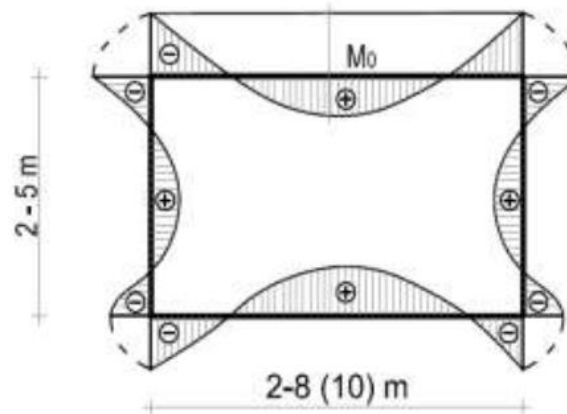
# Most Beška

Pušten u saobraćaj 1975

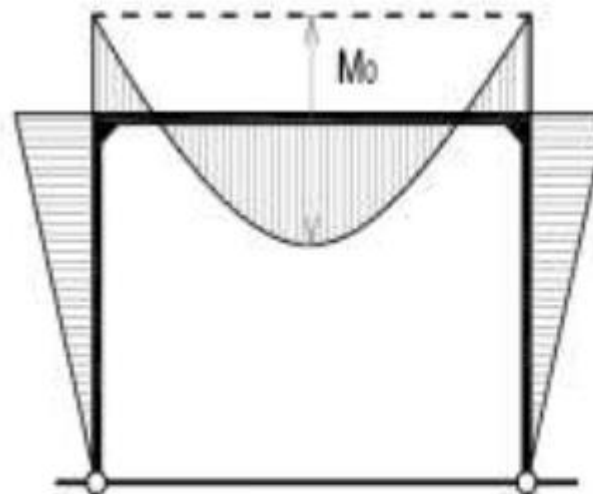


## OKVIRNI SISTEMI – RAMOVSKI SISTEMI MOSTOVA

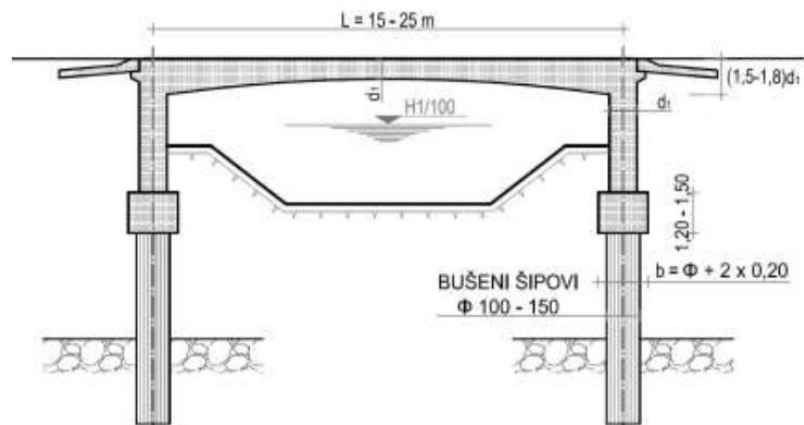
Okvirni sistemi mostova sa jednim rasponom sa ili bez zglobova su racionalni za raspone od 5 do 50 (60) m, od AB ili ABP ili kao spregnuta konstrukcija.



a) Kruti stubovi okvira mali moment u polju



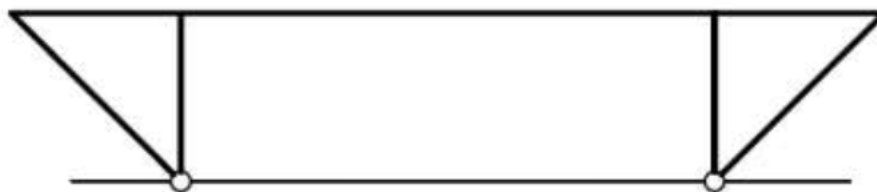
b) Zglobovi u peti ili mekši stubovi okvira veći momenat u polju



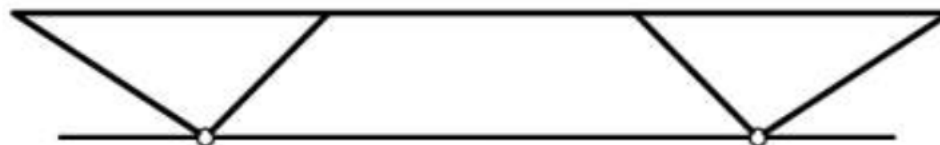
Slika 9.2.13: Okvirna AB konstrukcija za manji most ili podvožnjak u jednom rasponu 15 – 25 m



a) Dvozglubni okvir sa zglobovima i konzolnim oslanjanjem

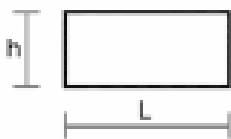

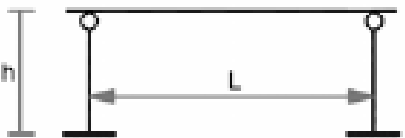

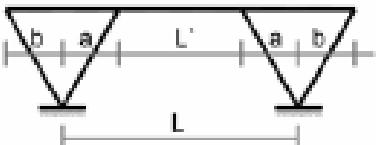


b) Dvozglubni okvir sa vertikalnim stubovima i zategama

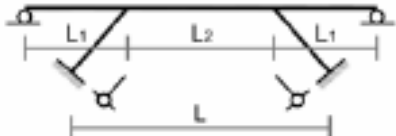

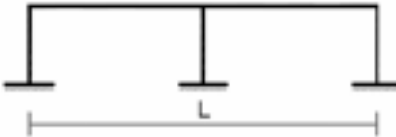
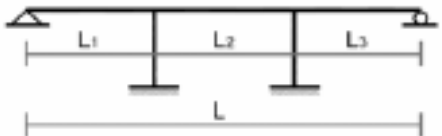
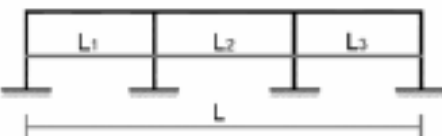
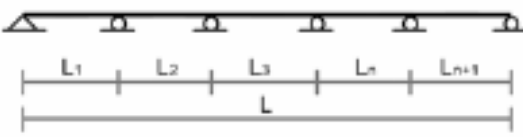
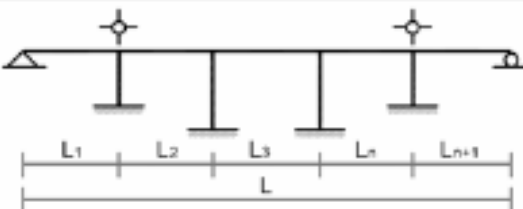


c) Dvozglubni okvir sa kosim stubovima i zategama

Slika 9.2.15: Dvozglubni okviri sa stubovima kao trougao štapova, zglobno oslonjen ili elastično uklješten.

