

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 strokovni študij
gradbeništva, Smer operativno
gradbeništvo

Kandidat:

Kristjan Mugerli

Stroškovno tehnološka optimizacija izvedbe premostitvenega objekta

Diplomska naloga št.: 371

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **KRISTJAN MUGERLI** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**"STROŠKOVNO TEHNOLOŠKA OPTIMIZACIJA IZVEDBE
PREMOSTITVENEGA OBJEKTA"**.

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

Ljubljana, 2010

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 65.012:69.003.1(043.2)
- Avtor:** Kristjan Mugerli
- Mentor:** doc.dr. Jana Šelih, univ.dipl.inž.grad.
- Naslov:** Stroškovno tehnološka optimizacija izvedbe premostitvenega objekta
- Obseg in oprema:** 57 str., 5 pregl., 16 sl.
- Ključne besede:** premostitveni objekt, tehnologija, predračun, stroški

Izvleček

Diplomska naloga obravnava izgradnjo premostitvenega objekta – viadukta Šumljak, kateri se nahaja na odseku hitre ceste Razdrto – Vipava, ki je bil zaradi terena eden izmed najzahtevnejših odsekov v okviru uresničevanja Nacionalnega programa o izgradnji avtocest v Republiki Sloveniji. Zaradi osi viadukta, ki poteka v obliki "S" krivine je bila z razpisno dokumentacijo predvidena izgradnja viadukta z uporabo dveh različnih tehnologij. Diplomska naloga opisuje primer, ko je izvajalec del v skladu z gradbeno pogodbo predlagal in izpeljal spremembo osnovne rešitve. V želji po zmanjševanju stroškov je uporabil tehnologijo, ki je ustrezala njegovim zmožnostim oskrbe z materiali, opremljenosti in usposobljenosti. Podrobneje je opisana tehnologija izgradnje viadukta z pomičnim opažnim sistemom. Predstavljena sta tudi predračuna osnovne in nove rešitve z medsebojno primerjavo.

V nadaljevanju naloge je izvedena analiza stroškov gradnje in poanaliza izvedbe premostitvenega objekta.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 65.012:69.003.1(043.2)
Author: Kristjan Mugerli
Supervisor: dr. Jana Šelih
Title: Cost and technology optimization of bridge execution
Notes: 57 p., 5 tab., 16 fig.
Keywords: bridge, technology, movable scaffold system, budget, costs

Abstract

The thesis treats the execution of bridge - viaduct Šumljak located on a highway section Razdrto - Vipava, which was one of the most difficult terrain by the National Programme for the construction of motorways in the Republic of Slovenia. Because the axis of the viaduct, which takes the form "S" curve, was in tender documentation provided construction of the viaduct by using two different technologies. The thesis describes a situation where the contractor in accordance with the contract prepare the proposal and execution of the changes on a basic solutions. With the aim to reduce costs, contractor use technology, which is consistent with its options to supply materials, equipment and ability. There is a detail description of the bridge construction with a movable scaffold system and also the presentation of the basic and new cost estimate by comparing with each other.

In the second part of the thesis is make an analysis of construction costs and evaluation of bridge execution.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Jani Šelih in podjetju Primorje d.d. Ajdovščina, ki mi je omogočilo dostop in obdelavo podatkov viadukta Šumljak.

Zahvalil bi se tudi družini, ki mi je v času študija stala ob strani.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilj diplomske naloge	2
1.2	Organizacija in tehnologija gradbenih del	2
1.3	Spremljanje finančne uspešnosti izvedbe del	3
2	OPIS OBJEKTA	5
2.1	Opis trase HC	5
2.2	Opis viadukta Šumljak	6
2.2.1	Geografski in geomorfološki opis terena na območju objekta	6
2.2.2	Geološki pogoji	7
2.2.3	Zasnova viadukta	8
3	VIADUKT ŠUMLJAK – OSNOVNA REŠITEV	9
3.1	Opis konstrukcije	9
3.1.1	Temeljenje	9
3.1.2	Podporna konstrukcija	9
3.1.3	Zgornja konstrukcija	9
3.2	Tehnologija gradnje	11
3.2.1	Vodnjaki	11
3.2.2	Podporna konstrukcija	11
3.2.3	Zgornja konstrukcija	11
3.3	Predračunska vrednost	12

3.3.1	Glavne količine	12
3.3.2	Predračun	12
4	NOVA REŠITEV	15
4.1	Opis konstrukcije	15
4.1.1	Temeljenje	15
4.1.2	Podporna konstrukcija	17
4.1.3	Zgornja konstrukcija	17
4.2	Tehnologija gradnje objekta	18
4.2.1	Pripravljalna dela	18
4.2.2	Zemeljska dela in temeljenje	19
4.2.3	Stebri	25
4.2.4	Krajna opornika	28
4.2.5	Zgornja konstrukcija	29
4.3	Predračunska vrednost	39
4.3.1	Glavne količine	39
4.3.2	Predračun	39
5	PRIMERJAVA OBEH REŠITEV	42
5.1	Primerjava izvedbe temeljenja	43
5.2	Primerjava izvedbe vmesnih podpor	44
5.3	Primerjava izvedbe zgornje konstrukcije	44
5.4	Razlogi za odločitev	46

6	ANALIZA PREDVIDENIH STROŠKOV	47
7.	SPREMLJANJE FINANČNE USPEŠNOSTI IN POANALIZA IZVEDBE	51
7.1	Finančno spremljanje gradnje v Primorju d.d.	52
7.2	Poanaliza gradnje v Primorju d.d.	53
8	ZAKLJUČEK	55
VIRI		56

PREGLEDNICE

Preglednica 1. Predvideni materiali	8
Preglednica 2. Predvidene količine posameznih del	13
Preglednica 3: Opis tipične faze izdelave ene kampade viadukta	36
Preglednica 4: Predvidene količine posameznih del	39
Preglednica 5: Prikaz realizacije in stroškov dveh razlogov	53

SLIKE

Slika 1: Trasa HC z viaduktom Šumljak	5
Slika 2: Tipičen prečni prerez v podpori (rešitev po PZR)	10
Slika 3: Tipičen prečni prerez v podpori (nova rešitev)	16
Slika 4: Vhod na gradbišče	18
Slika 5: Izvedba pilotiranja s strojem BAUER BG 30	21
Slika 6: Zabetonirana glava pilota pred odbitjem nekvalitetnega betona	23
Slika 7: Izvedba temeljne blazine	25
Slika 8: Izvedba stebra	27
Slika 9: Montaža POS	29
Slika 10: Pogled na kljun POS-a	30
Slika 11: Izvedba prve kampade zgornje konstrukcije	31
Slika 12: Delovanje POS-a (vzdolžno)	33
Slika 13: Delovanje POS-a (prečno med premikom)	33
Slika 14: Delovanje POS-a (prečno v fazi betoniranja)	34
Slika 15: Vzдолžni in prečni prerez POS – a	35
Slika 16: Čelna zapora z armaturo in kabli za naslednjo fazo	38

1 UVOD

Osnovni cilj vsakega podjetja, tudi gradbenega podjetja, ki prevzema izgradnjo posameznih gradbenih objektov, stavb ali inženirskih objektov, je poslovna uspešnost podjetja. Tipično vodi gradbeno podjetje več projektov hkrati, ki morajo biti vsak zase stroškovno uspešni. Zato je ključnega pomena, da poskuša izvajalec uporabiti pri gradnji tehnologijo, ki ustreza njegovi opremljenosti in usposobljenosti. Pogosto pa je tehnologija gradnje močno pogojena s projektantsko rešitvijo, kar pomeni, da je izvajalčev vpliv na njeno izbiro omejen.

Gradbene pogodbe, ki se uporabljajo pri izvajanju avtocestnega programa, so pripravljene s pomočjo in uporabo smernic FIDIC. Gre za tipske pogodbe, ki jih uporablja evropsko združenje gradbenih inženirjev (Federation Internationale des Ingenieurs - Conseils). V njih je dopuščena možnost, da izvajalec predlaga določene spremembe, istočasno pa nedvoumno določen protokol sprejetja izvajalčevega predloga. Taka oblika pogodb se pogosto uporablja pri velikih infrastrukturnih objektih (avtoceste, železnice, energetika, komunalna infrastruktura), kjer je ponudnik oziroma izvajalec visoko usposobljen za izvajanje naročenih del. V slovenski zakonodaji omogoča takšen način naročanja Zakon o javnih naročilih (Ur.list RS 128/2006).

V podjetju Primorje d.d. predstavlja sodelovanje in izvajanje del na avtocestnem programu pomembno področje delovanja. Glede na dejstvo, da se avtoceste gradijo po vsej Sloveniji, je tudi organizacija dela v Primorju temu prilagojena. Ustanovljene so delovne enote za izvedbo posameznih odsekov avtocest. Vsaka enota vodi en ali več projektov, za katere si mora prizadevati, da jih uspešno vodi. O poslovni uspešnosti govorimo takrat, ko je projekt končan v postavljenih rokih, s predvidenimi stroški in z realiziranim obsegom. Ob tem naj omenim, da je bistvo uspešnosti projekta tudi zadovoljstvo vseh sodelujočih v projektu, tako naročnika, da se bo tudi v prihodnje obračal na izvajalca, nadzora kakor tudi lokalne skupnosti, s katero je gradbeno podjetje vsakodnevno v stiku zaradi narave svojega dela.

V sklopu Avtocestnega programa Republike Slovenije je bil avgusta 2009 odprt tudi 11 km odsek čez Rebrnice na trasi HC Razdrto – Vrtojba.

Na pododseku Razdrto – Podnanos je Primorje d.d. zgradilo Viadukt Šumljak 6 – 4/1.

Viadukt omogoča spuščanje hitre ceste iz smeri Razdrtega proti Podnanosu preko strmega področja Rebernic. Dvojni ločeni pobočni viadukt premošča pobočje z grapami, cestami in vodnim zajetjem na višini od 0 do 20 m, pri čemer je bilo potrebno na dveh mestih opraviti tudi manjše izkope pobočja. Zagrajeno vodno pobočje se v celoti premešča.

1.1 Namen in cilj diplomske naloge

Na podlagi javnega razpisa je naročnik DARS d.d. oddal naročilo izgradnje viadukta Šumljak podjetju Primorje d.d.. Pogodba je bila podpisana na osnovi PZR projektne dokumentacije, ki je predvideval izgradnjo Viadukta Šumljak s kombinacijo dveh tehnologij, in sicer narivanja in gradnje na nepomičnem odru. V skladu s pogodbenimi določili je Primorje predlagalo naročniku spremembo tehnologije izgradnje in sicer s tehnologijo pomičnega opažnega sistema.

Namen diplomske naloge je primerjava – analiza prvotne rešitve iz PZR dokumentacije in nove rešitve, na osnovi katere je Primorje d.d. izdelalo PGD in PZI dokumentacijo. Izgradnja Viadukta Šumljak s tehnologijo pomičnega opažnega sistema je v kakovosti in trajnosti najmanj enakovreden objekt, delovno pa manj intenziven in za izvajalca del predstavlja cenovno ugodnejšo rešitev. V sklepnem delu diplomske naloge sem pripravil končno cenovno analizo z ugotovljenimi odstopanji.

S takšnim pristopom, ki temelji na inženirskem znanju, lahko izvajalsko podjetje zagotovi, da se njegovi projekti zaključijo uspešno tudi v zaostrenih tržnih razmerah.

1.2 Organizacija in tehnologija gradbenih del

Organizacija dela je relativno mlada znanstvena disciplina. Pojavila se je šele na začetku dvajsetega stoletja, čeprav so se spoznanja o pomenu organizacije dela zbirala že od prvih procesov pridobivanja materialnih dobrin. Pojem organizacije je tesno povezan s cilji in rezultati, ki jih človek s svojim delom želi doseči. Cilj organizacije dela je povezava delovnih

procesov in operacij v takšni meri, ki omogoča izvedbo nekega dela s čim manjšimi delovnimi napori, v čim krajšem času in s čim manjšimi stroški.

V gradbeništvu se organizacija dela v marsičem razlikuje od organizacije proizvodnje v industriji, ki poteka serijsko in v zaprtih prostorih. Gradbeni objekti so običajno unikatni, dela pa se izvajajo na prostem in so zaradi tega neposredno odvisna od vremenskih razmer. Poleg tega se v delo na objektih vključuje veliko število kooperantov za obrtniška in instalacijska dela. Tehnologija in način gradnje sta določena in predstavljata dodatno zahtevo za dobro organizacijo del.

Sodobne metode organizacije dela so še posebej pomembne za izvajanje zahtevnih objektov doma in v tujini, saj vlada na gradbenem trgu velika konkurenca, ki zahteva nizke cene in kratke roke izvedbe objekta ter s tem dobro organizacijo dela.

Z dobro organizacijo dela se skušamo izogniti nepredvidljivim situacijam in improvizacijam, ki takšnim situacijam sledijo. Prav razlike v organizaciji dela ter opremljenosti gradbenih organizacij so pogosto vzrok velikih odstopanj tako v cenah proizvodov in gradbenih storitev kot v časovnih možnostih izvedb.

