

Cestovni nadvožnjaci

Šargač, Kristijan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:373407>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-05**

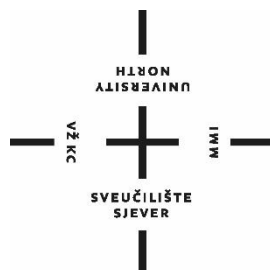


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



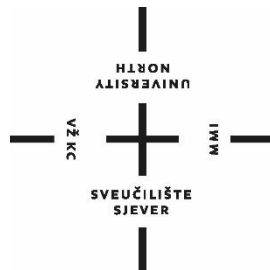
DIPLOMSKI RAD br. 051/GRD/2022

CESTOVNI NADVOŽNJACI

Kristijan Šargač, 1196/336D

Varaždin, listopad 2022.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 051/GRD/2022

CESTOVNI NADVOŽNJACI

Student:
Kristijan Šargač, 1196/336D

Mentor:
doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, listopad 2022.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Kristijan Sargač

MATIČNI BROJ 1196/336D

DATUM 14. veljače 2022.

KOLEGIJ Mostovi

NASLOV RADA Cestovni nadvožnjaci

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Road Overpasses

MENTOR dr. sc. Goran Puž

EVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin
2. doc. dr. sc. Goran Puž
3. prof.dr.sc. Božo Soldo
4. doc. dr. sc. Danko Markovinović
- 5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 051/GRD/2022

OPIS

U teorijskom dijelu rada potrebno je prikazati karakteristične tipove nadvožnjaka na našim cestama - građevine od armiranog i prednapetog betona. Komentirati raspone, širine i propis za opterećenja, uz nekoliko primjera izvedenih nadvožnjaka

U praktičnom dijelu rada potrebno je načiniti projekt nadvožnjaka preko ceste u ravnici. Rasponski sklop građevine biti će kontinuirani pločasti nosač od armiranog betona, preko 3 raspona. Stupovi i upornjaci biti će također armiranobetonski, a temeljenje plitko. Most prevodi preko prepreke cestovnu prometnicu zadanog profila uz koju će biti dodane pješačke staze. Rad treba sadržavati:

- tehnički opis s obrazloženjem odabranog rješenja
- dispozicijske nacрте mosta u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- skicu armature rasponskog sklopa
- troškovnik radova
- literaturu.

ZADATAK URUČEN

16.03.2022.



Goran Puž

Predgovor

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Goranu Pužu koji me je pratio tokom nastajanja diplomskog rada te svojim prijedlozima i savjetima usmjeravao kako da savladam probleme koji su se pojavili tokom izrade rada. Zahvaljujem i svim profesorima i asistentima odjela Graditeljstva na prenesenom znanju tokom čitavog obrazovanja. Hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji su uljepšali i olakšali čitav put tokom studiranja . Na kraju bih zahvalio svojoj obitelji na pruženoj podršci tokom cijelog studija, bez kojih ovo postignuće ne bi bilo moguće.

Hvala!

Kristijan Šargač

Sažetak

Tema diplomskog rada je opis karakterističnih nadvožnjaka na našim autocestama te projekt nadvožnjaka preko ceste u ravnici. Rasponski sklop je kontinuirani pločasti nosač od armiranog betona, preko tri raspona. Konstrukcija se oslanja na armiranobetonske upornjake i stupove, a temeljenje je plitko. Nadvožnjak prevodi cestovnu prometnicu širine 2 x 3,25 m sa rubnim trakovima širine 0,5 m. Uz prometnicu su smještene pješačke staze širine 1,00 m.

Rad sadrži:

- tehnički opis
- statički proračun rasponskog sklopa
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- dispozicijske nacрте nadvožnjaka
- skice armature rasponskog sklopa
- troškovnik radova

Ključne riječi: nadvožnjak, rasponski sklop, statički proračun, troškovnik

Abstract

The topic of graduation thesis is description of characteristic overpasses on our highways and overpass project over the road in the plain. The span assembly is a continuous slab support made of reinforced concrete, over three spans. The construction rests on reinforced concrete abutments and columns, and the foundation is shallow. The overpass translates a 2 x 3,25 m wide road with 0,5 m wide edge band. There are pedestrian paths 1,00 m wide along the road.

Work contains:

- technical description
- static calculation of the span assembly
- dimensioning of the most loaded sections of the span assembly
- blueprints of overpass
- sketches of reinforcement of the span assembly
- cost sheet

Keywords: overpass, span assembly, static calculation, cost sheet

Popis korištenih kratica

| | |
|---------------------------------|--|
| AB | armirano-betonski |
| B500B | čelik za armiranje betona |
| Cx/x | razred čvrstoće betona |
| H2 W5 | tipska sigurnosna ograda |
| HRN EN | norme preuzete iz normizacijskih sustava |
| g | stalno (vlastito) opterećenje |
| q | kontinuirano opterećenje |
| lx | duljina nosača |
| ly | širina nosača |
| Δg | dodatno stalno opterećenje |
| QK | koncentrirano opterećenje |
| qK | kontinuirano opterećenje |
| Qv | koncentrirano opterećenje u traci (vozila) |
| w | širina kolničke konstrukcije |
| b | sudjelujuća širina |
| b_1 | širina rasprostiranja koncentriranog opterećenja |
| M_{Ed} | moment savijanja (računski) |
| V_{Ed} | poprečna sila (računska) |
| f_{ed} | čvrstoća betona (računska) |
| f_{yd} | čvrstoća čelika (računska) |
| f_{yd} | karakteristična čvrstoća čelika |
| d | statička visina presjeka |
| h | visina presjeka |
| c | zaštitni sloj betona |
| ζ | koeficijent kraka unutrašnjih sila |
| ξ | koeficijent položaja neutralne osi |
| A_s | potrebna armatura |
| $A_{s1, max}$ | maksimalna armatura |
| V_{Rd} | računska nosivost na poprečne sile |
| V_{Rd1} | nosivost neraspucalog elementa na poprečne sile |
| A_a | glavna armatura |
| A_{ar} | razdjelna armatura |
| s_w | razmak spona (vilica) |

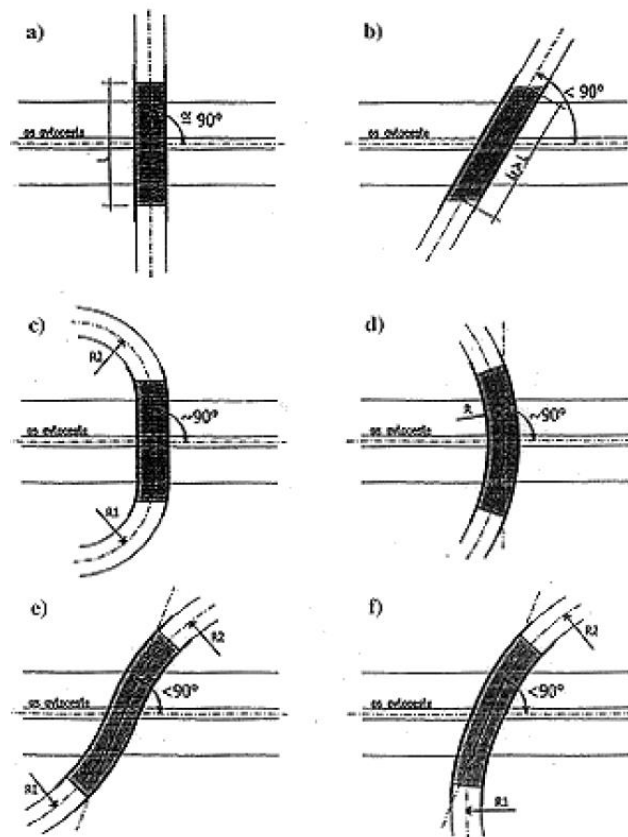
Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka | 3 |
| 2.1. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka na ravnom terenu..... | 3 |
| 2.2. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka u usjecima..... | 4 |
| 3. Tehnički opis..... | 6 |
| 3.1. Općenito..... | 6 |
| 3.2. Značajke tla i temeljenje..... | 6 |
| 3.3. Donji ustroj mosta | 6 |
| 3.4. Rasponski sklop..... | 7 |
| 3.5. Odvodnja | 8 |
| 3.6. Zaštitna oprema | 9 |
| 3.7. Oprema mosta..... | 9 |
| 3.8. Statički proračun..... | 10 |
| 3.9. Izvedba..... | 15 |
| 3.10. Utrošak građiva..... | 15 |
| 4. Statički proračun | 16 |
| 4.1. Slučajevi opterećenja za proračun unutarnjih sila | 24 |
| 4.2. Reakcije u ležajevima | 27 |
| 4.3. Dijagrami unutarnjih sila | 28 |
| 4.4. Proračunska situacija za prvo i treće polje | 30 |
| 4.5. Proračunska situacija za drugo polje | 35 |
| 4.6. Proračunska situacija nad ležajevima | 41 |
| 4.7. Statička provjera konzole mosta..... | 42 |
| 4.8. Proračun „skrivena grede“ iznad ležaja..... | 43 |
| 5. Troškovnik | 46 |
| 5.1. Donji ustroj nadvožnjaka..... | 47 |
| 5.2. Gornji ustroj nadvožnjaka | 49 |
| 5.3. Oprema nadvožnjaka | 50 |
| 6. Zaključak..... | 53 |
| 7. Literatura..... | 54 |

1. Uvod

Most je građevina napravljena da ostvaruje prijelaz prometnica preko neke zapreke. Nadvožnjak je most kojim se jedna prometnica (cestovna ili željeznička), uzdignuta iznad tla, prevodi preko druge koja se nalazi u razini tla. Osnovne značajke nadvožnjaka koje ih izdvajaju od ostalih mostova su: brojnost i sličnost objekata i izloženost pogledima vozača na prometnici ispod.

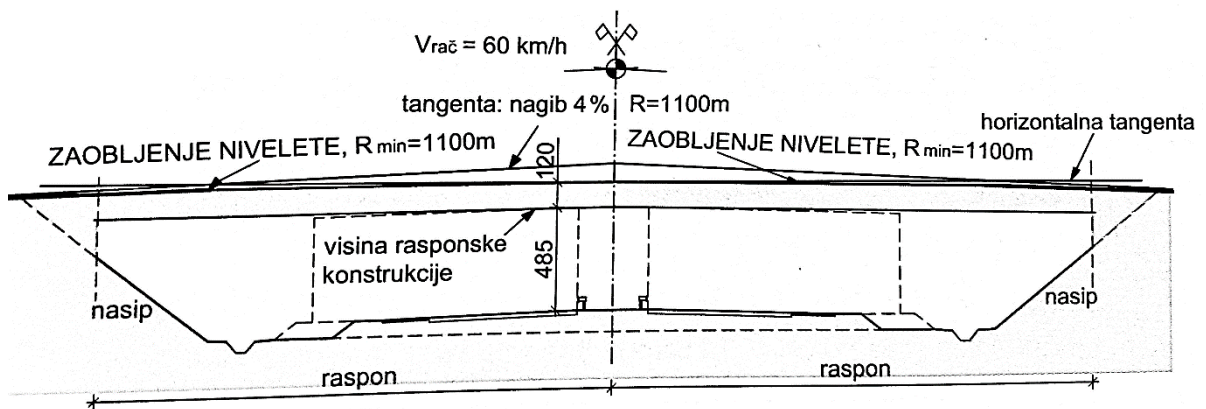
Najviše nadvožnjaka nalazi se na autocestama te ih je zbog toga potrebno pravilno koncipirati, konstruirati i prilagoditi okolišu. Projektiranje nadvožnjaka zasniva se na prostorno urbanističkim, prometnim, geodetskim, cestovnim, geomehaničkim, hidro-tehničkim, klimatskim podlogama i seizmološkim podacima. Na koncepciju i konstrukciju nadvožnjaka veliku važnost ima prometnica koja prolazi ispod nadvožnjaka, značajki križanja i konfiguracije terena. Geometriju i duljinu nadvožnjaka te broj, raspored i konstrukciju stupova najviše uvjetuju kut križanja prometnice i ceste na nadvožnjaku te rješenja nivelete. S prometnog motrišta nadvožnjaci su u odnosu na prometnicu ispod određena prepreka i vizualna barijera kroz koju treba proći. Stoga oni ni jednim svojim dijelom ne smiju ometati slobodan profil, što utječe na odabir raspona.



Slika 1. Sheme mogućih križanja cestovnih nadvožnjaka s autocestom

Najmanja dužina nadvožnjaka i najpoželjniji izgled postiže se ako je križanje pod pravim kutom (slika 1.a)) i ima niveletu u simetričnom konveksnom zaobljenju ili jednostranom nagibu od 0,5 do 1,5% (slika 2.). Dužina nadvožnjaka tada je najmanja. Geometrija građevine je jednostavna za projektiranje i građenje.

Na našim prometnicama (autocestama) mnogo je kosih nadvožnjaka s asimetričnim niveletama budući da se u praksi trasa ceste rijetko prilagođava prijelazu prepreke. Prostor kroz kojeg može prolaziti promet ispod nadvožnjaka, odnosno slobodni profil, visok je (prema Pravilniku) najmanje 4,50 m, a širinom odgovara širini prometnice. Nužni prolazi za pješake širine 0,75 m predviđeni su na nadvožnjacima nižih kategorija cesta (lokalne i gospodarske), dok su na mostovima više kategorije ceste (županijske i državne) predviđene pješačke staze širine 1,50 m. Zaštita pješaka predviđena je rubnjacima koji su uzdignuti iznad prometne plohe u visini od 20 cm te odbojnom ogradom koju treba propisati za svaki slučaj posebno.



Slika 2. Pogled na karakteristični nadvožnjak za autocestu u ravnici

2. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka

2.1. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka na ravnom terenu

Dominantne konstrukcije nadvožnjaka kod nas su gredni sklopovi, u statičkom smislu nizovi prostih greda ili kontinuirani (protežni) nosači. Često se radi o montažnim ili polumontažnim rasponskim sklopovima, ali ima i dosta sklopova izvedenih na mjestu. Proizvođači su razvili različite verzije montažnih sustava, od prednapetih nosača koji su međusobno povezani monolitnim poprečnim nosačima ili uzdužnim zglobovima. Uzdužno povezivanje polja ostvaruje se kontinuiranom pločom, pri čemu se ne ostvaruje statički kontinuitet rasponskog sklopa, ali ima i sve više rješenja u kojima je puni kontinuitet među susjednim poljima ostvaren izvedbom jako armiranog poprečnog nosača.

Nadvožnjaci sa jedim otvorom (slika 3.) prihvatljiva su rješenja kada se donja prometnica nalazi u usjeku, a širina razdjelnog pojasa je manja od 3,0 m. Otvori nadvožnjaka su u granicama od 25 do 45 m. Rasponska konstrukcija može imati konstantnu ili promjenljivu visinu.



Slika 3. Nadvožnjak s jednim otvorom

Nadvožnjaci sa dva otvora, prikazan na slici 4., prihvatljiva su rješenja kada je širina razdjelnog pojasa veća od 3 m što omogućuje pravilno konstruiranje i prometnu zaštitu srednjeg stupa. Rasponi nadvožnjaka su od 15 do 25 m. Kod projektiranja nadvožnjaka sa stupom u razdjelnom pojasu treba obratiti pozornost na odabir dimenzija i oblika stupa, zaštitu pred udarom vozila, sigurnost prometa, vizualni i konstrukcijski kontinuitet zaštitnih ograda i odvodnju.



Slika 4. Nadvožnjak sa dva otvora

Nadvožnjaci sa tri ili više otvora dobra su rješenja za autoceste u ravnici kada nije poželjan stup u razdjelnom pojasu (slika 5.). Srednji raspon kreće se između 20 i 30 m dok su ostali rasponi od 15 do 20 m. Rasponska konstrukcija ima konstantnu visinu. [Pržulj, M., 2003.]



Slika 5. Nadvožnjak s tri otvora

2.2. Dispozicijska rješenja nadvožnjaka u usjecima

Za dispozicijska rješenja nadvožnjaka koji prelaze preko prometnice u usjeku prikladne su lučne konstrukcije nadvožnjaka kako bi se izbjegla konstrukcija nadvožnjaka sa stupovima u usjeku koji djeluju neprirodno te presijecaju ionako ograničen prostor. Takvih nadvožnjaka je kod nas izvedeno tek nekoliko. Na dionici Donja Orehovica – Kikovica sagrađena je skupina od tri svođena nadvožnjaka, načinjenih sklapanjem predgotovljenih armiranobetonskih elemenata (slika 6.).

Kod nadvožnjaka u usjecima struktura će bitno ovisiti o tipu tla – kod zemljanih materijala logično je predvidjeti gredu, međutim kod usjeka u kamenu (stjenovitom tlu) korištene su i

lučne konstrukcije budući da uvjeti tla omogućuju prijenos horizontalnih sila lučne konstrukcije bez golemih temelja.



Slika 6. Lučni nadvožnjak na dionici Donja Orehovica – Kikovica

Elementi svodova sastavljeni su od triju lukova širine po 1 m, a svaki luk je sklopljen sa po dva polulučna elementa (slika 7.). Raspon konstrukcije je 28 m. Sastavci polulukova izvedeni su u tjemenu svoda, na duljini od 2 m i pri petama luka. Spandrilni zidovi betonirani su na licu mjesta koji sudjeluju u prijenosu opterećenja. Na zidove se oslanja montažna ploča kolnika.



Slika 7. Pogled na svod lučnog nadvožnjaka na dionici Donja Orehovica - Kikovica

Ovakvi nadvožnjaci mogli bi se konstruirati od tipskih elemenata. Među montažnim lučnim nadvožnjacima kod nas se ističu mostovi posebne namjene: prijelazi za životinje. Takve građevine moraju imati neke posebne značajke: prijelaz mora biti širine oko 100 m i ozelenjen te posebni uvjeti izolacije i odvodnje. [Pržulj, M., 2003.]