STATIČKI SISTEM	NAZIV STATIČKOG SISTEMA OBJEKTA	MEJE RACIONALNIH RASPONA (L u m)	
		ARMIRANI BETON	PREDNAP. AR. BETON
1 	zatvoreni okvir	2 - 5 (8)	—
2 	otvoreni okvir	5 - 25	20 - 60
3 	okvir sa zglobovima na vrhu stubova	5 - 15 (20)	—
4 	nosač na dva oslonca	—	25 - 45
5 	okvir sa trouglastim stubovima sa zglobovima ili elastično uklješten	—	40 - 70


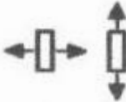







6		semi okvirna konstrukcija sa tri raspona i kosim stubovima	20 - 35	40 - 150
7		semi okvirna konstrukcija sa dva raspona	15 - 20	25 - 80
8		okvirna konstrukcija sa dva raspona	15 - 25	25 - 80
9		semi okvirna konstrukcija sa tri raspona	15 - 30	30 - 150
10		okvirna konstrukcija sa tri raspona	15 - 30	30 - 60
11		kontinuirana greda preko više puta	15 - 30	30 - 150
12		okvirna konstrukcija sa više raspona	15 - 30	30 - 150

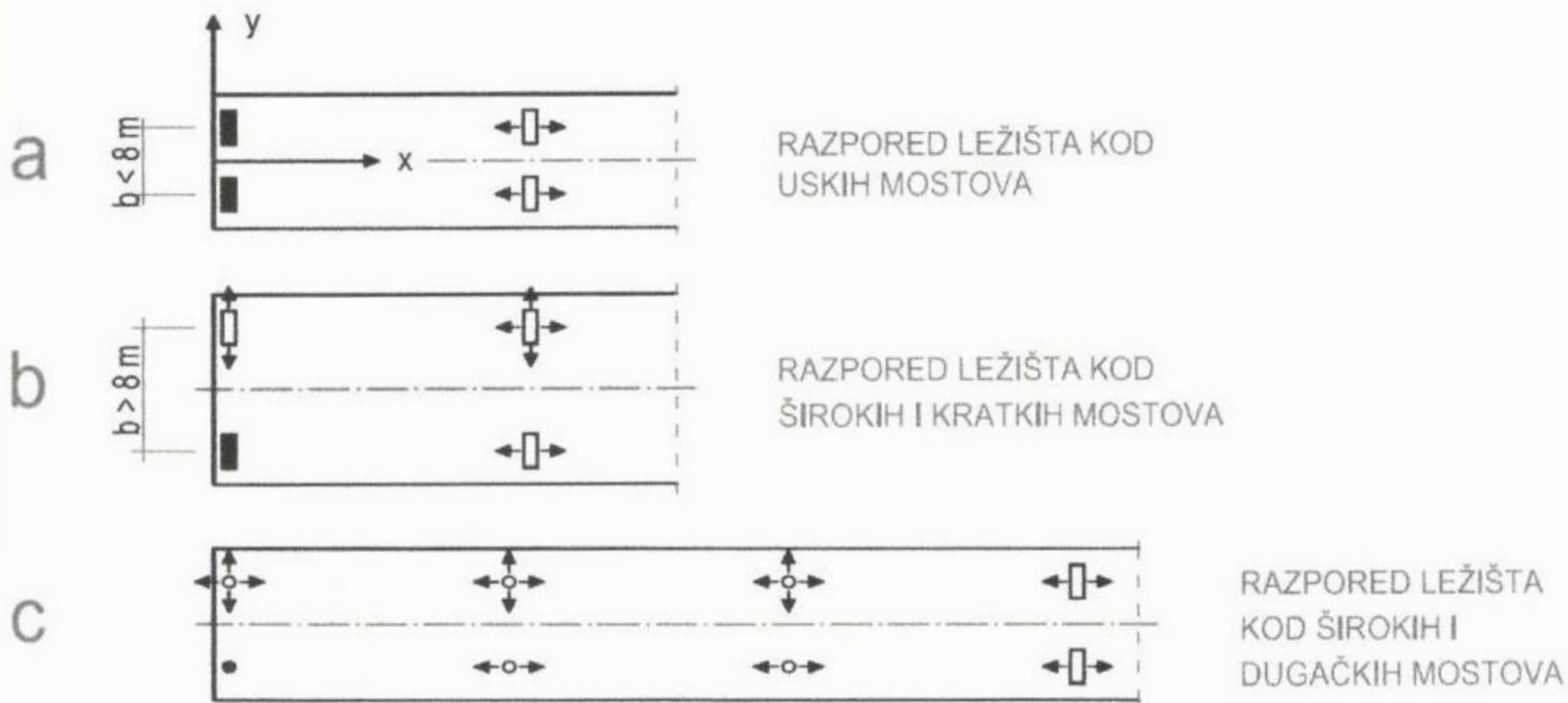
**Linijski ili tačkasti oslonci – ležišta**, kao oslonci rasponskih konstrukcija treba da obave tri osnovna zadatka:

- da preuzmu i prenesu vertikalne i horizontalne reakcije sa rasponske konstrukcije na stubove
- da omoguće deformacije rasponske konstrukcije
- da omoguće dilatiranje rasponske konstrukcije.

Za ispunjenje ova tri zadatka konstruktor mosta može primijeniti:

-  nepokretno ležište po liniji
-  pokretno ležište po liniji u jednom pravcu
-  tačkasto ležište po liniji u jednoj ravni
-  tačkasto okretljivo nepokretno ležište - zglobno oslanjanje u svim pravcima
-  tačkasti oslonac sa pokretljivošću u jednom pravcu
-  tačkasti oslonac sa pokretljivošću u svim pravcima
-  elastični odbojni oslonac za amortizaciju udara od selzmičkih uticaja

**Kod mostova u pravcu** koji pravougaono prelaze preko prepreka na izbor i raspored ležišta utiču dužina i širina mosta (slika 4.12).

