

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

PRIMERJAVA IZGRADNJE JEKLENIH IN ARMIRANOBETONSKIH PREMOSTITVENIH KONSTRUKCIJ

Kandidatka: Klavdija Škafar

Študentka študija ob delu

Številka indeksa: 11190122723

Program: Višješolski program GRADBENIŠTVO

Mentor: mag. Aleksander PIRŠ, univ.dipl.inž.grad.

Maribor, november 2010

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKE NALOGE

Podpisana **Klavdija Škafar**, št. indeksa **11190122723**, izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

PRIMERJAVA IZGRADNJE JEKLENIH IN ARMIRANOBETONSKIH PREMOSTITVENIH KONSTRUKCIJ,

ki sem jo napisala pod mentorstvom mag. Aleksandra Pirša.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo - predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne - kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (UL št. 16/2007 - v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili.
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, november 2010

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju predavatelju mag. Aleksandru Piršu, univ.dipl.inž.grad. za praktične nasvete in pomoč pri pridobivanju podatkov, potrebnih za izdelavo moje diplomske naloge. Hvala ga. Štefaniji Krhlanko za lektoriranje.

Posebna zahvala gre tudi staršema za trud in podporo v času mojega študija.

POVZETEK

Premostitveni objekti (mostovi, viadukti, nadvozi...) so strukture oz. objekti, ki služijo za prehode čez razne soteske, doline, reke, ceste, železnice, morske ožine ali katere koli druge fizične ovire. Oblika in izvedba mostu sta odvisni od njegove razpetine, višine, vrste podlage in obremenitve, ki jo mora prenašati. Poznamo obočne, gredne, ločne, palične in viseče mostove ter mostove s poševnimi zategami.

Tudi v Sloveniji imamo veliko zanimivih mostov, kateri se razlikujejo po dolžini, višini in obliki ter tehnologiji gradnje. Trije so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju naloge.

Kot pri vsakem področju raziskovanja, je tudi pri področju raziskovanja gradnje premostitvenih objektov tako pri nas kot po svetu pomemben zgodovinski pregled razvoja gradnje premostitvenih objektov tako z vidika uporabe materialov pri gradnji kot tudi uporabe tehnologije grajenja pri sami gradnji.

Premostitveni objekti so vedno predstavljali pomembno vez med povezovanjem posameznih narodov v preteklosti. Danes, ko pa so tehnologije in materiali tako napredovali, lahko z njimi povezujemo cele kontinente in ne samo otokov oz. polotokov.

Z nadaljnjim razvojem tehnologij grajenja premostitvenih objektov ter materialov, ki se pri gradnji uporabljajo, bo izvedljiva gradnja vedno drznejših premostitvenih objektov in s tem bo omogočena še boljša povezanost prebivalstva v sodobnem globalnem svetu.

Ključne besede: premostitveni objekt, most, viadukt, avtocestni križ, viseči mostovi, mostovi na poševnih zategah, ločni mostovi

ABSTRACT

Bridging structures (bridges, viaducts, overpasses etc.) are structures which are used as crossings over various gorges, valleys, rivers, roads, railways, straits or any other physical obstacles. The form and the implementation of a bridge depend on its span, height, type of foundation and the load it has to hold. There are arch, beam, cantilever, truss and suspension bridges and cable-stayed bridges.

Likewise, there are many interesting bridges in Slovenia, which differ in length, height, shape and construction technology. The three of them are presented in greater detail in the following.

As in any research, in the field of bridging structure construction research here as well as all over the world, it is important to review the history of the development of bridging structure construction from the points of view of the use of material and the use of construction technology in construction itself.

Bridging structures have always presented a significant link between separate nations in the past. Nowadays, when the technologies and materials have made considerable progress, they can connect whole continents and not only islands or peninsulas.

With the further development of the bridging structure construction technology and of the materials used in the construction, it will be possible to construct more and more daring bridging structures which will enable even better connectedness of people in the modern global world.

Keywords: bridging structures, bridge, viaduct, motorway network, suspension bridges, cable-stayed bridges, cantilever bridges

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	11
1.1	Predmet raziskovanja - opredelitev obravnavane teme	11
1.2	Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela	12
1.3	Predpostavke in omejitve.....	12
1.4	Metode raziskovanja.....	12
2	SPLOŠNO O MATERIALIH PREMOSTITVENIH KONSTRUKCIJ.....	13
2.1	Izrazi in definicije.....	13
2.2	Karakteristike kovinskih konstrukcij.....	14
2.3	Karakteristike betona in betonskih konstrukcij	15
2.4	Karakteristike kamna kot gradbenega materiala	19
3	ZGODOVINSKI PREGLED PREMOSTITVENIH OBJEKTOV	21
3.1	Začetki mostogradnje	21
3.1.1	Kamniti mostovi	21
3.1.2	Kovinski mostovi.....	21
3.1.3	Betonski mostovi	23
3.2	Zgodovinski pregled mostogradnje pri nas	23
4	OSNOVNE DELITVE MOSTOV, TIPI IN VRSTE	31
4.1	Materiali za gradnjo mostov	32
4.2	Osnovne oblike (tipi) mostov	32
4.2.1	Obočni most.....	32
4.2.2	Gredni mostovi	33
4.2.2.a	Ločni most z lokom pod prekladno konstrukcijo	33

4.2.2.b Ločni most, z lokom nad prekladno konstrukcijo	34
4.2.3 Palični most	34
4.2.4 Most s poševnimi zategami	35
4.2.5 Viseči most	35
4.3 Tehnologije gradnje mostov	36
4.3.1 Gradnja podporne konstrukcije	36
4.3.2 Gradnja prekladne konstrukcije.....	36
5 SODOBNE TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOV PRI NAS	38
5.1 AB mostovi.....	38
5.1.1 Gradnja na nepomičnem odru.....	39
5.1.2 Gradnja na pomičnem odru – polje po polje	39
5.1.3 Prosta konzolna gradnja	40
5.1.4 Gradnja mostov po postopku narivanja.....	41
5.1.5 Gradnja z montažnimi nosilci – sovprežnimi z monolitno AB ploščo.....	41
5.2 Jekleni mostovi.....	42
5.2.1 Viseči mostovi	42
5.2.2 Mostovi na poševnih zategah	43
5.2.3 Ločni mostovi.....	44
5.2.4 Sovprežni mostovi	45
6 PREDSTAVITEV TRENUTNO NAJVEČJIH DOSEŽKOV V MOSTOGRADNJI PO SVETU	46
6.1 Viseči mostovi.....	46
6.1.1 Jekleni viseči mostovi.....	46
6.1.2 AB viseči mostovi	47
6.1.3 Leseni viseči mostovi	48
6.1.4 Kamniti viseči mostovi.....	48

6.2 Mostovi na poševnih zategah	49
6.2.1 Jekleni mostovi na poševnih zategah.....	49
6.2.2 AB mostovi na poševnih zategah	49
6.2.3 Leseni mostovi na poševnih zategah	50
6.2.4 Kamniti mostovi na poševnih zategah.....	50
6.3 Ločni mostovi.....	50
6.3.1 Ločni jekleni mostovi	50
6.3.2 Ločni AB mostovi	51
6.3.3 Ločni leseni mostovi.....	52
6.3.4 Ločni kamniti mostovi.....	52
7 PRIMERJAVA ZNAČILNIH TIPOV ZGRAJENIH MOSTOV PRI NAS	54
7.1 Uvod	54
7.2 AB most - viadukt "Črni Kal"	54
7.2.1 Opis.....	54
7.2.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:.....	55
7.2.3 Voziščni konstrukciji.....	56
7.3 AB most čez Muro.....	58
7.3.1 Opis.....	58
7.3.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:.....	59
7.4 Jekleni most - Studenška brv preko reke Drave v Mariboru	61
7.4.1 Opis.....	61
7.4.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:.....	61
7.5 Primerjava predstavljenih premostitvenih objektov	65
8 ZAKLJUČEK	67
9 LITERATURA IN VIRI.....	68
Literatura	68

Spletne strani	69
----------------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Prvi kovinski most na svetu – Coalbrookdale Bridge – Anglija	22
Slika 2: Prikaz podporne in prekladne konstrukcije	31
Slika 3: Prikaz cestnih premostitvenih objektov in galerij	31
Slika 4: Most na Drini, Višegrad	32
Slika 5: Most v Borovnici	33
Slika 6: Prikaz grednega mostu	33
Slika 7: Most na otok Krk in prikaz ločnega mostu z lokom pod prekladno konstrukcijo	33
Slika 8: Most čez reko Vipavo v Renčah in prikaz ločnega mostu z lokom na prekladno konstrukcijo	34
Slika 9: Most na Mariborski otok in shematski prikaz paličnega mostu	34
Slika 10: Shematski prikaz mostu na	35
Slika 11: Most preko Ljubljane	35
Slika 12: Most preko Ljubljane	35
Slika 13: Most Golden Gate Bridge, San Francisco, ZDA	35
Slika 14: Prikaz gradnje na klasičnem fiksni opazju	36
Slika 15: Prikaz gradnje na pomični opazju	36
Slika 16: Prikaz postopne masivne gradnje	37
Slika 17: Prikaz prostokonzolne gradnje	37
Slika 18: Prikaz montažne gradnje	37
Slika 19: Predstavnik jeklenih mostov pri nas - železniški in "stari" most čez reko Dravo v Mariboru	42
Slika 20: Puhov most preko reke Drave na Ptuj	44
Slika 21: Največji ločni most v Sloveniji most čez Mangartski potok	44
Slika 22: Sovprežna konstrukcija - Ptujski brv preko reke Drave	45
Slika 23: Most Akashi Kaikyō Bridge	47
Slika 24: Most The Great Belt Bridge	47
Slika 25: Most Wood Deck Cable Suspension Bridge	48

Slika 26: Most Sutong Bridge	49
Slika 27: Most Rio–Antirrio bridge.....	50
Slika 28: Most Chaotianmen Bridge	51
Slika 29: Most Wanxian Bridge	51
Slika 30: Most Holz-Europabrücke	52
Slika 31: Solkanski most	53
Slika 32: Pogled na viadukt Črni Kal	55
Slika 33: Vzdolžni prerez in tloris viadukta Črni Kal	55
Slika 34: Karakteristični prečni prerez viadukta Črni Kal	57
Slika 35: Pogledi na most čez Muro	58
Slika 36: Tloris in vzdolžni prerez avtocestnega mostu čez reko Muro.....	59
Slika 37: Karakteristični prečni prerez mostu čez reko Muro	60
Slika 38: Pogled na novo Studenško brv čez reko Dravo v Mariboru	61
Slika 39: Vzdolžni prerez Studenške brvi	62
Slika 40: Karakteristični prečni prerez Studenške brvi	63

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikaz pomembnejših karakteristik in podatkov za izbrane mostove v Sloveniji	66
---	----

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Čas gradnje posameznih predstavljenih premostitvenih objektov v mesecih.....	67
--	----

1 UVOD

1.1 Predmet raziskovanja - opredelitev obravnavane teme

Diplomsko delo predstavlja zgodovinski pregled gradnje premostitvenih objektov po svetu in pri nas ter osnovne vrste mostov glede na tehnologijo gradnje in uporabljene materiale.

V uvodnem delu so predstavljeni predmet raziskovanja, nameni, cilji, predpostavke, omejitve in metode raziskovanja.

V drugem poglavju diplomskega dela so predstavljene splošne zakonitosti in lastnosti gradbenih materialov, ki se uporabljajo v mostogradnji.

V tretjem poglavju je predstavljen zgodovinski pregled gradnje premostitvenih objektov po svetu in kronološko podana pomembnejša dejstva gradnje mostov v Sloveniji skozi zgodovino.

V četrtem poglavju so predstavljene osnovne delitve premostitvenih objektov glede na materiale, iz katerih so le-ti zgrajeni, ter tipe mostov in vrste mostov.

Peto poglavje diplomskega dela podrobneje predstavlja tehnologije gradnje premostitvenih objektov, ki so bile uporabljene pri izgradnji premostitvenih objektov v okviru izgradnje Avtocestnega križa v Republiki Sloveniji.

V šestem poglavju so predstavljeni največji dosežki graditeljev premostitvenih objektov po vsem svetu, ki so razdeljeni glede na vrsto in tip posameznega premostitvenega objekta.

Sedmo poglavje diplomskega dela podaja primerjavo značilnih tipov zgrajenih premostitvenih objektov pri nas. Tako so podrobneje predstavljeni Viadukt Črni Kal, avtocestni most čez Muro in brv preko reke Drave v Mariboru, ki je namenjena pešcem in kolesarjem.

V osmem poglavju so predstavljeni zaključki ter ugotovitve, do katerih sem prišla pri izdelavi tega diplomskega dela.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomskega dela je nazorno predstaviti razvoj gradnje premostitvenih objektov skozi njihovo zgodovino. Ob tem bodo predstavljene različne tehnologije grajenja premostitvenih objektov, gledano skozi prizmo uporabljenih materialov pri gradnji.

Cilji diplomskega dela so:

- predstaviti razvoj tehnologij gradnje premostitvenih objektov po svetu in pri nas,
- predstaviti sedanje stanje tehnologij, ki se uporabljajo pri gradnji premostitvenih objektov,
- prikazati stanje premostitvenih objektov v Sloveniji po dokončanem avtocestnem programu.

Mnenja sem, da zgrajeni premostitveni objekti v Sloveniji ne zaostajajo za objekti po svetu.

1.3 Predpostavke in omejitve

V diplomskem delu so raziskani in predstavljeni vsi pomembnejši gradbeni projekti, kar se tiče gradnje premostitvenih objektov za potrebe cestnega in železniškega prometa, gledano skozi prizmo uporabe gradbenih materialov pri izgradnji posameznih premostitvenih objektov (armirani beton, jeklo).

1.4 Metode raziskovanja

V diplomski nalogi sem uporabila metodo *raziskovanja in primerjanja*, kar se nanaša na posamezne tipe in vrste najrazličnejših premostitvenih objektov. Predvsem gre za metodo primerjave različnih tehnik gradnje premostitvenih objektov, pri tem mislim predvsem na različne metode gradnje armirano betonskih, jeklenih in kombiniranih premostitvenih objektov. S pomočjo medsebojnega primerjanja je podana tabela predstavljenih premostitvenih objektov.

Poleg navedene sem uporabila še naslednje metode dela:

- analiza knjižnih Virov (domača in tuja strokovna literatura),
- analiza elektronskih Virov (svetovni splet)
- splošno – raziskovalna metoda (spoznavni proces).

2 SPLOŠNO O MATERIALIH PREMOSTITVENIH KONSTRUKCIJ

2.1 Izrazi in definicije

Most in viadukt

- Most je objekt, po katerem vodi pot čez globinske ovire.
- Viadukt je mostu podoben objekt čez suhe globinske ovire.

Konstrukcija

Nekaj, kar nosi, podpira, povezuje stavbo, objekt. Konstrukcija mosta sestoji iz dveh osnovnih delov:

- podporne konstrukcije (temelji, oporniki, stebri, krila),
- prekladne konstrukcije (konstrukcija, po kateri poteka vozišče).

Gradbeni objekt

Pod pojmom gradbeni objekt (stavba, zgradba) smatramo vsak objekt, ki je nastal kot posledica gradnje. Gradbeni objekt sestoji iz nosilnih in nenosilnih delov, zapolnjen pa je z opremo. Gradbene objekte delimo:

- glede na material na: betonske, jeklene, opečne.
- glede na namen na: stanovanjske, industrijske.
- glede na način gradnje na: zidane in montažne.

Gradbena konstrukcija

Gradbena konstrukcija je vsak nosilni del gradbenega objekta, izdelan iz osnovnih gradbenih materialov in proizvodov. Gradbena konstrukcija ja struktura, s katero prenašamo obtežbo od strehe preko konstrukcije na tla. Gradbene konstrukcije delimo na:

- glede na vrsto prevladujočih nosilnih elementov: palične, ploskovne, lupine, skeletne, masivne, tankostenske....
- glede na material: betonske, kovinske, opečne.

Kovinska konstrukcija

Kovinske konstrukcije so gradbene konstrukcije, ki so pretežno ali v celoti zgrajene iz ene ali več različnih kovin (jeklo, aluminij, ligure...).