Z izbere optimalne tehnologije gradnje za posamezen konstrukcijski element objekta dosežemo, da je objekt izdelan kvalitetno (zagotovljeni morajo biti vsi ukrepi za kakovost), čim bolj racionalno (v okviru razpoložljivih sredstev), ter v najkrajšem času.

1.3 Spremljanje finančne uspešnosti izvedbe del

Za finančno spremljanje objektov smo v Primorju d.d. razvili prilagodljiv računalniško podprt sistem v razvojnem orodju Magic. GIPS je računalniško podprt informacijski sistem, ki rešuje vse aktivnosti potrebne za:

- izdelava ponudb s presojami,
- obvladovanje tehnologije na osnovi stroškov,
- planiranje potrebnih virov,
- izdelavo eksternih situacij,

- izdelavo situacij dejansko izvedenih del in
- primerjavo rezultatov.

Na osnovi internih normativov in faktorjev nadgradnje izdela oddelek za kalkulacije ponudbo v programu GIPS. Sledi komercialna obdelava ponudbe in oddaja ponudbe naročniku.

V primeru uspešnosti ponudbe, ki je najprej odvisna od pravilnosti ponudbe v njenem administrativnem delu (potrebno je priložiti vse zahtevane dokumente: registracijo podjetja, podatke o nekaznovanosti, podatke o finančnem stanju, bančno garancijo za resnost ponudbe, itd.) in komercialnem delu, kjer odloča cenovna ugodnost, izbrani ponudnik dobi pismo o izboru. V primeru, da na postopek izbora ni ugovorov ostalih sodelujočih na razpisu, lahko naročnik in izbrani izvajalec podpišeta pogodbo.

Po podpisu gradbene pogodbe sledi uvedba v delo, kjer je poleg predstavnikov naročnika in izvajalca prisoten tudi nadzorni organ, ki se v besedilu vzorca pogodbe katere uporablja DARS imenuje Inženir. V skladu s pogodbenimi določili je potem izvajalec dolžan dostaviti bančno garancijo za dobro izvedbo pogodbenih obveznosti, predati tehnookonomski elaborat (TEE), imenovati odgovornega vodjo del, prevzeti zakoličbo na terenu, itd.

Po potrditvi TEE sledi pričetek del, kjer potem izvajalec vzpostavi svojo lastno organizacijo. V primeru večjega obsega del, kot je izgradnja viadukta, je na gradbišču stalno prisoten vodja gradbišča, obračunski tehnik, ter potrebno število delovodij.

Za spremljanje finančne uspešnosti del je poleg dobrega vodenja in organizacije del najpomembnejši obračun del, ki ga opravlja obračunski tehnik.

Na gradbišču obračunski tehnik vnese mesečne izvedene količine za posamezne postavke. Na osnovi tega se izdela pogojena eksterna situacija, mesečna eksterna situacija (eksterne količine), dejanski stroški (dejansko izvedene količine) in kumulativna situacija.

Primerjava kalkuliranih stroškov izvedenih količin z dejanskimi stroški se vrši preko programa FIRIS. Ta program uporabljajo v računovodstvu in končni izdelek tega programa je poslovni rezultat projekta.

2 OPIS OBJEKTA

2.1 Opis trase HC

Odsek 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.



Slika 1: Trasa HC z viaduktom Šumljak

V okviru uresničevanja Nacionalnega programa izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji je bilo do leta 2009 zgrajeno 29,50 km od skupaj 40,10 km te hitre ceste. Potrebno je bilo zgraditi še 10,60 km dolg odsek preko Rebernic, ki je del hitre ceste od Razdrtega do Vipave.

Ta je predstavljal 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 bilo potrebno prestaviti oziroma zgraditi več gozdnih poti, ki prečkajo traso hitre ceste v podvozih. Prečkanje pobočja Barnic in pobočja Tabora je izvedeno v dveh dvocevni 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.

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

2.2 Opis viadukta Šumljak

2.2.1 Geografski in geomorfološki opis terena na območju objekta

Viadukt Šumljak omogoča spuščanje hitre ceste iz smeri Razdrtega proti Podnanosu preko strmega pobočja Rebernic. Poteka v zgornjem delu osrednjega dela spusta hitre ceste od Razdrtega proti Vipavski dolini v smeri jugovzhod – severozahod, vzporedno z obstoječo cesto, v oddaljenosti 10,00 m do 60,00 m. Iz smeri Razdrtega preide trasa 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 se nahaja vodno zajetje Šumljak, po katerem je viadukt dobil ime. To je glavni vodni vir vodovoda Lozice-Podnanos-Lože, ki oskrbuje okrog 2.000 prebivalcev.

2.2.2 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 štirje karakteristični sloji oziroma področja, to so pobočni grušči, 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.

2.2.3 Zasnova viadukta

Viadukt tvorita dva ločena objekta dolžine 671 m 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 20,00 m, pri čemer je potrebno na dveh mestih opraviti tudi manjše izkope pobočja. Zagrajeno vodno zajetje ostaja nedotaknjeno. Os ceste na objektu poteka v "S" krivini z radiji in s prehodnicami ($R=759,00$ m, $A=250,00$ m, $A=-340,00$, $R=-1000,00$ m). 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 zahtevam s skupno širino 21,08 m, po katerem poteka hitra cesta z 2 krat po 2 prometnima pasovoma brez odstavnih pasov.

Preglednica 1. Predvideni materiali

oporniki, temeljenje	beton C 25/30, vodotesni
prekladna konstrukcija	beton C 40/45, XC 4
hodniki in venci	beton C25/30, XC 4, XF 4
stebri	beton C 35/40, XC 4, vodotesni beton
jeklo za prednapenjanje	visokovredno jeklo 1570/1770 Mpa z zelo nizko relaksacijo <2.5% pri 1000 urah in $0.7\sigma_m$
klasična armatura	rebrasta armatura RA 400/500 Mpa

3 VIADUKT ŠUMLJAK – OSNOVNA REŠITEV

3.1 Opis konstrukcije

3.1.1 Temeljenje

Osnovna rešitev (podana v PZR) je predvidevala temeljenje z izvedbo vodnjakov krožnega prereza z notranjim premerom 6,0 m. Vodnjaki pod stebri, ki prevzemajo horizontalno silo v vzdolžni smeri, so temeljeni v flišu do globine 26,0 m, ostali vodnjaki so globine 5,0 m.

3.1.2 Podporna konstrukcija

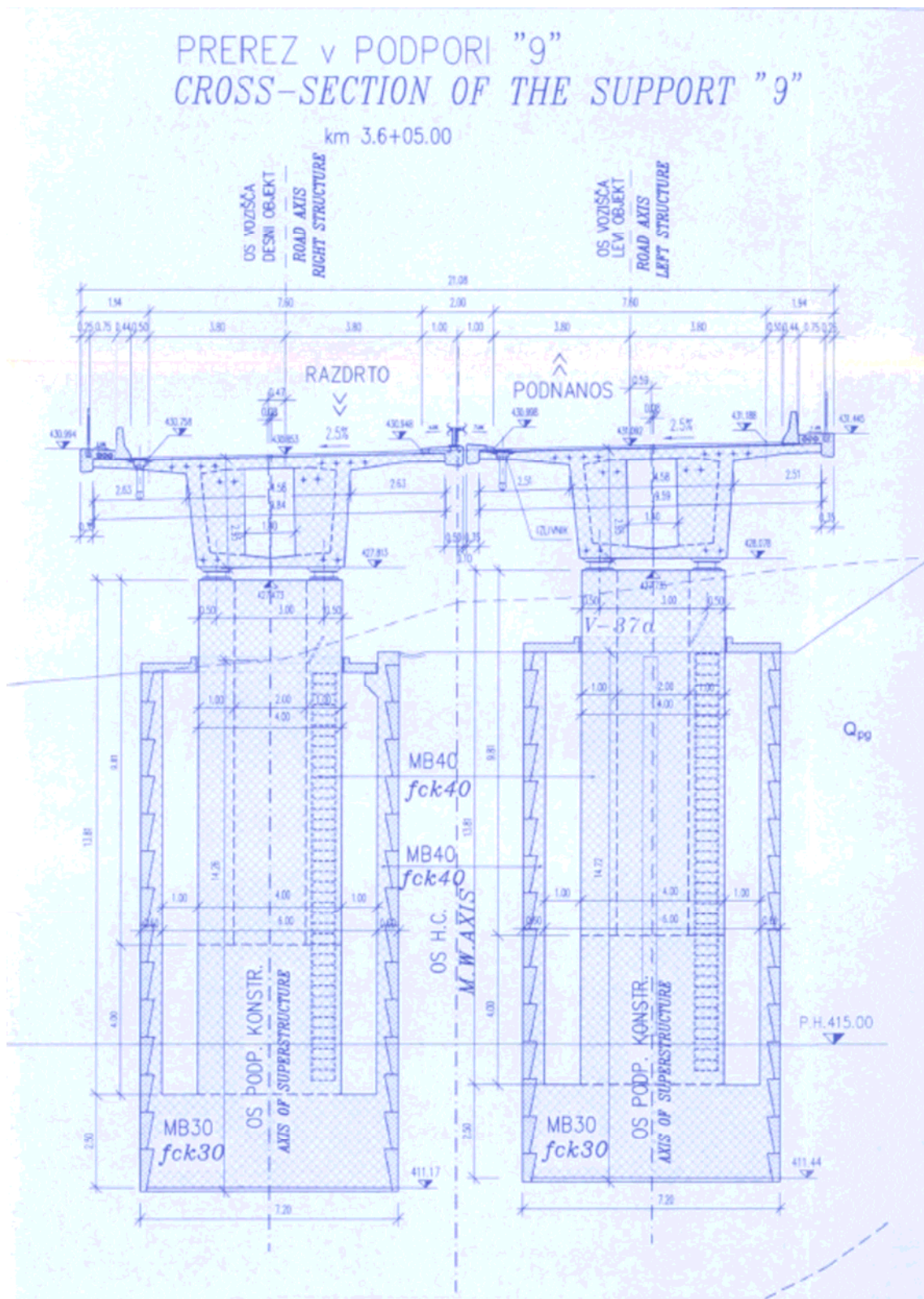
Vse podpore so predvidene s stebri "I" prereza. Stebri podpor 5,6,7 in 8 so debeline 140 cm, ostali pa debeline 130 cm. Vsi stebri so široki 4,0 m. Prečno horizontalno silo razpanske konstrukcije v prečni smeri prevzemajo vsi stebri in krajne podpore, vzdolžno horizontalno silo pa stebri 5,6,7 in 8. Ker je prekladna konstrukcija med stebri 5 do 8 predvidena kot gradnja na odru, so ti stebri polnovpeti v prekladno konstrukcijo.

3.1.3 Zgornja konstrukcija

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



Slika 2: Tipičen prečni prerez v podpori (rešitev po PZR)

Voziščna plošča je široka 9,84 m na levem objektu in 9,95 m na desnem objektu. Spodnja plošča je široka največ 4,10 m. Višina nosilca je 3,0 m in je omejena zaradi vodnega zajetja Šumljak, ki leži tik ob krajni podpori v smeri Podnanos. Pri večji višini preklade bi bili potrebni večji izkopi v zaledno pobočje. Voziščna plošča je spremenljive debeline: pod robnim vencem je debelina 22 cm, nad steno nosilca pa 40 cm. Spodnja plošča je prav tako spremenljive debeline: ob steni nosilca je 40 cm na sredini pa 25 cm. Debelina sten nosilca je 40 cm. Nad podporami je nosilec ojačan s prečnikom, ki služi kot deviator za zunanje kable.

3.2 Tehnologija gradnje

3.2.1 Vodnjaki

Razpisna dokumentacija predvideva kopanje vodnjakov v zelo gostem in zbitem grušču, zato se v plitvih vodnjakih izkop štiti z torkret betonom in armaturnimi mrežami, v globljih vodnjakih pa se zaščita izkopa med gradnjo izvaja z armiranimi obroči, višine 1,0 m, ki imajo trapezen presek. Na dnu vodnjaka se po končanem izkopu zabetonira temeljna plošča debeline 2,5 m. Končna zaščita sten vodnjakov se izvede z armiranobetonskim plaščem debeline 30,0 cm, razen pri krajnih opornikih, kjer je vodnjak zapolnjen v celoti z betonom.

3.2.2 Podporna konstrukcija

Maximalna višina stebrov je bila predvidena 32,0 m merjeno iz dna vodnjaka. Betoniranje in opažanje stebrom naj bi se izvajalo s pomočjo plezajočega opaža.

3.2.3 Zgornja konstrukcija

Zaradi vijačenja in pečnega sklona na objektu, celotne dolžine razpanske konstrukcije ni bilo možno zgraditi s tehnologijo narivanja. Zaradi tega je potrebna kombinacija dveh tehnologij, in sicer bi se del prekladne konstrukcije med podporami 0 in 9 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. Postavitev narivne postaje na krajni podpori št.15 bi predstavljala veliko količino izkopov v območju vodnega zajetja Šumljak.

