

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Smer operativno gradbeništvo

Kandidat:

Simon Rosa

Tehnologija in organizacija gradnje viadukta s pomičnim opažnim sistemom

Diplomska naloga št.: 300

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 31. 1. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **SIMON ROSA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**"TEHNOLOGIJA IN ORGANIZACIJA GRADNJE VIADUKTA S POMIČNIM
OPAŽNIM SISTEMOM"**.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL.,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 2008

BIBLIGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	69.008:69.057.5(043.2)
Avtor:	Simon Rosa
Mentor:	doc.dr. Jana Šelih, uni.dipl. inž. gradb.
Somentor:	asistent dr. Aleksander Srđić, uni.dipl. inž. gradb.
Naslov:	Tehnologija in organizacija gradnje viadukta s pomičnim opažnim sistemom
Obseg in oprema:	95 str., 1 pregl., 105 sl., 1 pril.
Ključne besede:	premostitveni objekt, prekladna konstrukcija, pomični opažni sistem

Izveček

Diplomska naloga obravnava izgradnjo premostitvenega objekta, ki je prikazana na primeru izgradnje viadukta Šumljak. Viadukt se nahaja na odseku hitre ceste Razdrto-Vipava, ki je zaradi zahtevne morfologije in geologije eden najzahtevnejših odsekov v okviru uresničevanja Nacionalnega programa o izgradnji avtocest v Republiki Sloveniji. Os viadukta v obliki "S" krivine je narekovala uporabo tehnologije pomičnega opažnega sistema. Uporabljena tehnologija je omogočila hitro in kvalitetno gradnjo celotne prekladne konstrukcije. Naloga opisuje organiziranost gradbišča, uporabljene tehnologije za gradnjo podpornih konstrukcij in prekladne konstrukcije, pri čemer je poudarek predvsem na gradnji prekladne konstrukcije s uporabo tehnologije pomičnega opažnega sistema. Tu je podrobneje opisana oprema, tehnološki procesi in uporabljen material, ki so potrebni pri gradnji posameznega takta prekladne konstrukcije.

V nadaljevanju naloge je še na kratko opisan časovni potek gradnje prekladne konstrukcije, pri čemer predstavljam tudi pogoje oziroma omejitve, s katerimi se je srečuje gradbena operativa pri doseganju zastavljenega tedenskega plana dela.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK:	69.008:69.057.5(043.2)
Author:	Simon Rosa
Supervisor:	dr. Jana Šelih
Cosupervisor:	Assirt. dr. Aleksander Srdić
Title:	Technology and organization in bridge construction by using movable scaffolding system
Notes:	95 p., 1 tab., 105 fig., 1 ann.
Keywords:	bridge, bearing structure, movable scaffolding system

Abstract

The thesis presents construction of a bridge presented on a case study of the Šumljak bridge. The bridge is located on the motorway section Razdrto-Vipava characterized by an extremely complex morphology and geology, which makes the bridge location one of the most demanding parts to be bridged within the Slovenian National Highway Construction Programme. The "S" shaped bridge axis dictates the use of the field by field construction method on mechanized movable scaffolding. This technology enabled fast and quality construction of the whole bearing structure. The thesis presents the construction site organization, technology used for the substructure and the bearing structure, construction processes and the materials used in the single tact construction of the bearing structure.

Further, the schedule of the bearing structure construction is presented along with the conditions and limitations encountered by the contracting organization when weekly work schedules are to be met.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Jani Šelih in podjetju Primorje d.d. iz Ajdovščine, ki mi je omogočilo za dostop in obdelavo podatkov viadukta Šumljak. Posebno se zahvalujem g. Viliju Batiču, ki mi je nudil strokovno pomoč.

Zahvalil bi se vsem, ki so mi med študijem stali ob strani, in sicer družini in prijateljem.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilj diplomskega dela.....	1
1.2	Razvrstitev tehnologij gradnje prekladne konstrukcije	2
2	GRADNJA NA POMIČNEM ODRU	4
2.1	Splošno.....	4
2.2	Pomični oder s spodnjo nosilno konstrukcijo	6
3	OPIS OBJEKTA.....	9
3.1	HC Razdrto-Vipava.....	9
3.2	Opis viadukta Šumljak.....	10
4	GRADNJA VIADUKTA ŠUMLJAK	17
4.1	Organizacija in ureditev gradbišča.....	19
4.2	Gradnja spodnje konstrukcije.....	22
4.2.1	Izdelava pilotov	22
4.2.2	Izdelava temeljnih blazin in krajnih opornikov	23
4.2.3	Izdelava stebrov	24
4.3	Gradnja prekladne konstrukcije s pomočjo pomičnega opažnega sistema	26
4.3.1	Splošno.....	26
4.3.2	Sestavni deli.....	28
4.3.2.1	Sestavni deli nosilne jeklene konstrukcije.....	30
4.3.2.2	Opaž.....	39
4.4	Montaža in premik pomičnega opažnega sistema na mesto izdelave takta prekladne konstrukcije	43
4.4.1	Dela pred začetkom montaže.....	43
4.4.2	Montaža pomičnega opažnega sistema.....	44
4.4.3	Premik pomičnega opažnega sistema	51

4.5	Izdelava prekladne konstrukcije.....	55
4.5.1	Ležišča	57
4.5.1.1	Splošno.....	57
4.5.1.2	Ležišča pri viaduktu Šumljak.....	57
4.5.1.3	Pozicioniranje in nastavitve ležišč.....	58
4.5.1.4	Vgrajevanje ležišč	58
4.5.2	Armatura.....	62
4.5.2.1	Splošno.....	62
4.5.2.2	Polaganje armature	63
4.5.3	Postavitev kablov za prednapenjanje prekladne konstrukcije	65
4.5.4	Betoniranje takta prekladne konstrukcije	72
4.5.5	Napenjanje kablov.....	77
4.5.6	Injektiranje kablov	80
4.6	Prestavitev pomičnega opažnega sistema iz desne na levo stran viadukta	82
4.7	Posebnosti.....	83
4.7.1	Uporaba ležišč, ki zagotavljajo stabilnost objekta med gradnjo	83
5	ČASOVNI POTEK.....	86
5.1	Tedenski delovni takt	86
6	ZAKLJUČEK	89
7	VIRI	90

PREGLEDNICE

Preglednica 1: Terminski plan dejavnosti izdelave tipičnega takta prekladne konstrukcije... 87

SLIKE

Slika 1: Shematski prikaz tehnologije montažne gradnje prekladne konstrukcije	2
Slika 2: Shematski prikaz tehnologij gradnje monolitne prekladne konstrukcije	3
Slika 3: Prečna prereza prekladne konstrukcije viadukta Reber (levo) in Verd (desno).....	4
Slika 4: Pomični opažni oder z zgornjo nosilno konstrukcijo	5
Slika 5: Pomični oder s spodnjo nosilno konstrukcijo, s podpiranjem s tal	7
Slika 6: Pomični oder s spodnjo nosilno konstrukcijo in konzolnim podpiranjem	7
Slika 7: Prečna prereza konzolnega podpiranja pri uporabi pomičnega odra	8
Slika 8: Vzдолžni prerez pomičnega odra s konzolnim podpiranjem.....	8
Slika 9: Odsek hitre ceste Razdrto-Vipava.....	10
Slika 10: Vzдолžni prerez (zgoraj) in tloris (spodaj) viadukta Šumljak	12
Slika 11: Tloris temeljne blazine v osi 1 do 3 in 9 do 21	13
Slika 12: Tloris temeljne blazine v osi 4 do 8	13
Slika 13: Prečni prerez podpor v osi od 1 do 3 in od 9 do 21 (podpore s pomičnimi ležišči). 14	
Slika 14: Prečni prerez podpor v osi od 4 do 8 (podpore z nepomičnimi ležišči).....	15
Slika 15: Prečni prerez opornika os 22.....	15
Slika 16: Prečni prerez izvedenih podpor in prekladne konstrukcije (levo) in prvotno mišljenih (desno)	18
Slika 17: Vrtalna garnitura za izdelavo pilotov	23
Slika 18: Izvedeni piloti.....	23
Slika 19: Polaganje armature temeljne blazine.....	23
Slika 20: Tloris opaža stebra, pravokotne oblike, ki so ga uporabili pri izdelavi stebrov v oseh od 4 do 8.....	24
Slika 21: Vertikalni prerez plezajočega opaža, uporabljenega za izdelavo stebra, pravokotne oblike, v oseh od 4 do 8.....	25
Slika 22: Razdvajanje pomičnega opažnega sistema	26
Slika 23: Vzдолžni pomik pomičnega opažnega sistema	27
Slika 24: Vzдолžni pomik pomičnega opažnega sistema pri viaduktu Šumljak	27
Slika 25: Dvigovanje, zapiranje in pritrjevanje pomičnega opažnega sistema	27

Slika 26: Izdelava polja prekladne konstrukcije in premoščanje jeklene podpore na steber pred pomičnim opažnim sistemom.....	28
Slika 27: Sestavni deli pomičnega opažnega sistema, prikazani v vzdolžnem prerezu	29
Slika 28: Sestavni deli pomičnega opažnega sistema, prikazani v prečnem prerezu.....	30
Slika 29: Voziček, na katerem so nameščena kolesa in hidravlični cilindri.....	31
Slika 30: Vzdolžni pogled glavnega vzdolžnega nosilca	31
Slika 31: Spoj glavnega vzdolžnega nosilca.....	32
Slika 32: Konica kljuna naleže na voziček.....	32
Slika 33: Skica pomičnega opažnega sistema brez uporabe (zgoraj) in z uporabo jarma (spodaj).....	33
Slika 34: Nameščen jarem na konec prehodno zabetoniranega takta prekladne konstrukcije	34
Slika 35: Prečni prerez pomičnega opažnega sistema z uporabo jarma za stisnjenje opaža ob beton	34
Slika 36: Razporeditev sekundarnih nosilcev v tlorisu	35
Slika 37: Dvignjen hidravlični cilinder	36
Slika 38: Spuščen hidravlični cilinder.....	36
Slika 39: Horizontalni hidravlični cilinder za premik sekundarnih nosilcev	37
Slika 40: Vzdolžni prerez zobate letve, na kateri so obešeni zobniki (levo) in hidromotor (desno).....	37
Slika 41: Vzdolžni prerez zobnikov, ki so z jeklenico zasidrani ob voziček.....	38
Slika 42: Zobniki visijo na zobati letvi.....	38
Slika 43: Montaža zobnikov	38
Slika 44: Prečni prerez opaža prekladne konstrukcije.....	39
Slika 45: Prečni prerez leve polovice spodnje opažne plošče	40
Slika 46: Detajl pritrditve spodnje opažne plošče na sekundarni nosilec.....	40
Slika 47: Vzdolžni prerez levega bočnega opaža	41
Slika 48: Prečni prerez levega bočnega opaža.....	42
Slika 49: Čelna zapora v vzdolžnem (levo) in prečnem (desno) prerezu.....	43
Slika 50: Čelna zapora, nameščena na konec takta prekladne konstrukcije.....	43
Slika 51: Skica izvedenega opornika os 0 desno in stebra os 1 in 2 desno.....	44
Slika 52: Prva faza izvedbe opornika.	44
Slika 53: Skica izvedbe prve faze montaže pomičnega opažnega sistema.....	45

Slika 54: Skica izvedbe druge faze montaže pomičnega opažnega sistema.....	45
Slika 55: Skica izvedbe tretje faze montaže pomičnega opažnega sistema	46
Slika 56: Skica izvedbe četrte faze montaže pomičnega opažnega sistema.....	46
Slika 57: Skica izvedbe pete faze montaže pomičnega opažnega sistema.....	47
Slika 58: Skica izvedbe šeste faze montaže pomičnega opažnega sistema.....	47
Slika 59: Skica izvedbe sedme faze montaže pomičnega opažnega sistema	48
Slika 60: Montaža glavnih vzdolžnih nosilcev.....	48
Slika 61: Montaža sekundarnih nosilcev na vrh vzdolžnih nosilcev.....	49
Slika 62: Nameščanje hidravličnih instalacij.....	49
Slika 63: Nameščeni del desnega bočnega opaža.....	50
Slika 64: Pomik hidromotorja po vzdolžnih nosilcih	51
Slika 65: Prečni prerez razdvojenega pomičnega opažnega sistema-med premikom	52
Slika 66: Razklenitev pomičnega opažnega sistema	53
Slika 67: Pomični opažni sistem postavljen na mestu izdelave prvega takta desne prekladne konstrukcije	56
Slika 68: Pomični opažni sistem na koncu izdelave 22 takta leve prekladne konstrukcije.....	56
Slika 69: Skice ločnih ležišč	58
Slika 70: Detajl vgradnje pomičnih ležišč - prečno.....	59
Slika 71: Detajl vgradnje pomičnih ležišč - vzdolžno	59
Slika 72: Skica vgradnje ležišča s strižnimi mozniki	61
Slika 73: Vibriranje ležiščne blazine	61
Slika 74: Opaženje takta prekladne konstrukcije v območju ležišč	62
Slika 75: Prikaz položene armature v prvi fazi.....	63
Slika 76: Prikaz položene armature v drugi fazi.....	64
Slika 77: Polganje armature takta prekladne konstrukcije	64
Slika 78: Dodatna armatura za raznos koncentriranih sil prednapenjanja.....	64
Slika 79: Prikaz položene armature v tretji fazi	65
Slika 80: Vgrajena cevka za pronicujočo vodo	65
Slika 81: Vgrajen spodnji del izlivnika	67
Slika 82: Shema vzdolžnih paraboličnih kablov	66
Slika 83: Shema nosilcev kablov.....	67
Slika 84: Sidrni tulec	69

Slika 85: Nameščen plastični del za injektiranje - oddušna cev	69
Slika 86: Pramenska spojka	70
Slika 87: Sidrno gnezdo, ki se uporablja na mestih, kjer se kabli ne podaljšujejo.....	70
Slika 88: Sidrno gnezdo, ki se uporablja na mestih, kjer se kabli podaljšujejo.....	71
Slika 89: Podaljševanje kablov prekladne konstrukcije	72
Slika 90: Priprave na betoniranja takta prekladne konstrukcije	74
Slika 91: Potek betoniranja takta prekladne konstrukcije	75
Slika 92: Izvedba zaščite betonske površine v poletnih mesecih pred izgubo vlage	76
Slika 93: Pogled na pozicijo kablov na začetku prekladne konstrukcije.....	77
Slika 94: Pogled na pozicijo kablov na koncu neparnih taktov desne prekladne konstrukcije	77
Slika 95: Pogled na pozicijo kablov na koncu parnih taktov desne prekladne konstrukcije....	77
Slika 96: Hidravlični cilinder za napenjanje kablov.....	78
Slika 97: Napenjalna glava	78
Slika 98: Zagozde	79
Slika 99: Napenjanje kablov.....	80
Slika 100: Nameščene injektirne kape med injektiranjem	81
Slika 101: Naprava za injektiranje.....	82
Slika 102: Premontaža dela pomičnega opažnega sistema.....	83
Slika 103: Detajl vgradnje začasno pričvrščenega pomičnega ležišča-vzdolžno.....	84
Slika 104: Tloris začasno pričvrščenega ležišča.....	84
Slika 105: Pogled na pričvrščeno (nepomično) ležišče v času gradnje desne prekladne konstrukcije	85

PRILOGE

Priloga 1: Ureditev gradbišča viadukta Šumljak.....	94
---	----

1 UVOD

Avtoceste so odgovor na potrebe po neoviranem gibanju ljudi in dobrin, ki postajajo z gospodarskim razvojem vse večje. Posebno mesto pri projektiranju in gradnji avtocest pripada gradnji premostitvenih objektov, s katerimi prečkamo težke naravne ovire trase, vendar obdržijo ustrezne elemente, ki uporabnikom omogočajo, da je pot krajša, hitrejša, udobnejša in varnejša. Da lahko gradimo take premostitvene objekte skladno s zahtevami tras avtocest, potrebujemo dobro znanje tehnologij gradnje in izkušnje, ki jih morajo imeti projektanti in izvajalci.

V več kot desetih letih intenzivne in kontinuirane gradnje premostitvenih objektov v Sloveniji so večja slovenska gradbena podjetja privzela in osvojila najsodobnejše tehnologije, ki se uporabljajo pri gradnji premostitvenih objektov.

1.1 NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA

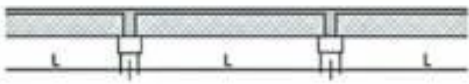
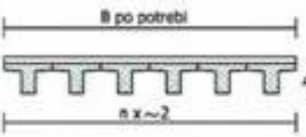
Namen moje diplomske naloge je predstaviti tehnologijo, organiziranost in časovni potek gradnje prekladne konstrukcije premostitvenega objekta s tehnologijo pomičnega opažnega sistema.

Za prikaz izvedbe prekladne konstrukcije s tehnologijo pomičnega opažnega sistema sem izbral viadukt Šumljak, ki se nahaja na trasi hitre ceste Razdrto-meja Italija, to je na odseku Razdrto-Vipava. Dolžina viadukta je 671,00 m, in to je najdaljši premostitveni objekt na tem odseku in je med najdaljšimi v Sloveniji. Za izvajalca Primorje d.d. je bila gradnja viadukta Šumljak posebni izziv, saj je pri tem prvič uporabil to tehnologijo. Z izgradnjo objekta pa je izvajalec leta 2004 še enkrat potrdil sloves podjetja, ki uspešno uvaja najsodobnejše tehnologije gradnje premostitvenih objektov.

1.2 RAZVRSTITEV TEHNOLOGIJ GRADNJE PREKLADNE KONSTRUKCIJE

Na ozemlju Republike Slovenije je večina premostitvenih objektov zgrajenih v obliki armiranobetonskih prednapetih kontinuiranih grednih ali okvirnih sistemov, zato so se za te sisteme in materiale razvile in uporabile številne tehnologije.

V obdobju pred osamosvojitvijo Slovenije je bilo najpogosteje uporabljena tehnologija montažne gradnje prekladne konstrukcije, kjer so vanjo vgrajevali armiranobetonske prednapete "I" nosilce, različnih razponov (Slika 1). Z uporabo te tehnologije se je gradnja premostitvenih objektov pocenila, pospešila in sledila je trendom drugih evropskih držav. Ta način gradnje je začel s časom izkazovati pomanjkljivosti, saj so preklade konstrukcije z veliko zunanjo površino bolj izpostavljene zunanjim vplivom. Posledično se zmanjša trajnost objekta, kar lahko privede do zelo dragih in obsežnih sanacij.

SODOBNE TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOV IN VIADUKTOV	VZDOLŽNA SHEMA	SHEMA PREČNEGA PREREZA	RAZPETINA L v m
			SKUPNA DOLŽINA OBJEKTA
GRADNJA Z MONTAŽNIMI NOSILCI SOVPREŽNIMI Z MONOLITNO AB PLOŠČO			10-30 10-200

Slika 1: Shematski prikaz tehnologije montažne gradnje prekladne konstrukcije

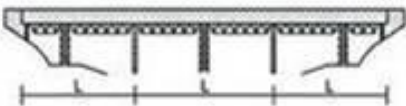

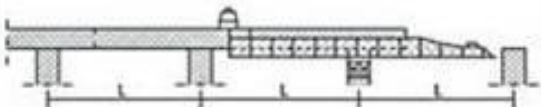
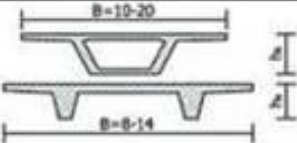


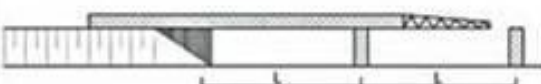

(Vir: SODOC, Ministrstvo za promet in zveze RS, 1997)

Zaradi opisanih razlogov se je DARS odločil, da bo dal prednost premostitvenim objektom, pri katerih se bo uporabila tehnologija monolitne gradnje. To pomeni, da se celotno dolžino prekladne konstrukcije premostitvenega objekta betonira na licu mesta, pri tem pa so dilatacije samo na krajnih upornikih. Da izvedemo tako konstrukcijo, lahko uporabimo naslednje tehnologije (Slika 2):

- gradnja na nepomičnem odru,
- gradnja na pomičnem odru,

- prosto konzolna gradnja,
- gradnja z narivanjem oziroma vlečenje.

Cilj uporabe in nadgrajevanja teh tehnologij je graditev objektov z različnimi geometrijskimi lastnostmi, ki imajo vse večje razpone in so vse daljši. Pri tem naj bi bila gradnja vse bolj neodvisna od morfoloških in meteoroloških pogojev, s katerimi naj bi se zmanjšalo stroške gradnje. Hkrati morajo imeti izvajalci v mislih kakovost izvedenih del, kar je osnovni pogoj za dolgoročno trajnost objekta.

SODOBNE TEHNOLOGIJE GRADNJE MOSTOV IN VIADUKTOV	VZDOLŽNA SHEMA	HEMA PREČNEGA PREREZA	RAZPETINA L v m
			SKUPNA DOLŽINA OBJEKTA
GRADNJA NA NEPOMIČNEM ODRU		 B spreminljivo h IN VSI DRUGI PREČNI PREREZI	10-30 10-200
GRADNJA NA POMIČNEM ODUR POLJE PO POLJE		 B=10-20 h B=8-14 h	25-50 >400
PROSTA KONZOLNA GRADNJA		 B=10-20 h	70-250 150-800
GRADNJA Z NARIVANJEM		 B=10-20 h	25-50 200-800

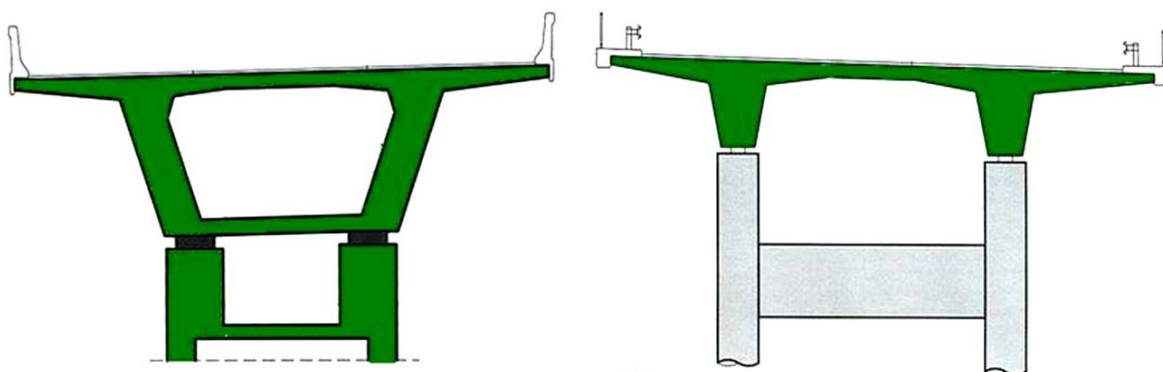
Slika 2: Shematski prikaz tehnologij gradnje monolitne prekladne konstrukcije
 (Vir: SODOC, Ministrstvo za promet in zveze RS, 1997)

2 GRADNJA NA POMIČNEM ODRU

2.1 SPLOŠNO

Gradnja prekladne konstrukcije s pomičnim odrom je v bistvu dopolnitev tehnologiji gradnje na nepomičnem odru s podpiranjem na teren ali ob steber. Pri tej gradnji potuje jeklena konstrukcija, na kateri je nameščen opaž, od stebra do stebra. Ena faza betoniranja je enaka dolžini tipičnega polja. Ta tehnologija je obratna tehnologiji postopnega narivanja, saj se tu opaž premika, miruje pa že zgrajena prekladna konstrukcija. Tehnologija gradnje na pomičnem opažnem sistemu je hitra tehnologija gradnje, uporabna zlasti pri relativno dolgih kontinuiranih prekladnih konstrukcijah, ki imajo različne horizontalne elemente (različni radij, prehodnice, preme, različni prečni nakloni in vijačni prehodi). Tako je s to tehnologijo mogoče izdelati prekladno konstrukcijo, ki ima v tlorisu obliko "S" krivine.

Gradnja prekladne konstrukcije na pomičnem odru se je razvila leta 1959 v Nemčiji. Od takrat se njena uporaba v svetu vse bolj povečuje. V nekaj več kot tridesetih letih gradnje avtocest v Sloveniji se jo je uporabilo pri gradnji treh večjih premostitvenih objektih. Prvič se je uporabila pri izgradnji viadukta Verd na AC Vrhnika–Postojna (Ingrad 1972), kasneje pri izgradnji viadukta Reber na Dolenjski AC (SCT 1990), leta 2003 pa jo je uporabilo podjetje Primorje pri gradnji viadukta Šumljak na HC Razdrto–Vipava. (Vir: Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah, Dars, 2003)



Slika 3: Prečna prereza prekladne konstrukcije viadukta Reber (levo) in Verd (desno)

(Vir: Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah, DARS, 2003)

Iz prečnih prerezov (Slika 3) lahko vidimo, da z uporabo te tehnologije lahko napravimo prekladne konstrukcije z različnimi prečnimi prerezi.

Tehnologija se je s časom dopolnjevala in nadgrajevala. Med gradnjo viadukta Verd in Reber je bilo možno izgraditi viadukt s to tehnologijo le, če so projekti predvideli konstantno geometrijo viadukta. Viadukt Šumljak je bil zadnji objekt v Sloveniji, zgrajen s to tehnologijo. Pri tem lahko vidimo, da je bila ta že tako dodelana, da je omogočila izgradnjo viadukta v obliki "S" krivine.

Na tržišču lahko dobimo več različnih sistemov pomičnih odrov z različnimi karakteristikami in zahtevami, ki jih izberemo glede na pogoje, ki jih določa geometrija objekta: oblika in dimenzije stebrov in prečni prerez prekladne konstrukcije. Sistemi pomičnih odrov se razlikujejo po legi nosilne konstrukcije opaža:

- odri s spodnjo nosilno konstrukcijo,
- odri z zgornjo nosilno konstrukcijo.

Pomični odri z zgornjo nosilno konstrukcijo (Slika 4) so se razvili nekoliko kasneje. Uporabljajo se za gradnjo premostitvenih objektov, kjer je pri pomiku opažnega sistema omejitev z elementi spodnje konstrukcije, in sicer z razporeditvijo in lokacijo stebrov. Odri se pri nas še niso uporabili.



Slika 4: Pomični oder z zgornjo nosilno konstrukcijo

Uporaba pomičnega odra ima veliko prednost pred opažem na nepomičnem jeklenem odru, saj ni odvisna od morfoloških pogojev. Betoniranje prekladne konstrukcije premostitvenih objektov na nepomičnem jeklenem odru je racionalno za razpone, dolžine 40,00 m in za dolžine premostitvenih objektov do 200,00 m.

Gradnja prekladne konstrukcije na pomičnem odru ima, če jo primerjamo z ostalimi tehnologijami, ki se uporabljajo pri gradnji premostitvenih objektov, prednost, da ima minimalno število delovnih stikov. Tako je zagotovljena višja stopnja trajnosti objekta, kar vodi k manjšim stroškom vzdrževanja med uporabo.

Opisana tehnologija je racionalna za gradnjo premostitvenih objektov, daljših od 600,00 m, saj zahteva veliko težo pomičnega odra, večje število prevozov sestavnih delov zanj in daljši čas montaže in kasnejše demontaže.

Cena jeklene konstrukcije pomičnega odra ter relativno majhno število objektov, primernih za tako gradnjo, sta razloga, da so naša gradbena podjetja raje najemala to opremo v tujini, kot bi sama investirala sredstva v njen nakup.

2.2 POMIČNI ODER S SPODNJO NOSILNO KONSTRUKCIJO

Drsna nosilna konstrukcija v vzdolžni smeri objekta je sestavljena iz dveh glavnih nosilcev, ki se podaljšujeta v kljun na sprednji strani, v nekaterih primerih tudi zadaj. Celotna dolžina enega vzdolžnega glavnega nosilca je od 1,5-kratnika dolžine polja do 2-kratnika dolžine polja. Glavni nosilci so lahko polnostenski ali rešetkasti. Polnostenski nosilci so težji in namenjeni gradnji višjih prečnih prereзов (škatlasti prerezi) zgornje konstrukcije z razponi 50,00 m ali več metrov, medtem ko so rešetkaste konstrukcije namenjene gradnji plošč nižjih prečnih prereзов (polni prerez) do dolžine 36,00 m. Na glavnih nosilcih so prečno pritrjeni "I" nosilci, ki so na sredi-v prečni smeri razdružljivi. Na njih je pritrjen opaž, ki je ločen na levo in desno polovico in omogoča, da se pri premikanju odpira in zapira, kar omogoča potovanje pomičnega odra mimo stebrov.