Jeklene konstrukcije

Jeklene konstrukcije so tiste gradbene kovinske konstrukcije, ki so pretežno ali v celoti zgrajene iz jeklenega materiala. Lastnosti in karakteristike jekla kot gradbenega materiala so predstavljene v poglavju 2.2. (Vir: <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/jeklo>, 19.09.2010)

Betonska konstrukcija

Je konstrukcija, zgrajena iz betona. Lastnosti in karakteristike betona kot gradbenega materiala so predstavljene v poglavju 2.3.

Armiranobetonska konstrukcija (AB konstrukcija)

Gre za konstrukcijo, zgrajeno iz betona, v katerega je vstavljena jeklena armatura. Poznamo več vrst armiranobetonskih konstrukcij:

- klasično AB konstrukcijo,
- prednapeto AB konstrukcijo,
- kombinirano AB konstrukcijo,
- sovprežno AB konstrukcijo.

(Vir: <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/beton-2565>, 19.09.2010)

2.2 Karakteristike kovinskih konstrukcij

Gradnja kovinskih premostitvenih konstrukcij je ozko povezana z razvojem železa, jekla. Uporabo železa in kasneje jekla, kot materiala za nosilne konstrukcije v gradbeništvu, je mogoče zaslediti nedavno. Prva konstrukcija, narejena iz železa, je stara nekaj več kot 200 let. Za izdelovanje kovinskih nosilnih konstrukcij v gradbenih objektih je jeklo še danes po uporabljeni količini glavni material, čeprav se je v zadnjih nekaj desetletjih povečala uporaba aluminija in nekaterih zlitin. Kovinske konstrukcije imajo določene specifične značilnosti ter tehnične in funkcionalne prednosti v odnosu na druge gradbene materiale, zaradi česar imajo široko uporabnost v gradbeništvu.

Jeklo kot osnovni material za nosilne kovinske konstrukcije se uporablja za:

- Konstrukcije v arhitektonskih zgradbah: industrijske hale, stanovanjske zgradbe, izložbene in športne dvorane, razne montažne hale (šotori z aluminijasto konstrukcijo).
- Konstrukcije v gradbeno-inženirskih objektih: mostovi, transportne naprave, rezervoarji, jekleni stolpi, hidrotehniške naprave, konstrukcije ladij, podmornic, konstrukcije železniških vagonov, konstrukcije kontejnerjev, konstrukcije vojaške in vesoljske tehnike.

Kovine kot materiali za nosilne konstrukcije imajo **izredne pozitivne karakteristike oziroma prednosti**, predvsem:

- visoke mehanske lastnosti,
- male dimenzije in majhno težo nosilne konstrukcije,
- sposobnost premagovanja velikih razponov in višin,
- lažji transport in enostavno montažo,
- industrijska proizvodnja,
- hitra izgradnja,
- fleksibilnost in adaptibilnost
- montaža, demontaža in trajna vrednost

Kovine kot material za nosilne konstrukcije imajo tudi nekatere **slabše lastnosti**, predvsem:

- korozijo,
- požar,
- ceno.

(Vir: <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/jeklo>, 19.09.2010)

2.3 Karakteristike betona in betonskih konstrukcij

Beton je "umetna" mešanica veziva (cementa), grobega in finega agregata (pesek, prod, gramoz) in vode. Poleg teh osnovnih sestavin lahko vsebuje tudi kemijske in/ali mineralne dodatke. V sodobni tehnologiji se v sestavo betona dodajajo razna polnila, kot so polimeri, vlakna, ki bistveno spremenijo osnovne lastnosti betona (krhkost, krčenje, trdnost). V praksi je treba sestavine betona potrebno odmeriti tako, da dosežemo zadovoljive lastnosti:

- svežega betona v vseh fazah obdelavnosti,
- otrdelega betona glede na njegovo trdnost, trajnost in deformabilnost.

V mešanici betona naj bi bile sestavine porazdeljene približno v naslednjem razmerju:

- agregat – 75 % volumenske mase betona,
- cementni kamen – 25 % volumenske mase betona (sestavljeno iz mešanice cementnega prahu in vode, absorbirane in kapilarne vode ter ostanka nehidratiziranega cementnega klinkerja). Cementni kamen vedno vsebuje manjšo količino zajetega zraka, ki pa v dobro sestavljenem betonu ne sme presegati 2-5 % volumna betona.

Ostali dodatki betonu se dodajajo v zanemarljivih količinah glede na volumen betonske mase, kljub temu pa bistveno vplivajo na lastnosti svežega in otrdelega betona.

Velikost maksimalnega zrna v betonu je odvisna od konstrukcije, za katero beton uporabljamo, pri večini konstrukcij je maksimalna velikost 16 do 32 mm.

Zgodovina betona

Prvi so gradbeni material, ki je imel lastnosti, podobne današnjemu betonu, iznašli Rimljani. Rimski beton je bil izdelan iz vode, peska, apna, pucolana in zdrobljene opeke. Dobro so poznali škodljive primesi in lastnosti različnih vrst peska. Z razvojem graditeljstva so prišli do tehnologije vlivanja enovite mase v lesen opaz in dosegli lastnosti, ki ustrezajo današnjim normativom.

Po velikem, že kar zgodovinskem požaru, ki je Rim prizadel leta 64 n. št., so izdali nove predpise za gradnjo, najpomembnejši je bil uporaba negorljivih materialov. Beton je bil v tistem času eden redkih materialov, ki je ustrezal zahtevi, zato so ga začeli uporabljati pri gradnji novih objektov.

Rimska tehnologija izdelave in uporabe betona se nadaljuje leta 1414, ko so v švicarskem samostanu našli opis rimskega betona in ga začeli izboljševati in razvijati. V 19. stoletju se je začel razvijati armirani beton in začela se je njegova širša uporaba pri gradnji objektov.

Danes je beton osrednje gradivo, ki se uporablja pri gradnji vseh vrst objektov, od nizkih do visokih zgradb, za najrazličnejše namene uporabe.

Vrste betonov

Po teži delimo betone na:

- lahke betone,
- normalne betone,
- težke betone.

Betone ločimo tudi glede na njihovo uporabnost, na npr. hidro betone, betone za gradnjo cest, specialne betone...

Za vsako vrsto betona so predpisane posamezne karakteristike kakovosti betona, ki jih moramo ob pripravi betona upoštevati. Te so:

- tlačna trdnost,
- modul elastičnosti,
- odpornost proti mrazu,
- odpornost proti atmosferskim vplivom,
- odpornost proti obrabi.

Betoni, ki morajo biti odporni proti obrabi, morajo biti izdelani iz agregatov, katerih kamenina je odporna proti obrabi.

Lastnosti betona

Dobre lastnosti otrdelega betona so izrednega pomena za zagotavljanje dolge življenjske dobe konstrukcij, ob upoštevanju predpostavk, da je konstrukcija v normalnih klimatskih pogojih, da je obremenjena in uporabljana, kot je določeno s projektom in da je redno vzdrževana.

Dosežene končne lastnosti otrdelega betona so odvisne od:

- kakovosti betonske mešanice,
- nege betona,

- sušenja betona.

Končna trdnost betona je odvisna od **nege betona** v času strjevanja in od vlažnosti okolja, v katerem se beton nahaja. Trdnost betona narašča, dokler so v cementni pasti še nehidratizirana zrnca cementa. Tako proces sušenja poteka nemoteno, če je relativna vlažnost okolja nad 80 % in če je temperatura okolja dovolj visoka.

Sušenje betona ne prispeva k njegovi trdnosti, ker proces hidratizacije, ki zagotavlja trdnost betona, potrebuje vlago. Osušeni beton nima vedno ustrezne in predvidene stopnje trdnosti, saj so določeni delci cementa lahko ostali nehidratizirani. Prehitro sušenje betona povzroča razlike med lastnostmi zunanjega betona in betona v notranjosti in lahko povzroči njegovo krčenje in pikanje. Betoni, ki imajo razmeroma veliko odprto površino, kot so npr. stene in plošče, se sušijo veliko hitreje kot masivni betonski elementi, kot so npr. stebri.

Tehnološke lastnosti betona

Pomembne tehnološke lastnosti betona so:

- obrabnost,
- vodotesnost,
- zmrzljinska odpornost,
- prostorninska stabilnost betona.

Betonska armatura

V namen izboljšanja karakteristik betona uporabljamo betonsko armaturo, ki prevzema natezne sile, ki jih beton sam ne more prevzeti. Ločimo 4 različne vrste betonskih armatur:

- **gladke palice:** najpogostejša vrsta armature, proizvedena z vročim valjanjem mehkega gradbenega jekla;
- **rebraste palice:** imajo močno povečano trdnost, rebrasto betonsko železo pa se pridobiva z vročim valjanjem naravno trdega jekla, s posebnimi kalibrirnimi valji;
- **mreže:** mrežasto betonsko železo, sestavljeno iz hladno vlečenega gladkega betonskega železa, kar bistveno izboljša kakovost, z električno zvarjenimi križanji;

- **BI- železo:** sestavljeno iz dveh palic visokovrednega jekla in prečk kvadratnega profila, uporablja se za elemente, ki so obremenjeni na upogib, torzijo in natezno armaturo.

Betonska armatura mora biti preprosta za vgradnjo in mora zagotavljati:

- dobro sprijemanje z betonom,
- prevzemanje nateznih napetosti v armiranem betonu.

Korozija betona

Korozija betona je proces njegovega propadanja, kot posledica kemijske agresije snovi iz okolice. Pri tem na stopnjo in hitrost korozije vplivajo:

- stopnja agresivnosti snovi,
- koncentracija snovi,
- trajanje delovanja agresivnega medija,
- prisotnost vode,
- povišanje temperature (pospeši pojav in razvoj kemijskih procesov),
- velikost površine, izpostavljene agresivnemu mediju,
- vodoprepustnost tal.

Posledice korozije so raztapljanje ali kemijsko razpadanje veziva, rahljanje strukture cementnega kamna in povečanje poroznosti in prepustnosti za tekočine.

(Vir: <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/beton-2565>, 19.09.2010)

2.4 Karakteristike kamna kot gradbenega materiala

Kamen je eden najstarejših gradbenih materialov, ki se je kot gradbeni material tudi najdlje obdržal. Njegova glavna prednost je, da je bil zmeraj prosto dostopen v naravi in zato najpriročnejše gradbeno sredstvo v časih, ko so bili gradnja in tehnike gradnje še v začetnih razvojnih fazah.

Po svetu se za gradnjo uporabljajo najrazličnejše vrste kamna, ki imajo zaradi različnega podnebja tudi različne značilnosti, ki jih delajo bolj ali manj primerne za uporabo pri določenih delih zgradbe.

V splošnem je kamen izredno gost in trden material, kar mu daje kot gradbenemu materialu prednost zaradi kakovosti zgrajenih objektov, njegova največja pomanjkljivost pa je njegova specifična teža in nepriročnost.

(Vir: <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/drugi-gradbeni-materiali>, 19.09.2010)

3 ZGODOVINSKI PREGLED PREMOSTITVENIH OBJEKTOV

3.1 Začetki mostogradnje

Mostovi so že od nekdaj predstavljali prikaz moči posameznega naroda ali nacije, bili so neke vrste simbol gospodarskega razvoja posameznega naroda ali dežele. V nadaljevanju je podan kratek pregled razvoja kamnitih, kovinskih in betonskih mostov in njihov pomen (Humar, Kladnik, 2000, 13).

3.1.1 Kamniti mostovi

Rimljani niso bili znani samo kot dobri graditelji cest, pač pa tudi kot odlični graditelji mostov. Prav za časa Rimljanov je mostogradnja doživela svoj največji razcvet. Skoraj do popolnosti so razvili kamnite ločne konstrukcije, ki so se praviloma v obliki polkroga vzpenjale nad vodnimi ovirami in dosegale razpone do 35 metrov (most pri kraju Narni v Umbriji, Italija).

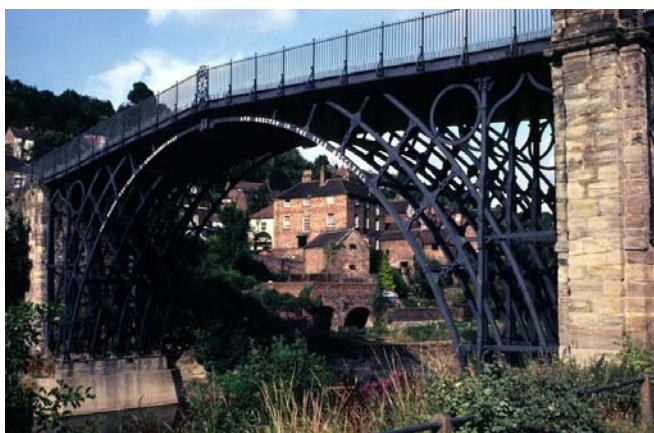
Rimsko cestno omrežje se je začelo razpredati po Evropi od 4. stoletja p. n. št. naprej. Namen gradnje cest je bil povezati osvojeno ozemlje na tak način, da so premiki vojske in njena oskrba tekli po najhitrejši poti. Rimsko cesarstvo je celoten cestni sistem stalno širilo in na njem gradilo številne solidne kamnite mostove. Mostovi so seveda služili varnemu in zanesljivemu prečkanju vodnih ovir ter so tako postali tudi del obrambnega sistema rimskega cesarstva. Istočasno se je po teh poteh začel razvijati še trgovski promet, s katerim se je rimska civilizacija učinkovito prenašala po vseh deželah srednje Evrope in po sredozemskih deželah. Največ kamnitih rimskih mostov je v Evropi še danes ohranjenih v Španiji, južni Franciji in seveda Italiji. Rimske mostne konstrukcije pa seveda najdemo še v deželah, kot so Alžirija, Maroko, Tunis, Libija ter Sirija, Irak, Libanon in Palestina na Bližnjem vzhodu.

Pri nas je bil edini povsem kamniti rimski most z ločno konstrukcijo most čez Savo v soteski pri Zidanem Mostu, ki naj bi nastal že leta 290 p. n. št. Kdo ve, v katerem stoletju je izginil, oziroma ga je porušila Sava, dejstvo pa je, da je na njegovem mestu v kasnejših obdobjih nastalo še več mostov, ki so vidni še danes (Humar, Kladnik, 2000, 15).

3.1.2 Kovinski mostovi

Zgodovinski razvoj gradnje kovinskih konstrukcij in objektov je ozko povezan z razvojem železa in kasneje jekla. Uporaba železa je močno vzpodbudila razvoj železnic. Potem, ko so ugotovili, da je za tirnice najprimernejši material železna tračnica, je ta postala masovni izdelek in nekakšen prototip kasnejših železnih "T" in "I" nosilcev. Prav tako so železo zelo hitro začeli uporabljati v mostogradnji.

Vodilna država Anglija železo prvič v večjih količinah uporabi kot gradbeni material v mostogradnji v letih 1777–1779, ko je bil zgrajen znameniti železni most preko reke Severn pri Coalbrookdalu v Angliji.



Slika 1: Prvi kovinski most na svetu – Coalbrookdale Bridge – Anglija

Vir: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1041617/Incredible-bulk-pumps-iron.html>,
19.09.2010

Most je ločni, razpona 30,6 m, narejen iz petih segmentnih lokov na tri preklope v razmiku 1,50 m. Loki so vlti v dveh polovicah iz litega železa in med seboj spojeni s spojnimi sredstvi iz kovanega železa. V most je vgrajeno 378 ton železa.

Most je še danes v uporabi in služi za prehod pešcev, je spomeniško zaščiten kot industrijski muzej na prostem ter predstavlja prvovrstno tehnično atrakcijo. Konstrukcija mostu na reki Severn predstavlja namig za vsestransko uporabo železa za konstruiranje.

(Vir: <http://en.wikipedia.org/wiki/Coalbrookdale>, 19.09.2010)

3.1.3 Betonski mostovi

Prvi so gradbeni material, ki je imel lastnosti, podobne današnjemu betonu, iznašli Rimljani. Rimski beton je bil izdelan iz vode, peska, apna, pucolana in zdrobljene opeke. Z razvojem graditeljstva so prišli do tehnologije vlivanja enovite mase v lesen opaž in dosegli lastnosti, ki ustrezajo tudi današnjim normativom.