Poleg tega je že samo narivanje ob vzdolžnem padcu 5,90 % izredno zahtevno, saj mora biti zaradi tega oprema za narivanje 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 dveh kompletov opaža, veliko opreme za podpiranje in veliko prostora za manevriranje z opremo. Posledica tega je angažiranih več delavcev in mehanizacije. Za potrebe tehnologije gradnje na nepomičnem odru bi bilo potrebno izdelatičasne vmesne podpore, temeljene na pilotih, katere je potrebno po končani gradnji odstraniti – porušiti.

3.3 Predračunska vrednost

3.3.1 Glavne količine

V primeru izvedbe Viadukta Šumljak kot je bilo predvideno v PZR dokumentaciji, bi bilo potrebno izvesti sledeče glavne količine:

OPAŽ:	50.134,00 m ²
BETON:	20.183,00 m ³
BETONSKO JEKLO:	2.116,14 ton
JEKLO ZA PREDNAPENJANJE:	250,20 ton

3.3.2 Predračun

V preglednici 2 so prikazane glavne količine znotraj posameznih vrst del, ki sestavljajo skupni predračun. Pogodbena vrednost izgradnje Viadukta Šumljak je bila **9.112.500,00 EUR** (brez DDV). Pogodba določa, da se obračun pogodbenih del izvaja po sistemu "ključ v roke",

razen temeljenja, kjer se dela obračunavajo po sistemu "enotnih cen in potrjenih količin iz gradbene knjige".

Pogodbena cena zajema tudi izdelavo PGD – PZI dokumentacijo, dodatne geološke raziskave za potrebe izvedbe tehnične dokumentacije ter vsa pripravljalna dela vključno z gradbiščno infrastrukturo.

Preglednica 2. Predvidene količine posameznih del

Tehnična dokumentacija		
PGD, PZI, PID projekti	1,00	kos
SKUPAJ VREDNOST	250.000,00	EUR
Pripravljalna dela		
Pripravljalna in zaključna dela	1,00	kos
SKUPAJ VREDNOST	180.000,00	EUR
Zemeljska dela in temeljenje		
Širok izkop z notranjim transportom	8.010,00	m3
Pogrezanje – izkop vodnjakov III. – IV.ktg	16.485,00	m3
Izvedba torkret betona	3.160,00	m2
Opaž prstana (armiranega obroča)	6.560,00	m2
Opaž prstana (stena vodnjaka)	6.000,00	m2
Beton za izvedbo prstana in stene	4.080,00	m3
Beton za izvedbo talne plošče in polnilni beton	3.436,00	m3
Betonsko jeklo	557,24	ton
SKUPAJ VREDNOST	2.450.000,00	EUR

se nadaljuje...

... nadaljevanje

Stebri in oporniki		
---------------------------	--	--

Opaž stebrov	6.035,00	m2
Opaž opornikov	920,00	m2
Beton stebrov	2.296,00	m3
Beton opornikov	412,00	m3
Betonsko jeklo	382,65	ton
	602.500,00	EUR
Zgornja konstrukcija		
Nosilni oder za gradnjo na odru (floris)	7.607,00	m2
Izvedba s tehnologijo narivanja brez opaža	5.422,00	m2
Opaž za gradnjo na odru	14.809,00	m2
Opaž pri gradnji s tehnologijo narivanja	12.775,00	m2
Opaž robnih vencev	3.035,00	m2
Beton za izgradnjo zgornje konstrukcije	9.485,00	m3
Betonsko jeklo	1.176,25	ton
Jeklo za prednapenjanje	250,20	ton
Dobava in vgradnja ležišč	48,00	kos
Dobava in vgradnja dilatacije D 600	42,50	m1
SKUPAJ VREDNOST	5.230.000,00	EUR
Zaključna dela		
Horizontalna hidroizolacija vozišča	13.057,00	m2
Izdelava NEW JERSEY vmesne odbojne ograje	1.374,00	m1
Dobava in montaža JVO - dvostranski	687,00	m1
SKUPAJ VREDNOST	400.000,00	EUR
SKUPAJ VREDNOST	9.112.500,00	EUR

4 NOVA REŠITEV

Zaradi prilagoditve izvedbe del na tehnologijo po izboru izvajalca, racionalizacije dela, lažjega doseganja predpisane kakovosti je izvajalec predlagal spremembo tehnološke zasnove. Predlagane spremembe bi lahko strnili v naslednje točke:

1. Statična zasnova nosilne konstrukcije se je iz škatlastega prereza spremenila v ploščati nosilec preko 22 polj. Razpon se s tem zmanjša iz 45m na 31m.
2. Spremenil se je način temeljenja in sicer se temeljenje izvede s piloti.
3. Za celoten viadukt je uporabljena enotna tehnologija gradnje.

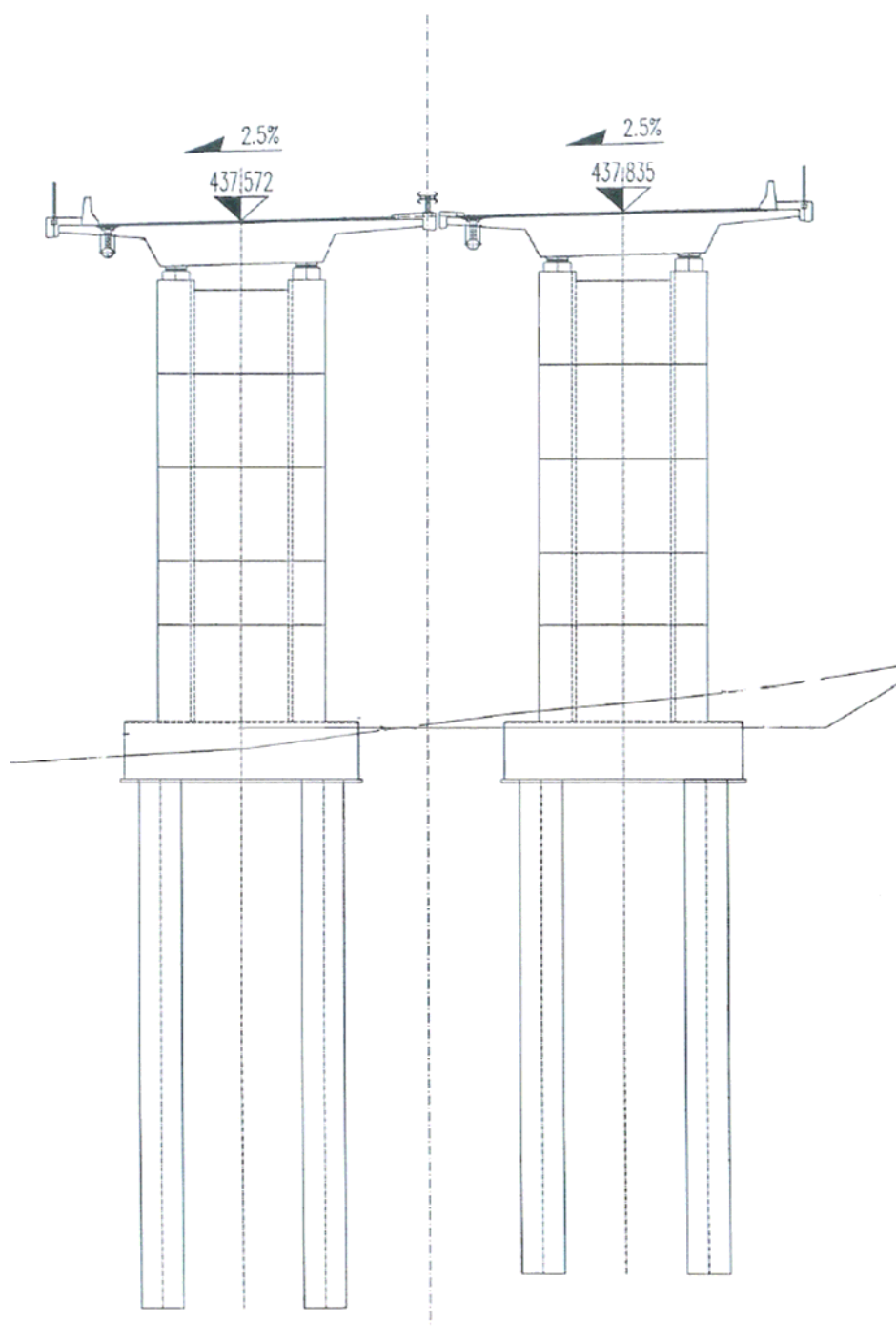
4.1 Opis konstrukcije

4.1.1 Temeljenje

Glede na spremenjeno zasnovo glede prenosa vertikalnih sil (razponi), kakor tudi horizontalnih sil (podpore in ležišča) se je izvedlo temeljenje na pilotih.

Temeljenje na pilotih predvideva, da se tipična podpora na razponu 31m z drsnim ležiščem v vzdolžni smeri podpre z štirimi pilotoma d 118cm. V oseh 1 – 3 in 9 – 21 je na vrhu 4 armiranobetonskih pilotov temeljna blazina 4,80m * 6,50m višine 1,80m, v oseh 4 – 8 je dimenzija blazine 6,50m * 6,50m višine 2,50m. Za temeljenje opornikov v oseh 0 in 22 se je nad piloti izvedlo temeljno blazine dimenzij 6,00m * 6,50m, višine 1,80m.

V primeru lokalno večjih pobočnih pritiskov ali nestabilnosti prečno na objekt je mogoče z blazino povezati pilote obeh viaduktov (ker so v istih oseh) in s tem pridobiti veliko prečno togost in odpornost na prečne obtežbe. Če bi se pokazalo, da piloti iz katerega koli razloga niso sprejemljivi, je enako zasnovo objekta mogoče lokalno ali v celoti izdelati tudi na vodnjakih. V bližini vodnega zajetja je temeljenje s piloti tehnološko bolj sprejemljivo kot pa vodnjaki, ki bi lahko vplivali na vodni režim ali bili celo deloma potopljeni.



Slika 3: Tipičen prečni prerez v podpori (nova rešitev)

4.1.2 Podporna konstrukcija

Oba dela (levi in desni) sta zasnovana kot ena zavorna enota, z dilatacijami samo na krajnih opornikih. Vzdolžne sile (zavorna in potres) se prenašajo preko petih glavnih stebrov v oseh 4 do 8, ki imajo na vrhu nepomična ležišča N 5500 kN, ostali stebri pa imajo vzdolžno pomična ležišča. Prečna obtežba (veter, potres) pa se lovi na vseh podporah. Vsiljene obtežbe (reologija, temperatura) se prenašajo v skladu s togostmi posameznih podpor, upoštevajoč tudi trajanje delovanja in padeč togosti.

Pet glavnih podpor 4 do 8, ki vzdolžni smeri nosi potresno obtežbo, ima močnejši steber ter močnejše temeljenje od tipičnih. Vsi stebri imajo H prečni prerez s prečno dimenzijo 4.60m, vzdolžna dimenzija pa znaša pri tipičnih z vzdolžno drsnimi ležišči 1.40m, pri vzdolžno nosilnih pa 2,20m.

Vzdolžno nosilni stebri so višine 7,50m do 9,40m, tipični pa od 6,20m do 17,50m.

Oporniki zadržujejo majhne priključne nasipe, zato so zasnovani kot greda na pilotih z obešenimi konzolnimi krili.

4.1.3 Zgornja konstrukcija

Statična zasnova nosilne konstrukcije je kontinuiran ploščati nosilec preko 22 polj iz prednapetega betona. Statični razponi po osi HC znašajo $24 + 19 \times 31 + 36 + 22 = 671$ m. Dejanski razponi po osi konstrukcije se minimalno razlikujejo od razdalj v osi HC, odvisno na kateri strani radia 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 1,25m. Širina spodnjega roba nosilca znaša 4,5m, dolžina konzol 2,20 do 2,40m. Razmerje statične vitkosti znaša $L/H=31/1.25=24.8$ oz. razmerje proti ničelnim točkam kontinuirca $L_0/H=18.6/1.25=14.9$ ter v velikem polju $L_{v0}/H=0.6*36/1.25=17.3$ je v praksi redno uporabljeno ter ustreza tudi pogojem SODOCa za ploščate gredne nosilce.

Prednapenjanje je kot omejeno prednapenjanje po DIN 1045-novi s 11 kabli 19x0,62" kvalitete 1770 Mpa, od katerih se vedno 7 kablov zaključijo in podaljšujejo s nepomično kabelsko sklopko, 4 kabli (>30%) pa potekajo neprekinjeno skozi delovni stik. V večjem polju sta dodana še dva kabla.

Za celotni viadukt je bila izbrana enotna tehnologija gradnje po poljih z mehaniziranim potujočim nosilnim odrom, ki omogoča spremljanje osi oblike »S«, kakor tudi spreminjanje prečnega sklona.

4.2 Tehnologija gradnje objekta

4.2.1 Pripravljalna dela

VHOD NA GRADBIŠČE

Dostop na gradbišče je bil s ceste Razdrto - Vipava. Širina vhoda je bila 4,00 m.