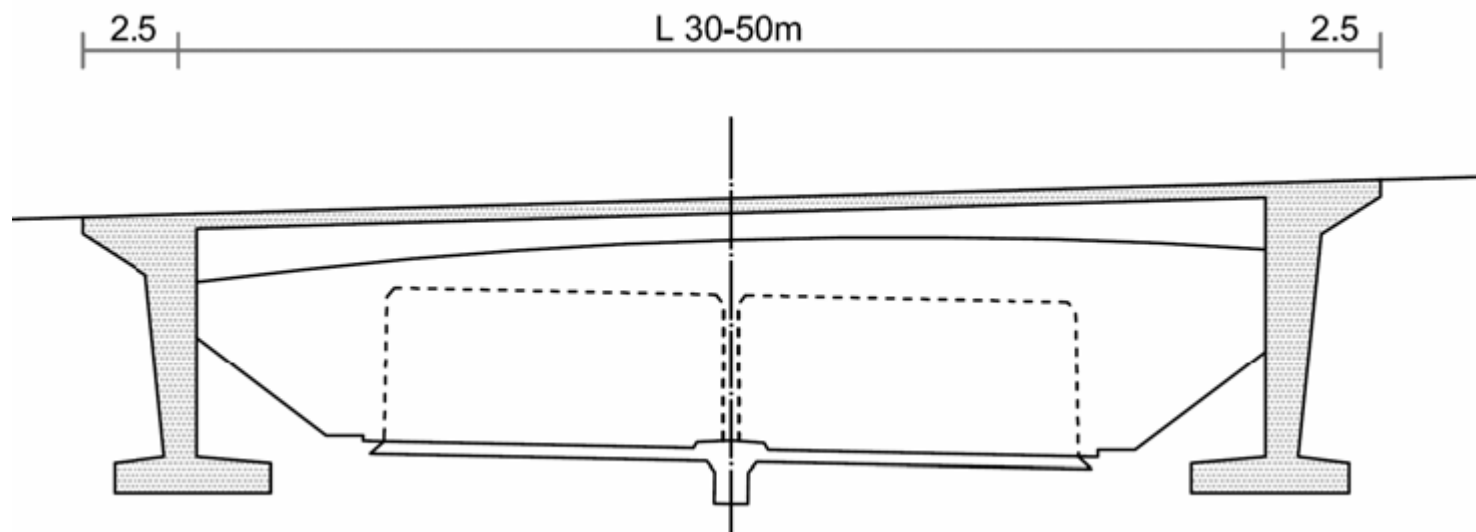


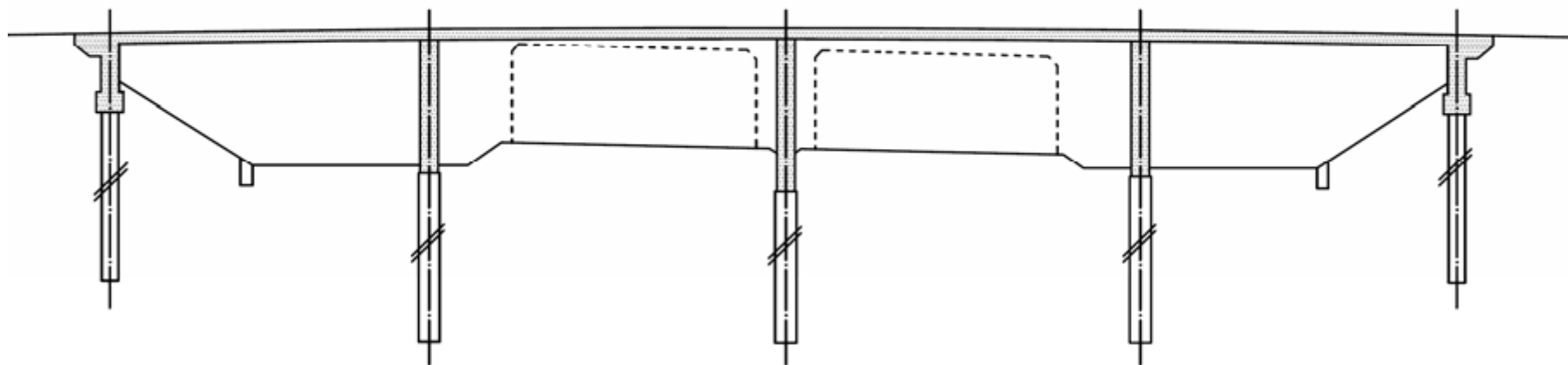
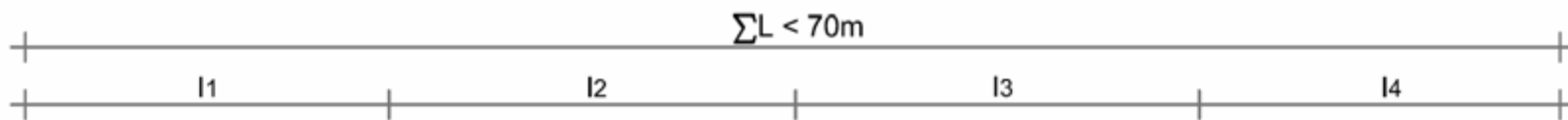
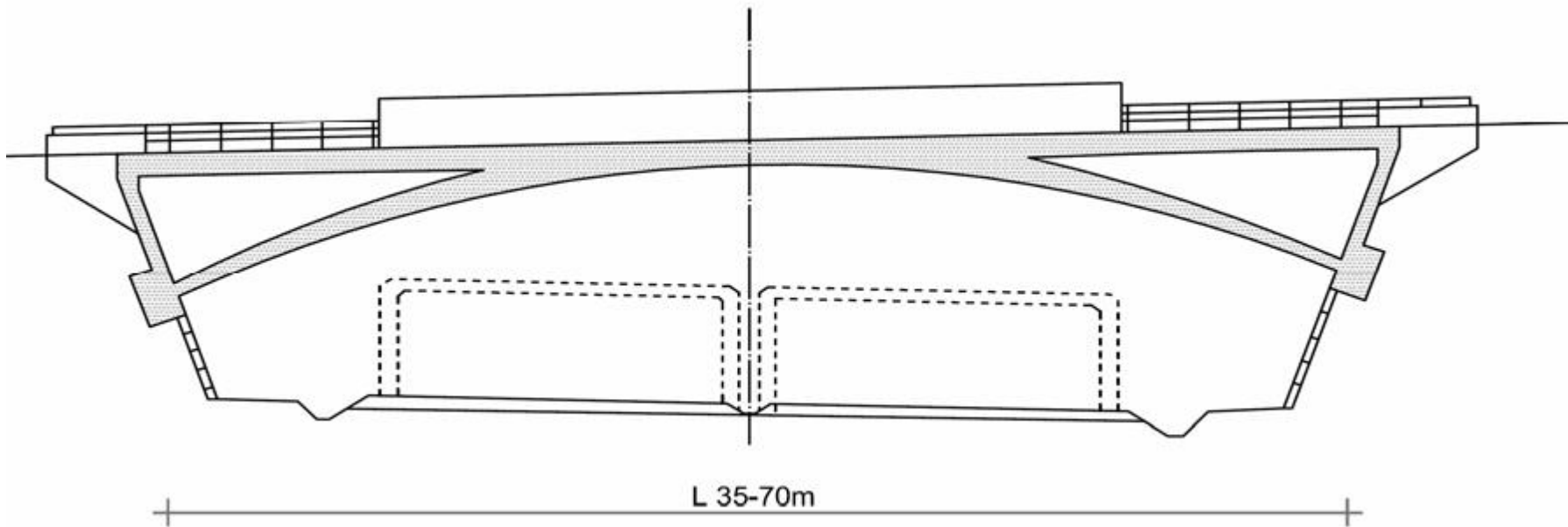
Slika 4.12