Po velikem požaru, ki je Rim prizadel leta 64, so izdali nove predpise za gradnjo, najpomembnejši je bil uporaba negorljivih materialov. Beton je bil v tistem času eden redkih materialov, ki je ustrezal zahtevi, zato so ga začeli uporabljati pri gradnji novih objektov.

Rimska tehnologija izdelave in uporabe betona se nadaljuje leta 1414, ko so v švicarskem samostanu našli opis rimskega betona in ga začeli izboljševati in razvijati. V 19. stoletju se je začel razvijati armirani beton in začela se je njegova širša uporaba pri gradnji objektov.

Po prvi svetovni vojni so razvili tehnologijo brizganega betona in jo uporabljali pri obnovi površin, utrjevanju strmin in za lupinaste konstrukcije. Opaž, v katerega so vlivali beton, je bil vse dražja postavka, zato so vpeljali uporabo modularnih sistemov in večkratno uporabo opažnih elementov – zlasti v množični stanovanjski gradnji. Patent za drseči opaž je nastal ob izgradnji dimnikov, silosov – isti opaž se sukcesivno dviga, kar omogoča zvezno betoniranje brez prekinitev in velik prihranek časa (Humar, Kladnik, 2000, 17).

3.2 Zgodovinski pregled mostogradnje pri nas

Nekoč

Težko je reči, kdaj so bili na ozemlju današnje Slovenije zgrajeni prvi mostovi. Najverjetneje je, da si jih gradili prav mostiščarji. Mostiščarski mostovi niso služili prečkanju rek ali potokov, pač pa so nastali kot povezovalni mostovi med kolišči in kopnim ali pa kar med kolišči samimi. Gradnja kolišč je vsekakor nosila prve elemente mostnih gradenj. Človek se je moral potruditi, da je premostil večjo ali manjšo razdaljo na način, ki mu je bil s takratno skromno tehnično opremljenostjo in znanjem dorašel. Izkopavanja na ljubljanskem barju pri Notranjih Goricah pričajo, da so na tem mestu živeli mostiščarji, ki so v mehka barjanska tla zabijali lesene kole in na njih gradili preproste lesene mostne konstrukcije. Koliščarski most pri Notranjih Goricah je bil dolg okoli 400 metrov. Taka mostna zgradba je bila seveda bolj del obrambnega sistema prebivalcev mostišč, kot pa zgradba, ki bi omogočala prehod vodne ovire.

Domnevamo, da so prve mostne zgradbe na slovenskih tleh nastale na jantarski poti, ki je vodila skozi naše kraje v 1. tisočletju p. n. š. od Baltskih dežel proti Severnemu Jadranu. Mostovi, ki so nastali na tej poti, se do danes zagotovo niso mogli ohraniti, saj so to večinoma morali biti lesene mostne konstrukcije, katerih življenjska doba je po navadi zelo kratka.

Prave in solidnejše mostove na naših tleh pa so prvi pričeli graditi Rimljani. Rimsko cesarstvo, ki je v času svojega največjega razcveta obsegalo izredno velik del Evrope, je bilo dobro prepleteno s cestnim sistemom. Tudi ceste na našem teritoriju so bile del tega sistema.

Rimljani niso bili znani samo kot dobri graditelji cest, pač pa tudi kot zelo dobri graditelji mostov.

Čeprav so Rimljani že poznali neke vrste cement (*cementium*), ga v mostogradnji niso uporabljali. To je omogočilo, da se je večina rimskih mostov v Evropi ohranila do danes. Na naših tleh Rimljani tovrstnih ločnih mostov očitno niso gradili.

Druga vrsta mostnih konstrukcij, ki so jo tudi razvili Rimljani, je kombinacija mostne zgradbe iz kamna in lesa. Iz kamna so graditelji zgradili opornike in rečne stebre, med tem ko je bila razpanska konstrukcija lesena. Med tovrstnimi mostovi je najbolj znan Trajanov most čez Donavo, dolg 1134 metrov, ki je imel kamnite stebre na razdalji 52 metrov, vmesni razpon pa je premoščala lesena prekladna konstrukcija. Rimski mostovi so zagotovo stali čez Dravo pri Ptuj, čez Ljubljano pri Vrhniki in Ljubljani in čez Savo v Črnučah. Slednji naj bi v dolžino meril okoli 300 metrov.

Posebej je v meglo zavito vprašanje, kakšen rimski most je bil zgrajen čez Dravo pri Petovii (Ptuj). Stal je v bližini današnjih ptujskih toplic, arheološke raziskave pa pričajo o najdbi marmornega kamna, ki je bil sestavni del mostu. Samo na osnovi tega je težko reči, ali je bil ptujski most ločni kamniti ali pa je imel le kamnite stebre in leseno razparno konstrukcijo.

Morda je bil edini povsem kamniti rimski most z ločno konstrukcijo most čez Savo v soteski pri Zidanem Mostu, ki naj bi nastal že leta 290 p. n. št.

V naši neposredni bližini na italijanski strani meje na Majnici, južno od Gorice je čez Sočo stal še en pomemben most, katerega ostanki so se ohranili. Ta most je zelo verjetno prvi most v naši neposredni bližini, ki je bil omenjen v zgodovinskih Virih. Imenovan Ponte Sontii je bil del pomembne povezave od Ogleja proti Emoni.

Seveda se nobeden od teh mostov ni obdržal do današnjih dni, o sledovih gradnje pričajo le borni ostanki (Humar, Kladnik, 2000, 18-19).

Mostovi v srednjem veku

Opazno oživljanje ponovne gradnje večjih in pomembnejših mostov opazimo v Evropi in tudi pri nas v 12. in 13. stoletju. To je čas, ko se je pričelo živahnejše razvijati rokodelstvo in ko so trgovske poti spet postale zanimive. Mostovi so istočasno postali idealno mesto za pobiranje mitnine in mesta za carinjenje trgovske robe.

Mostovi so se v srednjem veku pojavljali tudi kot vstopne poti v utrjena mesta. Večje naselbine so večinoma nastajale ob rekah, kjer so bile z ene strani zaščitene z vodno oviro, z druge pa z obzidjem. Ta koncept se je najbolj izrazito izkazal v razvojni strategiji širitve mest kot so Ljubljana, Maribor, Celje, Ptuj in Koper. Ljubljana je bila s severne in zahodne strani dostopna le preko mostov. Dva lesena mostova, Stari in Spodnji most (na mestu današnjega Tromostovja) in Mesarski ali Zgornji most (na mestu današnjega Čevljarskega mostu), sta bili kontrolni točki, ki sta omogočali pregled gibanja ljudi in tovara.

V namen obrambnega sistema je bilo na vstopih v gradove zgrajeno veliko dviznih mostov. Z dvigom mostne konstrukcije so omogočali učinkovito zaščito vhodnih vrat gradov, ki so bili velikokrat obdani še z zaščitnimi jarki. Po navedbah Virov so v srednjem veku na naših tleh dvizni mostovi nastali ob gradovih in utrdbah Šteben, Cerknica, Goričica pri Ihanu, Djekše, Krtina pri Domžalah.

Za najstarejši ohranjeni most v Sloveniji velja most imenovan Kamniti ali Kapucinski most v Škofji Loki. Mesto na sotočju dveh Sor je bilo življenjsko odvisno od mostov. Prvotni, verjetno leseni mostovi se v Škofji Loki niso ohranili. Prvi soliden in iz kamna zgrajen most sega v drugi polovico 14. stoletja. Leta 1888 je bil most obnovljen, dobil je novo železno ograjo in leta 1892 kip Sv. Janeza Nepomuka, zaščitnika voda in mostov. Ob razpadu stare Jugoslavije leta 1941 je bil most miniran. Ker je bil ta poskus porušitve nestrokovno opravljen, je most ostal še do današnjih dni in velja tako za najstarejši ohranjen most na slovenskih tleh.

Kljub temu v srednjem veku vsa ostala večja slovenska mesta niso imela masivnih oziroma kamnitih mostov, potrebam prebivalstva so v glavnem zadostovali leseni mostovi, ki ji je bilo treba stalno obnavljati zaradi kratke življenjske dobe lesenih delov, zaradi rušilnih učinkov naraslih visokih voda ali kosov ledu.

Med večje in zahtevnejše masivne mostove, zgrajene iz kamna, pa lahko štejemo še most čez Sočo v Kanalu. Tu je bil leta 1580 zgrajen most, ki se je nahajal nedaleč stran od sedanjega kanalskega mostu. Most se ni ohranil do današnjih dni (Humar, Kladnik, 2000, 20).

Gradnja mostov od 17. do 19. stoletja

Oživljanje rokodelstva, obrti in trgovine v 17. stoletju je pospešilo gradnjo novih cestnih povezav in izboljšanje obstoječih poti in cest. Večina trgovskih poti je še vedno tekla po starih rimskih poteh. Mitnina, ki so jo pobirali, naj bi sicer v osnovi služila obnovi cest in mostov, vendar je le mali del denarja ostal namenjen tej dejavnosti.

Razumljivo je, da so kamnite mostove gradili predvsem tam, kjer je ta gradbeni material bil na razpolago. Največ kamnitih mostov je zato bilo zgrajenih na Primorskem in Notranjskem. Zaradi trajnosti kamnite konstrukcije se je ohranilo kar nekaj mostov iz 17. stoletja. Med te mostove spadajo most čez Bistrico pri Ribnici na Dolenjskem iz leta 1665, most čez Rižano pri Dekanih iz leta 1682 in največji med njimi most čez Notranjsko reko pri Premu iz leta 1694.

V 18. stoletju se je število mostov na naših tleh pričelo postopno večati. Pomemben zgodovinski dokument, ki nam daje zelo natančno sliko stanja mostov na slovenskih tleh, so Jožefinski vojaški zemljevidi (1763–1787), ki na osnovi natančnih meritev in opisov, izdelanih predvsem v vojaške namene, posredujejo dragocene podatke o takratnih poteh, vodah in mostovih na njih.

Zemljevidi so izdelani v merilu 1:28.800 in označujejo vse pomembne objekte, ki so takrat že bili zgrajeni, vse pomembne poti, reke, potoke, jezera ter vse, kar je služilo vojaški orientaciji. Z rdečo barvo so označene zidane stavbe, zidani mostovi in kamnita znamenja, med tem ko so s črno barvo označevali lesene mostove, mline in lesena znamenja.

Natančen pregled teh zemljevidov, ki ne zajemajo samo slovenskega ozemlja, nam daje tako izredno dober pregled nad številom in vrsto mostov ter podatkov o stanju in celo velikosti nekaterih mostov.

Konec 18. in v začetku 19. stoletja je bilo zgrajenih, posebej na Primorskem, veliko kamnitih mostov, enostavno poimenovanih Napoleonovi mostovi. Tudi Kobariški most ljudje večkrat poimenujejo kar Napoleonov most.

Med mostove, ki so nastali v tem času, spada manjši kamniti most, preko katerega teče povezovalna cesta med krajema Vipava in Slap preko potoka Močilnik. Zgrajen je bil leta 1803 in ni zanimiv samo zaradi svoje slikovite podobe v osrčju Vipavske doline, pač pa je predvsem zanimiva kamnita plošča z napisom, ki stoji na notranji strani ograje mostu. Ne samo da nam daje plošča podatke o tem, kdaj je bil most zgrajen, kdo ga je zgradil in kako je bil zbran denar, pač pa je napis zanimiv predvsem po tem, da je to eden najstarejših

ohranjenih zapisov v slovenščini na nekem javnem mestu (morda celo najstarejši) (Humar, Kladnik, 2000, 22).

Sredina 19. stoletja - mostovi postajajo vse večji

Prvi večji in pomembnejši most v Sloveniji je bil leta 1842 zgrajen v centru Ljubljane. Dolga stoletja stalno dograjevani leseni in zelo prometni Spodnji ali Špitalski most (na mestu današnjega Tromostovja) je zamenjal nov kamniti most. Ljubljana, ki je imela do takrat same lesene mostove, je tako dobila prvo solidno kamnito mostno konstrukcijo. Most z dvema lokoma in središčnim stebrom v Ljubljani, stoji še danes kot osrednji most Tromostovja, ki mu je leta 1932 največji slovenski arhitekt Jože Plečnik dal dokončno obliko in podobo.

Korenite spremembe v mostogradnji so na slovenskih tleh nastale sredi 19. stoletja, ko je Slovenijo prečkala Južna železnica. Na ozemlju Slovenije je pustila nekaj izjemnih mostnih konstrukcij, med katerimi vsekakor prednjači dvonadstropni Borovniški viadukt, ki je v času nastanka med 1850 in 1856 spadal med največje zidane železniške viadukte na svetu.

Viadukt, po katerem je tekla dvotirna proga, je bil visok 38 metrov in je bil največji objekt na trasi železniške proge Dunaj–Trst in edini dvonadstropni viadukt grajen na slovenskih tleh. Do današnjih dni se je ohranil sosed Borovniškega viadukta, Jelenski viadukt. Enonadstropen, grajen izključno iz opeke, je z višino 29 metrov največji viadukt na slovenskih železnicah (Humar, Kladnik, 2000, 23-24).

Prehod iz 19. v 20. stoletje

V tem času je svoj nezadržni pohod napovedal armirani beton, ki je iz gradbeništva skoraj povsem izrinil kamnite mostne konstrukcije. Beton, kot cenejši gradbeni material, je prišel gradbenikom prav v času intenzivne industrializacije Evrope, sodobne prometnice so dobile tudi sodobne mostove.

Slovenska dežela seveda ni imela pogojev, da bi na njenem ozemlju zrasli veliki jekleni mostovi, je pa zato bil v Ljubljani leta 1867 zgrajen litoželezni most razpona 33 metrov, ki je bil pravi tehnični dragulj. Gre za most, ki je nastal na mestu današnjega Čevljarskega mostu preko Ljubljane. Je eden prvih mostov na svetu, v katerega so bili kot konstrukcijski elementi uvedeni členki, ki omogočajo gibanje oziroma vrtenje mostne konstrukcije pod vplivom obremenitve in zaradi možnih pomikov temeljnih tal na mehkih barjanskih tleh. Uvedba členka v temenu loka je bila tehnična novost in posebnost.

V prvih letih 20. stoletja so na naših tleh zrasli še štirje mostovi, pomembni tudi v svetovnem merilu in predstavljajo pomembne spomenike svetovne tehnične dediščine na naših tleh. To so Zmajski most v Ljubljani zgrajen leta 1901, cestni most čez Idrijco pred železniško postajo v Mostu na Soči iz leta 1905 in seveda najimenitnejši in najimpozantnejši med njimi – kamniti železniški most čez Sočo v Solkanu iz leta 1905, ki je s svojim lokom razpona 85 metrov na prvem mestu med mostovi iz rezanega kamna na svetu. Pozabiti ne smemo niti v drugi svetovni vojni porušenega kamnitega železniškega mostu v Ajbi pri Kanalu iz leta 1905, ki se je s svojimi štirimi elegantnimi loki razpenjal na Sočo (Humar, Kladnik, 2000, 25).

Mostovi Bohinjske proge

Nasploh je gradnja bohinjske železniške proge, ki je bila del druge železniške povezave Dunaj-Trst (1902-1906) pomenila prihod velikega števila tehničnih novosti v mostogradnji na naša tla. Tudi po skoraj sto letih uporabe je večina objektov na njej še vedno v odličnem stanju in služi prometu: kamniti ločni most čez Radovno v Blejskem Vintgarju, ki s svojim 40-metrskim lokom spominja po obliki na solkanski most, most čez Savo Bohinjko med Bohinjsko Bistrico in Bledom, most pri Kneži, most čez Idrijco pri Bači pri Modreju, Mrtvaški most pri postaji Avče, novi železniški most čez Sočo v Ajbi pri Kanalu (1954) in viadukt pri Braniku (Humar, Kladnik, 2000, 27).