Podpiranje pomičnega odra se lahko izvede na dva načina, ki sta odvisna od višine stebrov, in sicer:

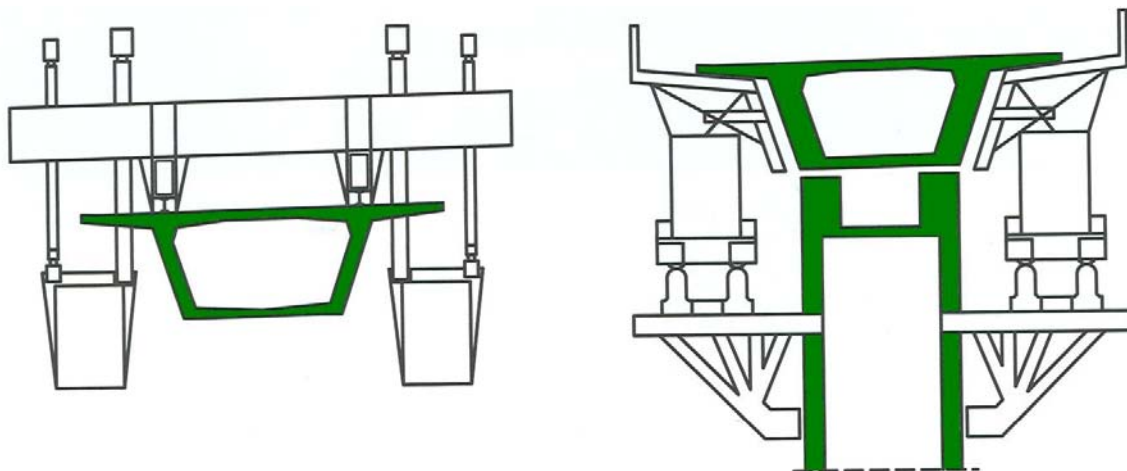
- podpiranje s tal (Slika 5),
- konzolno podpiranje (Slika 6).



Slika 5: Pomični oder s spodnjo nosilno konstrukcijo, s podpiranjem s tal

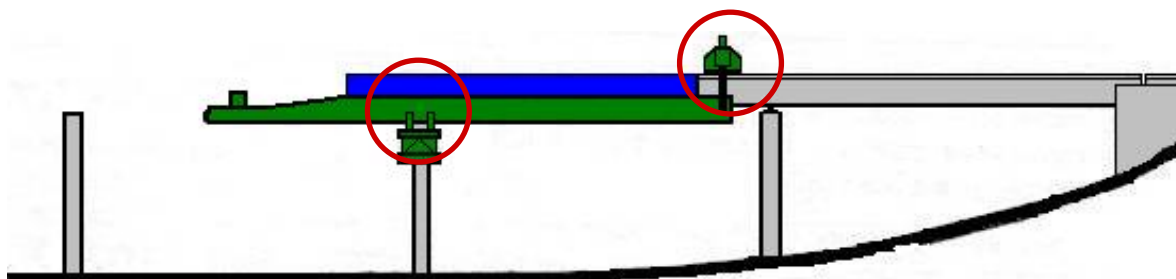


*Slika 6: Pomični oder s spodnjo nosilno konstrukcijo in konzolnim podpiranjem
(Vir: Dolenjska avtocesta: odsek Malence-Šmarje-Sap, Ministrstvo za promet in zveze RS, 1992)*



Slika 7: Prečna prereza konzolnega podpiranja pri uporabi pomičnega odra prikazanega na sliki 6 (Vir: Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah, DARS, 2003)

Pri zasnovi projekta morajo biti projektantu na voljo vsi podatki o tehnologiji gradnje in pomičnem odru. Obremenitve na stebrih in prekladni konstrukciji, ki nastanejo ob uporabi pomičnega odra, je potrebno načrtovati in vnesti v PZI projekt (Slika 8).



Slika 8: Vzдолžni prerez pomičnega odra s konzolnim podpiranjem. Z rdečimi krogi so označena mesta, pri katerih pride do dodatnih obremenitev med gradnjo viadukta. (Vir: Gradnja mostov v Sloveniji, Markelj in Pipenbaer, 1996)

3 OPIS OBJEKTA

3.1 HC RAZDRTO-VIPAVA

Krak hitre ceste skozi Vipavsko dolino je kot, del avtocestne smeri vzhod-zahod oziroma cestne povezave med Koprom in Lendavo, vključen v V. prometni koridor. Krak, ki predstavlja povezavo goriške regije z osrednjo Slovenijo, se začne z že zgrajenim razcepom Razdrto, preko katerega se navezuje na slovenski avtocestni sistem, in konča pri mednarodnem mejnem prehodu Vrtojba, kjer se navezuje na italijansko avtocestno omrežje.

V okviru uresničevanja Nacionalnega programa izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji je bilo zgrajeno 29,50 km od skupaj 40,10 km te hitre ceste. Potrebno je zgraditi še 10,60 km dolg odsek preko Rebernic, ki je del hitre ceste od Razdrtega do Vipave (Slika 9). To predstavlja zaradi zahtevne geologije najtežji odsek na kraku proti Novi Gorici in enega izmed najbolj zahtevnih odsekov v okviru uresničevanja Nacionalnega programa izgradnje avtocest v Republike Slovenije. Odsek se prične na koncu razcepa Razdrto in konča pri začasnem izvozu s hitre ceste Vrtojba-Podnanos, kjer se zaključi ravninski del hitre ceste.

Trasa poteka po razgibanem terenu ob vznožju Nanosa (pobočje Rebernic), tako da maksimalno ohranja obstoječa vodna zajetja in se izogiba geološko nevarnim pobočjem, kjer je pričakovati zemeljske plazove. Take predele prečka v pokritih vkopih (Rebernice I in II), z viadukti (viadukta Boršt I in II, viadukt Rebernice, Šumljak, Na Polancah, Polance, Barnica in Tabor) in s številnimi pilotnimi stenami. Na področju Rebernic je potrebno prestaviti oziroma zgraditi več gozdnih poti, ki prečkajo traso hitre ceste v podvozih. Prečkanje pobočja Barnic in pobočja Tabora je izvedeno v dveh dvocevnih predorih (predor Barnica in Tabor). Za predorom Tabor se trasa hitre ceste spusti v ravninski del, kjer poteka v neposredni bližini glavne ceste G1-12. Potek trase na tem območju ohranja biotop Mlake. Od Razdrtega do priključka za Vipavo premaga višinsko razliko 460,00 m.



Slika 9: Odsek hitre ceste Razdrto-Vipava

Hitra cesta je na tem odseku predvidena kot štiripasovna cesta, brez odstavnih pasov za počasni promet, predvidene pa so odstavne niše.

3.2 OPIS VIADUKTA ŠUMLJAK

Geografski in geomorfološki opis terena na območju objekta

Viadukt Šumljak omogoča spuščanje hitre ceste iz smeri Razdrtega proti Podnanosu preko strmega pobočja Rebrnic. Poteka v zgornjem delu osrednjega dela spusta hitre ceste od Razdrtega proti Vipavski dolini. Poteka v smeri jugovzhod-severozahod, vzporedno z obstoječo cesto, v oddaljenosti 10,00 m do 60,00 m. Iz smeri Razdrtega preide terasa na stacionaži km 3,20 + 19,00 m iz vklopa na viadukt ter prečka pobočje, nagnjeno 15° - 25° proti magistralni cesti vse do stacionaže km 3,60 + 50,00 m. Na tem odseku ni večjih hudourniških grap. Od stacionaže km 3,60 + 50,00 m do konca viadukta (stacionaža km 3,80 + 90,00 m) prečka trasa pobočje, ki ima naklon okoli 30° proti magistralni cesti. V tem delu sta dve močnejši hudourniški grapi s stalnim pretokom vode. Zadnjih 30,00 m se viadukt približa nekaj metrov visokim skalnim blokom apnenčeve breče. Na tem območju, med podporama 20 in 21, se nahaja vodno zajetje Šumljak, po katerem je viadukt dobil ime. To je glavni vodni vir vodovoda Lozice-Podnanos-Lože, ki oskrbuje okrog 2000,00 prebivalcev.

Geološki pogoji

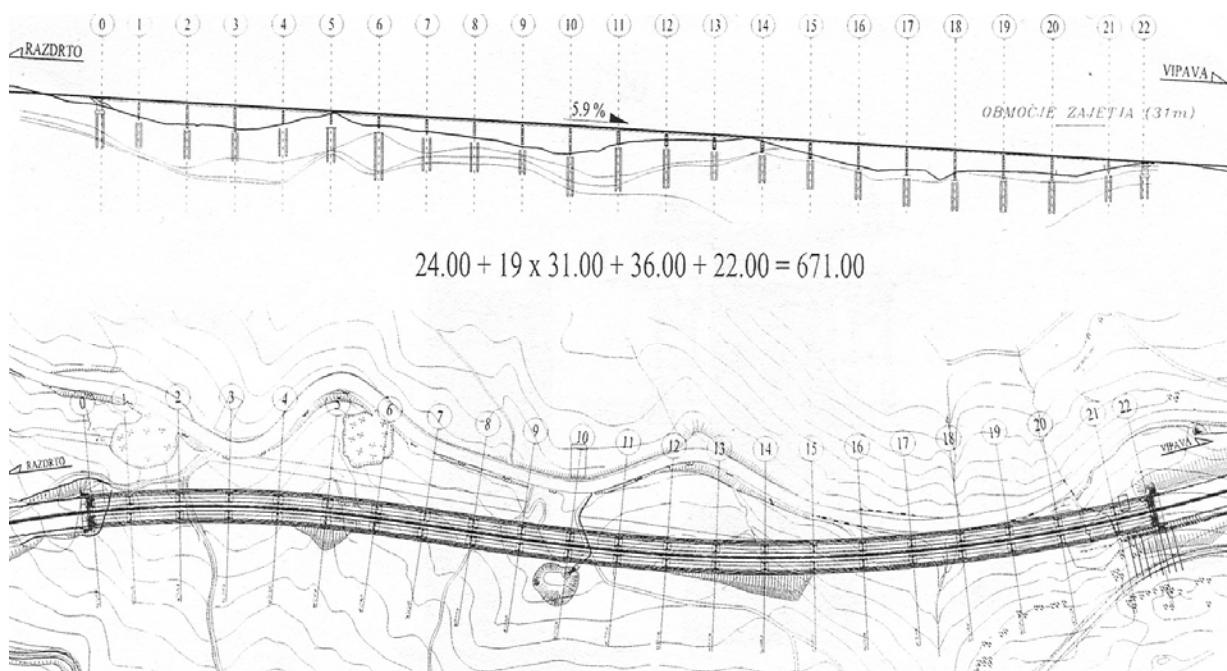
Strma pobočja pod Nanosom so slabo stabilna ali celo plazovita, zato so bile potrebne obširne geološko-geomehanske raziskave. Vrtine so se izvajale do globine 40,00 m. Značilni so štiri karakteristični sloji oziroma področja, to so pobočni grušč, deluvijalni nanos nad flišno preperino in kompaktni eocenski fliš. Posebej težavna so področja z deluvijalnim nanosom (močno meljast in zaglinjen grušč flišnih kamnin), po katerem se preceja voda, zaradi česar ima področje geomehansko zelo slabe karakteristike. Geološke raziskave na območju viadukta Šumljak niso izkazovale aktivnih plazov, temveč le potencialna labilna območja, ki se jih ni smelo dodatno obremenjevati (Vir: Geološko geomehansko poročilo, Geod d.o.o., 2002).

Zasnova viadukta

Viadukt tvorita dve ločena objekta, in sicer od km 3,20 + 19,00 m do km 3,80 + 90,00 m. Dvojni ločeni pobočni viadukt premaguje pobočje z grapami, cestami in vodnim zajetjem na višini od 0,00 do 19,00 m, pri čemer je potrebno na dveh mestih opraviti tudi manjše izkope pobočja. Zagrajeno vodno zajetje ostaja nedotaknjeno.

Os ceste na objektu poteka "S" krivini z radiji in s prehodnicami ($R=759,00$ m, $A=250,00$ m, $A=-340,00$, $R=-1000,00$ m) (Slika 10). Vijačenje viadukta poteka od prečnega naklona $-2,50\%$ do $+5,00\%$. Niveleta se spušča s padcem $5,90\%$.

Normalni profil ustreza razpisnemu projektu in SODOC (Smernice, oprema in detajli za objekte na cestah) zahtevam s skupno širino 21,08 m, po katerem poteka hitra cesta z 2 krat po 2 prometnima pasovoma brez odstavnih pasov.



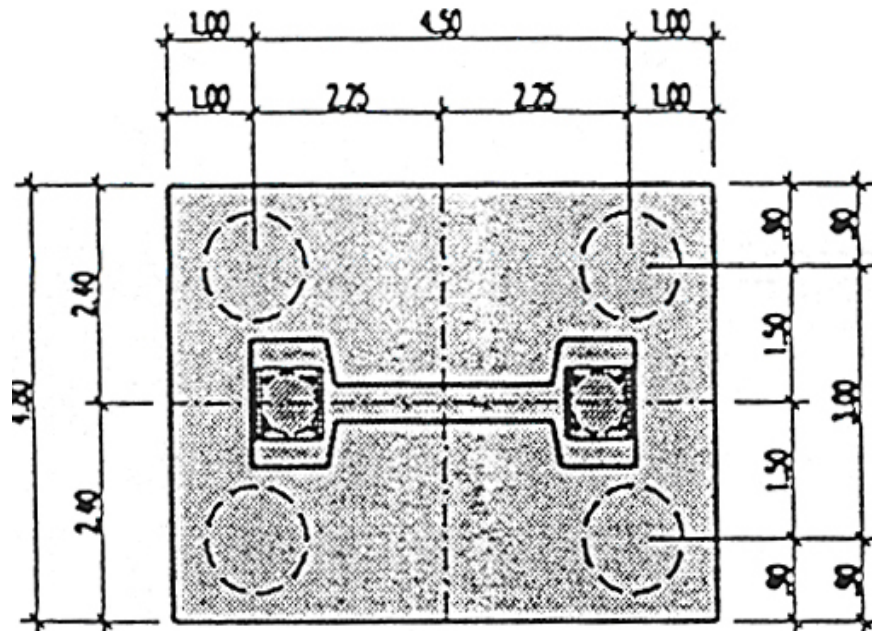
Slika 10: Vzdolžni prerez (zgoraj) in tloris (spodaj) viadukta Šumljak

Temeljenje

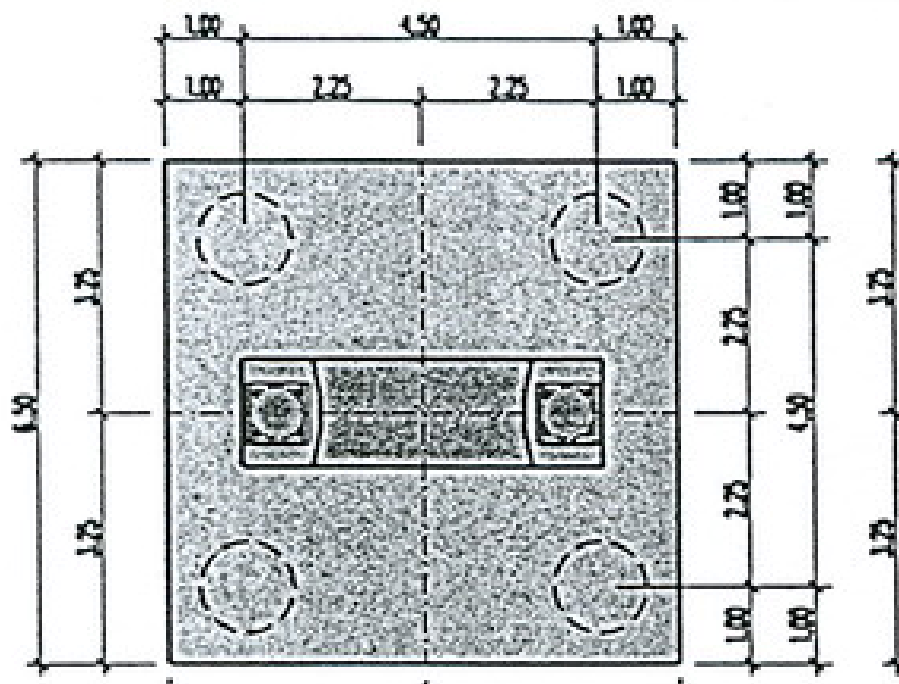
Celotni objekt je temeljen globoko, in sicer:

- v oseh 1 do 3 in 9 do 21 je steber temeljen preko pilotne blazine dolžine 4,80 m, širine 6,50 m in višine 1,80 m ter 4 armiranobetonskih pilotov premera 118 cm v preperelo hribino (slika 11);
- v oseh 4 do 8 je steber temeljen preko pilotne blazine dolžine 6,50 m, širine 6,50 m in višine 2,50 m ter 4 armiranobetonskih pilotov premera 118 cm v osnovno hribino (slika 12);
- vsi oporniki, v osi 0 in 22, so temeljeni preko pilotne blazine dolžine 6,00 m, širine 6,50 m in višine 1,80 m in armiranobetonskih pilotov premera 118 cm v osnovno hribino.

Širina vseh temeljnih blazin je 6,50m zaradi naleganja jeklenih podpor pomičnega opažnega sistema.



Slika 11: Tloris temeljne blazine v osi 1 do 3 in 9 do 21

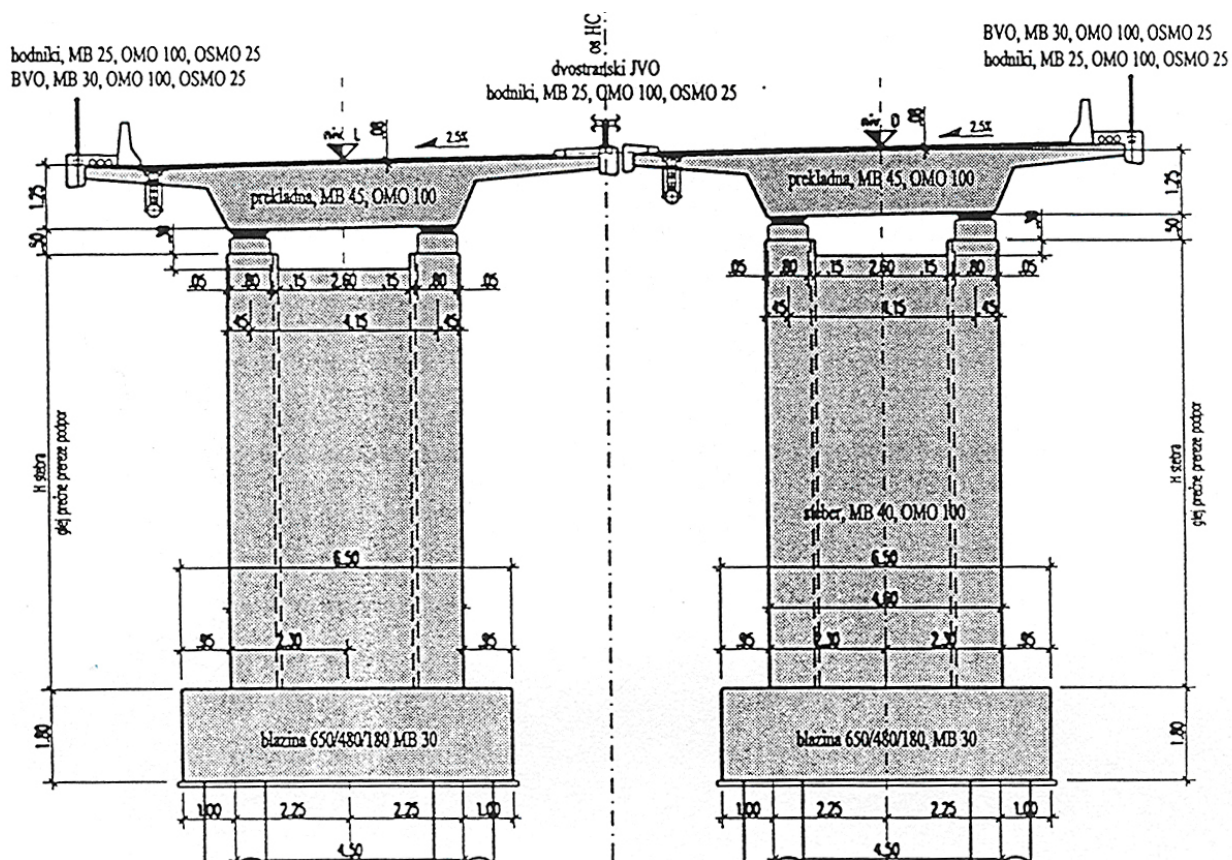


Slika 12: Tloris temeljne blazine v osi 4 do 8

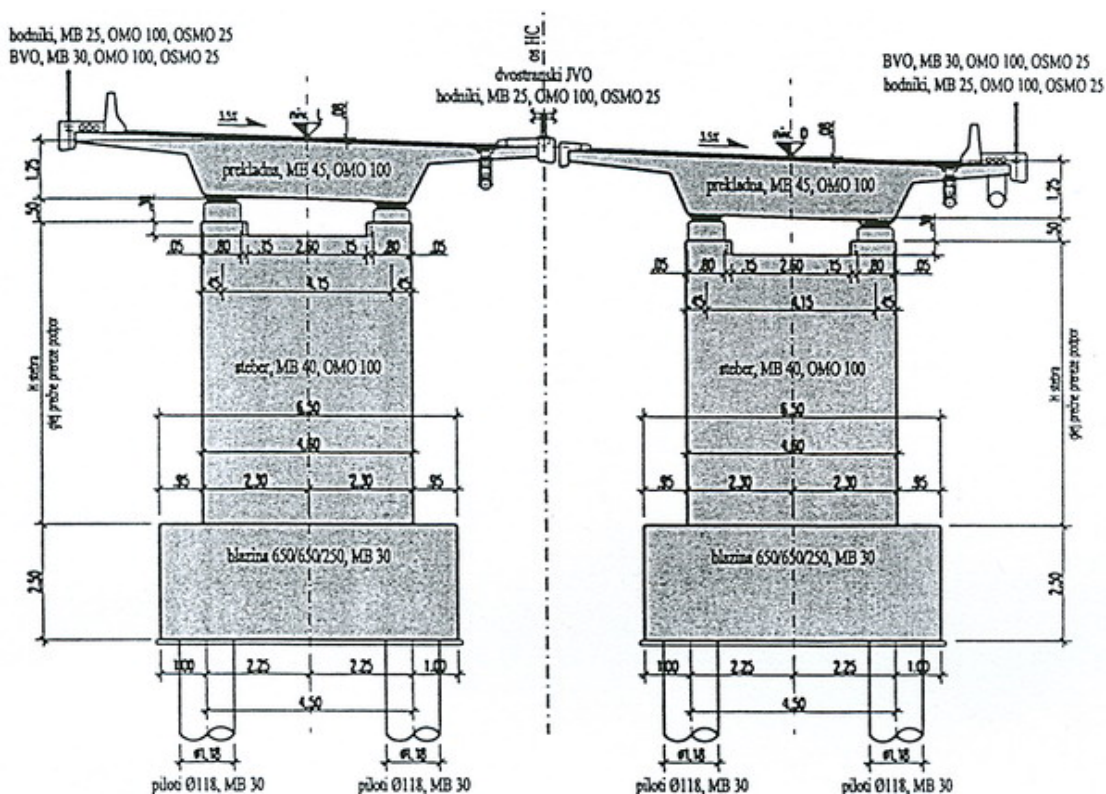
Podporne konstrukcije

Podporna konstrukcija obeh viaduktov ima po 21 vmesnih stebrov in po 2 krajna opornika. Oba dela (levi in desni) sta zasnovana kot ena zavorna enota z dilatacijami samo na krajnjih opornikih. Vzdolžne sile (zavorna in potres) se prenašajo preko petih glavnih stebrov v oseh 4 do 8, ki imajo na vrhu nepomična ležišča, torej je na teh petih stebrih vpeta celotna prekladna konstrukcija. Ostali stebri pa imajo vzdolžno pomična ležišča. Prečno obtežbo (veter, potres) prevzemajo vse podpore.

Višina vmesnih stebrov je od 6,50 m do 17,50 m. Vsi imajo vzdolžno dimenzijo 1,40 m in prečno 4,60 m, stebri so v oseh 1-3 in 9-21 "I" prereza (Slika 13). Stebri v oseh 4-8 so polnega pravokotnega prereza (Slika 14).

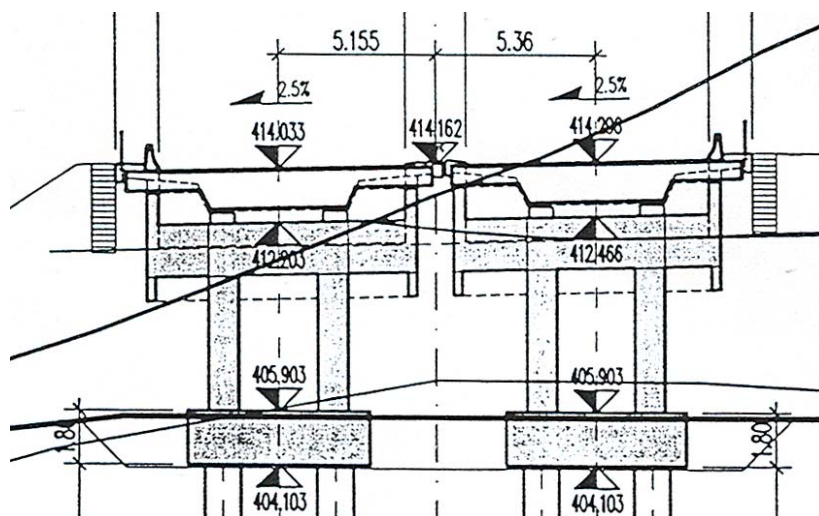


Slika 13: Prečni prerez podpor v osi od 1 do 3 in od 9 do 21 (podpore s pomičnimi ležišči)



Slika 14: Prečni prerez podpor v osi od 4 do 8 (podpore z nepomičnimi ležišči)

Oporniki so zasnovani tako, da je mogoča izgradnja prekladne konstrukcije s pomičnim opažnim sistemom. Opornik je sestavljen iz ležiščne grede s konzolno obešenimi krili, ki so izdelana v drugi fazi. Greda leži na dveh vertikalnih stenah tlorisnega prereza $4,00 \times 1,00$ m. Prostor pod ležiščno blazino med rebri je zapolnjen s pustim betonom.



Slika 15: Prečni prerez opornika os 22

Prekladna konstrukcija

Statična zasnova nosilne konstrukcije je kontinuiran ploščati nosilec preko 22 polj. Statični razponi po osi HC znašajo $24,00 + 19,00 \times 31,00 + 36,00 + 22,00 = 671,00$ m. Dejanski razponi po osi konstrukcije se minimalno razlikujejo od razdalj v osi HC, odvisno od tega, na kateri strani radija se nahajajo. Večji razpon, ki odstopa od tipičnega, premošča vodno zajetje ter ima vgrajene dodatne kable. Prečni prerez je ploščati prednapeti betonski gredni nosilec z obojestranskimi konzolami ter statično višino 1,25 m. Širina spodnjega roba nosilca znaša 4,50 m, dolžina konzol 2,20 do 2,40 m (Vir: Tehnično poročilo, Projektantski biro Ponting, 2002).

4 GRADNJA VIADUKTA ŠUMLJAK

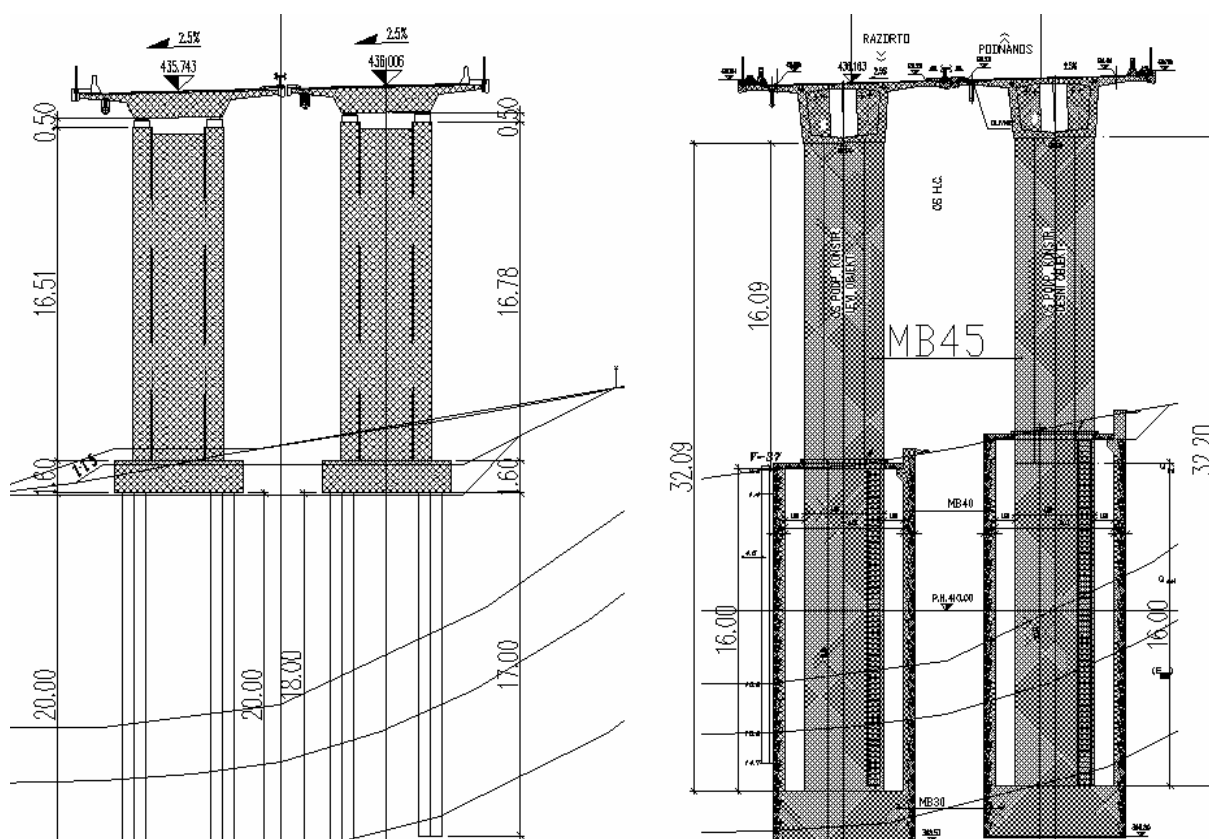
Razpisni projekt je predvideval gradnjo dveh ločenih objektov. Prekladni konstrukciji bi bili armiranobetonski prednapeti kontinuirani plošči, škatlastega trapeznega prečnega prereza. Dolžine polj na prekladni konstrukciji bi znašale:

- levo: $40,00 + 14 \times 45,00 = 670,00$ m,
- desno: $40,00 + 13 \times 45,00 \times 40,00 = 665,00$ m.

