

REPUBLIKA SRBIJA  
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**PRIRUČNIK ZA PROJEKTOVANJE  
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**9. PROJEKTOVANJE MOSTOVA**

**9.1 OPŠTA SMERNICA ZA PROJEKTOVANJE MOSTOVA**

**BEOGRAD, 2012.**

---

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

**Izdanja:**

<b>Br.</b>	<b>Datum</b>	<b>Opis dopuna i promena</b>
1	30.04.2012	Početno izdanje

**SADRŽAJ**

<b>9.1.1</b>	<b>UVODNI DEO</b>	<b>1</b>
9.1.1.1	PREDMET SMERNICE	1
9.1.1.2	REFERENTNI NORMATIVI	1
9.1.1.3	TERMINOLOGIJA	6
9.1.1.4	KORIŠTENE SKRAĆENICE	11
<b>9.1.2</b>	<b>PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE MOSTOVA</b>	<b>12</b>
9.1.2.1	UVOD	12
9.1.2.2	PROSTORSKO – URBANISTIČKE PODLOGE	12
9.1.2.3	SAOBRAĆAJNE PODLOGE	12
9.1.2.4	GEODETSKE PODLOGE	12
9.1.2.5	PODACI O PUTU NA KOME SE PROJEKTUJE MOST	12
9.1.2.6	GEOLOŠKO – GEOMEHANIČKE PODLOGE	13
9.1.2.7	HIDROLOŠKO – HIDROTEHNIČKE (VODOPRIVREDNE) PODLOGE	13
9.1.2.8	METEOROLOŠKO – KLIMATSKE PODLOGE	14
9.1.2.9	SEIZMOLOŠKI PODACI O LOKACIJI MOSTA	14
9.1.2.10	PROJEKTANTSKI ZADATAK	14
<b>9.1.3</b>	<b>GEOMETRIJSKI ELEMENTI PUTEVA NA MOSTOVIMA</b>	<b>15</b>
<b>9.1.4</b>	<b>SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI</b>	<b>18</b>
9.1.4.1	UVOD	18
9.1.4.2	SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI PEŠAČKIH I BICIKLISTIČKIH STAZA	18
9.1.4.3	SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI MOSTOVA NA AUTOPUTEVIMA	18
9.1.4.4	SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI MOSTOVA NA DVOTRAČNIM (VIŠETRAČNIM) PUTEVIMA	20
<b>9.1.5</b>	<b>NORMALNI POPREČNI PROFILI (NPP) I ŠIRINE MOSTOVA</b>	<b>22</b>
9.1.5.1	NORMALNI POPREČNI PROFILI I ŠIRINE MOSTOVA NA AUTOPUTEVIMA	22
9.1.5.2	NORMALNI POPREČNI PROFILI (NPP) I ŠIRINE MOSTOVA NA DVOTRAČNIM ILI VIŠETRAČNIM PUTEVIMA	24
<b>9.1.6</b>	<b>TEHNIČKA DOKUMENTACIJA ZA OBJEKTE (MOSTOVE)</b>	<b>25</b>
9.1.6.1	PRETHODNI RADOVI	25
9.1.6.2	PRETHODNA STUDIJA OPRAVDANOSTI	25
9.1.6.3	STUDIJA OPRAVDANOSTI	25
9.1.6.4	GENERALNI PROJEKT	25
9.1.6.5	IDEJNI PROJEKT	25
9.1.6.6	GLAVNI PROJEKT	25
9.1.6.7	IZVOĐAČKI PROJEKT	26
9.1.6.8	PROJEKT IZVEDENOG OBJEKTA	26
<b>9.1.7</b>	<b>MATERIALI ZA NOSEĆE KONSTRUKCIJE MOSTOVA</b>	<b>27</b>
9.1.7.1	UVOD	27
9.1.7.2	BETON	27
9.1.7.3	VISOKOVREDNI BETON (HPC – HIGH PERFORMANCE CONCRETE)	28
9.1.7.4	ARMATURA – ČELIK ZA ARMIRANJE	29
9.1.7.5	VISOKOVREDNI ČELIK ZA PREDNAPREZANJE	30
9.1.7.6	KONSTRUKCISKI ČELIK	30
<b>9.1.8</b>	<b>ESTETIKA MOSTOVA</b>	<b>32</b>
<b>9.1.9</b>	<b>PRINCIPI VREDNOVANJA MOSTOVA</b>	<b>34</b>
9.1.9.1	UVOD	34

9.1.9.2	OBJEKTIVNOST PRI KONCIPIRANJU I USVAJANJU PROJEKTA MOSTA	34
9.1.9.3	FUNKCIONALNOST MOSTOVA	34
9.1.9.4	POUZDANOST I TRAJNOST MOSTA	34
9.1.9.5	RACIONALNOST, TROŠKOVI IZGRADNJE I ODRŽAVANJA MOSTOVA	34
9.1.9.6	ESTETIKA I HARMONIJA SA OKOLINOM	35
9.1.9.7	MERILA ZA OCENU VARIJANTNIH REŠENJA	35
<b>9.1.10</b>	<b>POUZDANOST, SIGURNOST I TRAJNOST MOSTOVA</b>	<b>37</b>
<b>9.1.11</b>	<b>STATIČKA I DINAMIČKA ANALIZA MOSTOVA</b>	<b>40</b>
9.1.11.1	UVOD	40
9.1.11.2	DINAMIČKA ANALIZA MOSTOVA ZA OPTEREĆENJE ZEMLJOTRESA	42
9.1.11.3	PRORAČUN, DIMENZIONIRANJE I DOKAZI	42
9.1.11.3.1	Načela	42
9.1.11.3.2	Dokaz nosivosti	42
9.1.11.3.3	Dokaz upotrebljivosti	43
9.1.11.3.4	Deformacije	43
9.1.11.3.5	Vibracije	44
9.1.11.3.6	Sigurnost na zamor	44
<b>9.1.12</b>	<b>ISPITIVANJE MOSTOVA PROBNIM OPTEREĆENJEM</b>	<b>46</b>

mostova se usklađuju sa fazama projekata puteva.

## 9.1.1 UVODNI DEO

### 9.1.1.1 Predmet smernice

Opšta smernica sadrži 10 tematski različitih poglavlja i namenjena je projektantima u početnim fazama projektovanja mostova.

Smernica ističe značaj izrade i pravilnog korišćenja podloga za projektovanje koje bitno utiču na pravilan izbor koncepcije objekata. Geometrijski elementi puteva, saobraćajni i slobodni profili i širine mostova utiču na pravilnu koncepciju geometrije mostova.

Pouzdanost mostova čine sigurnost i trajnost i na njih utiče i projektant.

Smernica daje osnovne podatke o materijalima za noseće konstrukcije, a detaljnije podatke o materijalima sadrži priručnik o građenju. Faze projektovanja

Smernica daje osnovne informacije o estetici mostova. Mostovi nisu samo utilitarni objekti i obaveza je projektanta da budu lepi i skladni sa urbanim ili ruralnim ambijentom. Kriterijumi za ocenu varijantnih rešenja pomažu da se smanji subjektivni faktor u oceni projekata mostova. Smernica daje osnovne principe na kojima se zasniva statička i dinamička analiza mostova. Probno opterećenje mostova se zasniva na važećem standardu, a prema predlogu nije obavezno za sve mostove.

### 9.1.1.2 Referentni normativi

Projektovanje, građenje, rekonstrukcija i održavanje mostova na putevima zasniva se na važećim zakonima, pravilnicima, normama, standardima i smernicama.

Zakon o planiranju i izgradnji	Sl. glasnik RS 26/09, 88/10, 91/10, 24/11	2009- 2011	Law on Planning and Construction
Zakon o javnim putevima	Sl. glasnik RS 105/05	2005	Law on Public Roads
Pravilnik o uslovima koji sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta	Sl. glasnik RS 50/2011		Law on Road Safety
Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu	Sl. glasnik 36/2009	2009	Law on Environmental Protection
Zakon o zaštiti prirode	Sl. glasnik 36/09, 88/10, 91/10	2009- 2010	Law of Environmental Protection
Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton – BAB 87	Sl. list SFRJ 07- 719/1	1987	Rule Book on Technical Normatives for Concrete and Reinforced Concrete – BAB 87
Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za prednapregnuti beton	Sl. list SFRJ 51/71	1971	Rule Book on Technical Mesaures and Conditions for Prestressed Concrete
Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličina opterećenja mostova	Sl. list SFRJ 1/91	1991	Rule Book on Technical Normatives for Bridge Loading
Pravilnik o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova	Sl. list SFRJ 20/92	1992	Rule Book on Technical Nomratives for Bridge Exploitation and Routine Maintenance

Pravilnik o sadržini i načinu vršenja tehničke kontrole glavnih projekata	Sl. glasnik RS 58/87	1987	Rule Book on Content and Way of technical Control Execution on Main design
Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata	Sl. list SFRJ 15- 295/90	1990	Rule Book on technical Normatives for Foundation of Civil Structures
Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton pripremljen sa prirodnim i veštačkim lakim agregatima	Sl. list SFRJ 15- 296/90	1990	Rule Book on technical Normatives for Concrete and Reinforced Concrete with Natural and Artificial Light Aggregates
Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje, proizvodnju i izvođenje konstrukcija od prefabrikovanih elemenata iz nearmiranog i armiranog betona	Sl. list SFRJ 14- 146/89	1989	Rule Book on technical Normatives for design, Manufacturing and Construction of Structures Prepared of Pre-fabricated Elements of Non-reinforced and Reinforced Concrete
Pravilnik o jugoslovenskim standardima za drvene konstrukcije	Sl. list SFRJ 48- 497/84	1984	Rule Book on Yugoslav Standards for Timber Construction
Pravilnik o tehničkim normativima za čelične žice i užad za prednaprezanje konstrukcija	Sl. list SFRJ 41-530/85 i 21-276/88		Rule Book on Technical Normatives for Steel Wires and Ropes for Prestressed Constructions
Pravilnik o jugoslovenskim standardima za osnovne projektovanja građevinskih konstrukcija	Sl. list SFRJ 49- 667/88	1988	Rule Book on Yugoslav Standards for Basic Design of Civil Construction
Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani betona za objekte koji su izloženi delovanju agresivnih medija	Sl. list SFRJ 18/92	1992	Rule Book on technical Normatives for Concrete and Reinforced Concrete for Structures Exposed to Aggressive Medias
Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije	Sl. list SFRJ 32/70	1970	Rule Book on Technical Measures and Conditions for Corrosion Protection of Steel Constructions
Pravilnik o tehničkim intervencijama i uslovima za montažu čeličnih konstrukcija	Sl. list SFRJ 61- 899/86	1986	Rule Book on Technical Intervention and Condition for Assembling of steel Structures
Pravilnik o sadržini i načinu osmatranja tla i objekata u toku građenja i upotrebe	Sl. glasnik RS 13/98	1998	Rule Book on Content and Way of Observation Ground and Structures during Construction and Exploitation
Ispitivanje mostova probnim opterećenjima	SRPS U.M1.046	1984	Testing of Bridges with test load

Spisak standarda – Evrokodova (EC) za projektovanje i proračun mostova i inženjerskih konstrukcija:

Referentni standard	Naziv standarda u srpskom jeziku	Naziv standarda u engleskom jeziku
EN 1990:2002 + A1 2005	Evrokod – Osnove projektovanja konstrukcija	Eurocode – Basis of structural design
EN 1991-1-1	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije Deo 1-1: Opšta dejstva– Zapreminske mase, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade – Nacionalni prilog	Eurocode 1: Actions on structures – par 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings
EN 1991-2	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije Deo 2.: Opšta dejstva – Dejstvo na konstrukcije izložene požaru	Eurocode 1: Actions on structures – Par 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire
EN 1991-1-3	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - Deo 1- 3: Opšta dejstva – Opterećenja snegom	Eurocode 1: Actions on structures – part 1-3: General actions – Snow loads
EN 1991-1-4	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - Deo 1- 4.: Opšta dejstva – Uticaj vetra	Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind loads
EN 1991-1-5	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - Deo 1- 5: Opšta dejstva – Toplotna dejstva	Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-5: General actions – Thermal actions
EN 1991-1-6	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - Deo 1-6: Opšta dejstva – Dejstva u toku gradnje	Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-6: General actions – Actions during execution
EN 1991-1-7	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije - Deo 1-7.deo: Opšta dejstva – Incidentni dejstva	Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-7: General actions – Accidental actions
EN 1991-2	Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – Deo 2.: Opterećenje mostova od saobraćaja	Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges
EN 1992-1-1	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija –Deo 1- 1.: Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 2: Design of concrete structures – part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1992-1-2	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija - Deo 1- 2: Projektovanje konstrukcija otpornih na požar	Eurocode 2: Design of concrete structures – part 1-2: General rules – Structural fire design
EN 1992-2	Evrokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija - Deo 2: Betonski mostovi – Projektovanje i pravila za konstruisanje	Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 2: Concrete bridges – design and detailing rules
EN 1993-1-1	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija -Deo 1- 1: Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1993-1-2	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija Deo-1- 2: Dejstvo na konstrukcije izložene požaru	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design
EN 1993-1-3	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija -Deo1- 3: Opšta pravila – Dodatna pravila za hladnooblikovane profile sa tankim zidom i limove	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting

Referentni standard	Naziv standarda u srpskom jeziku	Naziv standarda u engleskom jeziku
EN 1993-1-5	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo1- 5: Pločasti konstruktivni delovi	Eurocode 3: Design of steel structures – part 1-5: Plated structural elements
EN 1993-1-6	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 1- 6: Otpornost i stabilnost čeličnih konstrukcija	Eurocode 3: Design of steel structures Part 1-6: Strength and Stability of Steel Structures
EN 1993-1-7	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 1- 7: Pločasti konstruktivni deo poprečno opterećen	Eurocode 3. Design of steel structures Part 1-7: Plated structures subject to out of plane loading
EN 1993-1-8	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija: Projektovanje veza	Eurocode 3: Design of steel structures – Part-8: Design of joints
EN 1993-1-9-	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 1- 9: Zamor	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue
EN 1993-1-10	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 1- 10: Izbor kvaliteta čelika prema žilavosti i lamelarnom lomu	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties
EN 1993-1-11	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 1- 11: Projektovanje konstrukcija sa zateznim komponentama	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-11: Design of structures with tension components
EN 1993-1-12	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 1- 12.: Dodatna pravila za proširenu upotrebu EN 1993 za čelik kvaliteta S 700	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-12: Additional rules for the extension of EN 1993 up to steel grades S 700
EN 1993-2	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 2: Čelični mostovi	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 2: Steel Bridges
EN 1993-3-1	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 3- 1: Tornjevi, antenski stubovi, dimnjaci – Tornjevi i antenski stubovi	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts
EN 1993-4-1	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 4- 1: Silosi	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-1: Silos
EN 1993-4-2	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 4- 2: Rezervoari	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-2: Tanks
EN 1993-4-3	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija –Deo 4- 3: Cevovodi	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-2: Pipelines
EN 1993-5	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija - Deo 5: Šipovi	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling
EN 1993-6	Evrokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija – Deo 6: Kranske staze	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 6: Crane supporting structures
EN 1994-1-1	Evrokod 4: Projektovanje spregnutih konstrukcija od čelika i betona –Deo 1- 1: Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1994-1-2	Evrokod 4: Projektovanje spregnutih konstrukcija od čelika i betona –Deo 1- 2: Opšta pravila – Projektovanje otporno na požar	Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design



Referentni standard	Naziv standarda u srpskom jeziku	Naziv standarda u engleskom jeziku
EN 1994-2	Evrokod 4: Projektovanje spregnutih konstrukcija od čelika i betona - Deo 2: Opšta pravila i pravila za mostove	Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 2: General rules and rules for bridges
EN 1995-1-1	Evrokod 5: Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1- 1. Opšta pravila i pravila za zgrade	Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1995-1-2	Evrokod 5: Projektovanje drvenih konstrukcija - Deo 1- 2: Opšta pravila – Projektovanje konstrukcija otpornih na požar	Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design
EN 1996-1-1	Evrokod 6: Projektovanje zidanih konstrukcija - Deo 1- 1: Pravila za armirane i nearmirane zidove	Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures
EN 1996-1-2	Evrokod 6: Projektovanje zidanih konstrukcija - Deo 1- 2: Opšta pravila – Projektovanje konstr.otpornih na požar	Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design
EN 1996-2	Evrokod 6: Projektovanje zidanih konstrukcija - Deo 2: Projektovanje sa uvažavanjem izbora materijala i izrade zidova	Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 2: Design consideration of masonry
EN 1996-3	Evrokod 6: Projektovanje zidanih konstrukcija - Deo 3: Pojednostavljene metode proračuna za nearmirane zidane konstrukcije	Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 3: Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures
EN 1997-1	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – Deo 1: Opšta pravila	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules
EN 1997-2	Evrokod 7: Geotehničko projektovanje – Deo 2.: Istraživanje i ispitivanje tla	Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing
EN 1998-1	Evrokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija: Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade	Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
EN 1998-2	Evrokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija – Deo 2: Mostovi	Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 2: Bridges
EN 1998-3	Evrokod 8: Projektovanje konstrukcija otpornih na zemljotres – Deo 3: Ocena i obnova zgrada	Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings
EN 1999-1-2	Evrokod 9: Projektovanje aluminijskih konstrukcija - Deo 1- 2: Projektovanje konstrukcija otpornih na požar	Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-2: Structural fire design
EN 1999-1-4	Evrokod 9: Projektovanje aluminijskih konstrukcija - Deo 1- 4: Hladno oblikovane konstrukcione table	Eurocod 9. Design of aluminium structures – Part 1-4: Cold-formed structural sheeting
EN 1999-1-5	Evrokod 9: Projektovanje aluminijskih konstrukcija - Deo 1- 5: Ljuskaste konstrukcije	Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-5: Shell structures
EN 206	Specifikacija, osobine, proizvodnja i pravila za usaglašavanje za primenu EN 206-1	Specification, performance, production and conformity rules for the implementation of EN 206-1

### 9.1.1.3 Terminologija

**Objekat** je građevina spojena sa tlom, koja predstavlja fizičku, funkcionalnu i tehničko – tehnološku celinu.

**Tehnička dokumentacija** je skup projekata koji se izrađuje radi: utvrđivanja koncepcije objekta, razrade uslova, načina gradnje objekta i za potrebe održavanja objekta.

**Izgradnja objekta** je skup radnji koji obuhvata: prethodne radove, izradu i kontrolu tehničke dokumentacije, pripremne radove za građenje, građenje objekta i stručni nadzor u toku građenja objekta.

**Građenje** je izvođenje građevinskih i građevinsko-zanatskih radova, ugradnja opreme.

**Objekti na putevima** su: mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci, pešački mostovi, pešački prolazi, propusti, konstrukcije u pokrivenim usecima, galerije, tuneli, potporni zidovi i konstrukcije.

**Mostovi u širem značenju** su svi objekti (mostovi, vijadukti, nadvožnjaci, podvožnjaci,

koji služe sigurnom vođenju 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.

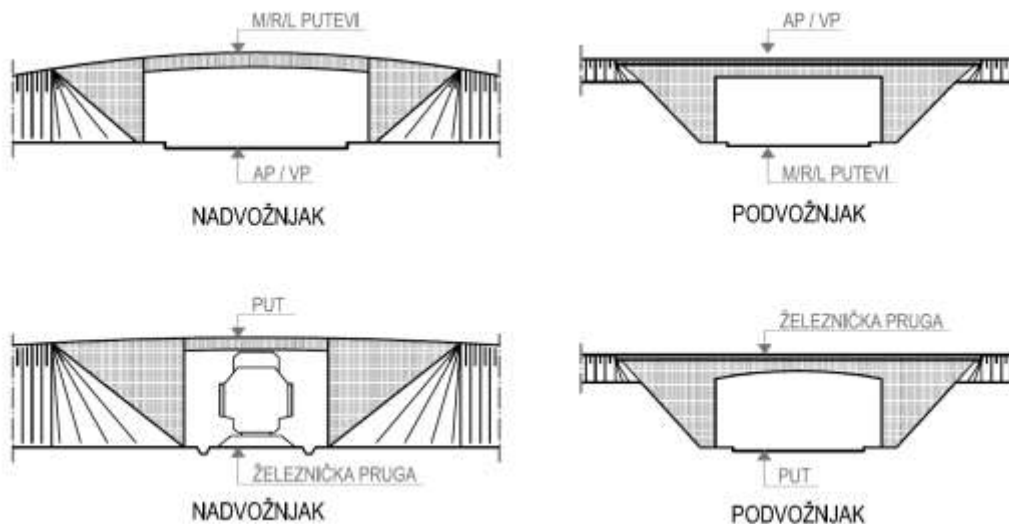
**Pokretni mostovi** su inženjerske čelične konstrukcije koje se dižu ili otvaraju za prelaz brodova ispod mostova nad plovnim putevima koji nemaju dovoljan gabarit.