Ljubljanski mostovi v 20. stoletju

Ljubljana je s svojimi mostovi posebnost v slovenskem prostoru. Med tem ko so bile na naših tleh do začetka 20. stoletja vse večje in solidne mostne gradnje namenjene železnici, se je v začetku 20. stoletja začel močnejše krepiti cestni promet. Prihod železniške proga v Ljubljano je povzročil intenzivno širjenje mesta od starega mestnega jedra pod ljubljanskim gradom proti železniški postaji. Cestni promet čez Ljubljano se je večal, kot logična posledica take razvojne strategije mesta je leta 1901 nastal Zmajski most, prvi železobetonski most v Sloveniji in v času nastanka eden največjih te vrste v Evropi.

Pri Šentjakobskem mostu (1915), na mestu starega lesenega mostu preko Ljubljanice, je bil prvič na slovenskih tleh uporabljen konzolni način gradnje mostov. Med obrežni konzoli je postavljen 12 metrov dolg gredni nosilec, ki je bil na obeh straneh členkasto vpet v konzolne dele mostu. Tak način gradnje predstavlja pomembno razvojno stopnjo gradenj slovenskih mostov.

Edinstveno podobo je ljubljanskim mostovom dal arhitekt Jože Plečnik. Njegovi posegi pri izdelavi prometne rešitve Frančiškanskega mostu so pripeljali do načina premoščanja Ljubljanice z dvema dodatnima mostovoma, ki jim danes rečemo Tromostovje. Plečnikove rešitve so dale današnjo podobo še dvema zanimivima ljubljanskima mostovoma – Čevljarskemu mostu in enemu najmlajših, vendar najlepših ljubljanskih mostov, poznan kot Trnovski most (Humar, Kladnik, 2000, 28).

Obnova mostov po letu 1945 in gradnja od leta 1954 naprej

Po končani 2. svetovni vojni je napočil čas obnove porušene infrastrukture in objektov. To je bil tudi čas, ko so bila ustanovljena prva povojna slovenska gradbena podjetja, ki so se večinoma razvila iz partizanskih inženirskih enot, leta 1946 sta bili ustanovljeni gradbeni podjetji SGP Primorje Ajdovščina (danes Primorje) in Gradis.

Leta 1954 je bil v Sloveniji zgrajen prvi most iz prednapetega betona. Princip prednapetega betona, je bil uporabljen pri gradnji sicer le 20 metrov dolgega mostu čez Božno pri Polhovem Gradcu. Leta 1959 je čez Dravo na Ptuj nastal še prvi prosto-konzolni most v Sloveniji, ki je bil z razponom 79 metrov takrat tudi med največjimi na svetu. Izstopajo še most čez Dravo v Podvelki (1960) in most na magistralni cesti čez Dravo v Mariboru z razponom 100 metrov (1963).

Nekaj zanimivih mostnih konstrukcij je nastalo na magistralni cesti Ljubljana–Zagreb, najbolj zanimiv je viadukt pri Višnji Gori. Viadukt ima ravno ploščo, nastavljeno na okrogle stebre, brez vmesnih ojačenih reber.

Pri gradnji Gorenjske ceste je bil pri gradnji viaduktov Peračica, Lešnica in Završnica uspešno uporabljen način sovprežne konstrukcije, to je kombinacije betonske in jeklene konstrukcije pri izvedbi nosilnih polj viaduktov. Viadukt Peračica ima največji razpon 101 meter in višino stebrov do 37 metrov.

Prvi daljši cestni viadukti so v Sloveniji nastali na prvih odsekih avtocestnega omrežja. Med večje konstrukcije na tem odseku spadata predvsem viadukta Verd pri Vrhniki (dolžina 460 metrov, leta 1972) in viadukt Ravbarkomanda pri Postojni (dolžina 553 metrov in 591 metrov, leta 1972). Pri gradnji vseh viaduktov, razen pri viaduktu Verd, ki je bil grajen z drsnim odrom, so bili uporabljeni prednapeti montažni nosilci.

Zanimivi in številčni pobočni viadukti so v sedemdesetih letih nastali še na polovični avtocesti Hoče–Arja vas. Med njimi je še posebej zanimiv viadukt Škedelj II čez dolino

Žičnice. Grajen je po načinu prosto konzolne gradnje in je imel v času gradnje (1975) s 120 metri primat v razponu med slovenskimi mostovi.

Leta 1984 je bil čez Sočo pri Solkanu zgrajen 238 metrov dolg most na tako imenovani Osimski cesti v Goriška Brda. Most je Sočo preskočil s 102 metra dolgim lokom iz armiranega betona, ki je bil izdelan na cevnem podpornem odru pahljačaste oblike. Cestni most čez Sočo v Solkanu je most z največjim lokom v Sloveniji.

Leta 1992 je bil z nosilnim pomičnim opažem zgrajen viadukt Reber na odseku avtoceste Malence–Šmarje–Sap, most s pasovoma dolžine 528 in 608 metrov, preko 14 polj. V času nastanka je veljal za najdaljši mostni objekt v Sloveniji.

Leta 1993 je bil preko soteske Save in Završnice pri Mostah v bližini Jesenic zgrajen 440 metrov dolg mostni objekt z imenom Moste. Grajen po načinu prosto konzolne gradnje je imel do leta 2000 najdaljši razpon nosilne konstrukcije v Sloveniji in je znašal 132,88 metra. (Humar, Kladnik, 2000, 29-31).

4 OSNOVNE DELITVE MOSTOV, TIPI IN VRSTE

Podporna in prekladna konstrukcija

Vzdolžni prerez mosta



Slika 2: Prikaz podporne in prekladne konstrukcije

Vir: Brank, Dolšek, 2009, 27

SODOBNE TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOV IN VIADUKTOV	VZDOLŽNA SHEMA	SHEMA PREČNEGA PREREZA	RAZPETINA L v m
			SKUPNA DOLŽINA OBJEKTA
GRADNJA NA NEPOMIČNEM ODRU			10-30 10-200
GRADNJA NA POMIČNEM ODRU POLJE PO POLJE			25-50 >400
PROSTA KONZOLNA GRADNJA			70-250 150-800
GRADNJA Z NARIVANJEM			25-50 200-800
GRADNJA Z MONTAŽNIMI NOSILCI SOVPREŽNIMI Z MONOLITNO AB PLOŠČO			10-30 10-200

Slika 3: Prikaz cestnih premostitvenih objektov in galerij

Vir: Pržulj, 2004, 47

4.1 Materiali za gradnjo mostov

- Les (leseni most)
- Kamen (kamniti most)
- Železo (litoželezni most, most iz kovanega železa)
- Jeklo (jekleni most)
- Armirani beton (armiranobetonski most)
- Prednapeti beton (most iz prednapetega armiranega betona)
- Sovprežni most (prekladna konstrukcija je sovprega jeklenih nosilcev in armiranobetonske plošče)

4.2 Osnovne oblike (tipi) mostov

- Obočni most
- Gredni most
- Ločni most
- Palični most
- Most s poševnimi zategami
- Viseči most

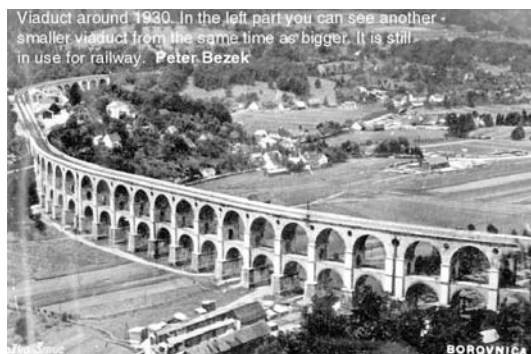
4.2.1 Obočni most

- Stari kamniti in opečni mostovi so narejeni iz zaporednih masivnih obokov,
- tak most deluje samo v tlaku,
- razponi lokov so majhni.



Slika 4: Most na Drini, Višegrad

Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Most_Mehmed_Pa%C5%A1e_Sokolovi%C4%87a

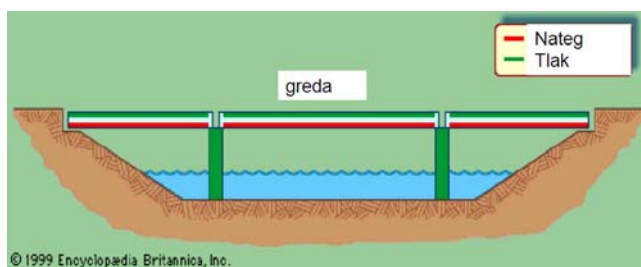


Slika 5: Most v Borovnici

Vir: http://javor.pef.uni-lj.si/~racki2004html/petra_zalar/viadukt.html

4.2.2 Gredni mostovi

- V Sloveniji najbolj pogosta oblika mostov.
- Lahko imamo prostoležeči, kontinuirni, monolitni (okvirni)
- ali konzolni gredni most.
- Takšen most vso vertikalno obtežbo prenaša z upogibom.

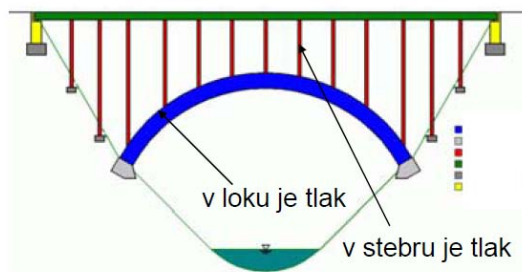


Slika 6: Prikaz grednega mostu

Vir: http://javor.pef.uni-lj.si/~racki2004html/petra_zalar/viadukt.html

4.2.2.a Ločni most z lokom pod prekladno konstrukcijo

- Lok je v tlaku.
- Med lokom in prekladno konstrukcijo so vertikalni stebri/oporniki.
- Tudi stebri so v tlaku.

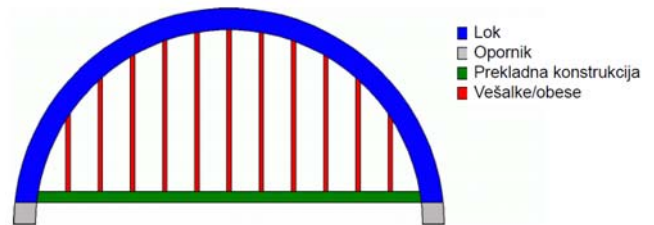


Slika 7: Most na otok Krk in prikaz ločnega mostu z lokom pod prekladno konstrukcijo

Vir: http://www.klimno.net/foto_krcki_most/p1010041.jpg

4.2.2.b Ločni most, z lokom nad prekladno konstrukcijo

- Med lokom in prekladno konstrukcijo so vertikalne vešalke ali obese.
- Prekladna konstrukcija je preko vešalk/obes obešena na lok.
- V loku je tlak, v vešalkah nateg.



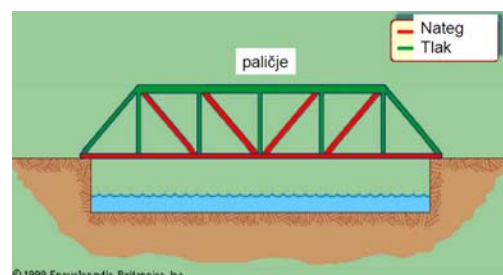
Slika 8: Most čez reko Vipavo v Renčah in prikaz ločnega mostu z lokom na prekladno konstrukcijo

Vir: http://www2.arnes.si/~ljij30/Foto_novi_most_1.html

4.2.3 Palični most

Palični most čez dve podpori se obnaša podobno kot prostoležeči gredni most:

- Zgornji pas palic je tlačен, spodnji pas palic je tegnjen.
- Diagonale so ali tlačene ali tegnjene.
- Palični železniški mostovi iz jekla so pri nas pogosti.



Slika 9: Most na Mariborski otok in shematski prikaz paličnega mostu

Vir:

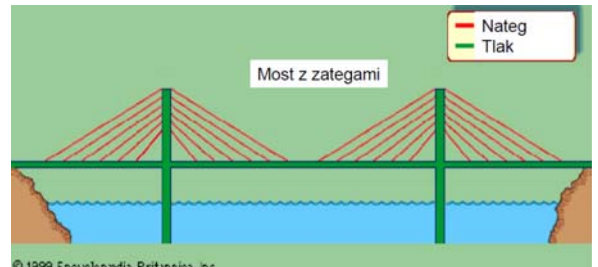
http://sinaj.slomsek.net/index.php?option=com_content&task=view&id=230&Itemid=200

4.2.4 Most s poševnimi zategami

- Voziščno ploščo nosijo poševne zatege (kabli), ki so tegnjeni.
- Kabli so pod kotom obešeni na steber in povzročajo tlak v stebru.
- Kabli povzročajo tlak tudi v prekladni konstrukciji.



Slika 11: Most preko Ljubljane



Slika 10: Shematski prikaz mostu na poševnih zategah

Vir: <http://picasaweb.google.com/lh/photo/0Z0QzOJpvEycNhAS1idmig?feat=embedwebsite>

4.2.5 Viseči most

- Viseči most prenaša vertikalno obtežbo z ravnimi kabli na viseče (ukriviljene kable). Vsi kabli so tegnjeni. Viseči kabli so snop tisočerihih žic.
- Viseči kabli povzročajo tlak v stebrih.
- Viseči kabli so sidrani na obeh straneh mosta.
- Voziščna plošča visi v zraku.
- Pri takšnih mostovih je potrebno zagotoviti aerodinamično stabilnost. Vozišča plošča se ne sme preveč premikati pod obtežbo, zato mora biti težka ali toga ali oboje. Ponavadi je voziščna plošča paličje.



Slika 13: Most Golden Gate Bridge, San Francisco, ZDA

Vir: http://194.249.235.235/~riko/dijaki09/splet_gabor/mostovi8_s.htm

4.3 Tehnologije gradnje mostov

4.3.1 Gradnja podporne konstrukcije

a) Temelji

- Plitvo temeljenje (točkovni temelji, pasovni temelji)
- Globoko temeljenje (na pilotih, na vodnjakih)

b) Stebri in oporniki

- Na suhem
- V vodi

4.3.2 Gradnja prekladne konstrukcije

- Gradnja na klasičen način v fiksnem opažu



Slika 14: Prikaz gradnje na klasičnem fiksnem opažu

Vir: Pržulj, 2004, 14

- Gradnja v pomičnem (drsнем) opažu (vozičku)



Slika 15: Prikaz gradnje na pomičnem opažu

Vir: www.primorje.si, 19.09.2010

- Postopna narivna gradnja



Slika 16: Prikaz postopne masivne gradnje
Vir: Pržulj, 2004, 18

- Prostokonzolna gradnja



Slika 17: Prikaz prostokonzolne gradnje
Vir: Pržulj, 2004, 19

- Montažna gradnja



Slika 18: Prikaz montažne gradnje
Vir: Pržulj, 2004, 21

5 SODOBNE TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOV PRI NAS

5.1 *AB mostovi*

Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah so večinoma zgrajeni kot armiranobetonski prednapeti kontinuirani gredni ali okvirni sistemi, z razpetinami od 20 do 140 metrov. Izjema sta viadukta Peračica in Lešnica, ki imata jekleno oziroma sovprežno prekladno konstrukcijo. Ob izgradnji avtocest v RS se jeklene in sovprežne konstrukcije niso pokazale kot konkurenčne, zaradi neugodnih razmerij cen materialov in delovne sile. Beton kot domači material v sovpregi z navadnim in visokovrednim jeklom za prenapenjanje z relativno nizko ceno delovne sile, je v tržnih pogojih v Sloveniji dokazal konkurenčno prednost. K relativno ugodni konkurenčni ceni betonskih viaduktov in mostov so doprinesle tudi sodobne tehnologije izgradnje prekladnih konstrukcij, podpor in temeljev. Tudi sicer v svetu danes absolutno prevladuje gradnja viaduktov in mostov v betonu.

Do začetka uresničevanja Nacionalnega programa izgradnje avtocest in ustanovitve družbe DARS so se večinoma gradili viadukti in mostovi s prekladnimi konstrukcijami iz armiranobetonskih prednapetih nosilcev, razponov 25–50 metrov. Slovenski projektanti in graditelji so sledili visoko kvaliteto in hitrost montažne gradnje, podobno kot v drugih evropskih državah.

