

REPUBLIKA SRBIJA
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA

9.6 MOSTOVI I VIJADUKTI

BEOGRAD, 2012.

Izdavač: Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd

Izdanja:

Br.	Datum	Opis izmena i dopuna
1	30.04.2012	Prvo izdanje

SADRŽAJ

9.6.1	UVODNI DEO	1
9.6.1.1	PREDMET SMERNICE	1
9.6.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
9.6.1.3	TERMINOLOGIJA	1
9.6.1.4	KORIŠĆENE SKRAĆENICE	2
9.6.2	UVOD	2
9.6.3	STANJE I RAZVOJ MOSTOVA I VIJADUKATA	2
9.6.3.1	UVOD	2
9.6.3.2	SMANJENJE SOPSTVENE TEŽINE MOSTOVA I POVEĆANJE KORISNOG OPTEREĆENJA	4
9.6.3.3	POVEĆANJE POUZDANOSTI I TRAJNOSTI MOSTOVA	4
9.6.3.4	SMANJENJE CENE GRAĐENJA I ODRŽAVANJA	4
9.6.4	IZBOR LOKACIJE I POLOŽAJA MOSTA	4
9.6.5	IZBOR NOSEĆEG SISTEMA, MATERIJALA I TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOVA I VIJADUKATA	5
9.6.6	GABARITI ISPOD MOSTOVA	7
9.6.7	PADINSKI VIJADUKTI NA AUTOPUTEVIMA I BRZIM PUTEVIMA	8
9.6.7.1	POLOŽAJ AUTOPUTEVA NA PADINI	8
9.6.7.2	VISINSKI POLOŽAJ AUTOPUTA NA VIJADUKTIMA	10
9.6.7.3	ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA GRADNJE	11
9.6.7.4	VELIČINA RASPONA I POLOŽAJ STUBOVA	11
9.6.7.5	SPECIFIČNOSTI TEMELJENJA PADINSKIH VIJADUKATA	11

9.6.1 UVODNI DEO

9.6.1.1 Predmet smernice

Predmet i namena smernice 9.6 Mostovi i vijadukti je da ukaže na stanje i pravce razvoja mostova i vijadukata. Smernica potencira značaj pravilnog izbora lokacije i položaja mosta, izbor nosećeg sistema, materijala i tehnologije gradnje. U posebnom poglavlju su date specifičnosti projektovanja padinskih vijadukata na novim trasama autoputeva.

9.6.1.2 Referentni normativi

U opštoj smernici za projektovanje mostova navedeni su zakoni, pravilnici, standardi i smernice koje se odnose na projektovanje mostova.

Prilikom primene smernice 9.6 Mostovi i vijadukti potrebno je proučiti i koristiti:

- SRDM 9.1 Opšta smernica za projektovanje mostova
- SRDM 9.2 Noseći sistemi mostova
- SRDM 9.3 Koncipiranje, projektovanje i konstruisanje mostova
- SRDM 9.11 Tehnologije gradnje
- SRDM 9.12 Sekundarni elementi i oprema mostova

9.6.1.3 Terminologija

U opštoj smernici za projektovanje mostova data je celokupna upotrebljena terminologija. U ovoj smernici se daju samo pojmovi (termini) koji su karakteristični za ovu smernicu.

Putni objekti su: mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci, prešački mostovi, pešački prolazi, propusti, konstrukcije u pokrivenim usecima, galerije, tuneli, potporni zidovi i konstrukcije i konstrukcije za zaštitu od buke.

Mostovi u širem značenju su svi objekti (mostovi, vijadukti, pešački mostovi, pešački prolazi) koji služe za sigurno vođenje puteva preko prirodnih i veštačkih prepreka.

Mostovi u užem značenju su objekti koji služe za prelaz puteva preko vodenih prepreka (potoci, reke, kanali, jezera, morski zalivi) sa otvorom $\geq 5,0$ m.

Vijadukti su objekti koji služe za prelaz puteva preko prirodnih, pretežno suvih prepreka, odnosno dolina. Postoje dolinski vijadukti koji premošćavaju doline i padinski vijadukti koji su locirani paralelno sa padinom doline.

Visoke ulice su vijadukti za denivelisan saobraćaj u gradskim urbaniziranim prostorima.

Glavna konstrukcija mosta premošćava aktivno korito širokih (plovnih) reka.

Inundacione konstrukcije premošćavaju inundacione otvore između aktivnog korita i odbrambenih nasipa.

Noseća konstrukcija mosta je zajednički naziv za potpornu i rasponsku konstrukciju mostova.

Potpornu konstrukciju mostova čine:

- krajnji - obalni stubovi sa krilnim zidovima
- srednji - rečni stubovi.

Rasponska konstrukcija neposredno preuzima saobraćajno opterećenje i statičke i dinamičke uticaje prenosi na potpornu konstrukciju. Rasponska konstrukcija može biti od različitih materijala, različitih statičkih sistema i različitih preseka.

Osovina puta na mostu je identična sa osovinom trase puta, s tim da nije obavezno identična sa osovinom rasponske konstrukcije.

Niveleta mosta je identična sa niveletom trase puta na mostu.

Ukupna dužina mosta je odstojanje između osivine ležišta i osovine krajnjih stubova kod okvirnih konstrukcija bez ležišta.

Ukupna širina mosta je odstojanje između spoljašnjih ivica ivičnih venaca.

Ukupna površina mosta je proizvod ukupne dužine i ukupne širine mosta, a služi kao pokazatelj veličine mosta.

Statički rasponi mostova su razmaci između osovina susednih oslonaca.

Konstruktivna visina je visina rasponske konstrukcije koja može biti promenljiva ili konstantna.

Visina mosta je visina merena od odgovarajuće ravni terena do nivelete objekta.

Ukupna visina krajnjeg stuba je visina merena od dna temelja do nivelete objekta.

Ukupna visina srednjeg stuba je visina merena od dna temelja do donje ivice rasponske konstrukcije.

Svetla visina je slobodna visina od terena (nivoa srednje vode, nivelete donje saobraćajnice) do donje ivice gornje konstrukcije.

9.6.1.4 Korišćene skraćenice

AP – autoput
 BP – brzi put
 AB – armirani beton
 M/R/L – magistralni, regionalni i lokalni putevi
 BM – betonski most
 SM – spregnuti most
 RK – rasponska konstrukcija mosta
 BIM – betonski integralni most
 RHMZ – Republički hidrometeorološki zavod

9.6.2 UVOD

Mostovi u širem značenju su svi objekti (mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci) koji služe za sigurno vođenje puteva preko prirodnih i veštačkih prepreka. Mostovi u užem značenju su objekti za prelaz puteva preko vodenih prepreka (potoka, reka, kanala, jezera) sa otvorom ≥ 5 m.