3. Tehnički opis

3.1. Općenito

Nadvožnjak provodi cestu prometne širine 2 x 3,25 m te pješačke staze 2 x 1,0 m iznad ceste u ravnici. S obzirom na konfiguraciju terena i prepreke koju nadvožnjak premošćuje, projektirana je konstrukcija s tri raspona. Kao optimalno rješenje za rasponski sklop odabran je kontinuirani pločasti nosač od armiranog betona. Slobodni profil koji se mora osigurati iznosi 4,80 m.

Prijelaz je s kutom križanja osi ceste i prijelaza od 90°. Niveleta nadvožnjaka u konstantnom je padu od 2%. Ukupna duljina nadvožnjaka je 51,00 m, a ukupna širina iznosi 11,20 m. Krajevi rasponske konstrukcije oslanjanju se na klasične upornjake. Rasponi su duljine 12 + 13 + 12 m.

3.2. Značajke tla i temeljenje

Temeljenje nadvožnjaka je plitko i prema pretpostavci izvodi se u glinovitom tlu. Vrh temelja upornjaka nalazi se u visini nulte kote terena, a temelji stupova nalaze se 0,30 m ispod nulte kote terena. Ispod temelja nalazi se 10 cm mršavog betona.

Dimenzije temelja upornjaka su (š x d x v): 2,80 x 11,80 x 0,80 m. Na njima se nastavlja temelj krila upornjaka.

Dimenzije temelja stupa su (š x d x v): 1,80 x 8,40 x 0,80 m.

3.3. Donji ustroj mosta

Donji ustroj mosta sastoji se od konstruktivnih dijelova koji prenose opterećenja nadvožnjaka u tlo. Donji ustroj ovog nadvožnjaka sastoji se od dva upornjaka i četiri stupa izrađenih od betona klase C 30/37 i rebraste armature B500B. Izvedba betonske konstrukcije vrši se prema normama HRN EN 13670 „Izvedba betonskih konstrukcija“, HRN EN

13670/NA „Izvedba betonskih konstrukcija – Smjernice za primjenu norme HRN EN 13670“, HRN EN 10080:2005 „Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – Općenito“ i HRN EN 1130-2:2008 „Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B“ (19.09.2022.).

Upornjaci

AB upornjaci temeljeni su na temeljima visine 0,80 m, duljine 11,80 m i širine 2,80 m ispod kojih se nalazi 10 cm mršavog betona. Zid upornjaka je debljine 80 cm, a zidić debljine 30 cm. Krila upornjaka oslonjena su na temelje koji su povezani sa temeljem upornjaka debljine 60 cm. Vidljive betonske plohe uređuju se premazima kako bi se dobila glatka površina. Svi strukturni elementi koji dolaze u doticaj sa tlom su vodonepropusni, odnosno zaštićeni hidroizolacijom. Hidroizolacija je jednoslojna, debljine 1,0 cm koja sadrži brtvenu traku od 0,5 cm, ljepljivu bitumensku masu i epoksidni premaz sa posipanjem kvarcnog pijeska.

Stupovi

Nadvožnjak se oslanja na dva para stupa pravokutnog poprečnog presjeka dimenzija 160 x 60 cm, koji su povezani zajedničkim trakastim temeljem. Stupovi se sastoje od temelja, tijela i glave stupa. Glava stupa je dimenzija 160 x 95 cm sa predviđenim prostorom za postavljanje hidrauličke dizalice. Visina stupova iznosi 5,50 m, a izvode se na licu mjesta pomoću oplata.

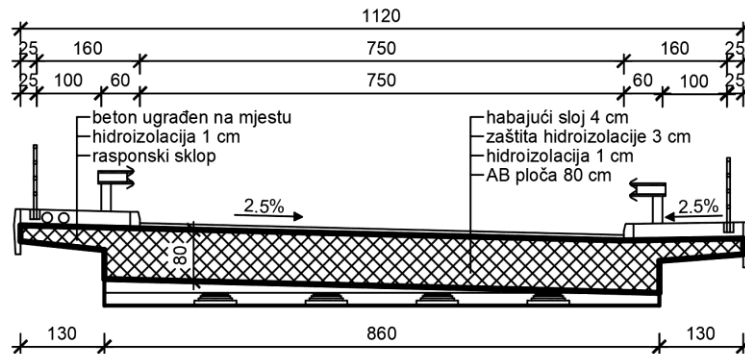
Karakteristike betona pojedinih konstrukcijskih elemenata nadvožnjaka:

1. Podložni beton – C 12/15
2. Temelji – C 25/30; XC2, XF2
3. AB stupovi – C 30/37; XD1, XF2
4. Krila upornjaka – C 30/37; XD1, XF2
5. Upornjaci – C 30/37; XD1, XF2
6. Rubni vijenac – C 25/30, XD1, XF2

3.4. Rasponski sklop

Rasponski sklop nadvožnjaka je AB ploča načinjena od betona klase C 30/37 (XD1, XF2). Najveći raspon ploče iznosi 13,00 m dok su druga dva raspona duljine 12,00 m. Debljina ploče je 80 cm, a ukupna širina iznosi 11,20 m (slika 8.). Na svaku stranu ploče nastavlja se konzola duljine 1,30 m koja je promjenjive visine između 25 – 35 cm. Izvedba armirano betonske ploče

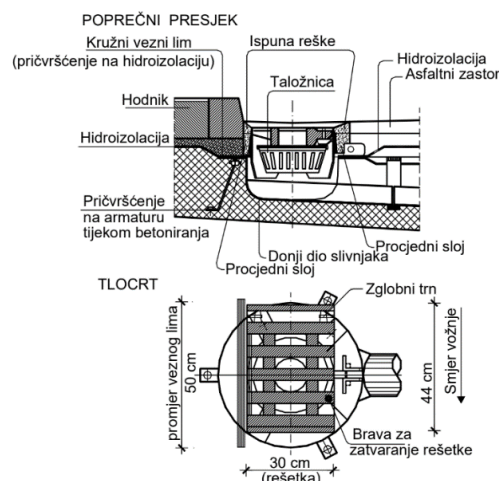
izvodi se pomoću pokretne skele. Rasponska konstrukcija oslanja se na elastomerne ležajeve dimenzija 400 x 400 x 50 mm. Na upornjacima se nalaze po 4 ležaja međusobnog osnog razmaka 186,7 cm dok se na svakom stupu nalazi po jedan ležaj. Uz ležajeve se nalazi priprema za postavljanje hidraulične dizalice koja omogućuje zamjenu ležajeva kada se istroše.



Slika 8. Poprečni presjek nadvožnjaka

3.5. Odvodnja

Odvodnja nadvožnjaka sa kolnika ostvarena je uzdužnim nagibom nivelete od 2% te poprečnim padom koji iznosi 2,50%. Odvodnja je zatvorenog tipa sa horizontalnim slivnicima smještenim uz rub kolnika. Prikupljene oborinske vode se sistemom uzdužnih i poprečnih cijevi odvođe u odvodnu jamu. Donji dio slivnika potrebno je ubetonirati u sklop kod izvedbe kolničke ploče, tako da okrugli obrub bude nepropusno priključen na hidroizolaciju (slika 9.). Slivnici trebaju imati taložnicu koja služi za prikupljanje otpada koji može začepiti cijevi. PEHD cijevi za odvodnju su unutarnjeg promjera 200 mm. Uzdužne cijevi moraju imati minimalni nagib od 2%, a poprečne cijevi minimalno 5% nagiba. Voda koja se skuplja na prometnici prije i poslije nadvožnjaka odvođe se preko slivnika koji su ugrađeni pred prijelaznom napravom te tako odvođe vodu sa upornjaka. Iza upornjaka izvodi se sloj šljunka sa drenažnom cijevi koji umanjuje hidrostatski tlak vode.



Slika 9. Tlocrt i poprečni presjek slivnika

3.6. Zaštitna oprema

Uz rub nadvožnjaka sa jedne i druge strane postavlja se odbojna i pješačka ograda. Odbojna ograda štiti vozila od izlijetanja s kolnika na način da apsorbiraju energiju udara uz kontrolirana oštećenja vozila i ograde. Izabrani tipski sklop čelične odbojne ograde je H2 W5 sukladno *Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama; Članak 74.* („NN“ 92/2019) (19.09.2022.). Ograda je visine 0,65 m sa osnim razmakom stupaca 1,50 m zaštićena vrućim pocinčavanjem. Ugrađuje se na sidrene elemente (4 sidra Φ 16 mm) koji se ugrađuju prije betoniranja. Zaštitne odbojne ograde trebaju zadovoljavati uvjete sukladno s normom HRN EN 1317.

Pješačka ograda izrađena je od čelika zaštićena od korozije pocinčavanjem. Sastoji se od rukohvata, usidrenih stupaca i ispune. Visina ograde je 1,00 m. Za sidrenje pješačke ograde na rubu betonskog vijenca osigurano je 25 cm debljine armiranobetonskog presjeka. Varovi na konstrukciji metalne ograde trebaju biti kontinuirani. Stupići ograde ubetoniravaju se u otvore ostavljene u betonu rubnog vijenca betonom iste kakvoće i otpornosti na smrzavanje i soli za odmrzavanje kao i ostali beton hodnika. Prije ubetoniranja stupova nadzorni inženjer treba provesti kontrolu postavljene ograde, pazeći da je rupa dobro očišćena i antikorozivna zaštita stupova ograde u dodiru s površinskim slojem betona ispravno izvedena, jer ti dijelovi ograde najbrže korodiraju.

3.7. Oprema mosta

Ležajevi su konstruktivni elementi koji prenose opterećenje s rasponskog sklopa na stupove i upornjake. Za ovaj nadvožnjak odabrani su deformabilni (elastomerni) ležajevi koji preuzimaju vertikalne i horizontalne sile. Pri tome se deformiraju i omogućavaju pomak konstrukcije. Zamjena ležajeva nakon istrošenosti vrši se podizanjem rasponskog sklopa hidrauličkim prešama.

Na mjestima spajanja nadvožnjaka sa cestom nalaze se prijelazne naprave koje omogućuju širenje i skupljanje mosta. Na nadvožnjaku se nalaze dvije prijelazne naprave izabrane iz kataloga gotovih rješenja, na svakom upornjaku, za koje je predviđen i ostavljen prostor za ugradnju. U hodniku nadvožnjaka predviđene su dvije cijevi za provođenje instalacija unutarnjeg promjera 160 mm. Na početku i kraju nadvožnjaka smještene su šahte koje osiguravaju sigurno vođenje, kontrolu i zamjenu instalacija.

3.8. Statički proračun

Statički proračun proveden je za rasponski sklop, koji je za tu svrhu pojednostavljen na linijski model. Prednost ovakvog modeliranja ogleda se u jednostavnosti i mogućnosti ručne provjere, pa bi se ovakav model koristio za preliminarnu razradu i podešavanje izmjera nosača, eventualno za idejni projekt. Poprečna razdioba plošnog cestovnog opterećenja provedena je uz konvencionalne pretpostavke, tako da je proračun izvršen za jediničnu širinu ploče. [Puž, G., 2020./2021.]

Sukladno tehničkim propisima za građevinske konstrukcije projektiranje se vrši prema sljedećim odredbama:

1. HRN EN 1990 - Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
2. HRN EN 1990/NA - Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija – Nacionalni dodatak
3. HRN EN 1991-1-1 - Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada
4. HRN EN 1991-1-3 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom
5. HRN EN 1991-1-4 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanje vjetra
6. HRN EN 1991-1-6 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-6: Opća djelovanja – Djelovanja tijekom izvedbe
7. HRN EN 1991-1-6/NA – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-6: Opća djelovanja – Djelovanja tijekom izvedbe – Nacionalni dodatak
8. HRN EN 1991-1-7 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-7: Opća djelovanja – Izvanredna djelovanja
9. HRN EN 1991-1-7/NA – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-7: Opća djelovanja – Izvanredna djelovanja – Nacionalni dodatak
10. HRN EN 1991-2 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova
11. HRN EN 1991-2/NA – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova – Nacionalni dodatak
12. HRN EN 1991-3 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 3. dio: Djelovanja prouzročena kranovima i strojevima
13. HRN EN 1991-3/NA – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 3. dio: Djelovanja prouzročena kranovima i strojevima – Nacionalni dodatak

14. HRN EN 1992-1-1 – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila
15. HRN EN 1992-1-1 – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila – Nacionalni dodatak
16. HRN EN 1992-2 – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 2. dio: Betonski mostovi – Proračun i pravila razrade detalja
17. HRN EN 1992-2/NA – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 2. dio: Betonski mostovi – Proračun i pravila razrade detalja – Nacionalni dodatak
18. HRN EN 1504-9 – Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 9. dio: Opća načela za uporabu proizvoda i sustava

Proračunski sklop pojednostavljen je na linijski model koji sadrži onoliko štapova koliko most ima raspona, a broj oslonaca jednak je broju raspona + 1.

Pretpostavke za proračun konstrukcije:

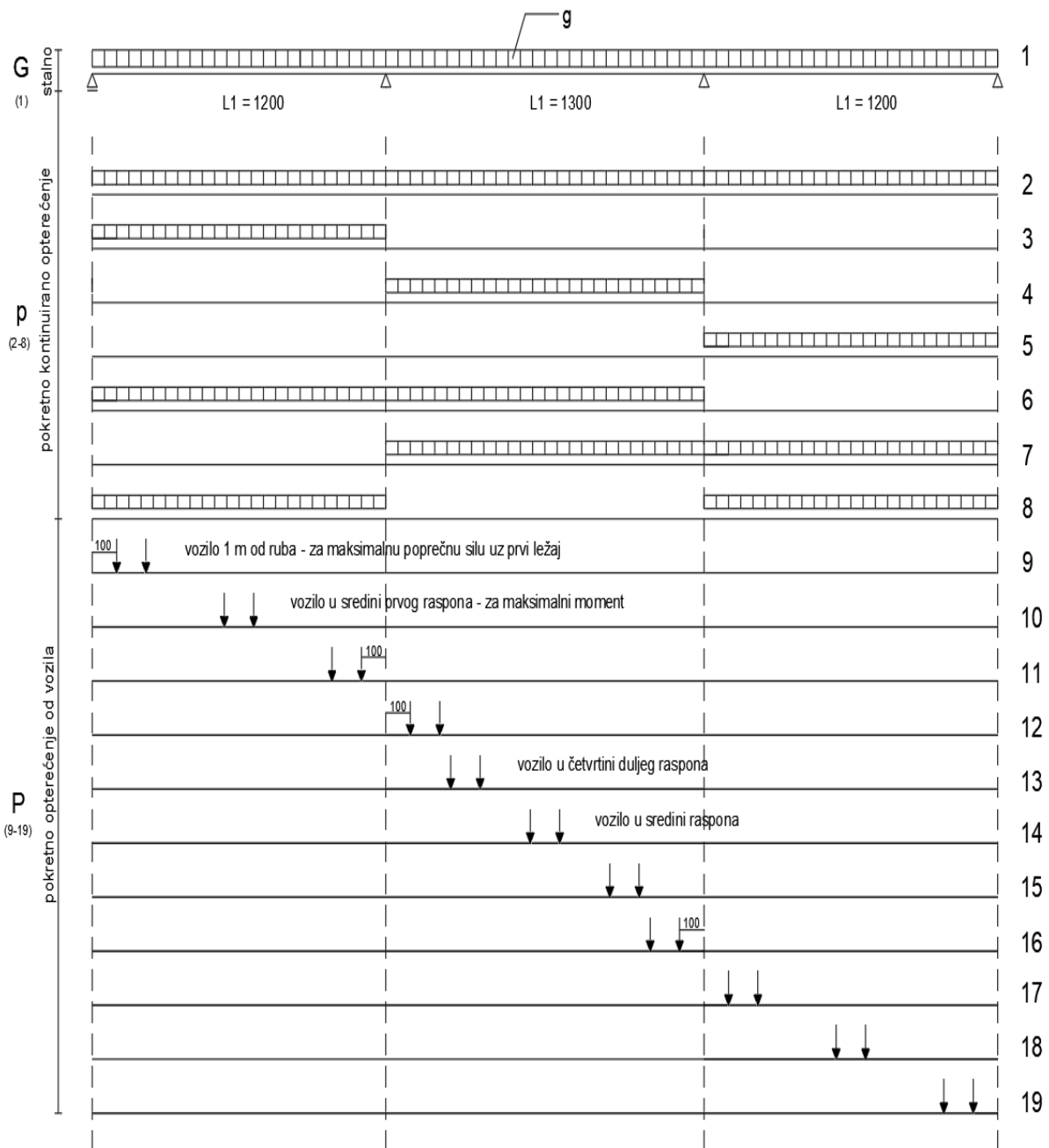
- statički sustav je štapni nosač
- nagib nosača zbog oblikovanja prema osi prometnice je zanemaren, nosač je ravan i horizontalan
- duljina pojedinih raspona odgovara duljini od osi do osi ležaja, što je manje od ukupne duljine sklopa (zanemaren je dio vlastite težine)
- svi ležajevi su zakretni (omogućene su rotacije), jedan krajnji ležaj je uzdužno nepomičan, a svi ostali uzdužno pomični

Odabrana je jedna proračunska situacija koja će dati dovoljno dobru procjenu sila za preliminarno dimenzioniranje.

Proračunska situacija koja se koristi:

$$\text{stalna djelovanja (G)} \times 1,35 + \text{promjenjiva djelovanja(Q)} \times 1,5$$

Koeficijentima sigurnosti i faktorima kombinacije množe se unutarnje sile kada se računa ukupno djelovanje u proračunskoj situaciji. Na slici 10. prikazani su slučajevi opterećenja za proračun unutarnjih sila u rasponskom sklopu nadvožnjaka preko tri raspona.