Slika 4: Vhod na gradbišče

DOVOZ - TRANSPORTNE POTI

Poti po gradbišču so bile utrjene in redno vzdrževane. Priključevanje gradbiščnih poti na ostalo cestno infrastrukturo je bilo urejeno z vertikalno prometno signalizacijo. Na izvozih je

bil postavljen znak STOP!

širina vozil	2,50 m
širina enosmernega voznega pasu	3,00 m
največja hitrost vožnje	5 km/h
najmanjši radij krivin	12,00 m

VODOVOD

Vodo se je na gradbišče dovažalo v cisternah.

ELEKTRIKA

Odvzem elektrike je bil izveden iz obstoječe elektro omarice, ki se nahaja v bližini gradbišča.

TELEFON

Na gradbišču se je uporabljalo mobilne telefone.

4.2.2 Zemeljska dela in temeljenje

IZVEDBA PILOTOV

Temeljenje na armiranobetonskih pilotih je ena izmed metod globokega temeljenja. Uporablja se v primerih, ko tla v plitvejši coni nimajo zadostne nosilnosti in je potreben prenos obtežbe v nosilna tla v večjih globinah.

Najširšo uporabo, kakor tudi univerzalnost glede različnih vrst tal našega prostora, v katerih se izdelujejo piloti, se dosega s potiskanjem posebnih jeklenih cevi (debeline 4 cm) z rotacijsko glavo ali oscilirnim primežem (lavirka), ter izkopom materiala s spiralami oz. košarami ali z grabilcem na lopute. Za to metodo je poznan naziv uvrtni "BENOTTO" piloti.

Pri gradnji viadukta Šumljak je zahteval projekt izvedbo 184 pilotov premera 118 cm. Zahtevana je bila cevitev oziroma zaščita izkopa do dna pilota. Predvidena je bila globina pilotov od 14 m do 31 m.

Za razkladanje in montažo vrtalnega stroja za izdelavo pilotov se je koristil vnaprej pripravljen delovni plato za pilotiranje, pri čemer so se istočasno spremljale deformacije in po potrebi izvršile potrebne korekcije.

Delovni plato za samo izvedbo pilotov je moral biti raven, iz gramoznega materiala, ter primerno in zadostno uvaljan ($M_v=40$ MPa). Velikost delovnega platoja za vrtalno garnituro je bil minimalne širine 6,0 m in ustrezne dolžine. Poleg tega je bilo potrebno dostop do vrtalne garniture urediti tako, da je bil omogočen dostop avtodvigala, betonske črpalke in betonskih mešalcev ter dostava armaturnih košev neposredno do vrtalne garniture. Odvoz navrtanega materiala se je vršil sproti s 15 t tovornjaki in ni smel ovirati delovnega procesa izvedbe pilotov. V primeru, da se je plato med delom poškodoval, ga je bilo potrebno sproti popraviti.

Pred pričetkom vrtanja je geodetska služba zakoličila točno lokacijo pilota ter jo označila s primerno označenim in pobarvanim količkom, ki je postavljen v osi pilota. Ta količek je bilo potrebno zavarovati s pomočjo štirih količkov, ki so bili postavljeni izven pilota na dveh pravokotnih oseh, ki se sekata v središču pilota. Ker je bila zahtevana velika natančnost izvedbe pilotov, je bilo potrebno izvesti še dodatno zavarovanje zakoličbe na ustrezni oddaljenosti od roba samega delovnega platoja. Ob prevzemu količka in zavarovanja je bilo potrebno vpisati v gradbeni dnevnik geodetsko višino delovnega platoja in višino, do katere se je izvedlo betoniranje pilota (vključno z višino betona, ki je bil naknadno odstranjen).

Vrtalni stroj se je postavil na predvideno mikrolokacijo pilota. Med štiri pomožne količke se je vstavila uvodno zaščitno cev, ki je v spodnjem delu nazobčana. Natančnost položaja cevi se je po potrebi natančno geodetsko preverilo. Zaščitno cev je bilo potrebno postaviti v vertikalni položaj s pomočjo zidarskega grezila iz dveh zornih kotov in sicer iz smeri poteka viadukta ter pravokotno nanj. Dodatna kontrola se je izvajala s pomočjo vodne tehtnice dolžine 150,00cm.



Slika 5: Izvedba pilotiranja s strojem BAUER BG 30

Ker razpolaga vrtalni stroj BAUER BG-30 z najsodobnejšo opremo za vertikalno pozicioniranje, se vsa kontrola izvaja samo za ugotavljanje morebitnih napak. Pred montiranjem vsake naslednje cevi je bilo potrebno lokacijo vrha cevi preveriti s pomočjo prizme in teodolita. Za ta namen se na vrh cevi položi križ, na katerem je natančno določena sredinska os cevi. Vse morebitne odmike od projektirane lokacije in smeri je bilo možno s pomočjo stroja (goseničar) pred nadaljevanjem del odpraviti (premakniti vrh cevi v pravo lego). Zelo pomembno je bilo, da so ti popravki čimbolj natančni takoj po uvrtnju prve obložne cevi in pred montažo naslednje. Pred vgradnjo armaturnega koša je bilo potrebno izvesti še zadnje meritev odmika, izvesti popravke ter ugotoviti eventuelne vzroke odstopanj. Popravki po vgradnji zadnje cevi so praktično nemogoči oz. minimalni, saj geološka sestava tal in togost kompozicije obložnih zaščitnih cevi tega ne omogočata.

Globino vrtine se je tekoče spremljalo z avtomatskim in ročnim merilcem globine, tako da se je preprečilo morebitno podvrtavanje zaščitne obložne cevi, ter s tem povzročil zasipavanje vrtine.

Nadzor je v sodelovanju z zunajnjo strokovno organizacijo ali zavodom preveril stanje pri samem izkopu ter ga je eventuelno podaljšal, ali pa ga ustavi na projektirani globini. Prevzem pilota s strani nadzornega organa je bil načelno potreben za vsak pilot posebej.

Armaturni koš je bil praviloma sestavljen iz notranjih nosilnih obročev, na katere so bile privarjene štiri vertikalne jeklene palice iz GA, ki so tvorile skelet. Ostale palice so se privarile (GA) oziroma vezale (RA). Spiralna armatura na armaturnih koših je morala biti pravilno navita in pritrjena na vertikalne jeklene palice, ker je kakovost betoniranja AB pilota tudi neposredno vezana na kvaliteto vezanja spiralne armature in izdelanih dodatnih distančnikov na samem armaturnem košu. Armaturni koš je bil izdelan iz dveh delov z montažnim preklopom. Transport armaturnih košev iz železokrivskega platoja do ustja pilotov se je vršil z uporabo mobilnega avtodvigala, ki je služil tudi za premik in manipulacijo z vsemi orodji za vrtanje in vgrajevanje betona (vrtalni svedri, kontraktorske cevi, lijak, ...).

Betoniranje pilotov se je vršilo takoj po vgradnji armaturnega koša in vgradnji kontraktorske cevi, ki mora vedno segati do dna vrtine. Na vrhu kontraktorske cevi je nameščen lijak. V dno lijaka kontraktorske cevi namestimo "čep" iz penaste gume ali namočene prazne cementne vreče. Čep se mora tesno prilegati odprtini kontraktorske cevi, ker v nobenem primeru ne sme

priti do mešanja betona z vodo v fazi betoniranja pilota.

Kakršno koli betoniranje pilotov brez kontraktorja je strogo prepovedano.

Kakovost betona je morala ustrezati zahtevam projekta betona, ki ga je pripravil izvajalec. Tekočo kontrolo med vgrajevanjem betona je vršilo Primorje d.d. Razcevitvev ter dvigovanje zaščitnih cevi in kontraktorske cevi je moralo slediti vgradnji betona tako, da je bil vrh betona vedno minimalno 2 m nad spodnjo koto obložnih cevi in kontraktorja.

Betoniranje se praviloma vrši z direktnim praznjenjem avtomešalca v lijak kontraktorja. Prosti padec betona pri vgrajevanju ni smel presežati 1,50 metra. Pred vgradnjo betona se je na delovišču izvedli tekočo kontrolo svežega betona in jo kontroliralo s posedom.

V kolikor beton ni dosegel primerne konsistence, ga je bilo potrebno popraviti z dodajanjem super plastifikatorja na delovišču. Dodajanje vode ni dovoljeno. Vse tehnološke posege v beton lahko opravi za to pooblaščen odgovorna oseba na delovišču - laborant.

Pri vgradnji najprej nasipamo v lijak kontraktorja toliko betona, da ga napolnimo. Teža betona potisne "čep" po kontraktorju do dna. Potem z vitlom rahlo privzdignemo kontraktor, da se na dnu kontraktorske cevi beton razlije po dnu pilota.



Slika 6: Zabetonirana glava pilota pred odbitjem nekvalitetnega betona

Med betonažo mora biti kontraktorska cev vedno v betonu. Betoniranje pilota moramo izvajati kontinuirano in ga ne smemo prekinjati, za kar smo zagotovili zadostno število avtomešalcev za kontinuirano dostavo betona na delovišče. Betoniranje pilota se je izvedlo ca. 0,5 m nad projektirano koto pilota, da se je lahko po kontraktorski vgradnji odbilo nekvaliteten beton, ki je vseboval navrtane delce in ostale nečistoče.

Delo se je izvajalo z eno vrtno garnituro BAUER BG – 30. Z deli se je pričelo v območju krajnega opornika št. 0 in končalo pri krajnem oporniku št. 22.

OPREMA

Pri izvedbi pilotiranja in spremljajočih delih je bila uporabljena naslednja oprema:

- vrtna garnitura BG – 30 s pripadajočimi orodji in zaščitnimi cevmi,
- bager 20 – 25 ton za razkladanje armaturnih košev, pomoč pri vgradnji le teh, vgradnji kontraktorskih cevi, manjša popravila delovnega platoja,...),
- 2 tovornjaka za odvoz izvrtanega materiala,
- 3 avtomešalci za beton,
- agregat za proizvodnjo električne energije,
- kompresor za odbijanje glav pilotov in
- vozila za prevoz zaposlenih.

TEMELJNE BLAZINE

Izkopi za temelje stebrov in krajnih opornikov se je izvedlo z ustrezno opremljenimi bagri. Viški izkopenega materiala so se s kamioni odpeljali na deponijo, ustrezen material predviden za zasip, pa se je deponiral ob robu gradbene jame.

Po izvedenem izkopu se položil podložni beton na projektirano višino in razbil višek pilotov nad projektirano koto podložnega betona. Na tako pripravljenem podložnem betonu se je zakoličilo vogale temelja in pričelo z nastavitvijo opaža.

Za opaženjem temeljnih blazin pod stebri objekta se je uporabljalo 4 predhodno pripravljene opažne panoje, sestavljene iz opažnih elementov DOKA. Istočasno smo izvajali dve temeljni gredi.



Slika 7: Izvedba temeljne blazine

4.2.3 Stebri

Plezajoči opaž stebra je bil izdelan za višino betoniranja 3,80 m in dimenzioniran na dopustni pritisk betona $\sigma_{\text{dop}} = 60 \text{ kN/m}$. Plezajoči opaž je bil sestavljen iz tipskih Doka elementov, ki so bili povezani med seboj z delno predelanimi tipskimi sponami posebej za ta objekt s čimer smo dosegli H obliko stebra.

Opažne elementa je bilo potrebno izdelati točno po načrtu, posebej pa se je pazilo, da je bila opažna obloga iz vezane plošče odrezana pod predvidenim kotom in da je po celi višini enake širine. To zagotavlja, da je opaž spodaj in zgoraj enakih dimenzij. Poleg tega je bilo potrebno paziti tudi na točnost izdelave opaža glede kotov, saj mora biti zgornji in spodnji del opaža povsem enak, sicer smo imeli težave pri stikovanju s predhodno izdelanim delom stebra.

Vezana plošča je bila pritrjena na lesenih nosilcih H20 z nahrapavljenimi žičniki ali vijaki

dolžine 60 mm. Razmak pritrtilnih sredstev je bil 33 cm. Lesene nosilce H20 smo pritrtili na kovinske vezne profile WS10 s tipskimi sponami. Na vrh lesenih nosilcev je bil nameščen plošč za razpiranje, ki je služil kot zaščita opaža pri betoniranju. Posnete vogale smo izdelali iz masivnega hrastovega lesa. Ob prvi montaži je bilo potrebno elemente medsebojno prilagoditi in odpraviti eventualne netočnosti. Elemente smo nameščali vedno na isto mesto.