Z rednimi pregledi objektov, uporabo banke cestnih podatkov, izkušenj iz tujine ter prvih rehabilitacij so bile ugotovljene pomanjkljivosti montažne gradnje mostov in viaduktov, ki zmanjšujejo njihovo trajnost in zahtevajo obsežna dela na sanaciji in rekonstrukciji. Od leta 1995 je pri nas dana prednost tehnologijam monolitne gradnje prekladnih konstrukcij brez vzdolžnih in prečnih stikov. Celotne dolžine objektov so ena zavorna enota z dilatacijami samo na opornikih.

Danes poznamo naslednje tipe gradnje premostitvenih objektov iz armiranega prednapetega betona:

- gradnja na nepomičnem odru,
- gradnja na pomičnem odru – polje po polje,
- prosta konzolna gradnja,

- gradnja z narivanjem,
- gradnja z montažnimi nosilci – sovprežnimi z monolitno AB ploščo.

(Asain, 2004, 35).

5.1.1 Gradnja na nepomičnem odru

Z nabavo jeklenega odra, posebej jeklenih paličnih nosilcev, dolžine 10–30 metrov, je gradnja prekladnih konstrukcij mostov in viaduktov na nepomičnem odru postala konkurenčna za objekte razpetin do 30 metrov in skupne dolžine do 200 metrov. Posebna prednost te gradnje je možnost obvladovanja zapletenih geometrij prekladnih konstrukcij kot poševnih objektov in pri objektih z vijačenjem prekladne konstrukcije.

Na fiksni odru so zgrajeni mostovi čez Savinjo, Savo v Šentjakobu, viadukti v razcepu Malence ter viadukti Črni mlinar in Jelševica na avtocesti preko Trojan (Asain, 2004, 36).

5.1.2 Gradnja na pomičnem odru – polje po polje

Z betoniranjem "polje po polje" ali 2-3 polj v eni fazi ter delnim prenapenjanjem je omogočen prenos odra iz faze v fazo, kar je za izvajalce z omejeno količino opreme zelo racionalno.

Betoniranje prekladnih konstrukcij mostov in viaduktov na pomičnem odru in opažu "polje po polje" je racionalno za razpone 25–45 metrov ter dolžine večje od 400 metrov. Teža in cena jeklene konstrukcije pomičnega odra ter možnost večkratne kontinuirane uporabe so razlogi, da so naša podjetja najemala v tujini omenjene odre pri izgradnji viaduktov Verd, Reber in Šumljak.

Pri izgradnji relativno visokega viadukta Reber se je pomični oder naslanjal na posebne jeklene podpore, povezane z vrhovi stebrov. Pri nizkem viaduktu Šumljak je jekleni pomični oder naslonjen na lastne jeklene podpore, montirane ob stebrih viadukta. Pomični oder na viaduktu Šumljak je omogočil hitro gradnjo 671 metrov dolgih prekladnih konstrukcij v "S" krivini z vitoperjenjem, kjer uporaba drugih tehnologij izgradnje ni bila možna (Asain, 2004, 38).

5.1.3 Prosta konzolna gradnja

Za viadukte in mostove s tremi ali večjimi velikimi razpetinami od 60–200 metrov se v evropski in naši praksi uporablja tehnologija prosto konzolne gradnje, s katero se relativno enostavno premoščajo globoke in težko pristopne vodne in druge ovire. Na zgrajene stebre in bazni del (mizo) se montirajo jekleni palični pomični odri, na katerih se betonirajo in sukcesivno prenapenjajo lamele dolžine približno 5 metrov simetrično na obe strani stebrov.

Inženir Boris Pipan s sodelavci iz mariborskih Tehnogradenj je na prostoru nekdanje Jugoslavije in širše projektiral in zgradil prve mostove preko reke Drave na Ptuju in Mariboru po sistemu prosto konzolne gradnje. Poleg projektiranja konstrukcije mostu so morali tedanji projektanti konstruirati tudi celotno opremo mostu – vozičke.

Od prvih mostov preko Drave do sedaj, v dobrih 40 letih, je bilo zgrajenih več mostov in viaduktov na slovenskih avtocestah (Škedelj I, Moste, Baba, Črni Kal, Petelinjek, Na Polancah) po tem sistemu. Vsaka nova generacija uporabe proste konzolne gradnje izboljšuje opremo in tehnologijo.

Pri najdaljšem objektu na Slovenskih avtocestah, viaduktu Črni Kal, dolžine 1065 metrov, je bila uporabljena prosta konzolna gradnja na območju sedmih velikih razpetin (60+120+3x140+12+75 metrov) s šestimi mizami. Del viadukta z manjšimi razpetinami (60+3x50+40 metrov) je bil zgrajen na nepomičnem odru "polje po polje" in ima popolnoma ločene stebre.

Ločeni armirano betonski prekladni konstrukciji viadukta se na območju večjih razponov naslanjata na skupne, na vrhu razcepljene trocelične stebre, višine od 36–90 metrov, temeljene na eliptičnih votlih vodnjakih globine 10–21 metrov. Celotna konstrukcija viadukta je v radiu 800 metrov in vzdolžnem nagibu 2,7 %. Zelo uspela kompozicija viadukta z ustreznim položajem podpor, optimalnimi velikostmi razpetin, spremenljivo višino prekladne konstrukcije in posebno rešitvijo enojnih stebrov, ki se pri vrhu razcepijo, deluje skladno z izjemnim naravnim okoljem na območju kraškega roba. Poleg, za naše pogoje, rekordne dolžine, se viadukt odlikuje z velikimi razponi 140 metrov, stebri višine 90 metrov, specifično obliko prereza in tehnologijo gradnje visokih stebrov, temeljenjih na vodnjakih, globine do 21 metrov (Asain, 2004, 41).

5.1.4 Gradnja mostov po postopku narivanja

Gradnja prekladnih konstrukcij viaduktov in mostov s postopkom narivanja se uporablja, razvija, inovira in modificira že več kot 40 let. Prvič je tehnologijo narivanja v Sloveniji izvedlo podjetje Ingrad Celje leta 1980 na mostovih čez Savo v Radečah, v Zagorju in v Trbovljah. Ob izgradnji avtocest v RS se je tehnologija narivanja aktivirala z izgradnjo prvega viadukta Bandera na avtocestnem odseku Razdrto–Čebulovica (1994–1995), nato še z gradnjo viaduktov Lijak, Ribnik, Selo, Zalokarje, Glinščica, Mlake, Tržiška Bistrica, mostov čez reko Muro in Krko ter viaduktov Javorje, Šentožbolt, Blagovica in Bivje. Relativno pogosta in velika uporaba tehnologije narivanja je posledica ugodne cene opreme, zmanjšanja deleža delovne sile in hitrosti gradnje. Dolžina objektov, ki se gradijo po postopku narivanja, je dosegla dolžino 833 metrov pri mostu čez reko Muro. Za uporabo te tehnologije ni več potrebno, da je geometrija ceste na mostu enostavna, most čez Muro ima horizontalno in vertikalno zakrivljenost.

Viadukti in mostovi, ki se gradijo po postopku narivanja, imajo najkrajše roke gradnje in najnižje cene (Asain, 2004, 42).

5.1.5 Gradnja z montažnimi nosilci – sovprežnimi z monolitno AB ploščo

Gradnja prekladnih konstrukcij mostov in viaduktov ter drugih objektov (nadvozov, podvozov, galerij) iz montažnih "T" nosilcev, dolžine 10–30 metrov, ki se sovprežejo z armiranobetonsko ploščo in so betonirani na mestu samem, je edina dovoljena delno montažna gradnja.

Modificirani "T" nosilci, višine od 0,7–1,7 metra, imajo stojine konstantne debeline najmanj 40 centimetrov in široko tanko zgornjo ploščo. Nosilci se montirajo eden do drugega, tako da za voziščno ploščo ni potreben oder ali opaž. Z montažnimi nosilci se konstruirajo kontinuirane, okvirne in integralne konstrukcije brez stikov v voziščni plošči. Za sovpreganje montažnih nosilcev in voziščne plošče se uporabljajo mozniki iz betonskega železa, ki so vbetonirani v zgornje pasnice montažnih nosilcev.

Lep primer pravilne dovoljene uporabe montažnih "T" nosilcev je most Gramoznica na avtocestnem odseku Slivnica–Pesnica. Na mostu dolžine 200 metrov, z razponi 25+5x30+25 metrov, je zgrajena okvirna konstrukcija brez prečnega nosilca na vrhu okroglih stebrov.

Uporaba te tehnologije kaže prednosti pri naknadni gradnji nadvozov nad cestami v prometu (nadvozi Hoče, Lopata). Za montažo "T" nosilcev pri nadvozih se koristijo avtodvigala, kar skrajšuje čas gradnje (Asain, 2004, 43).

5.2 Jekleni mostovi

Gradnja jeklenih mostov je ozko povezana z razvojem železa in jekla. Prva mostna konstrukcija, narejena iz železa, je stara nekaj več kot 200 let. Za izdelovanje kovinskih mostnih konstrukcij v gradbeništvu jeklo predstavlja še danes po uporabljeni količini drugi najpogostejše uporabljeni material, čeprav se v zadnjih nekaj desetletjih povečala uporaba aluminija in nekaterih zlitin. Kovinske mostne konstrukcije imajo določene specifične značilnosti ter tehnične in funkcionalne prednosti v odnosu na druge gradbene materiale, zaradi česar imajo široko uporabnost v gradbeništvu.



Slika 19: Predstavnik jeklenih mostov pri nas - železniški in "stari" most čez reko Dravo v Mariboru

Vir: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=416141&page=18>, 18.09.2010

5.2.1 Viseči mostovi

Za viseče mostove, večjih razponov je poseben problem t.i. aerodinamična stabilnost. Ta pojem je uveden v študije po katastrofalnem rušenju visečega mostu Tacoma v državi Washington leta 1940. Največji razpon mostu je bil 855,00 metrov, zaradi izredne ozkosti je prišlo do rušenja mostne konstrukcije. Kratek čas po tem, ko je bil most puščen v promet, je

bilo opaženo, da je zelo občutljiv na vibracije. Po samo 4 mesecih uporabe je veter s hitrostjo le 18 m/s povzročil tako velike vibracije, da se je porušila celotna mostna konstrukcija. Po obsežnih eksperimentalnih poizkusih na modelih v vetrovnih kanalih in številnih teoretičnih raziskavah je bil dobljen boljši vpogled v dinamični učinek vetra na viseče konstrukcije. Podala so se priporočila za modelno proučevanje za vsako večjo mostno konstrukcijo, ki bo grajena na vetrovnem področju, kar je danes ustaljena praksa.

V Sloveniji visečega mostu še ni zgrajenega (Markelj, 1996, 51).

5.2.2 Mostovi na poševnih zategah

Osnove mostov s poševnimi zategami izhajajo iz srednjega veka, saj so bili dvizni mostovi na vvhodih v srednjeveške gradove pravzaprav mostovi na poševnih zategah. Pravi preporod so te konstrukcije doživele šele po letu 1945, ko so velike potrebe po premostitvenih objektih in izboljšana kvaliteta jekla, omogočili, da so inženirji dokazali superiornost (tako tehnično kot ekonomsko) v primerjavi z visečimi mostovi.

Konstrukcije s poševnimi zategami so se najprej uporabljale za premostitvene objekte s srednjimi in večjimi razponi. V novejšem času pa se pojavi poseben tip konstrukcij z večjim številom zateg (majhne razdalje med zategami) in s tako voziščno ploščo, ki je primerna tudi za manjše razpone. Prednosti takšnih konstrukcij so:

- estetske: konstrukcija deluje markantno, elegantno, drzno in dovršeno, izraža sodobnost izbrane konstrukcijsko – arhitektonske rešitve,
- tehnične: vgrajene so najnovejše tehnične rešitve, ki omogočajo varnost, uporabnost in trajnost,
- tehnološke: zatege omogočajo uporabo različnih tehnologij grajenja, da lahko izberemo optimalno metodo grajenja za posamezni objekt.

(Markelj, 1996, 53).



Slika 20: Puhov most preko reke Drave na Ptuju

Vir: <http://commondatastorage.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/17281179.jpg>, 18.09.2010

5.2.3 Ločni mostovi

Ločni mostovi so skozi svojo zgodovino nastajanja izoblikovali dve konstrukcijski smeri:

- ločni mostovi s polnimi nosilci,
- ločni mostovi s paličnimi nosilci.

Ločni mostovi s polnimi nosilci se glede na dominantne napetosti pritiskov, ki nikakor ne dovoljujejo gradnje vitkih jeklenih konstrukcij, gradijo v razponih, do 400 metrov. Lep primer ločnega mostu s polnimi nosilci je most Portmann v Kanadi, z razponom 366 metrov. Sama konstrukcija ločnih mostov s paličnimi nosilci dovoljuje maksimalne razpone do 500 metrov (Markelj, 1996, 53).



Slika 21: Največji ločni most v Sloveniji most čez Mangartski potok

Vir: <http://www.ponting.si>, 18.09.2010

5.2.4 Sovprežni mostovi

Sovprežni mostovi se uporabljajo za premoščanje preprek srednjega razpona in niso popolnoma jeklena konstrukcija, saj gre za sodelovanje jekla in betona. Oba materiala se koristita na najboljši možni način; betonska vozna površina ščiti jeklo pred korozijo, zmanjšuje delovanje učinka temperature in deluje kot balast, ki izboljšuje dinamične karakteristike, ki se kažejo v zmanjšanju vibracij mostne konstrukcije. Z vgradnjo betonske vozne površine odpade potreba po velikem številu sekundarnih elementov, kot so podložni nosilci, zatege za bočne udarce, zatege za zavetrovanje v nivoju vozišča... V novejšem času je razvoj pri klasičnih sovprežnih konstrukcijah usmerjen v manjše število elementov, kot so ojačitve in rebra, kar lahko dopustimo z uporabo debelejše pločevine. To pomeni istočasno manjšo porabo dela ter večjo odpornost na korozijo. Opazen pa je tudi vpliv arhitekture oziroma oblikovanja nosilne konstrukcije. Lep primer sovprežnega mostu, kjer pridejo do izraza arhitektonski učinki, je most za pešce in kolesarje na Ptujju preko reke Drave (Markelj, 1996, 55).



Slika 22: Sovprežna konstrukcija - Ptujjska brv preko reke Drave

Vir: http://img.sirol.net/09/273/633898669769040169_ptuj.jpg, 18.09.2010

6 PREDSTAVITEV TRENUTNO NAJVEČJIH DOSEŽKOV V MOSTOGRADNJI PO SVETU

V tem poglavju je predstavljeno nekaj najbolj impozantnih gradbenih dosežkov na področju mostogradnje v svetu. Posamezni objekti so predstavljeni glede na vrsto-tip mostu in glede na uporabljene materiale oziroma tehnologijo gradnje.

6.1 Viseči mostovi

6.1.1 Jekleni viseči mostovi

Most Akashi Kaikyō Bridge

Trenutno največji jekleni viseči most oziroma viseči jekleni most z najdaljšim razponom med pilonoma je most Akashi Kaikyō Bridge na Japonskem. Zgrajen je med otokom Awaji in mestom Kobe. Skupna dolžina mostu je 3.911 metrov, njegov maksimalni razpon med pilonoma pa znaša 1.991 metrov. Vozišče je škatlaste oblike, sestavljeno iz jeklenih profilov in preko vertikalnih kablov obešeno na dva nosilna kabla, ki potekata preko nosilnih pilonov ter sta na obeh brežinah sidrana v ogromne betonske sidrne bloke. Premer posameznega nosilnega jeklenega kabla znaša neverjetnih 112 centimetrov. Kot zanimivost naj dodam še podatek, da je samo vozišče, sestavljeno iz 6 prometnih pasov, obešeno 65.72 metra nad vodno gladino, kar omogoča prečkanje največjim ladjam na vetu. Sam most dnevno prečka približno 23.000 vozil.

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Akashi-Kaiky%C5%8D_Bridge, 19.09.2010)



Slika 23: Most Akashi Kaikyō Bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Akashi-Kaiky%C5%8D_Bridge, 19.09.2010

6.1.2 AB viseči mostovi

Most The Great Belt Bridge

Trenutno najdaljši viseči most z AB voziščno konstrukcijo v Evropi je most The Great Belt Bridge na Danskem. Povezuje mesti Zealand in otok Sprogø. Most je bil zgrajen leta 1998. Skupna dolžina mostu je 6.790 metrov, njegov maksimalni razpon med pilonoma znaša 1.624 metrov. Piloni sta visoka 254 metrov. Vozišče je v najvišji točki obešeno 65 metrov nad vodno gladino. Dnevno omenjeni most prečka preko 32.000 vozil v obeh smereh.