Mostove možemo razvrstati po raznim kriterijumima, nameni, veličini, materijalu, nosećem sistemu itd.

Prema veličini mostovi se dele na:

- manje mostove ukupne dužine do 35 m (50 m)
- srednje mostove, ukupne dužine do 150 m
- veće mostove, ukupne dužine do 300 m
- velike mostove, ukupne dužine veće od 300 m.

U smernici 9.4 obrađeni su manji mostovi dužine (otvora) do 25 m (35 m) zajedno sa podvožnjacima i nadvožnjacima, jer su dispoziciono i konstruktivno slični. Tema ovoga poglavlja su srednji, veći i veliki mostovi. Prema nameni i funkciji mostove delimo na rumske, gradske i mostove za pešake. Težište poglavlja su drumski mostovi.

Vijadukti su karakteristični i česti objekti na trasama autoputeva u brdovitom i planinskom području. Vijaduktima se savladavaju teški morfološki i geološki terenski uslovi, omogućava velika računaska brzina na AP i odgovarajućim elementima trase. Na M/R/L putevima je mnogo manje vijadukata jer se trase prilagođavaju morfologiji terena. Postoje dolinski vijadukti koji premošćavaju duboke doline, padinski vijadukti na padinama dolina, vijadukti - visoke ulice u gradovima i vijadukti - objekti na saobraćajnim petljama.

Projektovanje i gradnja dolinskih vijadukata slična je gradnji mostova. Međutim, padinski vijadukti i posebno temeljenje padinskih vijadukata imaju dosta specifičnosti, pa će biti posebno obrađeni.

Na gradskim urbanima autoputevima i tranzitnim autoputevima u blizini naseljenih mesta i gradova i na saobraćajnim petljama projektuju se i grade vijadukti (visoke ulice) za denivelisano ukrštanje saobraćajnica u više nivoa. Opšta karakteristika ovih objekata je kompleksna geometrija i relativno mala visina iznad terena.

Betonske monolitne konstrukcije koje se grade na prenosnoj čeličnoj skeli polje po polje raspona 20 - 35 m sa pločastim nosačima manje konstruktivne visine se najbolje prilagođavaju složenoj geometriji trase na delu objekta.

Poželjno je da se stubovi ovih vijadukata lepo oblikuju sa koncentrisanim presekom tako da što manje zatvaraju prostor ispod objekata. Nasip na prelazu sa trupa puta na objekat ne bi trebalo da bude veći od 5 m i treba da ima blage kosine ili paralelne zidove do uklapanja u teren. Minimalna visina nasipa je 3,5 - 4,0 m, pa je ispod kraja objekta omogućen prolaz pešacima i biciklistima. Estetika objekta i skladno uklapanje u urbani prostor su jako izraženi kod ovih vijadukata.

9.6.3 STANJE I RAZVOJ MOSTOVA I VIJADUKATA

9.6.3.1 Uvod

Osim brojnih mostova, vijadukata, nadvožnjaka i podvožnjaka na autoputevima i brzim železnicama postoji naglašena potreba za povezivanje ostrva sa kopnom, premošćavanje moreuza i fjordova, premošćavanje širokih reka i dubokih dolina i denivelisan prelaz autoputeva i brzih

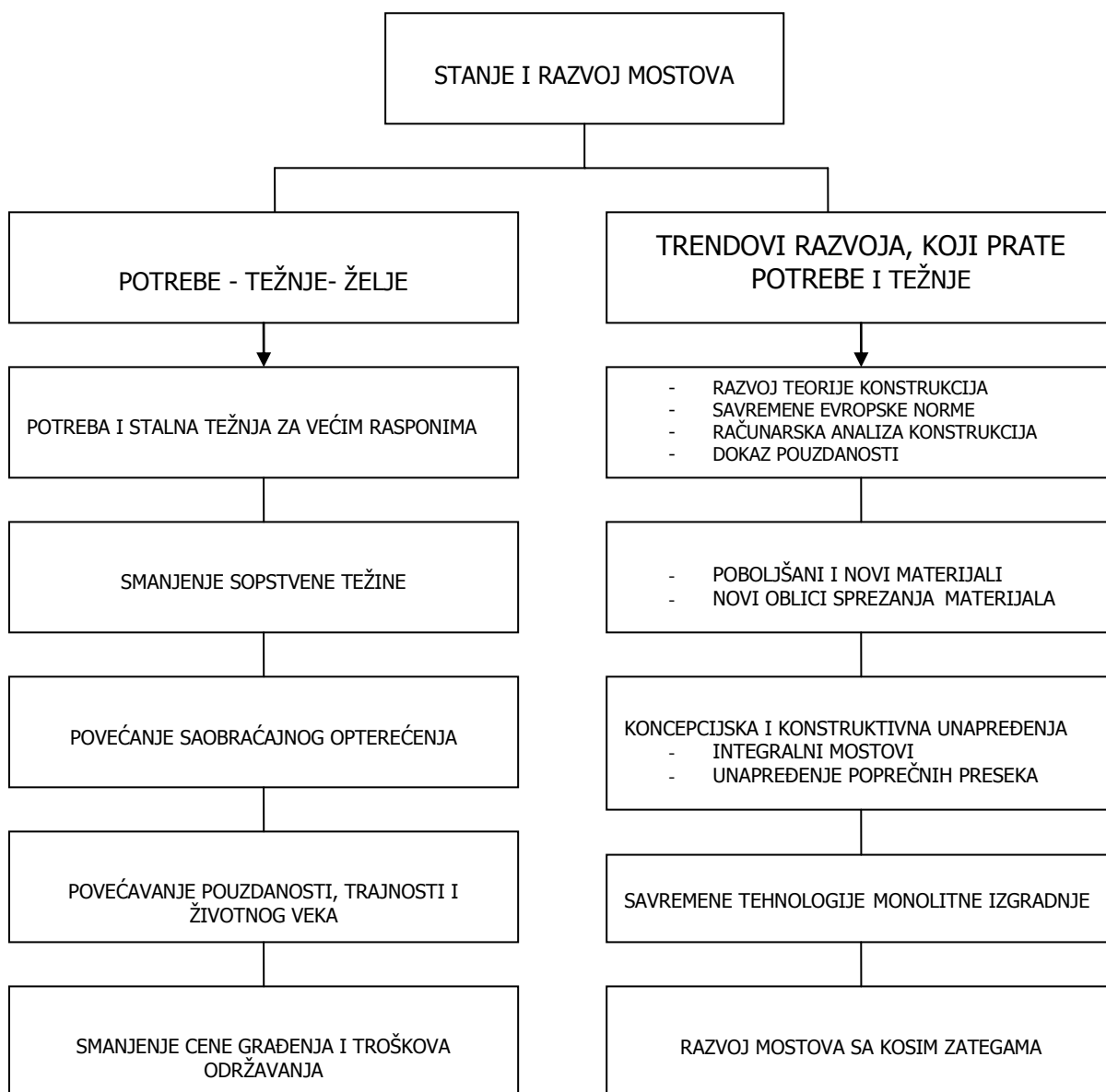
železnica preko urbanih prostora. Rasponi, ukupne dužine i visine mostova svih nosećih sistema i od različitih materijala su dostigli izuzetne veličine.