Na nosilne konzole je bilo pritrjeno pomično nosilno ogrodje za namestitev stenskega opaža. Stenski opaž je pritrjen na pomično ogrodje s posebnimi sponami, ki jih namestimo pri vseh horizontalnih veznih profilih WS 10 za uravnavanje višine in pridržanje opaža na točni višini so vertikalne pomičnega ogrodja opremljene s posebnimi dviznimi vijaki. Pomično ogrodje ima v spodnjem delu zobato letev, s pomočjo katere lahko odmaknemo opaž za max. 75 cm od stene. To nam omogoča nameščanje armature in po zabetoniranju čiščenje opaža. Konzole plezajočega opaža so pritrjene na AB steber s pomočjo visokovrednih vijakov B7 M30, ki imajo rdeče pobarvano glavo, da jih ne zamenjamo z drugimi vijaki slabše kvalitete. Konus z nagubanim sidrom vgradimo v predhodno fazo, zato jih je potrebno namestiti na točno določeno mesto na opažu. To izvedemo s posebno ploščo, ki jo z jeklenimi žebli pritrldimo na opaž. Po odstranitvi opaža se plošče odvijajo, vanje pa se privijejo visoko vredni vijaki M30 z rdeče obarvano glavo. Na tako pripravljena mesta se prestavi celotni opaž skupaj z odri. Konuse lahko privijemo tudi z vijaki M30, vendar moramo v tem primeru v oblogi izvrtati luknje ϕ 30 mm, skozi katere namestimo vijake M30 za privitje univerzalnih konusov 15.

Delovno lovilni oder je pritrjen na konzole plezajočega opaža. Nosilni del delovnega odra predstavljata dva vzdolžna lesena tramova. Delovni pod je izdelan iz plohov debeline 5 cm. Na delu, kjer pod izpolnjuje H obliko stebra, so plohi previsni in jih je potrebno dodatno podpreti z dvema menjalnikoma, ki ju obesimo na vzdolžna tramova s sponskimi vijaki. Nosilne konzole so na zunanji strani opremljene z vertikalami za namestitev varnostne ograje višine 100 cm. Ograja je izdelana iz plohov dimenzij 5/20 cm, plohi pa so žičniki pritrjeni na vertikale. Spodaj je robna zaščita višine 20 cm.



Slika 8: Izvedba stebra

Oder za betoniranje je izdelan s posebnimi konzolami MF 75, ki se privijejo na podaljške vertikal pomičnega ogrodja. Na konzole se s sponskimi vijaki privijačijo vzdolžne grede, prečno nanje pa se namesti delovni pod iz plohov. Konzole imajo vertikale za namestitev varnostne ograje višine 100 cm, ki jo izdelamo iz plohov. Spodaj je robna zaščita višine 20 cm.

POTEK DEL

V prvi fazi se postavijo opažni elementi s premičnim ogrodjem in odrom za betoniranje, toda brez delovnega odra in nosilnih konzol. V ta namen je potrebno namestiti začetne profile MF, ki jih pritrdimo na peto temelja in služijo za pridržanje opaža. Pri betoniranju prve faze se vgradi konuse z nagubanimi sidri za namestitev konzol plezajočega opaža. Konuse z nagubanimi vijaki pritrdimo na opaž s pomočjo posebnih plošč z jeklenimi žičniki. Žičniki smejo biti dolgi le toliko, da pridejo le 15 mm v opažno oblogo. Na zgornjem robu opaža je potrebno namestiti trapezno letev po detajlu projektanta. Višina prve faze je odvisna od višine stebra in razporeda delovnih stikov. Naslednje faze so vse enake in so višine 380 cm.

Na tako pripravljena sidrna mesta se namestijo konzole, ki morajo biti pravokotne na vzdolžno oziroma prečno os stebra. Po dve konzoli na posameznih stranicah se povežejo med sabo s horizontalno cevjo v zgornjem in spodnjem delu, ter poševno diagonalo. Horizontalne cevi pritrdimo na ogrodje s pomočjo spojk, ki jih privijemo na ogrodje, diagonale pa pritrdimo z vrtljivimi spojkami na horizontalne cevi. Na tako izdelan delovni pod postavimo pomično ogrodje, ki ga pritrdimo na nosilne konzole. Na pomično ogrodje pa nato pritrdimo stenski opaž ter nadaljujemo z delom enako kot v prvi fazi.

Plezajoči opaž prestavimo na novo sidrno mesto skupaj z delovnim odrom, opažem in odrom za betoniranje. Premeščanje se izvaja s pomočjo žerjava in bremenskih vrvi, ki jih zapnemo za vertikalne pomičnega ogrodja.

Dela s plezajočim opažem smejo izvajati le delavci, usposobljeni za dela na višini. Premeščanje elementov se sme vršiti samo pod stalnim in neposrednim vodstvom odgovorne osebe. V primeru vetrovnega vremena se premeščanje plezajočega odra ne sme izvajati.

Posebej je potrebno med delom posvetiti posebno pozornost naslednjim elementom:

- da je nagubano sidro do konca privito v konus po namestitvi in privitju visoko vrednih vijakov za obešanje plezajočega opaža,
- pravilni namestitvi konzol in namestitvi varovalk sidrišča, ki jih je pred premeščanjem plezajočega opaža potrebno odstraniti,
- namestitvi veznih vijakov, spojnih elementov in zatičev pred betoniranjem,
- odstranitev veznih vijakov opaža pred premeščanjem plezajočega opaža in
- da med premeščanjem plezajočega opaža na sosednjih odrih ni delavcev, v kolikor pa je iz kakršnihkoli vzrokov potrebna pomoč delavca pri nameščanju plezajočega opaža, mora le ta biti privezan z varnostnim pasom.

4.2.4 Krajna opornika

Za opaženje sten in kril obeh krajnih opornikov je bil uporabljen lesen opaž, ki je kombinacija lameliranih opažnih plošč, lesenih in jeklenih poveznih sredstev z ustreznimi vezavami. Transport opaža se je delno opravljal ročno, delno pa s pomočjo bagra. Prav tako pa tudi

polaganje armature.

4.2.5 Zgornja konstrukcija

PRIPRAVLJALNA DELA

V fazi pripravljajalnih del je bilo potrebno urediti dostopne poti, delovne platoje za skladiščenje in sestavo pomičnega odra. Pomični opažni sistem (v nadaljevanju POS) je bil postavljen na prečnih profilih. V tej fazi je bilo potrebno izdelati tudičasne podpore za montažo odra. Pred montažo je bilo potrebno izdelati opornik 0D (ne v celoti) steber 1D in pogojno 2D.

MONTAŽA POMIČNEGA ODRA



Slika 9: Montaža POS

POS se je po delih pripeljal na gradbišče, kjer se ga je s pomočjo dveh 40t in 60t avtodvigal in skupine delavcev (delavcev) sestavljalo na pripravljenih začasnih podporah.

SPLOŠEN OPIS POTEKA GRADNJE

Po montaži POS-ja se je le tega premaknilo na položaj prve faze 1D. Prva faza se je od nadaljnjih, tipičnih faz razlikovala zato, ker je bila njena izdelava terminsko nekoliko daljša. Gradnje se je nadaljevala v smeri opornika 22D (smer Razdrto-Vipava). POS se je pri oporniku 22 prestavilo na levo stran in nadaljevalo gradnjo od opornika 22L proti oporniku 0L (smer Vipava-Razdrto).



Slika 10: Pogled na kljun POS-a

Zaradi omejenega pobočnega terena se je vsa gradnja desnega viadukta servisirala s spodnje leve strani od zadaj (iz že narejenega viadukta), leva stran pa iz že narejenega desnega viadukta. Po končanju levega viadukta se je POS premaknil mimo opornika 0L in demontiral.



Slika 11: Izvedba prve kampade zgornje konstrukcije

OPIS POMIČNEGA OPAŽNEGA SISTEMA POS

Pomični opažni sistem sestavljajo naslednji sklopi:

- glavna vzdolžna palična nosilca,
- tri podporne baterije s prečnimi gredami,
- jarem,
- prečni sekundarni nosilci in
- opaž tipa Doka Top 50.

Elementi za premikanje nosilne konstrukcije:

- glavni, vertikalni hidravlični valji – dviganje in spuščanje konstrukcije,
- glavni horizontalni hidravlični valji – bočno, horizontalno premikanje leve in desne konstrukcije in
- hidromotor z zobatimi letvami – premikanje konstrukcije vzdolž viadukta.

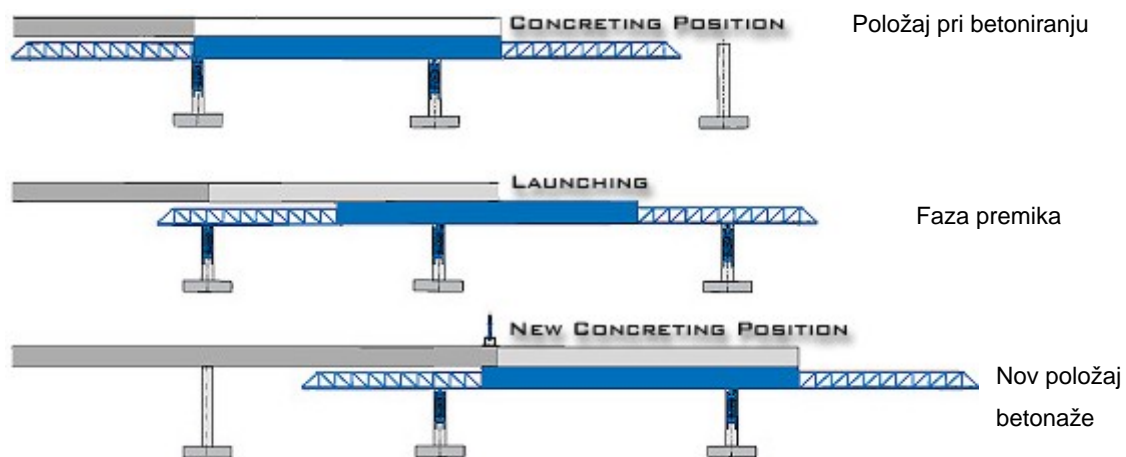
PRINCIP DELOVANJA:

POS ima v smislu delovanja več faz. V grobem lahko rečemo, da imamo:

- faza betoniranja, ko je POS preko jeklenega jarma pritrjen na predhodno narejeno fazo,
- faza spuščanja in razdvajanja, ko se sistem razdvoji na dve vzdolžni polovici,
- faza vzdolžnega premika, ko vsa konstrukcija ob bokih stebrov premakne na nov položaj in
- faza dvigovanja in zapiranja, ko se sistem ponovno združi v celoto.

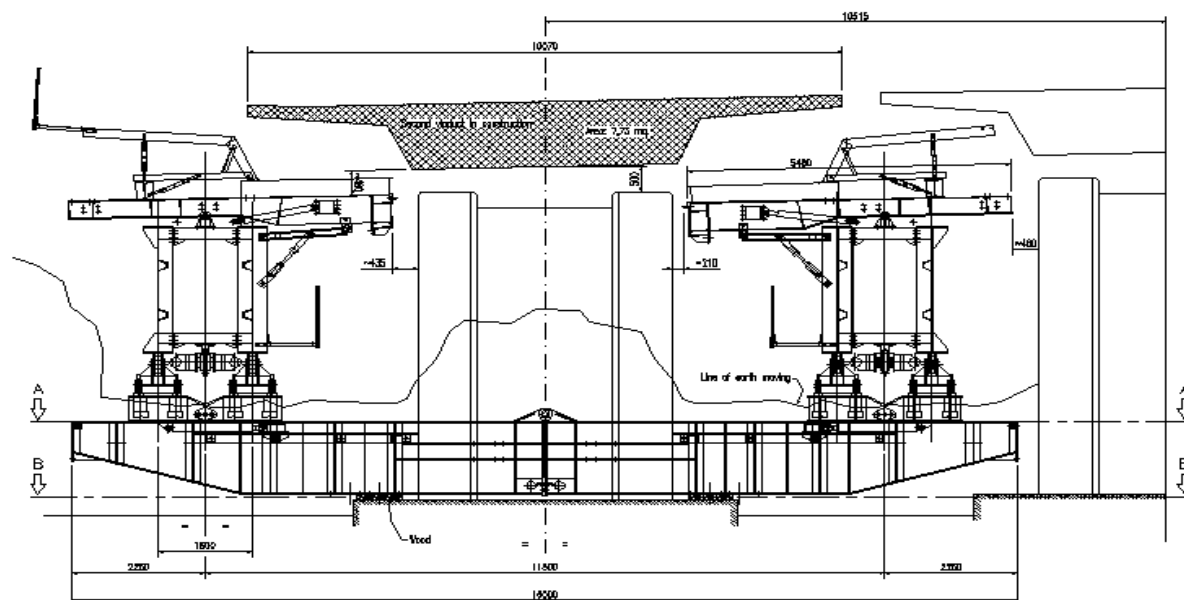
V nadaljevanju je v grobem prikazan princip delovanja POS-a, v vzdolžnem in prečnem smislu.