**Vijadukti** su objekti koji služe za prelaz puteva preko prirodnih, pretežno suvih prepreka, odnosno dolina. Razlikujemo dolinske vijadukte koji premošćavaju doline i padinske vijadukte koji su locirani paralelno sa padinom doline.

**Visoke ulice** su vijadukti za denivelisan saobraćaj u gradskim urbanizovanim prostorima.

**Nadvožnjaci** su objekti koji denivelisano prevode puteve preko AP/VP ili železničke pruge.

**Podvožnjaci** su objekti koji omogućuju delivelisan prolaz puteva ispod AP/VP ili železničkih pruga.



Slika 9.1.1: .Grafički prikaz objekata za denivelisano ukrštanje saobraćajnica

**Pešački mostovi** su objekti koji denivelisano i bezbedno prevode pešake i bicikliste preko puteva, železnica, širokih ulica i trgova.

**Pešački prolazi** su objekti koji denivelisano i bezbedno prevode pešake i bicikliste ispod puteva, železnica, širokih ulica i trgova.

**Propusti** su manji objekti otvora 1 – 5 m koji prevode vodu ili cevovode ispod puteva.

**Konstrukcije u pokrivenim usecima** su objekti u dubokim usecima koji omogućavaju očuvanje reljefa prirode, štite trup AP i omogućavaju prelaz životinja.

**Ekodukti** su objekti iznad autoputeva koji omogućuju bezbedan prelaz životinja i ne sprečavaju njihovo prirodno kretanje i migracije.

**Galerije** su inženjerske konstrukcije koje štite trup puta i saobraćaj od zatrpavanja materijalom ili snegom sa prirodnih padina ili veštačkih zaseka.

**Tuneli** su zatvoreni objekti koji služe za prolaz puteva kroz stenoviti ili zemljani masiv.

**Potporni zidovi i konstrukcije** je zajednički naziv za konstrukcije koje obezbeđuju stabilnost trupa puta kao i kosina, padina, ukopa, zaseka i nasipa.

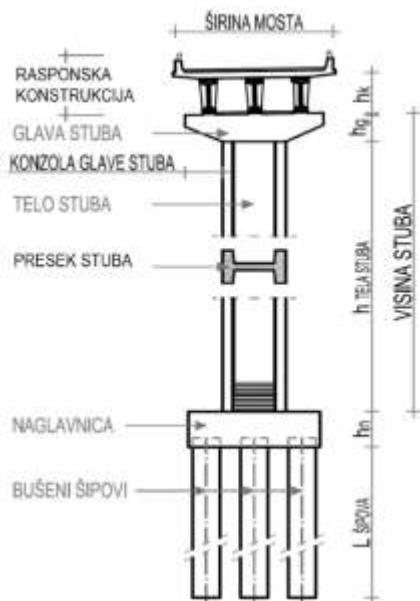
**Ograde za zaštitu od buke** su konstrukcije koje štite naseljenu okolinu od prekomerne buke vozila sa autoputeva ili železnice.

Mostove kao objekte čine tri celine:

- potporna konstrukcija mosta
- rasponska konstrukcija
- oprema mosta.

**Potpornu konstrukciju** mostova čine:

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



Slika 9.1.2: Nazivi delova na srednjim stubovima

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

statičkih sistema i različitih poprečnih preseka.

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

**Opremu mostova** čine:

- ležišta i zglobovi
- dilatacione spojnice RK
- ograde
- hidroizolacije kolovozne ploče i hodnika
- asfaltni kolovoz
- odvodnjavanja kolovoza uključujući kanalizirani odvod atmosferskih voda
- ivični venci, ivičnjaci i hodnici
- komunalne instalacije
- opreme za održavanje mostova i
- table za informisanje.

Krajnji - obalni stubovi podupiru rasponsku konstrukciju na krajevima objekta i obezbeđuju prelaz sa objekta na trup puta.

**Srednji- rečni stubovi** podupiru rasponsku konstrukciju objekta između krajnjih stubova, ako gornja konstrukcija ima dva ili više raspona.

**Krilni zidovi** su deo konstrukcije krajnjih stubova, a služe za bočno ograničavanje trupa puta na prelazu sa mosta na trup puta.

**Temeljenje mostova** može biti:

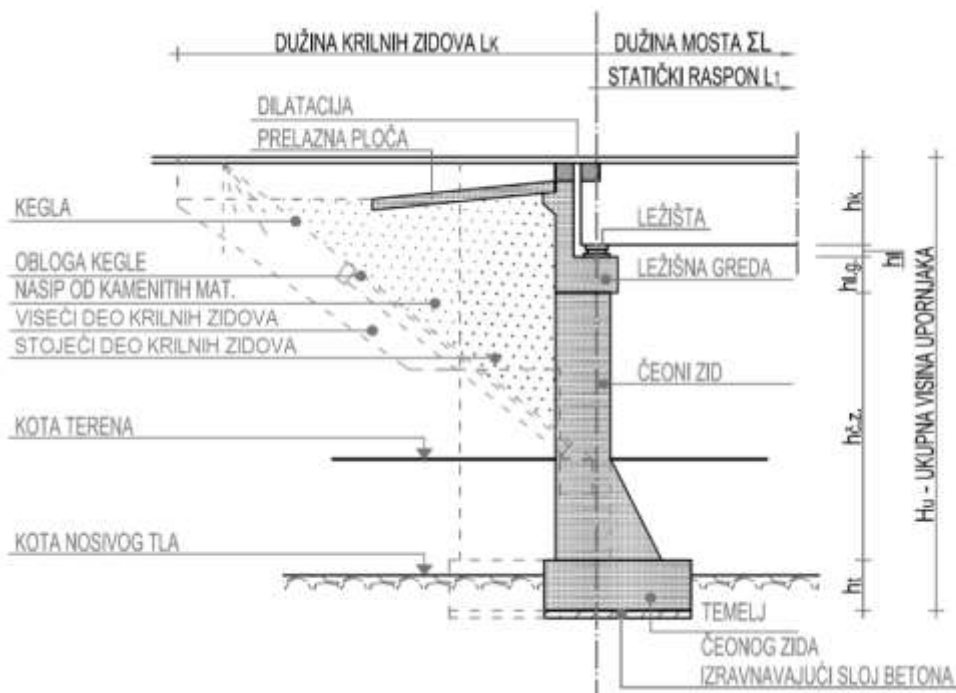
- plitko temeljenje do dubine 6,00 m na temeljima samcima ili temeljnim trakama i
- duboko temeljenje na bušenim šipovima i (ili) bunarima na dubinama većim od 6 m.

**Ležišta i zglobovi mostova** su konstruktivni elementi koji učestvuju u prenosu vertikalnih i horizontalnih sila i deformacija iz rasponske konstrukcije na potpornu konstrukciju mostova.

**Dilatacione spojnice mostova** je opšti naziv za napravu koja omogućava rad objekta i preuzimanje deformacija – pomaka i rotacija. Obično se ugrađuju na krajnjim stubovima rasponske konstrukcije.

**Prelazne ploče** su konstruktivni elementi krajnjih stubova i služe za obezbeđenje kontinuiranog prelaza sa trupa puta na most.

**Ograde** na mostovima služe za zaštitu pešaka i vozila na objektu i ispod njega. Postoji više tipova ograda – prema nameni, konstrukciji i materijalu.



Slika 9.1.3: Nazivi delova krajnjih stubova mostova

**Ivičnjaci** su elementi koji se po pravilu izrađuju iz eruptivnog kamena, a služe za denivelisano odvajanje površina koje su namenjene za saobraćaj od površina koje su namenjene za pešake ili bicikliste.

**Prostor za instalacije** na mostovima je prostor u koji su ugrađene cevi ili rezervisani prostor koji je opremljen vešaljke na koje se montiraju cevi za instalacije koje idu duž mosta.

**Šaht za reviziju** je čelični element sa vodonepropusnim poklopcem i služi za kontrolu instalacija na površini hodnika za pešake.

**Komunalne komore** iza krajnjih stubova su armiranobetonske zatvorene konstrukcije koje služe za kontrolisano razmeštanje instalacija koje se iz tela puta vode duž smera uzdužne osovine rasponske konstrukcije mosta. Obično se upotrebljavaju samo kod objekata koji su locirani u gradovima.

**Javnu rasvetu** na mostovima čine električne instalacije i stubovi sa svetiljkama.

**Krov** predstavlja zajednički naziv za sve delove opreme objekta iznad gornje noseće konstrukcije (hidroizolacija, asfaltni kolovoz, venci, ivičnjaci i hodnici).

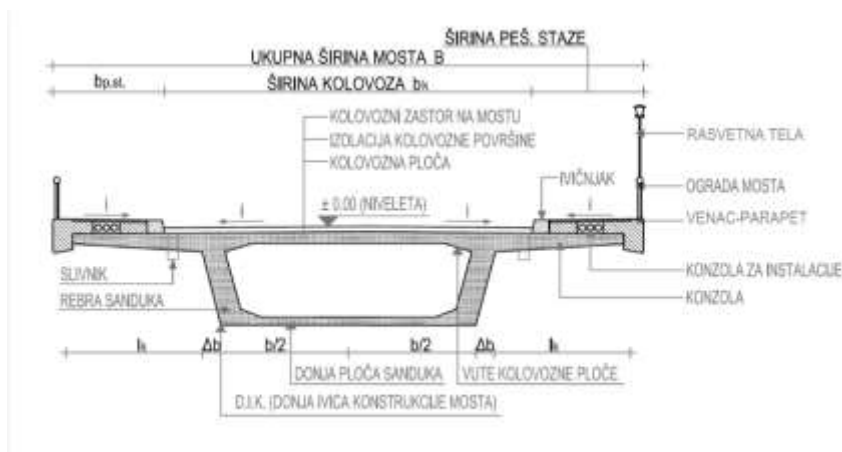
**Hidroizolacija** na mostovima je opšti naziv za izolaciju (zaštitu) rasponske konstrukcije od štetnog delovanja vlage, atmosferskih voda i soli za posipanje kolovoza.

**Asfaltni kolovoz** na mostovima je zajednički naziv za slojeve livenog asfalta i/ili asfaltbetona na kolovoznoj površini mosta.

**Odvodnjavanje i kanaliziranje** je zajednički naziv sistema za kontrolisano odvodnjavanje atmosferskih voda i drugih tečnosti sa kolovozne površine mosta do sabirnika ili kanalizacije ceste.

**Slivnici** su elementi koji služe za prikupljanje i odvod vode sa kolovozne površine mosta.

**Ivični venci** su armirano betonski bočni elementi na kolovoznoj ploči, odnosno hodnicima mosta.



Slika 9.1.4: Nazivi delova rasponske konstrukcije i opreme mosta

**Osovina puta na mostu** je identična sa osovinom trase puta, pri čemu nije obavezno identična sa osovinom RK.

**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 rasponske konstrukcije.

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

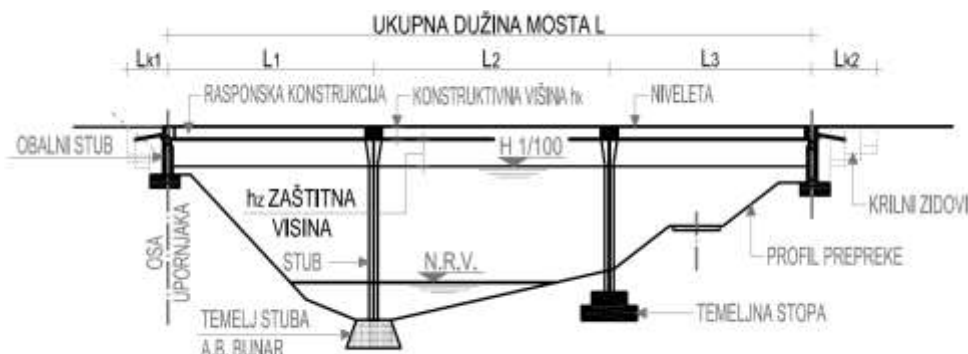
**Zaštitna visina ispod mosta** je visinska razlika od najniže donje površine rasponske konstrukcije do merodavnog nivoa visoke vode.

**Ukupna dužina mosta** je odstojanje između osovinee ležišta i osovina krajnjih stubova, kod okvirnih konstrukcija bez ležišta.

**Ukupna širina mosta** je odstojanje između spoljašnjih ivica spoljašnjih venaca.

**Statički rasponi** mostova su razmaci između osovina susjednih stubova.

**Niveleta** mosta je identična sa niveletom trase puta na mostu.

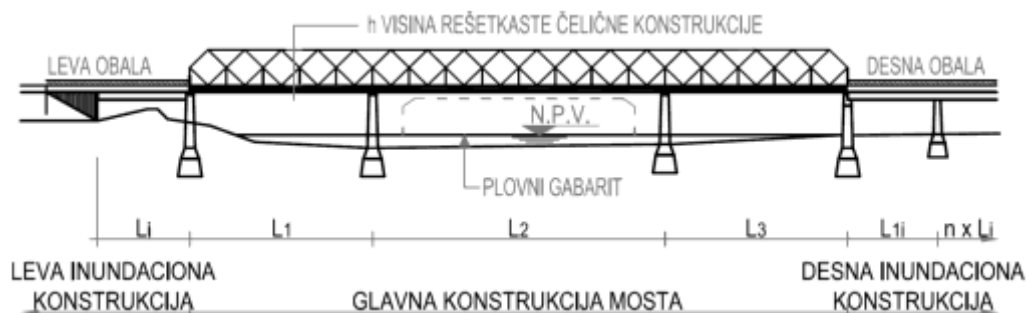


Nazivi na grednoj konstrukciji mosta

Slika 9.1.5:

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

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



Slika 9.1.6: Čelična rešetkasta konstrukcija sa kolovozom na donjem pojasu za aktivno korito

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

**Gredni sistemi mostova** su sistemi kod kojih je rasponska konstrukcija odvojena od stubova sa ležištima.

**Okvirni (ramovski) sistemi mostova** su sistemi kod kojih je rasponska konstrukcija

kruto ili zglobovima povezana sa potpornom konstrukcijom mosta.

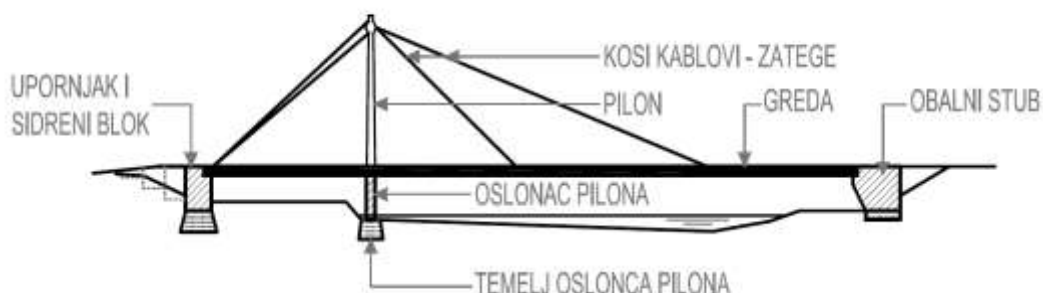
**Viseći sistemi mostova** su sistemi kod kojih noseću konstrukciju čine parabolični kablovi koji preko pilona i vešaljki nose gredu za ukrućenje koja direktno preuzima pokretno opterećenje.



Slika 9.1.7: Osnovni nazivi na konstrukciji visećeg mosta

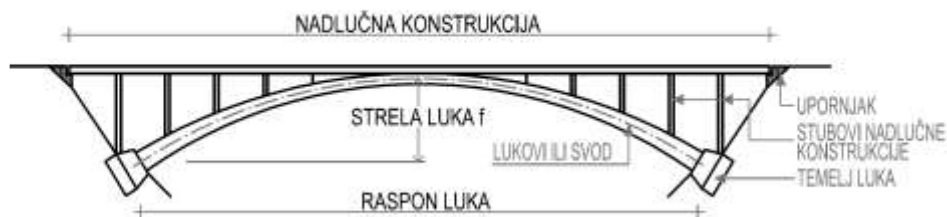
**Mostovi sa kosim zategama** su sistemi kod kojih je gredna rasponska konstrukcija

pomoću kosih kablova – zatega obešena (elastično poduprta) na pilone.



Slika 9.1.8: Osnovni nazivi na konstrukciji mosta sa kosim zategama

**Lučni mostovi** su objekti, kod kojih osnovni noseći element ima oblik zakrivljenog nosača – luka ili svoda.



Slika 9.1.9: Osnovni nazivi na lučnoj konstrukciji mosta

**Manji mostovi** su objekti sa ukupnom dužinom do 35 m (50 m).

**Srednji mostovi** su objekti sa ukupnom dužinom do 150 m.

**Veći mostovi** su objekti sa ukupnom dužinom do 300 m.

**Veliki mostovi** su objekti ukupnom dužinom većom od 300 m.

**Niski mostovi** su objekti sa niveletom koja je do 10 m iznad terena.

**Srednje visoki mostovi** su objekti sa niveletom koja je 10 – 30 m iznad terena.

**Visoki mostovi** su objekti sa niveletom koja je 30 – 60 m iznad terena.

**Jako visoki mostovi** su objekti sa niveletom koja je više od 60 m iznad terena (mereno od osnovne ili prosečne ravni terena).

**Investiciono održavanje** je izvođenje građevinsko-zanatskih, odnosno drugih radova u zavisnosti od vrste objekta u cilju poboljšanja uslova korišćenja objekta u toku eksploatacije.

**Tekuće (redovno) održavanje objekta** je izvođenje radova koji se preduzimaju radi sprečavanja oštećenja koja nastaju upotrebom objekta ili radi otklanjanja tih oštećenja.

**Adaptacija mosta** obuhvata radove kojima se vrši promena organizacije prostora na objektu, zamena opreme i instalacija kojima se ne utiče na stabilnost i sigurnost mosta.

**Sanacija mosta** obuhvata popravke (saniranje) oštećenih delova noseće konstrukcije i popravke ili zamenu opreme mosta.

**Rekonstrukcija mosta** obuhvata opsežnu rekonstrukciju i zamenu nosećih delova i opreme mosta u cilju prilagođavanja novoj

nameni, povećanju nosivosti i uklanjanju oštećenja koja su nastala u toku eksploatacije mosta.

**Dogradnja mosta** je izvođenje građevinskih radova na novim prostorima uz, ispod ili iznad postojećih objekata koji će činiti celinu sa postojećim objektom.

**Zamena mosta** je odstranjivanje kompletnog mosta ili dotrajale rasponske konstrukcije i izgradnja novog mosta ili nove rasponske konstrukcije.

**Uklanjanje mosta** predstavlja izvođenje radova kojima se objekat odstrani, poruši ili rastavi, a nakon toga uspostavi prvobitno stanje.

#### 9.1.1.4 Korišćene skraćenice

AP – autoput  
 ABP – armiranobetonski prednapregnuti (most, konstrukcija)  
 VP (BP) – put sa više kolovnih traka (brzi)  
 M/R/L – magistralni, regionalni i lokalni putevi  
 BM – betonski most  
 SM – spregnuti most  
 RK – rasponska konstrukcija mosta  
 BIM – betonski integralni most  
 BRK – betonska rasponska konstrukcija  
 SRPS – srpski standard  
 EC – Evrokod – evropski standard  
 EN – evropska norma  
 BSO – betonska sigurnosna ograda  
 ČSO – čelična sigurnosna ograda  
 NPP – normalni poprečni profil

## 9.1.2 PODLOGE ZA PROJEKTOVANJE MOSTOVA

### 9.1.2.1 Uvod

Projektovanje mostova zasniva se na prostorsko – urbanističkim, saobraćajnim, geodetskim, putnim, geološko – geomehaničkim, hidrološko – hidrotehničkim (vodoprivrednim), meteorološko - klimatskim podlogama, seizmološkim podacima i na projektantskom zadatku.

Od tačnosti i pravilno upotrebljenih podataka iz podloga u velikoj meri zavisi kvalitet, funkcionalnost, stabilnost i ekonomičnost projektovanog mosta. Podloge pripremaju specijalisti za pojedina područja u saradnji sa ovlašćenim stručnim licima investitora i projektantima mosta. Uslov za aktivno učešće projektanta pri izradi podloga je dovoljno interdisciplinarno znanje na području svih specijalističkih oblasti. Kvalitetne podloge i njihovo pravilno razumevanje i primena su jedan od osnovnih uslova za dobru koncepciju, dispoziciono rešenje i statičko-dinamičnu analizu mosta.