*Raspored ležišta grednih mostova u pravcu*

## Integralni mostovi

U praksi su najviše upotrebljeni statički sistemi, zatvoren okvir za propuste i manje objekte raspona do 8 m, okviri sa jednim rasponom 5 – 40 m i okviri sa dva, tri i više raspona ukupne dužine do 70 m.

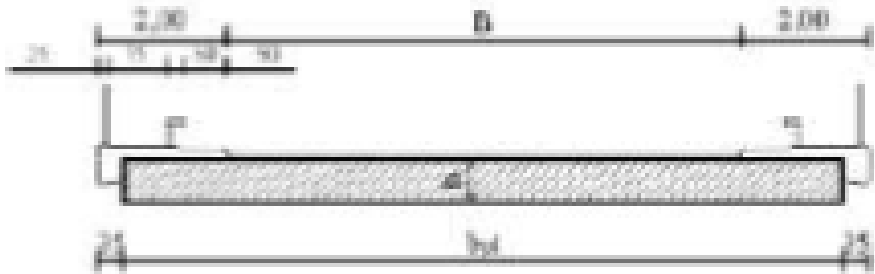
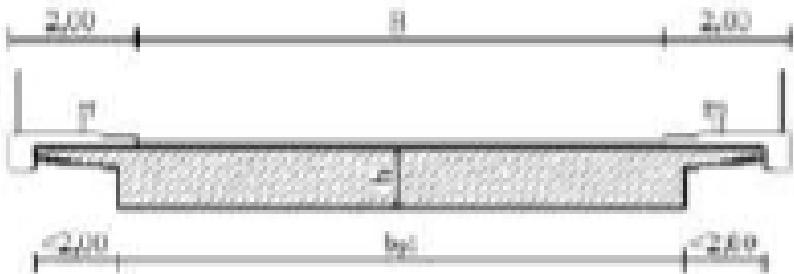
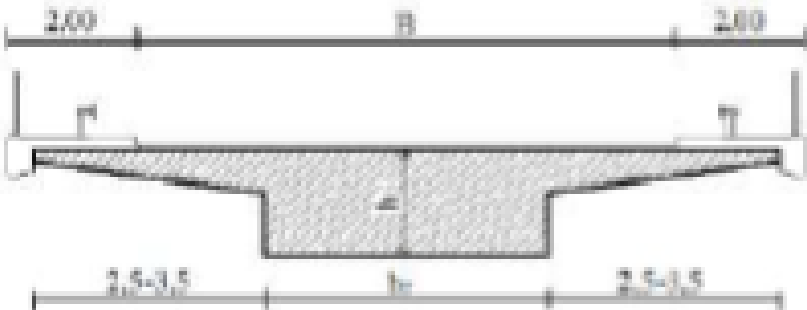


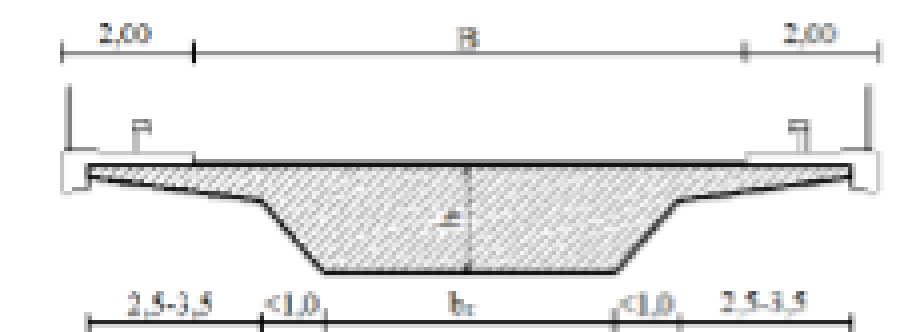
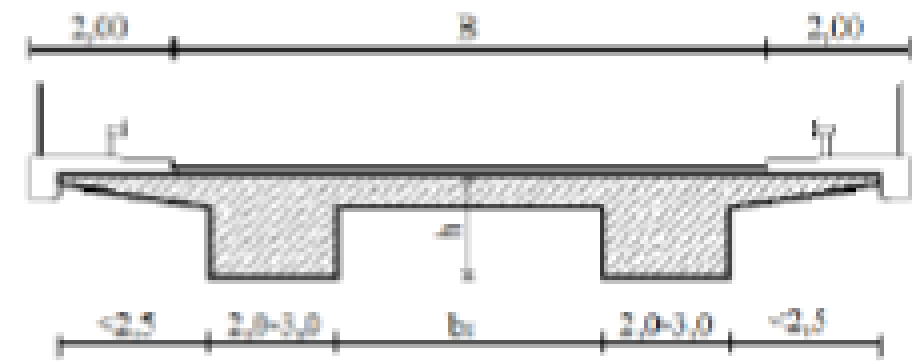
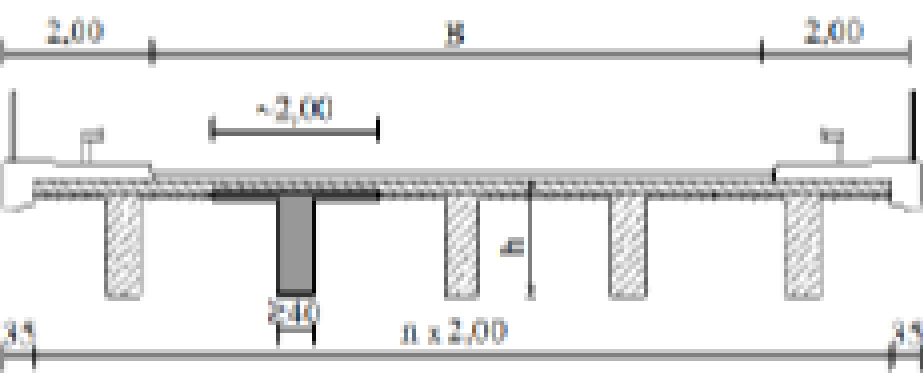