Vzdolžno:



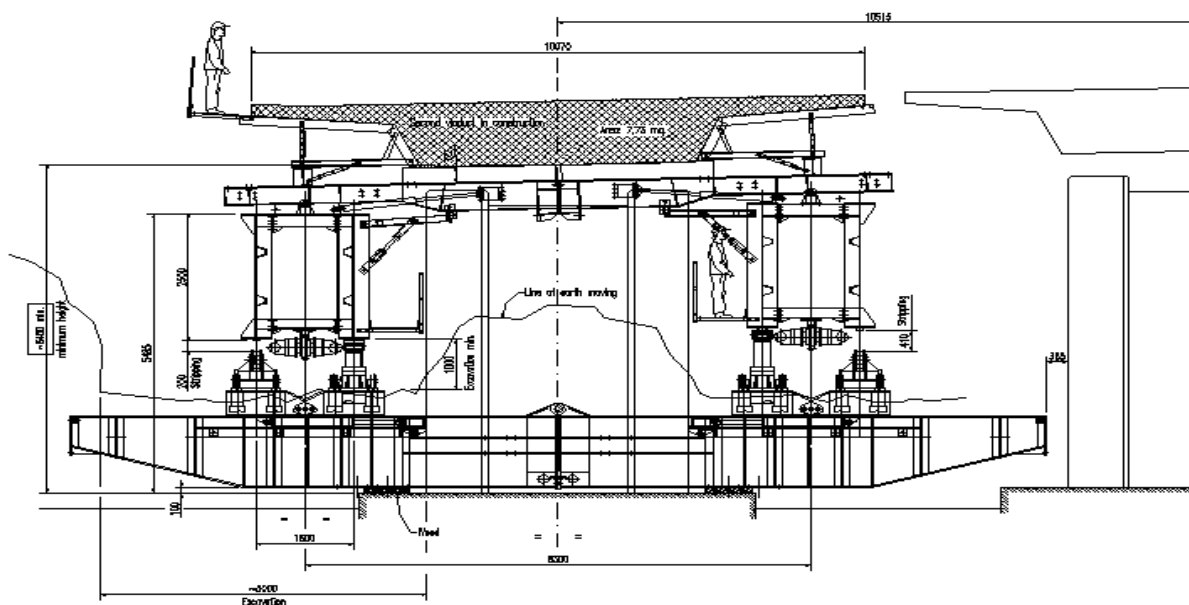
Slika 12: Delovanje POS-a (vzdolžno)

Prečno med premikom:



Slika 13: Delovanje POS-a (prečno med premikom)

Prečno v fazi betoniranja:



Slika 14: Delovanje POS-a (prečno v fazi betoniranja)

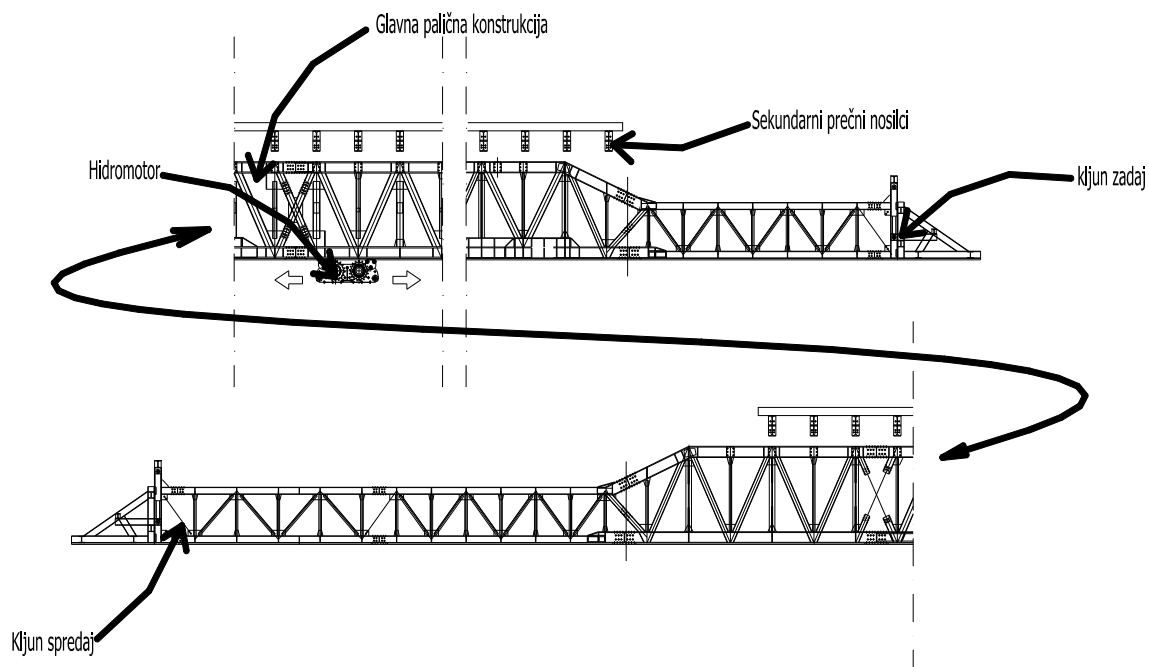
Viadukt Šumljak je imel 4 različne postavitve POS in sicer:

- začetna, v dveh položajih (med 0D-1D in med 22L-21L),
- končna, v dveh položajih (med 21D-22D in med 1L-0L),
- vmesna 31m, 38-ih položajih (od 2D-3D....do 19D-20D in od 20L-19L... do 3L-2L) in
- vmesna 36m, dveh položajih (med 20D-21D in 21L-20L).

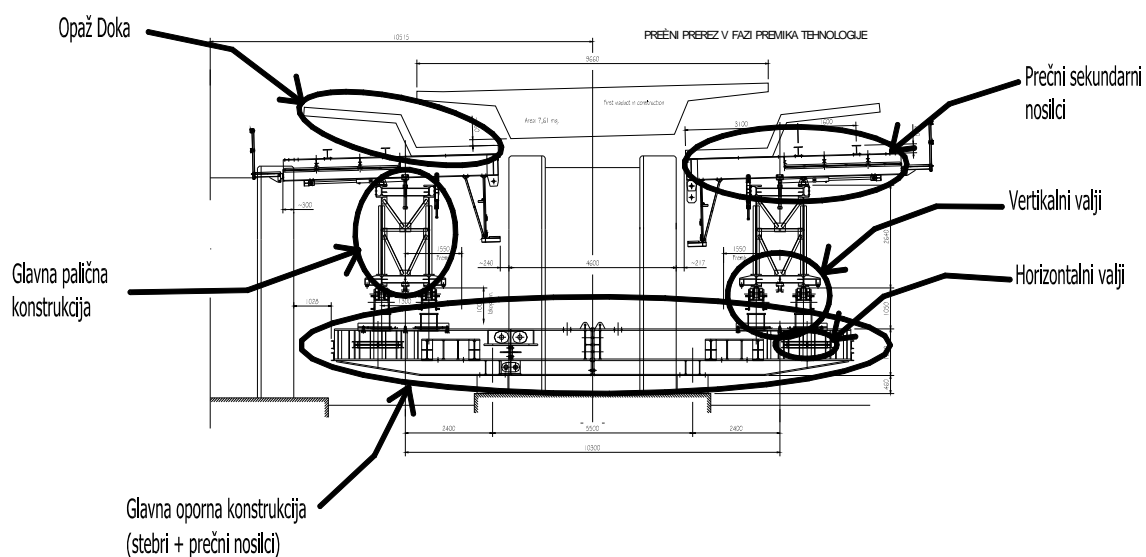
Postavitve so se med seboj razlikovale po razponu in objemanju-zapiranju podpor.

Shematski prikaz in poimenovanje elementov POS-a

Vzdolžni pogled:



Prečni prerez:



Slika 15: Vz dolžni in prečni prerez POS – a

Tipična faza-takt izdelave ene kampade viadukta trajala en teden.

Preglednica 3: Opis tipične faze izdelave ene kampade viadukta

Ponedeljek	Napenjanje kablov, sprostitvev podpor sistema, premik sistema, korekcije opaža in nivelacija
Torek	korekcije opaža in nivelacija, armiranje in vgrajevanje kablov
Sreda	armiranje in vgrajevanje kablov
Četrtek	Betoniranje*
Petek	Betoniranje*, negovanje betona
Sobota, Nedelja	negovanje betona

(*) Betoniralo se je v četrtek ali v petek

OPIS FAZE PREMIKA POS-A

Premik konstrukcije se je vrši po naslednjih fazah:

- prestavitev pogonov za vzdolžni premik do sprednjega opornika, kamor ga bomo pritrdili,
- demontaža in priprava opaža DOKA na spuščanje v območju stebrov,
- demontaža jarma (s hidravličnim valjem nategnemo vijak jarma in odvijemo matice jarma, demontiramo jarem),
- spuščanje celotne konstrukcije za toliko, da se NE dotakne koles,
- demontaža 33-ih vijakov, ki spajajo prečne nosilce leve in desne konstrukcije,
- razklenitev levega in desnega zgornjega dela konstrukcije (prečnih nosilcev),

- razklenitev leve in desne glavne palične konstrukcije,
- premike z valji izvajamo VEDNO! izmenično na levi in desni ali vzporedno, s enkratnim hodom 600mm. Konstrukcijo razklenemo največ po 5-ih korakih, da je možen pomik mimo stebra,
- spust celotne konstrukcije na tekalna kolesa. Najprej spustimo sprednji del, t.j. tam, kjer so montirani motorji, da preprečimo morebitne zdrse konstrukcije. Nazadnje spustimo še zadnji del konstrukcije. (Uskladiti je potrebno spuščanje pri vseh podporah, da ne bi prišlo do deformacij ali poškodb na podporah ali na konstrukciji). Pri spuščanju vedno korigiramo položaj motorja - pritrditveni element mora biti vedno v nategu,
- premik leve in desne konstrukcije naprej, s korigiranjem smeri. Premik se izvaja vedno vzporedno, pri čemer so možne le minimalne razlike,
- dvig konstrukcije s koles na hidravliko (pri čemer moramo korigirati položaj motorja. Načeloma se lahko motor sprosti ko je konstrukcija v celoti na cilindrih),
- ponoven prečni premik glavnih paličnih konstrukciji – tokrat enega proti drugemu (premik se izvaja vedno po enakem principu kot pri razklenitvi – izmenično ali pa vzporedno),
- premik prečnih nosilcev v prečni smeri glede na os viadukta in spajanje v celoto s pomočjo 33-ih vijakov,
- nastavitev konstrukcije in opaža (v tlorisu in po višini),
- postavitve in pritrditve prečnega jarma na konec prejšnje faze in
- začetek armiranja, polaganja kablov.

Pri izdelavi vsakega takta prekladne konstrukcije se na koncu namesti in pritrdi opaž – čelna zapora. Večji del je izveden iz jaklenega 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 16: Čelna zapora z armaturo in kabli za naslednjo fazo

4.3. Predračunska vrednost

4.3.1 Glavne količine

Za izvedbo Viadukta Šumljak je bilo potrebno na osnovi PGD/PZI dokumentacije izvesti sledeče glavne količine:

OPAŽ: 20.288,00 m²

BETON: 20.435,67 m³

BETONSKO JEKLO: 2.597,66 ton

JEKLO ZA PREDNAPENJANJE: 337,02 ton

4.3.2 Predračun

V nadaljevanju so prikazani glavne količine znotraj posameznih vrst del, ki sestavljajo skupni predračun. Izračunana nova vrednost izgradnje Viadukta Šumljak znaša **8.964.830,00 EUR** brez DDV.

Preglednica 4: Predvidene količine posameznih del.

Tehnična dokumentacija		
PGD, PZI, PID projekti	1,00	kos
SKUPAJ VREDNOST	270.000,00	EUR
Pripravljalna dela		
Pripravljalna in zaključna dela	1,00	kos
SKUPAJ VREDNOST	210.000,00	EUR

se nadaljuje...

...nadaljevanje

Zemeljska dela in temeljenje		
Širok izkop z notranjim transportom	31.356,00	m3
Izvedba pilotov	3.608,00	m1
Opaž temeljnih gred	2.125,00	m2
Beton za izvedbo temeljnih gred	3.022,00	m3
Betonsko jeklo	419,00	ton
SKUPAJ VREDNOST	2.310.000,00	EUR
Stebri in oporniki		
Opaž stebrov	6.105,00	m2
Opaž opornikov	1.080,00	m2
Beton stebrov	1.935,00	m3
Beton opornikov	396,00	m3
Betonsko jeklo	281,61	ton
SKUPAJ VREDNOST	570.830,00	EUR
Zgornja konstrukcija		
Nosilni opažni oder POS	13.298,00	m2
Opaž AB prekladne konstrukcije	15.553,00	m2
Opaž robnih vencev	3.425,00	m2
Beton za izgradnjo zgornje konstrukcije	11.139,00	m3
Betonsko jeklo	1.423,81	ton
Jeklo za prednapenjanje	337,02	ton
Dobava in vgradnja ležišč	92,00	kos
Dobava in vgradnja dilatacije D 240	20,98	m1
Dobava in vgradnja dilatacije D 640	20,98	m1
SKUPAJ VREDNOST	5.204.000,00	EUR

se nadaljuje...