### 9.1.2.2 Prostorsko – urbanističke podloge

Pri projektovanju novih autoputeva i drugih kategorisanih puteva, prostorno – urbanističke podloge za objekte na putevima se izrađuju u sklopu projektovanja puteva. Ako se radi o većim objektima (mostovi, vijadukti, galerije i tuneli) i ako su mostovi i vijadukti samostalni objekti u gradovima i naseljima, onda se za takve objekte izdaju posebni prostorsko – urbanistički uslovi, odnosno lokacijska dokumentacija. U prostorno-urbanističkim podlogama se obrađuje lokacija i namena mosta i drugi okvirni uslovi za uklapanje mostova u prostorno-urbanističke planove.

### 9.1.2.3 Saobraćajne podloge

Za veće samostalne, a posebno za gradske mostove, u saobraćajnoj podlozi se određuje intenzitet i vrsta saobraćaja za vreme gradnje i eksploatacije mosta. Podaci o saobraćaju na mostu su osnova za određivanje broja i širine kolovoznih traka, hodnika za pešake, staza za bicikliste itd.

Za objekte na putevima koji su u sastavnom delu nove trase ili u sastavu rekonstrukcije

postojećih puteva, nije potrebna posebna saobraćajna podloga pošto mostovi moraju biti usklađeni sa uslovima koji važe za puteve. Ograde na mostu, kao i bočne zaštite, ne smeju smanjivati propusnu moć kolovoznih traka.

Osnovni podaci o saobraćaju su intenzitet, broj vozila izražen u prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju, vrsta vozila i prognoza razvoja saobraćaja u nekom planskom periodu. Brzina kretanja vozila na mostovima je bitna za određivanje širine kolovoznih i ivičnih traka, tipova ograda, visine ivičnjaka i ostale opreme na mostovima.

### 9.1.2.4 Geodetske podloge

Osnovne geodetske podloge su:

- pregledna karta 1:5000
- detaljna, reambulirana (obnovljena) tahimetrijska situacija u razmeri 1:100 za objekte dužine do 100 m i 1:200 (1:250, 1:500) za duže mostove
- podužni presek terena po projektovanoj osovini mosta u istoj razmeri za visine i dužine.

Tahimetrijska situacija i podužni profili terena sadrže apsolutne visinske kote i koordinate sa položajem poligona i sa koordinatama geoloških bušotina.

Kod mostova koji su locirani na padinama i u teškoj morfologiji, moraju se snimiti i uzdužni profili po spoljašnjim ivicama mostova. Ovaj uslov posebno važi za područja na kojima su locirani srednji i krajnji stubovi. Na području svih stubova posebno treba snimiti detaljne poprečne profile terena.

Za veće i geometrijski zahtevne mostove obavezno treba izraditi geodetski elaborat za praćenje geometrije mosta u toku gradnje. U izradi ovog elaborata učestvuje projektant i inženjer geodezije. U geodetski elaborat mogu biti uključeni i elementi geometrijskog monitoringa za vreme eksploatacije i održavanja mosta.

### 9.1.2.5 Podaci o putu na kome se projektuje most

Projektovanju mostova prethodi projektovanje puteva. Situacija trase, podužni profil, poprečni profili na delu mosta i normalni poprečni profil sadrže osnovne podatke o geometriji puta koji omogućavaju projektovanje mostova. I u fazi izrade idejnog projekta puta potrebno je i korisno učešće



projektanta mosta kako bi se omogućili povoljni geometrijski elementi za projektovanje mostova. U poglavlju 9.1.3 detaljno su analizirani geometrijski elementi puta na mostovima.

#### 9.1.2.6 Geološko – geomehantičke podloge

Geološka građa terena na lokaciji mostova bitno utiče na izbor nosećeg sistema, dubinu i način temeljenja. Za potrebe projektovanja mostova na putevima izrađuju se geološko – geomehantičke elaborati u dve faze.

Prva faza geoloških podloga koja je namenjena izradi idejnih projekata radi se u sklopu geološkog elaborata za trase puteva, a za veće objekte samostalno sa ograničenim brojem orijentacionih bušotina i drugih geomehantičkih ispitivanja. Prva faza geomehantičkih podloga mora definisati vrstu i položaj slojeva tla, njihovu stišljivost, orijentacionu nosivost i predlog načina temeljenja. Podatke o sastavu i vrsti tla, koji su dati u prvoj fazi geoloških ispitivanja, upotrebljavaju projektanti pri izboru statičkog sistema, broja i veličine raspona, ukupne dužine objekta, položaja stubova i izbora vrste i dubine temeljenja.

Druga faza geološko – geomehantičkih podloga je konačna i daje sve podatke potrebne za izradu glavnog projekta mosta. Nosivost tla se određuje na osnovu rezultata bušotina, laboratorijskih i drugih ispitivanja na lokaciji stubova, na osnovu stvarne dubine i površine temelja uz obavezan proračun sleganja. Kod dubokog temeljenja moraju se odrediti nosivosti šipova.

Dubina geoloških bušotina mora biti najmanje 5 do 7 m ispod kote dna temelja, odnosno dna šipova. Za projektovanje su značajni svi relevantni geološko – geomehantički podaci, kao i podaci o stanju u promerima nivoa podzemne vode.

Geološko – geotehnički elaborat za mostove treba da sadrži:

- tehnički izveštaj koji sadrži: uvod, pregled prethodno izvršenih istraživanja, geološku građu terena, terenska istraživanja, laboratorijska ispitivanja, geotehničke karakteristike pojedinih slojeva, inženjersko – geološke i hidrogeološke razmere nivoa podzemnih voda, predlog temeljenja mosta, seizmičnost terena i uslove za izvođenje nasipa uz obalne stubove

- inženjersko geološku kartu sa legendom
- geološko – geotehnički podužni presek terena u osovini mosta
- geološko – geomehantičke poprečne profile u osovinama stubova
- geološko – geotehničke profile bušotina
- rezultate laboratorijskih ispitivanja

#### 9.1.2.7 Hidrološko – hidrotehničke (vodoprivredne) podloge

Za mostove preko reka i drugih vodenih prepreka hidrauličkim proračunom se određuje potrebni otvor mosta za protok stogodišnjih velikih voda ( $Q_{1/100}$ ) i nivo velike vode u osovini mosta ( $H_{1/100}$ ). Na veličinu otvora mostova utiču količina i brzina vode, oblik i geološka građa korita reke, lokacija i položaj osovine mosta u odnosu na osovinu reke, dozvoljena visina uspora velike vode u profilu mostova. Kod mostova se određuje visina slobodnog profila koji omogućava siguran protok visokih voda i sadrži odgovarajuću zaštitnu visinu između  $H_{1/100}$  i donje ivice rasponske konstrukcije.

Za mostove na autoputevima i magistralnim putevima merodavna je stogodišnja velika voda. Uticaj stubova na smanjenje hidrauličkog profila mora se uzeti u obzir. Kod regionalnih i lokalnih puteva merodavna je pedesetogodišnja, odnosno dvadesetogodišnja voda. Zaštitna visina ispod gornje konstrukcije objekata na putevima varira u granici od 50 – 100 cm, a zavisi od veličine i karaktera reke i od stepena sigurnosti podataka iz hidrološke podloge. Ovi uslovi su dati u vodoprivrednim uslovima koje propisuje ovlašćena vodoprivredna institucija.

Dubina temeljenja rečnih stubova mora se odrediti tako da dno temelja bude osigurano od ispiranja i podlokavanja (min. 1,5 – 2,0 m ispod dna korita reke). Za manje otvore mostova do 30 m, a nekada i veće, treba izbegavati srednje stubove u koritu reka. Ako se moraju projektovati i srednji (rečni) stubovi tada ih treba duboko temeljiti na šipovima ili bunarima ako je nosivo tlo na većoj dubini. Podaci o vremenskim promenama vodostaja su važni pri gradnji mostova preko velikih reka.

Podaci o brzini vode i agresivnosti vodotoka su važni pri izboru materijala za gradnju rečnih stubova. Ako je voda reke hemijski agresivna treba predvideti beton otporan na ove uticaje ili odgovarajuću zaštitu sa otpornom kamenom oblogom koja štiti i od abrazije vodnog toka.

### 9.1.2.8 Meteorološko – klimatske podloge

Meteorološko-klimatske podloge treba da sadrže:

- podatke o intenzitetu i vremenskim promenama temperature
- podatke o smeru, intenzitetu i učestalosti promena vetra na lokaciji u visini nivelete mosta
- podatke o učestalosti i intenzitetu padavina koji su potrebni za projektovanje odvodnjavanja
- podatke o vlažnosti i zagađenosti vazduha.

Za velike vijadukte i mostove posebno su važni podaci o vetru, jer su uticaji vetra jedan od bitnih ulaznih podataka pri izboru i koncipiranju nosećeg sistema i analizi opterećenja. Elaborat o uticajima vetra na mostove i vijadukte mora se zasnivati na izmerenim podacima koji su dobijeni najmanje 3 - 5 godina pre projektovanja.

### 9.1.2.9 Seizmološki podaci o lokaciji mosta

Za dinamičku analizu mostova u skladu sa standardom Eurocode 8, projektovanje konstrukcija otpornih na zemljotres, koriste se seizmološke karte prema kojima se određuje zona, odnosno vrednost projektovanog ubrzanja  $a_g$ .

Seizmološki podaci za manje mostove se obrađuju u geološko-geomehaničkom elaboratu. Za veće i značajnije mostove na lokacijama izražene seizmičnosti potrebno je da se izradi poseban elaborat za utvrđivanje nivoa seizmičnosti.

### 9.1.2.10 Projektantski zadatak

Projektantski zadatak priprema investitor, odnosno ovlašćeni predstavnik naručioca u saradnji sa projektantom. Projektantski zadatak je sastavni deo ugovora za projektovanje, odnosno ugovora o gradnji objekta.

Projektantskim zadatkom moraju biti obuhvaćeni sledeći podaci, zahtevi i uslovi:

- **Opšti podaci**
  - Investitor - naručilac
  - Objekat
  - Naziv puta na kome se projektuje most
  - Naziv prepreke koja se premošćava

- **Podaci o podlogama za projektovanje mosta**

- Prostorsko – urbanističke osnove
- Saobraćajne podloge
- Geodetske podloge
- Podaci o putu na kome će se projektovati most
- Geološko – geomehaničke podloge
- Hidrološko–hidrotehničke (vodoprivredne) podloge
- Meteorološko – klimatske podloge
- Seizmološki podaci o lokaciji mosta

- **Zakoni, tehnički propisi, pravilnici, normativi, standardi, smernice**

- **Opšti tehnički podaci o mostu**

- Namena mosta
- Mikrolokacija mosta
- Elementi AP, odnosno puta na mostu
- Karakteristični profil puta na mostu
- Očekivana ukupna dužina mosta
- Temeljenje mosta
- Materijali za noseću konstrukciju mosta

- **Posebni uslovi za projektovanje mosta**

- **Oprema mosta**

- Odvodnjavanje i kanalizacija mosta
- Hidroizolacija
- Ležišta
- Dilatacije
- Komunalne instalacije na mostu
- Rasveta mosta
- Zaštita od vetra i buke

- **Vek trajanja i održavanje mosta**

- Vek trajanja mosta
- Projekat i oprema za održavanje

- **Uslovi za gradnju mosta**

- Gradilišne površine
- Prilazni putevi
- Vreme izgradnje
- Uticaj postojećeg saobraćaja

- **Uslovi za estetiku i uklapanje mosta u prirodni ili urbani prostor**

- **Dokaz pouzdanosti mosta**

- **Faze i sadržaj tehničke dokumentacije**

- **Merila za izbor rešenja**

- **Postupak revizije i overavanja projektne dokumentacije**

### 9.1.3 GEOMETRIJSKI ELEMENTI PUTEVA NA MOSTOVIMA

Geometrijski elementi puteva, osovina, niveleta i širina prejudiciraju geometriju konstrukcije i izgled mostova i utiču na cenu izgradnje, sigurnost saobraćaja i troškove održavanja. Na velikom broju mostova moguće je primetiti nedovoljno proučavana rešenja geometrijskih elementa puteva, posebno neuspela rešenja nivelete što umanjuje funkcionalnost i estetski izgled mostova.

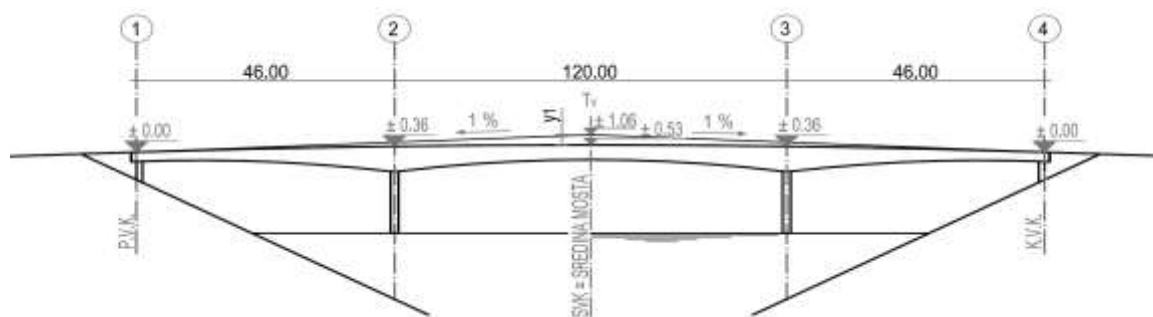
Pri formiranju nivelete i osovine mosta bitno je razlikovati da li je most sastavni deo puta ili samostalni objekat. Niveleta i osovina samostalnih mostova projektuje se slobodnije, prilagođava se prirodi premošćenja i specifičnim zahtevima mostova.

U toku projektovanja puteva neophodna je saradnja projektanata puteva i mostova. Nekada neznatne korekcije nivelete i osovine puteva olakšavaju projektovanje i građenje mostova. Niveleta puteva na delovima iznad

vodotoka i drugih saobraćajnica ne može se definisati bez istovremenog rešavanja dispozicije mosta kroz koju se (pored ostalog) određuje otvor mosta, konstruktivna visina i zajednička niveleta.

Na delu mostova poželjne su nivelete sa jednostranim nagibom od 0,5% - 4%. Minimalni nagib nivelete 0,5% (izuzetno 0,3%) kod mostova na putevima potreban je radi pravilnog odvodnjavanja mostova. Nagibi nivelete veći od 4% kod dužih mostova na putevima stvaraju nepovoljan vizuelan utisak. Kod dužih mostova na putevima koji na ravnom terenu premošćavaju vodene ili druge prepreke poželjna je niveleta u konveksnoj krivini kod koje je simetrala krivine identična sa simetralom mosta.

Nagibi tangenti vertikalne konveksne krivine ne bi trebalo da budu veći od 1,5% - 2% uz uslov da je obezbeđena propisana dužina preglednosti u funkciji računске brzine vozila. Ovaj oblik nivelete naročito je pogodan kod mostova koji se grade po sistemu slobodne konzolne gradnje, jer olakšavaju korekcije nivelete.



Slika 9.1.10: Primer rešenja nivelete putnog mosta u konveksnoj krivini  $R_v = 10600$  m

Niveleta na mostu obično je predodređena nekim karakterističnim tačkama, koje su uslovljene ostvarenjem saobraćajnog, plovnog profila ili profila proticanja, visinom konstrukcije, zaštitnom visinom, opštim vođenjem trase i konfiguracijom terena. Treba nastojati da visina izdizanja nivelete nad okolnim terenom bude što manja kako bi se smanjili izgubljeni usponi i padovi, skratile prilazne rampe i smanjile količine nasipa. Ova konstatacija ne važi u slučaju premošćavanja dubokih dolina. Za niveletu mosta od interesa je njen osnovni oblik, uspon i pad, radijus krivine, dužina zaobljenja, kao i odnosi na prilazima. Kod putnih mostova treba izbegavati kratka zaobljenja, nagle promene nivelete, voditi proračun o odvodnjavanju kolovozne

površine i omogućiti dobru preglednost na mostu.

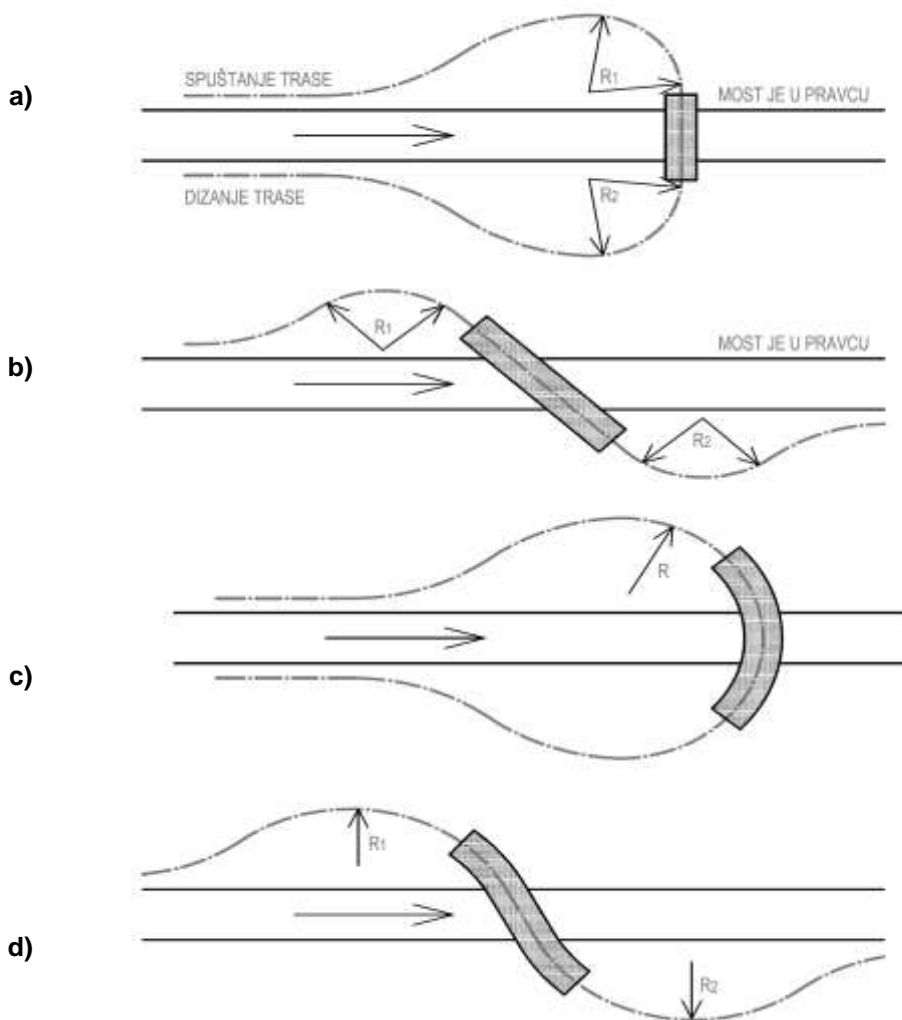
Poželjno je da osovina mosta bude u pravcu ili čistoj kružnoj krivini. Kombinacija pravca, prelazne krivine i kružne krivine u zoni mosta stvara određene teškoće pri projektovanju i građenju. Treba izbegavati kombinaciju horizontalne i vertikalne krivine u zoni mosta. Izuzetno, kod mostova u sklopu saobraćajnih petlji, mora se prihvatiti i ova nepoželjna kombinacija krivina.

Osovina puta može se ukrštati sa osovnom prepreke pod uglom  $90^\circ$  ili manjim. Sa smanjenjem ugla ukrštanja povećava se

dužina objekta, komplikuje konstrukcija i povećava cena mosta.

Karakteristički primeri vođenja trasa puteva u zoni manjih mostova

Ugao ukrštanja manji od  $45^\circ$  treba izbegavati. Preporučuje se da ugao ukrštanja bude do  $60^\circ$ .



- Trasa puta se spušta niz padinu do vodotoka i vraća u istom pravcu.
- Trasa puta prelazi s jedne na drugu obalu vodotoka, sa međupravcem između dve krivine suprotnog smera. Most se može izvesti u pravcu ili tako da su krajnji delovi mosta u kontra krivinama (prelaznicama).
- Prelaz puta preko vodotoka u krivini većeg radijusa je saobraćajno povoljniji. Most je na celoj dužini u krivini.
- Međupravac je kratak ili ga nema. Most je u prelaznicama suprotnog smera i krivinama.