Prečni prerez bi bil zasnovan in konstruiran za graditev po neenotni tehnologiji, in sicer uporabila bi se tehnologija postopnega narivanja in nepomičnega odra.

Vmesni stebri, višine od 9,00 do 32,00 m bi bili "I" prečnega prereza z zunanjo vzdolžno dimenzijo 1,40 m in prečno 4,60 m. Stebri bi bili temeljeni na vodnjakih premera 7,20 m globine od 8,00 do 26,00 m. Stebri v osi 5 do 8 bi bili togo povezani s prekladno konstrukcijo, na ostalih podporah pa bi bila pomična ležišča. Zaradi časovno izredno dolge, tehnološko in varnostno neugodne gradnje vodnjakov (dela se po celotni višini vodnjaka pomikajo kar trikrat – izkop, obloga vodnjaka in izgradnja steber v vodnjaku) bi se morala prekladna konstrukcija vzdolžno izvajati na več mestih (na začetku in na koncu viadukta). Del prekladne konstrukcije med podporami 0 in 9 bi se izvajalo po tehnologiji nepomičnega odra, v podporah 9 do 15, v dolžini 270,0 m, pa bi bilo možno graditi po tehnologiji postopnega narivanja z narivno postajo med podporo 8 in 9.

Že samo narivanje je ob vzdolžnem padcu 5,90 % izredno zahtevno, saj je oprema za narivanje drugačna – modificirana, določeni sklopi navedene opreme pa so skoraj dvakrat dražji, če jih primerjamo z opremo za narivanje pri manjših naklonih. Po drugi strani zahteva gradnja na nepomičnem odru uporabo 2 kompletov opaža, veliko opreme za podpiranja in veliko prostora za manevriranje z opremo. Posledica tega je angažiranih več delavcev in mehanizacije.



Slika 16: Prečni prerez izvedenih podpor in prekladne konstrukcije (levo) in prvotno mišljenih (desno)

Glede na navedeno so se, po podrobnih analizah in primerjavah, v Primorju d.d. skupaj s projektanti Inženirskega biroja Ponting odločili za drugačno konstrukcijsko zasnovo, ki je omogočila enotno tehnologijo gradnje po poljih z pomičnim opažnim sistemom. Ta je omogočila spremljanje osi v obliki "S" krivine in spreminjanje prečnega naklona. Ena faza betoniranja je predstavljala dolžino celotnega polja 31,00 m z delovnimi stiki v ničelni momentni točki. Jeklena nosilna odrska konstrukcija, sestavljena iz dveh vzdolžnih paličnih nosilcev, se je podpirala od stebra do stebra. Izbira temeljenja in polna prekladna konstrukcija sta omogočila bistvene poenostavitve tehnologije.

Elementi ceste na viaduktu in širina viadukta so enaki, kot so v razpisni dokumentaciji. Prav tako predstavljajo enakovredno konstrukcijo kot v razpisni dokumentaciji: zasnova, konstrukcijske rešitve, tehnologija gradnje, vzdrževanje in trajnost.

4.1 ORGANIZACIJA IN UREDITEV GRADBIŠČA

Gradbišče je bilo urejeno skladno z načrtom Ureditve gradbišča viadukta Šumljak (Priloga 1), ki ga je izdelalo Primorje d.d. Načrt je predvidel izgradnjo:

- upravno-tehnične baze,
- delovnih platojev,
- uvozov in izvozov na gradbišče ter gradbiščne poti.

Da so dela na gradbišču nemoteno potekala, se je zagotovilo še priključke raznih vodov in stroje oziroma naprave.

Upravno-tehnična baza

Upravno-tehnična baza gradbišča viadukta Šumljak se je nahajala na izravnanim in utrjenem platoju nad podporami 11, 12 in 13, kar je približno na sredi viadukta. Baza je obsegala:

- vhod,
- pisarne – kontejner,
- jedilnico-kontejner,
- garderobo – kontejner,
- gradbiščno barako,
- tesarsko lopo s krožno žago,
- kemični WC,
- deponijo za material,
- lopo z agregatom,
- gradbiščno ograjo.

Število in velikost kontejnerjev je bilo prilagojeno številu zaposlenih na gradbišču.

V pisarniškem kontejnerju je bila tudi omarica za nudenje prve pomoči.

Zaradi velikosti in morfološke razgibanosti območja gradbišča viadukta ni bilo mogoče fizično ograditi celotnega območja, zato je načrt Ureditve gradbišča viadukta Šumljak predvidel ograditev samo vseh gradbiščnih prostorov in deponije gradbenega materiala.

Delovni platoji

Ob stebrih vmesnih podpor in krajnih opornikov so bili izdelali delovni platoji, ki so služili za pilotiranje, sestavljanje opažev, postavitve žerjavov, kratkotrajno deponijo materiala in montažo pomičnega opažnega sistema.

Delovni platoji so bili ravni, izdelani iz gramoznega materiala ter primerno utrjeni. Dostop do njih je bil omogočen z gradbiščne poti.

Uvozi in izvozi na gradbišče in gradbiščne poti

Ves material in opremo, ki se je potrebovalo za gradnjo viadukta, se je pripeljalo po magistralni cesti Razdrto–Podnanos. Zato se je za dostop z magistralne ceste na gradbišče viadukta izvedlo 2 priključka. V območju priključkov pa se je na magistralni cesti izvedlo tudi dodatni pas za leve zavijalce, pri tem je bilo osnovno izhodišče, da se število potrebnih priključkov in obremenitev magistralne ceste zmanjša na najmanjšo možno mero, hkrati pa se omogoči nemoten in ekonomičen potek gradnje.

Dostopa magistralne ceste na gradbišče sta bila opremljena z opozorilnimi tablam "Pozor gradbišče - nezaposlenim dostop prepovedan" in "Obvezna uporaba zaščitnih sredstev" ter gradbiščno tablo z vsemi potrebnimi podatki. Priključka gradbiščne poti na magistralno cesto pa sta bila opremljena s predpisanimi prometnimi znaki.

Pred dostopom vozil z gradbišča na magistralno cesto se je zagotovilo čiščenje vozil oziroma je moralo biti poskrbljeno za čiščenje magistralne ceste, ki se je med gradnjo uporabljalo.

Vzdolžno ob objektu je bila gradbiščna pot, ki je bila navezana na dva prej opisana cestna priključka. Potekala je na spodnji strani predvidenega objekta, razen, kjer zaradi prostora ali višinskih razlik, to ni bilo mogoče. Lokalno je bilo na dveh mestih izvedeno dodatno ščitenje vklopne brežine s kamnito zložbo na enem mestu, in sicer na spodnji strani gradbiščne poti, ko se najbolj približa magistralni cesti, je bilo izvedeno varovanje. Urejena je bila odvodnja gradbiščnih poti, tako da je meteorna voda kontrolirano peljana s pobočja pod magistralno cesto. Gradbiščne poti so bile med gradnjo viadukta redno vzdrževane, kasneje pa se jih je povrnilo, skupaj z delovnimi platoji, v naravno oblikovan teren.

Organizacija gradbiščnih vodov in priključkov

Za delovanje električnih naprav se je na gradbišču potrebovalo zadostno moč električne energije, ki jo je zagotovil distributer električne energije iz bližnje vasi Lozice. Morebitne dodatne potrebe pa se je zagotovilo z uporabo samostojnih električnih agregatov.

Zadostne količine potrebne vode za gradnjo viadukta se je zagotovilo iz vodnega zajetja Šumljak. Pred izpustom uporabljene vode v okoliški teren se je poskrbelo za ustrezno prečiščenje te tako, da se je zagotovilo predpisane kakovostne parametre. Pri vodnem zajetju Šumljak ni bil dovoljen nikakršni izpust voda.

Stroji, naprave in odgovorne osebe

Zaradi obsežnih del izvajanih na gradbišču viadukta Šumljak, se je uporabljalo naslednjo mehanizacijo:

- avtodvigala, različnim dimenzij in nosilnosti,
- samopostavljivi stolpni žerjavi z dolžino ročice do 35,00 m,
- vrtalna garnitura za izdelavo pilotov,
- rovokopači,
- lahki in težki bagri,
- kompresorji,
- mobilna betonska črpalka z različnimi dolžinami roke,

- razna tovorna vozila,
- svetlobne "žirafe",
- pomični opažni sistem.

Izvajalec je določil odgovorne osebe, zadolžene za:

- izvajanje vseh gradbenih del na objektu,
- montažo in kasnejše upravljanje pomičnega opažnega sistema,
- dnevni monitoring gradbene mehanizacije, žerjavov in avtoparka,
- izvajanje vseh del v zvezi s postavitvijo, napenjanjem ter injektiranjem prednapetih kablov,
- varstvo pri delu.

4.2 GRADNJA SPODNJE KONSTRUKCIJE

4.2.1 Izdelava pilotov

Temeljenje viadukta Šumljak je izvedeno na pilotih. Projekt je zahteval izvedbo pilotov, premera 118 cm in globine od 14,00 m do 31,00 m. Pod vsako temeljno blazino so štirje taki piloti, torej 184 pilotov, v skupni dolžini 3.608,00 m. Za izvedbo pilotov so uporabili najsodobnejšo vrtalno garnituro BAUET BG-30 (Slika 17).

Piloti so izvedeni po metodi, imenovani uvertani "BENOTTO" piloti. To pomeni, da se po vrtnanju v hribinsko osnovo, odstranitvi izkopa in geomehanskem pregledu izkopa vstavi armaturne koše in opravi betoniranje z uporabo kontraktorske cevi. Na koncu se glave pilotov očisti do zdravega betona.



Slika 17: Vrtalna garnitura za izdelavo pilotov

4.2.2 Izdelava temeljnih blazin in krajnih opornikov

Temeljne blazine in krajne opornike se je opaževalo klasično, z velikostenskimi opaži sistema, Doka-Framax, in ob uporabi avtodvigal oziroma žerjavov. Krajni opornik, od katerega je tekla montaža pomičnega opažnega sistema, je bilo treba izdelati v dveh fazah, in sicer tako, da je bil najprej zabetoniran spodnji del opornika z obema ležiščnima stenama. Po premiku pomičnega potujočega sistema je bil izdelan še preostali del krajnega opornika s krili oziroma vmesnim zidom.



Slika 18: Izvedeni piloti



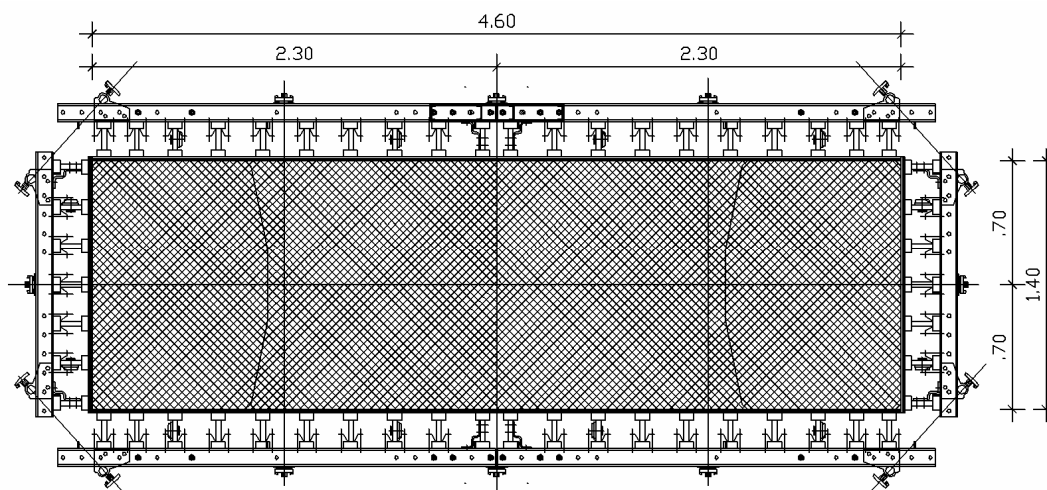
Slika 19: Polaganje armature temeljne blazine

4.2.3 Izdelava stebrov

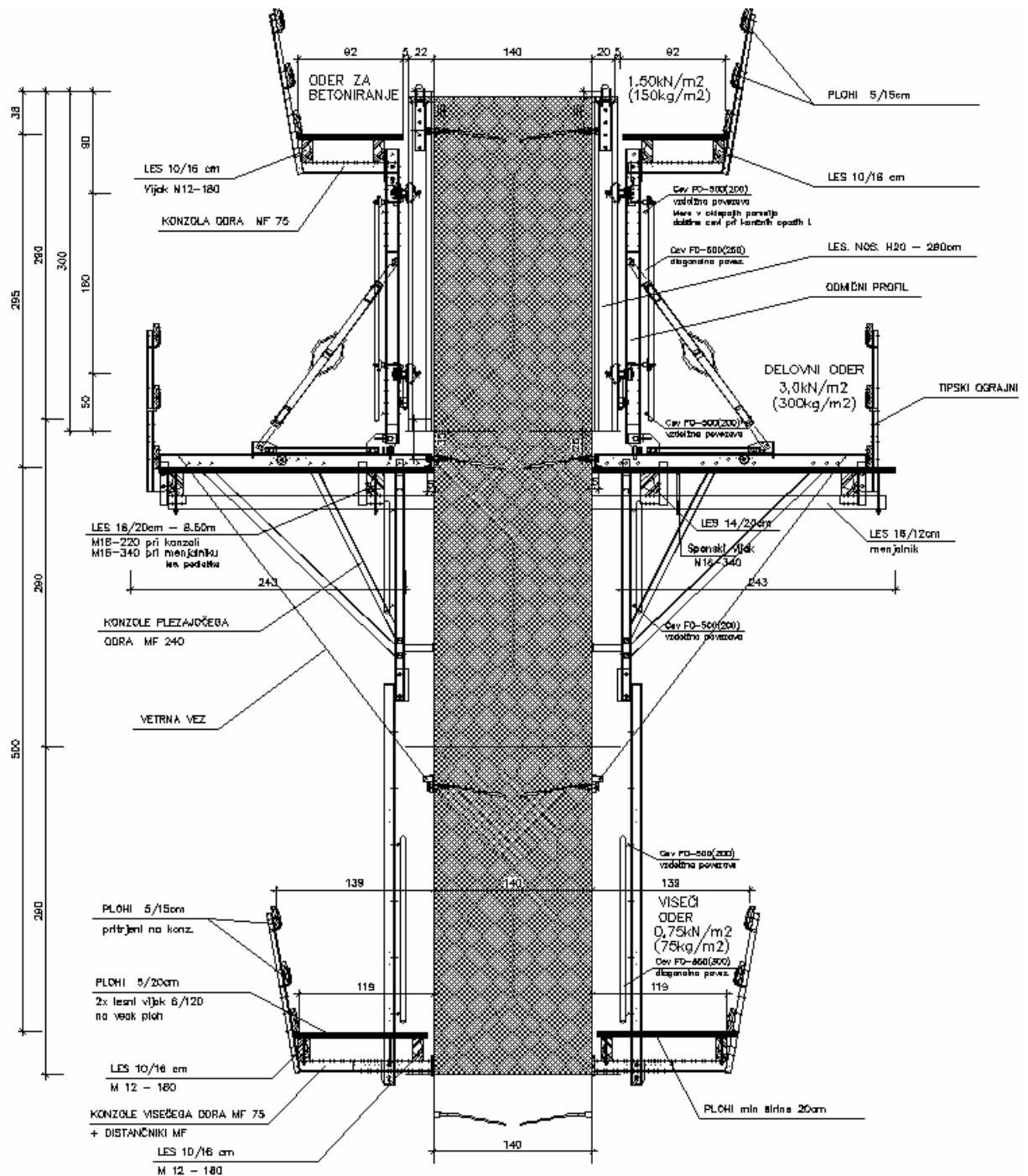
Za izdelavo stebrov se je uporabila tehnologija plezajočega opažnega odra, ki se ga je predstavljalo s pomočjo samopostavljivega žerjava POTAIN HD 40. Na tak način se gradi stebre v segmentih oziroma v fazah. Z dvema kompletoma plezajočega opažnega odra je bilo možno, v povprečju vsak dan, izdelati en segment stebra od skupno 176 segmentov. Višina segmenta oziroma višina betoniranja je bila cca. 4,00 m. Za izdelavo stebra na ta način je pomembno, da se v predhodni fazi vgradi posebne konuse z nagubanimi sidri za obešanje odra ob steber.

Nosilna konstrukcija plezajočega opaža je bila sestavljena iz tipskih Doka elementov, sistema MF. Sam opaž je bil prav tako sestavljen iz Doka elementov, in sicer sistema TOP 50 (Slika 20).

Segment stebra je izveden tako, da se je na predhodno vgrajena sidra obesilo nosilne konzole in sestavilo oder. Nato se je vezala armatura segmenta stebra, sledila je postavitvev in fiksiranje opaža na nosilne konzole, betoniranje in nega betona. Ko je ta dosegel zadostno trdnost, se je segment razopazilo in dvignilo oder na naslednji segment stebra. Opisani postopek del se je ciklično ponavljal, dokler ni bila dosežena projektirana višina stebra.



Slika 20: Tloris opaža stebra, pravokotne oblike, ki so ga uporabili pri izdelavi stebrov v oseh od 4 do 8



Slika 21: Vertikalni prerez plezajočega opaža, uporabljenega za izdelavo stebra, pravokotne oblike, v oseh od 4 do 8

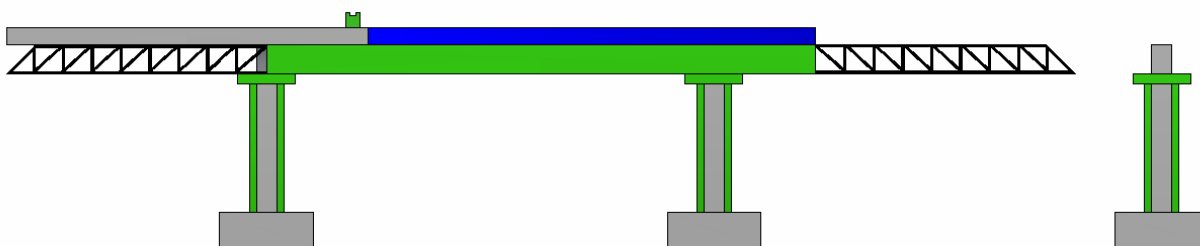
4.3 GRADNJA PREKLADNE KONSTRUKCIJE S POMOČJO POMIČNEGA OPAŽNEGA SISTEMA

4.3.1 Splošno

Odločitev o uporabi tehnologije pomičnega opažnega sistema se je porodila ob ugotovitvi, da je postopek izdelave celotne prekladne konstrukcije viadukta Šumljak po tehnologiji postopnega narivanja nemogoč, saj ima viadukt prekladno konstrukcijo v obliki "S" krivine, poleg tega je prisoten še 5,90 % vzdolžni nagib.

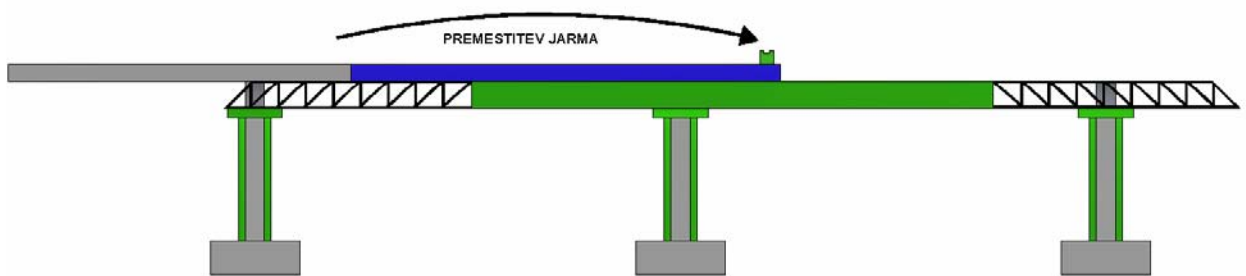
Gradnja prekladne konstrukcije viadukta Šumljak se je v celoti izvajala s pomičnim opažnim sistemom. Ena faza izdelave prekladne konstrukcije predstavljala dolžino polja 31,00 m z delovnimi stiki v ničelni momentni točki, od katerega je 0,80 dolžine v polju (med stebri), 0,20 pa je konzole v naslednjem polju. Tehnologija pomičnega opažnega sistema ima v grobem več zaporednih faz, ki se delijo:

- faza sproščanja jarma, spuščanja in razdvajanja opaža. Pomični opažni sistem se razdvoji na dve vzdolžni polovici;



Slika 22: Razdvajanje pomičnega opažnega sistema

- faza vzdolžnega premikanja, pomični opažni sistem se ob bokih stebrov premakne na nov položaj. Pri tej fazi se izvrši pomik prečnega jarma iz prejšnjega takta na novo zabetonirani takt;

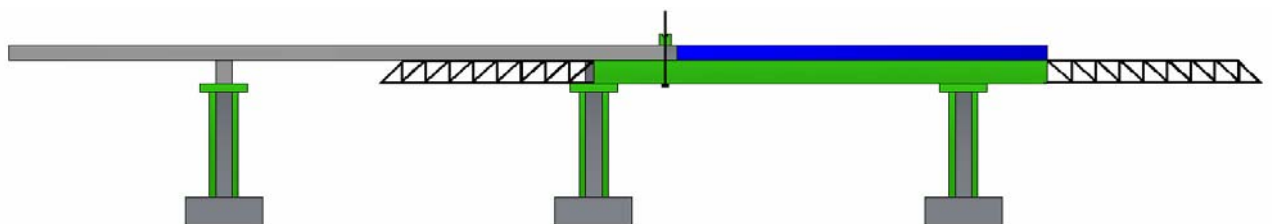


Slika 23: Vzdolžni pomik pomičnega opažnega sistema



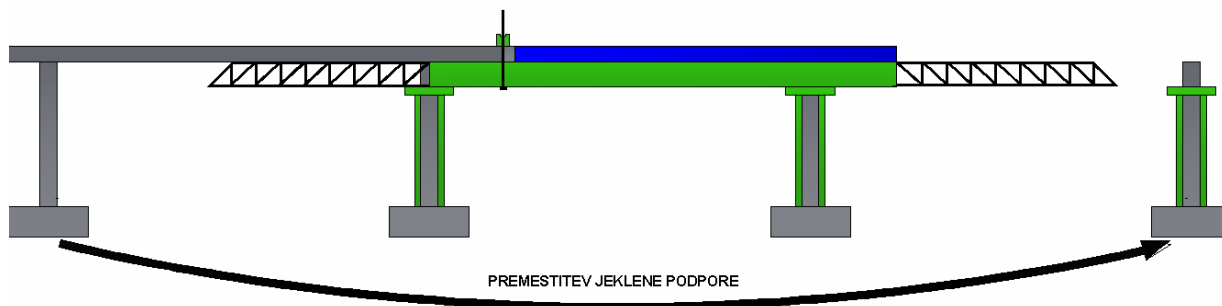
Slika 24: Vzdolžni pomik pomičnega opažnega sistema pri viaduktu Šumljak

- faza dvigovanja, zapiranja in pritrjevanja jarma. Celotni sistem se ponovno združi v celoto in je pripravljen na izdelavo naslednjega takta prekladne konstrukcije;



Slika 25: Dvigovanje, zapiranje in pritrjevanje pomičnega opažnega sistema

- faza polaganje armature in kablov, betoniranja in napenjanja kablov. Med mirovanjem pomičnega opaža sistema oziroma med izdelavo takta se premosti začasni jekleni podporni steber, ki je pritrjen na stebru za pomičnim opažem sistemom, na steber, ki je pred pomičnim opažnim sistemom.



Slika 26: Izdelava polja prekladne konstrukcije in premoščanje jeklene podpore na steber pred pomičnim opažnim sistemom

Na ta način je izvedljiv tedenski takt za dolžino enega tipičnega polja, dolgega 31,00 m.

4.3.2 Sestavni deli

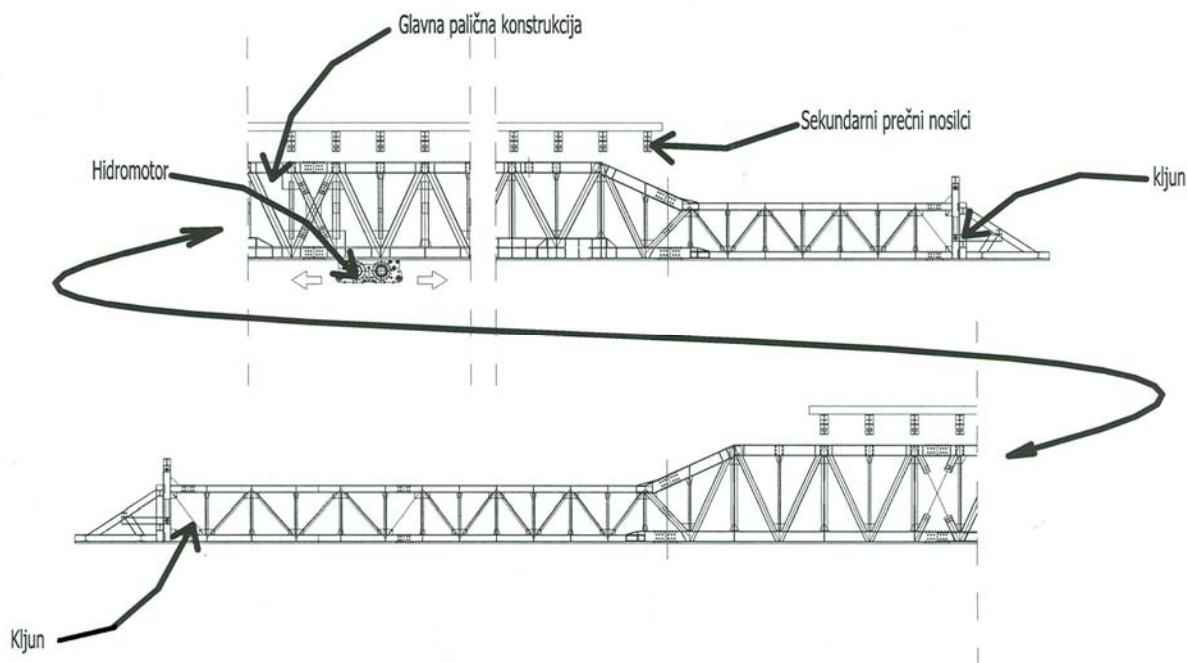
Primorje d.d. je za gradnjo viadukta Šumljak uporabilo najeto jekleno nosilno konstrukcijo pomičnega opažnega sistema od podjetja Guerini Elio iz Italije. Za izdelavo opaža pa se je uporabilo tipske elemente proizvajalca Doka iz Avstrije.

Pomični opažni sistem je sestavljen iz delov, ustrežne velikosti in teže, da omogočajo enostaven transport. Posamezni sestavni deli se spajajo v celoto, težko 450,00 ton. Betonski segment prekladne konstrukcije se vliva v opaž, nameščen na vrhu nosilne jeklene konstrukcije pomičnega opažnega sistema. Površino, kjer se izdeluje takt prekladne konstrukcije dosežejo delavci s pohodnih mostičev, ki so podaljšek obstoječega opaža. Na ta način mostiči obkrožajo zgornji nivo naprave - opaža.