Gredni betonski mostovi daleko su najbrojniji objekti na postojećim i novim saobraćajnicama. Rasponi betonskih mostova su u širokim granicama od 5 do 300 m, a njihove dužine su u granicama od 10 do 20 km. Raspon od 300 m postignut je na mostu Raftsundet u Norveškoj i u Kanadi.

Gredni čelični most Niteroj - Rio de Žaneiro ukupne dužine 14 km sa glavnim rasponom od 300 m je izgrađen 1975. godine. Gredni čelični rešetkasti mostovi rekordnih raspona 518 i 548 m su izgrađeni još početkom 20. veka u Škotskoj i Kanadi.

Lučni betonski most za povezivanje ostrva Krk sa kopnom sa rasponom od 390 m i tročelijskim sandučastim presekom koji je izgrađen tehnologijom proste konzolne gradnje je predstavljao rekord sve do pre 15 godina. Kinezi su 1997. godine izgradili lučni most Vankisian sa rasponom 425 m. Sandučasti presek luka ima betonirane čelične cevi. Lučni čelični most sa rekordnim rasponom luka od 518 m izgrađen je 1976. godine u SAD.

Od bruklinškog visećeg mosta sa rasponom od 486 m iz 1883. godine do danas viseći mostovi su dosegli izuzetno velike raspone. Reprezentativni srednji raspon između pilona iznosi sada 1990 m na mostu Akaši Kaikjo u Japanu. Mostovi sa kosim zategama su se u poslednjih 50 godina razvijali najdinamičnije i najbrže.



Slika 9.6.1: Shematski prikaz stanja i razvoja mostova

9.6.3.2 Smanjenje sopstvene težine mostova i povećanje korisnog opterećenja

Jedan od nedostataka najčešće primenjivanih betonskih mostova je veliki uticaj sopstvene težine na statičke veličine koje dostižu vrednosti 50 - 80 % ukupnih statičkih uticaja. Nastojanje da se povećaju korisna opterećenja drumskih mostova je stalno i posledica je realnih potreba privrede i razvoja. Težina normiranih vozila za drumske mostove se u poslednjem veku povećala sa 120 kN na 1000 kN, tj, desetostruko. Vanredni tereti sada dostižu i 7000 kN ukupne težine. Na smanjenje sopstvene težine betona može da se utiče i upotrebom lakih agregata ili upotrebom betona velike čvrstoće. Za mostove velikih raspona preko 200 (300) m prednost imaju znatno lakše sprengute i čelične konstrukcije mostova.

Primena visokovrednih betona i spoljašnje prednaprezanje omogućavaju smanjenje dimenzija i težine rasponskih konstrukcija.

9.6.3.3 Povećanje pouzdanosti i trajnosti mostova

Veliki opseg oštećenja betonskih mostova, posebno onih koji su bili izgrađeni kao montažni, usmerio je pažnju na istraživanja i rešenja koja povećavaju trajnost i pouzdanost mostova. Životni vek mostova od 100 godina je unapred određen, a treba ga dostići pravilnom investicionom politikom, dobrim projektima i kvalitetnom gradnjom. Na trajnost mostova utiču pravilna koncepcija, konstruktivna rešenja, tehnologija i kvalitet gradnje, rešenja opreme, kao i redovno i investiciono održavanje.

9.6.3.4 Smanjenje cene građenja i održavanja

Smanjenje cene gradnje mostova je stalna i pozitivna tendencija investitora pod uslovom da ne utiče na kvalitet gradnje i pouzdanost mosta. Na smanjenje cene gradnje se utiče dobrim projektom objekta, pravilnim izborom savremenih tehnologija građenja i tržišnom konkurencijom između sposobnih i profesionalnih izvođača. Mostovi koji su građeni prema kriterijumu povećane trajnosti omogućavaju manje troškove održavanja. Pravilno i pravovremeno otklanjanje oštećenja na opremi i konstrukciji mostova, a posebno na sistemu odvodnjavanja, smanjuje cenu i obim sanacija i

rekonstrukcija. Želje investitora za nerealno niskim cenama i kratkim rokovima gradnje ima za posledicu smanjenje trajnosti i povećanje troškova održavanja.

Na desnoj strani sheme (slika 9.6.1) prikazani su odgovori savremene prakse i razvoja mostova na želje i težnje u mostogradnji. Tema i sadržaj smernica koncipiran je tako da sledi trendove razvoja koji prate potrebe i težnje u razvoju mostova što je vidljivo iz slike 9.6.1 Shematski prikaz stanja i razvoja mostova.

9.6.4 IZBOR LOKACIJE I POLOŽAJA MOSTA

Lokacija mosta bitno utiče na cenu mosta, uslove gradnje, sigurnost i nivo usluge saobraćaja, zaštitu okoline i razvoj naselja i gradova.

Kod mostova koji se projektuju u sklopu trase puteva lokacije mostova su u velikoj meri uslovljene položajem trase. Na izbor lokacije mosta utiču razred puta, veličina mosta i karakteristike prepreke. Mostove je poželjno locirati na ustaljenim delovima rečnog toka u pravcu čime se smanjuje mogućnost podlokavanja rečnih stubova.

Lokacije vijadukata su predodređene položajem trase autoputa. Na izbor lokacije je moguće uticati u saradnji sa projektantom AP u granicama propisane geometrije autoputa. Manji i srednji mostovi prilagođavaju se trasama puteva, a kod velikih mostova trase puteva se prilagođavaju dobro izabranom lokaciji mostova.