Slika 9.1.11: Primeri rešenja osovine puteva u zoni manjih mostova

Poprečni nagib kolovoza na mostovima posledica je vitoperenja kolovoza i rešava se u podužnom profilu puta. Poželjno je da se promena poprečnog nagiba (vitoperenje) obavi van mosta. Kod gradskih mostova treba usvojiti dvostrani poprečni nagib. Poprečni nagib kolovoza se postiže

vitoperenjem celog preseka rasponske konstrukcije ili gornje ploče kod sandučastih preseka koji se grade tehnologijom postepenog potiskivanja (nagurivanja).

Kombinacija velikog podužnog i poprečnog nagiba na kolovozu može prouzrokovati

neugodno klizanje na mokrom, zaleđenom ili snegom pokrivenom kolovozu.

Proširenja mostova u krivinama manjih radijusa treba izvesti u punoj vrednosti na celoj dužini objekta za razliku od puteva kod kojih se obično izvodi prelaz od nule do pune vrednosti proširenja.

Kod manjih objekata (podvožnjaka, pešačkih prolaza,, kraćih mostova) dužine 5 – 10 m

(15) treba spustiti gornju površinu konstrukcije pod niveletu za 40 – 60 cm (t.j. za debljinu kolovozne konstrukcije puta) čime se izbegavaju neugodne posledice sleganja puta na konstrukciju objekta. Promene na niveleti puta se rešavaju sa promenljivom debljinom kolovoza puta. Terminski ekvivalent na prelazu sa nasipa na konstrukciju ostaje približno isti. Ograde i ostala oprema puta se na kratkim potezima ne menjaju.



Slika 9.1.12: Odnos nivelete puta i gornje površine konstrukcije kod manjih objekata

### 9.1.4 SAOBRAĆAJNI I SLOBODNI PROFILI

#### 9.1.4.1 Uvod

- Svi javni putevi moraju da obezbede uslove za saobraćaj vozila najvećih gabarita; širine 2,50 m, visine 4,00 m i dužine 18,00 (18,35m).
- Saobraćajni profil je prostor iznad kolovoza koji omogućava gabarite merodavnog vozila u kretanju. Ograničen je širinom svih kolovoznih traka ( $\Sigma ts$ ) i visinom 4,20 m. Visina 4,20 m je visina merodavnog vozila 4,00 m uvećana za veličinu dinamičkih oscilacija 20 cm.
- Slobodni profil je saobraćajni profil uvećan za sigurnosnu širinu i sigurnosnu visinu zbog mogućih promena statičkog gabarita vozila ili promena stanja kolovoza. U slobodnom profilu ne sme biti nikakvih stalnih fizičkih prepreka.
- Saobraćajni i slobodni profili na autoputevima, putevima sa dve ili više kolovoznih traka i putnim objektima

usaglašeni su sa pravilnikom o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi element javnog puta.

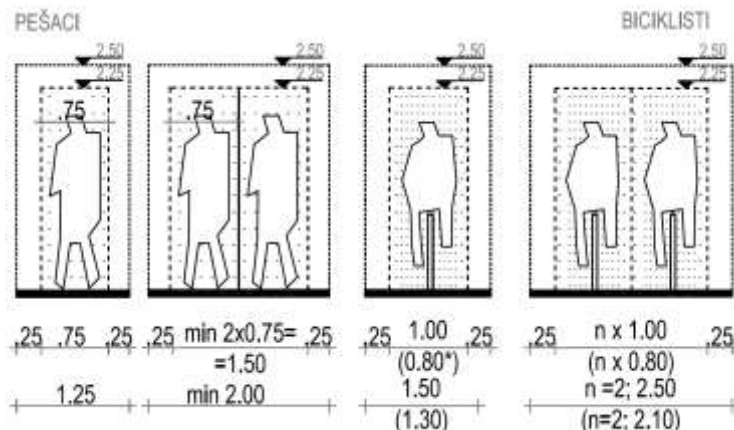
- Projektanti puteva i mostova moraju dosledno uvažavati propisane saobraćajne i slobodne profile.

#### 9.1.4.2 Saobraćajni i slobodni profili pešačkih i biciklističkih staza

Visina saobraćajnog profila je 2,25 m, a sigurnosna visina iznad saobraćajnog profila je 0,25 m tako da je visina slobodnog profila 2,50m.

Širina slobodnog profila za jedan red pešaka je 0,75 m, a za dva reda pešaka 1,50 m ( $2 \times 0,75$  m). Širina slobodnog profila je uvećana za po 0,25 m sa obe strane.

Širina saobraćajnog profila za jedan red biciklista je 1,00 m, a za više redova  $n \times 1,00$  m. Širina slobodnog profila je uvećana za po 0,25 m sa obe strane.

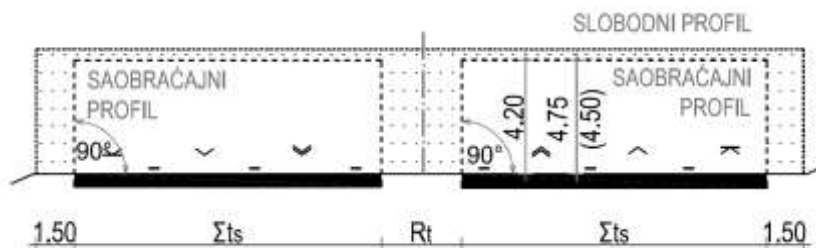


Slika 9.1.13: Saobraćajni i slobodni profili pešačkih i biciklističkih staza

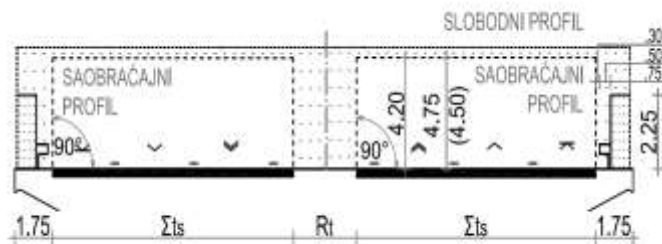
#### 9.1.4.3 Saobraćajni i slobodni profili mostova na autoputevima

Saobraćajni profil na autoputevima i mostovima na autoputevima ima visinu 4,20 m i slobodnu visinu 4,75 m, izuzetno 4,50 m.

Širina saobraćajnog profila je jednaka širini svih saobraćajnih i ivičnih traka ( $\Sigma ts$ ) uvećano za 1,50 m na AP za širinu bankine, odnosno za 1,75 m za širinu sigurnosne ograde i staze za službena lica za mostove na AP. Slobodni profil uključuje i razdelne trake  $R_t$  (slika 9.1.14 i 9.1.15).



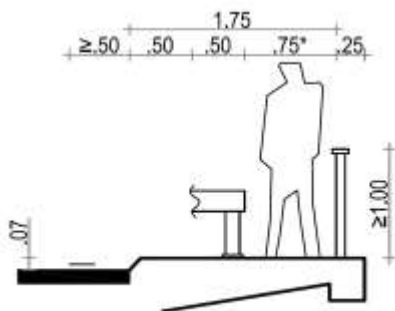
Slika 9.1.14: Saobraćajni i slobodni profil na autoputevima



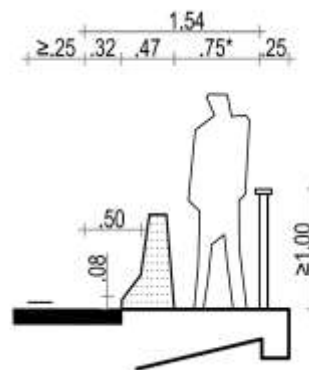
Slika 9.1.15: Saobraćajni i slobodni profil mostova na autoputevima

Širina  $\Sigma ts$  uključuje sve kolovozne trake, ivične trake i zaustavne trake. Saobraćajni i slobodni profili su pod pravim uglom na površinu kolovoza.

Radna staza ili staza za službena lica je široka 0,75 m, a visina ivičnjaka je 0,07 m. Visina ograde za pešake je 1,20 m.

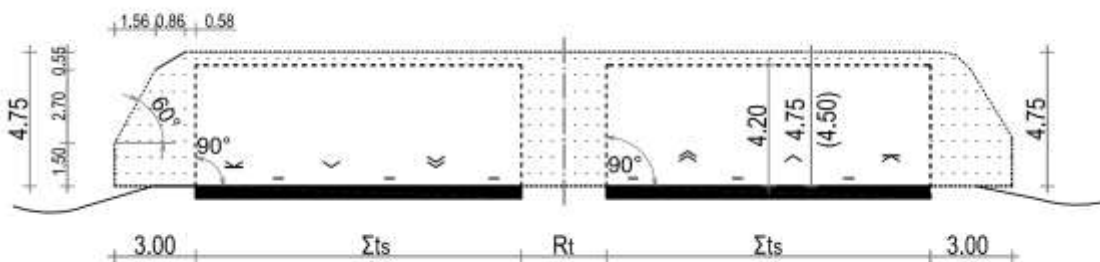


Slika 9.1.16: Radna staza i ČSO na mostovima na AP



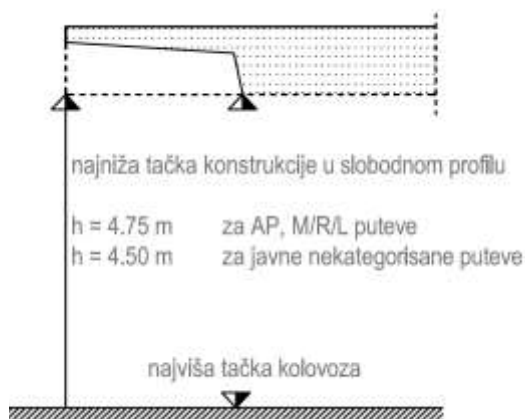
Slika 9.1.17: Radna staza i BSO na mostovima na AP

Slobodni profil za nadvožnjake (slika 9.1.18) ima visinu 4,75 m za AP, M/R/L puteve, a za nekategorisane puteve 4,50 m. Širina slobodnog profila povećana je za po 3,00 m na obe strane da bi se izbegla kolizija sa elementima za odvodnjavanje i temeljima stubova nadvožnjaka.



Slika 9.1.18: Saobraćajni i slobodni profili mostova (nadvožnjaka) iznad autoputa

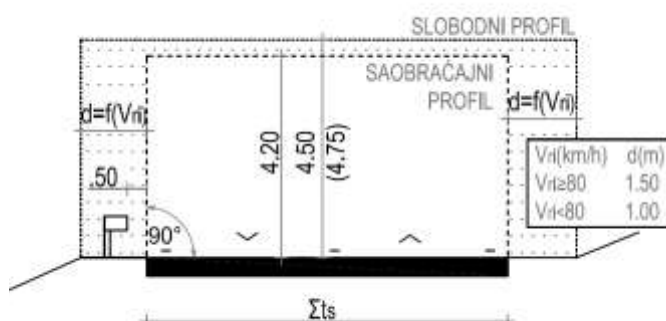
Treba izbegavati lociranje stubova nadvožnjaka u razdelne trake uže od 4,00 m, jer ugrožavaju slobodni profil i često su u koliziji sa odvodnjavanjem na razdelnoj traci. Minimalna dužina (otvor) nadvožnjaka mora biti veća od širine slobodnog profila. Svetla visina za nadvožnjake iznad AP je grafički prikazana na slici 9.1.19. To je razlika kota najniže tačke konstrukcije objekta i najviše tačke kolovoza.



Slika 9.1.19: Svetla visina ispod nadvožnjaka

#### 9.1.4.4 Saobraćajni i slobodni profili mostova na putevima sa dve i više traka

Visina saobraćajnog profila na slobodnim deonicama puta je 4,20 m, a slobodnog profila 4,50 m, izuzetno 4,75 m. Širina saobraćajnog profila je zbir širine saobraćajnih i ivičnih traka, a širina slobodnog profila je sa obe strane uvećana za širinu bankina 1,50 m za brzine veće od 80 km/s, odnosno 1,00 m za brzine manje od 80 km/s (slika 9.1.20).



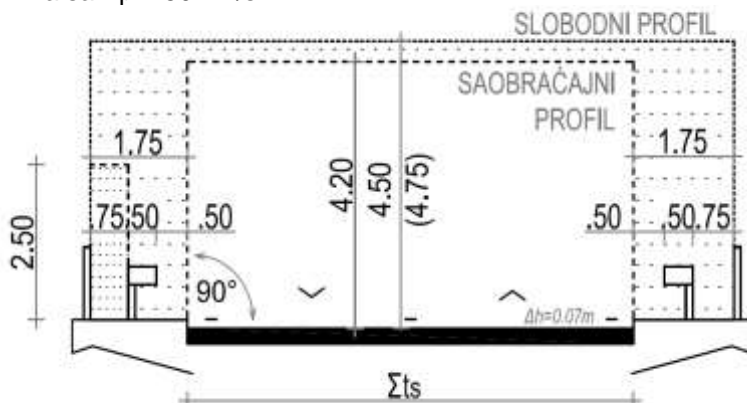
Slika 9.1.20: Saobraćajni i slobodni profil na slobodnim deonicama puteva sa dve i više traka

Slobodni profil kod mostova na putevima sa dve i više traka identičan je sa saobraćajnim profilom na slobodnim deonicama puta.

Širina slobodnog profila zavisi od brzine vozila i različita je za brzine  $V_p > 50 \text{ km/s}$  kod

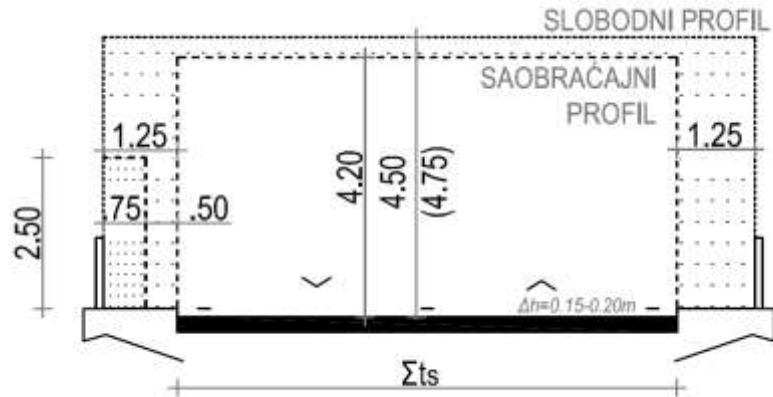
kojih je ivičnjak visine 7 cm i postoje zaštitne i pešačke ograde (slika 9.1.21a) i za brzine  $V_p < 50 \text{ km/s}$  sa ivičnjakom visine 15 – 20 cm (slika 9.1.21b).

a) Na mostovima sa  $V_p > 50 \text{ km/s}$





b) Na mostovima sa  $V_p < 50$  km/s

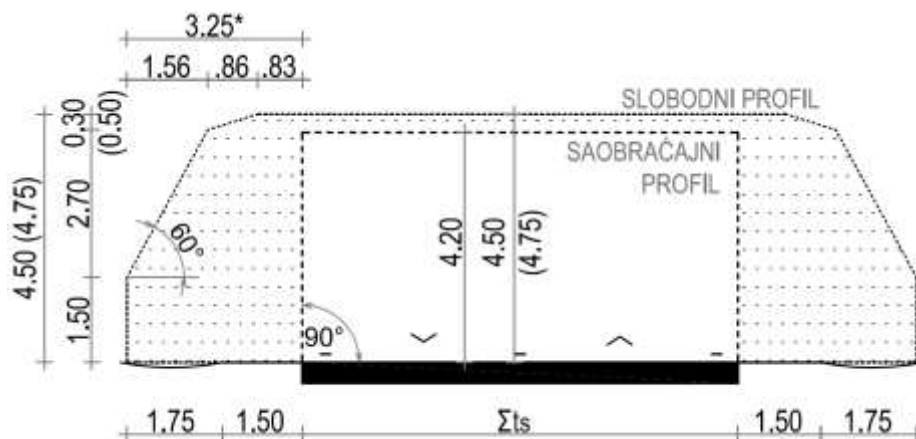


Slika 9.1.21: Saobraćajni i slobodni profili mostova na putevima sa dve i više traka

Kod mostova sa pešačkim i/ili biciklističkim stazama saobraćajni profil se prilagođava tim zahtevima.

4,75 m. Širina slobodnog profila povećana je sa obe strane za 3,25 m (1,50 + 1,75 m), s tim da je moguće tu širinu smanjiti na 1,80 m (slika 9.1.22).

Slobodni profil za objekte iznad puta sa dve (više) traka ima visinu 4,50 m izuzetno,



Slika 9.1.22: Saobraćajni i slobodni profili za objekte iznad puteva sa dve (više) traka

### 9.1.5 NORMALNI POPREČNI PROFILI (NPP) I ŠIRINE MOSTOVA

#### 9.1.5.1 Normalni poprečni profili i širine mostova na autoputevima

NPP i širine mostova moraju biti usaglašeni sa geometrijskim elementima poprečnih profila autoputeva (slika 9.1.23).

- Širine mostova čine: dve ili više kolovozne trake  $t_v$  širine od 3,75 m do 2,75 m u zavisnosti od brzine  $V_{ri}$  [km/s], tipa puta i karaktera terena (tabela 9.1.5.1)

Tabela 9.1.5.1: Širina kolovoznih traka  $t_v$

$V_{ri}$ (km/s)	$t_v$ (m)	Tip puta i karakter terena
$V_{ri} > 100$	$t_v = 3,75$	AP (ravničarski)
$80 < V_{ri} \leq 100$	$t_v = 3,50$	AP (brdski, planinski), VP, P
$60 < V_{ri} \leq 80$	$t_v = 3,25$	P
$40 < V_{ri} \leq 60$	$t_v = 3,00$	P
$V_{ri} \leq 40$	$t_v = 2,75$	P

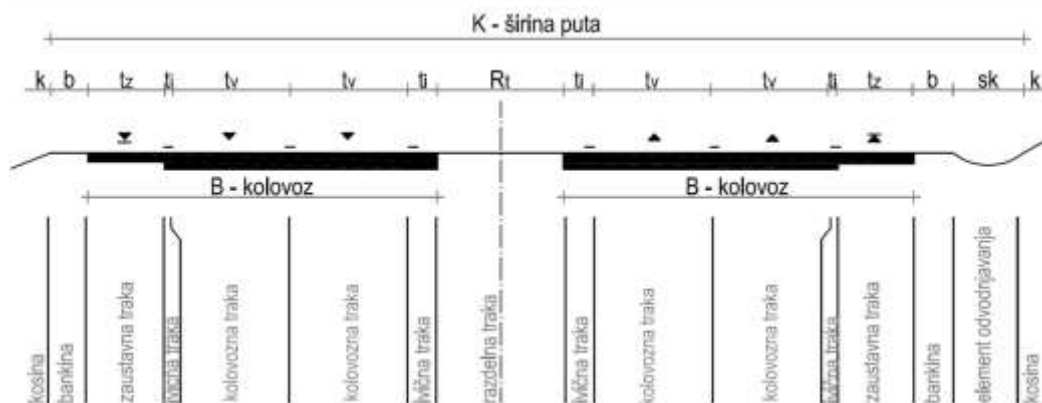
- Ivične trake  $t_i$  širine u zavisnosti od  $V_r$  km/s prema tabeli 9.1.5.2 koje služe za vizuelno razgraničenje kolovoznih traka od ostalih elementa puta. Širina ivičnih traka na autoputevima je od 1,0 - 0,5 m.