Slika 10. Slučajevi opterećenja za proračun unutarnjih sila u rasponskome sklopu nadvožnjaka preko 3 raspona, stalno + pokretno opterećenje

G – stalno opterećenje; djeluje uvijek

p – pokretno kontinuirano opterećenje (4 kombinacije) – za dimenzioniranje se bira najveća sila (moment ili poprečna sila)

P – pokretno opterećenje od vozila koje se provodi po položajima od početka do kraja nadvožnjaka (1 m od oslonca nosača, u četvrtini raspona, u polovici raspona)

Cestovna opterećenja

Prema značaju prometnice na kojoj se nalaze, cestovni mostovi svrstavaju se u tri kategorije – autoceste, magistralne, regionalne i gradske ceste i sve ostale ceste. Korisno opterećenje sastoji se od opterećenja tipskim vozilima i kontinuiranog prometnog opterećenja koja ovise o prometnoj namjeni mosta.

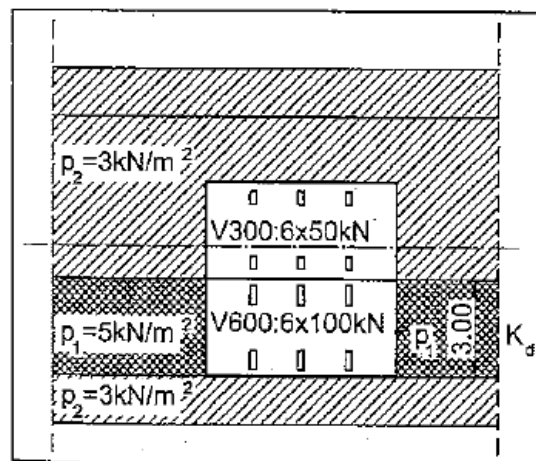
Tablica 1. Računske sheme opterećenja za pojedine kategorije mosta

| kategorija mosta | | računska shema |
|------------------|---|-----------------------------------|
| I. | na autocestama | 600+300 |
| II. | na magistralnim, regionalnim i gradskim cestama | 600 |
| II. | na svim ostalim cestama | širina kolnika $\geq 6,0\text{m}$ |
| | | širina kolnika $< 6,0\text{m}$ |

Tablica 2. Računske sheme opterećenja

| računska shema | glavni trak | | sporedni trak | | izvan traka |
|----------------|-------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| | vozilo (kN) | p_1 (kN/m ²) | vozilo (kN) | p_2 (kN/m ²) | p_2 (kN/m ²) |
| 600+300 | 6x100 | 5 | 6x50 | 3 | 3 |
| 600 | 6x100 | 5 | | 3 | 3 |
| 300+300 | 6x50 | 5,5 | 6x50 | 3 | 3 |
| 300 | 6x50 | 5,5 | | 3 | 3 |

Glavni trak sheme opterećenja s tipskim vozilom smješta se u najnepovoljniji položaj za proračun rasponske konstrukcije. Ispred i iza vozila glavni trak opterećuje se kontinuiranim opterećenjem p_1 , a površina kolnika izvan glavnog traka opterećuje se kontinuiranim opterećenjem p_2 (slika 11.).



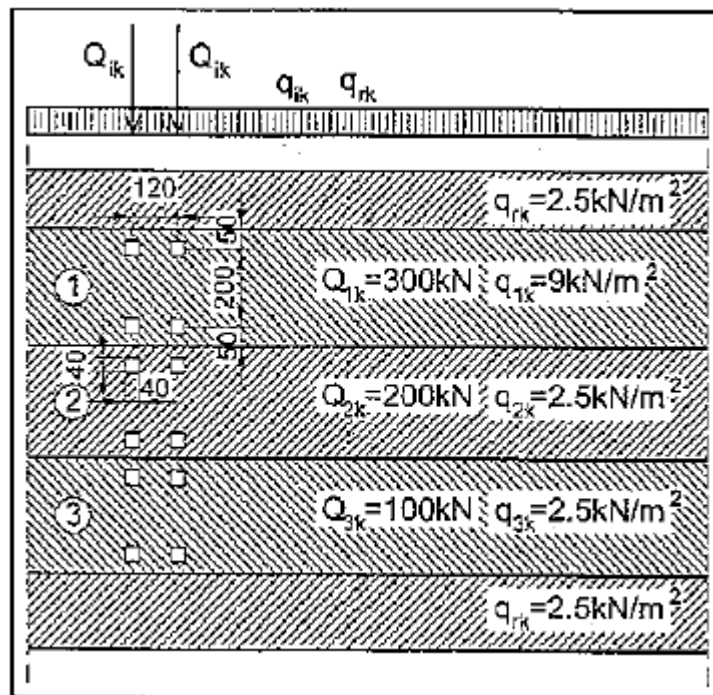
Slika 11. Shema opterećenja 600+300

Na mostovima se predviđaju maksimalno tri prometna traka širine od 2,7 do 3,0 m koja su specifično opterećena i preostala ploha do pune širine mosta.

Tablica 3. Broj i širina trakova ovisno o širini kolnika

| širina kolnika w | broj prometnih trakova | širina prometnih trakova (m) | preostala širina kolnika (m) |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $< 5,4 \text{ m}$ | 1 | 3 | $w - 3$ |
| $5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$ | 2 | $w / 2$ | 0 |
| $w \geq 6 \text{ m}$ | $n = \text{Int} (w / 3)$ | 3 | $w - 3 \times n$ |

Karakteristična opterećenja koja predstavljaju cestovna prometala na europskim cestama obrađena su u 4 modela. U našem slučaju za proračun je korišten Model 1 (slika 12.) – glavni sustav opterećenja od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja koje pokriva utjecaje od teških vozila i osobnih vozila. Kod Modela 1 svaki prometni trak opterećuje se s dva osovinska tereta Q_{ik} na razmaku od 1,2 m s razmakom kotača od 2,0 m i kontinuiranim opterećenjem q_{ik} . Površina kojom kotač dodiruje podlogu je 40x40 cm. Ostatak površine opterećuje se kontinuiranim opterećenjem q_{rk} . [Radić, J., Mandić, A., Puž, G., 2005.]



Slika 12. Opterećenje po modelu 1

3.9. Izvedba

Izvedba nadvožnjaka započinje izgradnjom plitkih temelja pošto su uvjeti za temeljenje dobri. Dno temelja oslonjeno je na čvrstu stijenu. Upornjaci se grade na klasičan način na licu mjesta uz pomoć oplata. Stupovi visine 5,50 m također se izvode na licu mjesta sa potpunom oplatom, postavljenom odjednom po čitavoj visini stupa. Oplata stupova je prenosiva i koristi se za sva četiri stupa. Rasponska konstrukcija nadvožnjaka izvodi se betoniranjem dugih odsječaka na mjestu gradnje. Vrlo je bitan način obrade radnih (spojnih) reški. Kod betoniranja dugih odsječaka, armatura se nastavlja preklapanjem ili varenjem. Izvedba rasponske konstrukcije izvodi se pomoću čelične cijevne skele koja se lako montira i demontira, te se može premještati uzduž i poprijeko cijelog nadvožnjaka. Pogodna je za mostove koji imaju više jednakih otvora, kada se može koristiti više puta bez velikih izmjena.

Armiranobetonska ploča i konzole izvode se zajedno, a zatim se postavlja hidroizolacija. Nakon toga betonira se pješačka staza zajedno sa vijencem nadvožnjaka te se postavljaju rubnjaci visine 25 cm. Vijenac je sa rasponskim sklopom povezan pomoću kuka koje su postavljene iz konzole hodnika.

Ugradnja betona i armature provodi se prema hrvatskim normama HRN EN 13670 „Izvedba betonskih konstrukcija“, HRN EN 13670/NA „Izvedba betonskih konstrukcija – Smjernice za primjenu norme HRN EN 13670“ i Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije („NN“ 17/17, 75/20, 7/22),(19.09.2022.).

3.10. Utrošak gradiva

Temelji upornjaka i stupova te sami upornjaci i stupovi ukupno sadrže 254,96 m³ betona i 8270 kg armature. Za prijelazne ploče potrebno je 24,25 m³ betona i 2425 kg armature. Rasponska konstrukcija nadvožnjaka sadrži 276,48 m³ betona te 26905,25 kg armature dok je za hodnik potrebno 43,35 m³ betona i 4335 kg armature. Potrebno je 571,2 m² hidroizolacije. Za izradu asfaltnog zastora, zaštitnog i habajućeg sloja, ukupno je potrebno 765 m² asfalta. Za oslanjanje rasponske konstrukcije na upornjake i stupove potrebno je 12 elastomernih ležajeva. Potrebno je ugraditi 15 metara vodonepropusne prijelazne naprave na početku i kraju nadvožnjaka. Na nadvožnjaku se nalaze 4 slivnika i 140 m cijevi promjera 200 mm za odvodnju oborinskih voda. Ukupno je potrebno ugraditi 102 m odbojne ograde te isto toliko ograde za pješake.

4. Statički proračun

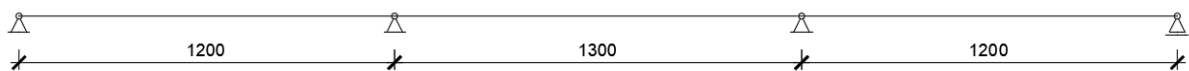
Statički proračun nadvožnjaka proveden je u računalnom programu Tower. Pločasti nosač proračunat je po teoriji ploča, koja se zasniva na sljedećim pretpostavkama:

- debljina ploče je mala u odnosu na raspon
- progib ploče je malen u odnosu na debljinu
- gradivo je izotropno i elastično

Iako ove pretpostavke nisu sasvim ispravne za armirane ploče ipak daju prihvatljiva rješenja u praksi.

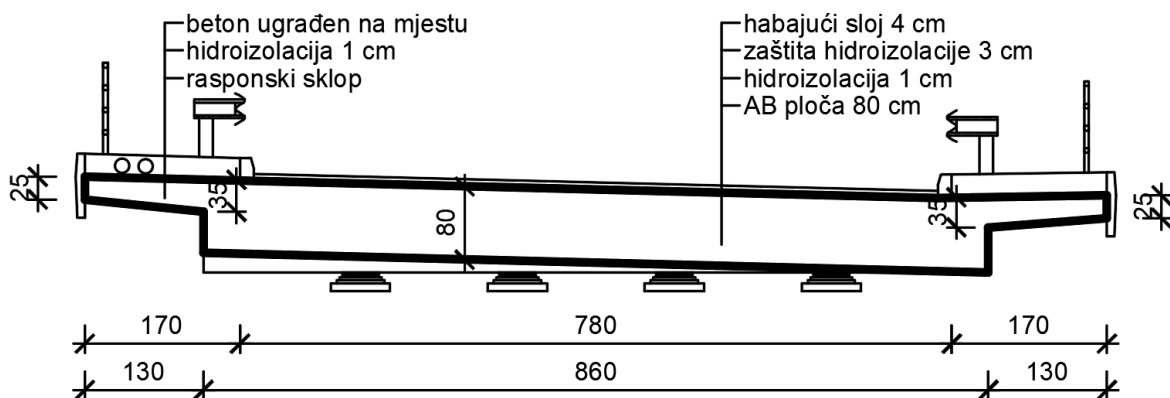
Pretpostavlja se da konzolne istake ne sudjeluju u prijenosu opterećenja na glavnom – uzdužnom pravcu. Kasnije se to ispravlja ojačanjem armature. [Radić, J., 2007.]

PRETPOSTAVLJENI STATIČKI SUSTAV



Slika 13. Statički sustav nadvožnjaka

POPREČNI PRESJEK ZA PRORAČUN

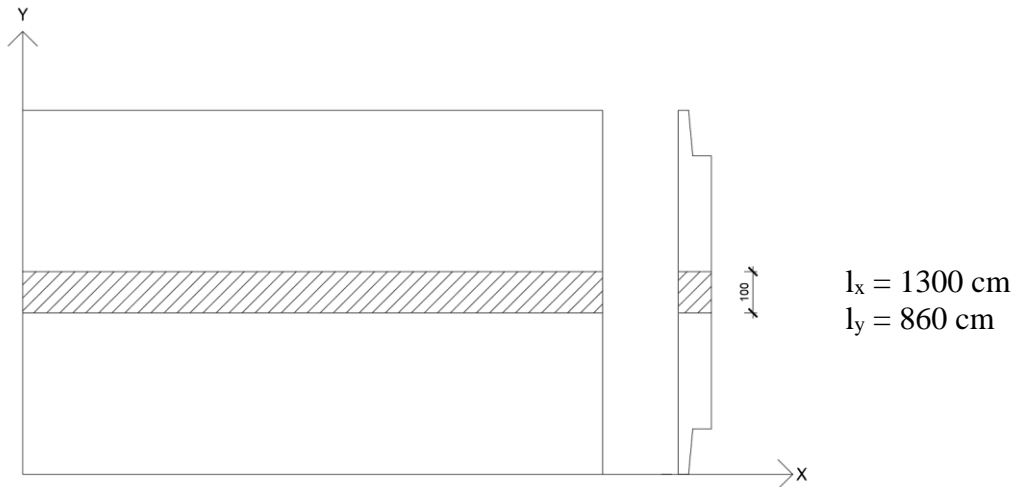


Slika 14. Poprečni presjek nadvožnjaka za proračun

ANALIZA OPTEREĆENJA

Vlastita težina nosača:

- ploča (po m²) $25 \cdot 0,80 = 20,00 \text{ kN/m}^2$
 - ploča (po m') $20,00 \cdot 8,60 = 172,00 \text{ kN/m}'$
-
- $g = 192,00 \text{ kN/m}'$



Dodatno stalno opterećenje:

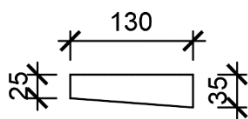
Kolnik:

- asfalt $0,07 \cdot 22 \cdot 7,50 \cdot 1 = 11,55 \text{ kN/m}'$
- hidroizolacija $0,01 \cdot 21 \cdot 11,20 \cdot 1 = 2,35 \text{ kN/m}'$

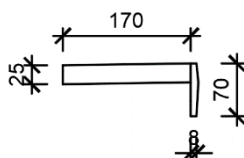
Hodnik:

- konzola $19,5 \text{ kN/m}'$
 - ograda $2 \cdot 0,5 \cdot 1 = 1,00 \text{ kN/m}'$
 - betonska staza $24,05 \text{ kN/m}'$
-

$$\Delta g = 58,45 \text{ kN/m}'$$



$$0,3 \cdot 1,30 \cdot 25 \cdot 2 \cdot 1 = 19,5 \text{ kN/m}'$$



$$(0,25 \cdot 1,70 + 0,08 \cdot 0,70) \cdot 25 \cdot 2 \cdot 1 = 24,05 \text{ kN/m}'$$

Stalno opterećenje po dužnom metru nosača:

$$g + \Delta g = 192,00 + 58,45 = 250,45 \approx 251 \text{ kN/m'}$$

Za proračun po metru širine ploče (nosača):

$$251 : 8,60 = 29,19 \text{ kN po metru širine}$$

Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2

- w – širina kolnika: 7,50 (> 6 m)
- broj prometnih traka: n = 2
- preostala širina kolnika: 1,00 m
- širina prometnog traka: 3,25 m

MODEL 1

1. traka

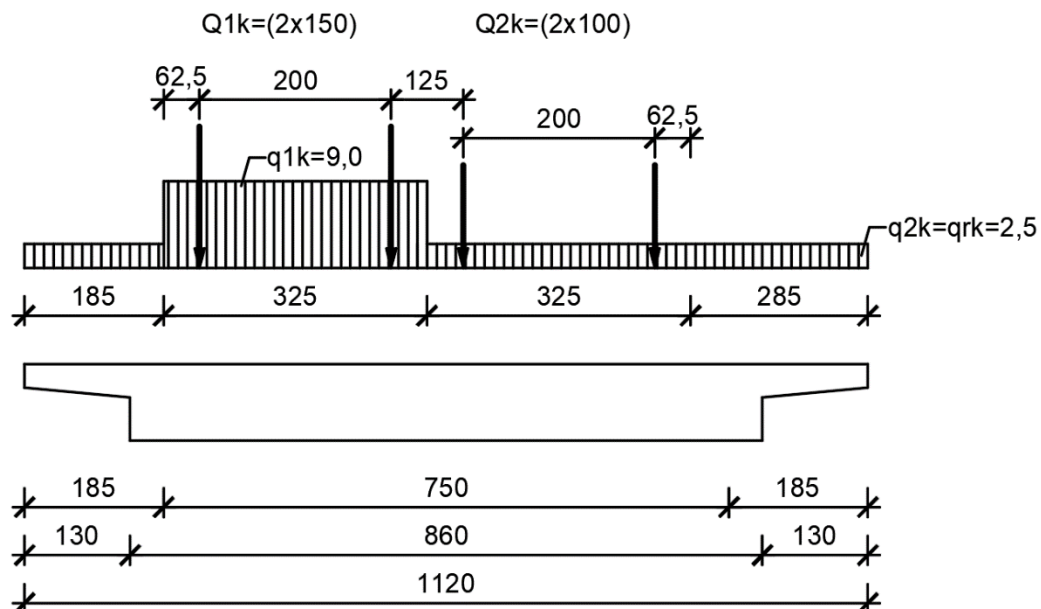
- koncentrirano opterećenje $Q_{1K} = 300 \text{ kN}$ (po osovini)
- kontinuirano opterećenje $q_{1K} = 9 \text{ kN/m}^2$