...nadaljevanje

Zaključna dela		
Horizontalna hidroizolacija vozišča	13.583,00	m2
Izdelava NEW JERSEY vmesne odbojne ograje	1.370,00	m1
Dobava in montaža JVO - dvostranski	675,00	m1
SKUPAJ VREDNOST	400.000,00	EUR
SKUPAJ VREDNOST	8.964.830,00	EUR

V skladu z medsebojno podpisano pogodbo je imel izvajalec možnost predlagati spremembo Viadukta Šumljak. Pri predlagani spremembi je bilo potrebno upoštevati sledeče zahteve:

1. Elementi hitre ceste se v območju viadukta niso smeli spremeniti
 - os HC na viaduktu je v kontra krivinah (S krivina) $R = 750\text{m}$ in $R = 1000\text{m}$
 - na viaduktu je niveleta HC v vzdolžnem nagibu $5,90\%$
 - prečni nagib HC v območju viadukta je vijachen od $-2,50\%$ do $+3,50\%$
 - širina HC na viaduktu je skupno $21,08\text{m}$.
2. Zaradi spremenjenega – povečanega števila podpor in načina temeljenja je bila obveza izvajalca celoten objekt izvesti po sistemu obračuna "ključ v roke".
3. Potrebno je bilo pridobiti soglasje upravljavca vodnega zajetja Šumljak zaradi spremenjene dolžine razpona in spremenjenega načina temeljenja ob zajetju .
4. Celotna oprema (ležišča, dilatacije, ograje, odvodnjavanje, hidroizolacija, asfaltno vozišče, inštalacije) so ostale v enaki ali podobni izvedbi kot v rešitvi iz PZR.

V skladu z zgoraj navedenimi zahtevami se je Primorje odločilo za spremenjen način izvedbe.

Določba "ključ v roke" pomeni, da obsega pogodbeno cena tudi vrednost vseh nepredvidenih in presežnih del in da je izključen vpliv manjkajočih del na pogodbeno ceno. Za izvajalca je določba "ključ v roke" vsekakor izziv in skozi to določbo velikokrat med izvedbo del strmi k racionalizacijam. Načelno velja, da je potrebno v fazi priprave ponudbe več pozornosti posvetiti kontroli predračunskih količin in se je potrebno bolj poglobiti v samo tehnologijo

izgradnje in s tem pregledati popis del. Pri taki ponudbi je delo pri pripravi ponudbe veliko bolj timsko, saj se vključi v izdelavo ponudbo tudi:

- projektante (določijo bolj natančne količine armature in kablov glede na PZR projekt, kjer velja da so količine natančno ocenjene),
- tehnologe (pripravijo natančen popis vseh potrebnih pripravljalnih del, morebitnih odstopanj pri tehnologiji),
- geologe – geomehanike (pregledajo geološke pogoje in podajo mnenje o temeljenju objekta) in
- druge strokovnjake.

V kolikor v pogodbi ni izrecno napisano določba "ključ v roke" ne izključuje spremembe pogodbene cene zaradi spremenjenih okoliščin in ne plačila pozneje naročenih del.

5.1 Primerjava izvedbe temeljenja

V osnovni rešitvi je bila predvidena izvedba vodnjakov zunanjšega premera 7,20m in končnega premera 6,00m. Glede na to, da je za izvedbo vodnjakov kot tip globokega temeljenja potrebno veliko angažiranje delovne sile, uporaba strojev z majhno kapaciteto, delo pa je nevarno zaradi iznosa izkopanega materiala na površje, je gotovo racionalnejša izvedba pilotov. Ker podjetje Primorje razpolaga z strojem BAUER BG 30 in vso potrebno opremo, je bila odločitev za takšen tip temeljenja dokaj enostavna.

Zaradi izvedbe pilotov in s tem povezano pripravo delovnih platojev ter povečanega števila podpor iz 16 na 23 je bilo sicer potrebno opraviti večjo količino izkopov kot pri osnovni rešitvi, vendar je izvedba pilotov še vedno cenejša rešitev kot izvedba vodnjakov. Poleg tega je bila pri izvedbi tega tipa temeljenja uporabljena lastna tehnologija, zapolnjene lastne kapacitete in s tem povezano manj eksternih stroškov.

5.2 Primerjava izvedbe vmesnih podpor

Pri osnovni rešitvi je bila peta stebra predvidena na dnu vodnjaka, to je pomenilo, da so bili stebri na podporah 5,6,7 in 8 večji del pod nivojem obstoječega terena. Pri izvedbi pilotov in temeljne blazine pa imajo vsi stebri peto na nivoju terena, tako, da se kjub povečanemu številu podpor skupna dolžina stebrov ne poveča. Zaradi krajših stebrov v novi rešitvi so le-ti lahko bolj vitke zasnove – z manj betona, manj armirani in zaradi tega tudi cenejši pri izvedbi.

5.3 Primerjava izvedbe zgornje konstrukcije

Za izvedbo zgornje konstrukcije poznamo več različnih tehnologij. Za potrebe izgradnje premostitvenih objektov na slovenskih avtocestah so v uporabi sledeče tehnologije:

- gradnja na nepomičnem odru (primerni so objekti do dolžine 300,00m z razponom do 45,00m),
- gradnja na pomičnem odru (primerni so objekti večjih dolžin – nad 400,00m s tipskim razponom do 50,00m),
- gradnja z narivanjem (primerni so objekti dolžine med 200,00m in 800,00m, z razponi med posameznimi podporami do max. 60,00m) in
- prostokonzolna gradnja (v uporabi za velike razpone med posameznimi podporami).

Osnovna rešitev Viadukta Šumljak je predvidevala uporabo dveh tehnologij in sicer gradnje na fiksnem odru od podpore 0 – 9 in narivanja od podpore 9 – 15.

Kombinacija dveh tehnologij pri izgradnji enega viadukta pomeni dodaten strošek za mobilizacijo enega tipa tehnologije. Poleg podpornega odra in opaža za gradnjo na nepomičnem odru ter vse pripadajoče mehanizacije, potrebujemo za izvedbo del še narivno postajo z drugačnim opažem, kljunom za narivanje in vso potrebno hidravliko. Za uporabo dveh tehnologij potrebujemo poleg veliko različne opreme in mehanizacije tudi dodaten vodstveni kader, kar se odraža pri skupni ceni objekta.

Gradnja na nepomičnem odru je sicer dokaj enostavna, vendar je v današnjem času, ko

previsok strošek delovne sile predstavlja v veliki večini gradbenih podjetij enega bistvenih problemov pri racionalizaciji proizvodnje, neprimerna, saj je sama gradnja na nepomičnem odru delovno zelo intenzivna. Za nemoteno izvedbo del in doseganje zastavljenih rokov je na gradbišču vseskozi potrebno imeti veliko število delavcev.

Za gradnjo viadukta z pomočjo narivne tehnologije je večje število delavcev potrebno le v začetku, ob postavljanju tehnologije in izvedbi delavnice, kasneje se lahko to število bistveno zmanjša in je za okoli polovico manjše od delovne sile, ki je angažirana pri gradnji na nepomičnem odru.

Sama gradnja s pomočjo pomičnega opažnega sistema je razdeljena v dve fazi. V fazo montaže tehnologije, ki delovno zelo zahtevna, saj je na majhnem prostoru potrebno sestaviti opažni sistem skupne teže 500 ton. Za sestavo potrebujemo veliko število kvalificiranih monterjev, natančno kontrolo nad samo izvedbo montaže in vmesne kontrole delovanja sistema. Sama postavitev pomičnega opažnega sistema traja dva meseca.

Prednosti izvedbe viaduktov s pomočjo pomičnega opaženega sistema so vidne v drugi fazi in sicer med samo uporabo saj se praktično vse delo podpiranja in opažanja prekladne konstrukcije opravi s pomočjo hidravlike, tako da je fizičnega dela zelo malo. Ta tehnologija je primerna za daljše viadukte, kot je bilo to na primeru Viadukta Šumljak saj je bilo potrebno izdelati skupno 2*671,00m viadukta.

Če primerjamo zasnovo iz PZR in izvedbo s pomočjo pomičnega opažnega sistema, ugotovimo, da sta količini potrebnega podpornega odra enaki, vendar je cena izvedbe dveh tehnologij kot je to predvideno v PZR, višja od cene izvedbe s pomičnim opažnim sistemom. Izvedbe s pomočjo pomičnega opažnega sistema je iz vidika količine vgrajenih materialov dražja, vendar je to v veliki meri zaradi manjših količin opaža, saj ima sedaj viadukt polni prečni prerez, kar bistveno poenostavi in skrajša čas izvedbe.

5.4 Razlogi za odločitev

Na osnovi primerjave obeh projektov in posameznih predračunov je bila sprejeta odločitev o izvedbi s pomočjo pomičnega opažnega sistema zaradi naslednjih prednosti:

1. Prilagoditev izvedbe temeljenja na tehnologijo s katero razpolaga izvajalec.
2. Racionalizacija oziroma zmanjšanje stroškov dela.
3. Lažje doseganje predpisane kakovosti (manj delovnih stikov, enotna tehnologija).

Izgradnja Viadukta Šumljak s pomočjo pomičnega opažnega sistema predstavlja kvalitetno in trajno rešitev, ki je delovna manj intenzivna kot škatlasta konstrukcija zgrajena po dveh različnih tehnologijah. Betoniranje takta zgornje konstrukcije v eni fazi zagotavlja hitrejšo izvedbo, ob tem pa imamo manj delovnih stikov in s tem večjo kvaliteto objekta.

Za pripravo ponudbene kalkulacije – predračuna izvedenih del se v Primorju uporablja program GIPS. Na osnovi popisa del, podatkov, ki jih kalkulant dobi od tehnologa in na osnovi internih normativov, se pripravi interna kalkulacija (vrednost neposrednih stroškov), ki je osnova za oddajo ponudbe.

S pomočjo programske opreme GIPS pri izvedbi interne kalkulacije razdelimo stroške v štiri glavne kategorije in sicer:

- STROŠEK DELA: zajema strošek delovne sile glede na interne normative in veljavne urne postavke,
- STROŠEK MATERIALA: zajema vse materialne stroške vključno z drobnim materialom, električno energijo, vodo,
- STROŠEK GRADBENE MEHANIZACIJE: zajema stroške strojev, prevozov kot tudi najemnine drobne gradbene mehanizacije in
- STROŠEK OBRTNIKOV: v to kategorijo spadajo vsi zunanji izvajalci oziroma podizvajalci.

Ponudbena kalkulacija se izdelava tako, da se interno kalkulacijo pomnoži z FAKTORJEM NADGRADNJE, ki zajema strošek vodenja gradbišča, projekta in podjetja. V tem faktorju so zajeti tudi stroški vseh potrebnih dovoljenj, stroški garancij, zavarovanj. V primeru tehnološko zahtevne izvedbe, se v ta faktor vključi tudi stroške dodatnih projektov, tehnoloških elaboratov. V faktorju so vključeni tudi stroški tekoče kontrole kvalitete, superkontrole itd. Ker imajo vsi objekti določeno garancijsko dobo in obstaja določena verjetnost, da se bodo pojavile zahteve po odpravi kakršnihkoli napak, pomanjkljivosti, se tudi za ta namen izkustveno predvidi določeno vsoto denarja.

V faktorju nadgradnje je predviden tudi dobiček. Na ta način dobimo ponudbeno vrednost. Faktor nadgradnje je v vsakem podjetju skrbno varovana poslovna skrivnost.

Glede na to, da se viadukt Šumljak nahaja na področju, kjer ima Primorje lastno surovinsko

bazo, oskrbuje se iz lastnih skladišč, zaradi bližine sedeža podjetja uporablja v veliki večini lastno mehanizacijo, na oblikovanje interne kalkulacije tržne razmere sorazmerno malo vplivajo, saj je bistvo interne kalkulacije pokritje zgolj proizvodnih stroškov oziroma neposrednih stroškov materiala, mehanizacije in stroškov dela.

Ponudbeno ceno zato oblikujemo z metodo pokrivanja, da je tako imenovan FAKTOR NADGRADNJE v bistvu procentni delež glede na obseg interne kalkulacije.

Končna ponudbena cena je odvisna še od drugih dejavnikov, kot so poslovna politika podjetja, strategija, trenutna zasedenost kapacitet. Ti dejavniki so na koncu v veliki meri odločilni pri uspešnosti oziroma neuspešnosti ponudb. Pri oddaji ponudbe za viadukt Šumljak je oblikovanje končne ponudbene temeljilo na spodaj opisanih dejstvih..

Pri naročniku – DARS in drugih naročnikih velikih javnih del, kateri so zavezani k spoštovanju zakona o javnih naročilih imamo v vsakem primeru oligopolno (imamo omejeno število ponudnikov) ali pa celo polipolno (imamo številne ponudnike) ponudbo.

Ker je Primorje kot podjetje, ki sodeluje z naročnikom več let oziroma od njegovega nastanka, poznamo tržne razmere zelo dobro. Glede na poznavanje situacije na gradbenem tržišču in ob tem tudi poznavanje naše konkurence smo k oblikovanju končne ponudbe cene uporabili predvsem izkušnje.