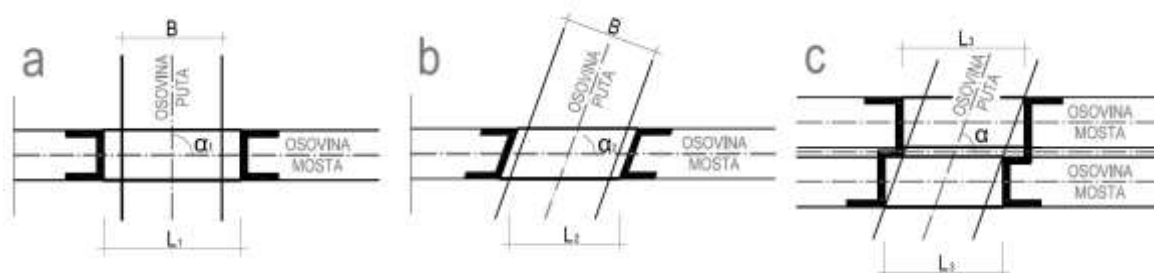
Kod mostova koji se projektuju kao samostalni objekti u naseljenim mestima i gradovima može značajnije da se utiče na izbor lokacija izradom nacrtu prostornog i urbanističkog razvoja. Za velike mostove preko morskih zaliva, širokih reka, jezera i širokih i dubokih dolina izrađuju se posebne studije na nivou idejnih rešenja u kojima se analiziraju parametri komparativnih uslova koji utiču na izbor lokacije. Projektanti mostova moraju zajedno sa projektantima trasa puteva i geolozima da učestvuju u izboru trase u zoni većih i velikih mostova.

Kod plovnih reka i kanala lokacije i dispoziciona rešenja mostova u znatnoj meri zavise i od uslova plovidbe. Projektanti trase i mostova treba da te uslove upoznaju tokom početnih aktivnosti pri izboru lokacije i rešenja mostova.

Lokacije mostova preko velikih, a posebno plovnih, reka biraju se na delovima tokova u pravcu na kojima su obale i korito ustaljeni. Osovina saobraćajnice i mosta treba da bude upravna na reku, jer se time dobija najkraći most, manji uspor velikih voda zbog stubova mosta i miran prolaz brodova ispod mosta. Veličine plovnog otvora su obrađene u poglavlju 9.1.2. Dužinu mostova određuje položaj odbrambenih nasipa i veličina inundacionih otvora.

Lokacije srednjih i manjih mostova prilagođavaju se rešenjima trasa puteva u

zavisnosti od ranga puta. Na trasama AP mesto i položaj mostova je teško menjati. Trase lokalnih i regionalnih puteva mogu da se racionalno prilagode povoljnoj lokaciji i položaju mosta. Svaka lokacija mosta je specifična i treba je sagledati sa svih aspekata. Položaj i ugao ukrštanja mostova na manjim vodotokovima mogu da se poboljšaju i manjim uređenjem i regulacijama. Ugao ukrštanja osovine puta i osovine vodotoka neposredno utiče na dužinu i konstrukciju mostova (slika 9.6.2).



Slika 9.6.2: Varijante prelaza manjih mostova preko vodotoka

Prelaz pod uglom $\alpha_1 = 90^\circ$ između ose puta (mosta) i vodotoka omogućava projektovanje upravnog mosta najmanje dužine i relativno jednostavne geometrije i konstrukcije (slika 9.6.2a).

Kosi prelas pod uglom $\alpha_2 < 90^\circ$ može da se projektuje kao kosi most dužine L_2 koja je veća od dužine L_1 upravnog mosta. Za uglove ukrštanja manje od 45° treba posebno proučirati i primeniti specifična rešenja.

Kosi prelas dužih širokih - dvojnih mostova na AP treba projektovati kao upravne mostove sa smaknutim obalnim stubovima (slika 9.6.2c).

Međuoslonce kosih mostova u neregulisanim vodotokovima treba projektovati sa koncentrisanim preseccima koji se prilagođavaju u koritu vodotoka bez povećanja raspona.

Lokacija i položaj mosta pored ostalog treba da omoguće projektovanje nivelete puta i dužine (otvora) mosta za bezbedno proticanje stogodišnjih velikih voda sa zaštitnom visinom i konstruktivnom visinom rasponske konstrukcije.

Kod manjih mostova otvora do 35 (40) m iznad neregulisanih vodotokova treba izbegavati stubove u koritu vodotoka. Kod dužih mostova rečne stubove treba konstruisati tako da stvaraju minimalni uspor i da su temeljeni u geološkoj osnovi ili duboko na bušenim šipovima ili bunarima.

Obalne stubove mostova treba odmaći minimalno 5,00 m od obala reke da bi se dobio prostor za prolaz pešaka, stoke i lokalnih puteva. Pravilnim rasporedom položaja stubova mostova treba sačuvati prirodne ili regulisane obale reka i kanala.

9.6.5 IZBOR NOSEĆEG SISTEMA, MATERIJALA I TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOVA I VIJADUKATA

Noseći (statički) sistemi mostova su obrađeni u smernici 9.1.6. Na trasama novih puteva i autoputeva najviše se primenjuje gredni i okvirni sistemi, vrlo retko lučni i sistemi sa kosim zategama. Na izbor nosećeg sistema utiču:

- dužine, dubina i zauzeće prepreke
- geološka građa terena i uslovi temeljenja
- racionalan odnos veličine raspona i visine stubova
- izbor materijala i potencijalne tehnologije gradnje
- ekonomičnost gradnje.

Više od 80 % svih izgrađenih mostova i vijadukata su betonski gredni objekti i ta tendencija se nastavlja. Veličina raspona, ukupna dužina, konstrukcija poprečnih preseka, način oslanjanja i prenosa uticaja sa rasponske konstrukcije na stubove i tehnologija gradnje menjali su se tokom više

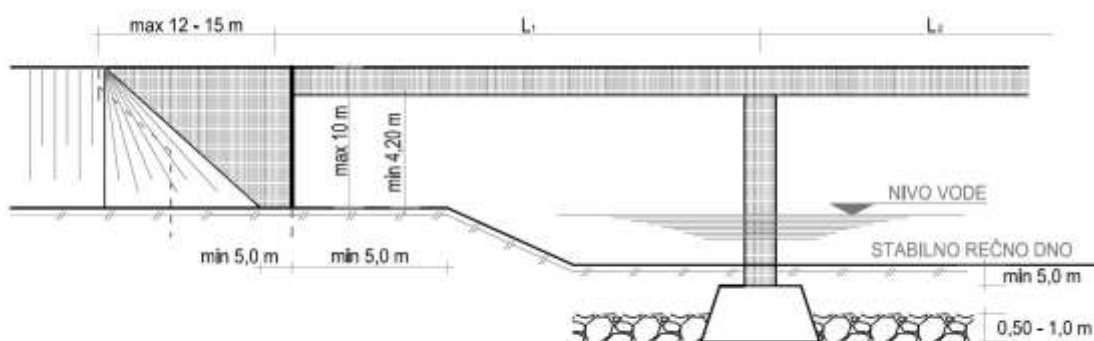
od 100 godina razvoja betonskih mostova. U smernici 9.1.13 su obrađene rasponske konstrukcije betonskih mostova, u smernici 9.1.14 rasponske konstrukcije spregnutih mostova, a u smernici 9.1.14 oslonci (stubovi) mostova.