2. traka

- koncentrirano opterećenje $Q_{2K} = 200 \text{ kN}$
- kontinuirano opterećenje $q_{2K} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

preostala površina

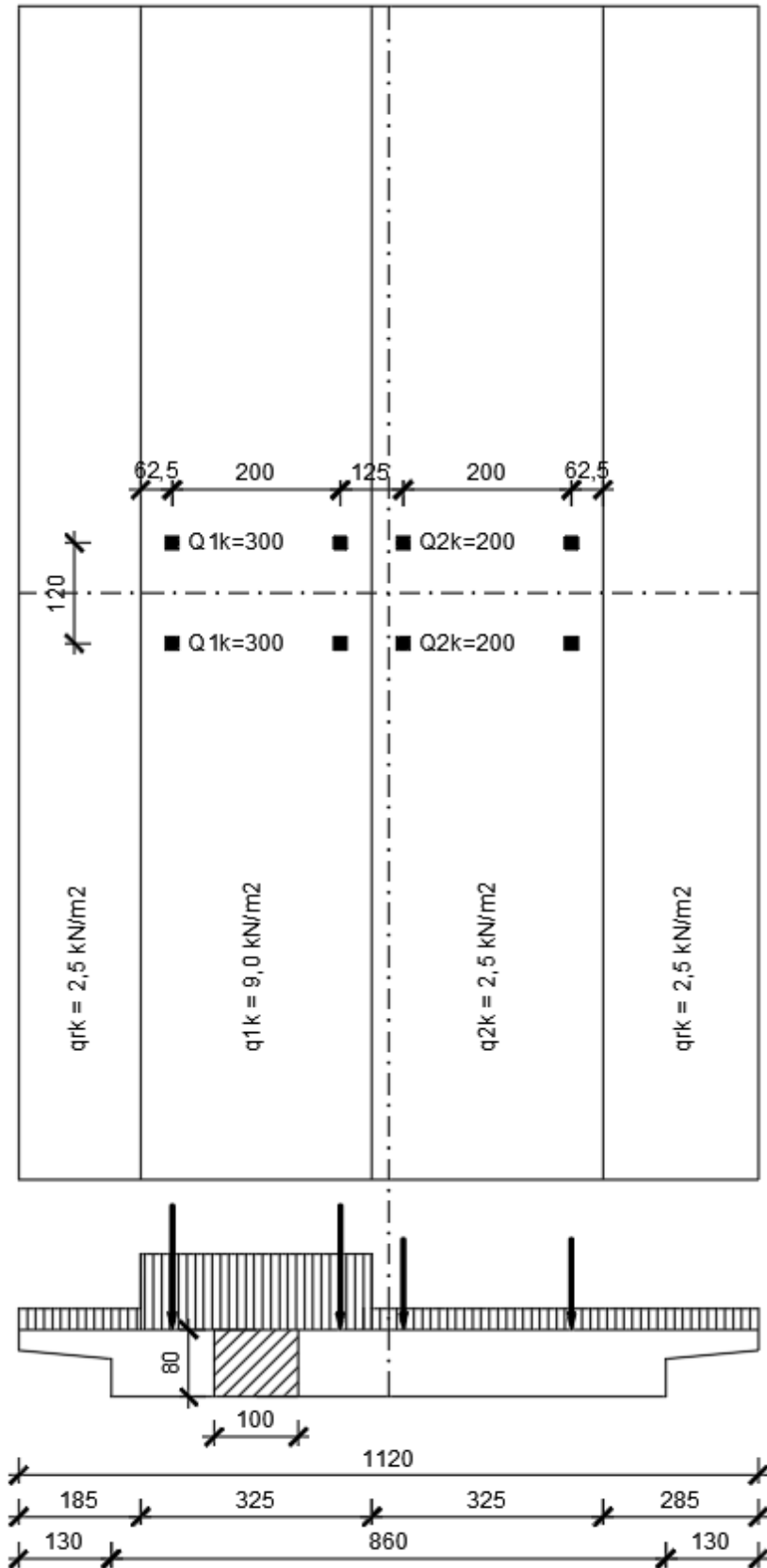
- kontinuirano opterećenje $q_{rK} = 2,5 \text{ kN/m}^2$



Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2

Model 1

Kontinuirano opterećenje + koncentrirane sile



Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2

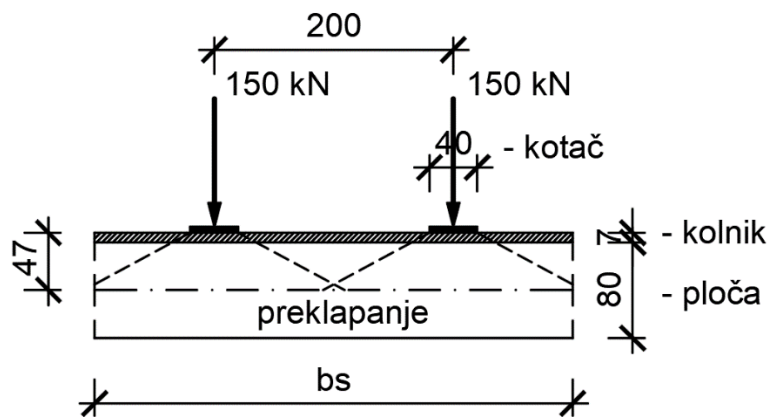
Model 1

a) poprečna razdioba koncentriranih sila (nosač širine 100 cm, visine 80 cm)

- koncentrirana opterećenja rasprostiru se na sudjelujuću širinu b_s

$$b_s = b_1 + \frac{A_{ar}}{A_a} \cdot l_x \leq l_y / 2$$

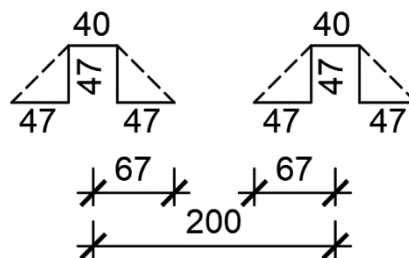
- b_1 – širina rasprostiranja koncentriranog opterećenja do sredine ploče (po debljini)
- A_{ar}/A_a – odnos površine presjeka razdjelne i glavne armature (pretpostavka)
- $A_{ar}/A_a = 0,2$
- b_1 – širina rasprostiranja – 1. slučaj



Proračun širine rasprostiranja

$$(2 \cdot 47) + 40 = 134$$

$$134 : 2 = 67$$

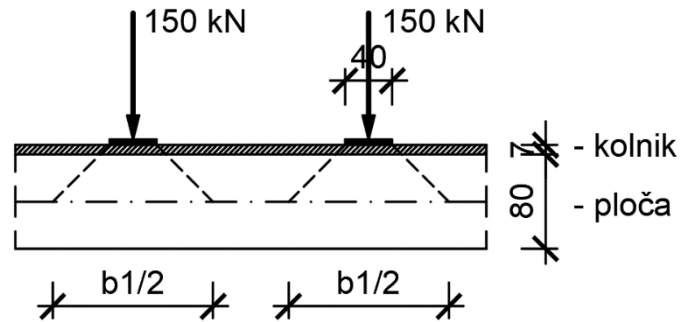


Širine rasprostiranja od kotača iste osovine se ne preklapaju na težišnoj osi ploče. Ovaj slučaj nije mjerodavan.

Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2

Model 1

- b_1 – širina rasprostiranja – 2. slučaj, širine rasprostiranja ispod kotača se ne preklapaju



Za naš slučaj:

$$b_1/2 = (2 \cdot 47) + 40 = 134 \text{ cm}$$

$$2 \cdot b_1/2 = 2 \cdot 134 = 268 \text{ cm}$$

$$b_s = 268 + 0,2 \cdot 1300 = 528 \text{ cm} > 430 \text{ cm}$$

- $l_y/2 = 860/2 = 430 \text{ cm}$, dodatni uvjet na širinu rasprostiranja koji kaže da ona ne može biti veća od polovice širine nosača

Konačno

$$b_s = 430 \text{ cm} = 4,30 \text{ m}$$

Zamjensko koncentrirano opterećenje u 1. traci:

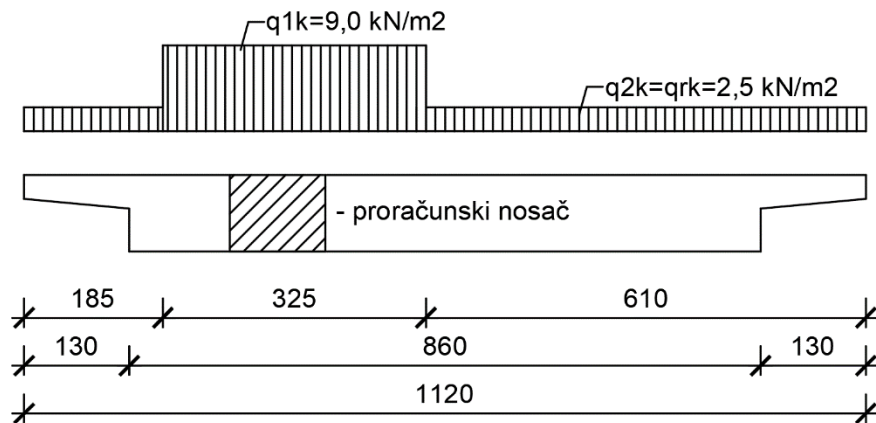
$$\frac{325}{4,30} = 75,58 \text{ kN} \approx 76 \text{ kN}$$

Pretpostavljamo da je proračunski nosač ispod 1. trake i da koncentrirano opterećenje u 2. traci na njega ne utječe.

Prometno opterećenje: HRN EN 1991-2

Model 1

b) poprečna razdioba kontinuiranog opterećenja



$$q_{proračunsko} = \frac{\sum q_i \cdot l_i}{l_y} = \frac{9 \cdot 3,25 + 2,5 \cdot (6,10 + 1,85)}{8,60} = 5,71 \sim 6,0 \text{ kN/m}^2 \quad (4.1.)$$

Budući da je proračunski nosač širok 1 m:

$$q_{proračunsko} = 6,0 \text{ kN/m}'$$

Opterećenja za statički proračun: REZIME

- koncentrirano opterećenje u traci $Q = 76 \text{ kN}$
- kontinuirano proračunsko opterećenje $q_p = 6,00 \text{ kN/m}'$
- kontinuirano stalno opterećenje $g = 29,19 \text{ kN/m}'$

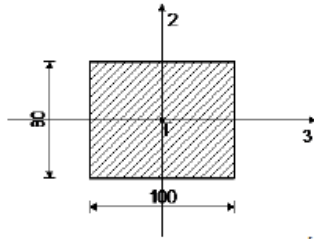
Ulazni podaci – konstrukcija

Tabela materijala

| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ [kN/m ³] | α [1/C] | E_m [kN/m ²] | μ_m |
|----|------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|----------------|----------------------------|---------|
| 1 | C 30/37 | 3.300e+7 | 0.20 | 25.00 | 1.000e-5 | 3.300e+7 | 0.20 |

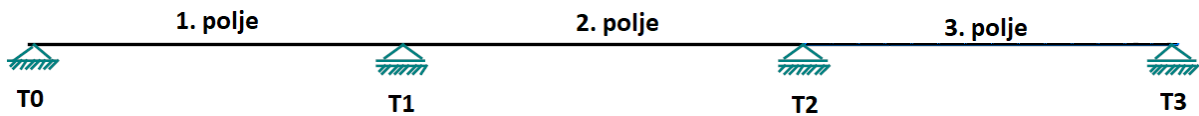
Setovi greda

Set: 1 Presjek: b/d=100/80, Fiktivna ekscentričnost



| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - C 30/37 | 8.000e-1 | 6.667e-1 | 6.667e-1 | 8.759e-2 | 6.667e-2 | 4.267e-2 |

Konture točkastih ležajeva



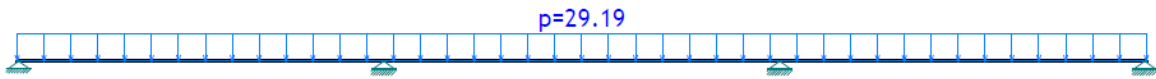
Ulazni podaci – opterećenje

Lista slučajeva opterećenja

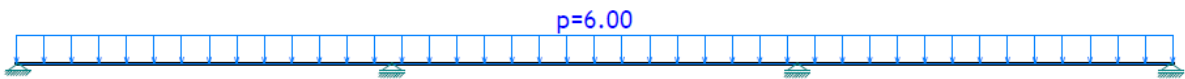
| LC | Naziv |
|----|--|
| 1 | Vlastito + dodatno stalno |
| 2 | Pokretno konstruirano -1- |
| 3 | Pokretno konstruirano -2- |
| 4 | Pokretno konstruirano -3- |
| 5 | Pokretno konstruirano -4- |
| 6 | Pokretno konstruirano -5- |
| 7 | Pokretno konstruirano -6- |
| 8 | Pokretno konstruirano -7- |
| 9 | Pokretno od vozila - 1 polje - 1m od LL |
| 10 | Pokretno od vozila - 1 polje - sredina polja |
| 11 | Pokretno od vozila - 1 polje - 1m od DL |
| 12 | Pokretno od vozila - 2 polje - 1m od DL |
| 13 | Pokretno od vozila - 2 polje - 1/4 od LL |
| 14 | Pokretno od vozila - 2 polje - sredina polja |
| 15 | Pokretno od vozila - 2 polje - 1/4 od DL |
| 16 | Pokretno od vozila - 2 polje - 1m od DL |
| 17 | Pokretno od vozila - 3 polje - 1m od LL |
| 18 | Pokretno od vozila - 3 polje - sredina polja |
| 19 | Pokretno od vozila - 3 polje - 1m od DL |
| 20 | Komb.: I |
| 21 | Komb.: II |
| 22 | Komb.: III |
| 23 | Komb.: IV |
| 24 | Komb.: V |
| 25 | Komb.: VI |
| 26 | Komb.: VII |
| 27 | Komb.: VIII |
| 28 | Komb.: IX |
| 29 | Komb.: X |
| 30 | Komb.: XI |
| 31 | Komb.: XII |
| 32 | Komb.: XIII |
| 33 | Komb.: XIV |
| 34 | Komb.: XV |
| 35 | Komb.: XVI |
| 36 | Komb.: XVII |
| 37 | Komb.: XVIII |
| 38 | Komb.: XIX |

4.1. Slučajevi opterećenja za proračun unutarnjih sila

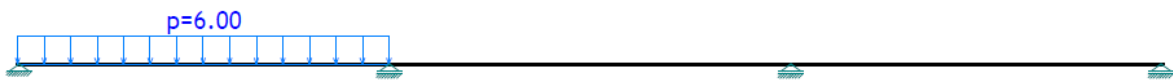
1. Vlastito i dodatno opterećenje



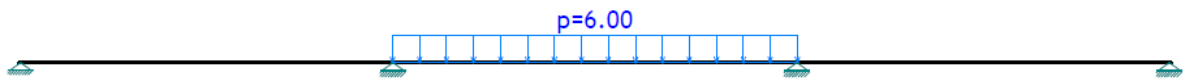
2. Prvi slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



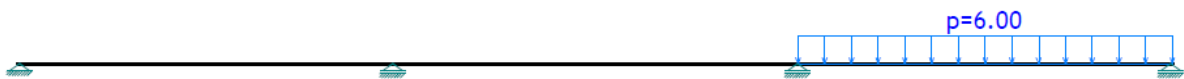
3. Drugi slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



4. Treći slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



5. Četvrti slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



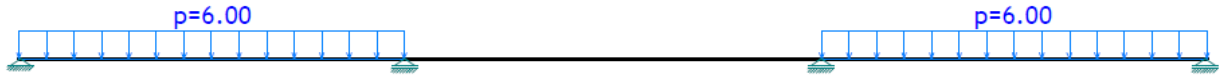
6. Peti slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



7. Šesti slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



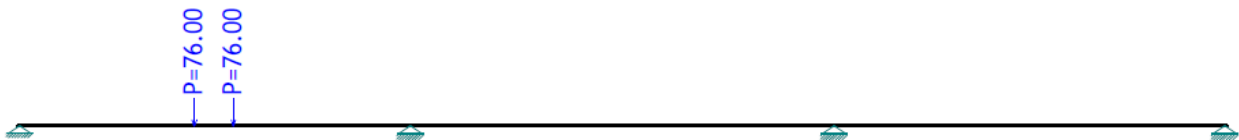
8. Sedmi slučaj pokretnog kontinuiranog opterećenja



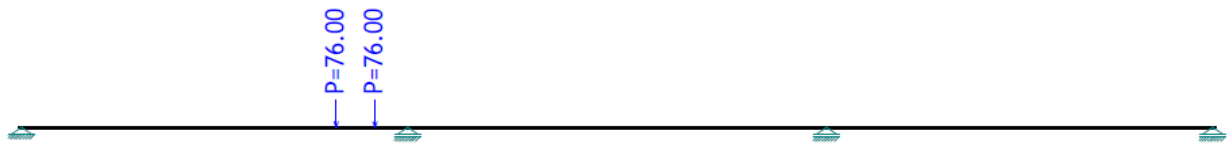
9. Pokretno opterećenje od vozila u prvom polju – 1 m od lijevog ležaja



10. Pokretno opterećenje od vozila u prvom polju – sredina polja



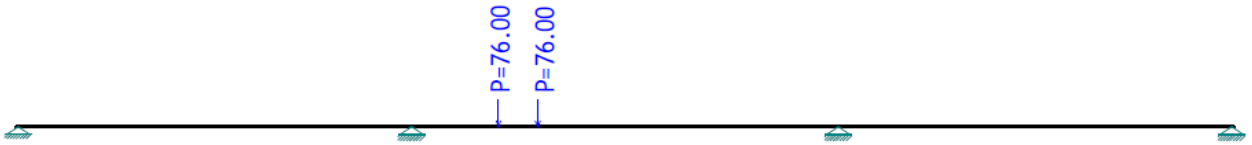
11. Pokretno opterećenje od vozila u prvom polju – 1 m od desnog ležaja



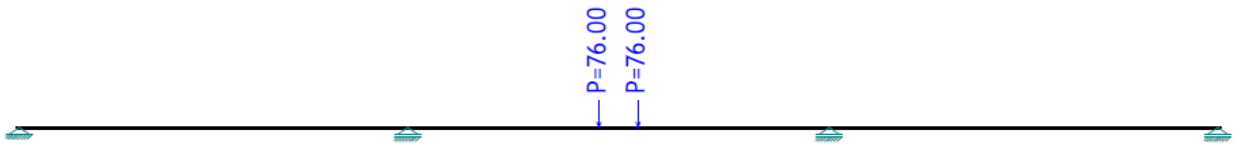
12. Pokretno opterećenje od vozila u drugom polju – 1 m od lijevog ležaja