1. Osredotočili smo se na možnost oskrbe z materiali in ugotovili, da imamo v radiju 50 km monopolno obliko ponudbe betonov. Našim konkurentom smo pri ponudbi za viadukt Šumljak ponudili betone po našem eksternem ceniku. To so cene, ki so 30 % višje od internih cen betonov, katere za kalkulacijo izvedbe del uporablja Primorje. Če izhajamo iz naše kalkulacije, kjer vidimo, da betoni predstavljajo 19 % celotnega stroška izgradnje viadukta, pomeni 30 % višja cena betonov skupno 5,7 % razlike pri skupni ceni. Ker ostali ponudniki niso imeli alternativne rešitve, saj je postavitve lastne betonarne zelo problematična zaradi zapletenih postopkov (okoljevarstvena dovoljenja, lokalna skupnost, primerno zemljišče), prevoz betona z oddaljenosti 50 km pa v poletnih mesecih ne pride v poštev, saj se temperatura betona dvigne nad dovoljenih 30 C, je bila prednost pri oskrbi z betoni vsekakor velikega pomena.

2. Glede na dolgoletne izkušnje pri izgradnji premostitvenih objektov smo primerjali podobne že zgrajene viadukte in objekte, ki so v gradnji. Primerjali smo ceno objekta na m² in ceno objekta glede na m³ vgrajenega betona.
3. Takratna zasedenost kapacitet naših konkurentov ni bila slaba, tako da nismo pričakovali ekstremno nizkih – dumpinških cen.

Zgoraj navedeno bistveno pripomore k določitvi prave končne ponudbene cene, vendar je potrebno na tem mestu tudi povedati, da se pri oddaji ponudb lahko vedno dogodi kakšna nepredvidena situacija, zato igra pri uspešnosti ponudb veliko vlogo tudi sreča..

Izračunana vrednost viadukta Šumljak je znašala 8.964.830,00 EUR brez DDV. Od tega so po posameznih kategorijah znašali predvideni stroški izvedbe:

1. Delo: 1.445.952,00 EUR oziroma 16,13 % celotne vrednosti. Sestava predvidenih stroškov je predvidela 10 % delovnih ur VKV (visokokvalificiranega) delavca, 50 % delovnih ur KV (kvalificiranega) delavca in 40 % delovnih ur PK (polkvalificiranega) delavca.
2. Materialni stroški so predstavljali 3.629.880,00 EUR oziroma 40,49 % celotne vrednosti in sicer: največ vrednost betona – 47 % in armature – 43 %. Ostali materialni stroški – 10 % izvirajo iz porabe pomožnih materialov (poraba opaznega lesa, kamnitih nasipnih materialov, podloške za armaturo, žica, dodatki betonu, opazno olje, voda, električna energija).
3. Stroški gradbene mehanizacije so predstavljali 23,59 % celotne vrednosti oziroma 2.614.680,00 EUR. Največji strošek je predstavljal stroj za pilotiranje BAUER BG 30 in sicer 43 %, poleg tega so bili med večjimi predvidenimi stroški še prevoz betona 18 % in črpanje betona z betonsko črpalko 5 %, prevoz kamnitih materialov 3%. Zaradi večje količine izkopov je bil strošek strojev (bager, valjar,

buldožer) 14 % in prevoz izkopnih materialov 6 %. Strošek uporabe avtodvigala pri manipulaciji z pomičnim opažen je znašal 6 %.

4. Za izvedbo obrtniških del je bilo predvidenih 1.774.318,78 EUR. Največji strošek je bil predviden za izvedbo prednapenjanja 43 %, med ostalimi obrtniškimi deli so bile predvidene še izvedbe odvodnjavanja 21 %, asfaltiranje 9 %. Pri izvedbi kalkulacij med obrtniška dela uvrstimo tudi pripravo projektne dokumentacije (PGD, PZI).

Z finančnim spremljanjem želimo ugotoviti finančno uspešnost poslovanja. Za to je potreben interni obračun izvršenih del.

Razmerje kalkulativno dopustnih stroškov (in stroškov dela, materiala, mehanizacije, obrtniških del gradbišča) in dejanskih materialnih stroškov (in stroškov dela, materiala, mehanizacije, obrtniških del gradbišča), S_{dop}/S_{dej} je lahko (Vir: Pšunder, M. Gradbeno poslovanje. 1986. Maribor, Tehniška fakulteta Maribor):

$$\frac{S_{dop}}{S_{dej}} < 1 \quad - \quad \text{kadar se pojavlja manko (kar je negativno)}$$

$$\frac{S_{dop}}{S_{dej}} = 1 \quad - \quad S_{dej} = S_{dop}$$

$$\frac{S_{dop}}{S_{dej}} > 1 \quad - \quad \text{kadar se pojavljajo prihranki (kar je pozitivno)}$$

S_{dop} - kalkulativno dopustni stroški

S_{dej} - dejanski stroški

Razmerje med dopustnimi (D_{dop}) in dejanskimi (D_{dej}) stroški dela na gradbišču je lahko

$$\frac{D_{dop}}{D_{dej}} < 1 \quad - \quad \text{pojavljajo se manjko stroškov dela (norma se ne dosega)}$$

$$\frac{D_{dop}}{D_{dej}} = 1 \quad - \quad D_{dej} = D_{dop}$$

$$\frac{D_{dop}}{D_{dej}} > 1 \quad - \quad \text{pojavljajo se prihranki pri stroških dela (norma je presežena)}$$

Seveda je na podoben način možno primerjati tudi druge kategorije iz strukture cene objekta oz. gradbišča (material, stroji, prevozi, obrtniki, itd...), kar nam daje celovito sliko o

poslovanju gradbišča (tudi finančni rezultat – ostanek čistega dohodka).

V primeru večjih odstopanj (razlik) med kalkulirano dopustnimi stroški posameznih kategorij stroškov v ponudbeni kalkulaciji in dejanskimi stroški je potrebno takoj opraviti temeljito analizo poslovanja na objektu oz. gradbišču in analizo kalkulacij, da lahko pripravimo ukrepe za izboljšanje rezultatov poslovanja projekta. V primeru odstopanj zaradi napak v poslovanju ali organizaciji na gradbišču moramo takoj ukrepati.

7.1 Finančno spremljanje gradnje v Primorju d.d.

Za finančno spremljanje posameznih projektov smo v Primorju d.d. razvili prilagodljiv računalniško podprt sistem v razvojnem orodju Magic. GIPS je računalniško podprt informacijski sistem, ki rešuje vse aktivnosti potrebne za:

- izdelava ponudb s presojami,
- obvladovanje tehnologije na osnovi stroškov,
- planiranje potrebnih virov,
- izdelavo eksternih situacij,
- izdelavo situacij dejansko izvedenih del in
- primerjavo rezultatov.

V programu GIPS izdelajo ponudbo, na osnovi internih normativov in faktorjev nadgradnje.

Na gradbišču obračunski tehnik vnese mesečne izvedene količine za posamezne postavke. Na osnovi tega se izdelata pogojna eksterna situacija, mesečna eksterna situacija (eksterne količine), dejanski stroški (dejansko izvedene količine) in kumulativna situacija.

Primerjava kalkuliranih stroškov izvedenih količin z dejanskimi stroški se vrši preko programa FIRIS. Ta program uporabljajo v računovodstvu in končni izdelek tega programa je poslovni rezultat.

7.2 Poanaliza gradnje v Primorju d.d.

Intenzivna izgradnja viadukta Šumljak je trajala med leti 2002 in letom 2005. Zaradi faznosti del na odseku čez Rebrnice je promet čezenj stekel šele poleti leta 2009.

V preglednici 5 sem prikazal izvedena dela – Realizacijo in dejanske stroške gradbišča in sicer po posameznih obdobjih in kumulativno.

Preglednica 5: prikaz realizacije in stroškov

Leto	Realizacija	Stroški	Index uspeha	Kumulativna realizacija	Kumulativni stroški	Index uspeha
2002	663.000	688.000	0,96	663.000	668.000	0,96
2003	4.287.500	4.181.000	1,03	4.950.500	4.869.000	1,03
2004	3.205.000	3.135.000	1,02	8.155.500	8.004.000	1,02
2005	230.000	233.000	0,99	8.385.500	8.237.000	1,02
2006	25.000	28.000	0,89	8.410.500	8.265.000	1,02
2007	351.000	386.000	0,92	8.761.500	8.647.000	1,01
2008	150.000	166.000	0,90	8.911.500	8.813.000	1,01
2009	201.000	180.000	1,12	9.112.500	8.993.000	1,01
SKUPAJ	9.112.500	8.993.000	1,01	9.112.500	8.993.000	1,01

Pred pričetkom del je bila pripravljena kalkulacija in potem popisana pogodba za vrednost del v višini 9.112.500,00 EUR. Ta znesek je bil tudi osnova za obračun izvedenih del. Glede na to, da se je obračun vršil po sistemu "ključ v roke" je bila pogodbena vrednost enaka končni vrednosti izvršenih del.

Pred samo gradnjo je bila spremenjena tehnologija izvedbe in zaradi tega pripravljena tudi nova kalkulacija z manjšo vrednostjo in sicer 8.964.830,00 EUR. Iz tabele stroškov je razvidno, da so skupni stroški znašali 8.993.000,00 EUR in so bili predvideni stroški iz kalkulacije preseženi za 28.700,00 EUR vendar so bili kljub temu nižji od pogodbene

vrednosti. Zaradi tega je projekt izgradnje Viadukta Šumljak prinesel dobiček v vrednosti 119.500,00 EUR, kar znaša 1,31 % celotne vrednosti del.

Po posameznih letih v tabeli opazimo, da smo imeli predvsem v začetku prevelike stroške z mobilizacijo gradbišča in pripravljalnimi deli. Ko je gradnja v letu 2003 "stekla" in se je gradbišče v celoti razvilo, so se pokazali najboljši rezultati. Enak trend se je nadaljeval v letu 2004. V tem času je gradbišče delalo na polno z največjo intenzivnostjo. Ekipe, ki so opravljale posamezna dela, so bile "uigrane" tako, da je bila izvedba del že rutina, saj so se delovni procesi v veliki večini ponavljali. Organizacija dela na gradbišču in izvedba del je bila zmeraj bolj podobna industrijski proizvodnji, kar je za samo poslovanje gradbišča najboljše. Delovni proces so zmotila le občasna obdobja slabega vremena, vendar je takšne pogoje v gradbeništvu vedno za pričakovati.

V kolikor bi imeli možnost vsa dela v letu 2004 oziroma 2005 tudi zaključiti, bi bil sam rezultat iz poslovanja gradbišča prav gotovo še boljši. Če primerjamo obdobje od leta 2005 do 2009, vidimo, da smo imeli skupno na gradbišču 727.000,00 EUR prihodkov in 756.000,00 EUR stroškov ter izrazito negativno poslovanje. V tem obdobju na stroške vplivajo predvsem stroški mobilizacije gradbišča (priključek elektrike, strošek najemnin – kontejnerji, ograja) in samo občasni stroški vodstvenega kadra na gradbišču (delovodja, vodja gradbišča), ki se ukvarja z določenimi zaključnimi deli. Žal naročnik ni prisluhnil naši želji po dokončanju in predaji objekta že v letu 2005, ter je objekt prevzel šele ob dokončanju celotnega odseka v letu 2009.

8 ZAKLJUČEK

Izgradnji viadukta Šumljak je primer dobre prakse, ko izvajalec s svojo ekipo (projektanti, tehnologi, komercialisti) lahko naročniku ponudi rešitev, ki je enakovredna ali boljša po svoji uporabnosti, za izvajalca pa bolj primerna in cenejša za izvedbo. To je še zlasti pomembno v zaostrenih tržnih razmerah, ko je bistvo vsake gospodarske družbe – to je ustvarjanje dobička in s tem dolgoročni razvoj - še težje dosegljivo. Ob tem je nujno potrebno vseskozi spremljati tudi finančno poslovanje projekta med njegovim izvajanjem.

Pri izgradnji viadukta Šumljak lahko ugotovimo, da je bil projekt finančno uspešen zaradi dveh razlogov:

1. zaradi odločitve o spremembi projektantske rešitve iz PZR projekta
2. zaradi dobre organizacije in vodenja izgradnje viadukta

Takšno odločitev lahko naročniku ponudi le usposobljen izvajalec z ustreznimi izkušnjami.

VIRI

Fotografije gradnje viadukta Šumljak: Iztok Likar (Primorje d.d.)

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

Posebne gradbene uzance. 1998. Ljubljana, Uradni list Republike Slovenije

Pšunder, M. Ekonomika gradbene proizvodnje. 2008. Univerzitetni učbenik. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Pšunder, M. Gradbeno poslovanje. 1986. Maribor, Tehniška fakulteta Maribor

Razpisna dokumentacija za Viadukt 6-4/1, Šumljak. 2002. Ljubljana, DARS d.d.

Rosa, S. 2008. Tehnologija in organizacija gradnje viadukta s pomičnim opažnim sistemom. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Smer za operativno gradbeništvo

SODOC – Smernice za projektiranje premostitvenih cestnih objektov. 1997. Ljubljana, Ministrstvo za promet in zveze

Tehnična dokumentacija PGD/PZI Viadukt 6-4/1, Šumljak. 2002. Maribor, Inženirski biro Ponting d.o.o.

Tehnična dokumentacija PZR za Viadukt 6-4/1, Šumljak. 2001. Celje, DARS d.d.

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

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

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

Žemva, Š. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov. 2006. Priročnik za prakso. Ljubljana, Center za poslovno usposabljanje – Gospodarska zbornica Slovenije