U savremenoj praksi nisu više dozvoljeni diskontinualni sistemi betonskih mostova od montažnih nosača ili sistemi sa zglobovima u rasponskim konstrukcijama. Betonski mostovi mogu biti samo kontinualni i okvirni ili kvazi okvirni.

Na izbor veličine raspona najviše utiče visina mosta, morfološko hidrotehničke karakteristike prepreke, način temeljenja i tehnologija izgradnje. Kod viadukata je poželjan odnos visine stubova prema veličini

raspona 1:2 kod niskih niveleta do 1:1,5 kod visokih niveleta. Veličina raspona izravno utiče na cenu mosta i izbor tehnologije izgradnje. Dužinu mostova i viadukata određuje proticajni profil odnosno morfologija prepreke kod viadukata. Položaj obalnih – krajnjih stubova određuje ukupnu dužinu mosta i u ravnom terenu ne bi trebalo da su viši od 10 m (slika 9.6.3).

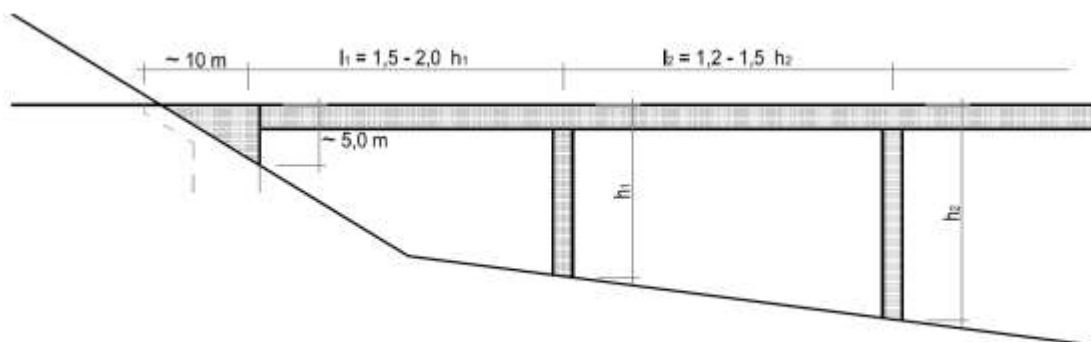
Rečni stubovi se temelje u čvrstom tlu direktno do dubine 6 m ili duboko posredstvom bušenih šipova. Kod pritkog temeljenja dno temelja mora biti usidrano min. 0,5 – 1,00 m u čvrstu stenovsku podlagu. Gornja površina temelja ili temeljnih ploča iznad šipova (slika 9.6.3) treba da su min. 0,50 m ispod rečnog dna.



Slika 9.6.3: Položaj obalnog stuba i konstruktivni uslovi temeljenja u rečnom koritu

Kod dolinskih vijadukata položaj i konstrukcija obalnih stubova zavisi od nagiba padina i uslova temeljenja. Nije poželjno da deo obalnog stuba iznad padine bude veći od

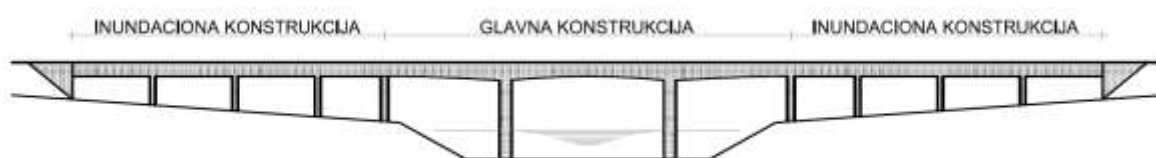
5 m, tako da zajedno sa paralelnim krilnim zidovima zatvara nasip koji nije poželjan na padinama (slika 9.6.4).



Slika 9.6.4: Položaj krajnjeg stuba na padini i odnos raspona i visine stubova

Pri premošćavanju širokih reka sa izraženim inundacionim otvorima razlikujemo deo mosta iznad glavnog korita i delove mosta iznad inundacionih otvora. Konstrukcija mosta može da bude jedinstvena sa

stanovišta statičkog sistema i materijala, a može da bude i različita za inundacione otvore i glavno korito, što zavisi od niza okolnosti koje su specifične za svaki most (slika 9.6.5).



Slika 9.6.5: Shema mosta preko širokih reka

Izbor materijala za rasponske konstrukcije mostova i vijadukata utiče na cenu i brzinu gradnje, a zavisi od stanja na tržištu i opreme potencijalnih izvođača. Za vijadukte i mostove raspona do 60 m prednost ima beton. Za veće raspone i visine vijadukta iznad 50 m konkurentna su rešenja sa spregnutim, čelik – beton rasponskim konstrukcijama. Za okvirne konstrukcije mostova i nadvožnjaka sa jednim rasponom koji je veći od 45 m spregnuta konstrukcija ima prednosti. Primena čeličnih rasponskih konstrukcija sa ortotropnom kolovoznom pločom može da se koristi za raspone veće od 150 m.

Istovremeno sa koncipiranjem i projektovanjem mostova i vijadukata projektant treba da prouči i usvoji tehnologiju gradnje. U posebnom poglavlju 9.1.17 obrađene su savremene tehnologije gradnje rasponskih konstrukcija betonskih mostova u zavisnosti od veličine raspona, ukupne širine poprečnog preseka i drugih parametara. Prednost je data monolitnim ili montažno monolitizovanim kontinualnim i okvirskim konstrukcijama kojima se postižu veća trajnost i manji troškovi održavanja.