Tabela 9.1.5.2: Širina ivičnih traka

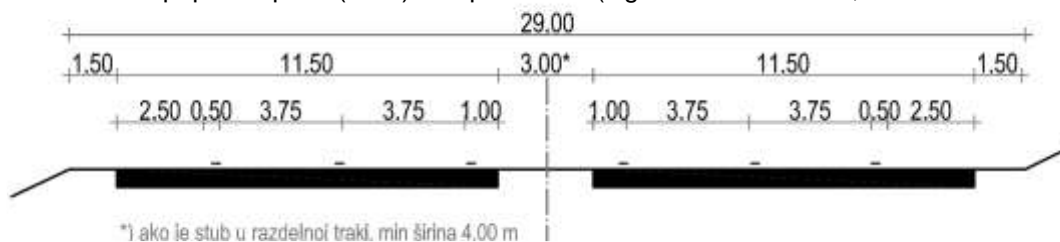
$V_r$ (km/s)	Ivična traka $t_i$ (m)
$V_{ri} \geq 100$	$t_i = 1,00$ (0,75), (0,50)
$80 \leq V_{ri} < 100$	$t_i = 0,35$
$V_{ri} < 80$	$t_i = 0,25$

- Zaustavna traka  $t_z$  širine 2,50 m je neprekidna saobraćajna traka koja prati kolovozne trake na slobodnim deonicama autoputeva i na mostovima.
- Razdelna traka  $R_z$  ili razdelni pojas  $R_p$  služi za fizičko razdvajanje smerova vožnje. Širina razdelnog pojasa je od 4,00 do 2,50 m.
- Ivični delovi mostova širine 2,00 m, kao i deo u razdelnom pojasu širine 3,0 (4,0) m kod mostova na autoputevima rešavaju se u skladu sa SRDM 9.12.1 Ivični venci, hodnici, ivičnjaci i SRDM 9.12.2 Ograde.
- Na autoputevima kraće objekte (propuste, podvožnjake, vijadukte i mostove) ukupne dužine do 50 m treba projektovati i graditi kao jedinstvene objekte bez dilatacije u razdelnom pojasu širine do 4,00 m (slika 9.1.24a).
- Mostove i vijadukte na autoputevima dužine veće od 50 m i ukupne širine 26 – 30 m treba projektovati i graditi kao odvojene (dvojne) konstrukcije. Izuzetak su padinski vijadukti kod kojih treba analizirati varijante dvojne i jedinstvene konstrukcije. (slika 9.1.24b).
- Na deonicama autoputeva gde se smerovi vožnje (kolovozi) razdvajaju zbog tunela ili iz drugih razloga vijadukti i mostovi se projektuju i grade kao odvojeni razmaknuti objekti (slika 9.1.24c).

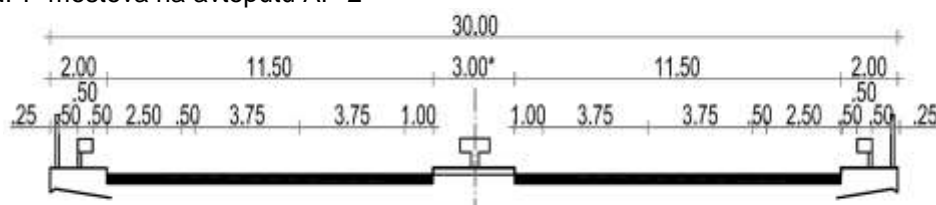
#### a) Elementi geometrijskog poprečnog profila autoputa



- b) Normalni poprečni profil (NPP) autoputa AP-2 (sigurne trake širine 3,75 za Vri > 100 km/s)

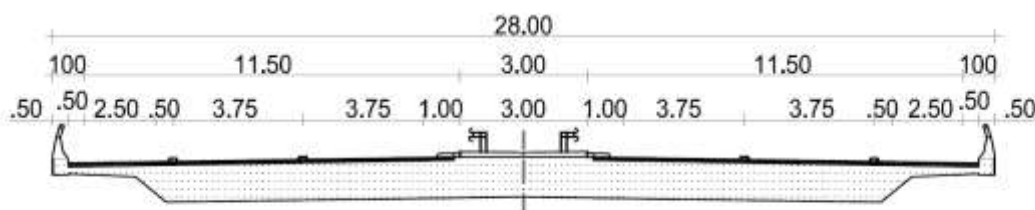


- c) NPP mostova na avtoputu AP-2

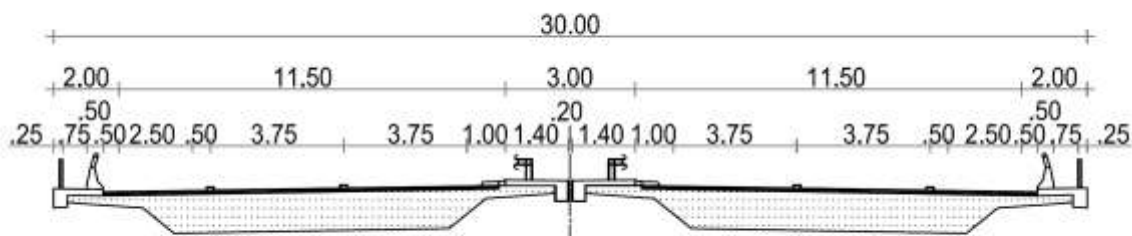


Slika 9.1.23: Geometrijski i normalni poprečni profili autoputa i mostova (primer AP-2 sa kolovoznim trakama širine 3,75 m za Vri > 100 km/s)

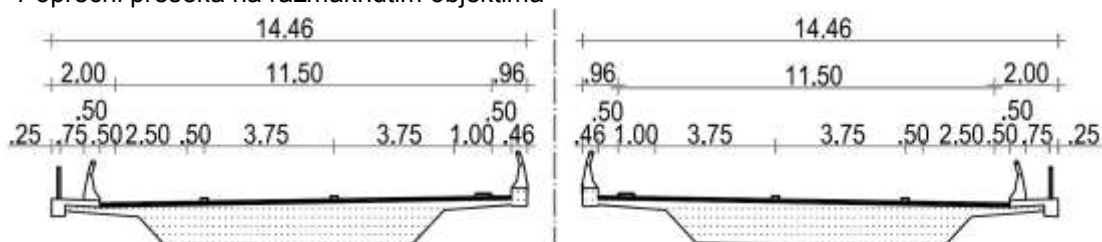
- A – Poprečni presek na zajedničkom objektu



- B – Poprečni presek na odvojenim objektima



- C – Poprečni preseka na razmaknutim objektima



Slika 9.1.24: Normalni poprečni preseci mostova na autoputevima

- Kod jednostranih objekta dužine do 50 m treba na spoljašnjim ivicama primeniti betonske sigurnosne ograde BSO (slika 9.12.2.4.4) visine 80 + 50 ili čelične sigurnosne ograde ČSO visine 1,15 (slika 9.12.2.5.3) ili ČSO tip GC77 (slika

9.12.2.5.4) bez denivelisanih staza za službena lica, dvojnih ograda i ivičnjaka.

### 9.1.5.2 Normalni poprečni profili (NPP) i širine mostova na putevima sa dve ili više traka

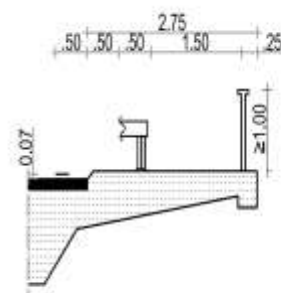
NPP i širine mostova na putevima sa dve ili više traka moraju biti usaglašeni sa geometrijskim elementima i NPP puteva i saobraćajnim i slobodnim profilima mostova prema tački 9.1.4.4 Smernice SRDM 9.1.

Širinu mostova čine:

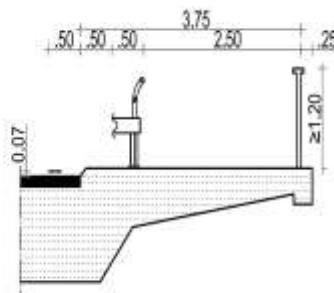
- Dve ili više kolovoznih traka širine prema tabeli 9.1.5.1 na istom kolovozu bez ili sa uskim razdelnim pojasom.
- Ivične trake širine prema tabeli 9.1.5.2.

- Razdelni pojas širine 1,25 za profil sa više traka VP-3.
- Ivični delovi mostova minimalne širine 1,75 m kod mostova na putevima sa  $V_p > 50$  km/s, odnosno 1,25 m kod mostova sa  $V_p < 50$  km/s (slika 9.1.21, 9.1.16 i 9.1.17).
- Ivični delovi mostova se konstruišu prema SRDM 9.12.1 i SRDM 9.12.2 u zavisnosti od brzine vozila na mostu, visine ivičnjaka, tipova ograda i namene. Namena može biti samo traka za službena lica širine 0,75 m ili jedan red pešaka, više redova pešaka, biciklisti i kombinacija pešaka i biciklista.

a) Pešačka staza



b) Biciklistička ili kombinovana staza



9.1.25: Pešačke i biciklističke staze na mostovima sa  $V_p > 50$  km/s sa ivičnjakom visine 7 cm i ČSO

### 9.1.6 TEHNIČKA DOKUMENTACIJA ZA OBJEKTE (MOSTOVE)

Zakon o planiranju i izgradnji u Republici Srbiji iz 2009 g. članovima 110 – 124 predviđa sledeći sadržaj i vrste tehničke dokumentacije za dobijanje građevinske dozvole od nadležnog ministarstva i gradnju objekta.

#### 9.1.6.1 Prethodni radovi

Prethodni radovi obuhvataju istraživanja i analizu stručnih materijala, projekata, i prikupljanje podloga za izradu tehničke dokumentacije.

U tč. 9.1.2 Opšte smernice za projektovanje mostova obrađene su podloge (prostorno urbanističke, saobraćajne, geodetske, putne, geološko-geomehaničke (GG), hidrološko-hidrotehničke, meteorološke, seizmičke i projektni zadatak) za projektovanje mostova.

#### 9.1.6.2 Prethodna studija opravdanosti

Prethodnom studijom opravdanosti utvrđuje se prostorno-urbanistička, društvena, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije za varijantna rešenja objekata predviđenih generalnim projektom.

Prethodna studija opravdanosti sadrži generalni projekat objekata.

#### 9.1.6.3 Studija opravdanosti

Za razliku od prethodne studije, koja analizira varijantna rešenja, studija opravdanosti određuje prostornu, ekološku, društvenu i ekonomsku opravdanost investicije za usvojeno rešenje objekta razrađeno idejnim projektom na osnovu koje se donosi odluka o opravdanosti ulaganja.

#### 9.1.6.4 Generalni projekt

Generalnim projektom mostova definiše se lokacija i opšta dispozicija objekta u sklopu trase puteva ili kao samostalnog objekta.

Opštu dispoziciju čine situacija, osnova, podužni i poprečni preseći.

Opštom dispozicijom definiše se noseći sistem mosta, materijal, dužina i širina

objekta, tehnologija građenja, ocena troškova, preliminarna ocena GG uslova i predlog temeljenja. Dispozicija objekta omogućava izradu programa definitivnih istražnih GG radova za idejni projekt. Pored dispozicije objekta treba izraditi tehnički izvještaj koji obrazlaže i potvrđuje izabrano dispoziciono rešenje.

#### 9.1.6.5 Idejni projekat

Idejni projekat mostova radi se na osnovu usvojenog dispozicionog rešenja iz generalnog projekta i na osnovu konačnih obnovljenih podloga za projektovanje. Idejni projekt pored ostalog sadrži:

- Opšti deo
  - Opšta dokumentacija
  - Projekti zadatak,
  - Tehnički izvještaj,
  - Saglasnosti relevantnih institucija.
- Statički proračun u obimu koji obezbeđuje sigurnost objekta i tačnost izabranih dimenzija.
- Predmer i predračun radova
- Nacrti
  - Osnovni dispozicioni nacrti (situacija, osnova, podužni i poprečni preseći)
- Prateći elaborati prema vrsti objekta
  - Geološko-geomehanički elaborat,
  - Geodetski elaborat,
  - Hidrotehnički i hidrološki elaborat,
  - Elaborat o komunalnoj infrastrukturi.

#### 9.1.6.6 Glavni projekat

Glavni projekat mostova izrađuje se za potrebe građenja i pribavljanja građevinske dozvole. Izrađuje se na osnovu revidiranog i usvojenog idejnog projekta.

Glavni projekt između ostalog sadrži:

- Opšti deo
- Tekstualni deo
  - Projektni zadatak,
  - Tehnički izvještaj sa obaveznim sadržajem (opšti podaci o mostu, podloge za projektovanje, koncepcija mosta i dispoziciono rešenje, statička i dinamička analiza mosta, GG uslovi i temeljenje mosta, noseća konstrukcija mosta, oprema mosta, materijali za noseću konstrukciju, tehnologija građenja i uslovi eksploatacije i održavanja)
  - Saglasnosti relevantnih institucija
- Statičko dinamička analiza – dokaz pouzdanosti za sve delove noseće

konstrukcije mosta u skladu sa važećim propisima.

- Nacrti mosta
  - Pregledna i građevinska situacija
  - Podužni preseki mosta,
  - Osnova mosta,
  - Normalni poprečni preseki mosta
  - Nacrti svih stubova mosta,
  - Shema tehnologije izgradnje mosta,
  - Plan iskolčenja temelja mosta,
- Prateći elaborati:
  - Geološko-geomehanički elaborat,
  - Geodetski elaborat,
  - Hidrotehnički i hidrološki elaborat,
  - Elaborat o komunalnoj infrastrukturi;

#### **9.1.6.7 Izvođački projekat**

Izvođački projekat izrađuje se isključivo za potrebe izvođenja radova na građenju, ako glavni projekat ne sadrži izradu nacrti i razradu detalja za izvođenje, što je slučaj kod manjih i jednostavnijih objekata.

Izvođački projekat sadrži:

- Planove oplata svih stubova i rasponske konstrukcije,
- Armaturne nacрте svih nosivih delova konstrukcije,
- Nacрте kablova, ako je u pitanju prednapregnuta konstrukcija,
- Radioničke nacрте za čelične noseće konstrukcije čeličnih ili spregnutih mostova,
- Nacрте opreme mosta i
- Tehnologiju izgradnje mosta.

#### **9.1.6.8 Projekat izvedenog objekta**

Projekat izvedenog objekta izrađuje se za potrebe pribavljanja upotrebne dozvole, korišćenja, održavanja i obnavljanja mostova.

Projekat izvedenog objekta je glavni Projekat sa unesenim i dokumentovanim svim izmenama nastalim u toku izgradnje.

### 9.1.7 MATERIALI ZA NOSEĆE KONSTRUKCIJE MOSTOVA

#### 9.1.7.1 Uvod

- Noseće konstrukcije savremenih mostova na putevima projektuju se i grade od betona, konstrukcionog čelika i kompozicije čelika i betona sa spregnutim presekom.
- Stubovi mostova se uvek grade kao armirano betonski bez obzira na materijal rasponskih konstrukcija.
- Betonske rasponske konstrukcije moraju biti od betona ojačanog armaturom – armiranobetonske ili armiranobetonske, prednapregnute kablovima od visokovrednog čelika – armirano betonske prednapregnute konstrukcije odnosno ABP mostovi.
- U upravo minulom veku beton je neuporedivo najviše upotrebljavani materijal, za sve vrste konstrukcija. Obim upotrebe betona raste u svim državama bez obzira na njihov tehnički nivo. Sa sigurnošću se može tvrditi da će se taj razvoj nastaviti i da će se proširiti obim upotrebe betona, pored ostalog i na objekte saobraćajne infrastrukture.
- Za mostove i vijadukte velikih raspona je poželjno i svrsishodno što veće smanjenje dimenzija poprečnih preseka i sopstvene težine rasponske konstrukcije, a to može da se postigne upotrebom visokovrednih betona.
- Razvoj teorije i prakse sprezanje čelika i betona u poslednjim decenijama ponovo je učinio konkurentnim čelik kao materijal za mostove svih raspona i sistema. U većem broju evropskih razvijenih zemalja u toku je novi zamah u primeni spregnutih konstrukcija u mostogradnji uz izraženu kreativnost i inovativnost.
- Pri projektovanju i gradnji mostova sprezanje čelika i betona najčešće se primenjuje za rasponske konstrukcije grednih sistema mostova. Pored grednih sistema sve više se primenjuje i za sprezanje okvirnih, lučnih i visećih mostova.

- Primena konstrukcionog čelika za mostove na putevima bez sprezanja sa betonom je smislena i racionalna samo za velike raspone (veće od cca. 150 m).

#### 9.1.7.2 Beton

- Beton kao materijal je definisan u evropskoj normi EN 206-1 koja zahteva izmenu dosadašnjeg načina označavanja betona u projektnoj dokumentaciji.
- Sama noseća konstrukcija izrađena od betona mora da ispunjava tri osnovna kriterijuma: nosivost, upotrebljivost i trajnost. Projektanti mostova treba da propišu odgovarajuće osobine betona koji zadovoljava tri navedena kriterijuma.
- Nosivost je osnovna osobina konstrukcije i direktno zavisi od čvrstoće betona na pritisak sa oznakom C. Pri gradnji mostova upotrebljavaju se sledeći razredi čvrstoće na pritisak za normalne betone: C 8/10, C 12/15, C 16/20, C 20/25, C 25/30, C 30/37, C 35/45, C 40/50, C 45/55, C 58/60. Prva vrednost je čvrstoća betona u obliku valjka  $\phi$  150 mm visine 300 mm izražena u N/mm<sup>2</sup>, druga vrednost je čvrstoća betona u obliku kocke sa stranicama 150 mm.
- S obzirom na trajnost najmanja vrednost čvrstoće na pritisak za stubove mostova je C 20/25, za armiranobetonske rasponske konstrukcije C 25/30, a za AB prednapregnute rasponske konstrukcije C 30/37.
- Trajnost zavisi od intenziteta neugodnih štetnih hemijskih i fizičkih uticaja iz okoline i od otpornosti konstrukcije na te uticaje, koja raste sa čvrstoćom na pritisak i gustinom betona.
- Pri projektovanju mostova projektant treba da u skladu sa EN 206-1 odredi razred izloženosti koji je označen slovom X. Razred izloženosti označava stepen izloženosti betonske konstrukcije štetnim uticajima iz okoline. Norma razlikuje sedam razreda izloženosti.

Tabela 9.1.7.1 Klase izloženosti u zavistnosti od uslova sredine po EN 206-1

Klase izloženosti	Evropski naziv	Objašnjenje	
1	2	3	
X0	0	Bez rizika	
XC	<b>Carbonation</b>	Korozija armature usled:	Karbonifikacije
XD	<b>Deicing-Salt</b>		Slane vode sa kolovoza
XS	<b>Sea</b>		Morske vode
XF	<b>Frost</b>	Ugroženost betona (agresivnost okoline) usled:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mraza</li> <li>• Mraz uz prisutnost slane vode sa kolovoza</li> </ul>
XA	<b>Acid</b>		Hemijska agresija
XM	<b>Mechanical Abrasion</b>		Mehanička abrazija

Debljina zaštitnog sloja betona je bitan element trajnosti betonskih konstrukcija. Za mostove je potrebno projektovati zaštitni sloj

betona za zaštitu armature i kablova prema tabeli 9.1.7.2. Najveće zrno agregata ne bi smelo da bude veće od 32 mm.

Tabela 9.1.7.2

Zaštitni sloj betona (mm)	1)	C min armatura	C min kablovi	$\Delta C$
Rasponska konstrukcija 2) 3)		40	50	5
Potporna konstrukcija mosta – stubovi				
- površine u kontaktu sa vazduhom		40	50	5
- površine u kontaktu sa zemljom		50	50	5
Hodnici i ivični venci				
- površine u kontaktu sa vazduhom		40	-	5
- površine u dodiru sa betonom		20	-	5
$C_{nom} = C_{min} + \Delta C$				
1) $C_{min} = 50$ mm pri XS1 do XS3 in XA1 do XA3 2) $C_{min} = 40$ mm za montažne elemente sa prednaprežanjem na stazi i $f_{ck} \geq 40$ MN/m <sup>2</sup> 3) $C_{min} = 100/80$ mm za podužne/poprečne kablove, ako su položeni pod gornju površinu kolovozne ploče				

### 9.1.7.3 Visokovredni beton (HPC – High Performance Concrete)

Treba razlikovati beton visoke tvrdoće (HSC – high strength concrete) i visokovredni beton (HPC – high performance concrete). Visokovredni beton pored visoke čvrstoće ima znatno bolje osobine sa stanovišta trajnosti i postojanosti u agresivnim sredinama.

U praksi se primenjuje razvrstavanje betona u tri kategorije:

- normalni konstrukcioni beton nominalne čvrstoće 20 do 60 Mpa
- beton visoke čvrstoće sa karakterističnim čvrstoćama 60 do 100 Mpa
- betoni vrlo visoke čvrstoće sa karakterističnim čvrstoćama 100 do 250 Mpa.

Osnovni sastav visokovrednih betona je jednak kao kod betona normalne čvrstoće.



Za postizanje većih čvrstoća se deo cementa zamenjuje mineralnim dodacima (mikrosilika, elektronski pepeo). Upotrebom mineralnih dodataka se kalcijum-hidroksid pri pucolanskoj reakciji pretvara u hidratizirani kalcijum-silikat koji povećava čvrstoću.