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Belt_Bridge, 19.09.2010)



Slika 24: Most The Great Belt Bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Belt_Bridge, 19.09.2010

6.1.3 Leseni viseči mostovi

Most Wood Deck Cable Suspension Bridge

Gre za kombinacijo jeklenih kablov, na katere je obešeno leseno vozišče. Značilen primer tega tipa mostu je Wood Deck Cable Suspension Bridge, ki vodi v mesto Beaver v zvezni državi Arkansas v ZDA. Skupna dolžina mostu znaša 185 metrov, njegov maksimalni razpon med jeklenima pilonoma pa znaša 102 metra. Vozišče je obešeno 4 metre nad vodno gladino. Prometne obremenitve samega mostu niso velike, saj vodi v mestece, ki šteje le nekaj več kot 100 prebivalcev.

(Vir: <http://www.google.si/imgres?imgurl=http://www.tulsawalk.com>, 19.09.2010)



Slika 25: Most Wood Deck Cable Suspension Bridge

Vir: <http://www.google.si/imgres?imgurl=http://www.tulsawalk.com>, 19.09.2010

6.1.4 Kamniti viseči mostovi

Zaradi narave oziroma tipologije gradnje kamnitih mostov visečega kamnitega mostu ni mogoče izvesti.

6.2 Mostovi na poševnih zategah

6.2.1 Jekleni mostovi na poševnih zategah

Most Sutong Bridge

Kot najdaljši most na jeklenih poševnih zategah z jeklenim voziščem trenutno velja most Sutong Bridge, zgrajen na Kitajskem. Maksimalna dolžina razpona med pilonoma znaša 1.088 metrov in je danes najdaljša na svetu. Posamezen pilon je visok 306 metrov. Samo vozišče je jeklena škatlasta konstrukcija in je obešeno 62 metrov nad vodno površino. Skupna dolžina mostu znaša 8.206 metrov in je del pomembne prometne povezave med mestoma Shanghai in Nantong.

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Sutong_Bridge, 19.09.2010)



Slika 26: Most Sutong Bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Sutong_Bridge, 19.09.2010

6.2.2 AB mostovi na poševnih zategah

Most Rio–Antirrio bridge

Čeprav ta most ni najdaljši most na poševnih zategah, zgrajen iz armiranega betona, pa gre za enega najlepših v Evropi. Premošča peloponeško ožino ter povezuje mesti Rion in Antirion v Grčiji. Skupna dolžina mostu znaša 2.880 metrov. Vozišče je obešeno na poševne zatege, ki so sidrane v 4 nosilne pilone. Piloni so diamantne oblike. Maksimalni razpon med dvema pilonoma znaša 560 metrov. Maksimalna višina pilona znaša 161 metrov, samo vozišče pa je obešeno 57 metrov nad vodno gladino.

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Rio-Antirio_bridge, 19.09.2010)



Slika 27: Most Rio–Antirrio bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Rio-Antirrio_bridge, 19.09.2010

6.2.3 Leseni mostovi na poševnih zategah

Zaradi narave gradnje lesenih mostov ni mogoče v zgodovini zaslediti, da bi bil zgrajen lesen most na poševnih zategah.

6.2.4 Kamniti mostovi na poševnih zategah

Zaradi tipologije oziroma tehnologije gradnje kamnitih mostov v zgodovini ni zaslediti kamnitega mostu na poševnih zategah.

6.3 Ločni mostovi

6.3.1 Ločni jekleni mostovi

Most Chaotianmen Bridge

Trenutno most z najdaljšim razponom loka, zgrajen iz jekla, stoji na Kitajskem. Njegov maksimalni ločni razpon znaša 552 metrov, njegova skupna dolžina pa je 1.741 metrov.

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Chaotianmen_Bridge, 19.09.2010)



Slika 28: Most Chaotianmen Bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Chaotianmen_Bridge, 19.09.2010

6.3.2 Ločni AB mostovi

Most Wanxian Bridge

Most je zgrajen na Kitajskem. Gre za most, ki je zgrajen v celoti iz armiranega betona. Skupna dolžina mostu znaša 864 metrov, razpon loka pa 420 metrov. Zgrajen je bil leta 1997. (Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Wanxian_Bridge, 19.09.2010)



Slika 29: Most Wanxian Bridge

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Wanxian_Bridge, 19.09.2010

6.3.3 Ločni leseni mostovi

Most Lesen Evropski most (Holz-Europabrücke)

Gre za trenutno največji leseni ločni most, ki je zgrajen v Evropi. Njegov maksimalni ločni razpon znaša 85 metrov. Zgrajen je na avstrijskem Koroškem. Povezuje naselji St. Georgen in St. Lorenzen. Širina mostu je 8 metrov in je odprt tudi za težak tovorni promet, kar je pri lesenih mostovih prava redkost.

(Vir: http://alumni.tugraz.at/tug2/alumniTalks011_schickhofer.pdf, 19.09.2010)



Slika 30: Most Holz-Europabrücke

Vir: http://alumni.tugraz.at/tug2/alumniTalks011_schickhofer.pdf, 19.09.2010

6.3.4 Ločni kamniti mostovi

Solkanski most

Gre za most, ki ima največji ločni razpon na svetu in je zgrajen iz obdelanega kamna. Skupna dolžina mostu znaša 220 metrov, maksimalni ločni razpon mostu pa znaša neverjetnih 85 metrov. Sam most je lep krajinski in arhitekturni spomenik slovenskega gradbeništva iz začetka 20 stoletja.

(Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Solkanski_most, 19.09.2010)



Slika 31: Solkanski most

Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Solkanski_most, 19.09.2010

7 PRIMERJAVA ZNAČILNIH TIPOV ZGRAJENIH MOSTOV PRI NAS

7.1 Uvod

V tem poglavju diplomskega dela predstavljam in primerjam 3 značilne predstavnike gradnje mostov pri nas. Podrobneje so predstavljeni naslednji objekti:

- Viadukt "Črni Kal"
- Avtocestni most čez Muro
- Studenška brv v Mariboru

Predstavljeni mostovi so predstavniki sodobnih pristopov gradnje premostitvenih objektov v Sloveniji. Prva dva objekta sta armirano betonska, vendar sta grajena po različnih načinih gradnje. Studenška brv v Mariboru pa je jeklena palična konstrukcija, katere pohodna ploskev je iz lesa.

7.2 AB most - viadukt "Črni Kal"

7.2.1 Opis

Viadukt Črni Kal predstavlja najzahtevnejši premostitveni objekt, ki se je gradil v okviru avtocestnega programa v Republiki Sloveniji.

Viadukt je dolžine 1053,50 m (levo vozišče), oziroma 1056,35 (desno vozišče) in je zasnovan kot ena zavorna enota s sistematičnimi (statičnimi) razponi:

- Leva voziščna konstrukcija:
 $60,49+120,97+141,14+141,14+120,97+75,61+60,49+3 \times 50,41+4,33=1053,50 \text{ m}$
- Desna voziščna konstrukcija:
 $79,35+119,03+138,86+138,86+138,86+119,03+74,39+59,51+3 \times 49,59=1056,35 \text{ m}$

V nadaljevanju je predstavljenih nekaj ugotovitev, ki jih povezujemo z gradnjo in uporabo našega največjega premostitvenega objekta:

- zahtevno temeljenje in izvedba vodnjakov do globine 21 metrov,
- gradnja stebrov do višine 90 metrov s samoplezajočim opažem,
- prosta konzolna gradnja in gradnja visokih stebrov na področju močne burje,
- izvedba nadvišanj konzolnih miz z razponom preko 140 metrov ob upoštevanju dejanskih reoloških karakteristik betona v skladu s terminskim planom gradnje,
- izredno zahtevne in precizne geodetske meritve,

- reološke elastične in trdnostne preiskave betonov,
- izvedba monitoringa v fazi gradnje in v fazi uporabe – kontinuirano izvajanje sinhroniziranih meritev hitrosti vetra, specifičnih deformacij v betonu in armaturi visokih stebrov ter voziščnih konstrukcij,
- meritev vibracij in pospeškov v fazi gradnje in uporabe,
- izvajanje kontrole kvalitete izvedbe del in materialov.

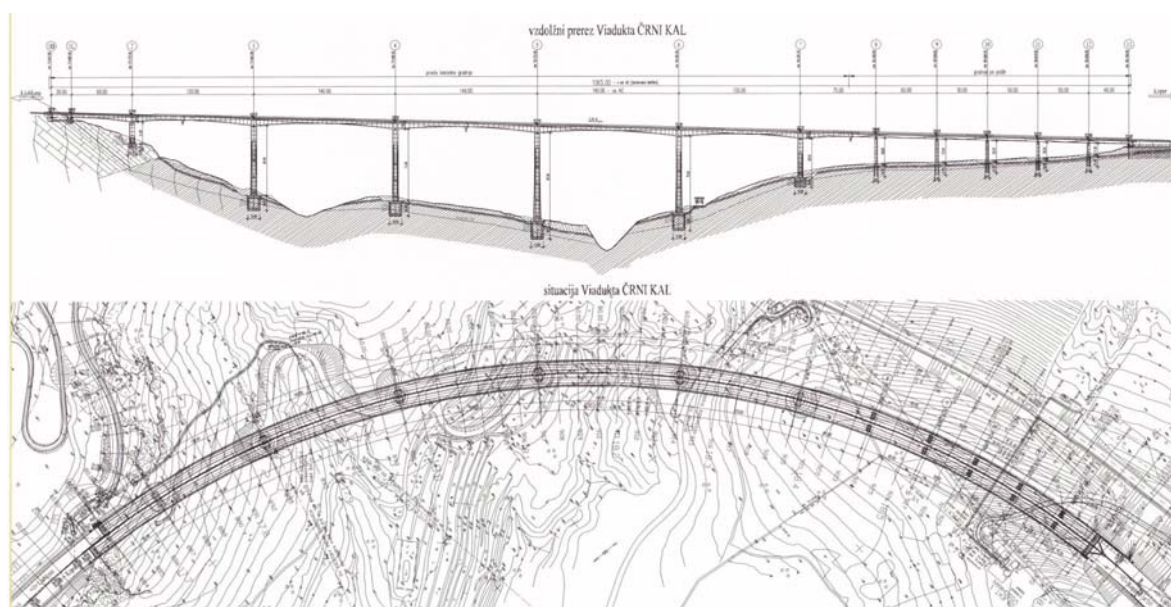
(Pipenbaher, 2003, 18).



Slika 32: Pogled na viadukt Črni Kal

Vir: IZS, 2003, 24

7.2.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:



Slika 33: Vzdolžni prerez in tloris viadukta Črni Kal

Vir: IZS, 2003, 26

Viadukt sestavljata dve ločeni voziščni konstrukciji, podprti v dolinskem delu s krakasto oblikovanimi "Y" stebri, na pobočnem nizkem delu pa sta voziščni konstrukciji podprti z ločenimi stebri, tako da stebri skupaj z voziščnima konstrukcijama tvorijo stabilno prostorsko okvirno konstrukcijo. Stebri podpor 3, 4, 5, 6 in 7 so elastično vpeti v voziščno konstrukcijo, na ostalih podporah pa je voziščna konstrukcija povezana s stebri preko prečno nepomičnih drznih ležišč. S tako zasnovano konstrukcijo je zagotovljena vertikalna in horizontalna stabilnost viadukta tako v fazi gradnje kot v fazi uporabe.

V območju prehoda globljega dela doline (v dolžini 778m) je izvedena gradnja voziških konstrukcij s tehnologijo proste konzolne gradnje, na pobočnem delu (v dolžini 277 m) pa je izvedena gradnja voziških konstrukcij na fiksnem ali pomičnem jeklenem odru.

Spodnjo konstrukcijo sestavljata 2 krajna opornika in 11 vmesnih podpor. Vmesne podpore 2, 3, 4, 5, 6 in 7 predstavlja masivnejši – krakasto oblikovani steber. Tricelični škatlasti steber je spodaj gabaritnih dimenzij 11,4x(5,50 do 7,50) m in se na višini 12,80 m pod voziščno konstrukcijo razcepi v 2 kraka, ki podpirata ločeni voziščni konstrukciji.

Nizki stebri podpor 8, 9, 10, 11 in 12 so ločeni, tako da vsako podporo sestavljata 2 samostojna stebra trapezastega tlorisa, gabaritnih dimenzij 6,00x(2,50 do 3,00) m.

Viadukt je globoko temeljen. Plitvo sta temeljena samo opornik 1 in podpora 2. Steber podpore 2 je temeljen na masivnem temeljnem bloku dimenzij 8/16x(8,0 do 11,0) m, ki je zabetoniran kontaktno v apnenec. Stebri podpor 3,4,6 in 7 so temeljeni na vodnjaku elipsastega tlorisa globine od 15m do 21m.

Ostale vmesne podpore 8–12 so temeljene na uvrtnih pilotih premera 118 cm in globine od 10,0 do 10,70 m. Za 20 m razmaknjena krajna opornika na ljubljanski strani sta plitvo temeljena v apnencu opornik 13 – na koprski strani pa je globoko temeljen na pilotih premera 118 cm, ki so dolžine od 8,0 do 11,0 m (Pipenbaher, 2003, 19).

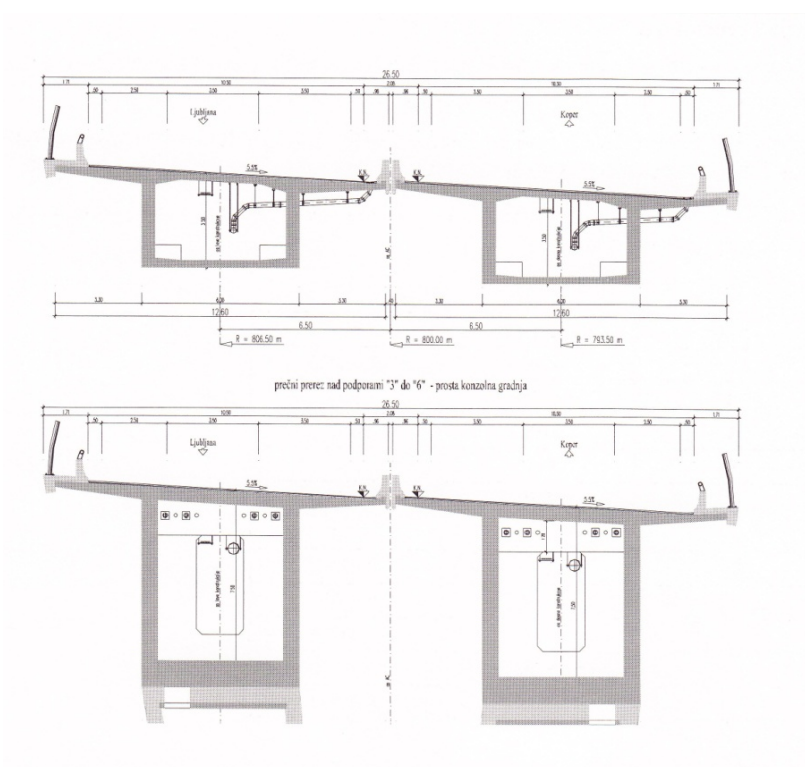
7.2.3 Voziščni konstrukciji

Viadukt je zasnovan z 2 voziščnima konstrukcijama, k-i potekata kontinuirano preko 12 polj. Voziščno konstrukcijo predstavljata torej 2 vzdolžno omejeno prednapeti betonski škatli širine 6,0m in spremenljive višine od 3,50m v polju do 7,50 m nad podporami 3, 4, 5 in 6. Nad podporama 2 in 7 se prekladna konstrukcija vutasto odebeli na 6,50 m. Voziščna plošča je širine 12.60 m in je v prečni smeri klasično armirana z jeklom za armiranje.