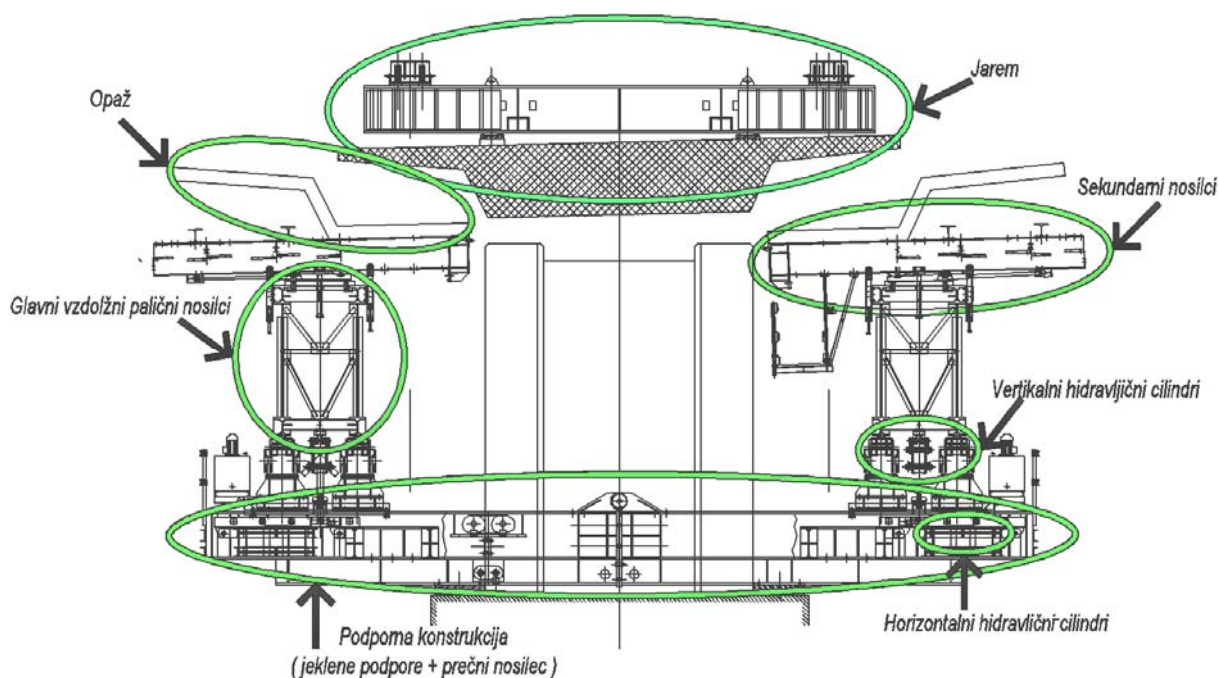
Glavni sestavni deli pomičnega opažnega sistema so:

- tri jeklene podpore s prečnimi nosilci,
- glavna vzdolžna nosilca, podaljšana v kljun spredaj in zadaj,
- jarem,
- sekundarni nosilci,
- vertikalni hidravlični cilindri za dvigovanje in spuščanje glavnih vzdolžnih nosilcev,
- horizontalni hidravlični cilindri za bočno premikanje sekundarnih in glavnih vzdolžnih nosilcev,
- hidromotor z zobatimi letvami za premikanje pomičnega opažnega sistema vzdolž viadukta,
- opaž.

Vsi, razen zadnjega, so sestavni deli jeklene nosilne konstrukcije pomičnega opažnega sistema in so potrebni za njegovo normalno delovanje.



Slika 27: Sestavni deli pomičnega opažnega sistema, prikazani v vzdolžnem prerezu



Slika 28: Sestavni deli pomičnega opažnega sistema, prikazani v prečnem prerezu

4.3.2.1 Sestavni deli nosilne jeklene konstrukcije

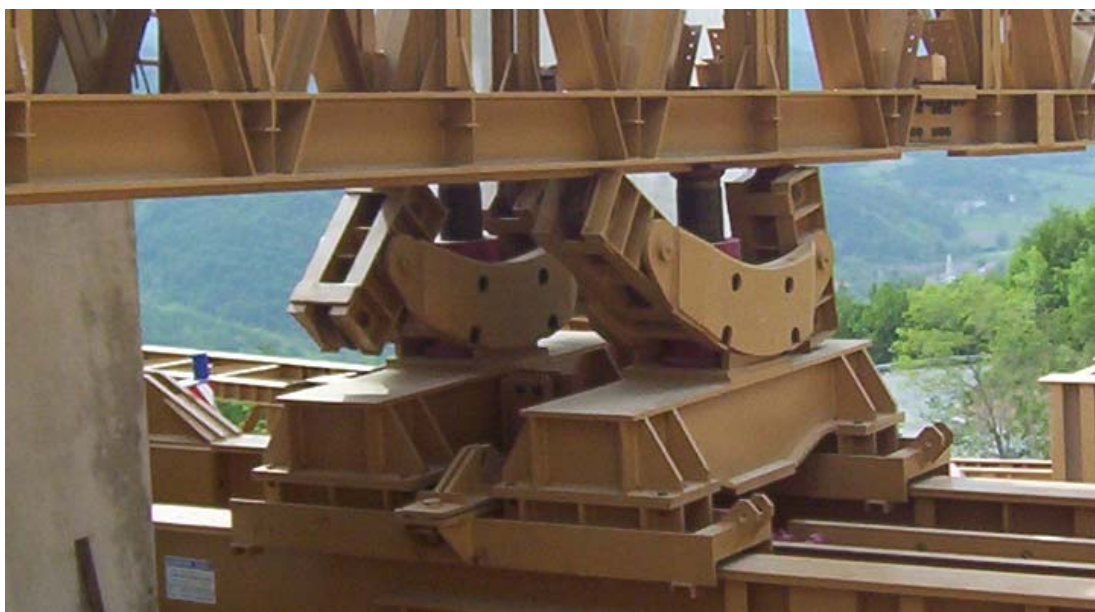
Jeklene podpore s prečnimi nosilci in vozički

Da se pomični opažni sistem lahko premika, so potrebne 3 jeklene podpore, in sicer dve za izdelavo takta, tretja pa pri premiku pomičnega opažnega sistema naprej. Višina jeklenih stebrov se od osi do osi spreminja, odvisno od višine betonskega stebra.

Na vrhu jeklene podpore se pritrdi prečni nosilec. Ta je narejen iz sestavljivega ogrodja in med seboj varjenih jeklenih profilov. Funkcija prečnega nosilca je dvojna. Ker v tlorisu objame betonski steber, služi za stabiliziranje jeklene podpore. Poleg tega pa služi tudi kot podpora za naleganje vozička.

Na vrhu vsakega prečnega nosilca sta nameščena po dva vozička, ki se s pomočjo hidravličnega cilindra pomikata prečno na os objekta in tako omogočata odpiranje in zapiranje opaža.

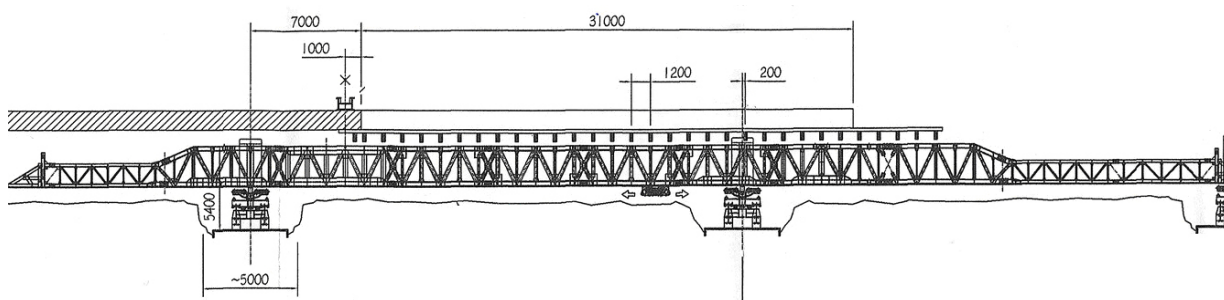
Voziček je narejen iz ogrodja iz varjenih jeklenih profilov. Na vrhu ima 8 koles, ki služijo kot ležaji za pomik pomičnega opažnega sistema v vzdolžni smeri. Kolesa, premera 25 cm, so pritrjena na jekleno ogrodje v obliki "pol lune". Sistem je ravno nasproten železniškemu. Tam imajo vagoni kolesa in so tirnice fiksne. Tu pa so kolesa fiksna in se tirnice, pritrjene na opaž, premikajo. Ta sistem uporabljamo, ko je pomični opažni sistem v fazi premikanja.



Slika 29: Voziček, na katerem so nameščena kolesa in hidravlični cilindri

Glavna vzdolžna nosilca s kljuni

Dolžina celotnega vzdolžnega nosilca znaša 80,00 m. Ogrodje iz varjenih jeklenih profilov je na nekaterih mestih ojačeno. Enostavno sestavljivi segmenti tvorijo enotno paličje. Glavni vzdolžni palični nosilec je na obeh straneh podaljšan v kljun.



Slika 30: Vzdolžni pogled glavnega vzdolžnega nosilca



Slika 31: Spoj glavnega vzdolžnega nosilca

Kljun ima nalogo, da se vzdolžna konstrukcija, med premikanjem naleže na naslednjo jekleno podporo in tako razbremeni zadnjo podporo. Da lahko kljun oziroma celoten vzdolžni nosilec varno zapeljemo na kolesa vozička, ima na sprednji strani pritrjen pomični nosilec, s katerim višinsko poravnamo vzdolžni nosilec in ga peljemo preko koles (Slika 32).

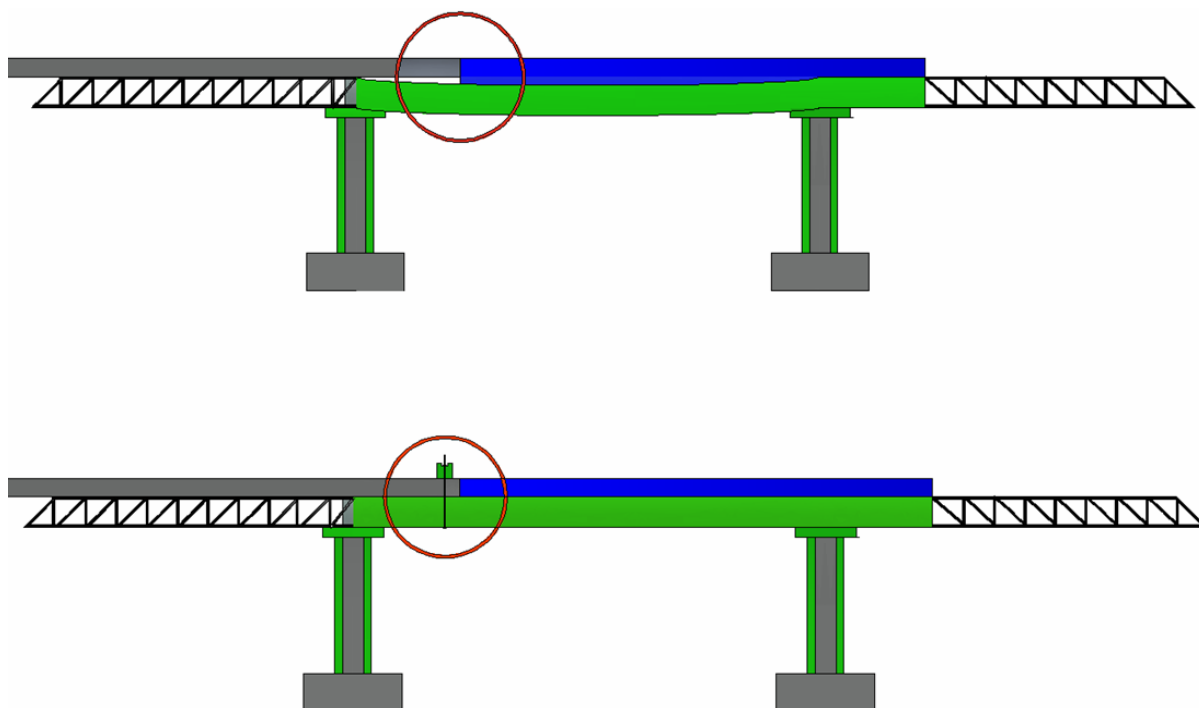


Slika 32: Konica kljuna naleže na voziček

Jarem

Pomični opažni sistem je podprt samo na začasnih jeklenih podporah od stebrih viadukta. Zaradi obremenitev, do katerih pride med betoniranjem, nastane povces opaža v polju. Kar pomeni, da pride na mestu delovnega stika do višinskega zamika med taktom v izdelavi in predhodno izdelanim taktom. Da se ta pojav prepreči se uporabi jarem, s katerim se pritisne opaž ob že zabetonirano konstrukcijo predhodnega takta (Slika 33).

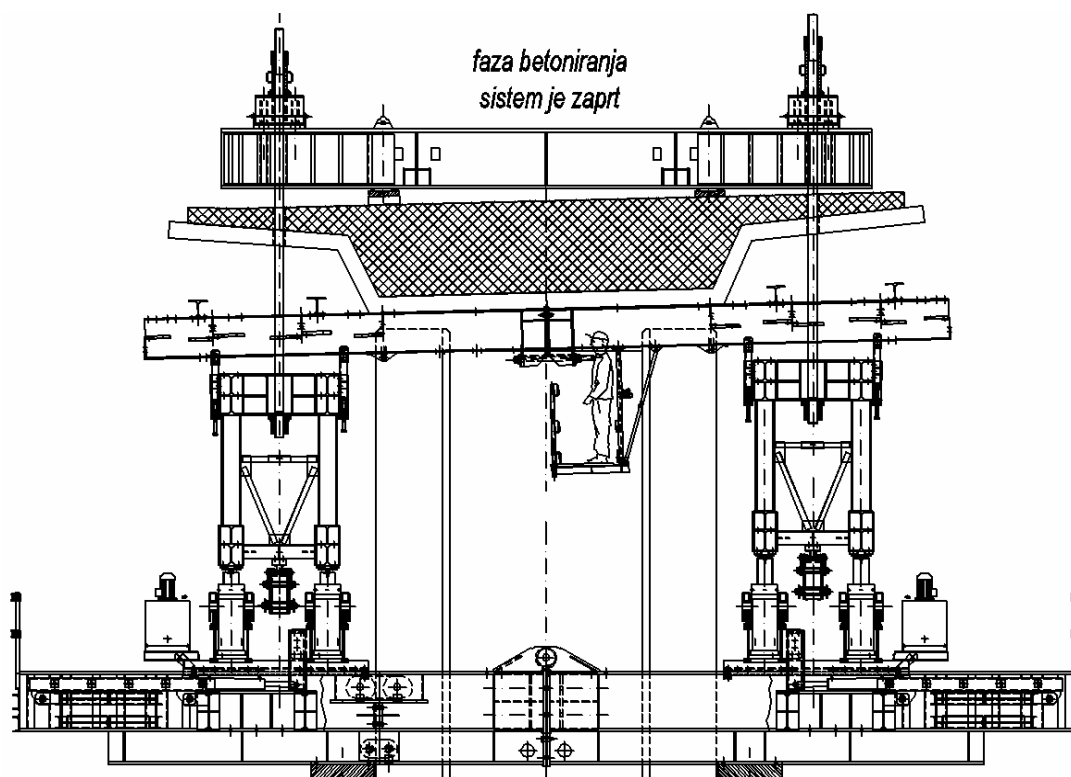
Jarem je sestavljen iz varjenih jeklenih profilov, ki so na določenih mestih ojačeni, in vijakov, ki se jih napne in tako pritisne opaž ob beton konzole predhodno zabetoniranega takta. Za pravilno delovanje pomičnega opažnega sistema mora biti jarem postavljen prečno na os objekta in v vodoravnem položaju (Slika 34).



Slika 33: Skica pomičnega opažnega sistema brez uporabe (zgoraj) in z uporabo jarma (spodaj)



Slika 34: Nameščen jarem na konec prehodno zabetoniranega takta prekladne konstrukcije



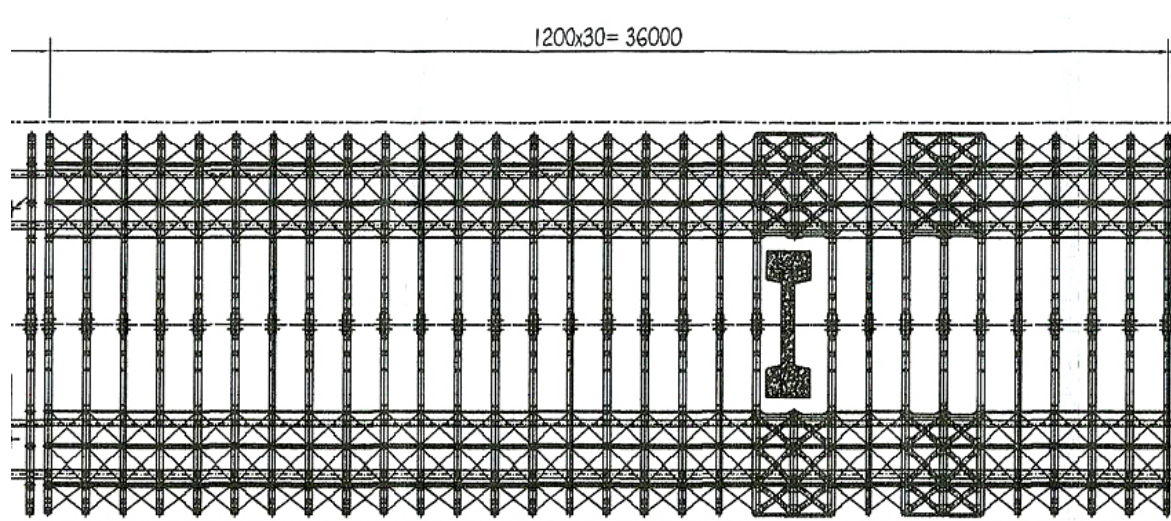
Slika 35: Prečni prerez pomičnega opažnega sistema z uporabo jarma za stisnjenje opaža ob beton

Sekundarni nosilci

Da se lahko pritrdi opaž na pomični opažni sistem, se potrebuje sekundarne nosilce, ki so v bistvu primarni nosilci za naleganje opaža. Sekundarni prečni nosilci so iz jeklenih profilov IPE 550 z nastavki in priključki za montažo opaža. Ta je pritrjen na sekundarne nosilce z vijaki.

Da je mogoč premik pomičnega opažnega sistema, se mora opaž prečno odpreti za širino stebra. To se doseže tako, da se sekundarni nosilci združijo na sredini. Ena polovica sekundarnega nosilca odpade na en glavni vzdolžni nosilec, druga pa na drugega. Spojitev obeh polovic sekundarnega nosilca se opravi s privitjem vijakov. Da se lahko odvija in privija vijake, je na spodnjem delu sekundarnega nosilca pritrjen oder, ki služi za dostop delavcev do spojev, v katerih se sekundarni nosilci združijo ali razdvojijo.

Sekundarni nosilci so pritrjeni na glavne vzdolžne nosilce tako, da je mogoč prečni pomik, ki je posledica dejavnosti serije hidravličnih cilindrov. Da se lahko sekundarni nosilci enakomerno premikajo, so na zgornjem delu pritrjeni vzdolžni nosilci HEA 240, med katerimi so križne diagonale za zavetrovanje. Poleg tega se lahko sekundarne nosilce višinsko regulira in tako je omogočena nastavitvev opaža za različne prečne sklone, ki so določeni v projektu za prekladno konstrukcijo.



Slika 36: Razporeditev sekundarnih nosilcev v tlorisu

Vertikalni hidravlični cilindri za dvigovanje glavnih vzdolžnih nosilcev

Med izdelavo takta prekladne konstrukcije se pomični opažni sistem naslanja na hidravlične cilindre, ki so nameščeni med kolesi. Za dvigovanje in spuščanje pomičnega opažnega sistema potrebujemo šest hidravličnih cilindrov in prav toliko hidravličnih central, ki so nameščene na zunanjo stran vsakega vozička.



Slika 37: Dvignjen hidravlični cilinder



Slika 38: Spuščen hidravlični cilinder

Horizontalni hidravlični cilindri za bočno premikanje sekundarnih in glavnih vzdolžnih nosilcev

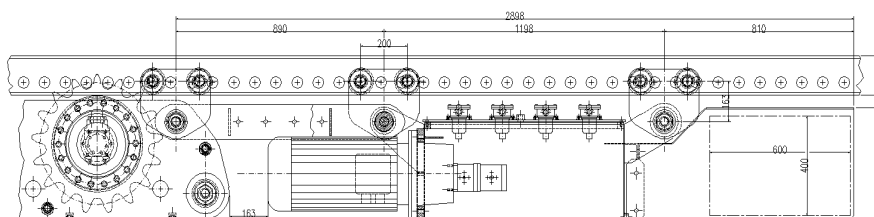
Za razmaknitev in spojitvev pomičnega opažnega sistema skrbi vrsta hidravličnih cilindrov, ki so nameščeni na prečnih nosilcih (pritrjeni na vrhu jeklenih podpor) in med sekundarnimi nosilci. Za odmik glavnih vzdolžnih nosilcev skrbi šest hidravličnih cilindrov in prav toliko hidravličnih central, ki se jih uporablja skupaj s cilindri za vertikalno nastavljanje glavnih vzdolžnih nosilcev. Za pomik sekundarnih nosilcev se uporablja po sedem hidravličnih cilindrov in eno hidravlično centralo za vsak glavni vzdolžni nosilec posebej.



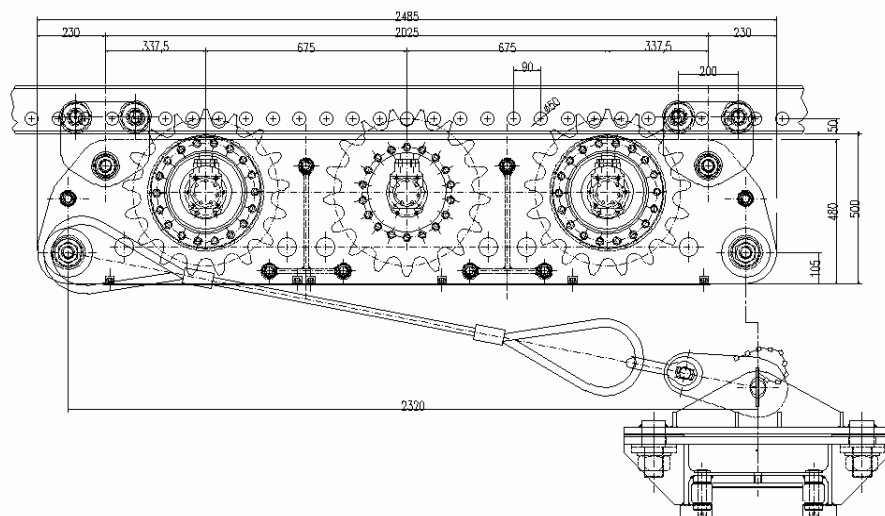
Slika 39: Horizontalni hidravlični cilindri za premik sekundarnih nosilcev

Hidromotor z zobatimi letvami za premikanje pomičnega opažnega sistema vzdolž viadukta

Sistem je ravno obraten od sistema za gorske železnice. Tam imajo vagoni zobnike in so zobate letve fiksne. Tukaj pa so zobniki fiksni in zobate letve vgrajene vzdolž obeh glavnih vzdolžnih nosilcev. Dva hidromotorja (za vsak glavni vzdolžni nosilec posebej) preko zobnikov in zobate letve premakneta celotni pomični opažni sistem od stebra do stebra. Hidromotor z zobniki je med premikanjem pomičnega opažnega sistema zasidran na sredinskem zunanem vozičku. Za sidranje se uporabi jeklenico, ki ima na koncu klin, ki se ga vstavi v za to pripravljeno mesto na vozičku (Slika 41).



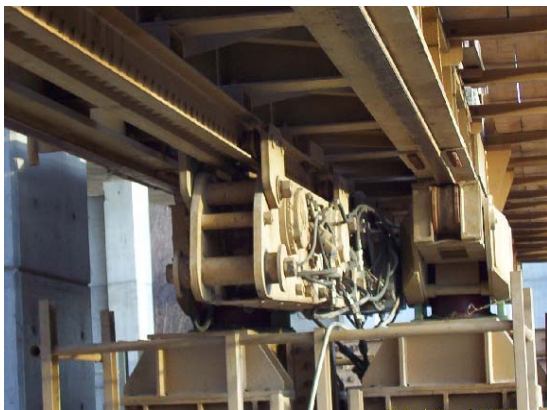
Slika 40: Vzdolžni prerez zobate letve, na kateri so obešeni zobniki (levo) in hidromotor (desno)



Slika 41: Vzdolžni prerez zobnikov, ki so z jeklenico zasidrani ob voziček. Ko so zobniki ter hidromotor zasidrani, premikajo pomični opažni sistem naprej. V nasprotnem primeru se zobniki skupaj s hidromotorjem premikajo po dolžini glavnega vzdolžnega nosilca.

Ko se pripelje pomični opažni sistem na želeno mesto, se mora hidromotor z zobniki premakniti z enega stebra na drugega. Da se lahko to stori, je hidromotor z zobniki obešen na zobatih letvah, ki so pritrjene na spodnji strani glavnega vzdolžnega nosilca.

Upravljanje hidromotorja med vzdolžnim pomikom pomičnega opažnega sistema se vrši z daljinskim upravljavcem, ki ga ima vodja. S tem je zagotovljena preglednost nad celotnim sistemom.



Slika 42: Zobniki visijo na zobati letvi



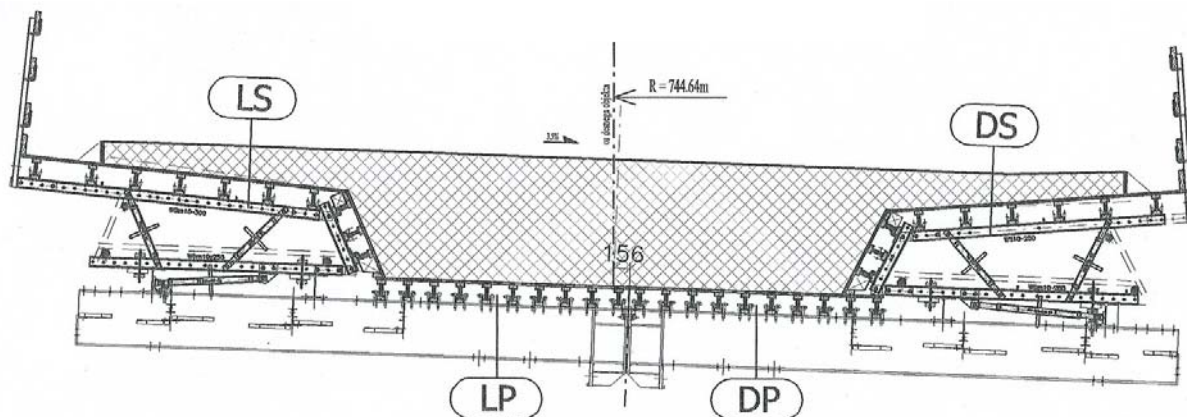
Slika 43: Montaža zobnikov

4.3.2.2 Opaž

Opaž je sestavljen iz štirih delov, in sicer iz:

- spodnje opažne plošče,
- leve bočne opažne plošče,
- desne bočne opažne plošče,
- bočne zapore.

Srednji del predstavlja spodnji opaž plošče, ki je fiksno pritrjen na sekundarne nosilce pomičnega opažnega sistema. Levi in desni opaž poševnega dela plošče in konzolne plošče je sestavljen v samostojne sklope. Ti so pomično pritrjeni na nosilno konstrukcijo, ker jih je potrebno premikati prečno in vzdolžno glede na velikost radija in smer krivine. Premikanje se vrši z vijačnimi razporami tako, da se s stranskim opažem prilagajamo krivini in razliki v prečnem naklonu. Zaradi tega nastajajo med posameznimi sklopi, ki so enake dolžine za obe krivini, različno velike izravnave. To razliko se pokrije s tipskimi diferenčnimi pločevinami.

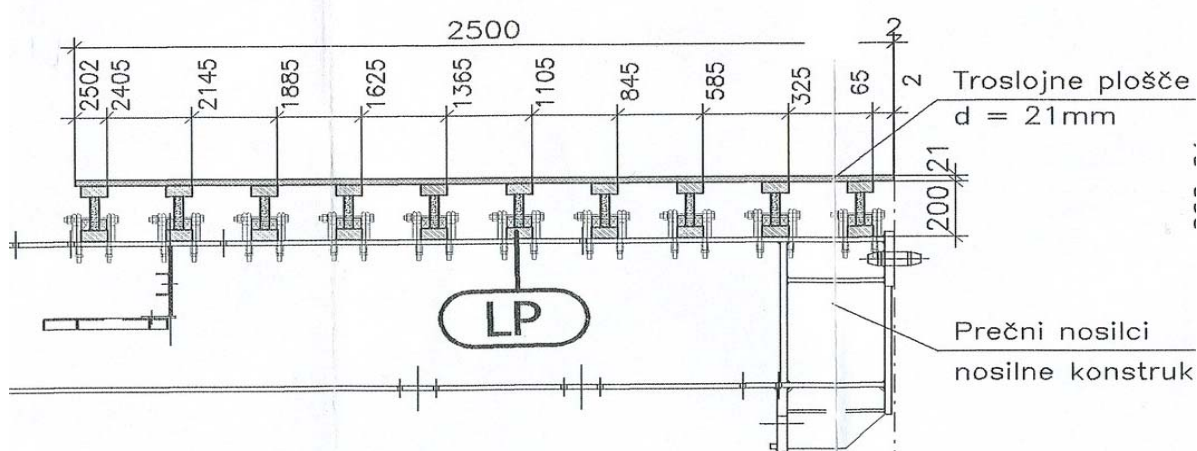


Slika 44: Prečni prerez opaža prekladne konstrukcije

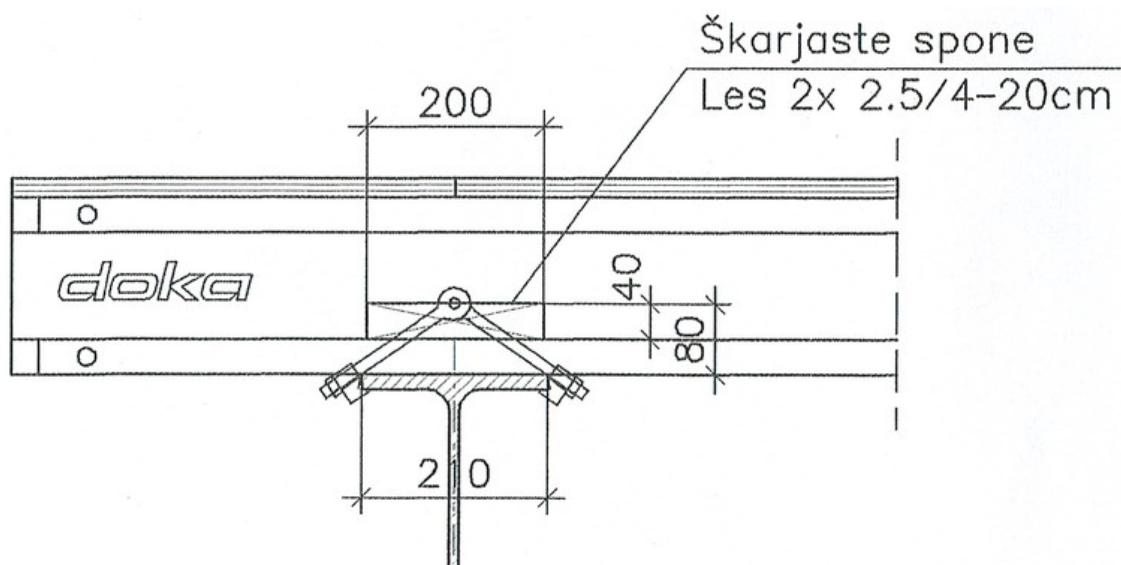
Spodnja opažna plošča

Sestavni deli so iz tipskih Doka elementov. Troslojne opažne plošče, debeline 21 mm so položene prečno na os prekladne konstrukcije in so pritrjene na vzdolžne lesene nosilce H20 z lesenimi vijaki. Ti pa so pritrjeni na sekundarne nosilce pomičnega opažnega sistema, ki so na razmakih 120 cm. Pritrditev se izvede s škarjastimi sponami (Slika 46).