13. Pokretno opterećenje od vozila u drugom polju – $\frac{1}{4}$ m od lijevog ležaja



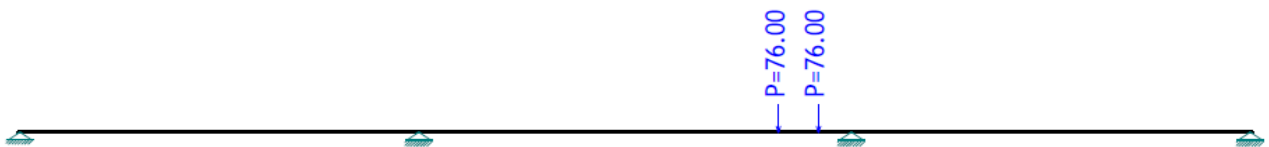
14. Pokretno opterećenje od vozila u drugom polju – sredina polja



15. Pokretno opterećenje od vozila u drugom polju – $\frac{1}{4}$ m od desnog ležaja



16. Pokretno opterećenje od vozila u drugom polju – 1 m od desnog ležaja



17. Pokretno opterećenje od vozila u trećem polju – 1 m od lijevog ležaja



18. Pokretno opterećenje od vozila u trećem polju – sredina polja



19. Pokretno opterećenje od vozila u trećem polju – 1 m od desnog ležaja

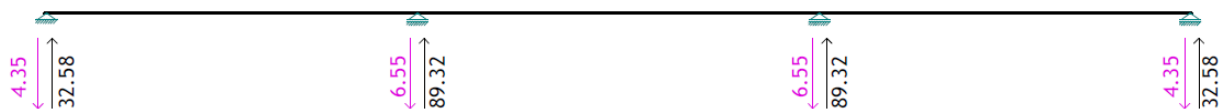


4.2. Reakcije u ležajevima

Reakcije ležajeva – vlastito + dodatno stalno opterećenje



Reakcije ležajeva – pokretno kontinuirano opterećenje

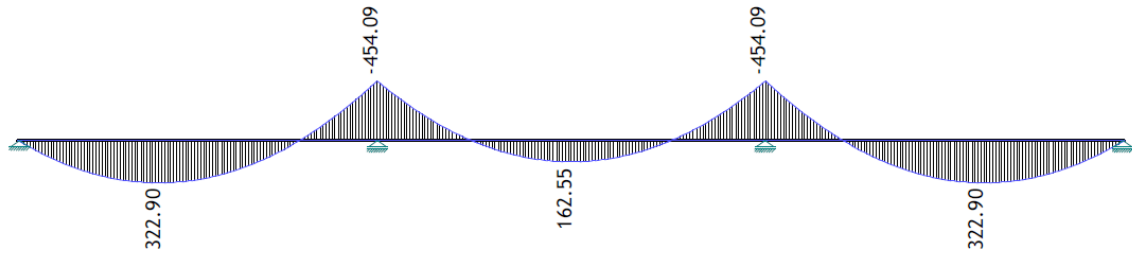


Reakcije ležajeva – pokretno opterećenje od vozila

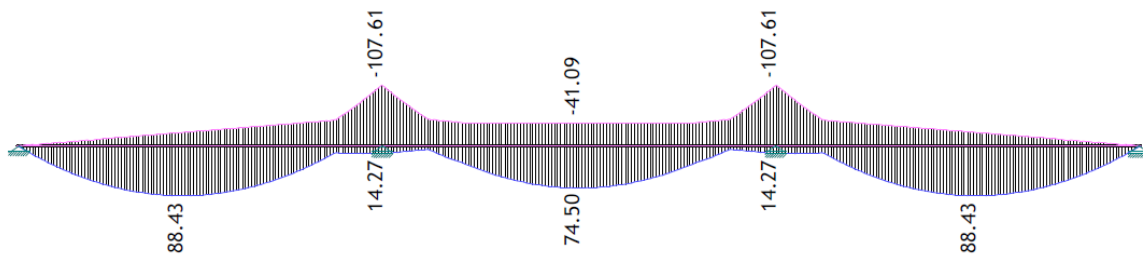


4.3. Dijagrami unutarnjih sila

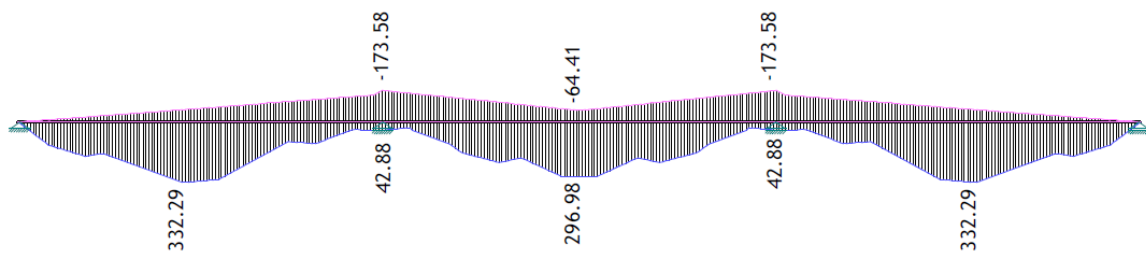
Momentni dijagram – vlastito + dodatno stalno opterećenje



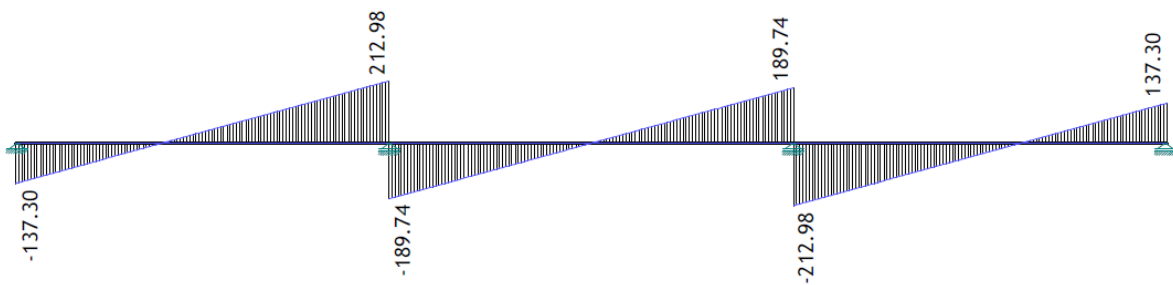
Momentni dijagram – pokretno kontinuirano opterećenje



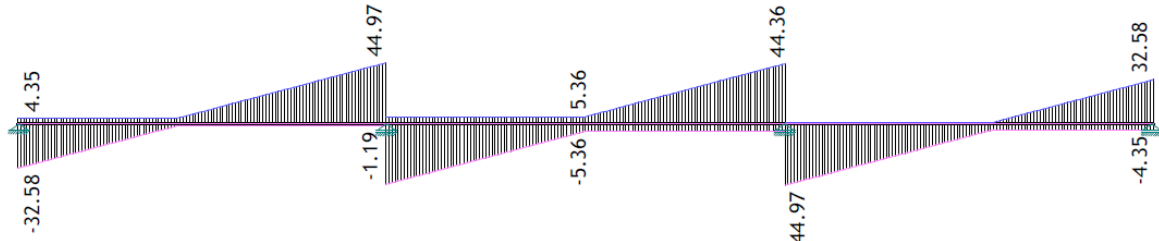
Momentni dijagram – pokretno opterećenje od vozila



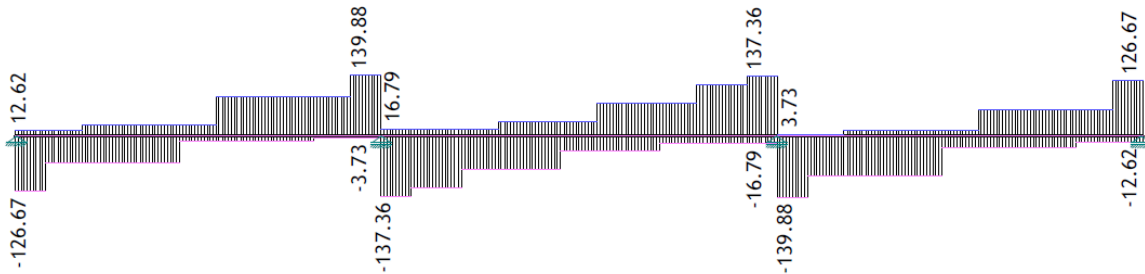
Poprečne sile – vlastito + dodatno stalno opterećenje



Poprečne sile – pokretno kontinuirano opterećenje



Poprečne sile – pokretno opterećenje od vozila



Tablica 4. Mjerodavne reakcije i momenti nad ležajevima za dimenzioniranje

| MJERODAVNE SILE ZA DIMENZIONIRANJE | | Reakcije | | | | Momenti nad ležajevima | |
|------------------------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | kN | | | | kNm | |
| opterećenje | | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | M ₁ | M ₂ |
| stalno | / | 137,3 | 402,72 | 402,72 | 137,3 | -454,09 | -454,09 |
| kontinuirano korisno | min | -4,35 | -6,55 | -6,55 | -4,35 | -107,61 | -107,61 |
| | max | 32,58 | 89,32 | 89,32 | 32,58 | 14,27 | 14,27 |
| koncentrirane sile od kotača | min | -12,62 | -20,52 | -20,52 | -12,62 | -173,58 | -173,58 |
| | max | 126,67 | 149,35 | 149,35 | 126,67 | 42,88 | 42,88 |

Tablica 5. Mjerodavni momenti u polju i poprečne sile za dimenzioniranje

| MJERODAVNE SILE ZA DIMENZIONIRANJE | | Momenti u polju | | | Poprečne sile | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | kNm | | | kN | | | | | |
| opterećenje | | m ₁ | m ₂ | m ₃ | T ₀ | T _{1l} | T _{1d} | T _{2l} | T _{2d} | T ₃ |
| stalno | / | 322,9 | 162,55 | 322,9 | -137,3 | 212,98 | -189,74 | 189,74 | -212,980 | 137,3 |
| kontinuirano korisno | min | / | -41,09 | / | 4,35 | 44,97 | 5,36 | 44,36 | 0 | 32,58 |
| | max | 88,43 | 74,5 | 88,43 | -32,58 | -1,19 | -44,36 | -5,36 | -39,00 | -4,35 |
| koncentrirane sile od kotača | min | / | -64,41 | / | 12,62 | 139,88 | 16,79 | 137,36 | 3,73 | 126,67 |
| | max | 332,29 | 296,98 | 332,29 | -126,67 | -3,73 | -137,36 | -16,79 | -139,88 | -12,62 |

4.4. Proračunska situacija za prvo i treće polje

Stalna proračunska situacija

Stalna djelovanja · 1,35 + promjenjiva · 1,5

$$M_{sd} = 322,92 \cdot 1,35 + (88,43 + 332,29) \cdot 1,5 = 1067,022 \text{ kNm} = 106702,2 \text{ kNcm}$$

$$V_{sdT0} = 137,30 \cdot 1,35 + (32,58 + 126,70) \cdot 1,5 = 424,28 \text{ kN}$$

$$V_{sdT1d} = 212,98 \cdot 1,35 + (44,97 + 139,88) \cdot 1,5 = 564,80 \text{ kN}$$

Gradiva

- beton razred C30/37
- čelik (armatura) B500B
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
- $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Dimenzioniranje

Statička visina d (udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka)

$$d = h - c - \phi_{popr.arm} - \frac{\phi_{gl.arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - 1,3 = 72,3 \text{ cm} \quad (4.4.1)$$

$$M_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{106702,2 \text{ kNcm}}{100 \cdot 72,3^2 \cdot 2} = 0,102 \quad (4.4.2)$$

Očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka: $\zeta = 0,934$ $\xi = 0,159$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{106702,2 \text{ kNcm}}{0,934 \cdot 72,3 \cdot 43,5} = 36,32 \text{ cm}^2 \text{ (po 1 m širini ploče)} \quad (4.4.3)$$

Odabrano: 6 ϕ 28 (36,95 cm²) po m'

- provjera za minimalnu armaturu se ne provodi

Maksimalna armatura:

$$A_{s1max} = 0,238 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,238 \cdot 100 \cdot 72,3 \cdot 0,046 = 79,15 \text{ cm}^2 \quad (4.4.4)$$

- odabrana armatura manja je od maksimalne

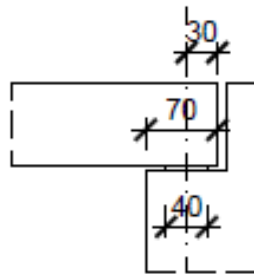
Provjera nosivosti ploče na poprečne sile:

$$V_{sd} = 564,80 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na ležaju zbog utjecaja ležaja:

$$\Delta V_{sd} = (1,35g + 1,5q) \cdot \left(\frac{b_{sup}}{2} + d \right) \quad (4.4.5)$$

Detalj oslonca:



$$\Delta V_{sd} = (1,35 \cdot 29,19 + 1,5 \cdot 6,0) \cdot \left(\frac{0,4}{2} + 0,723 \right) = 44,68 \text{ kN} \quad (4.4.5)$$

$$V'_{sd} = V_{sd} - \Delta V_{sd} = 564,80 - 44,68 = 520,12 \text{ kN}$$

Nosivost ploče na poprečne sile bez poprečne armature:

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} \cdot k (1,2 + 40\rho_1) + 0,15 \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.4.6)$$

$$\tau_{Rd} \text{ za C30/37} = 0,34 \text{ N/mm}^2 = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

(nosivost na posmik, očitano iz tablice) $k = 1$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

A_{s1} - površina vlačne armature koja se sidri iza promatranog presjeka

- četvrtina vlačne armature (najmanje) sidri se iza krajnjeg ležaja (EC2)

$$A_{s1} = \frac{36,95}{2} = 18,475 \text{ cm}^2$$

b_w - širina presjeka = 100cm

$$\rho_1 = \frac{18,475}{100 \cdot 72,3} = 0,002555$$

σ_{cp} - javlja se samo ako imamo uzdužnu silu $\Rightarrow 0$

$$V_{Rd1} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,002555) \cdot 100 \cdot 72,3 = 320,11 \text{ kN} \quad (4.4.6)$$

Potreban je proračun poprečne armature – vilica u ploči, jer je $V_{Rd1} < V'_{sd}$

$$V_{Rd1} = 320,11 \text{ kN} < V'_{sd} = 520,12 \text{ kN}$$

Normirani postupak:

Nosivost poprečne sile presjeka s vilicama:

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd}$$

V_{wd} - doprinos poprečne armature

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \quad (4.4.7)$$

A_{sw} - površina presjeka poprečne armature

Pretpostavka: 4 rezne vilice, $\phi 14$ mm

$$A_{sw} = 4 \cdot 1,54 = 6,16 \text{ cm}^2$$

s_w – razmak spona (vilica) = 25cm

f_{ywd} – granica popuštanja popr. armature

$$f_{ywd} = 43,5 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{B500B})$$

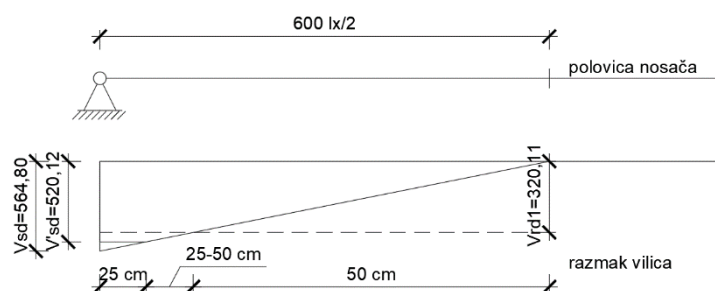
$$V_{wd} = \frac{6,16}{25} \cdot 0,9 \cdot 72,3 \cdot 43,5 = 697,45 \text{ kN} \quad (4.4.7)$$

Zadovoljavaju vilice $\phi 14$ mm, po dvije u presjeku širine 1 m (proračunskoj gredi) na međusobnom razmaku od 25 cm.

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} = 320,11 \text{ kN} + 697,45 \text{ kN} = 1017,56 \text{ kN} > V'_{sd} = 520,12 \text{ kN}$$

Vilice ove veličine odabrane su iz konstruktivnih razloga.

Razmak vilica u uzdužnom smjeru mosta može se povećati od ležaja prema sredini jer se poprečne sile smanjuju samo do razmaka 50 cm (min. 4 vilice/m²).



Armiranje – rekapitulacija

Donja zona – vlačna

Glavna uzdužna armatura u sredini ploče, odabrano: **6 ϕ 28/m'** (36,95 cm²/m^{širine})

Razdjelna armatura (u y smjeru), odabrano: **5 ϕ 14/m'** (7,70 cm²/m')

$$\frac{A_{ar}}{A_a} = 0,2$$

$$0,2 \cdot 36,95 = 7,39 \text{ cm}^2$$

Rub ploče (u poprečnom smislu) više opterećen: pojačanje glavne uzdužne armature za 15% na širini od 1,70 m od rubova (20% širine ploče, obostrano)

Glavna uzdužna armatura uz rub ploče odabrano: **7 ϕ 28/m'** (43,10 cm²)

Ukupna duljina rasponskog sklopa:

$$12,0 \text{ m} + 2 \cdot 0,3 = 12,60 \text{ m}$$

Duljina uzdužne armature:

$$12,60 \text{ m} - 2 \cdot 0,04 = 12,52 \text{ m}$$

Pretpostavlja se da nije za očekivati nabavnu duljinu šipke duljine 12,52 m, pa se predviđa nastavljanje armature preklapanjem.