TIP PRESJEKA	POPREČNI PRESJEK	Armirani beton		Prednapregnuti beton	
		Rasponi* Lu(m)	Konstr. visina $h_k=l/u$	Rasponi* Lu(m)	Konstr. visina $h_k=l/u$
Puna ploča i pločasti nosač		5-15(20)	$\sim \frac{1}{15}$	15-30	$\frac{1}{15-20}$
Široki nosači		10-25	$\sim \frac{1}{15}$	20-35	$\frac{1}{15-20}$
Presjek sa dva šira nosača bez poprečnih nosača		15-30	$\sim \frac{1}{12}$	25-45	$\frac{1}{14-16}$
Sandučasti presjek		25-35	$\sim \frac{1}{12}$	>30	$\frac{1}{12-20}$
Presjek sa mont. T nosačima spregnuti sa monolitom AB pločom		—	—	10-35	$\frac{1}{10-20}$

# Konstruisanje poprečnog presjeka

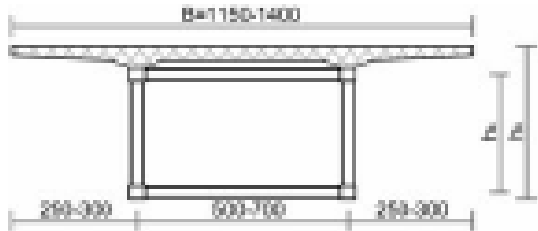
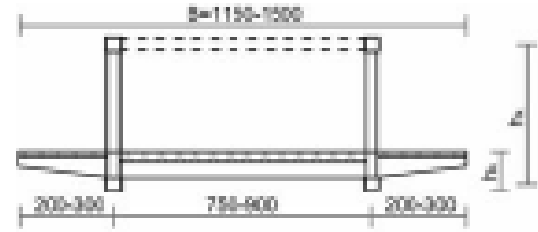
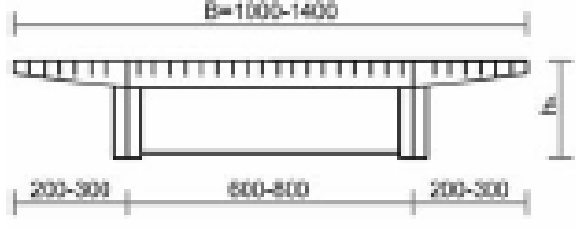
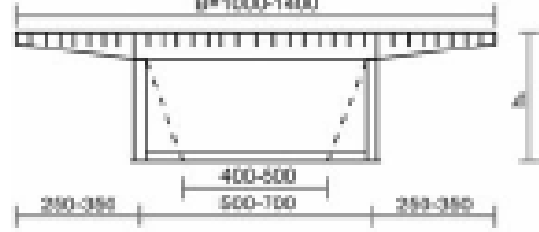
Tip preseka	Poprečni presezi integralnih betonskih mostova	Konstruktivna visina „h“
Puna ploča bez konzola		40 - 70
Puna ploča sa konzolama		80 - 100
Pločasti nosač		100 - 140

<p>Trapezni pločasti nosač</p>		<p>110 - 150</p>
<p>Rebrasta ploča</p>		<p>120 - 160</p>
<p>Montažni T nosači spregnuti sa monolitnom AB pločom</p>		<p>80 - 160</p>

Slika 9.3.11: Poprečni preseki rasponskih konstrukcija betonskih integralnih mostova

TABELA 11.4: Karakteristični poprečni presjeci spregnutih (čelik-beton) i čeličnih objekata

Tip presjeka	Naziv presjeka mosta	SKICA POPREČNOG PRESJEKA	Raspon l (m <sup>2</sup> ) Visina h (m)		Neke važne osobine presjeka mostova i viadukata
			Grede sa jednim rasponom	Kont. konstrukcije	
1	Otvoreni spregnuti presjek sa dva glavna nosača		20 – 40  $\frac{L}{15 - 25}$	40 – 150  $\frac{L}{15-30}$ (45)	Za mostove i viadukate u pravcu i krivinama sa velikim radijem
2	Zatvoreni sandučasti spregnuti presjek		30 – 60  $\frac{L}{15 - 25}$	60 – 200  $\frac{L}{15-30}$ (45)	Za velike raspane i mostove i viadukate u krivinama
3	Čelični pločasti nosači sa upuštenim spregnutim kolovozom		20 – 50  $\frac{L}{15 - 25}$	50 – 100  $\frac{L}{15 - 30}$	Za mostove sa ograničenom konstruktivnom visinom

4	Presjek sa spregnutim rešetkastim nosačima		40 – 100 $L$ 10 – 15	60 – 200 $L$ 10 – 30	Za mostove i viadukte bez ograničene konstruktivne visine
5	Čelični otvoreni presjek sa spuštenim spregnutim kolovozom		40 – 80 $L$ 10 – 15	60 – 150 $L$ 10 – 30	Za cestovne i željezničke mostove sa ograničenom konstruktivnom visinom
6	Čelični otvoreni presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom		50 – 80 $L$ 15 – 25	100 – 250 $L$ 15-30 (45)	Za mostove i viadukte velikih raspona u pravcu i blagim krivinama
7	Čelični sandučasti presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom		50 – 100 $L$ 15 – 25	100 – 300 $L$ 15 - 30 (45)	Mostovi i viadukti najvećih raspona u pravcu i krivinama gdje se zahtijeva velika torzijska otpornost presjeka