Opaž plošče v območju stebrov je izdelan tako, da se med vsakim premikom demontira in po njem zopet namesti. Na tem delu so nosilci pooblani za 6 mm tako, da je možno umikanje nosilcev vzdolžno pod opaž sosednjega polja, odstrani se le obloga, ki je na tem delu zaradi stanjšanih nosilcev za 6 mm, debeline 27 mm. S tem se izravna z oblogo na ostalem delu. Ker na tem delu manjka zaradi stebra sekundarni nosilec, je potrebno izvlečene nosilce na sredini razpona dodatno podpreti. To se izvede z dodatnimi prečnimi veznimi WS profili, ki se jih podpre z vijajnimi podporami na armirano betonsko konstrukcijo stebra.



Slika 45: Prečni prerez leve polovice spodnje opažne plošče

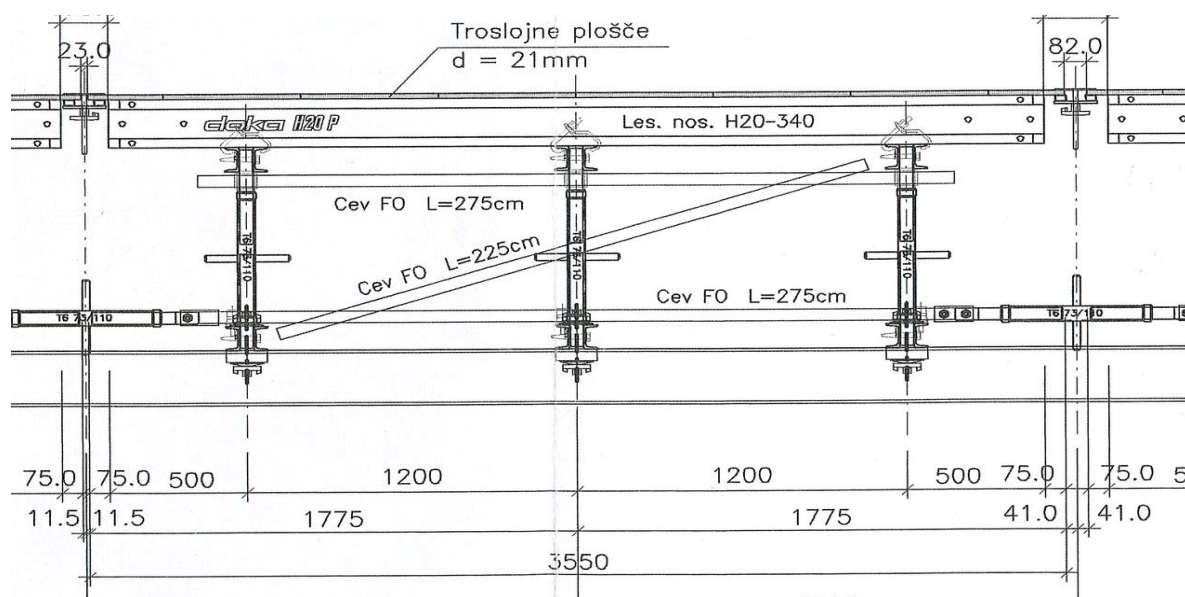


Slika 46: Detajl pritrditve spodnje opažne plošče na sekundarni nosilec

Leva in desna bočna opažna plošča

Sestavni deli so sestavljeni iz tipskih Doka elementov, sistema TOP 50. Opažna obloga je iz troslojnih plošč, debeline 21,00 mm, lesenih vzdolžnih nosilcev H20 in prečnih veznih profilov WS 10. Leseni nosilci so pritrjeni na vezne profile WS 10 s tipskimi sponami.

Bočni opaž je sestavljen v posamezne samostojne sklope, dolžine 355 cm, ki imajo po tri povezja iz veznih profilov WS 10, na razmak 120 cm (Slika 47).

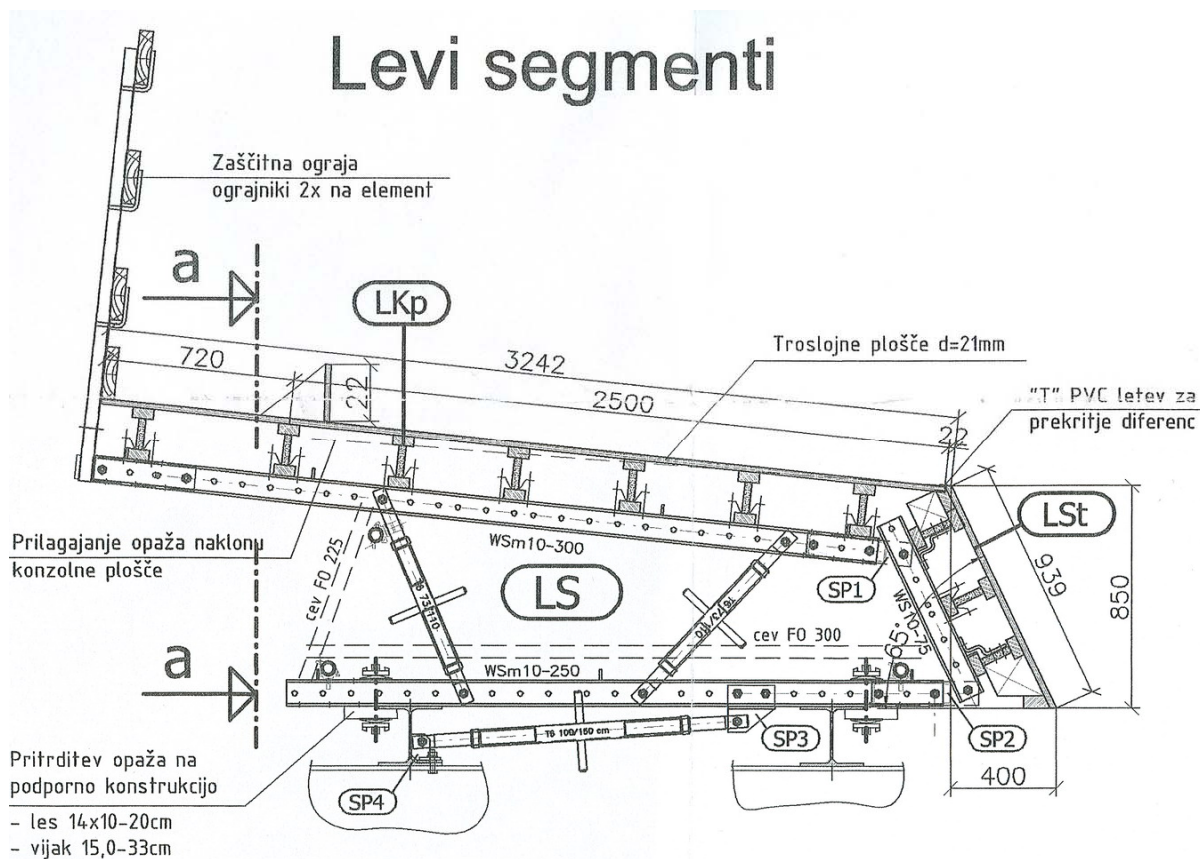


Slika 47: Vzdolžni prerez levega bočnega opaža

Posamezni sklopi so sestavljeni iz poševnih elementov in opažnih elementov konzolne plošče, povezani s sponami SP1 in klini. Spodaj je dodan večnamenski vezni profil WS 10, ki je z vijaknimi razporami povezan z opažem konzolne plošče. Spodnji vezni profil WS 10 je povezan vzdolžno s cevmi FO, dolžine 275 cm. Iste cevi, le z dolžino 225 cm, se uporabi za horizontalno in vertikalno diagonalno.

Spodnji prečni vezni profil WS služi za nalaganje segmentov na vzdolžna jeklena profila HEA 240. Na zunanji profil je oprta vijaka opora, ki služi za bočno pomikanje opaža. Vzdolžni pomik opaža se izvede z vijaknimi razporami, s katerimi so povezane zunanje vzdolžne cevi FO. Ko je element na svojem mestu, se ga s pomočjo lesene podloge in vijaka

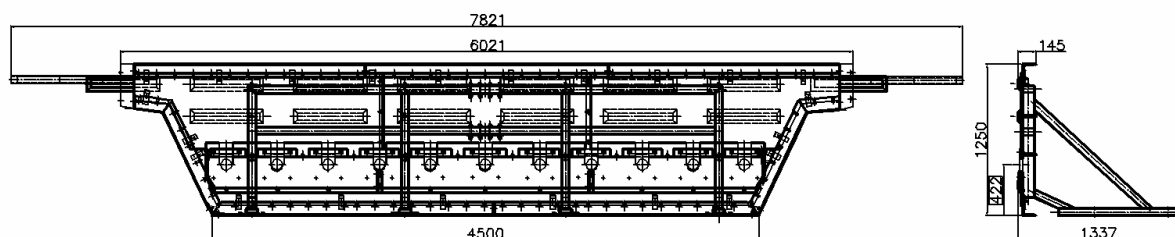
pritrudi na vzdolžne profile HEA 240, s čimer se zavaruje opaž tudi proti vetru. Vsi spoji sidranja opaža na vzdolžne profile HEA 240 so skonstruirani tako, da je možna poljubna namestitvev bočnih segmentov, kar omogoča izvedbo "S" krivine.



Slika 48: Prečni prerez levega bočnega opaža

Čelna zapora

Pri izdelavi vsakega takta prekladne konstrukcije se na konec takta namesti in pritrdi opaž-čelna zapora (Slika 49). Večji del te je izveden iz jeklenega opaža. Konzole prečnega prereza prekladne konstrukcije pa se zaradi spremenljive dolžine, klasično opažuje. Jekleni del opaža je narejen tako, da ustreza vsem prerezom prekladne konstrukcije tako, da je možno prilagajati odprtine za kable glede na njihovo linijo.



Slika 49: Čelna zapora v vzdolžnem (levo) in prečnem (desno) prerezu

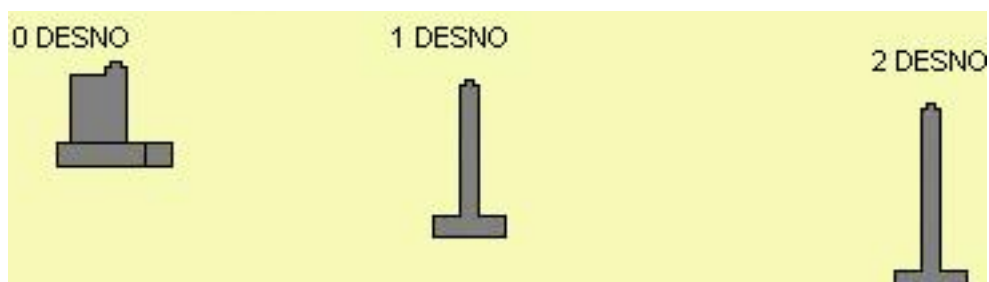


Slika 50: Čelna zapora, nameščena na konec takta prekladne konstrukcije

4.4 MONTAŽA IN PREMİK POMIČNEGA OPAŽNEGA SISTEMA NA MESTO IZDELAVE TAKTA PREKLADNE KONSTRUKCIJE

4.4.1 Dela pred začetkom montaže

Pred pričetkom montaže pomičnega opažnega sistema, je bilo potrebno urediti dostopne poti do delovnega platoja, kjer se je kasneje montirala konstrukcija. Delovni plato se je nahajal za opornikom 0 desno. Velikost delovnega platoja je bila tolikšna, da je nudila dovolj prostora za montažo pomičnega opažnega sistema in skladiščenje njegovih sestavnih delov. Preden se je začela montaža jeklenih začasnih podpor za pomični opažni sistem se je moral izdelati opornik 0 desno (ne v celoti), steber 1 desno in pogojno 2 desno (Slika 51).



Slika 51: Skica izvedenega opornika os 0 desno in stebra os 1 in 2 desno. Izvedba teh podpor je pogoj, da lahko namestimo začasne jeklene podpore za podpiranje pomičnega opažnega sistema.



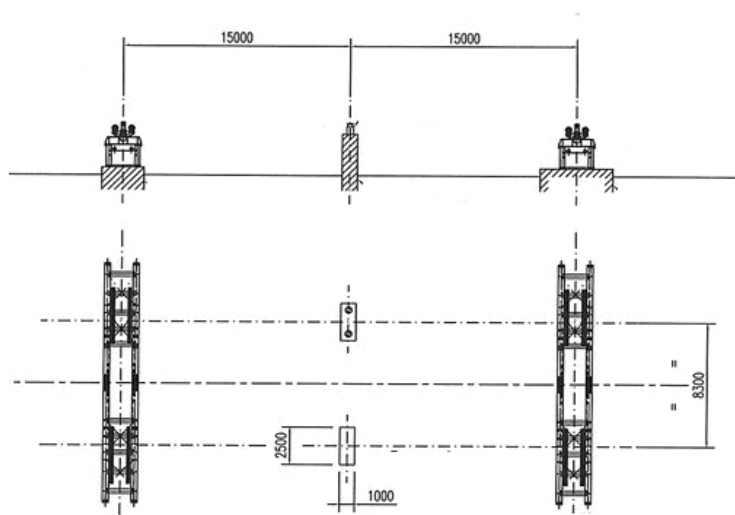
Slika 52: Prva faza izvedbe opornika. Zaradi možnosti premika pomičnega opažnega sistema mimo opornika so ti izdelani v večjih fazah.

4.4.2 Montaža pomičnega opažnega sistema

Pomični opažni sistem se je po delih pripeljal na gradbišče, kjer se ga je s pomočjo dveh avtodvigal, ustreznih nosilnosti in dimenzij, in skupine od 6 do 20 delavcev sestavilo na pripravljenih premičnih podporah. V splošnem je bil potek sestavljanja takšen, da se je posamezne elemente postavilo na ustrezno mesto, sestavilo skupaj in z dvigalom dvignilo na začasne podpore. Elemente se je tako sestavilo v celoto. Sestavo jeklenih podpor in glavnih vzdolžnih nosilcev pomičnega opažnega sistema se je razdelilo v faze.

Faza 1:

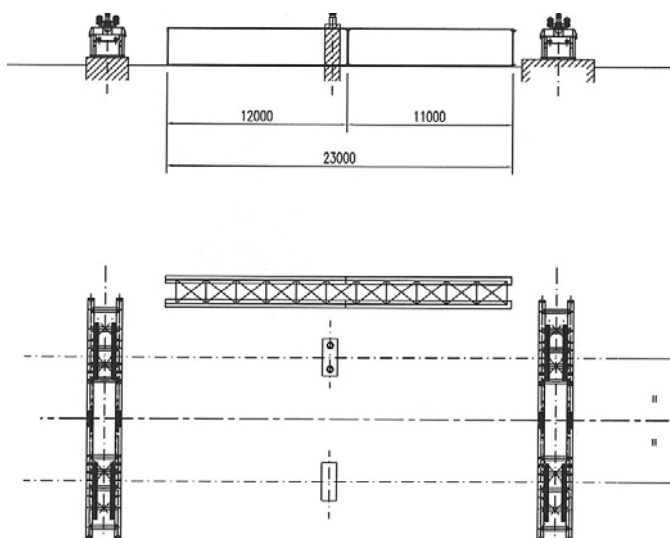
v tej fazi se je izdelalo betonska ležišča, na katera se je postavilo začasne jeklene podpore. Postavitev dveh prečnih nosilcev s pritrjenimi vozički na betonska ležišča se je opravila s pomočjo avtodvigala in to tako, da se je najprej na tleh sestavilo prečne nosilce, nanje pritrdilo vozičke in šele nato vse skupaj dvignilo in postavilo na betonska ležišča.



Slika 53: Skica izvedbe prve faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 2:

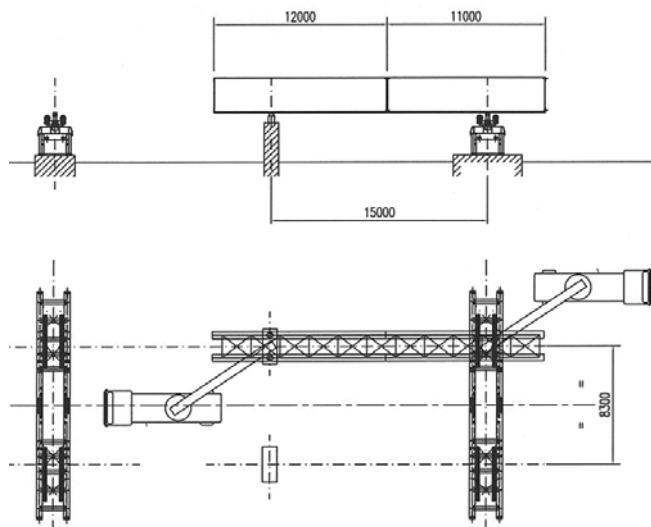
na tleh se je sestavilo osnovni sprednji element glavnega vzdolžnega nosilca, ki je moral biti postavljen vzporedno z osjo prekladne konstrukcije.



Slika 54: Skica izvedbe druge faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 3:

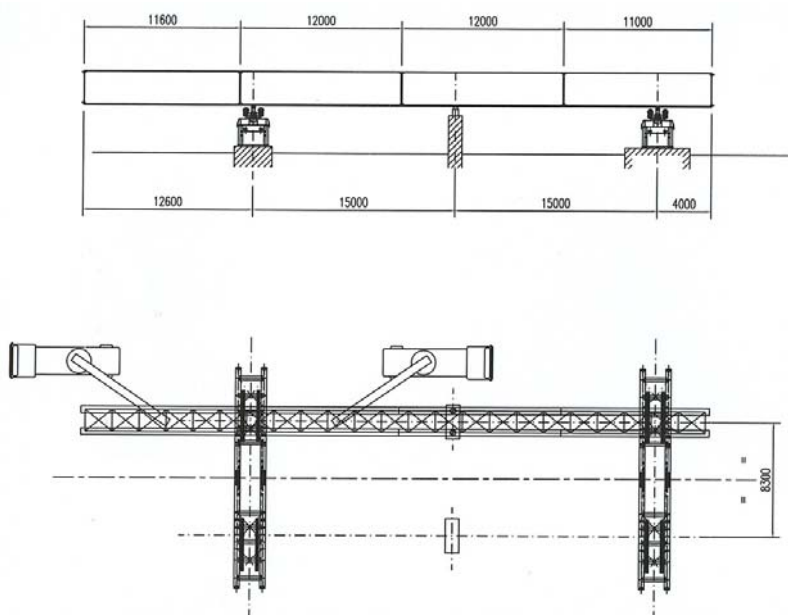
s pomočjo 2 avtodvigal se je na svoje mesto postavilo osnovni sprednji element glavnega vzdolžnega nosilca.



Slika 55: Skica izvedbe tretje faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 4:

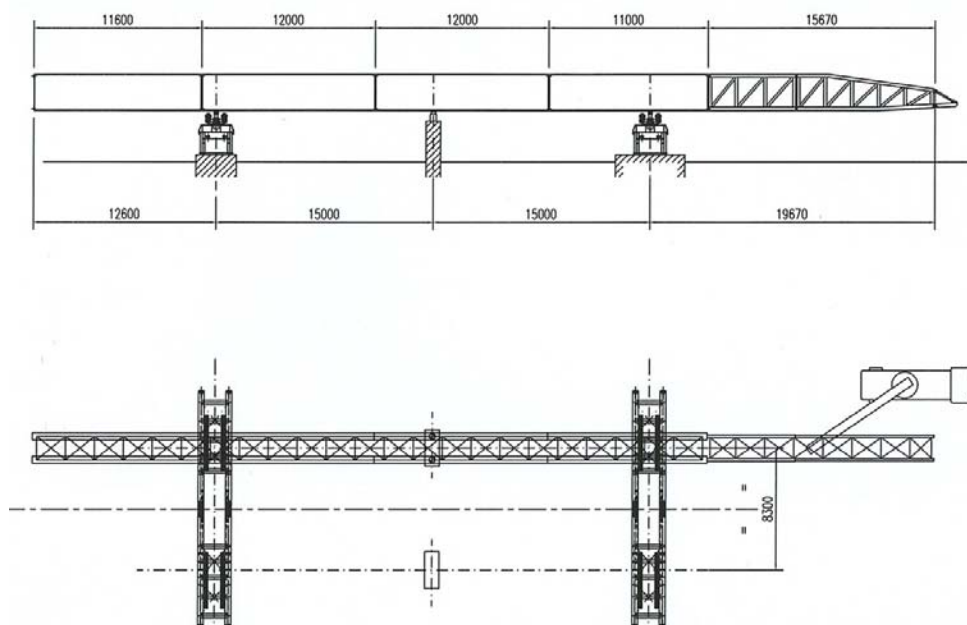
na tleh se je sestavilo osnovni zadnji element glavnega vzdolžnega nosilca, ki je moral biti postavljen vzporedno z osjo prekladne konstrukcije.



Slika 56: Skica izvedbe četrte faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 5:

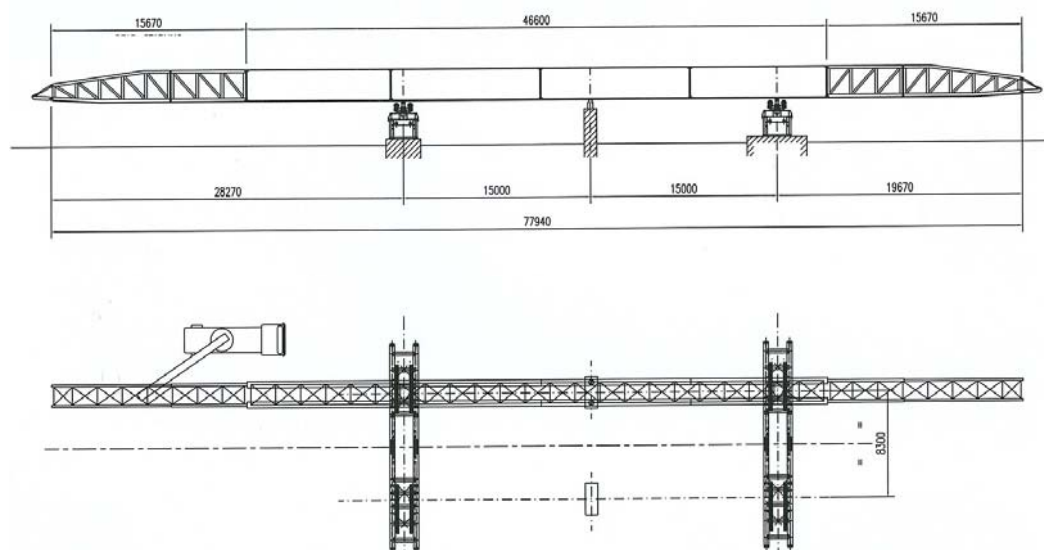
v tej fazi se je na tleh sestavilo sprednji kljun ter ga nato s pomočjo avtodvigala postavilo na svoje mesto.



Slika 57: Skica izvedbe pete faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 6:

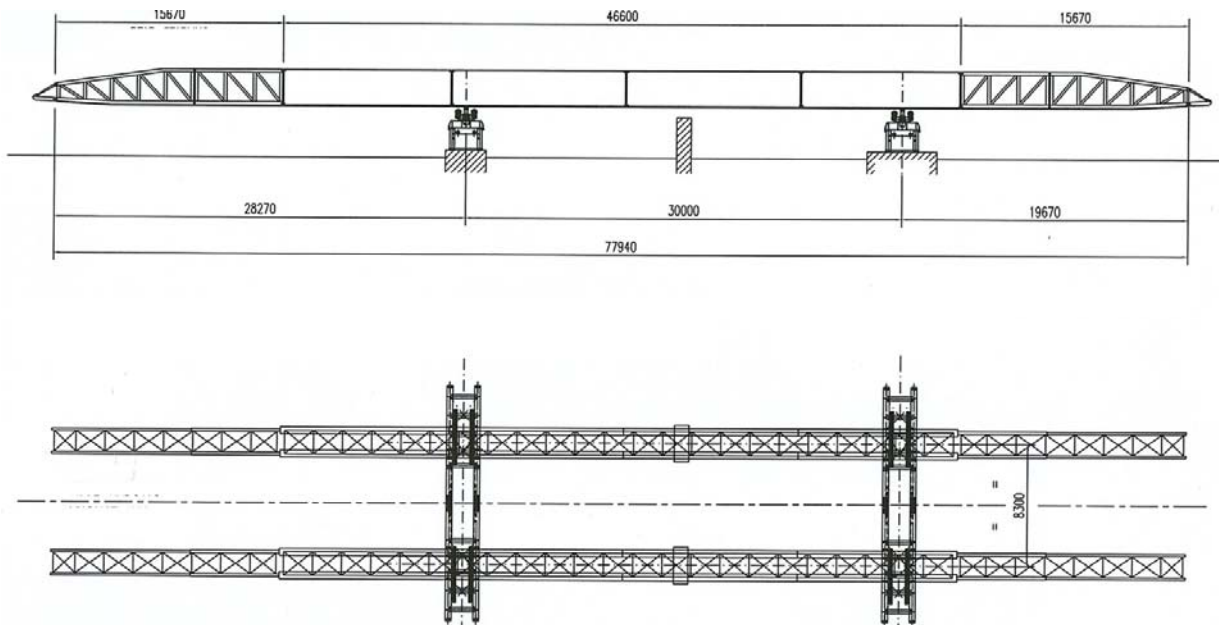
sestavljalo se je analogno fazi 5, le da se sestavi in namesti zadnji kljun.



Slika 58: Skica izvedbe šeste faze montaže pomičnega opažnega sistema

Faza 7:

izvedla se je montaža drugega glavnega vzdolžnega nosilca, in sicer na enak način, kot je predstavljeno v fazah 2 do 6.



Slika 59: Skica izvedbe sedme faze montaže pomičnega opažnega sistema



Slika 60: Montaža glavnih vzdolžnih nosilcev

Nato je sledila montaža sekundarnih prečnih nosilcev, ki nosijo opaž (Slika 61). Ko je bila jeklena konstrukcija pomičnega opažnega sistema postavljena, so bile nameščene instalacijske povezave za električno energijo in preverjene povezave s hidravličnimi sistemi, ki se jih namesti med montažo jeklenih delov pomičnega opažnega sistema (Slika 62). Po preverjanju vseh hidravličnih povezav, se je na sekundarne nosilce namestil opaž za betoniranje prekladne konstrukcije viadukta (Slika 63). Montaža celotnega pomičnega opažnega sistema je bila opravljena v dveh mesecih.



Slika 61: Montaža sekundarnih nosilcev na vrh glavnih vzdolžnih nosilcev



Slika 62: Nameščanje hidravličnih instalacij



Slika 63: Nameščeni del desnega bočnega opaža

Pred zagonom pomičnega opažnega sistema je bilo potrebno se prepričati, če so zagotovljeni vsi varnostni ukrepi in nameščeni vsi varnostni elementi.

Prepovedan je bil premik pomičnega opažnega sistema, dokler niso bile betonska ležišča, inčasne podpore primerne za prevzem statičnih in dinamičnih obremenitev, ki jih povzroči pomični opažni sistem. Zato je morala ustrezno usposobljena oseba pregledati vse spoje celotnega sistema, še posebej spoje elementov, na katere naležejo glavni vzdolžni nosilci.