U idejnoj fazi projektovanja mostova i vijadukata bitno je pravilno izabrati i definisati način temeljenja na osnovu geološko – geotehničkog elaborata, uslova gradnje i karakteristika vodotoka. U poglavlju 10.1 obrađeno je temeljenje na šipovima, a u poglavlju 10.2 temeljenje na bunarima.

9.6.6 GABARITI ISPOD MOSTOVA

Pre početka projektovanja mostova preko reka od RHMZ-a i nadležnog JVP traži se mišljenje i vodoprivredni uslovi. Prema dobijenim velikim vodama, brzini proticaja i ranga puta treba odrediti sigurnostnu zaštitnu visinu, koja je min. 0,6 m i otvor mosta.

Vodoprivredna sagalsnost se dobija na projekt mosta zajedno sa hidrauličkim proračuna otvora mosta na osnovu prethodno dobijenih vodoprivrednih uslova.

Niveleta puta na mostu određuje se tako što se na kotu stogodišnje vode sa usporom ($H/100 + uspor$) doda zaštitna sigurnosna visina i konstruktivna visina rasponske konstrukcije mosta.

Sigurnosna visina je slobodna visina između kote ($H/100$) stogodišnje velike vode ($Q1/100$) sa usporom usled stubova mosta i najnižeg donje ivice rasponske konstrukcije mosta.

Kod mostova na putevima nižeg ranga sigurnosna visina se može odrediti kao $Q1/20$ ili $Q1/30$.

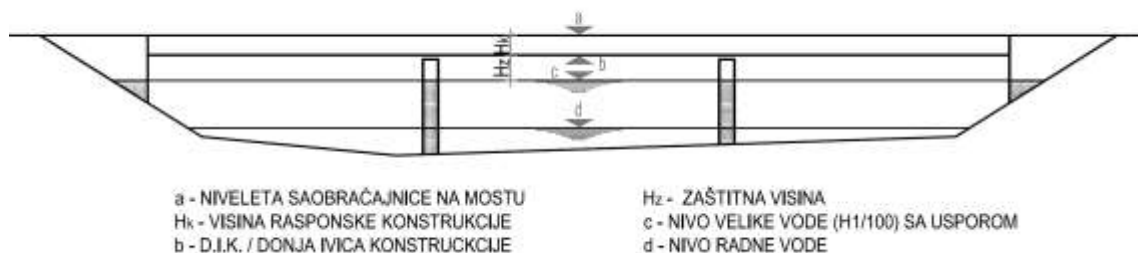
Kod kanala i regulisanih vodotoka, sigurnosna visina iznosi 0,6 m, a kod prirodnih neregulisanih vodotoka najmanje 1,0 m. Kod bujičnih vodotoka kod kojih mogu da se pojave predmeti koji plivaju sigurnosna visina mora da iznosi 1,0 – 1,5 m. Moguće su i druge vrednosti sigurnosnih visina, ako ih izričito zahtevaju vodoprivredne uslove i saglasnost vodoprivrede (slika 9.6.6).

Na većim neplovnim rekama i jezerima na kojima se predviđa plovidba čamaca i jedrilica sigurnosne visine su:

- za splavove i čamce 2,5-3,0 m
- za veće čamce i jedrilice 3,0-4,0 m.

Širina otvora mosta i položaj obalnih stubova mogu samo neznatno da povećavaju kotu $H/100$, a time i niveletu mosta.

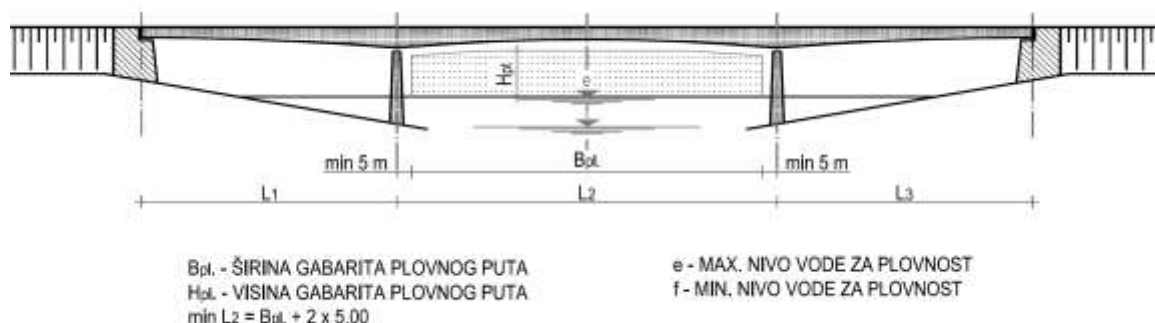
U zavisnosti od oblika rečnog korita i okolnog terena preporučljivo je da se poveća otvor mosta za prolaz lokalnih puteva između obala reke i obalnih stubova.



Slika 9.6.6: Slobodan profil ispod mostova

Za prolaz brodova i šlepova na plovnim rekama i kanalima širina slobodnog profila B_{pl} je 60-100 m i mora da bude usaglašena sa merodavnim kapetanijama za svaki konkretan most koji se projektuje.

Za projektovanje nivelete na mostu treba poznavati maksimalni i minimalni nivo za plovnost i visinu plovnog gabarita H_{pl} (slika 9.6.7).



Slika 9.6.7: Slobodan profil ispod mostova na plovnim rekama

9.6.7 PADINSKI VIJADUKTI NA AUTOPUTEVIMA I BRZIM PUTEVIMA

Vijadukti su najviše zastupljeni objekti na savremenim autoputevima u brdovitim i planinskim područjima. Vijaduktima se savladavaju teški morfološki i geološki uslovi, omogućava visoka računaska brzina i odgovarajući elementi trase.

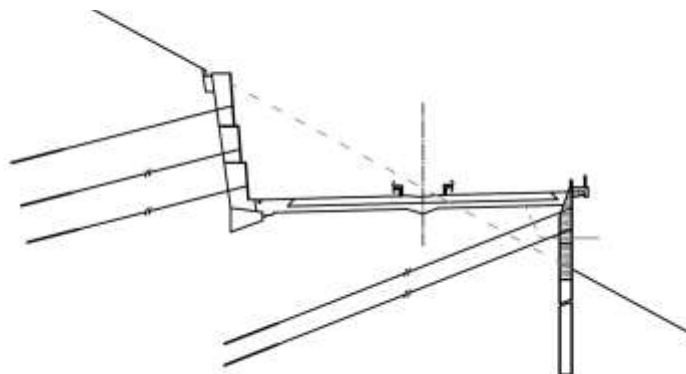
Postoje dolinski i padinski vijadukti. Projektovanje i gradnja dolinskih vijadukata slična je gradnji mostova. Projektovanje i izgradnja padinskih vijadukata, posebno temeljenje, ima dosta specifičnosti.