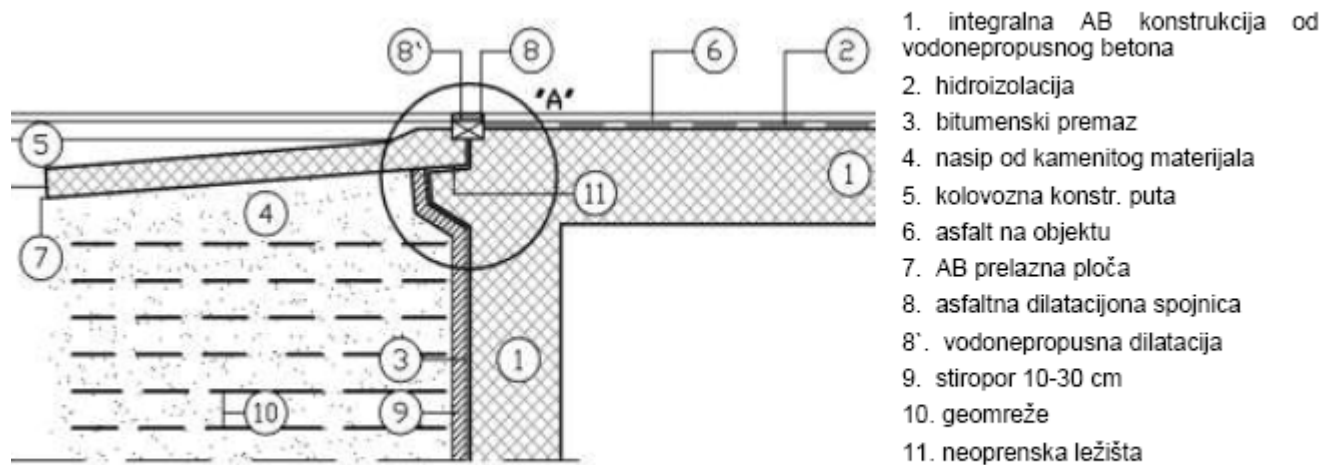




Slika 9.3.12: Prelaz sa integralnog AB mosta dužine do 15 m na nasip puta



Slika 9.3.13: Prelaz sa integralnog objekta dužine do 35 m na nasip puta bez prelazne ploče