Proračun duljine preklopa:

$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_b - duljina sidrenja

$$l_b = \frac{ds}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (4.4.8)$$

$$\frac{ds}{4} = \frac{28}{4} = 7 \text{ mm}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

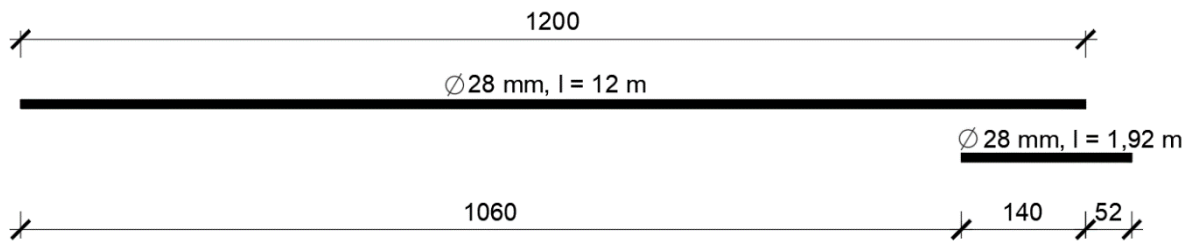
f_{bd} – proračunska čvrstoća prionjivosti - tablična vrijednost za C30/37 = 3

$$l_b = 7 \cdot \frac{434,78}{3} = 7 \cdot 145 = 1015 \text{ mm} \sim 1,00 \text{ m} \quad (4.4.8)$$

$\alpha_1 = 1,4$ (tablična vrijednost)

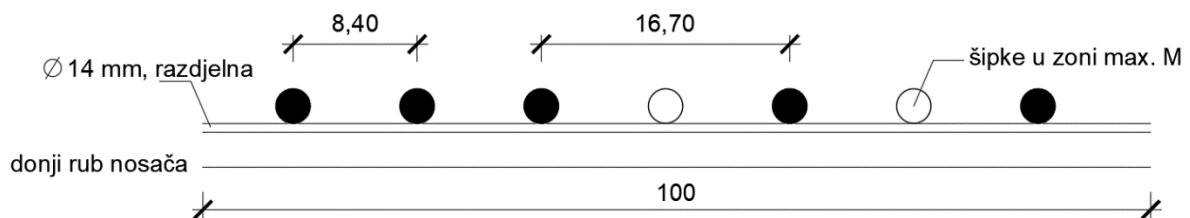
$$l_s = 1,00 \cdot 1,4 = 1,40 \text{ m}$$

Duljina preklapanja armature iznosi 1,40 m. Armatura se ne smije nastavljati u zoni najvećih momenata. Odabire se osnovna duljina šipke 12 m.



Glavna armatura donje zone sastoji se od šipki duljine 12 m i 1,92 m, nastavljanje se provodi naizmjenice – na oba kraja mosta

Smanjivanje glavne armature u blizini ležaja – zoni minimalnih momenta



50% armature – glavne u donjoj zoni – dolazi do kraja nosača i nastavlja se (12,52 m).

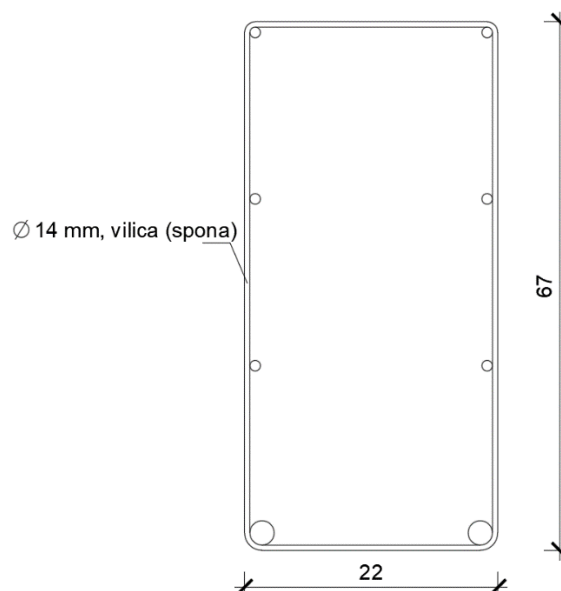
50% armature je u središnjem području, duljina šipki 12 m.

Vilice: $\phi 14$, dvorezne

Uz rubove ploče vilice na 20 cm po cijeloj duljini nosača.

Razmak vilica u poprečnom smislu: 2 kom u 1 m širine

Dimenzije vilica diktira raspored glavne armature: $\phi 28$ na 16,7 cm osno



Vilice u središnjem dijelu ploče uz ležaje na 20 cm, u zoni 3 m od kraja, u središnjem dijelu raspona na 40 cm

Minimalno: 4 vilice po m² površine zbog stabilnosti koša armature pri betoniranju.

Na svim dijelovima: 2 vilice u 1 m širine.

Gornja zona – tlačna, konstruktivna armatura – odabrano $\phi 14$ mm

Za mostove: najveći razmak šipka armature uzdužno i poprečno: 20 cm

U konkretnom slučaju: 16,7 cm u uzdužnom smjeru, zbog rasporeda donje armature.

Razdjelna – poprečna armatura na 20 cm, duljina sidrenja za $\phi 14$ mm: odabrano 50 cm

Poprečna armatura gornje zone progušćuje se u rubnim dijelovima kao armatura konzole mosta.

4.5. Proračunska situacija za drugo polje

Stalna proračunska situacija

Stalna djelovanja $\cdot 1,35$ + promjenjiva $\cdot 1,5$

$$M_{sd} = 162,55 \cdot 1,35 + (74,50 + 296,98) \cdot 1,5 = 776,66 \text{ kNm} = 77666 \text{ kNcm}$$

$$V_{sdT1d} = 189,74 \cdot 1,35 + (44,36 + 137,36) \cdot 1,5 = 528,74 \text{ kN}$$

$$V_{sdT2l} = 189,74 \cdot 1,35 + (44,36 + 137,36) \cdot 1,5 = 528,74 \text{ kN}$$

Gradiva

- beton razred C30/37
- čelik (armatura) B500B
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
- $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Dimenzioniranje

Statička visina d (udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka)

$$d = h - c - \phi_{\text{popr.arm}} - \frac{\phi_{\text{gl.arm}}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - 1,3 = 72,3 \text{ cm} \quad (4.5.1)$$

$$M_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{77666 \text{ kNcm}}{100 \cdot 72,3^2 \cdot 2} = 0,07429 \quad (4.5.2)$$

Očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka: $\zeta = 0,951$ $\xi = 0,123$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{77666 \text{ kNcm}}{0,951 \cdot 72,3 \cdot 43,5} = 25,97 \text{ cm}^2 \text{ (po 1 m širini ploče)} \quad (4.5.3)$$

Odabrano: 5 ϕ 28 (30,79 cm²) po m'

- provjera za minimalnu armaturu se ne provodi

Maksimalna armatura:

$$A_{s1max} = 0,238 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,238 \cdot 100 \cdot 72,3 \cdot 0,046 = 79,15 \text{ cm}^2 \quad (4.5.4)$$

- odabrana armatura manja je od maksimalne

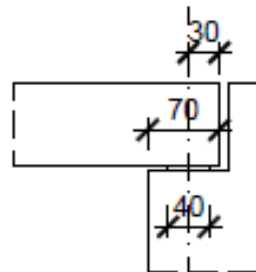
Provjera nosivosti ploče na poprečne sile:

$$V_{sd} = 528,74 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na ležaju zbog utjecaja ležaja:

$$\Delta V_{sd} = (1,35g + 1,5q) \cdot \left(\frac{b_{sup}}{2} + d \right) \quad (4.5.5)$$

Detalj oslonca:



$$\Delta V_{sd} = (1,35 \cdot 29,19 + 1,5 \cdot 6,0) \cdot \left(\frac{0,4}{2} + 0,723 \right) = 44,68 \text{ kN} \quad (4.5.5)$$

$$V'_{sd} = V_{sd} - \Delta V_{sd} = 528,74 - 44,68 = 484,06 \text{ kN}$$

Nosivost ploče na poprečne sile bez poprečne armature:

$$V_{Rd1} = (\tau_{Rd} \cdot k (1,2 + 40\rho_1) + 0,15 \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.5.6)$$

$$\tau_{Rd} \text{ za C30/37} = 0,34 \text{ N/mm}^2 = 0,034 \text{ kN/cm}^2$$

(nosivost na posmik, očitano iz tablice) $k = 1$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

A_{s1} - površina vlačne armature koja se sidri iza promatranog presjeka

- četvrtina vlačne armature (najmanje) sidri se iza krajnjeg ležaja (EC2)

$$A_{s1} = \frac{30,79}{2} = 15,40 \text{ cm}^2$$

b_w – širina presjeka = 100cm

$$\rho_1 = \frac{15,40}{100 \cdot 72,3} = 0,002130$$

σ_{cp} - javlja se samo ako imamo uzdužnu silu $\Rightarrow 0$

$$V_{Rd1} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,002130) \cdot 100 \cdot 72,3 = 315,93 \text{ kN} \quad (4.5.6)$$

Potreban je proračun poprečne armature – vilica u ploči, jer je $V_{Rd1} < V_{sd}'$

$$V_{Rd1} = 315,93 \text{ kN} < V_{sd}' = 484,06 \text{ kN}$$

Normirani postupak:

Nosivost poprečne sile presjeka s vilicama:

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd}$$

V_{wd} - doprinos poprečne armature

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \quad (4.5.7)$$

A_{sw} - površina presjeka poprečne armature

Pretpostavka: 4 rezne vilice, $\phi 14$ mm

$$A_{sw} = 4 \cdot 1,54 = 6,16 \text{ cm}^2$$

s_w – razmak spona (vilica) = 25cm

f_{ywd} – granica popuštanja popr. armature

$$f_{ywd} = 43,5 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{B500B})$$

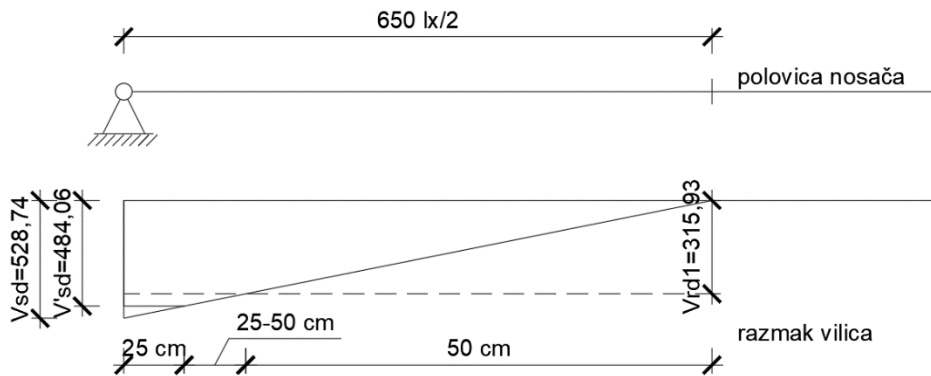
$$V_{wd} = \frac{6,16}{25} \cdot 0,9 \cdot 72,3 \cdot 43,5 = 697,45 \text{ kN} \quad (4.5.7)$$

Zadovoljavaju vilice $\phi 14$ mm, po dvije u presjeku širine 1 m (proračunskoj gredi) na međusobnom razmaku od 25 cm.

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} = 315,93 \text{ kN} + 697,45 \text{ kN} = 1013,38 \text{ kN} > V'_{sd} = 484,06 \text{ kN}$$

Vilice ove veličine odabrane su iz konstruktivnih razloga.

Razmak vilica u uzdužnom smjeru mosta može se povećati od ležaja prema sredini jer se poprečne sile smanjuju samo do razmaka 50 cm (min. 4 vilice/m²).



Armiranje – rekapitulacija

Donja zona – vlačna

Glavna uzdužna armatura u sredini ploče, odabrano: **5 ϕ 28/m'** (30,79 cm²/m^{širine})

Razdjelna armatura (u y smjeru), odabrano: **5 ϕ 14/m'** (7,70 cm²/m')

$$\frac{A_{ar}}{A_a} = 0,2$$

$$0,2 \cdot 30,79 = 6,16 \text{ cm}^2$$

Rub ploče (u poprečnom smislu) više opterećen: pojačanje glavne uzdužne armature za 15% na širini od 1,70 m od rubova (20% širine ploče, obostrano)

Glavna uzdužna armatura uz rub ploče odabrano: **6 ϕ 28/m'** (36,95 cm²)

Ukupna duljina rasponskog sklopa:

$$13,0 \text{ m} + 2 \cdot 0,3 = 13,60 \text{ m}$$

Duljina uzdužne armature:

$$13,60 \text{ m} - 2 \cdot 0,04 = 13,52 \text{ m}$$

Pretpostavlja se da nije za očekivati nabavnu duljinu šipke duljine 13,52 m, pa se predviđa nastavljanje armature preklapanjem.

Proračun duljine preklopa:

$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_b - duljina sidrenja

$$l_b = \frac{ds}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (4.5.8)$$

$$\frac{ds}{4} = \frac{28}{4} = 7 \text{ mm}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

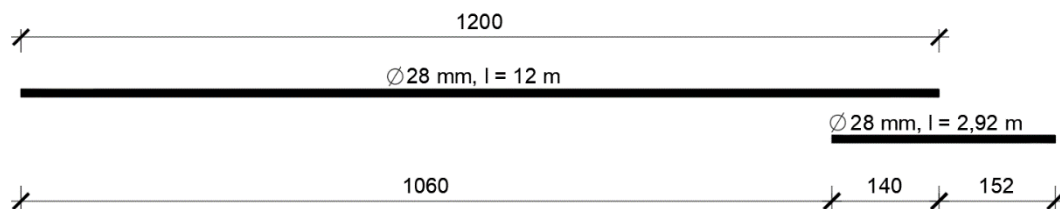
f_{bd} – proračunska čvrstoća prionjivosti - tablična vrijednost za C30/37 = 3

$$l_b = 7 \cdot \frac{434,78}{3} = 7 \cdot 145 = 1015 \text{ mm} \sim 1,00 \text{ m} \quad (4.5.8)$$

$\alpha_1 = 1,4$ (tablična vrijednost)

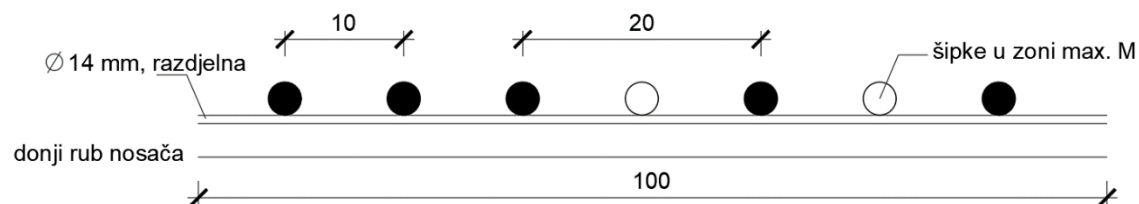
$$l_s = 1,00 \cdot 1,4 = 1,40 \text{ m}$$

Duljina preklapanja armature iznosi 1,40 m. Armatura se ne smije nastavljati u zoni najvećih momenata. Odabire se osnovna duljina šipke 12 m.



Glavna armatura donje zone sastoji se od šipki duljine 12 m i 2,92 m, nastavljanje se provodi naizmjenice – na oba kraja mosta

Smanjivanje glavne armature u blizini ležaja – zoni minimalnih momenta



50% armature – glavne u donjoj zoni – dolazi do kraja nosača i nastavlja se (13,52 m).

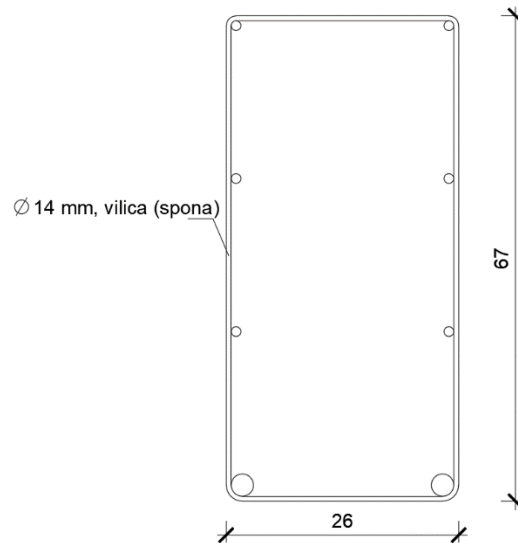
50% armature je u središnjem području, duljina šipki 12 m.

Vilice: $\phi 14$, dvorezne

Uz rubove ploče vilice na 20 cm po cijeloj duljini nosača.

Razmak vilica u poprečnom smislu: 2 kom u 1 m širine

Dimenzije vilica diktira raspored glavne armature: $\phi 28$ na 20 cm osno



Vilice u središnjem dijelu ploče uz ležaje na 20 cm, u zoni 3 m od kraja, u središnjem dijelu raspona na 40 cm

Minimalno: 4 vilice po m^2 površine zbog stabilnosti koša armature pri betoniranju.

Na svim dijelovima: 2 vilice u 1 m širine.

Gornja zona – tlačna, konstruktivna armatura – odabrano $\phi 14$ mm

Za mostove: najveći razmak šipka armature uzdužno i poprečno: 20 cm

U konkretnom slučaju: 20 cm u uzdužnom smjeru, zbog rasporeda donje armature.

Razdjelna – poprečna armatura na 20 cm, duljina sidrenja za $\phi 14$ mm: odabrano 50 cm

Poprečna armatura gornje zone progušćuje se u rubnim dijelovima kao armatura konzole mosta.