9.6.7.1 Položaj autoputeva na padini

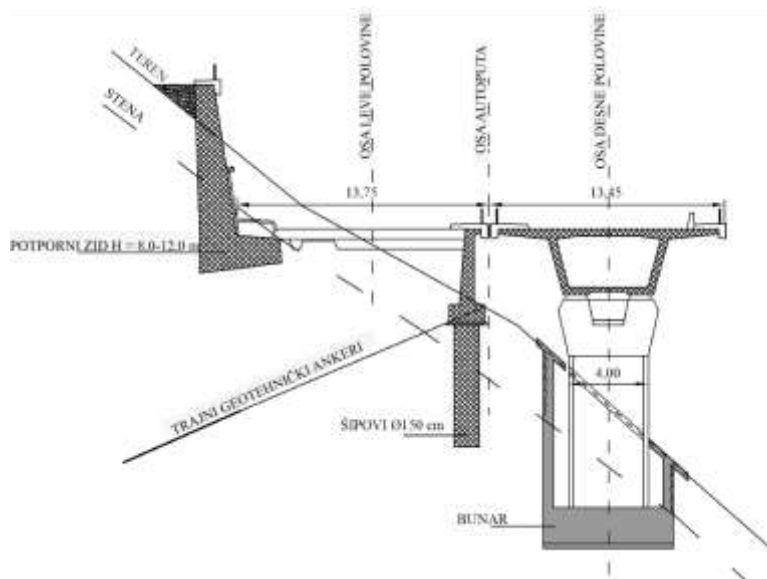
Na izbor položaja autoputeva na padini najviše utiču:

- nagib padine
- geološka građa tla i stabilnost padine
- položaj ose autoputa u odnosu na dno padine
- zaštita i očuvanje prirodnog ambijenta
- organizacija i tehnologija gradnje

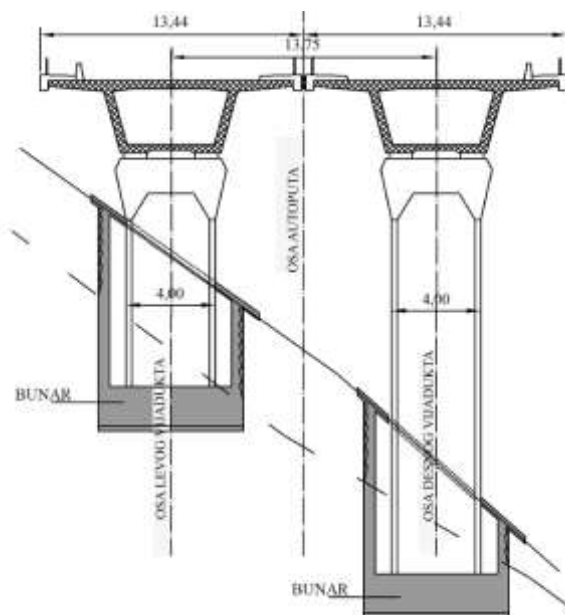
- odnos cena varijantnih rešenja.
- Poželjno je da trasa AP što doslednije prati oblik padine i održava približno jednak odnos prema padini. Pri koncipiranju AP na padini projektant ima više mogućnosti.
- AP na nasipu na blagoj stabilnoj padini bez potpornih zidova i konstrukcija
 - AP na nasipu na padini sa potpornim zidom ili konstrukcijom na nižoj strani
 - AP u useku sa potpornim zidom visine do 10 m i kosinom nad zidom u povećanom nagibu
 - AP sa celom širinom u dubokim useku na relativno blagoj padini sa potpornim zidovima visine do 10 m i kosinom nad zidom u povećanom nagibu
 - AP na strmoj padini u useku i delimično nasipu sa potpornim zidovima na obe strane (slika 9.6.8)
 - AP na vrlo strmoj padini tako da je padinska polovina AP u useku i delimično nasipu sa potpornim zidovima i konstrukcijama na obe strane, a kolovoz u dolini na vijaduktu (slika 9.6.9)
 - kompletan AP – oba kolovoza na vrlo strmoj padini su na vijaduktu sa niveletom na istoj ili različitim visinama (slika 9.6.10).



Slika 9.6.8: Rešenje autoputa sa zidovima za ankerisanje



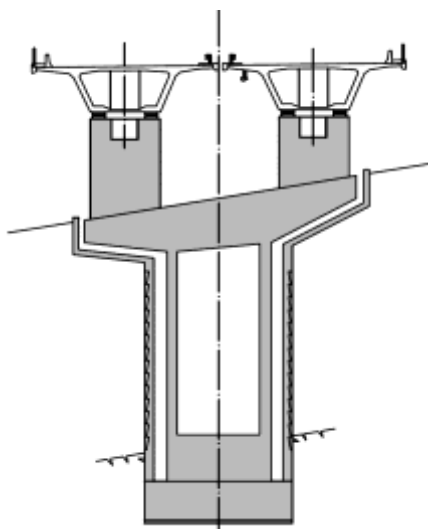
Slika 9.6.9: Rešenje autoputa na strmoj padini sa zidovima i vijaduktom



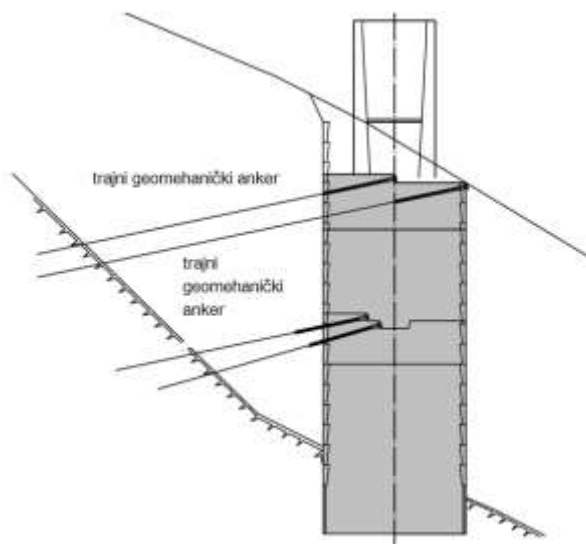
Slika 9.6.10: Rešenje autoputa na vrlo strmoj padini sa vijaduktima

Za temeljenje stubova vijadukta na strmim padinama sa većom debljinom nenosećih slojeva ekonomično je rešenje sa zajedničkim bunarom u obliku kruga ili elipse većeg prešnika za dva stuba dve paralelne rasponske konstrukcije. Na vrhu bunara se izvodi kruta poprečna greda (slika 9.6.11).