Med sestavljanjem, postavljanjem, stabiliziranjem in nastavljanjem je bilo potrebno posvetiti precej pozornosti varnosti, saj so se določene operacije izvajale na višini, zato je bilo potrebno zagotoviti ustrezne varnostne elemente (varnostni pasovi, čevlji, ki ne drsijo,...).

Pri uporabi pomičnega opažnega sistema je bilo potrebno upoštevati naslednje omejitve:

- največja dovoljena razdalja med jeklenimi podporami vzdolž pomičnega opažnega sistema je 36,00 m,
- največji dovoljeni vzdolžni nagib, pri katerem se lahko pomični opažni sistem premika (navzgor ali navzdol) je 6,00%,

- največja dovoljena obremenitev pomičnega opažnega sistema je 700,00 ton,
- prepovedan je premik pomičnega opažnega sistema, če pihal veter s hitrostjo večjo od 40,00 km/h.

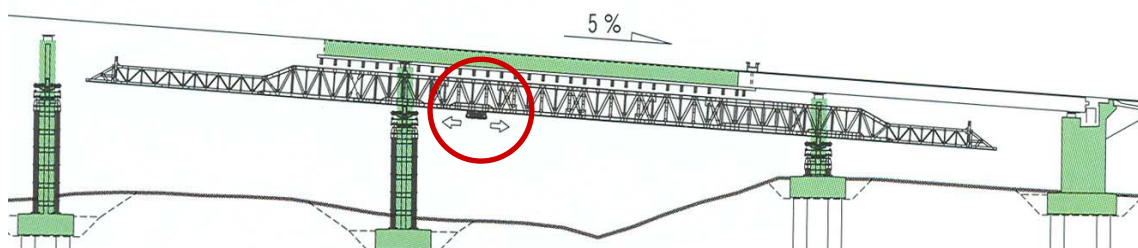
4.4.3 Premik pomičnega opažnega sistema

Kontrole, ki so bile izvedene pred premikom pomičnega opažnega sistema:

- preverilo se je, če je jarem sproščen in ni vezan na glavna vzdolžna nosilca,
- preverilo se je, če so sredinski spoji sekundarnih nosilcev sproščeni,
- zmerila se je jakost vetra.

Za operativni cikel premika se je upoštevalo vse operacije, opravljene na pomičnem opažnem sistemu, in sicer:

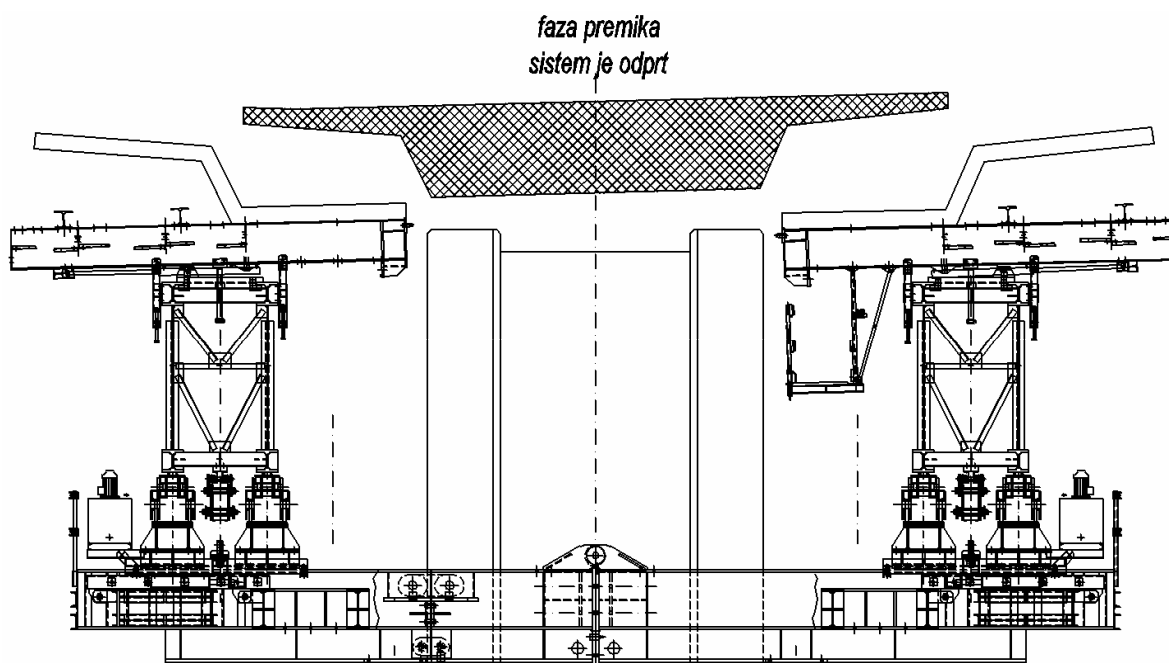
- prestavitev hidromotorjev za vzdolžni premik do sprednjega prečnega nosilca, kamor se jih zasidra s pomočjo jeklenice,



Slika 64: Pomik hidromotorja po vzdolžnih nosilcih

- razopaževanje v območju stebrov,
- sprostitev jarma,

- spuščanje celotne konstrukcije (glavnih vzdolžnih nosilcev na katerih so nameščeni sekundarni nosilci in opaž) za toliko, da se ne dotakne koles. Za spust je bilo potrebno predhodno celotno konstrukcijo nekoliko dvigniti, sprostiti varovalne obroče in šele nato se je vse spustilo. Spuščanje je moralo biti usklajeno pri vseh podporah, da ni prišlo do deformacij ali poškodb na podporah ali na ostali delih pomičnega opažnega sistema,
- sprostitvev spojev, ki spajajo sekundarne nosilce,
- razklenitev sekundarnih nosilcev in s tem opaža na levo in desno polovico,
- razklenitev levega in desnega glavnega vzdolžnega nosilca. Premik se je izvajal izmenično na levi in desni strani ali vzporedno, da ni prišlo do neravnotežja celotne konstrukcije. Konstrukcijo se je razklenilo po nekaj korakih, da je bil možen pomik mimo stebrov,



Slika 65: Prečni prevez razdvojenega pomičnega opažnega sistema-med premikom



Slika 66: Razklenitev pomičnega opažnega sistema

- spust celotne konstrukcije na kolesa,
- premik leve in desne konstrukcije naprej, s korigiranjem smeri. Da ni bila ogrožena stabilnosti celotnega sistema, se je premik vzdolžnih nosilcev izvajal vzporedno in pri tem se je vršila kontrola hitrost premikanja,
- ponoven prečni premik glavnih vzdolžnih nosilcev glede na os prekladne konstrukcije (enega proti drugemu),
- premik sekundarnih nosilcev v prečni smeri glede na os prekladne konstrukcije,
- spajanje sekundarnih nosilcev v celoto s pomočjo vijakov,

- dvig konstrukcije s koles na hidravlične cilindre. Višino dviga konstrukcije se je nastavila s pomočjo nastavljivega varovalnega obroča (matica), ki je pritrjen na batnico dvižnega hidravličnega cilindra. Glavna vzdolžna nosilca se je dvignilo za 1 do 2 cm višje, kot je bilo potrebno, se je nastavilo varovalne obroče in nato spustilo konstrukcijo, tako da je ležal celota na teh obročih,
- geodetska izmera nameščenega opaža in njegovo smerno in višinsko poravnanje. Posebni problem pri gradnji viadukta po tej tehnologiji je pravilno nadvišanje opaža, ki se pod obtežbo betonske mešanice upogne. To nadvišanje je bilo določeno s ustreznim računom. Nadvišanja se je določilo z merjenjem od kote nivelete,
- prestavitev in pritrditev prečnega jarma na konec predhodno zabetoniranega takta. S tem se je pritrdilo glavna vzdolžna nosilca pomičnega opažnega sistema ob beton predhodno zabetoniranega takta.

Osebj

Osebe, ki so upravljale s pomičnim opažnim sistemom, so bile predhodno seznanjene z delovanjem in njegovo varno uporabo. Med delovanjem pomičnega opažnega sistema so se morale nahajati znotraj območja njegovega delovanja. V to spada območje, kjer stoji pomični opažni sistem, in območje, ki ga bo zasedel po premiku. V njem so bile različne komande za upravljanje pomičnega opažnega sistema. Osebam, ki niso bile usposobljene za upravljanje s pomičnim opažnim sistemom, se je moral preprečiti dostop v to območje med njegovim premikanjem.

Za upravljanje s pomičnim opažnim sistemom se je potrebovalo naslednje število usposobljenih oseb:

- 6 delavcev: zadolženi so bili za dvigovanje, spuščanje, odpiranje in zapiranje glavnih vzdolžnih nosilcev, eden za vsako centralo na enem vozičku;

- 2 delavca: zadolžena sta bila za vzdolžni pomik pomičnega opažnega sistema, in sicer eden na eno hidravlično centralo za hidromotor;
- 2 delavca: zadolžena sta bila za razmaknitev in spojitvev prečnih nosilcev, in sicer eden na eno hidravlično centralo;
- 4 delavci: zadolženi so bili za odvijanje in privijanje vijakov za razdvojitvev in združitvev sekundarnih nosilcev ter za sproščanje in nameščanje jarma. Delavci so bili razdeljeni na dve skupini po dva delavca;
- 1 vodja za pomikanje pomičnega opaža: ta oseba je bila natanko seznanjena z delovanjem celotnega sistema. Pod njenim nadzorom so bili vsi premiki, dvigi, odpiranja in zapiranja pomičnega opažnega sistema.

Delavci so morali biti usklajeni, med seboj so se sporazumevali s pomočjo zvočnih in vidnih signalov.

4.5 IZDELAVA PREKLADNE KONSTRUKCIJE

Po premiku pomičnega opažnega sistema iz delovnega platoja v položaj izdelave prvega takta desne prekladne konstrukcije (Slika 67) je sledila izdelava le tega. Prvi delovni takt se je od tipičnih delovnih taktov rahlo razlikoval, saj je bilo potrebno izdelati prekladno konstrukcijo preko celega prvega polja ter nadaljevati s konzolo, ki je segala v sosednje polje, poleg tega pa je rabila delovna ekipa nekaj časa, da je spoznala novosti in značilnosti nove konstrukcije, zato je bila njena izdelava terminsko nekoliko daljša. Gradnja se je nadaljevala v smeri opornika 22 desno (smer Razdrto-Vipava). Pomični opažni sistem se je pri oporniku 22 desno prestavil na levo stran in nadaljeval z gradnjo od opornika 22 levo proti oporniku 0 levo (smer Vipava-Razdrto).

Zaradi strmega pobočnega terena se je vsa gradnja desne prekladne konstrukcije izvajala z gradbiščne poti na levi strani in od zadaj iz že narejenega dela objekta, leva prekladna konstrukcija pa iz že narejenega desnega objekta. Po izdelavi levega prekladne konstrukcije se je pomični opažni sistem premaknil mimo opornika 0 levo in demontiral (Slika 68), kar je bil

tudi pogoj za dokončanje bočnih delov opornika 0 levo. Vertikalni transport materiala za potrebe izgradnje prekladne konstrukcije je bil opravljen z avtodvigalom.



Slika 67: Pomični opažni sistem postavljen na mestu izdelave prvega takta desne prekladne konstrukcije



Slika 68: Pomični opažni sistem na koncu izdelave 22 takta leve prekladne konstrukcije

4.5.1 Ležišča

4.5.1.1 Splošno

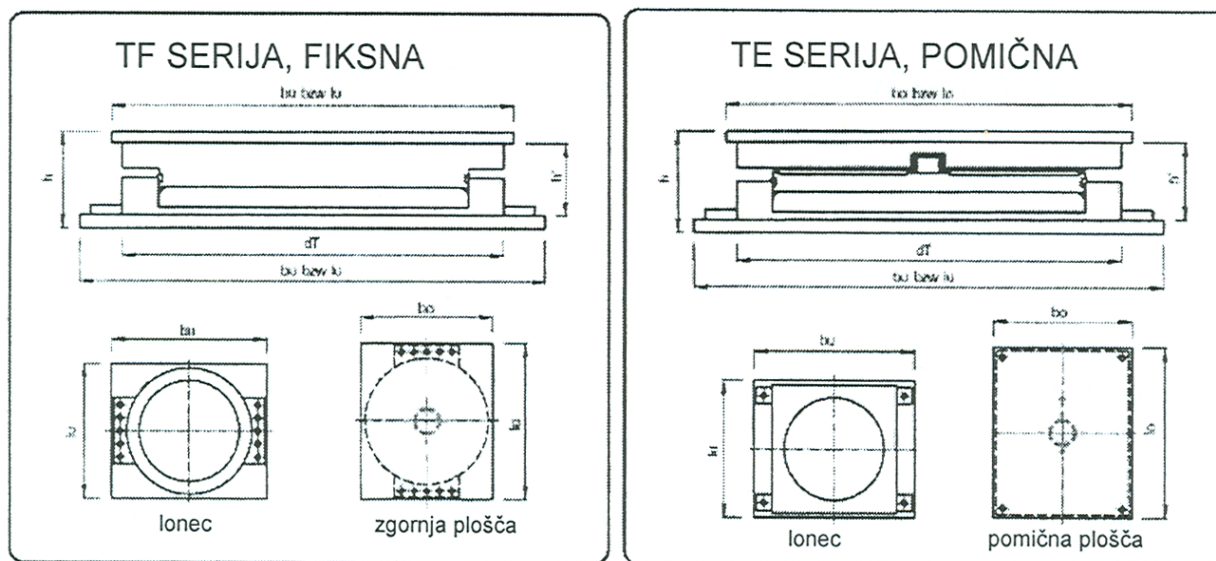
Po namestitvi opaža na mesto izdelave naslednjega takta prekladne konstrukcije sledi vgradnja ležišč.

Ležišče je konstruktivni element, ki omogoča prenos izbranih sil iz prekladne konstrukcije na podpore. Pri tem pa prenaša samo določene sile in momente. Prenos drugih sil popolnoma ali delno izključujemo tako, da omogočajo določene relativne pomike oziroma zasuke. Ležišča omogočajo tudi, da se prekladna konstrukcija in stebri lahko deformirajo tako, kot to zahtevajo različne vrste obremenitev (temperatura, krčenje, lezenje, deformacije zaradi prednapenjanja), ne da bi pri tem nastopile škodljive obremenitve konstrukcije. V tej funkciji nastajajo v ležiščih vsiljene notranje sile, ki so posledica različnih deformacij prekladne konstrukcije in stebrov.

4.5.1.2 Ležišča pri viaduktu Šumljak

Podpore v oseh 4, 5, 6, 7 in 8 so s prekladno konstrukcijo povezane preko ločnih ležišč tipov TF, podpore v ostalih oseh pa so povezane preko ločnih ležišč tipa TE. Ležišča z oznako TF ne dopuščajo pomikov v nobenih smereh, kar pomeni, da prevzemajo vse horizontalne sile. Ležišča z oznako TE dopuščajo pomike le v eni smeri in prevzemajo vse horizontalne sile pravokotne nanjo.

Lončno ali ponvasto ležišče je v osnovi sestavljeno iz dveh glavni elementov: spodaj je jeklen lonec, napolnjen z elastomerom, zgoraj je njegov pokrov. Sestavni deli se od tipa do tipa ležišč razlikujejo, tako da se nekatera ležišča da nadgraditi s strižnimi mozniki ali pa se da namestiti ploščo, tako da so ležišča med gradnjo nepomična - pričvrščena. Zgornji in spodnji del sta, zaradi lažjega transporta in vgradnje, medseboj pritrjena s štirimi vijaki, ki se jih odstrani po končanem delu.



Slika 69: Skice ločnih ležišč

4.5.1.3 Pozicioniranje in nastavitve ležišč

Višino in smer osi ležišč definira projektant. Smeri osi se je označilo na betonski podporni konstrukciji. Načrt lokacije ležišč je bila osnova za njihovo postavitve na pravo pozicijo. Vse oznake in nastavitve so bile upošteevane. Ležiščne osi so bile označene na zgornjem in spodnjem delu ležišča z označenim središčem in so bila poudarjene z rumeno barvo. Ležišča so morala biti pozicionirana tako, da so označbe na ležišču sovpadale s smernimi osmi, označenimi na betonski podporni konstrukciji.

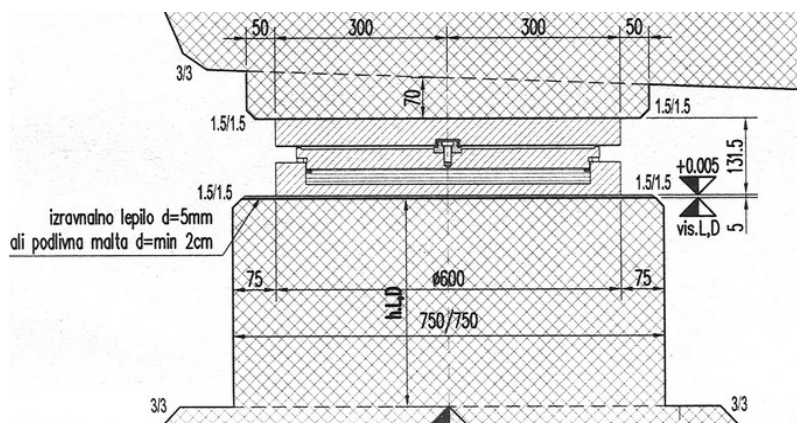
4.5.1.4 Vgrajevanje ležišč

Vgradnja ležišč zahteva posebno pozornost. Skrbna in kvalitetna vgradnja prepreči poškodbe ležišč ter zagotavlja pravilno funkcioniranje teh, kar je pogoj za trajnost, funkcionalnost in ekonomičnost objekta.

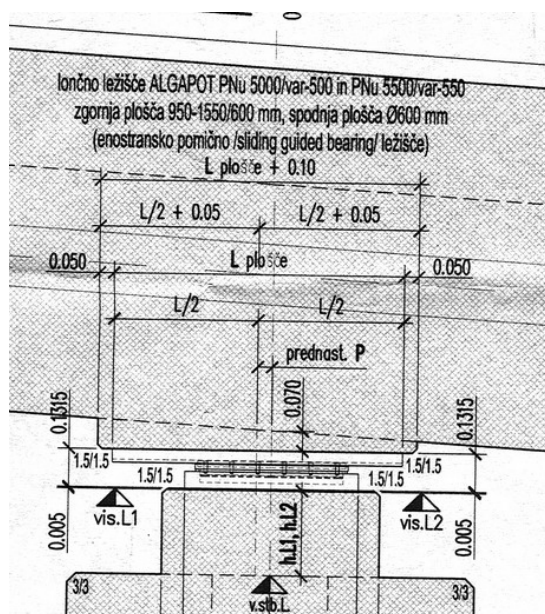
Pri vgradnji spodnjega dela ležišča (lonca z elastomerom) sta bila izvedena dva različna postopka vgradnje.

Vgradnja TE ležišč

Ker ležišča z oznako TE (razen ležišča na oporniku os 0 desno in 22 levo, ki zaradi tehnologije vsebujeta strižne moznike) ne vsebujejo strižnih moznikov, so jih enostavno nalepili na že izvedeno ležiščno blazino na vrhu stebra. Za zlepljenje ležišča z ležiščno blazino se je uporabila epoksi malta SIKADUR, proizvajalec Sika iz Švice. Pri tem je bilo pomembno, da se je zagotovila enakomerna podprtost ležišč na celotni naležni površini. Tako je morala biti betonska površina ležiščne blazine ravna, betonska tekstura pa dobro zgoščena ter brez izboklin.



Slika 70: Detajl vgradnje pomičnih ležišč - prečno



Slika 71: Detajl vgradnje pomičnih ležišč - vzdolžno

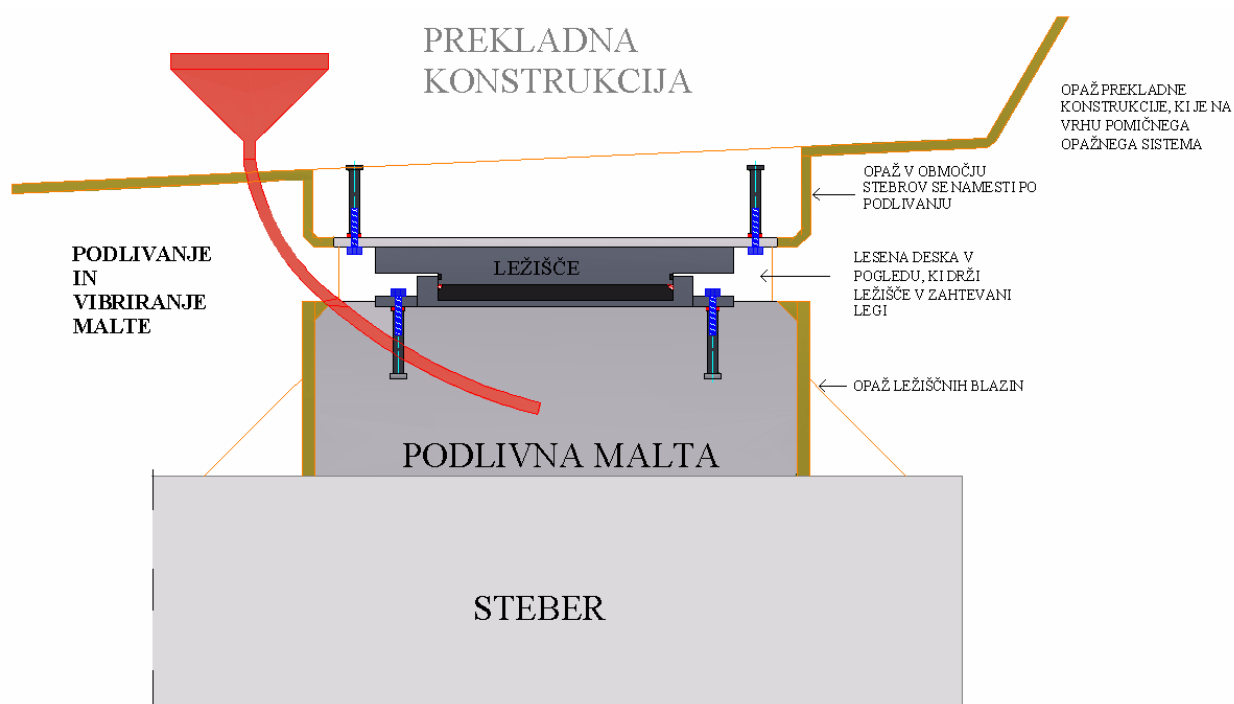
Vgradna TF ležišč

Pri vgradnji ležišč z oznako TF (in TE na oporniku os 0 desno in 22 levo) pa se je zaradi strižnih moznikov, ki jih ima ležišče pod spodnjim delom, skupaj z vgradnjo tega izvedlo tudi ležiščno blazino.

Za vgradnjo ležišč se je najprej izdelalo opaž ležiščne blazine. Projektant zahteva za njihovo izdelavo beton C35/45 (SIST 206-1, 2003 in SIST 1026, 2004).

Za izdelavo ležiščnih blazin se je uporabila podlivna mikroarmirana neskrčljiva malta ALTEX 0-7, proizvajalca TKK Srpenica, ki je ustrezala navedenim zahtevam. Malto se je v prisotnosti tehnologa mešala neposredno na gradbišču, skladno s priloženimi navodili proizvajalca TKK Srpenica.

Ker je višina ležiščnih blazin od ležišča do ležišča različna, se je opaž ležiščnih blazin izdelal za vsako blazino posebej tako, da je višina opaža ustrezala zahtevani višini ležiščne blazine. Da je ležišče stalo v zahtevani legi, se je izvedlo podpiranje zgornje plošče ležišča z lesenimi deskami. Sledilo je podlivanje nameščenega ležišča z malto. Ta se je vlivala v opaž s pomočjo prozorne plastične cevi in lijaka (Slika 72). To je moralo biti pazljivo, da se je preprečilo stekanje malte v ležišče. Najpomembnejši del med podlivanjem je bilo dobro odzračevanje (vibriranje) pod ležiščem (Slika 73), ki se je izvedlo z laboratorijskim vibratorjem. Malto se je ulivalo, dokler odprtina ni zapolnjena približno 1 cm nad najnižjo površino spodnjega dela ležišča.



Slika 72: Skica vgradnje ležišča s strižnimi mozniki



Slika 73: Vibriranje ležiščne blazine

Zgornji del ležišča je bil klasično opažen in kontaktno zabetoniran s prekladno konstrukcijo (Slika 74). Opaž je moral biti postavljen čim bližje ležiščni plošči in odprtina, ki je ostala je morala biti pazljivo zamašena, da cementno mleko ni začelo curljati na vertikalne stranice ležišč. Da se je preprečilo morebitne nagibe in zamike zgornje plošče ležišča, ki bi nastali pod težo betonske mešanice, se je te dodatno podprlo.



Slika 74: Opaženje takta prekladne konstrukcije v območju ležišč

Ko se je beton dovolj strdil, se mora odstranitičasne fiksirane vijake, ki povezujejo lonec ležišča z zgornjo ploščo. Vijake se je odšlo in luknje od vijakov se je zapolnilo s silikonom ali epoksidno smolo. Dostop do vijakov je moral biti zagotovljen tudi po postavitvi opaža in podpor za zgornjo ploščo.

Po odstranitvi opaža se je ležišča očistilo in popravilo vsakršne poškodbe protikorozijske zaščite. Ta dela so morala biti narejena pazljivo, da se je preprečilo nadaljnje poškodbe.

4.5.2 Armatura

4.5.2.1 Splošno

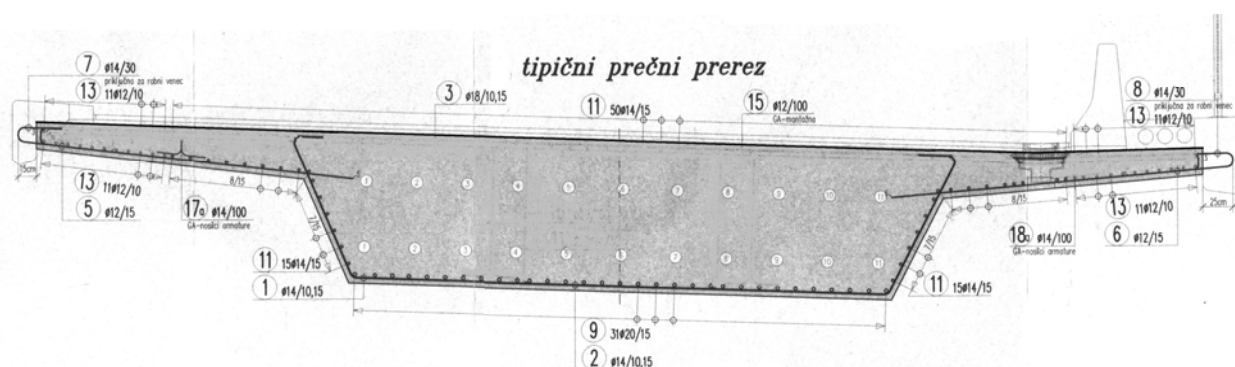
Da se ustvari zanesljiva prednapeta armiranobetonska prekladna konstrukcija, mora projektant predvideti pravilno postavitve armature okoli oboda prečnega prereza prekladne konstrukcije in v območju nad podporo. Pri tem se mora upoštevati, da lega armature ne sme ovirati poteka linij kablov, razporeditev armature v prečnem prerezu pa mora biti taka, da zagotovimo pravilno vgraditev betona. Zagotovljena mora biti dobra sprijemnost med betonom in armaturo ter predvideti je potrebno ustrezen zaščitni betonski sloj.

4.5.2.2 Polaganje armature

Za armiranje prekladne konstrukcije se je uporabila rebrasta armatura, oznake RA 400/500, ki se je enkrat tedensko (za vsak takt posebej) dostavila iz centralne železokrivnice Primorja d.d., ki se nahaja v Ajdovščini. Za izdelavo takta prekladne konstrukcije se je porabilo cca. 20,00 ton rebraste armature. Dostavljeno armaturo se je s pomočjo avtodvigala razložilo na prehodno zabetoniran takt prekladne konstrukcije.