Poboljšanje karakteristika visokovrednih betona:

- velika čvrstoća u poređenju sa sopstvenom težinom, posebno kod lakoagregatnih visokovrednih betona
- brzo postizanje velikih čvrstoća što omogućava brže građenje
- veća otpornost na abraziju
- veća otpornost na smrzavanje
- manje upijanje vode, manja vodonepropustnost, niži koeficijent difuzije CO<sub>2</sub> i hloridnih jona i bolja zaštita armature od korozije
- bolje reološke osobine.

Nedostaci visokovrednog betona:

- veća cena u poređenju sa cenom normalnog konstrukcionog betona
- strožija kontrola sastava i izvedbe betona
- povećanje krutosti nije srazmerno sa povećanjem čvrstoće
- sa povećanjem čvrstoće na pritisak visokovredni betoni postaju lomljiviji, manja je žilavost koja je neugodna pri preuzimanju dinamičkih opterećenja
- čvrstoća na zatezanje raste mnogo sporije od čvrstoće na pritisak, vrednost E modula raste još sporije
- vrlo gusta struktura ne dozvoljava isparavanje vode iz cementnog kamena, što smanjuje otpornost betona pri požaru.

Upotreba visokovrednih betona pri gradnji mostova u tehnički razvijenijim državama je počela pre približno trideset godina, a intenzivnija upotreba u zadnjih 10 – 15

godina. Interesantni su primeri upotrebe visokovrednih betona u Holandiji, Norveškoj, Austriji i Njemačkoj, čija se iskustva mogu primeniti i na našim prostorima.

#### 9.1.7.4 Armatura – čelik za armiranje

Čelik za armiranje je dat u evropskoj normi EN 10080-1 i EN 10080 - 2 do 4.

Pod opterećenjem se čelik deformiše, a što je veću deformaciju materijal može da podnese bez krug loma, to je duktilniji.

Duktilnost (žilavost) je svojstvo materijala da podnese plastičnu deformaciju bez loma.

Betonski čelici se svrstavaju se u 2 razreda duktilnosti (žilavosti) A, B, C, a isporučuju se u obliku:

- šipki i koturova za direktnu upotrebu ili za proizvodnju zavarenih armaturnih mreža
- fabrički proizvedenih zavarenih armaturnih mreža.

Prema normi armaturni čelik se označava:

- oznaka oblika proizvoda (šipka, kotur, mreža)
- oznaka norme EN 10080-2-4
- naziv ili oznaka (broj) čelika
- nazivne dimenzije proizvoda (u milimetrima)
- dopunske informacije prema EN 10080-2-6

Norme EN 10080-2 do 4 razlikuju 3 vrste površinskog izgleda: glatki P, profilisani I i rebrasti R.

Osobine čelika za armiranje prema EN 10080-2 do 4 su date u tabeli 9.1.7.3.

Primer označavanja armaturne šipke prečnika 20 mm i dužine 12000 mm: šipka EN 10080-3-B500B-20 x 12000

Tabela 9.1.7.3

Naziv i oznaka (broj) čelika	B500A (1.0438)		B500B (1.0439)		B450C (1.04...)
	kotur	šipka	kotur	šipka	kotur
Nazivni prečnik d (mm)	4-16	6-40	6-16	6-40	6-16
Granica razvlačenja R <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	≥500		≥500		≥450
Odnos zatezne čvrstoće i granice razvlačenja R <sub>m</sub> /R <sub>c</sub>	≥1,05		≥1,08		≥1,15 ≥1,35
Odnos stvarne i nazivne vrednosti granice razvlačenja R <sub>cact</sub> /R <sub>cnom</sub>	–		–		≤1,20
Procenat ukupnog istezanja pri najvećoj sili Agt (%)	≥2,5		≥5,0		≥7,5

### 9.1.7.5 Visokovredni čelik za prednaprezanje

Razlikuju se tri glavne podgrupe proizvoda izrađenih od čelika za prednaprezanje: žice, užad i šipke. Čelik za prednaprezanje obuhvaćen je normama EN 10138-;2;3;4.

- Žice se označavaju:
  - brojem norme EN 10138-2
  - nazivom čelika koji sadrži:
    - slovo y za čelik za prednaprezanje
    - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa (1770 MPa)
    - slovo C za hladno vučenu žicu
  - nazivnim prečnikom žice u mm (koji se kreće od 3 do 100 mm)
  - slovom l ako se radi o profilisanom čeliku

Primer: EN 10138-2-Y1770 C-5, 0-l

- Užad se označavaju:
  - brojem norme EN 10138-3
  - nazivom čelika koji sadrži:
    - slovo y za čelik za prednaprezanje
    - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa
    - slovo S za užad
    - oznakom 3 i 7 za broj žica u užetu

- slovo G označava zatvoreno uže
- nazivnim prečnikom užeta u mm (od 5,2 do 18 mm)
- razredom A ili B
- slovom l – ako se radi o profilisanom čeliku

Primer: EN 10138-3 Y1860S7-16,0-A

- Šipke se označavaju:
  - brojem norme EN 10138-4
  - nazivom čelika koji sadrži:
    - slovo y za čelik za prednaprezanje
    - nazivna čvrstoća na zatezanje u MPa
    - slovo H za toplo valjane šipke
  - nazivnim prečnikom šipke u mm (od 15 do 40 mm)
  - slovom R za rebraste šipke

Primer: EN 10138-4Y1030H-26-R

### 9.1.7.6 Konstrukcioni čelik

Za čelične konstrukcije u građevinarstvu koriste se pretežno konstrukcioni čelici (oznaka S) (nelegirani, niskougljenični čelici).

Veze starih i novih oznaka konstrukcionih čelika date se u tabeli 9.1.7.4.

Tabela 9.1.7.4

Novi sistem označavanja čelika		Stari sistem označavanja čelika prema JUS C.B0.002:1986
Oznake prema JUS EN 10027-1	Oznake prema JUS EN 10027-2	
S 185	1.0035	Č0130
S 235 JR	1.0037	Č0370
S 235 JRG1	1.0036	Č0371
S 235 JRG2	1.0038	Č0361
S 235 J0	1.0114	Č0362
S 235 J2G3	1.0116	Č0363
S 275 JR	1.0044	Č0451
S 275 J0	1.0143	Č0452
S 275 J2G3	1.0144	Č0453
S 355 JR	1.0045	Č0561
S 355 J0	1.0553	Č0562
S 355 J2G3	1.0570	Č0563

Tehnički uslovi isporuke proizvoda obrađeni su u standardu JUS EN 10025.

„Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcionih čelika – Tehnički zahtevi za isporuku“.

U ovom standardu se definišu:

- vrsta čelika (mehaničke karakteristike, hemijski sastav),
- kvalitet čelika (žilavost na krti lom – energija loma na odgovarajućoj temperaturi),
- način dezoksidacije i stanje isporuke.

Osnovni parametri koji utiču na izbor kvaliteta konstrukcionog čelika kao osnovnog materijala za čelične – spregnute mostove:

- otpornost na krti lom i zamor materijala,
- otpornost na lamelarno cepanje (dvoplasnost).

Na izbor konstrukcionog čelika utiče:

- vrsta i značaj konstrukcije,
- intenzitet i priroda opterećenja,
- oblikovanje konstrukcije i njenih detalja,
- minimalne radne temperature,
- ekonomski pokazatelji.

Tehnička regulativa za izbor kvaliteta osnovnog čeličnog materijala:

- JUS U.E7.010/1988: „Izbor osnovnog čeličnog materijala“ – U koliziji sa novousvojenim standardom za označavanje čelika,
- Evrokod 3 Deo 1-10: „Izbor osnovnog materijala sa stanovišta otpornosti na krti lom i lamelarno cepanje“ – Nije još uvek usvojena definitivna verzija.

Materijal naručuju po pravilu preduzeća koja proizvode čeličnu konstrukciju. Za mostove, napregnute na zamor sme se primeniti samo onaj materijal koji je direktno naručen kod železare.

Prilikom preuzimanja materijala mora da bude dostavljena potvrda o svim potrebnim hemijskim i mehaničkim ispitivanjima i o dokazanom kvalitetu saglasno važećim standardima i zahtevima iz projekta i ugovora o kupovini. Rezultati ispitivanja moraju biti povezani sa šaržama proizvodnje.

Materijal sredstava za spajanje (elektrode, žice za varenje, visokovredni vijci) uobičajeno je da temeljno kontroliše sam proizvođač u skladu sa važećim normama i standardima. Investitor treba da zahteva i proveri ateste sredstava za spajanje.

### 9.1.8 ESTETIKA MOSTOVA

- Estetika je izrazito subjektivna disciplina i menja se sa mestom i vremenom, tako da je ocena estetske vrednosti vrlo teška i subjektivna. Stručnost, opšta kultura i objektivnost autora utiče na estetski nivo mostova. Skladan most, harmonično uklopljen u prostor je novi element lepote. Estetika mosta veoma zavisi od opšte dispozicije, izbora nosećeg sistema, skladne kompozicije noseće konstrukcije, uvažavanja specifičnosti prepreke i geometrije trase.
- Mostovi su izrazito inženjerske konstrukcije i deo njihove lepote je statička istina. Mostovi ne podležu stilovima u arhitekturi. Naknadno oblikovanje pravilno konstruisanog mosta je ograničeno na opremu.
- Svaka uspela kompozicija mosta nosi svoj estetski nivo koji je rezultat duhovne zrelosti autora. Test vremena dovoljno dobro ukazuje na razlike između dobro i loše izgrađenog mosta. Mostovi su atraktivni objekti koji bude pažnju stručne i šire javnosti. Naša obaveza ja da ih tehnički ispravno i lepo projektujemo i zaštitimo od neprimernih modnih trendova. Težnja da mostovi budu lepi je trajno prisutna u istoriji građenja mostova.
- Poznati konstruktor čeličnih mostova D. B. Štajman je rekao: Kao student nikada nisam imao prilike da čujem reč „lepota“ u predavanjima o mostovima. Učilo se sve i svašta, o silama i planovima sila, o čvrstoći materijala, o dimenzionisanju preseka, o shemama opterećenja, rezultatima ispitivanja i propisima, predračunu i racionalnosti, montiranju itd. O umetničkoj strani projekta, potrebi i dužnosti estetskog razmatranja inženjerskih objekata niko nikada nije rekao ni jednu reč, nije pomenuto da mostovi, pored ostalog, treba da budu i lepi.
- Profesor P. A. Mihelis u knjizi „Estetika arhitekture armiranog betona“ kaže: „Istorija civilizacije nije odala priznanje ni jednoj konstrukciji samo zato što se nije srušila, već što je kroz vekove pronela i pred nas donela svoju skladnu lepotu“.
- Profesor F. Leonhardt je 1982. godine izdao knjigu „Estetika mostova“. Cenjeni

konstruktori mostova prof. M. Trojanović i prof. K. Tonković svojim pisanim delima i još više izgrađenim mostovima dali su veliki doprinos i stvorili osnove za dalje unapređenje estetike mostova.

Za razliku od drugih građevinskih objekata kod kojih pri projektovanju saraduju arhitekti i konstruktori, kod mostova konstruktor je projektant i odgovorni nosilac projekta što podrazumeva i obavezu da poznaje i primenjuje osnove principe estetskog oblikovanja mostova.

Temeljna načela estetike mostova:

- izbor odgovarajućeg oblika osnovnog nosećeg sistema
- pravilan i skladan odnos pojedinih delova i objekta kao celine
- jednostavan oblik i funkcionalnost pojedinih delova i objekta kao celine
- statički čista konstrukcija
- kvalitet izvedenih radova i boja spoljašnjih površina
- skladna interpolacija mosta u prirodni ambijent ili urbana naselja.
- Most je kompozicija morfološko-geoloških osobina prostora, inženjerske konstrukcije, namene, materijala, oblikovanja, tehnologije građenja, sigurnosti, trajnosti, ekonomičnosti i uključivanja u prirodni i urbani prostor.
- Konceptcija dispozicionih rešenja mostova (naročito pri izboru nosećeg sistema) usvajaju se nakon detaljnih proučavanja i analiza koje se odnose na funkciju objekta, morfologiju prepreke, geoloških osobina tla, geometrije puta, iskorišćenja terena u području mosta, karakteristika materijala noseće konstrukcije.
- Za izabrani noseći sistem (gredni, okvirni, lučni, viseći itd.) menjaju se rasponi, ukupna dužina, raspored stubova, biraju se materijal noseće konstrukcije i predviđaju mogući načini gradnje. Osnovni dispozicioni elementi omogućavaju analizu i konstruisanje više varijanti poprečnog preseka noseće konstrukcije. Pravilno i dobro projektovana konstrukcija je istovremeno skladna i logično oblikovana konstrukcija mosta.

- Skladna kompozicija mosta, izgrađena bez konceptijskih i vizuelnih grešaka ima svoju estetsku težinu koja može biti uspešna samo u slučaju kada i projektant-konstruktor poseduje stručnu i duhovnu zrelost.
- Na autoputevima, je puno mostova, vijadukata, nadvožnjaka i drugih objekata i inženjerskih konstrukcija za savladanje prirodnih i veštačkih prepreka. Koncentracija objekata utiče na izgled autoputa i okoline zbog čega treba posvetiti posebnu pažnju njihovom oblikovanju i uključivanju u ruralni i urbani prostor.

„Konstruktor lišen osećaja za oblik i konstruktivne kompozicije, i bez upotrebe logaritmara, ili je početnik ili je statičar; u svakom slučaju nije konstruktor.“ (P. Sijourni).

Lepo je i nostalgичno sećati se starih kamenih mostova koji vekovima služe svojoj osnovnoj nameni da prevedu ljude preko reke, a istovremeno su i vredni spomenici kulture i simboli vremena i trajanja.

U celom ovom milenijumu do 20. veka izgrađeno je manje mostova nego što se sada izgradi u jednoj deceniji. Danas je u svetu u funkciji više od dva miliona mostova kod kojih je primarna namena. Samo neki od tih mostova, prvenstveno veličinom raspona, skladno oblikovanim inženjerskim konstrukcijama i atraktivnim postupcima građenja postaju tehnički i vizualno atraktivni i ostaju kao spomenici nauke i kulture svoga vremena. Brzi razvoj teorije konstrukcija i kompjuterizovani proračun potisnuo je dublji osećaj za tradiciju, konstrukciju i oblik. Novi postupci građenja ne nude uvek skladan odnos materijala, funkcije i forme.

## 9.1.9 PRINCIPI VREDNOVANJA MOSTOVA

### 9.1.9.1 Uvod

Poreklo kapitala, neprofesionalni investitori, neselektivan izbor projekatata bez uvažavanja iskustva i tradicije utiču na kvalitet projekata mostova.

Neki arhitekti pokazuju ambicije i prema mostovima gurajući ih na stranputicu mode ističući oblikovanje kao posebnu disciplinu bez sinergije sa konstrukcijom i tehnologijom gradnje.

Za ocenu vrednosti projekta nekog mosta, a posebno za ocenu varijantnih rešenja mostova na konkursima, korisno je ispitati savremenu interpretaciju osnovnih principa na kojima se zasniva veština projektovanja mostova. Ti principi su:

- objektivnost pri koncipiranju i usvajanju projekta mosta,
- funkcionalnost mosta,
- pouzdanost i trajnost,
- racionalnost, troškovi gradnje i održavanja,
- estetika i usklađenost sa okolinom.

Sledi logično pitanje da li su građevinski inženjeri konstruktivnog usmerenja školovani da mogu uspešno da uvažavaju i slede principe na kojima se zasniva veština projektovanja mostova.

### 9.1.9.2 Objektivnost pri koncipiranju i usvajanju projekta mosta

Objektivnost je opšta višestruko značajna osobina čoveka da otvoreno prihvata sve spoljašnje uticaje i da pravilno oceni svoj odnos prema svemu spoljašnjem i prema sebi samom. Objektivnost je deo vaspitanja i kulture ličnosti i teško ju je naknadno izgraditi. U našoj struci objektivnost je najizraženija pri postavljanju trasa puteva u prostor. Mostovi u velikoj meri zavise od položaja i elemenata trase. Pri projektovanju velikih i značajnih mostova potrebna je multidisciplinarna tolerantna saradnja.

Projektant mosta treba da objektivno pristupi izboru materijala, izboru nosećeg sistema, realne i skladne dispozicije, konstrukcije i tehnologije gradnje mosta. Lične ambicije se moraju podrediti opštem interesu i to je jedan od temeljnih principa objektivnosti.

### 9.1.9.3 Funkcionalnost mostova

Funkcionalnost mosta kao dela trase puta je nesporna i rešava se u okviru projekta puta. Funkcionalnost gradskih mostova je specifična i zahtevna i određuje se u skladu sa prostornim i urbanističkim planovima. Namena, širine i položaj površina su osnova za izbor ukupne širine mosta. Funkcionalnost mostova se može приметно unaprediti dobrim rešenjima prelaza sa saobraćajnice na most, celovitom obradom prostora oko mosta i rešenjima opreme mostova.

### 9.1.9.4 Pouzdanost i trajnost mosta

Pouzdanost je sveobuhvatan termin koji sam po sebi objedinjuje sigurnost, upotrebljivost i trajnost konstrukcije. Provera pouzdanosti odnosi se na rad konstrukcije u toku eksploatacionog veka. Eksploatacioni vek mosta je vremenski period tokom koga most ima garantovanu sigurnost i zadovoljavajuću upotrebljivost. U zavisnosti od lokacije, intenziteta i vrste saobraćaja i drugih parametara životni vek mostova je 80 – 120 godina.

Trajnost betonskih mostova opada tokom vremena kao posledica osobina same konstrukcije, vrste i intenziteta saobraćaja i kao rezultat niza očekivanih i stohastičkih pojava u toku eksploatacije. Trajnost konstrukcije je još uvek istraživački, teoretski i propisima nedovoljno definisana kategorija koja nema adekvatnu projektantsku i ekonomsku kvantifikaciju. Na trajnost betonskih mostova pored ostalog najviše utiču osobine konstrukcije (dispoziciono rešenje, noseći i statički sistem, materijali, tehnologija gradnje, oprema) i kvalitet ugrađenog betona. Trajan, nisko propustljiv beton je sinonim za kvalitetan, gust, beton. Redovnim održavanjem mogu se znatno produžiti eksploatacioni vek mostova i sprečiti oštećenja i eksczesna rušenja. Radovima na rehabilitaciji, u zavisnosti od obima ulaganja i karaktera zahvata, može se povećati pouzdanost i produžiti vreme korišćenja mostova.

### 9.1.9.5 Racionalnost, troškovi izgradnje i održavanja mostova

Položaj trase, nivelete, morfologija i zauzetost prostora u području prepreke koja se premošćava i geološko-geotehnički uslovi predodređuju i suštinski utiču na racionalnost rešenja. U istim konturnim uslovima moguće je projektovati više varijantnih rešenja sa

primerno različitim troškovima izgradnje i održavanja. Vešt i iskusen projektant koga krasi radost stvaranja, predložiće objektivnu, pouzdanu kompoziciju mosta koja je sinergija noseće konstrukcije i tehnologije građenja. Minimalne količine ugrađenih materijala u konstrukciju mosta nisu merilo racionalnosti. Jednostavni kompaktni preseki i detalji nosećih elemenata, pristupačnost svim delovima mosta i kvalitetna gradnja olakšavaju i smanjuju troškove održavanja.

#### 9.1.9.6 Estetika i usklađenost sa okolinom

Estetika je izrazito subjektivna disciplina i menja se sa mestom i vremenom, tako da je ocena estetske vrednosti vrlo teška i subjektivna. Stručnost, opšta kultura i objektivnost autora utiče na estetski nivo mostova. Skladan most, harmonično uklopljen u prostor je novi element lepote. Estetika mosta veoma zavisi od opšte dispozicije, izbora nosećeg sistema, skladne kompozicije noseće konstrukcije, uvažavanja specifičnosti prepreke i geometrije trase. Mostovi su izrazito inženjerske konstrukcije i deo njihove lepote je statička istina. Mostovi ne podležu stilovima u arhitekturi. Naknadno oblikovanje pravilno konstruisanog mosta je ograničeno na opremu.

Svaka uspela kompozicija mosta nosi svoj estetski nivo koji je rezultat duhovne zrelosti autora. Test vremena dovoljno dobro ukazuje na razlike između dobro i loše izgrađenog mosta. Mostovi su atraktivni objekti koji bude pažnju stručne i šire javnosti, pa je time potencirana obaveza svih učesnika u planiranju, projektovanju i gradnji mostova da most bude lep i da se skladno uklapa u okolinu.