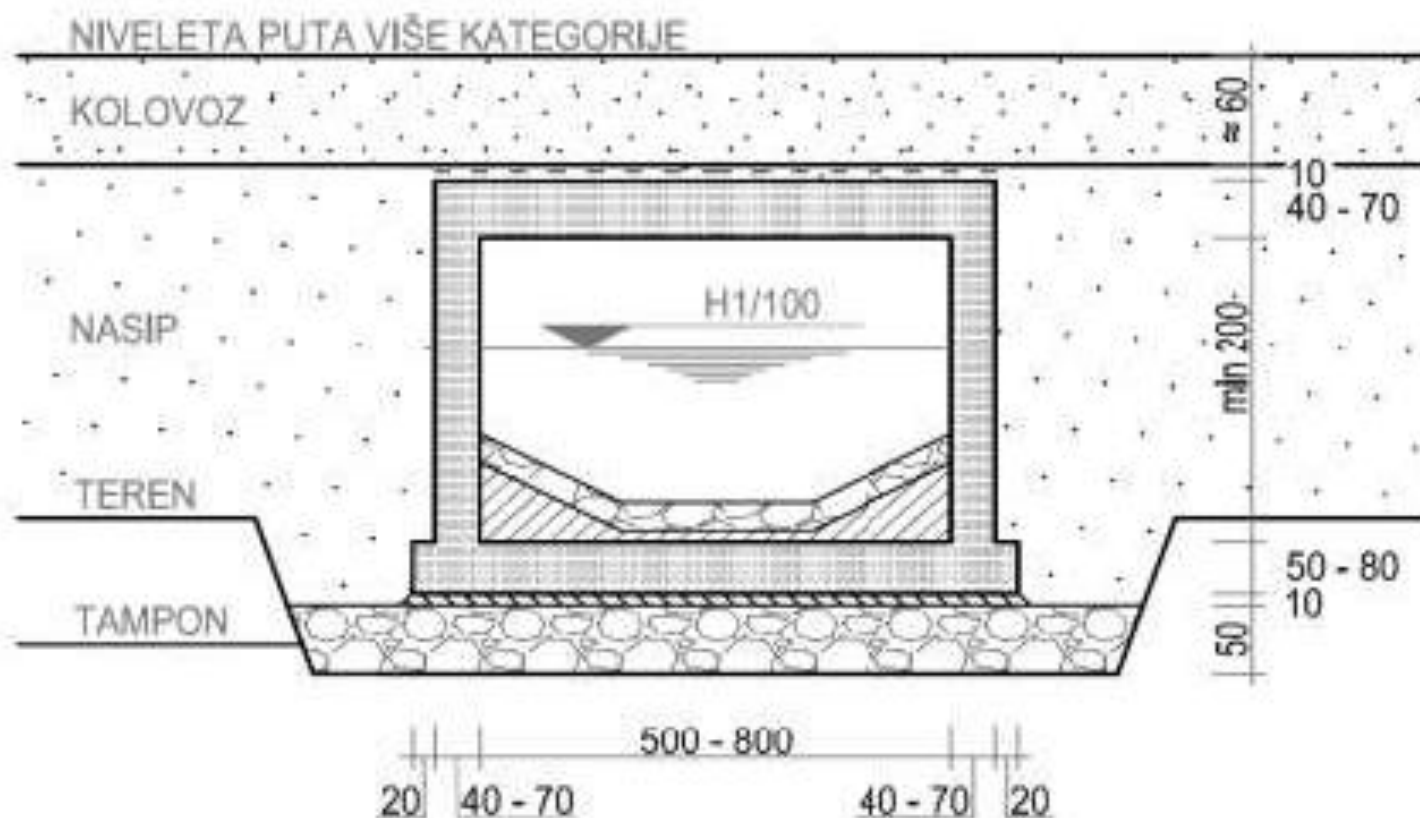


Slika 9.3.14: Prelaz sa integralnog mosta dužine do 70 (80 m) na put

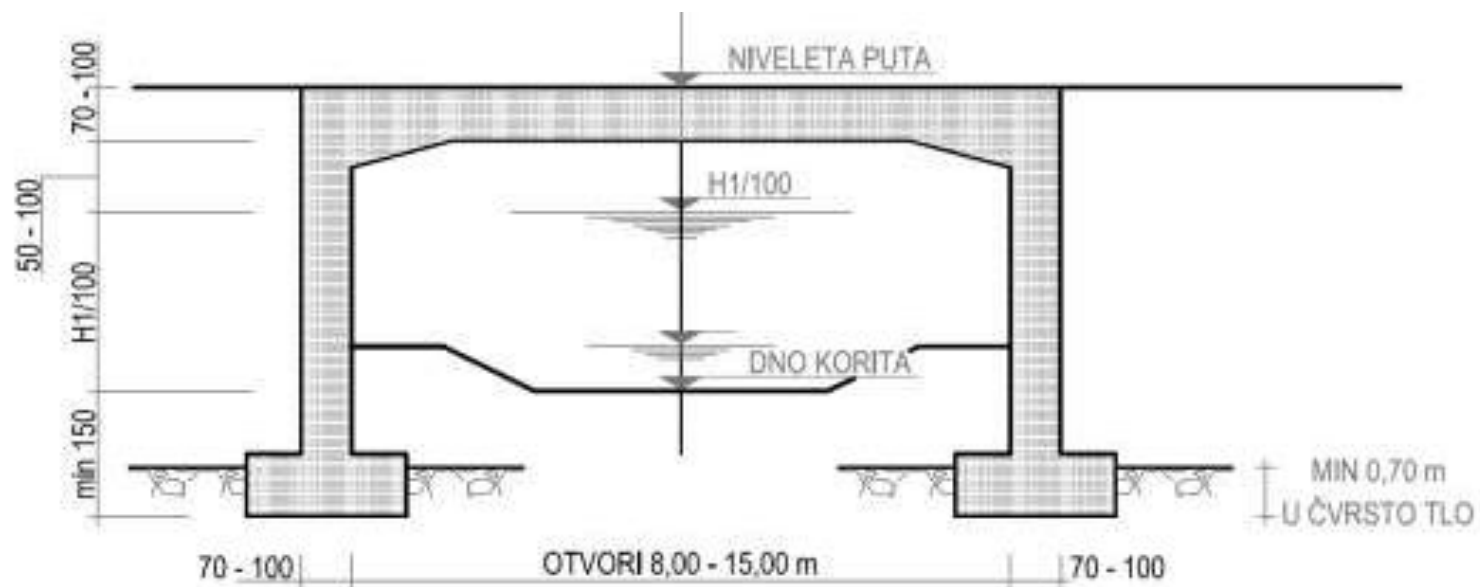


Slika 15: 3D model integralnog mosta

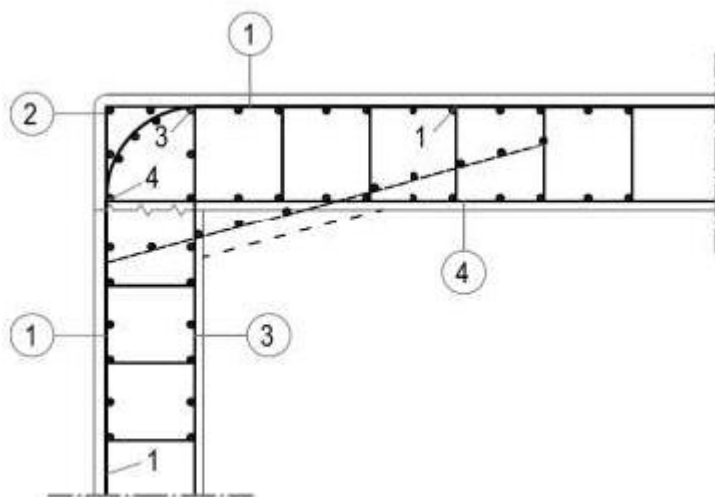
# **Manji mostovi i podvožnjaci**



**Poželjan položaj manjih objekta u odnosu na niveletu AP ili VP**

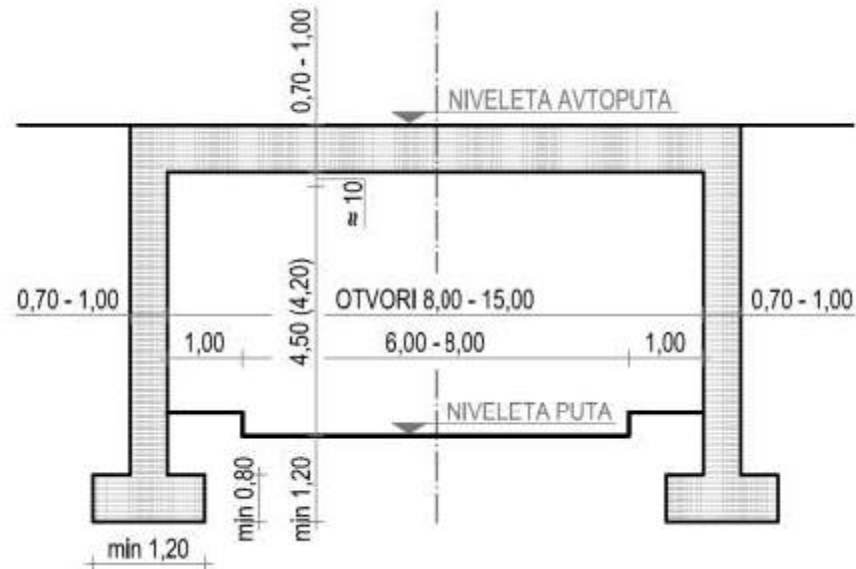


**Skica konstrukcije mostova otvora 8 - 15 m**

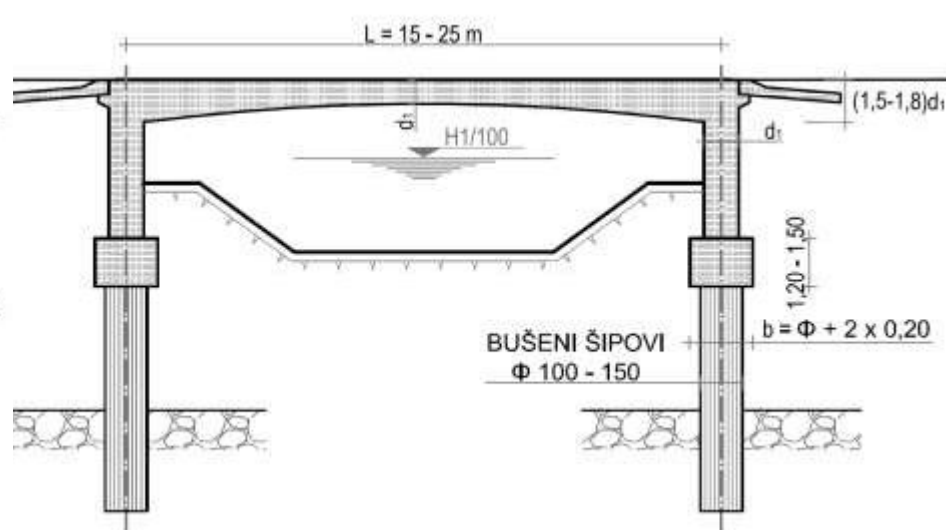


**Armiranje ugla AB okvirne konstrukcije**

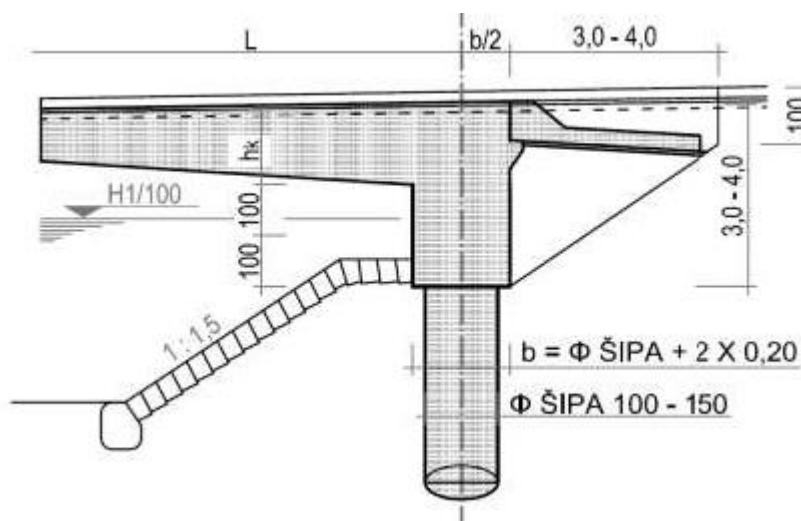




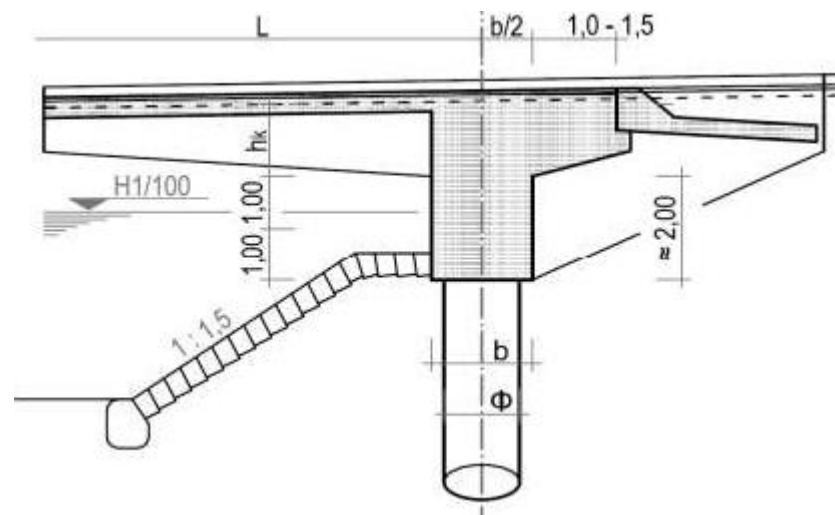
Skica konstrukcije podvožnjaka za otvore 8-15 m



Skica okvirnih AB konstrukcija za manji most ili podvožnjak u jednom okviru 15-35 m



Elastični oslonac na bušenim šipovima AB integralne konstrukcije



Elastični oslonac na bušenim šipovima AB prednapregnute integralne konstrukcije

## **Minimalne dimenzije elemenata i zaštitni slojevi kod betonskih mostova**

Jednostruko armirani presjeci bilo kog elementa nosive konstrukcije objekata moraju imati debljinu od 10 cm ili više.

Dvostruko armirani presjeci bilo koga elementa nosive konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 20 cm ili više.

Dvostruko armirani prednapregnuti presjeci bilo kog elementa konstrukcije objekta moraju imati debljinu od 22 cm ili više (ako su cijevi kablova do 80 mm).

Kolovozne ploče objekata na cestama moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na veličinu raspona i vrstu statičkog sistema.

Krajevi konzola moraju imati minimalnu debljinu 22 cm bez obzira na tip poprečnog presjeka i veličinu raspona. Ova debljina se zahtijeva radi obezbijeđenja dobre veze sa armaturom vijenca.

Minimalna debljina temeljnih ploča na spoju sa potporama objekta mora biti 100 cm a ploča nad šipovima 150 cm.

Minimalna debljina punih presjeka, zidova, srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 60 cm.

Minimalni promjer okruglih ili koncentričnih presjeka srednjih stubova za objekte na cestama mora biti 80 cm.