Za brze puteve ukupne širine do 22 m na strmim nestabilnim padinama preporučuje se primena zajedničkog vijadukta sa jedinstvenim presekom rasponske konstrukcije, jednim stubom i bunarem većeg prešnika sa ili bez ankerisanja što zavisi od nagiba geološke osnove i stabilnosti padine (slika 9.6.12).



Slika 9.6.11: Zajednički bunar za stubove vijadukta na autoputu na strmoj padini sa temeljem na većoj dubini



Slika 9.6.12: Zajednički bunar na strmoj nestabilnoj padini za jedinstvenu konstrukciju vijadukta

Koja će se od više navedenih mogućnosti primeniti zavisi od više faktora koje je potrebno analizirati. Za konačan izbor potrebna je izrada studije na nivou idejnih projekata na osnovu odgovarajućih geodetskih i geoloških podloga.

9.6.7.2 Visinski položaj autoputa na vijaduktima

Niveleta AP na vijaduktima sledi kontinuitet nivelete na deonici AP koji se projektuje. Poželjne su nivelete pod nagibom 0,5–3 %. Visinski položaj iznad padine treba da ostavi najmanje 3-5 m slobodne visine ispod najniže

tačke rasponske konstrukcije kako bi se omogućila izgradnja i održavanje. Na izbor optimalnog visinskog položaja utiče i tehnologija građenja rasponskih konstrukcija. Visina stubova vijadukta u granicama 10–30 m ne utiče značajno na cenu objekta, što omogućava projektantima AP veću slobodu pri izboru visinskog položaja trase. Uobičajeno je da dvojni vijadukti budu na istoj visini. Ako uslovi trase AP izvan vijadukta zahtevaju različite visine nivelete, onda je to moguće i prihvatljivo i na vijaduktima.

9.6.7.3 Organizacija i tehnologija gradnje

Padinski vijadukti se u najvećem broju slučajeva grade tehnologijama koje ne zavise od terena. Izbor položaja trase AP na padinama bitno utiče, pored ostalog, i na organizaciju i tehnologiju gradnje, a time i na cenu objekata. Pri gradnji mostova i dolinskih vijadukata organizacija gradilišta je jedinstvena. Pri gradnji vijadukata na strmim padinama posebno se organizuju manja gradilišta za pojedine stubove, a posebno za gradnju rasponskih konstrukcija.

Na geološki stabilnim padinama sa blažim nagibom moguća je gradnja pristupnih puteva za pristup mehanizacije do svakog mesta stuba. Na geološki nestabilnim padinama sa većim nagibom gradnja puteva do gradilišta je rizična, jer ugrožava stabilnost padine. Realno je da se u takvim uslovima planira temeljenje i gradnja stubova vijadukta bez izgradnje pristupnih puteva. Savremene tehnologije gradnje rasponskih konstrukcija vijadukata i mostova (prosta konzolna gradnja, gradnja sa pokretnom skelom i naguravanje) su nezavisne od terena. Organizacija gradnje (radni plato) se planira ispred i za objektima.

9.6.7.4 Veličina raspona i položaj stubova

Pored uobičajenih i poznatih kriterijuma koji određuju racionalan odnos cene rasponske i potporne konstrukcije u zavisnosti od veličine raspona i morfologije prepreke kod padinskih vijadukata su bitni uslovi temeljenja. Udeo temeljenja kod mostova i dolinskih vijadukata je do 10–15 %, a kod padinskih vijadukata 20–40 %. Povećani udeo cene i zahtevi temeljenja utiču na povećavanje granica racionalnih raspona, koje treba utvrditi analizom. Ako su, na primer, za dolinske vijadukate visine 20–40 m iznad terena racionalni rasponi 30–40 m za padinske

vijadukate ti rasponi iznose 45–70 m. Na nestabilnim padinama sa neujednačenim uslovima terena položaj stubova i uslovi temeljenja određuju, pored ostalog, veličinu raspona. Položaj i konstrukcija krajnjih obalnih stubova vijadukata zahteva dosta veštine i osećaj za pravilno uklapanje u prirodni teren.

9.6.7.5 Specifičnosti temeljenja padinskih vijadukata

Na specifičnosti temeljenja stubova padinskih vijadukata pre svega utiču geološka građa tla, nagib i stabilnost padine i mogućnost pristupa mehanizacije. Pri izboru koncepcije temeljenja treba uzeti u obzir i obezbediti:

- da izabrani način temeljenja ne ugrozi prirodnu stabilnost padine
- projektovano rešenje temeljenja treba da obezbedi stabilnost temelja vijadukta i u slučaju da dođe do klizanja površinskih nevezanih slojeva tla u zoni vijadukta
- u konstrukciji temelja i donjih delova stubova postoji mogućnost za naknadnu ugradnju ankera za preuzimanje uticaja usled pomeranja tla
- da koncepcija i konstrukcija temelja budu uskladu sa potencijalnom upotrebom mehanizacije
- radovi na temeljenju ne smeju da ugroze bezbednost i živote radnika.

Kod padinskih vijadukata, a posebno na padinama sa većim nagibom i nevezanim slojevima na površini, temeljenje na bunarima kružnog ili eliptičnog poprečnog preseka potrebnog dijametara i dubine, je skoro jedino moguće i odgovarajuće rešenje. Temeljenje u otvorenoj građevinskoj jami kod manjih dubina je zbog nagiba padine i nevezanih slojeva rizično za radnike i za stabilnost padine. Temeljenje na bušenim šipovima zahteva široke pristupne puteve koji narušavaju stabilnost. Temelj na šipovima može da prenese uticaje do nosećeg sloja, ali ima malu otpornost na horizontalne sile usled pritiska tla.

Prema načinu unosa opterećenja u tlo bunari mogu da budu stojeći ili plivajući. Kod prvih se celokupno opterećenje prenosi u tlo preko temeljne ploče. Plašt ima funkciju zaštite iskopa, eventualno štiti stub od klizanja padine, oblikuje prostor oko stuba i posredno smanjuje opterećenje. Kod plivajućih bunara se deo opterećenja prenosi u temeljni prostor trenjem preko plašta. U poglavlju 10.2 detaljno je obrađeno temeljenje padinskih vijadukata na bunarima.