Presek in razporeditev jekla za armiranje je v prečni smeri izbran tako, da razpoke pri polni obremenitvi (1.0G+1.0P) in ob upoštevanju maksimalnega dinamičnega faktorja za prometno obtežbo $\Phi=1,40$ ne presegajo meje 0,15 mm. Škatlasta nosilca sta v vzdolžni smeri omejeno prednapeta s kabli 19x150 mm².

Na delu konstrukcije, ki se izvede po tehnologiji proste konzolne gradnje, je v fazi proste konzolne gradnje napeto 30 kablov, oziroma 48 (mize 3, 4, 5 in 6), po povezavi miz pa je v polju napeto od 8 – 12 pozitivnih kablov 19x150 mm².

Na delu konstrukcije, ki je izveden na fiksnem ali pomičnem jeklenem odru po poljih je napeto po 12 kablov – 19x150 mm². V področju stika delov konstrukcij, ki sta grajeni po različnih tehnologijah so po zabetoniranju veznega segmenta napeti vezni pozitivni in negativni kabli (Pipenbaher, 2003, 21).

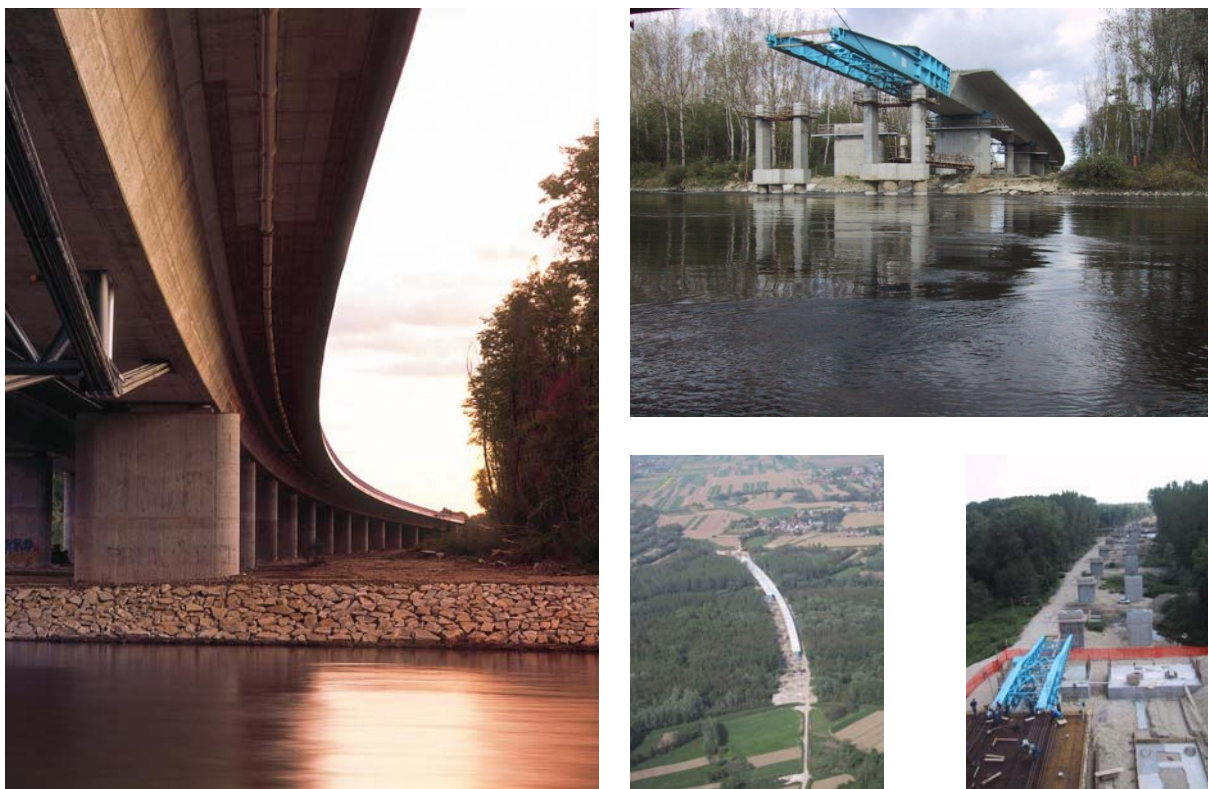


Slika 34: Karakteristični prečni prerez viadukta Črni Kal

Vir: IZS, 2003, 30

7.3 AB most čez Muro

7.3.1 Opis

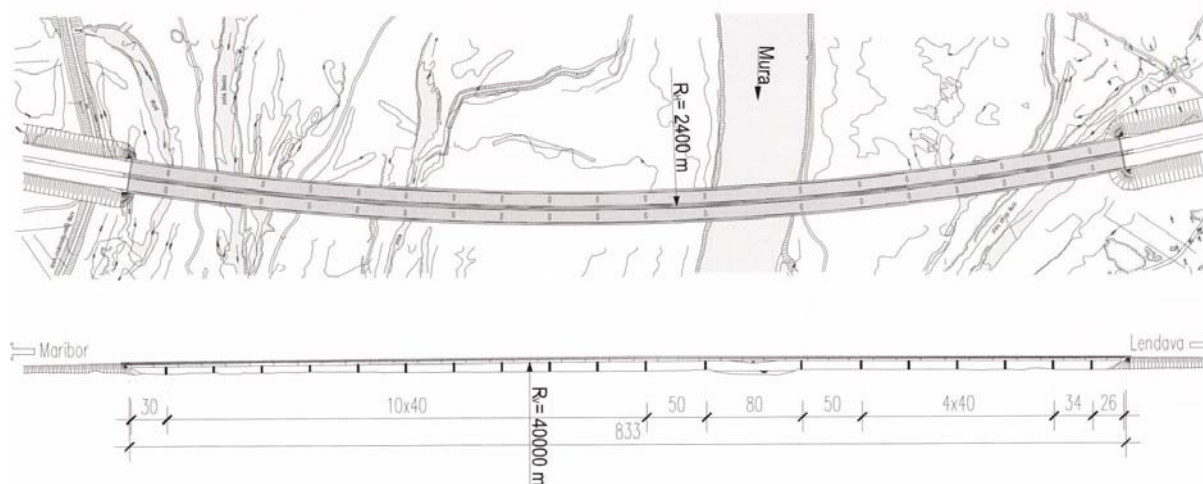


Slika 35: Pogledi na most čez Muro

Vir: IZS, 2003, 32

Most čez Muro je z 833 metri najdaljši slovenski most in s 16.000-tonsko maso najtežji narinjeni objekt pri nas. Njegova površina znaša 23.257 m².

Avtocesta A5 Koper–Lendava s svojim projektiranim vzhodnim krakom povezuje Prekmurje z ostalim delom Slovenije ter na odseku Vučja vas–Beltinci prečka reko Muro in njen poplavni pas. Prečkanje je izvedeno južno od Murske Sobote, tako da s spodnjim delom "S" krivine najprej teče južno od Vučje vasi na prleški strani, z zgornjim delom pa severno od Bakovcev na prekmurski strani. Na tem mestu je poplavni pas Mure najožji, širok samo dober kilometer, kar je bil tudi eden od kriterijev za umestitev AC v prostor. Dokončanje in otvoritev odseka Vučja vas–Beltinci z mostom čez Muro je bila v oktobru 2003, je močno izboljšala prometno povezavo naše najbolj vzhodne pokrajine.



Slika 36: Tloris in vzdolžni prerez avtocestnega mostu čez reko Muro

Vir: IZS, 2003, 34

Glavna ideja zasnove je bila dobiti oblikovno primerno, vendar hkrati kvalitetno, trajno in ekonomično konstrukcijo, ki z enotno tehnologijo rešuje konstruktorsko problematiko premoščanja enakomernih manjših razponov na poplavnem delu ter enega večjega razpona preko same reke.

Most ima preko celotne dolžine konstantno zakrivljenost in sicer v tlorisnem radiju 2400 metrov, niveleto pa v konveksni zaokrožitvi 40.000 metrov s simetričnimi tangentami 1.3%. Prostorska zakrivljenost osi z dvema radijema sicer teoretično ni izvedljiva, vendar smo izračunali, da se lahko zasnovana konstrukcija prilagaja tej obliki z zanemarljivimi vsiljenimi obremenitvami (Markelj, 2003, 31).

7.3.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:

Most čez Muro je sestavljen iz dveh ločnih vzporednih objektov za vsako smer vožnje posebej, skupne širine 27,92 m ter dolžine 833 m. Objekt poteka zvezno preko 20 razponov z glavnim razponom 80 metrov preko Mure, brez stebrov v vodi ter s tipičnimi razponi po 40 m na obeh poplavnih območjih.

Statični sistem je kontinuirana greda s prednapeto zatego v glavnem razponu, podobnost z brodom, oziroma jekleni vrvi, s pomočjo katere prečka reko, je varianti dala ime Brod.

Statični razponi so naslednji:

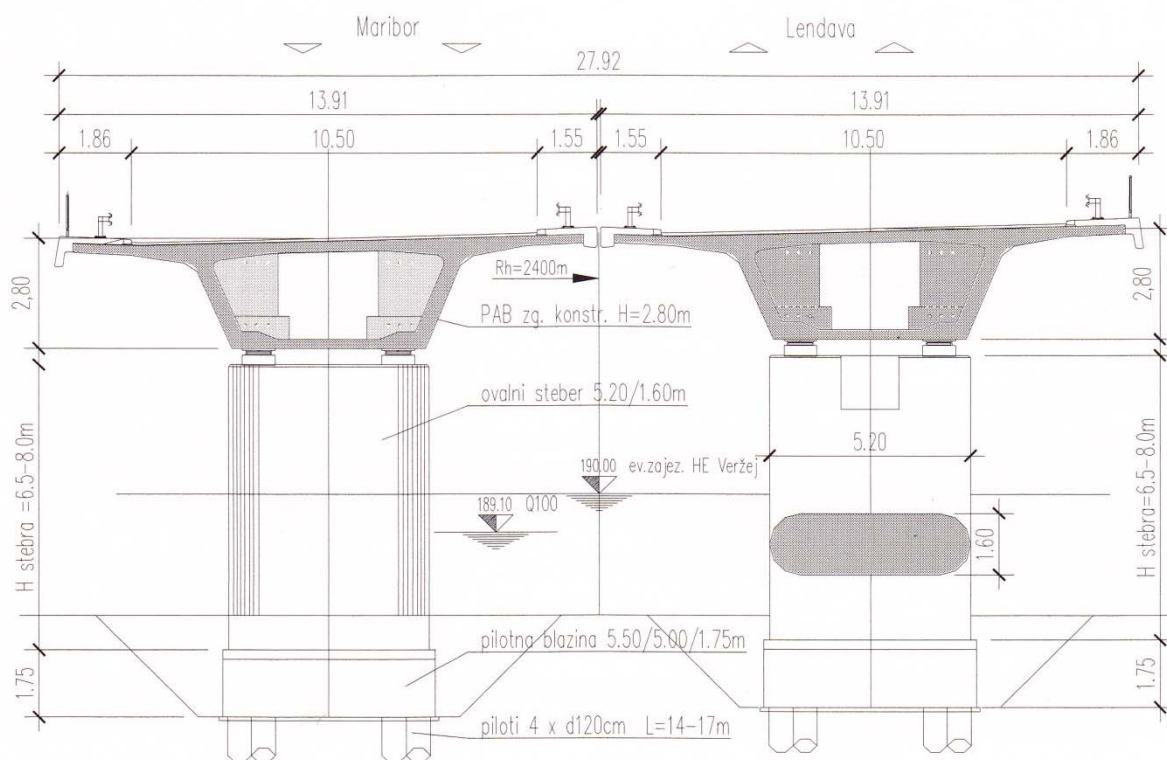
$30,0+10 \times 40,0+50,0+80,0+50,0+4 \times 40,0+34,0+26,0=833,0 \text{ m}$

Prečni prerez prekladne betonske konstrukcije je votla trapezasta škatla s konstantno statično višino 2.80 m. Širina zgornje - voziščne plošče znaša 13,9 m, širina spodnje plošče škatle pa 5,00 m, obojestranske konzole pa so dolžine 3,1 m.

Os trase na objektu je v tlorisnem radiu 2400 m, niveleta pa v konveksni zaokrožitvi 40.000 m, prečni padec vozišča je konstanten 2,5 %, hodniki so nagnjeni navznoter z naklonom 4 %.

Most v sami Muri nima stebrov, na poplavnem delu pa ima skupaj 38 vmesnih stebrov (19x2), ki so višine od 7,0–8,5 metrov ter ovalne oblike v prečnem prerezu. Taka oblika je hidravlično ugodna za odtekanje poplavnih ali občasnih vod v starih strugah.

Temeljenje je izvedeno kot globoko na pilotih – betonskih kolih, premera od 120–125 cm, kar ustreza geološkim razmeram. Na tem mestu se nahaja murski prod do globin 13–15 m, globlje pa se nahaja pohribinska osnova, ki jo predstavlja lapornata glina. Koli segajo do lapornate gline ter so pod pilotno blazino še dolžine od 14–17 metrov, pod oporniki pa do 20 metrov dolžine (Markelj, 2003, 33).



Slika 37: Karakteristični prečni prerez mostu čez reko Muro

Vir: IZS, 2003, 37

7.4 Jekleni most - Studenška brv preko reke Drave v Mariboru

7.4.1 Opis

Septembra 2004 se je Mestna občina Maribor odločila, da bo obnovila Studenško brv čez reko Dravo v Mariboru, ki jo Mariborčani ljubkovalno imenujejo »mali most«. S tem namenom je v sodelovanju z Zbornico za arhitekturo in prostor Slovenije in Društvom arhitektov Maribor razpisala in izpeljala projektni natečaj za idejno arhitekturno – konstrukcijsko rešitev Studenške brvi čez reko Dravo v Mariboru ter arhitekturno – urbanistično ureditev desno – obrežnega dostopa do brvi iz Ruške ulice.

Med prispelimi rešitvami je prvo nagrado prejela projektna skupina konstruktorjev iz družbe Ponting d. o. o. ter arhitektov iz ateljeja Reichenberg arhitektura d. o. o. Podjetje Ponting d. o. o. je prevzelo tudi izdelavo dokumentacije PGD za pridobitev gradbenega dovoljenja in projekta za izvedbo PZI (Ponting d.o.o., 2008, 26).



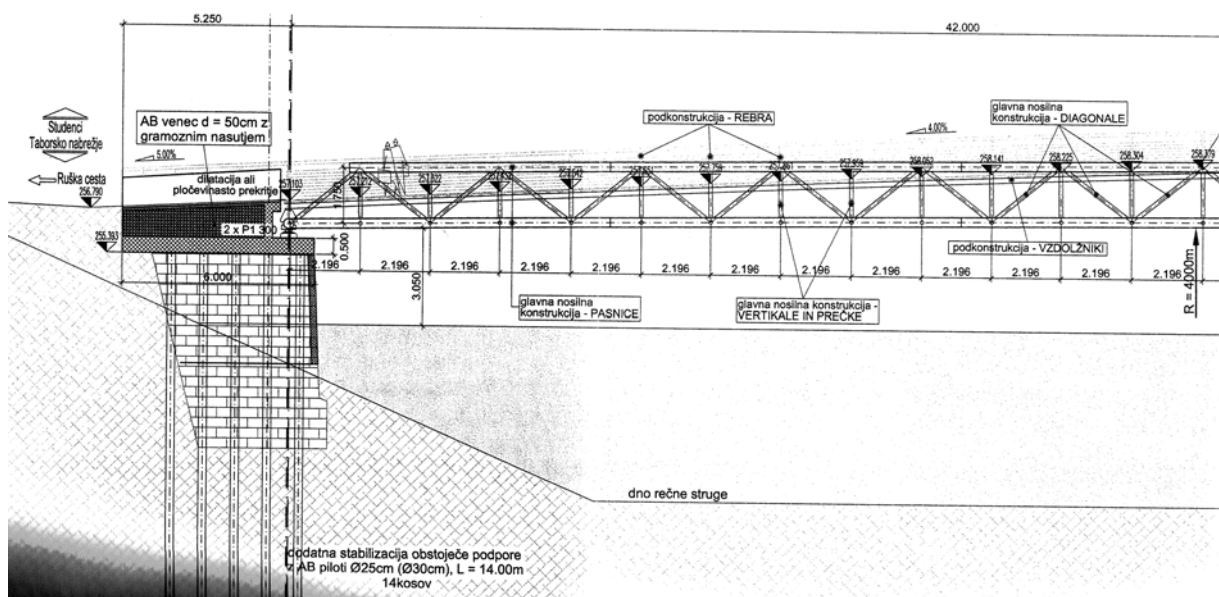
Slika 38: Pogled na novo Studenško brv čez reko Dravo v Mariboru

Vir: Ponting d.o.o., 2008, 34

7.4.2 Konstrukcijska zasnova in tehnologija gradnje:

Nova brv je namenjena izključno pešcem in kolesarjem. Niveleta brvi je v konveksni vertikalni zaokrožitvi $R = 1045$ m, s simetričnimi vstopnimi tangentami v naklonu 5%. Svetla višina pod konstrukcijo znaša 3,1 m v krajnih poljih in 3,6 m v sredinskem polju. Tlorisno je os v premi s svetlim prečnim profilom 3,2 m na sredini brvi. Na obeh koncih mostu se

pohodna površina razširi in razcepi na dva dela po 2x2,4 m, ki ju loči nosilna konstrukcija v širini 1,0 m, ki tukaj predira krovno konstrukcijo.