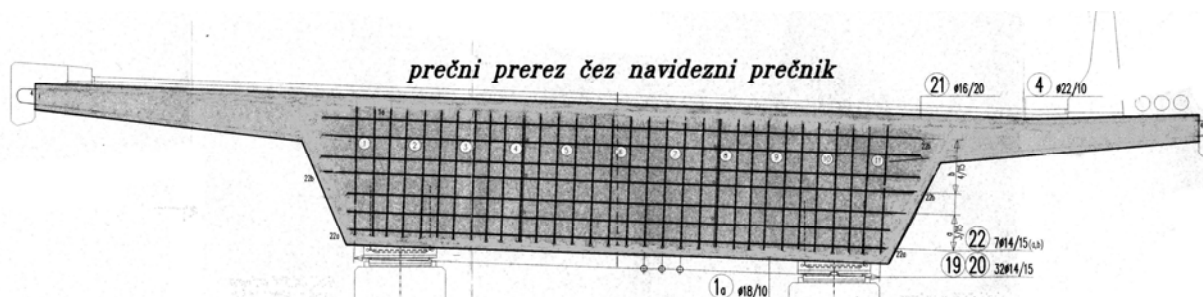
S polaganjem armature se je začelo po prevzemu opaža s strani nadzora in vgradnji ležišč. Da je polaganje armature celotnega takta potekalo kar se da hitro, se je to delo razdelilo na tri faze, in sicer:

- I. faza: polaganje armature po obodu spodnje plošče, poševnih sten in spodnjih stranic konzol (Slika 75). Odmik armature od opaža se je zagotovil z uporabo distančnikov;

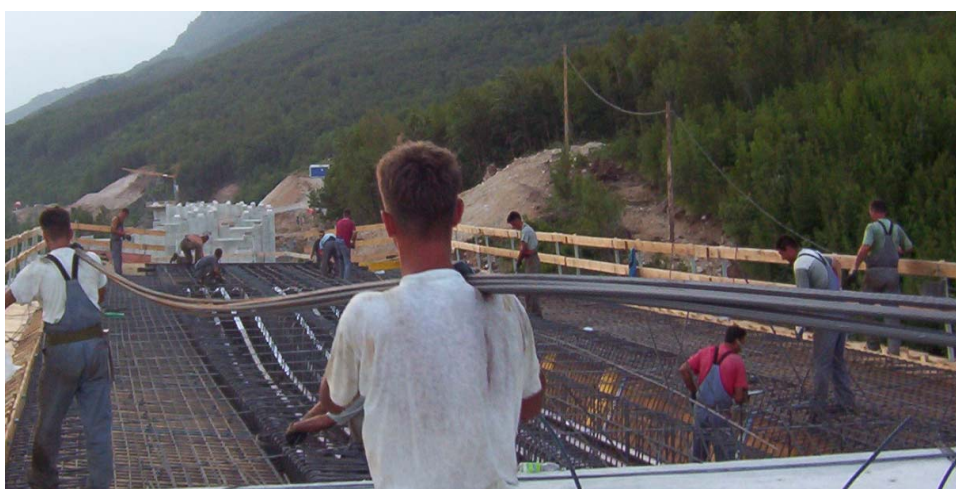


Slika 75: Prikaz položene armature v prvi fazi

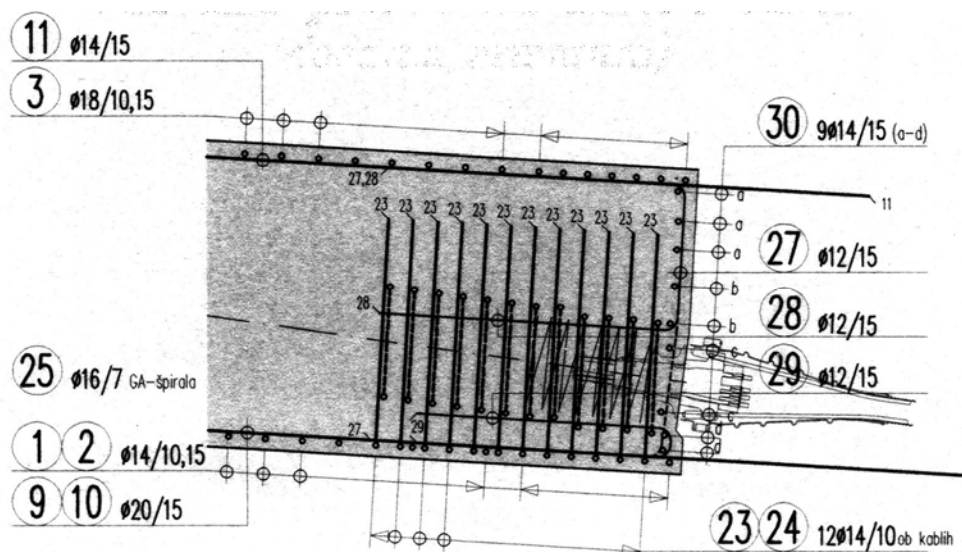
- II. faza: po namestitvi kablov je sledila polaganje armature v območju nad podporami (Slika 76) in postavitve nosilcev zgornje armature (preprečijo upogibanje armature zaradi lastne teže). V tej fazi se je zaradi uvajanja napenjalnih sil, ki nastanejo pri napenjanju kablov, namestilo dodatno armaturo okoli sidrnih tulcev (Slika 78);



Slika 76: Prikaz položene armature v drugi fazi

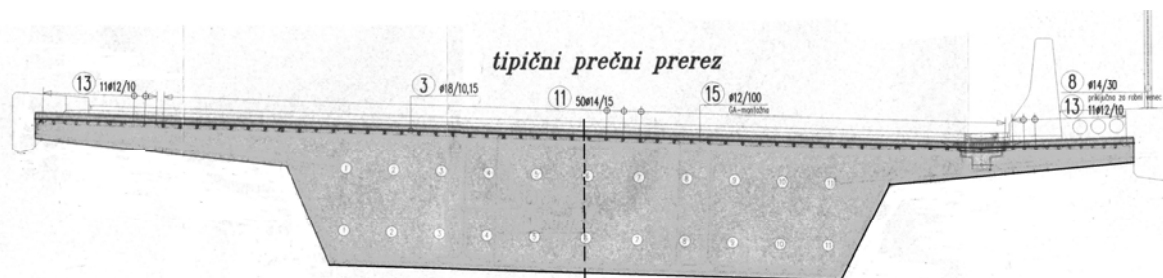


Slika 77: Polaganje armature takta prekladne konstrukcije

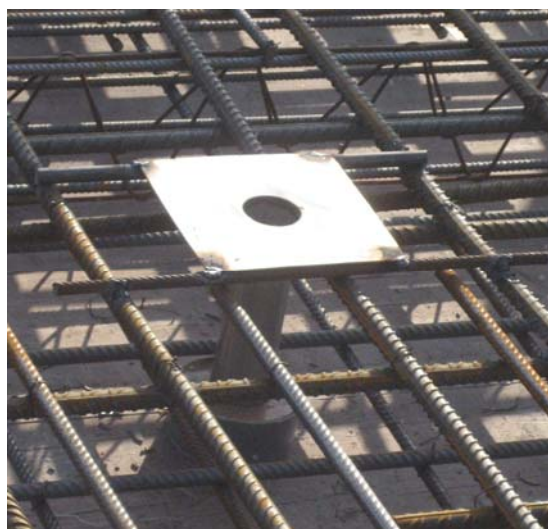


Slika 78: Dodatna armatura za raznos koncentriranih sil prednapenjanja

- III. faza: polaganje zgornje armature (Slika 79), na katero se je privarilo spodnji del izlivnikov (Slika 80) in cevke za pronicujočo vodo (Slika 81).



Slika 79: Prikaz položene armature v tretji fazi



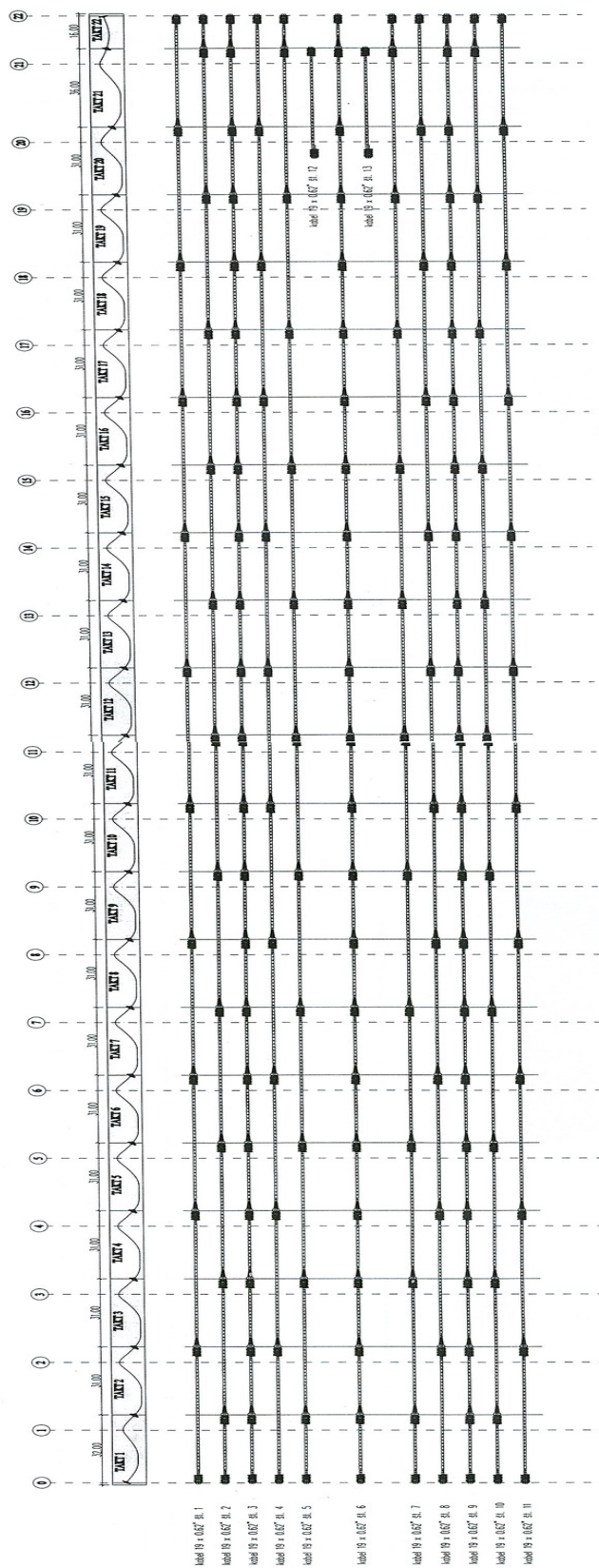
Slika 80: Vgrajena cevka za pronicujočo vodo



Slika 81: Vgrajen spodnji del izlivnika

4.5.3 Postavitev kablov za prednapenjanje prekladne konstrukcije

Prekladna konstrukcija je vzdolžno prednapeta s kontinuirnimi kabli. V vzdolžnem prerezu potekajo kabli parabolično, tako kot potek momentne linije prekladne konstrukcije. Prekladno konstrukcijo se je gradilo v taktih z delovnim stiki v ničelnih momentnih točkah (Slika 82). V njih so obremenitve prekladne konstrukcije najmanjše, zato se prednapeti kabli zaključujejo oziroma izmenično podaljšujejo v naslednje delovne takte.



Slika 82: Shema vzdolžnih paraboličnih kablov

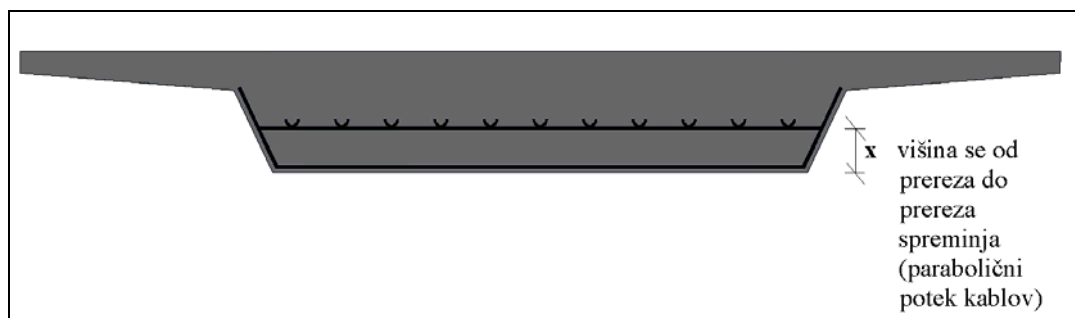
Na viaduktu Šumljak so se uporabili kabli sistema Freyssinet, iz pramena 0,62” ($A_{\text{pramena}}=150 \text{ mm}^2$). Presek kabla šteje 19 pramenov, ($A_{\text{skupno}}=28,50\text{cm}^2$). V prečnem prerezu prekladne konstrukcije tipičnega takta se nahaja 11 kablov oziroma 13 kablov v polju prekladne konstrukcije, ki premošča vodno zajetje v razponu 36,00 m.

Za postavitev kontinuiranih kablov prekladne konstrukcije se je izvajalo naslednje operativne metode:

- postavljanje nosilcev kablov,
- polaganje zaščitnih rebrastih cevi na nosilce kablov,
- vrivanje kablov,
- namestitev pramenov kabla na pramensko spojko.

Postavljanje nosilcev kablov

S postavitvijo nosilcev kablov se je zagotovila linije poteka kontinuiranih kablov (Slika 83). Nosilce kablov se je postavilo in pritrdilo ob armaturo prekladne konstrukcije. Na njih se je privarilo nastavke, na katere se je namestilo zaščitne cevi. Višine nastavkov se je od prereza do prereza spreminjala. Višine so bile določene v PZI načrtih.



Slika 83: Shema nosilcev kablov

Polaganje zaščitnih cevi

Zaščitne narebrane cevi so navite iz kovinskih trakov. Notranji premer cevi je 95 mm. Zaščitne cevi so dobavljive v kosih, dolžine 6,00 m s spojnimi elementi.

Da se je napravilo zaščitno cev določene dolžine, se je dobavljene kose zaščitnih cevi spajalo med sabo s pomočjo spojnih elementov. Nad najvišjim nivojem zaščitne cevi, ki je nad podporo-stebrom, se je montiral posebni elastični nastavek z gibljivo cevjo za odzračevanje. Pri polaganju zaščitnih cevi se je pazilo, da so te pravilno položene in da so zatesnjene tako, da je preprečen udor cementnega mleka med betonažo.

Vrivanje kablov

Prameni se je dobavljalo v kolutih. Vrivanje pramenov se je izvajalo s pomočjo odvijalne kletke za kolute in hidravličnega stroja za vrivanje pramenov.

Pred vrivanjem kabla je bilo potrebno:

- namestiti kolut v odvijalno kletko, ki se je nahajala za hidravličnim strojem za vrivanje kablov,
- na sprednji del pramena natakniti kovinsko konico, da se pramen ni zataknil v zaščitni cevi med vrivanjem.

Ustrezno pripravljen pramen se je s pomočjo hidravličnega stroja za vrivanje pramenov vrinilo v zaščitno cev in nato se ga je odrezalo. Ta postopek se je ponavljalo, dokler se ni vrinilo vseh pramenov posameznega kabla.

Namestitev pramenov kabla na pramensko spojko - podaljševanje kablov

Kabli se zaključujejo oziroma podaljšujejo na koncu takta. Praviloma se kabli izmenično podaljšujejo pri vsakem drugem taktu. Da kable zaključimo oziroma podaljšamo, uporabimo sidrna gnezda (Slika 87 in 88). Ti so sestavljeni iz:

- sidrnega tulca 19C15 (Slika 84),



Slika 84: Sidrni tulec

- napenjalne glave 19C15 (Slika 97),
- zagozd T15 (Slika 98),
- delov za injektiranje (Slika 85).

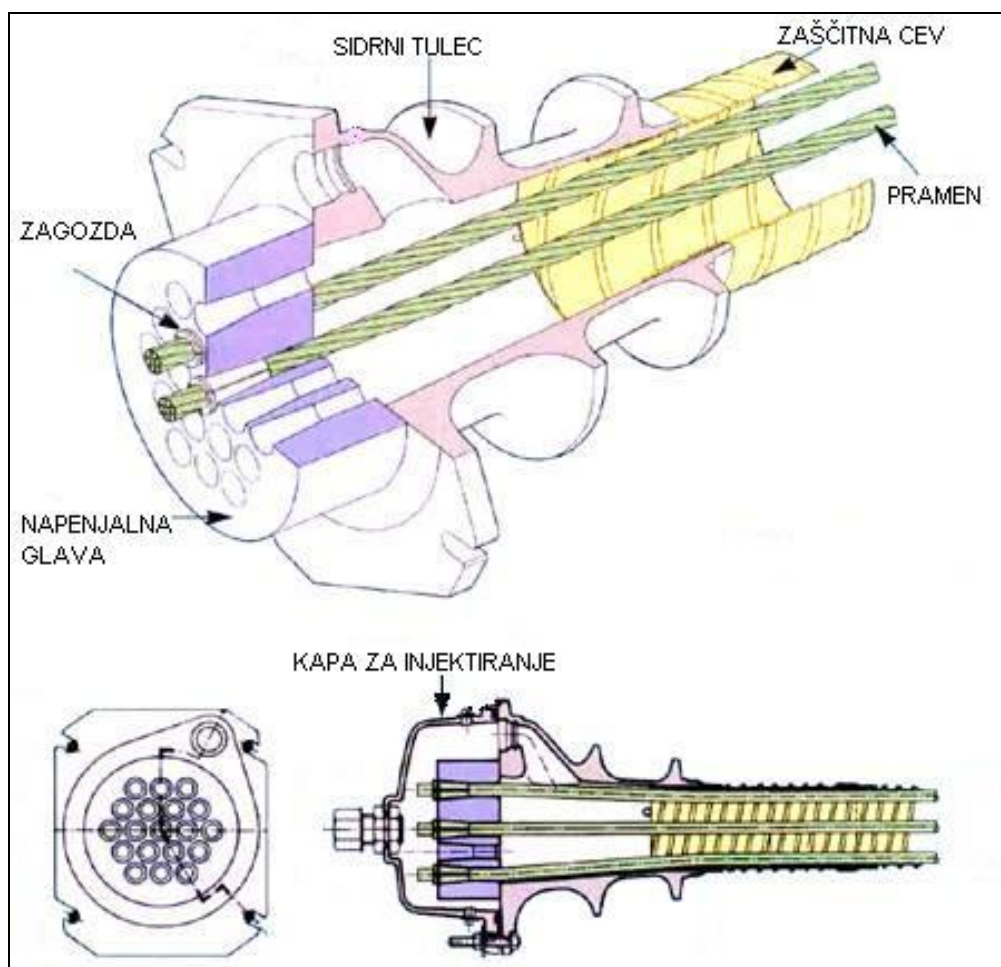


Slika 85: Nameščen plastični del za injektiranje - oddušna cev

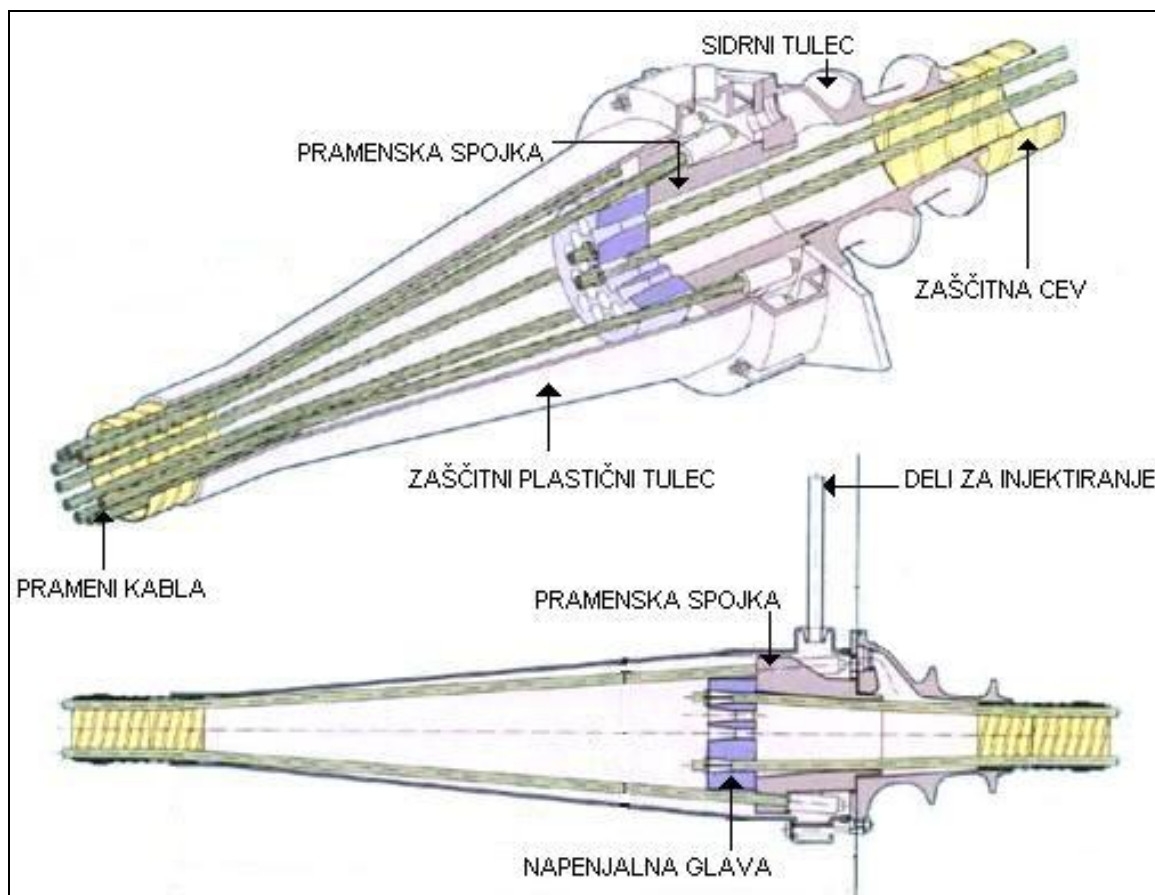
Za spajanje se je uporabilo še pramensko spojko 19C15 (Slika 86) in plastični tulec – zaščita pramenske spojke.



Slika 86: Pramenska spojka



Slika 87: Sidrno gnezdo, ki se uporablja na mestih, kjer se kabli ne podaljšujejo



Slika 88: Sidrno gnezdo, ki se uporablja na mestih, kjer se kabli podaljšujejo

Kable se je podaljševalo tako, da se je na pramensko spojko namestilo ustrezno opremljena pramen, s čimer se je blokiral pramen kabla in preprečilo izvlek kablov med napenjanjem.

Za izvedbo podaljševanja kablov je bilo potrebno:

- na koncu zaščitne cevi pustiti cca. 70 cm štrleče dolžine pramena,
- namestiti zaščitni plastični tulec na koncu zaščitne cevi (cca. 70 cm od konca pramenov),
- zagotoviti delovni prostor cca. 2,00 m² za spajanje, kjer ni priključne armature za naslednji delovni takt.

Najprej se je na sprednji del pramena pritrdilo kovinski čep, sledila je namestitev pramena na pramensko spojko. Ta postopek se je ponavljal dokler niso namestili vseh pramenov okoli

pramenske spojke. Na koncu se je povleklo zaščitni plastični tulec čez pramensko spojko in se ga je ustrezno pritrdilo. Stik med zaščitno cevjo in zaščitnim plastičnim tulcem se je zatesnilo z lepilnim trakom.



Slika 89: Podaljševanje kablov prekladne konstrukcije

4.5.4 Betoniranje takta prekladne konstrukcije

Prečni prerez prekladne konstrukcije je ploščati prednapeti betonski gredni nosilec z obojestranskimi konzolami. Betoniranje segmenta prekladne konstrukcije je potekalo v eni fazi. V skladu s projektom objekta in tehničnimi in tehnološkimi pogoji se je za prekladno konstrukcijo uporabil beton z lastnostmi C35/45, XF3 in PV-II (SIST 206-1, 2003 in SIST 1026, 2004). Preostale karakteristike za beton pa so bile predpisane v Projektu betona za viadukt 6-4/1, Šumljak.

Priprava in transport betona

Betonske mešanice se je proizvodila v betonarni GRADIS HB 100 v Lažah, last družbe Primorje d.d. Zmogljivost betonarne znaša 35,00 m³/h. Transport betona iz betonarne do mesta vgraditve se je vršila z avtomešalci za beton. Razdalja, ki so jo za to prevozili, je znašala 10,00 km.

Pri vgrajevanju betona v prekladni konstrukciji viadukta se je uporabljalo dve mobilni betonski črpalke, različnih karakteristik, in sicer posebej za:

- desni objekt: ker pri betoniranju takta desne prekladne konstrukcije je bilo stojišče betonske črpalke na gradbiščni poti, pod pomičnim opažnim sistemom. Tu se je uporabila betonsko črpalko z razdelilno roko, ki ima v višino doseg 40,00 m in v dolžino 36,00 m;
- levi objekt: betonska črpalka je lahko stala na sosednjem že zgrajenem objektu. Pri tem je zadoščala črpalka z razdelilno roko, ki ima v višino doseg 27,00 m in v dolžino 24,00 m.

V izogib izgube zahtevanih lastnosti na poti od betonarn do mesta vgrajevanja je moral biti sveži beton vgrajen v objekt v najkrajšem času. Ta čas ni smel biti daljši od 1,50 ure od priprave v betonarni. Naknadno korigiranje konsistence svežega betona z dodajanjem vode ni bilo dovoljeno. Če iz nepredvidenih razlogov ni bilo mogoče vgraditi betona preden izgubi zahtevano konsistenco, se je lahko v prisotnosti tehnologa konsistenca betona uravnavala z dodajanjem superplastifikatorja ZETA cementola, proizvajalca TKK Srpenica, ki je bil v ta namen na gradbišču. Opisano dodajanje superplastifikatorja ni bilo možno po preteku maksimalno dovoljenega časa za vgrajevanje.

Pred vgradnjo betona v opaž je bilo potrebno:

- delovni stik temeljito očistiti z izpihovanjem in ga navlažiti. Stopnja navlaženja površine je morala biti maksimalna, nikakor pa ni smela biti mokra ali na njej stoječa voda,
- opaž in armatura se v poletnem času na soncu pregrevata, zato je bilo potrebno pred vgradnjo in med njo hladiti opaž in armaturo z vodno meglo,
- v zimskem času je bilo potrebno z opažev in armature odstraniti led in sneg.



Slika 90: Priprave na betoniranje takta prekladne konstrukcije

Potek vgrajevanja betona v opaž

Vgrajevanje betona se je lahko začelo po predhodno dokončanih in pregledanih opažnih površinah, vgradnji rebraste armature in kablov ter preverjanju vseh detajlov, posebno stikov posameznih opažnih elementov, da se je zagotovila tesnost brez izcejanja cementnega mleka.

Betoniranje enega segmenta prekladne konstrukcije je potekalo v eni fazi. Količina betona za izdelavo enega tipičnega segmenta, dolžine 31,00 m, je znašala 230,00 m³. Betoniranje takta se je izvajalo od spodaj navzgor (smeri Vipava-Razdrto), s čimer se je preprečil horizontalni transport betona. Svežo betonsko mešanico se je v opaž vgrajevalo v slojih katerih, debelina se je gibala od 50,00 do 65,00 cm. Sloj je moral biti primerno zgoščen, da se je zagotovila homogenost brez gnezd, in sicer z izvlačenjem iglastih vibratorjev, od dna navzgor. Pri vgradnji betona se je pazilo, da je transport betona v opaž sledil zgoščevanju in kasnejšemu glajenju vrhnje betonske površine. Dopusna višina prostega pada betonske mešanice, ni smela biti večja od 1,50 m zaradi preprečevanja segregacije betona. Gumijasto cev betonske črpalke se je potisnila pod zgornji sloj armature, s čimer se je preprečila sprijemanje betona z armaturo. Površinska obdelava se je izvajala s vibracijsko letvijo, fino glajenje betonske površine za vibracijsko letvijo pa se je opravila ročno z ostalim običajnim zidarskim orodjem

tako, da je bila zagotovljena primerno ravna in neostra podlaga za kasnejšo izvedbo hidroizolacije (Slika 91). Da ni prišlo do zastojev v najbolj oddaljenih delovnih mestih je bilo potrebno zagotoviti ustrezno kapaciteto opreme, ki se je potrebovala za transport, zgotitev in glajenje betona.



Slika 91: Potek betoniranja takta prekladne konstrukcije

Ukrepi pri pripravi, transportu in vgradnji betona v posebnih vremenskih pogojih

Betoniranje je potekalo neprekinjeno, ne glede na vremenske pogoje. Kljub hladnemu ali vročemu vremenu je bilo potrebno zagotoviti povsem enako kakovost izvedenih betonskih del kot v normalnih pogojih dela. Potrebno je bilo uvesti posebne ukrepe za normalno strjevanje betona.

V zimskem času, ko je temperatura zraka podnevi nižja od 0°C ali ko srednja dnevna temperatura več kot tri zaporedne dni pade pod 5°C , se hidratacija cementa upočasni. V takšnih primerih je bilo potrebno preprečiti zmrzovanje betonske mešanice z uporabo dodatka Cementola B NOVI, proizvajalca TKK Srpenica. V izogib ohladiavam betonske mešanice med vgrajevanjem betona v opaž se je le to izvajalo v času najvišjih dnevnih temperatur. V

poletnem času je najvišja dovoljena temperatura betona ob dostavi 30° C. Ker so se v poletnem času dnevne temperature okolja pogosto dvignile nad 30° C, se je morala vgradnja betona v opaž premakniti na zgodnje jutranje ure. S tem so se izogneli prekoračitvi mejne temperature betonske mešanice. Betonski mešanici se je dodalo kemijski dodatek plastifikator Cementol DELTA EXTRA, proizvajalca TKK Srpenica, ki je učinkoval kot zavlačevalec vezanja cementa in s tem tudi betona.