Minimalna debljina svih elemenata armiranobetonskih krajnjih upornjaka za objekte na cestama mora biti 30 cm.

Minimalna debljina zidova sandučastih i razdvojenih presjeka za srednje stubove mora biti 30 cm.

Minimalne debljine zaštitnih slojeva betona za nosive elemente objekata na cestama su:

4,5 cm za vanjske površine presjeka  
3,5 cm za unutrašnje površine presjeka  
5,0 cm za dijelove potpora koji se nalaze u zemlji ili su zasute sa zemljom.

## Izbor materijala za nosive konstrukcije objekata

Za raspone do 15 (20) m racionalna je upotreba armiranog betona.

Za raspone veće od 15 (20) m pa sve do raspona 60 m, najekonomičnija je upotreba armiranog prednapregnutog betona.

Za raspone veće od cca 60 m i u zavisnosti od niza drugih elemenata može biti ekonomičan i konkurentan spregnuti presjek čelik-beton.

Za raspone veće od 120 do 150 m, pored armiranog prednapregnutog i spregnutog prosjeka, postaje konkurentan i čelični presjek sa ortotropnom kolovoznom pločom.

U analizi izbora materijala za gornje konstrukcije objekata, posebno kod većih i velikih raspona, treba uzeti u obzir i slijedeće parametre: vrijeme izgradnje objekta, lokaciju i uslove u kojima se objekat gradi te trajnost i troškove održavanja.

Ako je upotrebljeno rješenje sa vodonepropusnim betonom, onda se moraju ograničiti pukotine od 0,25 na 0,20 mm, odnosno 0,1 mm za konstrukcije koje se nalaze u moru ili agresivnoj okolini.

Za potpore objekata treba upotrebljavati C 25/30 do C 40/50.

Za masivne krajnje potpore, temeljne pete i temeljne ploče treba upotrebljavati C 25/30.

Marka betona prema BAB 87	Klasa betona prema EUROCODE 2 i EN 206	Čvrstoća pri pritisku nakon 28 dana [ N/mm <sup>2</sup> ]	
		Cilindar O 15 cm / 30 cm	Kocka ivice 15 cm
MB 15	C 12/15	12	15
MB 20	C 16/20	16	20
MB 25	C 20/25	20	25
MB 30	C 25/30	25	30
MB 35	C 30/37	30	37
MB 40	C 30/37	30	37
MB 45	C 35/45	35	45
MB 50	C 40/50	40	50
MB 55	C 45/55	45	55
MB 60	C 50/60	50	60