Slika 39: Vzdolžni prerez Studenške brvi
Vir: Ponting d.o.o., 2008, 36

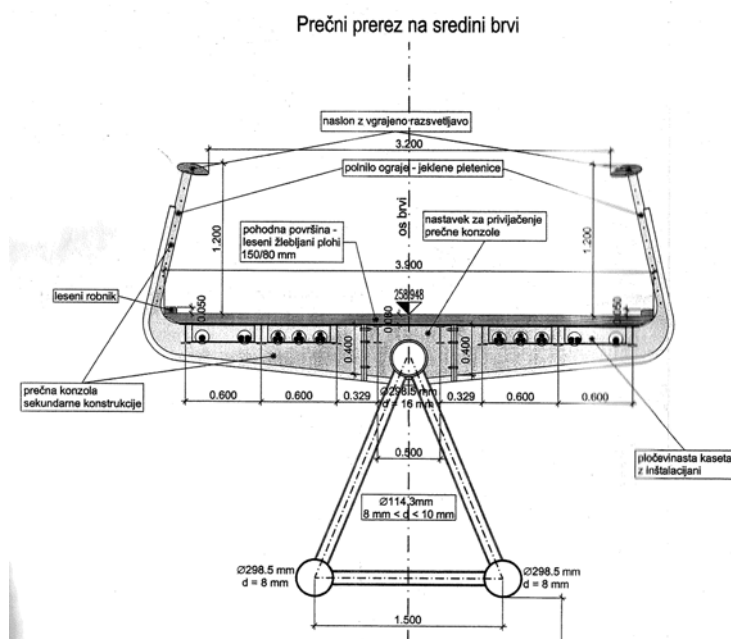
Prekladna konstrukcija brvi sestoji iz treh delov:

- Glavna jeklena konstrukcija: je zavarjena in izdelana v delavnici v delih, ki so primerni za transport in za dokončno sestavljanje na gradbišču ($L < 12.0$ m). Palična konstrukcija je izdelana iz konstrukcijskega jekla ter je zaščitena z antikorozijskimi premazi in končnim barvnim opleskom v skupni debelini najmanj 250 μm v sivi barvi.
- Sekundarna jeklena konstrukcija: sestavljajo jo prečni jekleni konzolni nosilci (rebra) in vzdolžni nosilci (vzdolžniki), ki podpirajo prečne lesene deske. Izdelana je iz konstrukcijskega jekla. Na glavno konstrukcijo je montiran na gradbišču z vijachenjem in zato je lahko v celoti vroče cinkana.
- Krovna konstrukcija: je izdelana iz prečno položenih profiliranih desk iz trdega eksotičnega lesa, debeline 42 mm.

Glavna konstrukcija je prostorsko jekleno paličje, sestavljeno iz treh vzdolžnih cevi, ena cev za zgornji pas in dve cevi za spodnji pas, ki so povezane z vmesnimi diagonalami in prečkami. Paličje poteka neprekinjeno preko obstoječih podpor z razponi v osi konstrukcije $42+42+42=126$ m. Trije enaki razponi so posledica ohranitve podpor prvotne konstrukcije mostu.

Trikotno zasnovani prečni prerez je na zunaj enak po celotni dolžini objekta, spreminjajo se le debeline cevi in lega nastavka za vijachenje prečne sekundarne konstrukcije. Nad vmesnimi podporami je dodan trikotno oblikovan podstavek, ki v vzdolžni smeri zmanjša obremenitve nad podporo, v prečni smeri pa ustvari dovolj široko podpiranje, kar zagotavlja ustrezno prečno in torzijsko togost in stabilnost. Osni razmak zgornjega in spodnjega pasu je 1,75 m, kar daje skupno konstrukcijsko višino 2,05 m, cevi spodnje pasnice pa sta osno razmaknjeni za 1,50 m.

Glavna konstrukcija ima konstantno vertikalno zakrivljenost $R = 4000$ m, kar predstavlja neke vrste nadvišanje. Vertikale med spodnjim in zgornjim pasom so nameščene radialno oz. pravokotno na vzdolžne cevi, tako da so dolžine vertikal in diagonal ter medsebojni koti enaki po celotni dolžini mostu, kar je v veliki meri poenostavilo in pocenilo izvedbo (Ponting d.o.o., 2008, 28).



Slika 40: Karakteristični prečni prerez Studenške brvi
Vir: Ponting d.o.o., 2008, 37

Sekundarna konstrukcija, ki podpira leseno krovno konstrukcijo, je sestavljena iz prečnih konzolnih nosilcev in vzdolžnih valjanih I nosilcev, ter je v celoti privijačena na glavno konstrukcijo. Na pripravljene nastavke na glavni konstrukciji so pritrjene prečne konzole, ki se končajo kot stebrički ograje. Konzole so v vzdolžni smeri povezane z vzdolžniki – IPE 140

in IPE 160. Konzole s stebrički so zavarjene iz ploščatega železa $d = 8$ mm s prirobnico iz cevi $\varnothing 48.3/4$ mm na zunanjem robu ter s pasnico 150/8 mm na zgornjem robu konzole.

Krovnna konstrukcija je izdelana iz eksotičnega trdega lesa vrste bangkiragi. Pohodna površina je iz prečno položenih profiliranih desk dimenzij 140/42 mm, ki so navijačene na leseno podkonstrukcijo – vzdolžnike, ki sledijo vzdolžnim nosilcem sekundarne konstrukcije. Leseni vzdolžniki so na sekundarno konstrukcijo prilepljeni in privijačeni ter so izdelani iz enakih desk kot pohodna površina (1/2x140/42 mm). Tak način je izbran zaradi bolj ekonomičnega pritrjevanja.

Podporna konstrukcija: vse podpore so obnovljene ter prilagojene novi konstrukciji, kar pomeni, da so vmesni stebri znižani, krajni oporniki pa razširjeni. Posamezne podpore, njihovo temeljenje in temeljno hribino so povezali in ojačili z jet–grouting piloti, ki so v gramozni hribini dosegli premer cca 70 cm. Dimenzija je bila preverjena na testnem pilotu, ki je bil izdelan in izkopan na brežini Drave (Ponting d.o.o., 2008, 29).

7.5 Primerjava predstavljenih premostitvenih objektov

Tabela 1: Prikaz pomembnejših karakteristik in podatkov za izbrane mostove v Sloveniji:

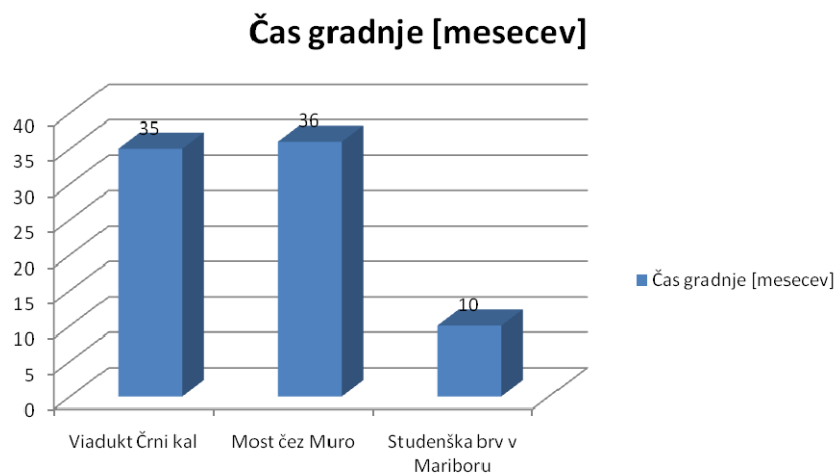
	Črni Kal	Most čez Muro	Studenška brv
Lokacija	AC Koper – Lendava	AC Koper - Lendava	Maribor
Investitor	DARS d. d.	DARS d. d.	Mestna občina Maribor
Velikost objekta	1065 m	833 m	136 m
Projektant	Ponting d. o. o.	Ponting d. o. o.	Ponting d. o. o.
Izvajalec	SCT d. d. in Primorje d. d.	GRADIS gradbeno podjetje d. o. o.	SGP Pomgrad d. d.
Način gradnje	Masivna gradnja	Masivna gradnja	Lahka gradnja
Tehnologija gradnje	Prostokonzolna gradnja	Postopek narivanja	Varjenje in montaža
Širina	26,50 m	27,92 m	3,00–5,00 m
Namen	Motorizirani promet	Motorizirani promet	Kolesarji in pešci
Cena objekta	2.693 mio SIT (11,24 mio EUR)	4.480 mio SIT (18,7 mio EUR)	1,2 mio EUR
Terminski plan izvedbe del			
Termin gradnje	oktober 2001 do september 2004	november 2000 do oktober 2003	januar 2007 do november 2007
Čas gradnje	35 mesecev	36 mesecev	10 mesecev

Tabela 1: Prikaz pomembnejših karakteristik in podatkov za izbrane mostove v Sloveniji

Vir: Lasten vir

Na spodnjem grafikonu je predstavljen čas gradnje za posamezne predstavljene premostitvene objekte v mesecih.

Grafikon 1: Čas gradnje posameznih predstavljenih premostitvenih objektov v mesecih:



Grafikon 1: Čas gradnje posameznih predstavljenih premostitvenih objektov v mesecih

Vir: Lasten vir

8 ZAKLJUČEK

Osnovni zaključki in spoznanja iz prikazane problematike tehnologije gradnje mostov v diplomskem delu so:

- Naše ozemlje je skozi zgodovino pomembno vplivalo na razvoj izgradnje premostitvenih objektov, saj so se na našem ozemlju močno poznali vpliv Rimskega cesarstva in kasneje vpliv hitro se razvijajoče Avstro-Ogrske države.
- Ob pregledu izgradnje mostov oziroma predstavitvi dosežkov graditeljev na področju mostogradnje lahko rečemo, da človek vsak dan na novo prestavlja meje mogočega na področju mostogradnje. Gradijo se vedno daljši, višji in močnejši premostitveni objekti, ki uporabnikom močno izboljšajo kakovost potovanja.
- Ob pregledu izgradnje premostitvenih objektov v okviru izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji lahko zaključimo, da je večina premostitvenih objektov na avtocestnem križu grajena iz armiranega betona. Uporabljeni postopki in tehnologija gradnje so primerljivi z dosežki v svetu.

Človek bo še posebej na področju gradbeništva stremel h vedno večjim dosežkom. Tako bo gradil vedno višje, večje in daljše gradbene objekte. V to kategorijo pa zagotovo spadajo tudi premostitveni objekti, ki so hrbtenica dobro in pozitivno razvijajočega se gospodarstva in območja, kjer so zgrajeni.

Mostovi so, povezujejo in bodo povezovali ne le samo mesta ali območja, temveč celotne narode, kontinente, lahko tudi rečemo, da bodo povezovali celotno človeštvo.

9 LITERATURA IN VIRI

Literatura

1. Asanin Gole, P.: *Mostovi in viadukti na slovenskih avtocestah*, DARS, Celje 2004.
2. Brank, B. in Dolšek, M.: *Gradbene konstrukcije*, FAGG, Ljubljana, 2009.
3. Humar, G., Kladnik, B.: *Slovenski mostovi 1. in 2. del*, Ljubljana, 2000.
4. Mahne, T.: *Ločni most 4-3*, SCT, Ljubljana, 1997.
5. Markelj, V.: *Most čez Muro – Najdaljši skok čez vodo*, Zbornik 3. Dneva inženirjev in arhitektov, Ljubljana, 2003.
6. Markelj, V. in Mlakar, R.: *Studenška brv preko reke Drave v Mariboru*, Gradbeni vestnik, Ljubljana, 2008.
7. Markelj, V. in Rožič, D.: *Most preko Donave v Novem Sadu – mednarodni natečaj in prvonagrajena rešitev*, Gradbeni vestnik, Ljubljana, 2010.
8. Markelj, V.: *Most čez Savo v Beogradu*, Gradbeni vestnik, Ljubljana, 2010.
9. Markelj, V.: *Estetika in oblikovanje mostov z nekaj primeri*, 3. Slovenski kongres o cestah in prometu, Bled, 1996.
10. Novak, S. in Švent, M.: *Avtocesta A1 Ljubljana-Koper*, Tehnični informator SCT, Ljubljana, 2004.
11. Mur, R. in Pregl, M.: *Sodobni sovprežni mostovi*, 2. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 1994.
12. Pipenbaher, M.: *Viadukt Črni Kal – Ali naj živi različnost !* Zbornik 3. Dneva inženirjev in arhitektov, Ljubljana, 2003.
13. Ponting d. o. o., *Studenška brv čez reko Dravo v Mariboru, Načrt brvi – PID*, Maribor, 2007.
14. Pržulj, M.: *Cestni premostitveni objekti in galerije*, 7. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2004.
15. Škraba, B.: *Marjan Pipenbaher projektant in humanist*, IZS, Ljubljana, 2002.

Spletne strani

1. http://sl.wikipedia.org/wiki/Most_Mehmed_Pa%C5%A1e_Sokolovi%C4%87a, dne 18.09.2010
2. http://javor.pef.uni-lj.si/~racki2004html/petra_zalar/viadukt.html, dne 18.09.2010
3. http://www.klimno.net/foto_krcki_most/p1010041.jpg, dne 18.09.2010
4. http://www2.arnes.si/~ljjs30/Foto_novi_most_1.html, dne 18.09.2010
5. http://sinaj.slomsek.net/index.php?option=com_content&task=view&id=230&Itemid=200, dne 18.09.2010
6. <http://picasaweb.google.com/lh/photo/0Z0QzOJpvEycNhAS1idmig?feat=embedwebsite>, dne 18.09.2010
7. http://194.249.235.235/~riko/dijaki09/splet_gabor/mostovi8_s.htm, dne 18.09.2010
8. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=416141&page=18>, dne 18.09.2010
9. <http://commondatastorage.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/17281179.jpg>, dne 18.09.2010
10. <http://www.ponting.si>, dne 18.09.2010
11. <http://mateja55555.blogspot.com/2010/04/stari-ptuj.html>, dne 18.09.2010
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Akashi-Kaikyo%C5%8D_Bridge, dne 19.09.2010
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Belt_Bridge, dne 19.09.2010
14. <http://www.google.si/imgres?imgurl=http://www.tulsawalk.com>, dne 19.09.2010
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Sutong_Bridge, dne 19.09.2010
16. http://en.wikipedia.org/wiki/Rio-Antirio_bridge, dne 19.09.2010
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Chaotianmen_Bridge, dne 19.09.2010
18. http://en.wikipedia.org/wiki/Wanxian_Bridge, dne 19.09.2010
19. http://alumni.tugraz.at/tug2/alumniTalks011_schickhofer.pdf, dne 19.09.2010
20. http://sl.wikipedia.org/wiki/Solkanski_most, dne 19.09.2010
21. <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/jeklo>, dne 19.09.2010
22. <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/beton-2565>, dne 19.09.2010
23. <http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/drugi-gradbeni-materiali>, dne 19.09.2010