Zaščita in nega betona

To se je izvajalo:

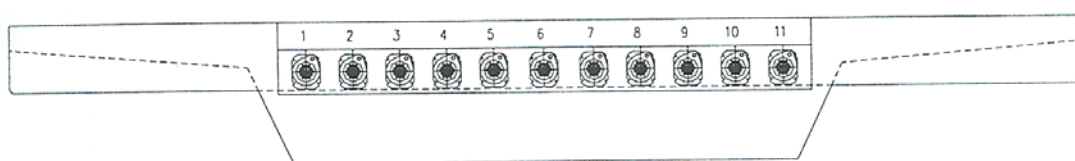
- v jesenskem in pomladanskem času s prekrivanjem betonske površine s filcem,
- v zimskem času se je betonsko površino prekrilo z izolacijskimi materiali (dvakrat sloj filca),
- v poletnem času se je površino premazalo s Kontrasolom 22V, proizvajalca TKK Srpenica ter prekrilo z mokrim filcem (Slika 92).



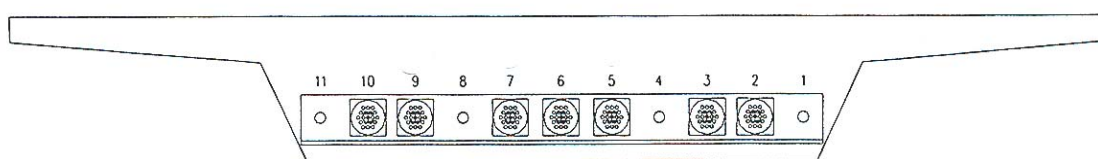
Slika 92: Izvedba zaščite betonske površine v poletnih mesecih pred izgubo vlage

4.5.5 Napenjanje kablov

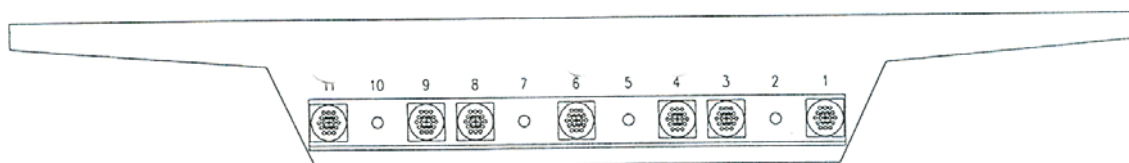
Kabli posamezne takta prekladne konstrukcije se je lahko napelo, ko je dosegel beton 70,00 % končne tlačne trdnosti, predpisane s projektom. Prav tako je bila v projektu določena napenjalna sila, ki je znašala 3520,00 KN in vrstni red napenjanja. Na delovnem stiku se je v tipičnih taktih napelo 7 od 11 kablov (Slika 94 in 95). Napenjanje vseh kablov se je izvajalo enostransko.



Slika 93: Pogled na pozicijo kablov na začetku prekladne konstrukcije



Slika 94: Pogled na pozicijo kablov na koncu neparnih taktov desne prekladne konstrukcije



Slika 95: Pogled na pozicijo kablov na koncu parnih taktov desne prekladne konstrukcije

Za napenjanje se je uporabljala hidravlična črpalka VT (pretok do 6,00 l/min) in hidravlični cilinder CC 500 (500,00 KN) za sistem Freyssinet C (Slika 96). Ta oprema je morala biti predhodno atestirana in umerjena od proizvajalca in ustrezne inštitucije.



Slika 96: Hidravlični cilinder za napenjanje kablov

Pred napenjanjem se na pramena kabla namesti:

- napenjalno glavo: namestito se je tako, da se prameni kabla niso križali med sabo. Če je bilo v isti osi kabla predvideno spajanje kabla naprej v sosednji takt, se je poleg napenjalne glave namestito še pramensko spojko;



Slika 97: Napenjalna glava

- zagozde: nataknilo se jih je na vsak pramen kabla posebej, nato pa se jih z napenjalko porine v stoščaste odprtine, ki so na napenjalni glavi;



Slika 98: Zagozde

- napenjalko: s pomočjo žerjava se jo je dvignilo in namestilo na šop pramenov, ki so segali iz napenjalne glave.

Napenjanje se je izvršilo v skladu z elaboratom za napenjanje kablov za viadukt Šumljak, v katerem so bile navedene napetosti, pritiski in pripadajoči raztezki, ki jih je bilo treba upoštevati.

Napenjanje se je izvajalo tako, da se je s pomočjo hidravličnega cilindra vleklo ven pramen kabla (Slika 99). Kabel se je napelo z enim ali večjim številom hodov bata. Ves čas napenjanja se je izvajalo merjenje izvlečka. Napenjalno silo se je določila na osnovi pritiska, odčitane na manometru hidravlične črpalke.



Slika 99: Napenjanje kablov

4.5.6 Injektiranje kablov

Splošno

Osnovna naloga injektiranja kablov je zapolnitev praznih prostorov med zaščitno cevjo in prameni s injekcijsko maso. S tem se zagotovi trajnost prednapete betonske konstrukcije. Injekcijska masa je sestavljena iz veziva dodatka za nabrekanje in vode. Receptura injekcijske mase mora biti predhodno preiskana in potrjena s strani laboratorija pooblaščen inštitucije. Med vsakim injektiranjem se izvajala kontrola parametrov, ki vplivajo na kakovost injekcijske mase.

Injektiranje

Pred injektiranjem je bilo potrebno:

- odrezati konici kablov: štrleča pramena se je odrezalo cca. 2 cm od zagozd;

- namestiti injektirno kapo (Slika 100): na napenjalno glavo oziroma na pramensko spojko se je namestila injektirna kapa s pripadajočim tesnilnim obročem za varovanje izlitja injekcijske mase. Injektirno kapo se je namestilo tako, da je bila odprtina za namestitev cevke za injektiranje na vrhu;
- izpihati zaščitne rebraste cevi s komprimiranim zrakom.



Slika 100: Nameščene injektirne kape med injektiranjem

Injektiranje se je izvedlo v najkrajšem možnem času po napenjanju kablov. Za pripravo mešanice se je uporabljala naprava za injektiranje, ki je sestavljena iz mešalca, rezervoarja in črpalke (Slika 101). Potek injektiranja se je izvajal neprekinjeno z enakomerno hitrostjo z najnižje ležeče točke kabla takta prekladne konstrukcije. Injektiranje je potekalo tako dolgo, dokler na oddušnih cevkah, ki se nahajajo na najvišjih točkah (nad podporami), ni začela iztekati injektirna masa pravilne konsistence. Sledilo je zaprtje oddušnih cevk in nato še nekaj časa črpanje pod nizkim pritiskom, s katerim se je še malo povečal tlak v injekcijski masi. S tem se je preverila tesnost zaprtja oddušnih cevi. Po tej kontroli se črpalka izključi, cevke za injektiranje pa se zapre.



Slika 101: Naprava za injektiranje

Pred injektiranjem kablov v zimskem ali poletnem času, je bilo potrebno izvesti meritve temperature betonske površine takta prekladne konstrukcije in okolice. Temperaturni pogoji za normalno injektiranje so:

- temperatura injekcijske mase in objekta v intervalu med $+5^{\circ}\text{C}$ in $+25^{\circ}\text{C}$,
- temperatura okolice med $+5^{\circ}\text{C}$ in $+30^{\circ}\text{C}$.

Če izmerjene temperature niso bile v predpisanih mejah, je bilo potrebno neposredno ob območju injektirane cevi, z določenimi ukrepi, zadrževati temperaturo na določen interval vsaj še nekaj časa po injektiranju.

4.6 PRESTAVITEV POMIČNEGA OPAŽNEGA SISTEMA IZ DESNE NA LEVO STRAN VIADUKTA

Prestavitev pomičnega opažnega sistema z desne na levo stran viadukt je bila izvedena po izdelavi 22. takta desne prekladne konstrukcije. Poleg prestavitve se je moralo pomični opažni sistem še zavrteti za 180° . To je povzročalo zaradi omejenega prostora dodatne težave.

Demontažo in montažo pomičnega opažnega sistema se je opravila s posebnim avtodvigalom, nosilnosti 400,00 ton (Slika 102). Pomičnega opažnega sistema se ni razstavilo popolnoma, temveč se je celotno jekleno konstrukcijo razstavilo na nekaj delov, z masami od 30,00 do 88,00 ton. S tem se je skrajšal čas demontaže in ponovne montaže celotnega pomičnega opažnega sistema. Po prestavitvi pomičnega opažnega sistema na levo stran viadukta se je začela 671,00 m dolga pot navzgor, in sicer do opornika 0 levo.



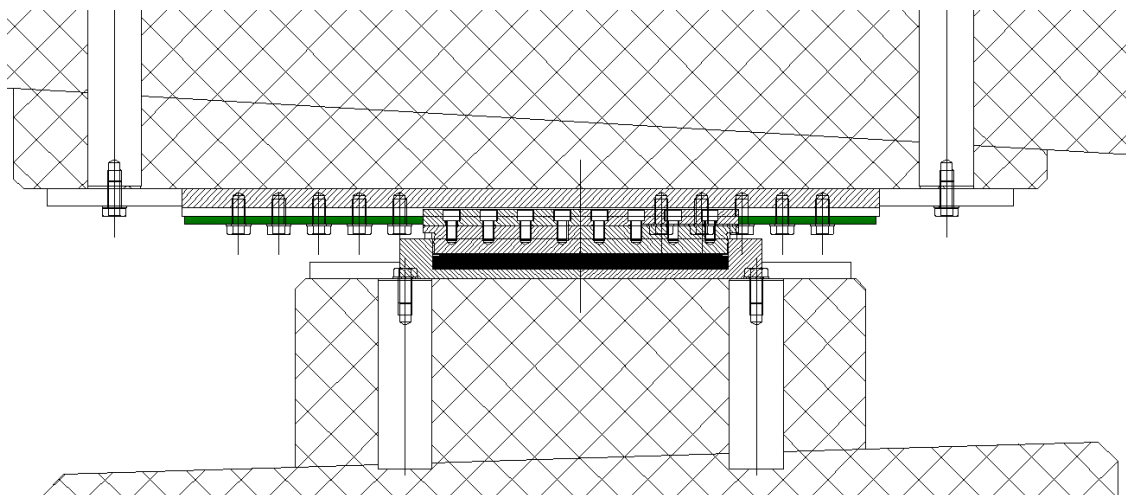
Slika 102: Premontaža dela pomičnega opažnega sistema

4.7 POSEBNOSTI

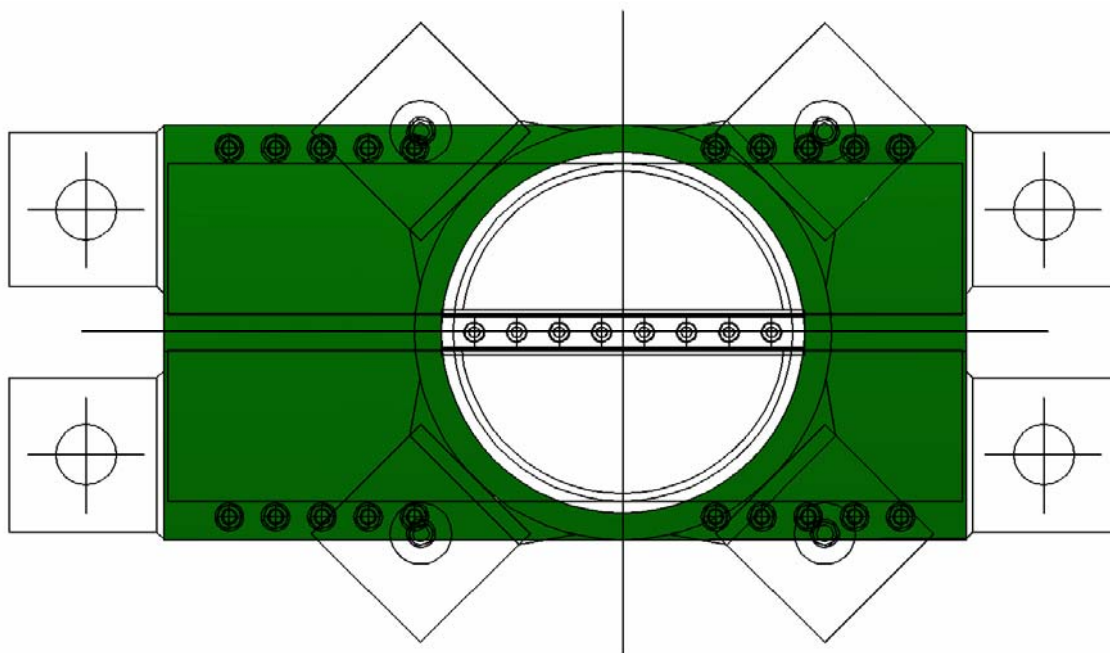
4.7.1 Uporaba ležišč, ki zagotavljajo stabilnost objekta med gradnjo

Ko je potekala gradnja prekladne konstrukcije, glede na vzdolžni nagib navzdol, je bilo potrebno uporabiti pričvrščena ležišča za pridržanje pred nekontroliranim zdrsom prekladne konstrukcije. Podobna težava se je pojavila tudi, ko se je prekladna konstrukcija gradila navzgor. Tu pa bi lahko prišlo do drsenja prekladne konstrukcije, ki bi bilo nasprotno smeri poteka gradnje.

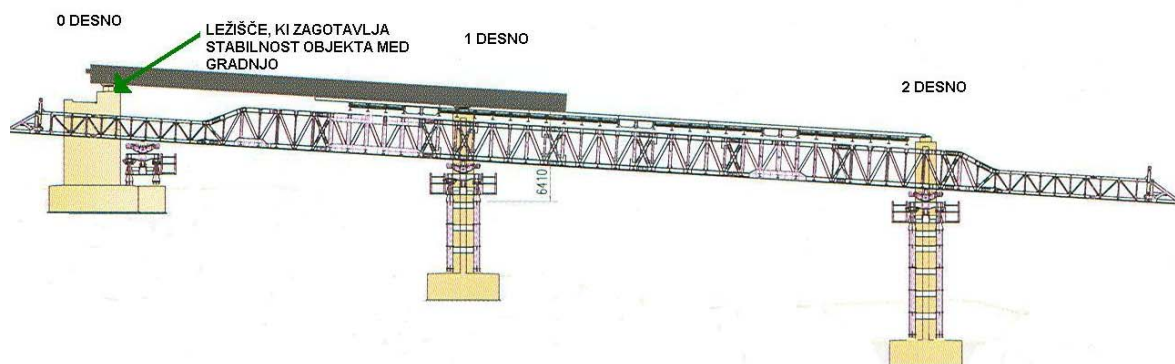
Pri viaduktu Šumljak je prekladna konstrukcija na večini stebrov drsno vpeta, v sredini viadukta pa fiksno vpeta. Zato se je med gradnjo ležišča, na oporniku os 0 desno in 22 levo, začasno pričvrstilo (Slika 103,104 in 105).



Slika 103: Detajl vgradnje začasno pričvrščenega ležišča-vzdolžno. Z zeleno barvo je označena jeklena plošča s katero se je zagotovilo, da je bilo ležišče v času gradnje nepomično-pričvrščeno.



Slika 104: Tloris začasno pričvrščenega ležišča. Z zeleno barvo je označena plošča s katero se je doseglo, da je bilo ležišče v času gradnje nepomično.



Slika 105: Pogled na pričvrščeno-nepomično ležišče v času gradnje desne prekladne konstrukcije

Tako je bil krajni opornik v osi 0 desno oziroma 22 levo, pri objektu prva fiksna točka v fazi gradnje do faze, ko je prišla prekladna konstrukcija na prvi steber z nepomičnim ležiščem v osi 4 desno oziroma 8 levo. Opornika sta morala prevzeti horizontalne sile, ki so nastale v fazi gradnje zaradi sile trenja na pomičnih ležiščih. Ko je bila prekladna konstrukcija zgrajena do prve podpore z nepomičnim ležiščem, se je pri ležiščih v osi 0 desno oziroma 22 odstranilo jeklene plošče in s tem so nepomična ležišča postala vzdolžno pomična.

5 ČASOVNI POTEK

Izdelava enega polja prekladne konstrukcije je potekala kot tehnološko sklenjena celota, kot delovni takt. Za izdelavo celotne prekladne konstrukcije je bilo potrebno izvesti 44 delovnih taktov in sicer 22 za desno in prav toliko za levo prekladno konstrukcijo. Od tega jih je bilo 38 tipičnih delovnih taktov, dolžine 31,00 m. Preostali, med katere štejemo prvi takt, ki premošča vodno zajetje Šumljak, in zadnji takt za vsako prekladno konstrukcijo posebej, pa so nekoliko drugačni.

Izdelava prvega delovnega takta na desni prekladni konstrukciji se je začela junija 2003, zadnji takt, na levi prekladni konstrukciji, pa se je izdelal julija 2004. Iz tega se vidi, da se je v dobrem letu izdelalo skupno 1342,00 m prekladne konstrukcije, kar znaša od 100,00 do 130,00 m izdelane prekladne konstrukcije na mesec. Pri tem je že upoštevan čas za premontažo pomičnega opažnega sistema in izpadi dela zaradi muhastega vremena, zlasti burje. Za celotno Vipavsko dolino je značilna sunkovita burja, ki doseže hitrost tudi nad 150,00 km/h. Pri takih pogojih pa je zelo težko delati, predvsem pa je nevarno za delavce, ki svoje delo opravljajo na izpostavljenih mestih. Gradnja prekladne konstrukcije na viaduktu Šumljak je bila zagotovo izpostavljena sunkom burje. V teh primerih je bilo potrebno ustaviti izvajanje del.

5.1 TEDENSKI DELOVNI TAKT

Gradbena operativa stremi k cilju, da bi dosegla tedenski delovni takt, v katerem se izdelava polje prekladne konstrukcije. Če se hoče doseči tedenski delovni takt, se morajo dela na polju prekladne konstrukcije začeti v ponedeljek in betoniranje takta izvršiti najkasneje v petek popoldne. S tem se doseže, da se napenjanje kablov izvrši v ponedeljek zjutraj.

Da se je na viaduktu Šumljak dosegalo zastavljen tedenski plan dela, se je moralo delo začeti ob 7⁰⁰ in končati ob 17⁰⁰, to je veljalo za vse delovne dni v tednu. V soboto pa se je delalo od 7⁰⁰ do 15⁰⁰. Dela so potekala po naslednjem vrstnem redu:

Preglednica 1: Terminski plan dejavnosti izdelave tipičnega takta prekladne konstrukcije

DAN	ČAS	DELO
PONEDELJEK	7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	napenjanje kablov
	9 ⁰⁰ -9 ³⁰	sprostitev jarma
	9 ³⁰ -13 ³⁰	spuščanje, razdvajanje, vzdolžni pomik in ponovna združitev pomičnega opažnega sistema
	13 ³⁰ -15 ³⁰	smerna in višinska nastavitve opaža v prisotnosti geodeta
	15 ³⁰ -17 ⁰⁰	čiščenje, krpanje opaža in premaz opaža z opažnim olje
	15 ³⁰ -17 ⁰⁰	vgradnja ležišč
TOREK	7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	klasično opažanje v območju okoli stebra in na koncu konzol
	9 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	polaganje armature po obodu spodnje plošče, poševnih sten in spodnjih stranic konzol
	9 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	nameščanje čelne zapore na koncu takta
	11 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	premestitev in namestitev jarma
	13 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	injektiranje kablov predhodno zabetoniranega takta
	13 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	demontaža jeklene podpore za pomičnim opažnim sistemom
SREDA	7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	polaganje armature po obodu spodnje plošče, poševnih sten in spodnjih stranic konzol
	7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	montaža jeklene podpore na steber pred pomičnim opažnim sistemom
	9 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	namestitev nosilcev kablov
	11 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	namestitev zaščitnih cevi
	13 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	vrivanje kablov
ČETRTEK	7 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	namestitev pramenov kabla na pramesko spojko-podaljševanje kablov
	7 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	namestitev vozičkov na vrh prečnih nosilcev jeklenih podpor
	9 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	polaganje armature v območju nad podporo
	13 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	polaganje zgornje armature
PETEK	7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	priprave na betoniranje
	8 ⁰⁰ -16 ⁰⁰	betoniranje takta prekladne konstrukcije
	16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	nege betonske površine
SOBOTA	7 ⁰⁰ -8 ³⁰	demontaža čelne zapore na koncu takta
	8 ³⁰ -10 ³⁰	priprave za napenjanje kablov
	7 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	postavitev varnostne ograje na koncu konzol (prečni prerez prekladne konstrukcije) zabetoniranega takta

Z doseganjem tedenskega takta pri izdelavi polja prekladne konstrukcije se celotna gradnja premostitvenega objekta skrajša in poceni, saj je tedenski terminski plan dela zastavljen tako, da vse dni v tednu optimalno izrabimo tako, da se proste dni izkoristi za staranje betona. S tem so vsi potrebni viri optimalno izkoriščeni.

Iz različnih vzrokov se lahko zgodi, da tedenski plan izdelave takta ni dosežen. Če se betonerska dela zavlečejo, se zamakne termin za napenjanje kablov, saj beton nima zahtevane trdnosti. To vpliva na zakasnitev vseh ostalih del, zaradi česar je potrebna prerazporeditev delavcev na druga delovišča. Za obvladovanje opisanih nezaželenih zamud je zato nujno imeti rezervni načrt.

6 ZAKLJUČEK

Viadukt Šumljak se je gradil v istem času kot viadukt Črni Kal, zato je bil med gradnjo medijsko manj odmeven. Objekt je tehnično izjemno zahteven. Uporabljena tehnologija gradnje prekladne konstrukcije se v Sloveniji le redko uporablja. Pot do nastanka viadukta Šumljak je olajšalo dobro sodelovanje med izvajalci in projektanti pri reševanju konstrukcijskih in tehnoloških problematik. Že z dogovorom med projektiranjem se je doseglo, da se je prekladna konstrukcija gradila po enotni tehnologiji pomičnega opažnega sistema, kar je pripomoglo k boljšemu časovnem in finančnem izkoristku pri gradnji.

Uporaba pomičnega opažnega sistema je primerna za dolge in zahtevno oblikovane premostitvene objekte. Na predstavljanem primeru se je izkazalo, da je za uspešno uporabo te tehnologije potrebno poznavanje številnih detajlov.

7 VIRI

Avsec, S. 2003. Načini gradnje premostitvenih objektov v Sloveniji. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Smer operativno gradbeništvo: 69 f.

Doka opažni katalog. 2004. Amstetten, Doka: 315 str.

Dolenjska avtocesta: odsek Malence-Šmarje-Sap. 1992. Ljubljana, Ministrstvo za promet in zveze RS: 65 str.

Fotografije gradnje viadukta Šumljak: Vili Batič in Iztok Likar (Primorje d.o.o.).

Geološko geomehansko poročilo: Viadukt: 6-4/1, Šumljak. 2001. Ljubljana, Geod d.o.o.

Gradnik, L. 1992. Viadukt Reber. Gradbeni vestnik 5-6-7-8: str. 111-114.

Interni arhiv. 2002-2004. Ajdovščina, Primorje d.d.

Kajdič, Ž. 1992. Tehnologija gradnje viadukta Reber. Gradbeni vestnik 5-6-7-8: str. 115-121.

Katalog proizvodov. 2005. Trzin, Sika d.o.o.- Slovenija: 95 str.

Likar, I. in Markelj, V. 2004. Viadukt Šumljak - gradnja s potujočim opažem. V: Saje, F in Lopatič, J. (ur.). Zbornik 26. zborovanja gradbenih konstrukterjev Slovenije. Bled, Festivalna dvorana, 28.-29. oktober 2004. Ljubljana, Slovensko društvo gradbenih konstrukterjev: str. 43-50.

Markelj, V. in Pipenbaher, M. 1996. Gradnja mostov v Sloveniji. Gradbeni vestnik 45: str. 266-277.

Movable scaffolding system

http://www.nrsas.com/pages/projects/mss_proj_ol.asp (14.11.2007).

Navodila za uporabo in vzdrževanje pomičnega opažnega sistema. 2003. Brescia, Guerini Elio S.r.l.: 45 str.

Novak, G. 2006. Priprava operativnega plana za gradnjo premostitvenih objektov s sistemom postopnega narivanja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Smer operativno gradbeništvo: 63 f.

Označevanje betonov skladno s SIST EN 206-1 in SIST 1026. 2005. Ajdovščina, Primorje d.d.: 4 str.

Petelin, A. 2003. Betoniranje v vročem in suhem vremenu. Gradbenik 7-8: str. 40-43.

Pržulj, M. 2004. Cestni premostitveni objekti in galerije. V: 7. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20-22, oktober 2004. Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije d.o.o.

SODOC - Smernice za projektiranja premostitvenih cestnih objektov. 1997. Ljubljana, Ministrstvo za promet in zveze RS: 93 str.

Projekt betona za Viadukt 6-4/1, Šumljak - Prekladna konstrukcija, vozišče in ostalo. 2003. Ajdovščina, Primorje d.d.: 12 f.

Tehnološko ekonomski elaborat: Viadukt 6-4/1, Šumljak - Temeljne grede in stebri. 2002. Ajdovščina, Primorje d.d.: 19 f.

Tehnološko ekonomski elaborat: Viadukt 6-4/1, Šumljak - Prekladna konstrukcija. 2003. Ajdovščina, Primorje d.d.: 14 f.

Tehnološko ekonomski elaborat: Most Dobra - Navodila za vgradnjo ležišč. 2002. Ajdovščina, Primorje d.d.: 13 f.

Tehnološko ekonomski elaborat: Viadukt 6-4/1, Šumljak - Napenjanje. 2003. Ajdovščina. 2003. Primorje d.d.:12 f.

Tehnično poročilo za objekt 6-4/1, Viadukt Šumljak. 2002. Maribor, Inženirski biro Ponting d.o.o. : 6 f.

Tehnološko ekonomski elaborat: Viadukt 6-4/1, Šumljak - Ureditev gradbišča. 2003. Ajdovščina, Primorje d.d.: 7 f.

TKK Srpenica

<http://www.tkk.si> (14.11.2007).

TSC 07.106 (predlog, julij 2001) - Ležišča premostitvenih objektov. 2001. Ljubljana, Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste: 21 str.

The C Range post-tensioning System

<http://www.freyssinet.co.uk/getpdf.php?id=20> (14.11.2007).

Viadukti in mostovi na slovenskih avtocestah. 2003. Celje, DARS: 164 str.

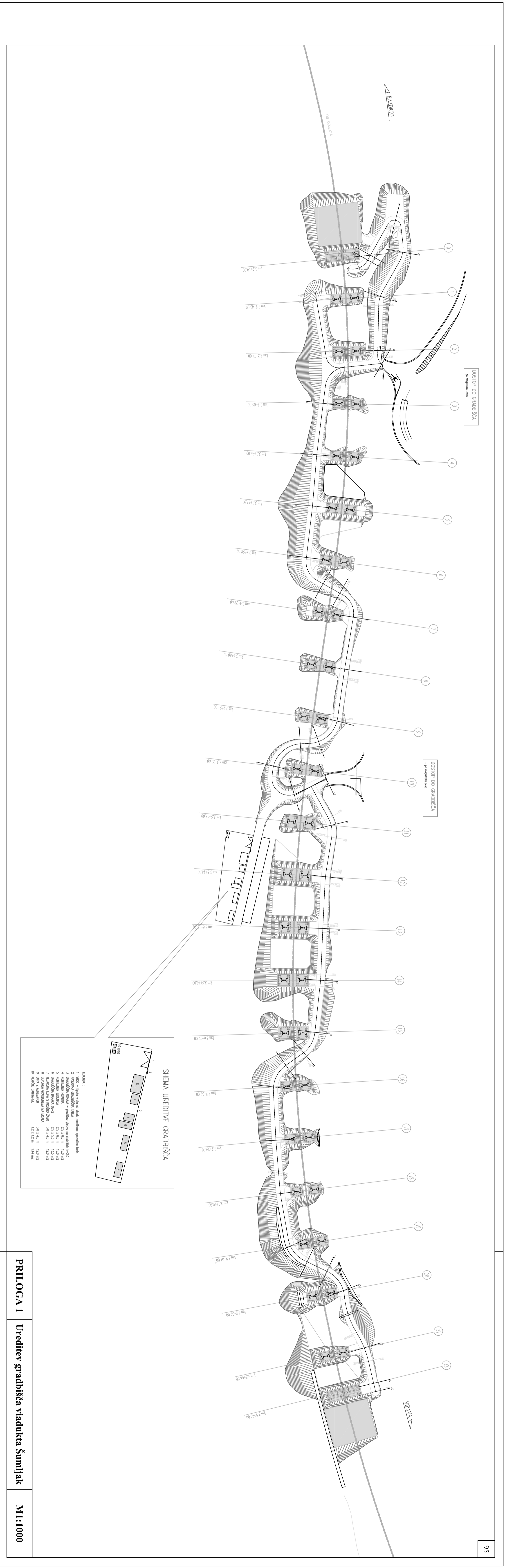
Viadukt 6-4/1, Šumljak: Elaborat napenjanja kablov desnega objekta. 2003. Maribor, Inženirski biro Ponting d.o.o.:12 f.

Viadukt 6-4/1, Šumljak: Elaborat o organizaciji gradbišča. 2002. Maribor, Inženirski biro Ponting d.o.o.: 4 f.

Viadukt 6-4/1, Šumljak: Gradbeni načrti faza PZI. 2002 Maribor, Inženirski biro Ponting d.o.o.

Zajc, I. 2003. Tehnološko ekonomski elaborat: Viadukt 6-4/1, Šumljak - Opaž voziščne plosče, Kranj: 15 f.

PRILOGE



PRILOGA I Ureditev gradbišča viadukta Šumiljak

M1:1000