#### 9.1.9.7 Merila za ocenu varijantnih rešenja

- Kod velikih i važnih mostova i vijadukata obavezna je izrada dve ili više varijanti idejnog projekta ili se rešenja obezbeđuju putem javnog konkursa.
- Komisija koja ocenjuje varijantna (konkursna) rešenja mora da dobro prouči i ovlada principima vrednovanja mostova i merilima koja su suštinska za ocenu vrednosti mosta.
- Merila za ocenjivanje vrednosti varijantnih rešenja određenog mosta mogu se podeliti u pet osnovnih grupa:

#### - Merila koja se odnose na karakteristike lokacije i podloge za izradu konkursnih rešenja

- morfologija prepreke
- geološko-geomehanički uslovi
- seizmološki uslovi
- usklađenost sa podlogama puta

#### - Konstruktivno-tehnološka merila

- savremenost i originalnost koncepcije konstrukcije mosta
- izbor nosećeg sistema
- elementi originalnosti u vezi sa izborom nosećeg sistema i koncepcije konstrukcije mosta
- izbor materijala za noseću konstrukciju
- usklađenost statičko-konstruktivne koncepcije mosta sa svim specifičnim uslovima lokacije mosta
- izbor veličine raspona, međusobni odnos raspona na čitavoj dužini mosta sa stanovišta statičke količine, potrošnje materijala i tehnologije građenja
- raspored stubova sa stanovišta morfoloških karakteristika terena, visine stubova i geološko-geomehaničkih uslova
- koncepcija i konstruktivno rešenje poprečnog preseka rasponske konstrukcije
- koncepcija i konstruktivno rešenje srednjih stubova
- koncepcija i konstruktivno rešenje krajnji stubova sa vezom na trup puta
- temeljenje stubova
- rešenje opreme objekta
- savremeni tehnološki postupci građenja i njihova usklađenost sa karakteristikama lokacije i statičko-konstruktivnom koncepcijom mosta
- tehnologija građenja rasponske konstrukcije
- tehnologija građenja stubova mosta
- tehnologija izrade temelja
- prostor potreban za formiranje gradilišta i pristupa na gradilište
- upotreba kvalitetnih i odgovarajućih materijala
- pouzdanost (sigurnost, trajnost) i vek trajanja mosta

#### - Merila koja se odnose na konstruisanje mosta i zaštitu prirodne okoline

- konstruisanje pojedinih delova konstrukcije i opreme mosta
- međusobna usklađenost oblika elemenata noseće konstrukcije, kao i usklađenost noseće konstrukcije i opreme mosta
- uključivanje mosta u prirodnu okolinu,

- skladna povezanost mosta i puta ispred i iza mosta
- ekološka merila (zaštita vode, vazduha, zaštita od buke, očuvanje biotopa)
- uređenje prostora u području mosta po završetku gradnje.
  
- **Ekonomska merila**
  - ekonomičnost (cena) građenja mosta i
  - troškovi eksploatacije i održavanja mosta.
  
- **Merila koja se odnose na eksploataciju mosta**
  - udobnost i sigurnost saobraćaja na mostu
  - vibracije i deformacije konstrukcije mosta
  - merila i uslovi za redovno održavanje, preglede opreme i konstrukcije mosta
  - mogućnost rekonstrukcije mosta (popravke, sanacije, rekonstrukcije, ojačanja)
  - mogućnost prevoza posebnih tereta sa težinom i gabaritima koji su veći od normalnih vrednosti
  - položaj, pristupačnost i održavanje instalacija na mostu.

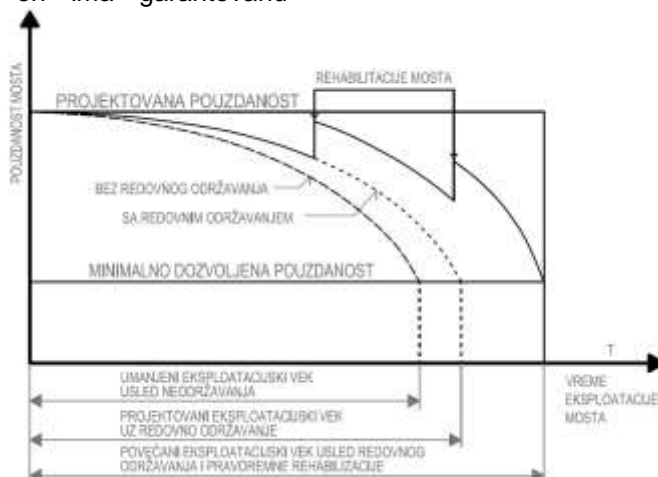


### 9.1.10 POUZDANOST, SIGURNOST I TRAJNOST MOSTOVA

- Životne i privredne aktivnosti zasnivaju se na savremenom razvijenom saobraćaju. Okosnica savremenog saobraćaja su autoputevi i brze železnice. Na autoputevima je veliki broj mostova koji moraju biti pouzdani (sigurni i trajni) da bi obezbedili sigurnost i kontinuitet saobraćaja. Pouzdanost je sveobuhvatan termin koji u sebi sadrži sigurnost, upotrebljivost i trajnost konstrukcije.
- Provera pouzdanosti odnosi se na rad konstrukcije u toku eksploatacionog veka. Eksploatacioni vek mosta je vremenski period u kome on ima garantovanu

sigurnost i zadovoljavajuću upotrebljivost. Eksploatacioni vek mostova je 80 do 120 godina u zavisnosti od vrste i intenziteta saobraćaja, materijala i nosećeg sistema. Prema britanskim standardima, eksploatacioni vek mosta je unapred zadana kategorija i iznosi 120 godina, što menja pristup pri projektovanju. Na slici 9.1.26 grafički je predočena pouzdanost mostova u toku eksploatacionog veka u zavisnosti od održavanja i rehabilitacije.

- Redovnim održavanjem može se znatno produžiti eksploatacioni vek mostova i sprečiti ekscesna oštećenja i rušenja. Radovima na rehabilitaciji, u zavisnosti od obima ulaganja i karaktera zahvata, može se povećati pouzdanost i produžiti vreme korišćenja mostova.



Slika 9.1.26 Pouzdanost mostova u funkciji vremena i održavanja

- Pouzdanost objedinjava sigurnost (nosivost, upotrebljivost, sigurnost na zamor) i trajnost. Pouzdanost mostova se smanjuje u toku eksploatacije mosta kao posledica očekivanih i slučajnih pojava od kojih su najvažnije karakteristike konstrukcije, kvalitet izgradnje i ugrađenih materijala, održavanje, saobraćajna opterećenja i uticaj okoline.
  - Sigurnost konstrukcija se obezbeđuje dokazivanjem nosivosti i upotrebljivosti koja se izvode po teoriji graničnih stanja, kao i kontrolom zamora.
  - Dokazivanje nosivosti zasniva se na jednačini  $R \geq S \cdot \gamma$ , odnosno dokazom da je otpor konstrukcije  $R$  veći od spoljašnjih uticaja  $S$  pomnoženih faktorima sigurnosti  $\gamma$ .
  - Upotrebljivost konstrukcije dokazuje se ograničenjem deformacija, vibracija i pukotina.
  - Zamor je definisan, i može se kontrolisati kod čeličnih, spregnutih i delimično kod armiranobetonskih i AB prednapregnutih konstrukcija. Zamor se povećava sa smanjenjem sopstvene težine konstrukcije u odnosu na korisno opterećenje, sa povećavanjem deformacija, kao pojavom i povećavanjem pukotina.
- Vek trajanja predstavlja vreme tokom koga most, u dozvoljenim granicama očuva svoje osnovne projektovane osobine: nosivost, upotrebljivost i namenu. Za mostove na putevima realno je zahtevati, projektovati i ostvariti vek trajanja u granicama od 80 do 120 godina, što zavisi od vrste objekta i uslova upotrebe.

Kod objekata na nekategorisanim, lokalnim i regionalnim putevima realno je zahtevati vek trajanja od 80 godina. Za objekte na autoputevima i magistralnim putevima realan je vek trajanja od 100 godina, koliko iznosi i vek trajanja puta.

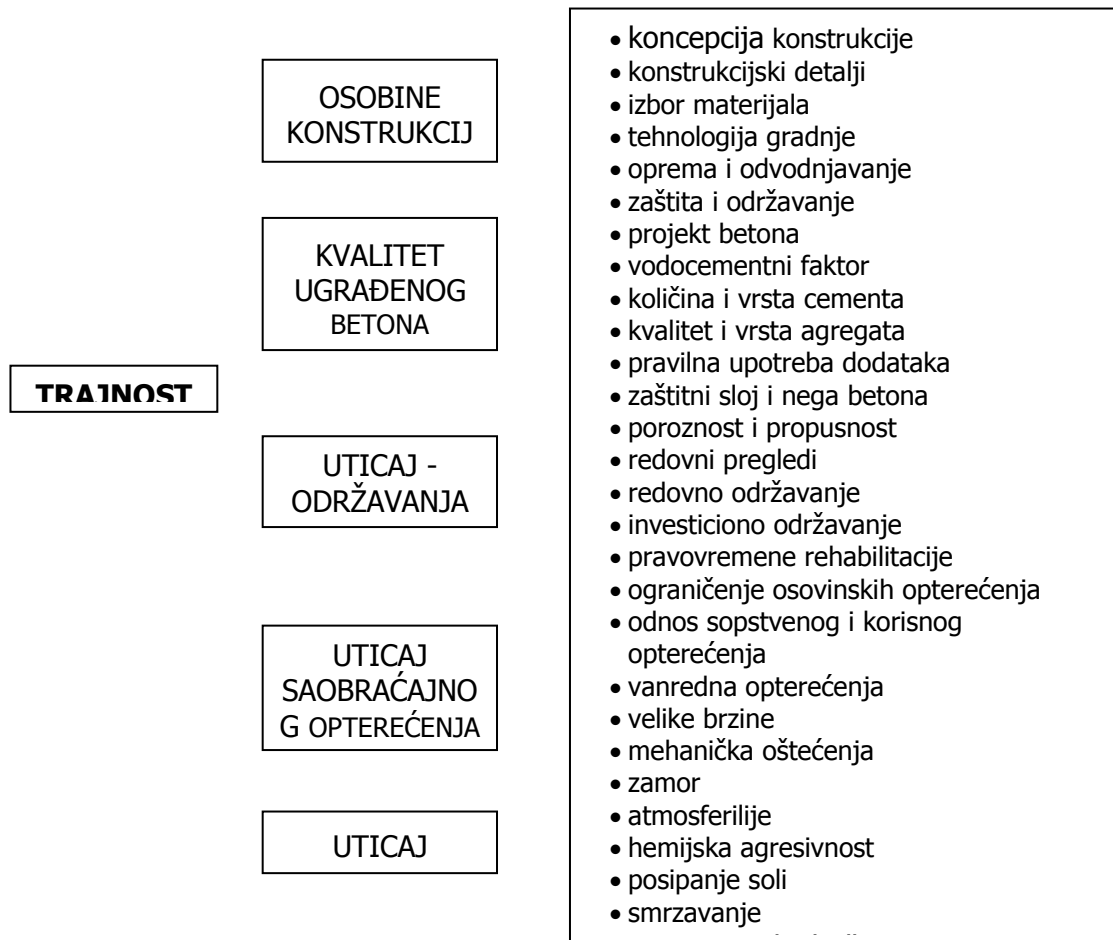
Za veće objekte na putevima, za gradske mostove i za objekte na strateški važnim deonicama, država opravdano može zahtevati i ostvariti vek trajanja od 120 godina.

Normativno definisanje veka trajanja odnosi se na noseću gornju konstrukciju, delimično i na stubove, što zavisi od statičnog sistema i konstrukcione koncepcije objekta.

Vek trajanja opreme na objektima je 25 do 30 godina. Blagovremena zamena i rekonstrukcija opreme utiče na vek trajanja noseće konstrukcije.

#### Pouzdanost mosta čine sigurnost i trajnost

- **Sigurnost čine nosivost, upotrebljivost i otpornost na zamor**



Slika 9.1.27. Uticaji na trajnost betonskih mostova

Na pouzdanost mostova utiču svi učesnici u postupku planiranja, projektovanja, građenja i održavanja mostova. U javnosti je formirano nepotpuno i pogrešno mišljenje da na pouzdanost (sigurnost i trajnost) mostova utiču samo projektanti i izvođači.

**Investitor:**

- Projektni zadatak
- Priprema i revizija podloga za projektovanje
- Pravilan izbor projektanta i izvođača radova
- Stručna revizija svih faza projekta
- Realna cena i realan rok gradnje
- Osiguranje sredstava i osiguranje za održavanje mostova

**Projektant:**

- Pravilna upotreba podloga
- Pravilna koncepcija noseće konstrukcije
- Odgovarajuća statička i dinamička analiza mosta
- Izbor materijala
- Rešenje detalja
- Izbor opreme
- Poslovnik održavanja

**Izvođač:**

- Angažovanje stručnih lica sa odgovarajućom praksom na izgradnji mostova
- Primena savremene opreme i tehnologije građenja
- Priprema i organizacija radova
- Interna kontrola kvaliteta svih materijala i postupaka građenja
- Neposredna i dosljedna izrada projekta izvedenih radova

**Nadzor:**

- Stručnjaci sa odgovarajućom praksom na izgradnji mostova
- Kontrola ugrađenih materijala
- Kontrola opreme i tehnologije
- Kontrola uslova gradnje
- Kontrola dimenzija
- Učešće u neposrednoj izradi projekta izvedenih radova

**Održavanje:**

- Uspostavljanje sistema za upravljanje mostovima
- Za redovno održavanje i rehabilitaciju treba predvideti finansijska sredstva u visini 1-2 % od vrednosti objekta
- Blagovremeni pregledi
- Redovno održavanje i sprečavanje potencijalnih oštećenja
- Blagovremene i kvalitetne sanacije i rekonstrukcije.

U razvoju konstrukcija mostova dolazi do značajnog smanjenja sopstvene težine uz istovremeno povećanje korisnog opterećenja. Odnos korisnog opterećenja i sopstvene težine menja se od 1/10 do 1/1. Mostovi postaju elastični mehanizmi koje intenzivni saobraćaj teških vozila i prirodno okruženje napadaju, troše i zamaraju.

Za velike i značajne mostove treba primeniti model trajnog praćenja stanja konstrukcije (monitoring konstrukcije mosta) sa centralnog mesta. Monitoringom se permanentno prati pouzdanost mosta.

U praksi postoje algoritmi za dokazivanje sigurnosti i nosivosti mostova u eksploataciji. Sigurnost konstrukcije se iskazuje odnosom nosivosti „R“ i ekstremnog opterećenja „S“,  $R > S$ . Pri utvrđivanju sigurnosti postojećih mostova moraju se uvažavati realna nosivost i realna opterećenja. Pri dokazivanju sigurnosti čeličnih, spregnutih i elastičnih armiranobetonskih prednapregnutih mostova treba obavezno uvažavati uticaje zamora.

### 9.1.11 STATIČKA I DINAMIČKA ANALIZA MOSTOVA

#### 9.1.11.1 Uvod

Izraz statički račun ili proračun je prevaziđen izraz, a naveden je iz razloga očuvanja kontinuiteta i navike. Izraz iste vrednosti bio bi statička i dinamička analiza (noseće konstrukcije) putnih objekata. Savremeniji izraz bio bi dokaz sigurnosti (nosivosti, upotrebljivosti, zamora) putnih objekata. Izraz budućnosti bio bi dokaz pouzdanosti (sigurnost i trajnost) putnih mostova.

Statički proračun je samostalni deo koji je uključen u idejni i glavni projekt objekata. Nivo i obim statičnog proračuna određuje nivo projekta i noseći sistem mosta.

Statički proračun mora da se pored ostalog oslanja i na odgovarajuće geološko-geomehaničke podloge koje nude sve podatke potrebne za određivanje dubine i načina fundiranja, dimenzioniranje temelja, stabilnost kosina u području stubova čime se obezbeđuje siguran prenos momenata i sila iz konstrukcije objekta u temeljno tlo. Diferenciona sleganja veća od 1,0 cm obavezno treba obraditi kao poseban primer opterećenja kod kontinuiranih konstrukcija.

Statički proračun može se uraditi ručno, pomoću kompjuterskih programa ili kombinovano.

Obim statičkog proračuna mora biti takav da dokaže sigurnost celokupne noseće konstrukcije mosta i svih pojedinačnih delova za vreme građenja i za vreme eksploatacije za  $t = t_0$  i  $t = t_n$ ,  $t_0$  je vreme odmah nakon puštanja objekta u saobraćaj, a tu je vreme nakon "n" godina upotrebe.

Statički proračun sadrži uvodni deo, analizu opterećenja, proračun statičkih (dinamičkih) uticaja, kontrolu napona, nosivosti, deformacija, pomaka, pukotina, zamora i dokaz graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja upotrebljivosti. Završni deo statičkog proračuna predstavljaju skice konstrukcije i njenih delova sa kontroliranim preseccima, određenim skicama armature, shemama kablova.

Za kontrolisanu upotrebu velikog broja kompjuterskih programa različitog izvora, starosti, teoretskih koncepata, usaglašenosti

ili neusaglašenosti sa različitim propisima, neophodan je primeran oblik nostrifikacije tih programa koju treba da obavi kvalifikovana i registrovana naučna ustanova.

Uvodni deo statičkog proračuna sadrži izveštaj, skice noseće konstrukcije, statičke modele, prikaz upotrebljenih programa u skladu sa smernicama za upotrebu kompjuterskih programa koji su potrebni za dokazivanje sigurnosti objekata.

Statički proračun izrađuje se u dve verzije koje se razlikuju samo po opsegu priloženog materijala. Opsežnija verzija sadrži sve delove sa ispisanim kompjuterskim materijalom. Ova verzija se radi u dva primera od čega jedan ostaje u arhivu projektantske organizacije, a drugi u arhivu naručioca – investitora. Sve ostale kopije imaju manji opseg jer su u njima isključeni ispisani kompjuterski materijali. Ovi ispisi posle "n" godina izgube svoju vrednost pošto programi i oprema kojom su rađeni zastarevanju tako da bi ti zapisi predstavljali samo nepotreban utrošak papira i prostora u arhivima.

Analiza opterećenja i uticaja na objekte je kompleksna i različita za pojedine mostove jer zavisi od više faktora (vrste i kategorije puta, lokacije, materijala, tehnologije gradnje, konstruktivne i statičke koncepcije itd.).

U prelaznom periodu do usvajanja Evrokoda 1-9 statičku i dinamičku analizu mostova je moguće izraditi prema važećim pravilnicama i standardima za opterećenja i dimenzioniranje koji su navedeni u poglavlju 9.1.1, uvodni deo ove smernice.

Za primenu Evrokoda biće potreban celovit autorizovan prevod usvojenih verzija EN navedenih u poglavlju 9.1.1 ove smernice, izrada nacionalnih aplikativnih dokumenata (NAD) (posebno bitnih za EC 1 Uticaji na konstrukcije) i izrada odgovarajućih priručnika. Bez izrade priručnika bar za 1. fazu za EC1 i EC2 teško je očekivati pravilnu i široku primenu EN.

Uslov za primenu EC je izrada pravilnika o mehaničkoj otpornosti i stabilnosti u skladu sa direktivim saveta evropske zajednice br. 89/106.

TABELA 9.1.11.1: Opterećenja i uticaji na mostove

1.	GRAVITACIONE SILE	
	Sopstvena masa noseće konstr. mosta	Vrednosti volumenskih masa
	Druga stalna opterećenja na mostu	
2.	UTICAJI KORISNOG OPTEREĆENJA	
PUTNI . MOSTOVI	Opterećenje vozilima i pešacima	Daje se pomoću zameske normativne sheme, a uključuje i dinamički faktor za deo opterećenja
	Sile usled pokretanja i zaustavljanja vozila	Uzima se u obzir kao statička sila
	Uticaj centrifugalne sile	Pri uobičajenim uslovima se zanemaruje
	Opterećenja instalacijama	Pored sopstvene mase uzima se i sila otklona, uticaj dilatiranja, instalacija i dr.
	Opterećenja na ogradu	Ne uključuje ekscesne udare vozila u ogradu mosta
ŽELEZNIČKI MOSTOVI	Opterećenje vozom i pešacima (sl. lica)	Uzima se pomoću zameske normativne sheme, a uključuje i dinamički faktor
	Sile usled pokretanja i zaustavljanja voza	Uticaj te sile uzima se na nivou gornje ivice konstrukcije pruge (važi i za slučaj tucaničke grede - zastor)
	Uticaj centrifugalne sile	Ako na mostu ima više krivina sa različitim poluprečnicima, za svaku krivinu se uzima poluprečnik te krivine
	Uticaj bočnih udara	Kod novih mostova uvodi se horizontalna sila od 100 kN
	Opterećenje vodovima	
	Opterećenje na ogradu	Ne uključuje ekscesne pojave
3.	PRIRODNE SILE	
3.1.	Uticaj promene ambijentalne temperature (uključuje uticaj ravnomerne promene temperature i temp. gradijenta po visini preseka, a kod železničkih mostova uključuje uticaj druge šinske trake)	Uticaj ove grupe prirodnih opterećenja ima više ili manje stohastički karakter, njihovo delovanje se ne može predvideti (nastupaju mimo naše volje). Podaci o njima se za određenu lokaciju dobijaju statističkim praćenjem, odnosno geofizičkim proučavanjem.
	Uticaj vetra	
	Uticaj snega	
	Uticaj tekuće vode	
	Uticaj leda (uključuje udar leda)	
	Uticaj zemljotresa	
3.2	Uticaj potiska tla (aktivnog i pasivnog)	Uticaj ove grupe opterećenja prirodnog porekla je uglavnom stalnog karaktera, njihovo delovanje se može predvideti (odn. može se izračunati) i bez statističkog praćenja. Najčešće nastaju kao reakcija prirodnog medijuma na građenje.
	Uticaj mogućeg sleganja oslonaca	
	Uticaj pritiska i mase mirne vode	
	Uticaj uzgona	
4.	SILE KOJE NASTAJU ZBOG INTERVENCIJA NA KONSTRUKCIJI MOSTA U SVRHU KONTROLISANE (projektovane) IZMENE NAPONSKIH STANJA	
	Sile koje nastaju prednaprezanjem, koje se može ostvariti kablovima (užadima) unutar ili izvan preseka konstrukcije, kao i denivelacijom oslonaca. Pri tome se uzimaju u obzir svi gubici sile nastale pri njenom delovanju, kao i odgovor konstrukcije na delovanje sile.	
	Sile koje nastaju postizanjem različitih nivoa sprežanja dva materijala (najčešće beton-čelik)	
5.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLEDICA REOLOŠKIH OSOBINA MATERIJALA	
	Skupljanje i tečenje betona	
	Relaksacija i tečenje visokovredne žice za prednaprezanje	
6.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLEDICA KONCEPCIJE PROJEKTOVANE KONSTRUKCIJE	
	Otpori (trenja) u ležištima konstrukcije	
7.	UTICAJI KOJI NASTAJU KAO POSLEDICA PROJEKTOVANOG NAČINA GRAĐENJA	
	Uticaji koji ostaju trajno u konstrukciji (npr. konzolni način građenja)	
	Uticaji koji su privremenog karaktera, odn. koji ne doprinose definitivnom naponskom stanju	
8.	EKSCESNI UTICAJI	
	Udar u odbojne ograde putnih mostova	Ovde su pobrojani ekscesni uticaji koji nisu posledica prirodnih sila.
	Iskliznuća voza kod železničkih mostova	
	Uticaj prekida električnih vodova kod železničkih mostova	
	Udar putnih vozila u stubove mosta	
	Udar plovnih objekata u stubove mosta	

U tabeli 9.1.11.1 pregledno su prikazana opterećenja i uticaji na mostove prema izvoru opterećenja.

Na osnovu date tabele projektant može logično kombinovati pojedina opterećenja za svaki konkretan objekat uzimajući u obzir odredbe važećih propisa za opterećenja mostova.

Statički proračun i nacrti pripadajućih konstrukcija koji služe za gradnju i montažu nosećih konstrukcija objekta, predstavljaju samostalnu celinu (skele, oplata, konstrukcije za transport, montažu i podupiranje). Ako projektant objekta ne izrađuje sam sve te račune, onda je obavezan da ih prouči i potvrdi.

### 9.1.11.2 Dinamička analiza mostova za opterećenje zemljotresa

Zaštita mostova na uticaj zemljotresa proizilazi iz činjenice da su mostovi kritične tačke puteva i da moraju da izdrže uticaje zemljotresa. Projektovanje i dinamička analiza konstrukcija koje se nalaze u zemljotresnim područjima izvodi se prema odredbama EUROCODE 8 i Nacionalnim dokumentom za upotrebu (NAD).

Postoji više načina koji omogućavaju postizanje odgovarajuće zaštite od zemljotresa. Pri izboru načina zaštite projektant treba da uzme u obzir:

- tip razmatrane konstrukcije
- prirodu i seizmičnost lokacije
- što manje troškove za obezbeđivanje zahtevanog stepena zaštite od zemljotresa.

U novije vreme se kod mostova koji se nalaze u zemljotresnim područjima upotrebljava takozvana "**pozitivna zaštita od zemljotresa**" koja je suprotna "**pasivnoj zaštiti**". Pod pojmom pasivna zaštita podrazumeva se koncepcija takvih konstrukcija koje nisu osetljive na zemljotres. U većini slučajeva konstrukcije sa pasivnom zaštitom izdržavaju zemljotrese, ali su pri tome jako izloženi delovi na kojima je predviđena pojava plastifikacije u smislu disipacije energije. Na ovakvim konstrukcijama često moraju da se izvode skupi sanacioni radovi koji su posledica jakih rušilačkih zemljotresa, a konstrukcija je ostala neporušena.

Pozitivna zaštita od zemljotresa velikih objekata u kritičnim zonama izvodi se specifičnim napravama za zaštitu od

zemljotresa koje se planiraju pri samoj izradi koncepcije konstrukcije. Ove naprave ne utiču na konstrukciju u fazi upotrebe objekta, nego se aktiviraju za vreme delovanja zemljotresa. U svetu raste broj konstrukcija kod kojih je primenjen ovaj način zaštite. Vrste i način delovanja ovih naprava su različiti, a najpogodniji izbor zavisi od pojedinačno razmatranog primera. Na prvi pogled se stiče utisak da ovakav način zaštite povećava troškove konstrukcije, ali u većini slučajeva krajnji bilans troškova daje pozitivne rezultate.

### 9.1.11.3 Proračun, dimenzionisanje i dokazi

#### 9.1.11.3.1 Načela

U načelu treba

- dokazati nosivost
- dokazati upotrebljivost

Ovi dokazi moraju da odgovaraju planiranoj sigurnosti i predviđenoj upotrebljivosti objekta. Jedan dokaz se može izostaviti, ako nema odlučujuću ulogu.

Za konstrukcije koje su izložene i ugrožene na delovanje opterećenja koja se često ponavljaju treba u okviru kontrole nosivosti dokazati i sigurnost konstrukcije na zamor.

Dinamički uticaji, npr. vetra ili udara, uzimaju se u obzir kroz statičke sile koje te uticaje zamenjuju. Dinamički uticaji izazvani pokretnim opterećenjem na putnim mostovima uzimaju se u obzir pomoću dinamičkog koeficijenta po pravilniku iz 1991. godine. Pri korišćenju EN dinamički faktor je uključen u pokretno opterećenje.

Opterećenja (uticaji) se moraju definisati. Po pravilu moraju da budu unesena u nacrt sigurnosti i upotrebljivosti. Za svaki uticaj opterećenja sw moraju navesti posebno.

Ako nije izričito određeno treba kao dokaz dovoljne nosivosti uzeti u obzir unutrašnje sile karakterističnih uticaja, a za dokaz upotrebljivosti opterećenja dugotrajnih, odnosno kratkotrajnih vrednosti.

#### 9.1.11.3.2 Dokaz nosivosti

Koncepcija sigurnosti između ostalog određuje za koje slučajeve ugroženosti treba računski dokazivati dozvoljenu nosivost.

Dozvoljena nosivost konstrukcije smatra se dokazanom, ako je ispunjen uslov:

$$S_d \leq \frac{R}{\gamma_R}$$

$S_d$ : projektovana vrednost opterećenja

$R$ : granična nosivosti

$\gamma_R$ : koeficijent granične nosivosti

Granična nosivost se određuje u skladu sa odgovarajućim standardima koji ujedno definišu i koeficijente granične nosivosti.

Koeficijent granične nosivosti uzima u obzir sledeće uticaje:

- odstupanja stvarnog konstrukcionog sistema od sistema koji je bio osnova za proračun
- pojednostavljenje i nedovoljna tačnost modela
- netačnost poprečnog preseka

Projektovana vrednost opterećenja u opštem obliku glasi:

$$S_d = S(G_d, Q_d, \Sigma Q_a)$$

$G_d$ : projektovana vrednost sopstvenog opterećenja

$Q_d$ : projektovana vrednost osnovnog uticaja

$\Sigma Q_a$ : zbir sporednih – ostalih uticaja

Projektovana vrednost opterećenja uzima u obzir:

- statičku rasprostranjenost veličine uticaja uprošćeni prikaz uticaja
- uprošćenost modela uticaja koji nastaju usled zanemarivanja manje važnih uticaja ili usled zanemarivanja jednovremeno nastupajućih uticaja sa neznatnim međusobnim učincima.

#### 9.1.11.3.3 Dokaz upotrebljivosti

Zahtevi koji su vezani za upotrebljivost određeni su u nacrtu upotrebe objekta.

Zahtevano ponašanje konstrukcije treba obezbediti izborom odgovarajućih građevinskih materijala, dovoljnim dimenzionisanjem, kvalitetnom razradom konstruktivnih detalja, kao i planiranim i odgovornim izvođenjem radova na održavanju. Ponašanje konstrukcije mora da bude u okvirima propisanih ili odgovarajućih granica.

Ove granice se odnose na:

- pukotine
- deformacije
- vibracije
- kvalitet građevinskih materijala

Granične vrednosti koje su specifične za pojedine građevinske materijale definisane su odgovarajućim konstrukcionim standardima. Ovde su navedene samo orijentacione vrednosti deformacija i njihanja.

Sledeće odredbe u vezi sa upotrebljivošću obavezne su bez posebnih dogovora. Zbog ekonomičnosti i kvaliteta dozvoljavaju se zahtevi koji su povezani sa ponašanjem konstrukcije i usklađeni sa naručiocem.

Opterećenja koja treba uzeti u obzir za računsko dokazivanje upotrebljivosti zavise od vrste dokaza kao što su dokazi za pukotine ili dokazi za deformacije.

Opterećenja se određuju na osnovu uticaja koji istovremeno nastupaju u stanju ispitivanja i upotrebe.

Pri upotrebi postoje dve vrste uticaja:

- dugotrajna vrednost  $Q_{ser, l}$
- kratkotrajna vrednost  $Q_{ser, k}$

Dugotrajne vrednosti važe za stalne uticaje, a sadrže i delove promenljivih uticaja koji su prisutni tokom dužeg vremena.

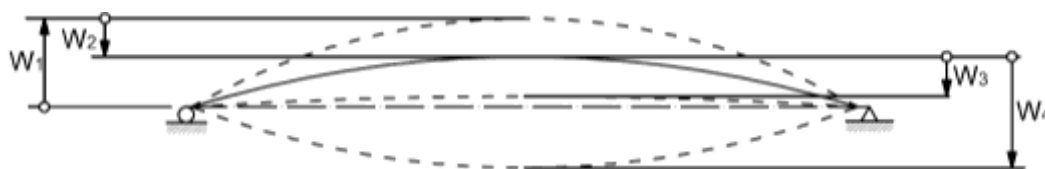
Kratkotrajne vrednosti opisuju promenljive uticaje koji nastaju u kratkom vremenu. Istovremeno sadrže i deo dugotrajnih uticaja.

Opterećenja koja nastaju usled usiljenih, odnosno sprečavanih deformacija, npr. uticaji temperature, deformacije ležišta, prednaprezanje, skupljanja i tečenja betona, treba uzeti u obzir u skladu sa važećim standardima.

#### 9.1.11.3.4 Deformacije

Granične vrednosti deformacija treba odrediti i dokumentovati u nacrtu upotrebe objekta. Deformacije treba izračunati u skladu sa odredbama standarda konstrukcije. Posebno treba uzeti u obzir dugotrajne deformacije, npr. deformacije nastale skupljanjem i tečenjem betona.

Ugibi su shematski prikazani na slici 9.1.28.



Slika 9.1.28: Definicija ugiba

Navedene oznake definišu sledeće:

- $w_1$  : nadvišenja, npr. planirani radionički oblik čelične konstrukcije ili visina nadvišenja skele, odnosno oplata kod betonskih konstrukcija.
- $w_2$  : uging nastao usled delovanja sopstvene težine konstrukcije sa uticajima stalnog delovanja i preuzetim pripadajućim dugotrajnim deformacijama.
- $w_3$  : uging nastao usled dugotrajnog promenljivog uticaja sa preuzetim pripadajućim dugotrajnim deformacijama.
- $w_4$  : uging nastao usled kratkotrajne vrednosti delovanja promenljivog uticaja.

Granične vrednosti ugiba zavise od zahteva koji se odnose na upotrebljivost:

- putni mostovi  $l / 700$
- železnički mostovi  $l / 600 - l / 1000$
- mostovi za pešake i bicikliste  $l / 500$

Navedene orijentacione vrednosti važe kao granične, ako u elaboratu upotrebe objekta nisu dogovorene druge vrednosti.

Kod železničkih mostova kod kojih je brzina vozova veća od 160 km/h treba obezbediti posebna uputstva.

Ugibe koji nastaju usled sopstvenih opterećenja konstrukcije i stalnih uticaja, uključujući i pripadajuće dugotrajne deformacije, treba kod mostova izjednačiti sa nadvišenjem.

#### 9.1.11.3.5 Vibracije

Do vibracija može doći usled sledećih promenljivih uticaja:

- ritmičnog kretanja ljudi usled hodanja, trčanja itd.
- putnog ili železničkog saobraćaja
- Vibracije koje ugrožavaju konstrukciju, kao što su rezonanca ili gubitak granične nosivosti zbog zamora, moraju se uzeti u obzir pri dokazivanju dozvoljne nosivosti.

Na vibraciono ponašanje objekata mogu da utiču sledeće intervencije:

- promena dinamičkog uticaja
- promena sopstvenih frekvencija zbog promene krutosti konstrukcije ili njihajuće mase
- povećanje amortizacije

Vibraciono ponašanje može da se oceni na osnovu poređenja frekvencije uticaja

(poticajne frekvencije) i sopstvenih frekvencija objekta.

Sopstvene frekvencije treba ocenjivati gornjim i donjim vrednostima. U ovom slučaju treba uzeti u obzir moguće uticaje neravnosti kolovoza i drugih nenosećih građevinskih elemenata, kao i varijacije dinamičkog modula elastičnosti. Kod betonskih mostova treba uzeti u obzir i prelaz iz stanja bez pukotina u stanje sa pukotinama.

Kod objekata za pešake i bicikliste treba sprečiti pojavu sopstvenih frekvencija u intervalu od 1,6 do 2,4 Hz i 3,5 do 4,5 Hz.

Trkači mogu da prouzrokuju vibracije i rad objekata sa sopstvenom frekvencijom koja se nalazi između 2,4 i 3,5 Hz.

#### 9.1.11.3.6 Sigurnost na zamor

Dokazom sigurnosti na zamor treba pokazati da uticaj zamora od opterećenja u eksploataciji ne utiče štetno na dovoljnu nosivost konstrukcije za vreme njene upotrebe.

Dokaz sigurnosti na zamor sprovodi se za konstrukcije koje su opterećene železničkim ili putnim opterećenjima, odnosno koje su izložene delovanju vibracija.

Sigurnost na zamor smatra se da je dokazana, ako su ispunjeni sledeći uslovi:

$$S_{\text{fat}} \leq \frac{R_{\text{fat}}}{Y_{\text{fat}}}$$

- $S_{\text{fat}}$ : opterećenje koje prouzrokuje zamor
- $R_{\text{fat}}$ : otpornost na zamor



$\gamma_{fa}$ : koeficijent granične nosivosti za dokazivanje sigurnosti na zamor

Opterećenja koja se mogu očekivati u vreme eksploatacije objekta mogu se za dokazivanje sigurnosti na zamor uprostiti i prikazati u obliku saobraćajnih shema.

Za noseće elemente od čelika, odnosno betonskog gvožđa i kablova za prednaprezanje, kod betonskih objekata opterećenje koje izaziva zamor je proporcionalno razlici napona.

$$S_{fat} = \alpha \cdot \Delta\sigma (Q_{fat})$$

$\alpha$  : koeficijent delujućeg opterećenja

$\Delta\sigma$ : razlika napona

$Q_{fat}$ : opterećenja na zamor

Koeficijent delujućeg opterećenja upoređuje uticaje na zamor dobijene iz saobraćajnih shema sa uticajima zamornih opterećenja. Zavisí od otpornosti građevinskih materijala na zamor, a preuzima se iz važećih standarda.

Ako nikakvi podaci nisu na raspolaganju, onda treba uzeti koeficijent delovanja 1,0 dok se za otpornost na zamor uzima vrednost trajne otpornosti.

Opterećenje betona koje prouzrokuje zamor odgovara naponima koji se dobiju usled uticaja sopstvenih težina konstrukcije, stalnih uticaja i opterećenja na zamor.

$$S_{fat} = \sigma (G_m, \sum Q_r, Q_{fat})$$

$\sigma$  : napon

$G_m$ : srednja vrednost stalnih uticaja

$\sum Q_r$  : zbir stalnih uticaja

$Q_{fat}$ : opterećenje na zamor

### 9.1.12 ISPITIVANJE MOSTOVA PROBNIM OPTEREĆENJEM

Evropskim normama za projektovanje mostova nije predviđeno obavezno ispitivanje mostova probnim opterećenjem. Odluka je prepuštena državnim putnim upravama, koje koriste evropske norme.

U dosadašnjoj praksi na ovim prostorima ispitivanje mostova probnim opterećenjem bilo je obavezno i izvodilo se u skladu sa standardom JUS U.M1.046 (Sl. List SFRJ broj 60/84), koji je vrlo ilustrativan i aplikativan.

Ova smernica preporučuje investitoru da se ispitivanje mostova probnim opterećenjem izvodi samo za neke mostove specifične konstrukcije i za mostove kod kojih je u toku izgradnje ili eksploatacije došlo do primene nevalitetnih materijala i specifičnih postupaka izgradnje koji imaju uticaja na nosivost i deformacije ili veća oštećenja.

Prema citiranom standardu probno opterećenje je jedan od uslova za tehnički pregled i upotrebnu dozvolu za mostove na putevima raspona većim od 15 m i na železničkim mostovima raspona većim od 10 m.

- Program probnog ispitivanja mosta sastavlja odgovorni projektant i odgovorna osoba iz merodavne institucije koja vrši ispitivanje. Program mora da sadrži:
  - veličinu i raspored opterećenja po fazama
  - račun očekivanih ugiba i deformacija
  - raspored mernih mesta
  - shemu organizacije ispitivanja
- Položaj i veličina tereta za probno ispitivanje određeni su projektom konstrukcije. Način opterećenja po pravilu odgovara načinu opterećenja pri eksploataciji (dinamičko i statičko opterećenje).
- Standard predviđa normalno probno opterećenje od 0,5 do 1,0 od projektovanog. Posebno probno opterećenje od 1,0 do 1,1 i izuzetno probno opterećenje od 1,1 –  $(1,3 - l/1000)$ . Intenzitet probnog opterećenja određuje investitor u saradnji sa projektantom.

- Pre izrade programa probnog opterećenja obavezno je upoznavanje sa:
  - projektnom dokumentacijom mosta
  - dokumentacijom o kvalitetu ugrađenog materijala
  - makroskopskim pregledom mosta
- Osnovni cilj probnog opterećenja je provera da li se most ponaša u skladu sa pretpostavkama u projektu i da li je siguran za saobraćaj i preuzimanje projektovanih opterećenja.
- Ako su rezultati probnog opterećenja negativni, onda se mora izvršiti sanacija konstrukcije. Nakon izvedene sanacije mora se ponoviti ispitivanje probnim opterećenjem.
- Izveštaj o probnom opterećenju mosta može biti:
  - privremeni izveštaj sa osnovnim podacima i zaključcima
  - konačni izveštaj sa svim podacima o mostu, ispitivanju mosta, uporednim statičkim proračunom, analizom rezultata proračuna i ispitivanja, kao i zaključkom o ispravnosti ili neispravnosti mosta za preuzimanje projektovanih opterećenja
- Obavezno je da se jedna kopija elaborata o probnom ispitivanju između ostalih, dostavi i projektantu mosta, tako da projektant ima mogućnost provere i izabranog statičkog modela i statičko-dinamičke analize mosta.