4.6. Proračunska situacija nad ležajevima

Stalna proračunska situacija

Stalna djelovanja · 1,35 + promjenjiva · 1,5

$$M_{sd} = 454,09 \cdot 1,35 + (107,61 + 173,58) \cdot 1,5 = 1034,80 \text{ kNm} = 103480 \text{ kNcm}$$

Gradiva

- beton razred C30/37
- čelik (armatura) B500B
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
- $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

Dimenzioniranje

Statička visina d (udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka)

$$d = h - c - \phi_{\text{popr.arm}} - \frac{\phi_{\text{gl.arm}}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - 1,3 = 72,3 \text{ cm} \quad (4.6.1)$$

$$M_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{103480 \text{ kNcm}}{100 \cdot 72,3^2 \cdot 2} = 0,09898 \quad (4.6.2)$$

Očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka: $\zeta = 0,935$ $\xi = 0,156$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{103480 \text{ kNcm}}{0,935 \cdot 72,3 \cdot 43,5} = 35,19 \text{ cm}^2 \text{ (po 1 m širini ploče)} \quad (4.6.3)$$

Odabrano: 6 ϕ 28 (36,95 cm²) po m'

- provjera za minimalnu armaturu se ne provodi

Maksimalna armatura:

$$A_{s1\text{max}} = 0,238 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,238 \cdot 100 \cdot 72,3 \cdot 0,046 = 79,15 \text{ cm}^2 \quad (4.6.4)$$

- odabrana armatura manja je od maksimalne

4.7. Statička provjera konzole mosta

Odabrana armatura: $\phi 14/10$ cm

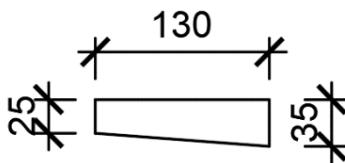
Površina armature: $15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$ širine

Analiza opterećenja

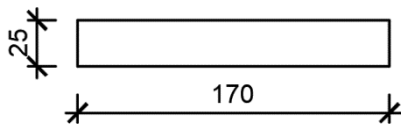
Hodnik

- konzole $19,50 \text{ kN/m}'$
- betonska staza $21,25 \text{ kN/m}'$
- ograda $1,00 \text{ kN/m}'$

$$g = 41,75 \text{ kN/m}'$$

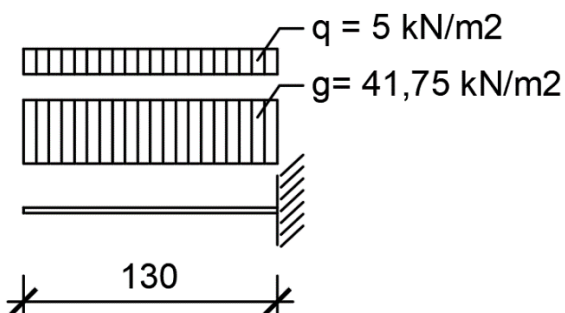


$$0,3 \cdot 25 \cdot 1,30 \cdot 2 \cdot 1 = 19,5 \text{ kN/m}'$$



$$0,25 \cdot 25 \cdot 1,70 \cdot 2 \cdot 1 = 21,25 \text{ kN/m}'$$

Pokretno opterećenje – navala ljudi – $Q = 5 \text{ kN/m}'$



$$M_g = \frac{41,75 \cdot 1,30}{2} = 21,14 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{5 \cdot 1,30}{2} = 3,25 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 21,14 \cdot 1,35 + 3,25 \cdot 1,5 = 33,41 \text{ kNm}$$

$h = 30 \text{ cm}$

$$\mu_{sd} = \frac{3341}{100 \cdot 30^2 \cdot 2} = 0,0186 \quad (4.7.1)$$

Očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka: $\zeta = 0,982$ $\xi = 0,052$

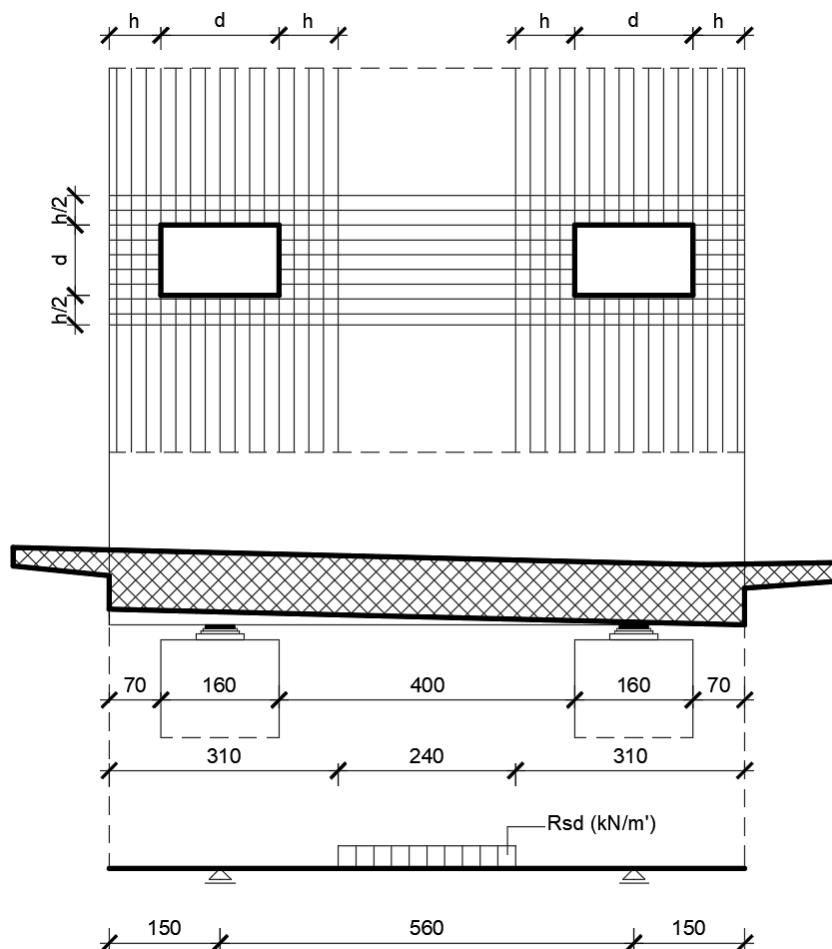
Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3341}{0,982 \cdot 30 \cdot 43,5} = 2,61 \text{ cm}^2 < 15,39 \text{ cm}^2 \quad (4.7.2)$$

Odabrana armatura konzole zadovoljava.

4.8. Proračun „skrivena grede“ iznad ležaja

Tijekom proračuna usvojena je pretpostavka linijskog oslanjanja ploče u ležajnim osima. Ta pretpostavka nije na strani sigurnosti. Zbog toga se unutar ploče nad stupovima izvodi poprečni nosač, odnosno „skrivena greda“. Statički sustav je greda s prijepustima, opterećena reakcijama proračunskog nosača (slika 15).



Slika 15. Model za proračun skrivene grede nad stupovima

Stalna proračunska situacija

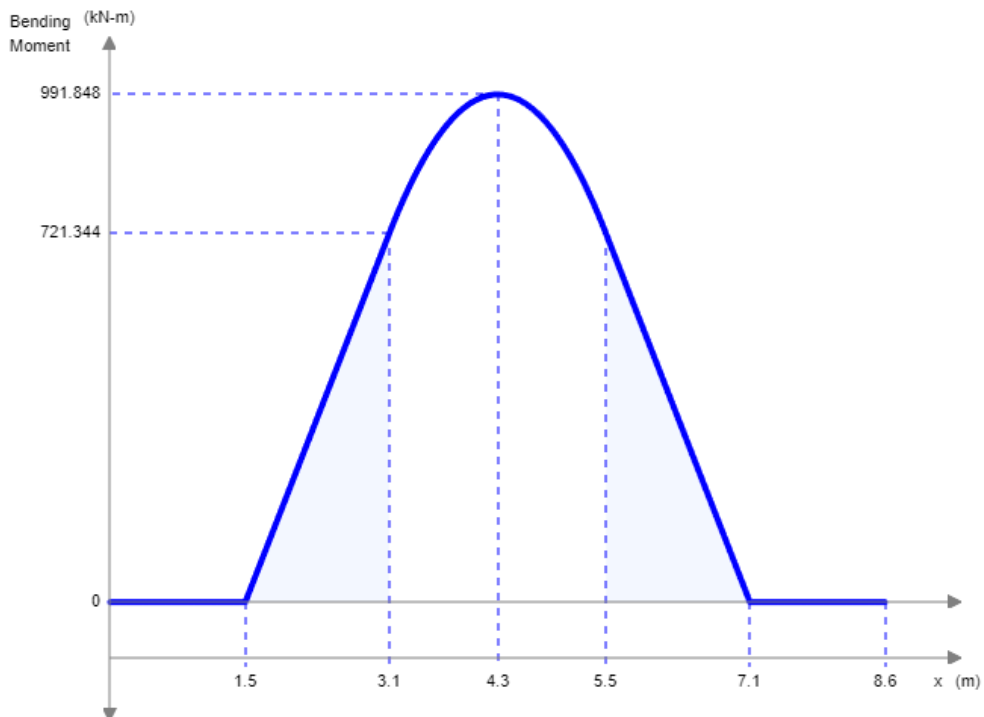
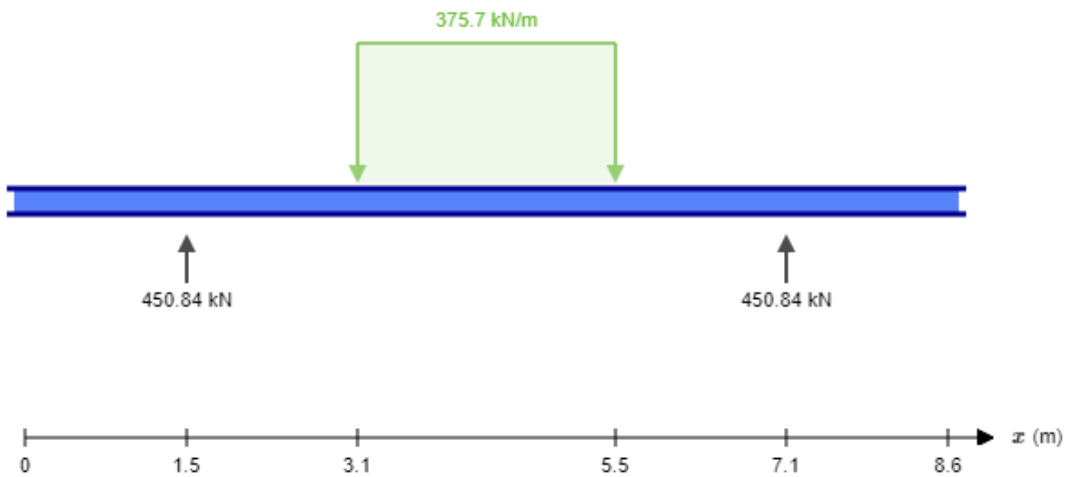
Stalna djelovanja $\cdot 1,35$ + promjenjiva $\cdot 1,5$

$$R_{sd} = 402,72 \cdot 1,35 + (89,32 + 149,35) \cdot 1,5 = 901,68 \text{ kN}$$

$$R_{sd} = \frac{901,68}{2,4} = 375,7 \text{ kN/m'}$$

Gradiva

- beton razred C30/37
- čelik (armatura) B500B
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
- $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$



Dimenzioniranje

Statička visina d (udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka)

$$d = h - c - \phi_{popr.arm} - \frac{\phi_{gl.arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - 1,3 = 72,3 \text{ cm} \quad (4.8.1)$$

$$M_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{99184,8 \text{ kNcm}}{100 \cdot 72,3^2 \cdot 2} = 0,094872 \quad (4.8.2)$$

Očitano iz tablice za dimenzioniranje AB presjeka: $\zeta = 0,938$ $\xi = 0,149$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{99184,8 \text{ kNcm}}{0,938 \cdot 72,3 \cdot 43,5} = 33,62 \text{ cm}^2 \text{ (po 1 m širini ploče)} \quad (4.8.3)$$

Odabrano: 6 ϕ 28 (36,95 cm²) po m'

- provjera za minimalnu armaturu se ne provodi

Maksimalna armatura:

$$A_{s1max} = 0,238 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,238 \cdot 100 \cdot 72,3 \cdot 0,046 = 79,15 \text{ cm}^2 \quad (4.8.4)$$

- odabrana armatura manja je od maksimalne

5. Troškovnik

Troškovnik detaljno opisuje radove koji su potrebni kako bi se izgradio nadvožnjak i materijale koji se ugrađuju. Kod ponudbene dokumentacije troškovnik je najbitniji dio te s toga mora biti izrađen s posebnom pozornošću.

Troškovnik mostova obično su podijeljeni na:

- donji ustroj
- gornji ustroj
- oprema mosta
- ostalo

Tablice u nastavku prikazuju osnovne stavke troškovnika za projektirani nadvožnjak. Redoslijed stavki slijedi izvedbu radova kako bi izvoditelj kroz troškovnik mogao iščitati većinu radnji potrebnu za uspješno dovršenje nadvožnjaka i procijeniti vrijeme potrebno za izvedbu.

Na početku troškovnika definirani su troškovi za koje se podrazumijeva da su sadržani u cijenama pojedinih stavki kao što su: priprema gradilišta, nabava materijala, pomoćni radovi, alati, naprave i uređaji, vanjski i interni transporti, izrada skela i platformi, signalizacija, nadzor i rukovođenje, čišćenje gradilišta, svi ostali posredni i neposredni troškovi neophodni za dovršenje mosta. [Radić, J., Mandić, A., Puž, G., 2005.]

Troškovničke stavke

Donji ustroj nadvožnjaka

1. Pripremni radovi
2. Zemljani radovi
3. Betonski radovi
4. Armirački radovi
5. Završni radovi

Gornji ustroj nadvožnjaka

1. Betonski radovi
2. Armirački radovi
3. Ležaji i prijelazne naprave

Oprema nadvožnjaka

1. Odvodnja
2. Hidroizolacija
3. Asfaltni zastor
4. Hodnik i betonska ograda
5. Ograde
6. Završni radovi
7. Ispitivanje mosta probnim opterećenjem
8. Nepredviđeni radovi

5.1. Donji ustroj nadvožnjaka

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|----------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| I | PRIPREMNI RADOVI | | | | |
| 1.1 | Uređenje gradilišta: krčenje terena, raščišćavanje raslinja, uklanjanje humusa, uređenje pristupnih cesta. | m ² | 2070 | | |
| 1.2 | Izvedba drenaže oko upornjaka. | m ¹ | 45 | | |
| 1.3 | Postavljanje gradilišta. | paušalno | | | |

| | | | | | |
|----------|---------------------------|--|--|--|--|
| I | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|-----------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| II | ZEMLJANI RADOVI | | | | |
| 2.1 | Iskop za temeljne stope upornjaka i stupova. U cijenu uračunat prijevoz na području gradilišta. U stavku uključen i prijevoz viška materijala na deponij. Obračun po m ³ iskopa u sraslom tlu. | m ³ | 145,8 | | |
| 2.2 | Zatrpavanje temelja upornjaka i stupova materijalom iz iskopa. Nasipavati i zbijati u slojevima debljine 30 cm. | m ³ | 10 | | |
| 2.3 | Izrada nasipa iza upornjaka zemljanim materijalom. Nasipavati i zbijati u slojevima debljine 30 cm. | m ³ | 890 | | |
| 2.4 | Izrada drenažnog sloja iza zida upornjaka. Kameni materijal (drobljenac). Nasipavati i zbijati u slojevima debljine 30 cm. | m ³ | 32 | | |
| 2.5 | Izvedba sloja ispod prijelazne ploče drobljenim kamenim materijalom debljine 40 cm, zbijenost ME=100 Mpa. | m ³ | 31,6 | | |
| 2.6 | Izrada i uređenje pokosa nasipa uz upornjake zemljanim materijalom. Nasipavanje i zbijanje u slojevima od 50 cm. | m ³ | 1000 | | |
| 2.7 | Oblaganje pokosa nasipa uz upornjake kamenom oblogom. | m ² | 61,6 | | |

| | | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|
| II | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|----------------------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| III BETONSKI RADOVI | | | | | |
| 3.1 | Izrada podložnog sloja od betona klase C12/15, debljine 10 cm. | m ³ | 16,7 | | |
| 3.2 | Izrada armiranobetonskih temelja upornjaka i stupova betonom klase C25/30 (XC2,XF2) - plitko temeljenje na trakastim temeljima. | m ³ | 82,7 | | |
| 3.3 | Izrada armiranobetonskih zidova i krila upornjaka betonom klase C30/37 (XD1,XF2). | m ³ | 151,14 | | |
| 3.4 | Izrada armiranobetonskih prijelaznih ploča na upornjacima betonom klase C25/30 (XD3,XF2). | m ³ | 24,25 | | |
| 3.5 | Izrada armiranobetonskih stupova betonom klase C30/37 (XD1,XF2). Izrada stupova vrši se segmentnom oplatom. | m ³ | 21,12 | | |

| | | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|
| III | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|----------------------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| IV ARMIRAČKI RADOVI | | | | | |
| 4.1 | Armatura armiranobetonskih temelja upornjaka i stupova - plitko temeljenje na trakastim temeljima. Čelik za armiranje - šipke (B500B) | kg | 8270,00 | | |
| 4.2 | Armatura armiranobetonskih zidova i krila upornjaka. Čelik za armiranje - šipke (B500B) | kg | 15114,00 | | |
| 4.3 | Armatura armiranobetonskih prijelaznih ploča na upornjacima. Čelik za armiranje - zavarene mreže i šipke (B500B) | kg | 2425,00 | | |
| 4.4 | Armatura armiranobetonskih stupova. Čelik za armiranje - šipke (B500B) | kg | 2112,00 | | |

| | | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|
| IV | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|----------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| V | ZAVRŠNI RADOVI | | | | |
| 5.1 | Zaštita (hidroizolacija) vertikalnih i horizontalnih (konzole krila upornjaka) betonskih ploha u dodiru s tlom jednoslojnim sustavom hidroizolacije bitumenskim trakama. | m ² | 95,4 | | |
| 5.2 | Izrada drenaže iza upornjaka od perforiranih drenažnih cijevi promjera Ø160 mm. | m ² | 11,2 | | |
| 5.3 | Ugradnja ispusta drenažnog sloja upornjaka (poprečni ispusti). | m ¹ | 25 | | |
| 5.4 | Zaštita (oblaganje) pokosa nasipa betonskim elementima i hidrosjetvom. | m ² | 445 | | |
| V | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |

5.2. Gornji ustroj nadvožnjaka

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|-----------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| VI | BETONSKI RADOVI | | | | |
| 6.1 | Izrada armiranobetonskog sklopa mosta na licu mjesta. Izvedba se vrši segmentnom oplatom svaki raspon zasebno. Beton C30/37 (XD1, XF2) | m ³ | 276,48 | | |
| VI | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| VII | ARMIRAČKI RADOVI | | | | |
| 7.1 | Armatura betonskog sklopa mosta. Čelik za armiranje - šipke (B500B) | kg | 26905,25 | | |
| VII | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|-------------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| VIII | LEŽAJI I PRIJELAZNE NAPRAVE | | | | |
| 8.1 | Nabava i ugradnja ležaja. Zakretni elastomerni ležaj 400x400x50 za pomake od ± 40 mm | kom | 12 | | |
| 8.2 | Dobava i montaža vodonepropusne prijelazne naprave za pomake do 160 mm (±80 mm). | m ¹ | 15 | | |
| VIII | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |

5.3. Oprema nadvožnjaka

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|--------------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| IX ODVODNJA | | | | | |
| 9.1 | Nabava i ugradnja horizontalnog slivnika za odvodnju kolničke ploče i hidroizolacije mosta - ugradnja u betonski sklop. Klasa nosivosti D400. | kom | 4 | | |
| 9.2 | Nabava i ugradnja cijevi za odvodnju mosta promjera Ø200. | m' | 140 | | |
| 9.3 | Nabava, doprema i montaža ovjesa cijevi za odvodnju, prema smjernicama i tipskim detaljima. | | | | |
| 9.3.1 | Štapovi s navojima. | kom | 70 | | |
| 9.3.2 | Obujmice s elastomernom trakom za pričvršćivanje cijevi odvodnje. | kom | 70 | | |

| | | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|
| IX | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|-------------------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| X HIDROIZOLACIJA | | | | | |
| 10.1 | Izrada višeslojne hidroizolacije kontinuitetne ploče mosta. | m ² | 571,2 | | |

| | | | | | |
|----------|---------------------------|--|--|--|--|
| X | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|--------------------------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XI ASFALNI ZASTOR | | | | | |
| 11.1 | Izrada slojeva od asfaltnog betona: donji (zaštitni) sloj asfaltnog betona, debljine 3 cm gornji (habajući) sloj asfaltnog betona, debljine 4 cm | | | | |
| 11.1.1 | Asfalt-beton zaštitni sloj | m ² | 382,5 | | |
| 11.1.2 | Asfalt-beton habajući sloj | m ² | 382,5 | | |
| 11.2 | Zapunjavanje uzdužnih reški na spoju asfaltnog zastora na rubnjak prema propisima dobavljača materijala. | m' | 102 | | |
| 11.3 | Zalijevanje poprečnih reški na spoju montažnih elemenata rubnjaka. | m' | 30 | | |
| 11.4 | Zalijevanje poprečnih reški na spoju montažnih elemenata vijenca. | m' | 50 | | |

| | | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|
| XI | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|-------------------------------------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XII HODNIK I BETONSKA OGRADA | | | | | |
| 12.1 | Izrada i ugradnja montažnog vijenca mosta. | m' | 102 | | |
| 12.2 | Izrada i ugradnja montažnog rubnjaka mosta. | m' | 102 | | |
| 12.3 | Izrada betonske pješačke staze (hodnika) bez oplata, između vijenca i rubnjaka na mostu. Za ugradnju ograde treba na mjestima stupova staviti umetke definiranog oblika. Beton C25/30 (XD1, XF2) | m ³ | 43,35 | | |
| 12.4 | Armatura montažnog vijenca mosta. Čelik za armiranje - šipke (B500B) | kg | 71,40 | | |
| 12.5 | Armatura hodnika. Čelik za armiranje - šipke i zavarene mreže (B500B) | kg | 4335,00 | | |

| | | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|
| XII | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|--------------------|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XIII OGRADE | | | | | |
| 13.1 | Izrada, ugradnja i antikorozivna zaštita zaštitne ograde za pješake, u svemu prema detaljnim nacrtima. | m' | 102 | | |
| 13.2 | Dobava i ugradnja jednostrane čelične odbojne ograde tipa H2 W5. | m' | 102 | | |

| | | | | | |
|-------------|---------------------------|--|--|--|--|
| XIII | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-------------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|---------------------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XIV ZAVRŠNI RADOVI | | | | | |
| 14.1 | Postavljanje repera za geodetsko praćenje konstrukcije. Izvedba od nehrđajućeg čelika, aluminijske ili mesinga. U cijenu je uračunat materijal i rad. | | | | |
| 14.1.1 | Postavljanje mjernih repera na konstrukciju mosta. | kom | 40 | | |
| 14.1.2 | Postavljanje referentnih repera iza kraja mosta. | kom | 20 | | |
| 14.2 | Vođenje instalacija na mostu. | | | | |
| 14.2.1 | Postavljanje cijevi za provođenje instalacija kroz pješačku stazu. | m' | 102 | | |
| 14.3 | Postavljanje šahtova (okna) na mostu. | kom | 4 | | |

| | | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|
| XIV | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|--|--|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XV ISPITIVANJE MOSTA PROBNIM OPTEREĆENJEM | | | | | |
| 15.1 | Ispitivanje mosta sa probnim opterećenjem. | | | | |

| | | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|
| XV | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|-----------|---------------------------|--|--|--|--|

| R.br. | Opis | Jedinica mjere | Količina | Jedinična cijena (bez PDV-a) | Ukupno (bez PDV-a) |
|------------|---|----------------|----------|------------------------------|--------------------|
| XVI | NEPREDVIĐENI RADOVI | | | | |
| 16.1 | Nepredviđeni radovi koje će odobriti naručitelj, u iznosu od 5% ukupne cijene. | | | | |
| 16.1.1 | Obračun radova temeljem utrošenog materijala. Izvoditelj uz zahtjev za izvedbu nepredviđenih radova podnosi prijedlog potrebnih materijala s jediničnim cijenama i količinama. Investitor može tražiti da mu se prikažu ponude više dobavljača materijala potrebnih za ugradnju. Investitor prije početka radova odobrava materijal po vrsti i količini. Obračun po količini predmetnog materijala. | paušal | | | |
| 16.1.2 | Obračun radova temeljem utrošenih sati radnika odgovarajuće kvalifikacije. Evidenciju utrošenih sati ovjerava nadzorni inženjer. Obračun prema jediničnoj cijeni sata za KV radnika. | sati | | | |
| 16.1.3 | Obračun radova temeljem utrošenog vremena za radne strojeve. Izvoditelj uz zahtjev za izvedbu nepredviđenih radova podnosi prijedlog potrebnih strojeva s jediničnim cijenama i potrebnim vremenskim angažmanom. Investitor može tražiti da mu se prikažu ponude više izvršitelja. Investitor prije početka radova odobrava angažiranje strojeva po vrsti i vremenu angažmana. | sati | | | |

| | | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|
| XVI | UKUPNO (bez PDV-a) | | | | |
|------------|---------------------------|--|--|--|--|

| |
|-----------------------|
| REKAPITULACIJA |
|-----------------------|

| Donji ustroj mosta | |
|---------------------|--|
| I | PRIPREMNI RADOVI |
| II | ZEMLJANI RADOVI |
| III | BETONSKI RADOVI |
| IV | ARMIRAČKI RADOVI |
| V | ZAVRŠNI RADOVI |
| Gornji ustroj mosta | |
| VI | BETONSKI RADOVI |
| VII | ARMIRAČKI RADOVI |
| VIII | LEŽAJI I PRIJELAZNE NAPRAVE |
| Oprema mosta | |
| IX | ODVODNJA |
| X | HIDROIZOLACIJA |
| XI | ASFALJNI ZASTOR |
| XII | HODNIK I BETONSKA OGRADA |
| XIII | OGRADE |
| XIV | ZAVRŠNI RADOVI |
| XV | ISPITIVANJE MOSTA PROBNIM OPTEREĆENJEM |
| XVI | NEPREDVIĐENI RADOVI |

| | |
|------------------------------|--|
| UKUPNO (bez PDV-a) | |
| PDV | |
| SVEUKUPNO (sa PDV-om) | |

6. Zaključak

Ovim diplomskim radom opisani su karakteristični tipovi nadvožnjaka izgrađeni na našim autocestama. Dominiraju ravne, gredne konstrukcije sa jednim, dva, tri ili više otvora ovisno o širini razdjelnog pojasa. Rasponske konstrukcije mogu imati konstantnu ili promjenjivu visinu. Nadvožnjaci moraju biti projektirani tako da osiguraju minimalnu visinu slobodnog profila od 4,50 m.

Praktični dio rada odnosi se na idejni projekt nadvožnjaka. Projektirani nadvožnjak premošćuje prometnicu preko druge prometnice koju nije bilo moguće savladati izravnim oslanjanjem na tlo. Rasponsku konstrukciju čini kontinuirana armiranobetonska ploča preko tri raspona. Ispod nje osiguran je slobodni profil visine 4,80 m. Statički proračun nadvožnjaka proračunat je po teoriji ploča u računalnom programu Tower. Izračunate su reakcije ležajeva, poprečne sile te momenti u poljima i nad ležajevima. Dobivenim podacima, ručnim proračunom, dobivena je potrebna armatura za nadvožnjak. Nacrtom i iskazom armature prikazani su položaj i količina armature koju je potrebno ugraditi. Na kraju je sastavljen troškovnik koji sadrži opis radova i količinu materijala za projektirani nadvožnjak.

Najviše nadvožnjaka može se vidjeti na autocestama, stoga ih je upravo zbog velike izloženosti pogledima putnika potrebno pravilno koncipirati, konstruirati i prilagoditi okolišu.

U Varaždinu,

7. Literatura

- [1] Radić, J.: Uvod u mostarstvo, Hrvatska sveučilišna naklada, Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet, Zagreb, 2009.
- [2] Radić, J., Mandić, A., Puž, G.: Konstruiranje mostova, Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet, Zagreb, 2005.
- [3] Radić, J.: Masivni mostovi, Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet, Zagreb, 2007.
- [4] Puž, G.: Predavanja i vježbe iz kolegija Mostovi, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2020./2021.
- [5] Pržulj, M.: Nadvožnjaci na autocestama, Građevinar **55** 2,(63-69), 2003.
- [6] Sveučilište u Splitu, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Katedra za betonske konstrukcije i mostove, Kolegij: Mostovi, Split, 2008.

Popis slika i tablica

Slika 1. Sheme mogućih križanja cestovnih nadvožnjaka s autocestom

Slika 2. Pogled na karakteristični nadvožnjak za autocestu u ravnici

Slika 3. Nadvožnjak s jednim otvorom

Slika 4. Nadvožnjak sa dva otvora

Slika 5. Nadvožnjak s tri otvora

Slika 6. Lučni nadvožnjak na dionici Donja Orehovica – Kikovica

Slika 7. Pogled na svod lučnog nadvožnjaka na dionici Donja Orehovica – Kikovica

Slika 8. Poprečni presjek nadvožnjaka

Slika 9. Tlocrt i poprečni presjek slivnika

Slika 10. Slučajevi opterećenja za proračun unutarnjih sila u rasponskom sklopu nadvožnjaka preko 3 raspona, stalno + pokretno opterećenje

Slika 11. Shema opterećenja 600+300

Slika 12. Opterećenje po modelu 1

Slika 13. Statički sustav nadvožnjaka

Slika 14. Poprečni presjek nadvožnjaka za proračun

Slika 15. Model za proračun skrivene grede nad stupovima

Tablica 1. Računske sheme opterećenja za pojedine kategorije mosta

Tablica 2. Računske sheme opterećenja

Tablica 3. Broj i širina trakova ovisno o širini kolnika

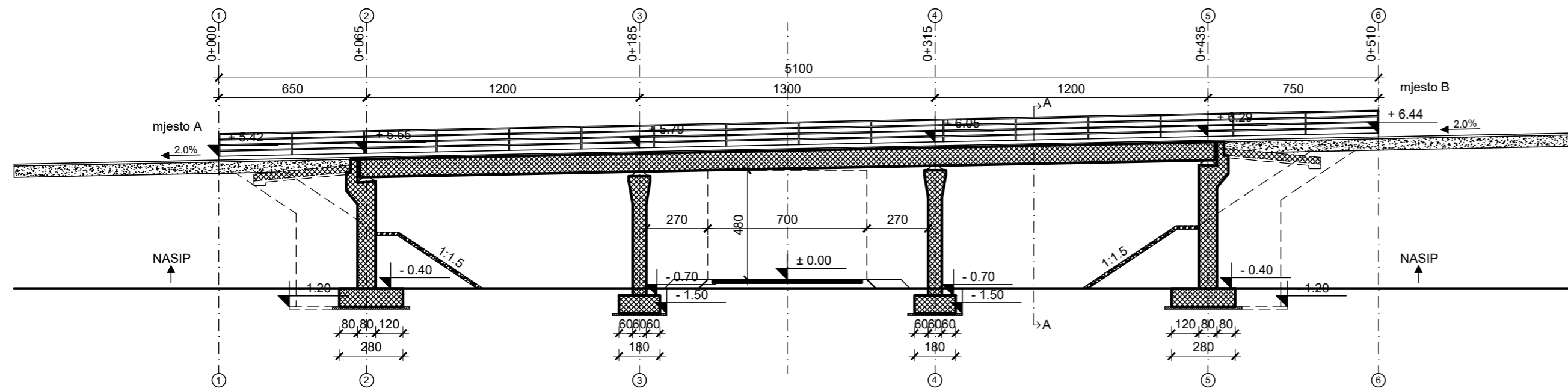
Tablica 4. Mjerodavne reakcije i momenti nad ležajevima za dimenzioniranje

Tablica 5. Mjerodavni momenti u polju i poprečne sile za dimenzioniranje

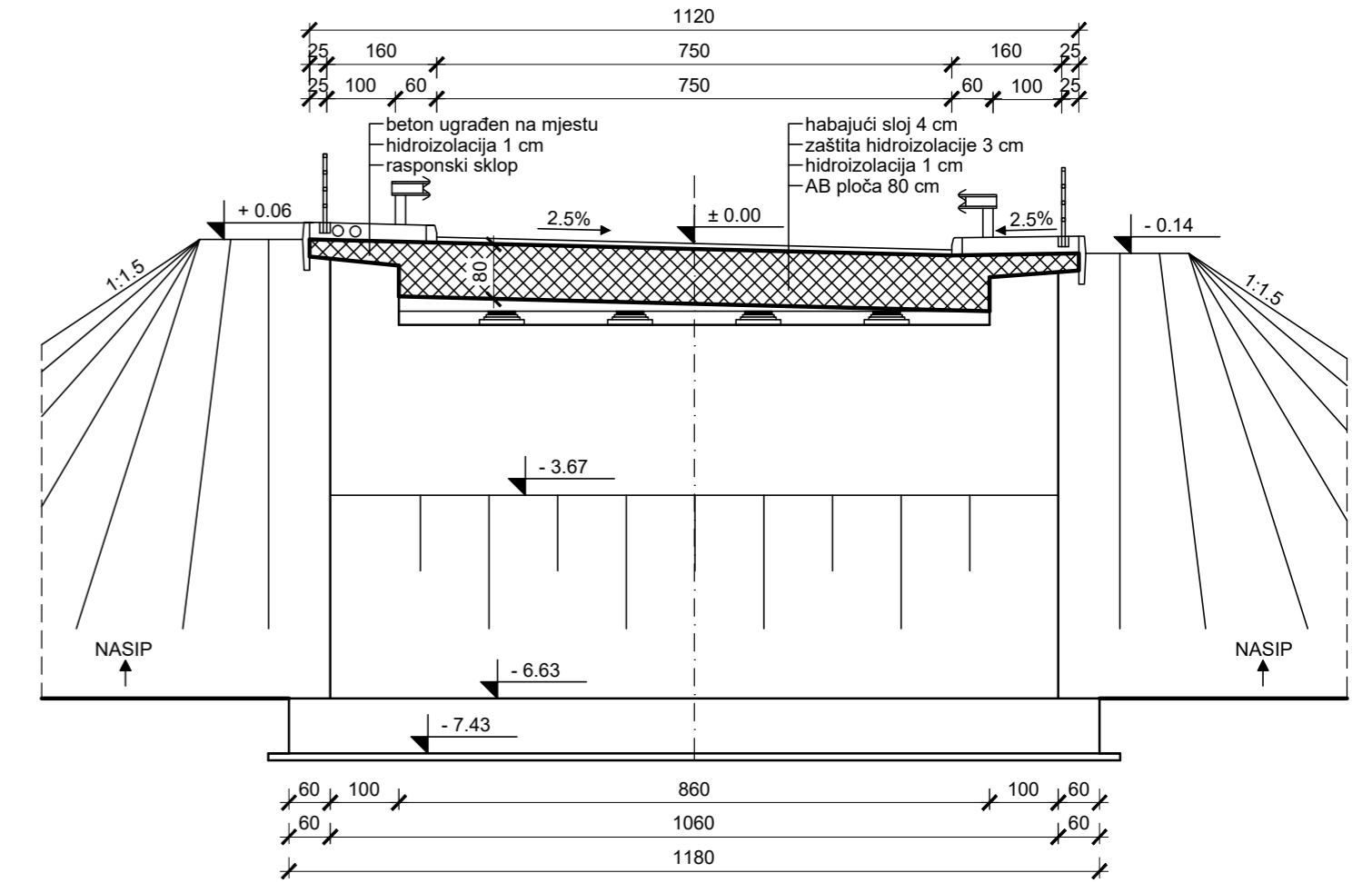
Grafički prilozi

1. TLOCRT MOSTA, UZDUŽNI I POPREČNI PRESJEK, MJ 1:200/1:100,
format papira A2
2. POGLED NA MOST, MJ 1:200, format papira A3
3. TLOCRT DONJEG USTROJA, MJ 1:100, format papira A2
4. POPREČNI PRESJEK NAD STUPOM, MJ 1:100/1:50, format papira A3
5. NACRT ARMATURE GORNJE I DONJE ZONE, format papira A2
6. NACRT ARMATURE PRESJEKA MOSTA, format papira A3
7. NACRT ARMATURE „SKRIVENE“ GREDE U PLOČI, format papira A3

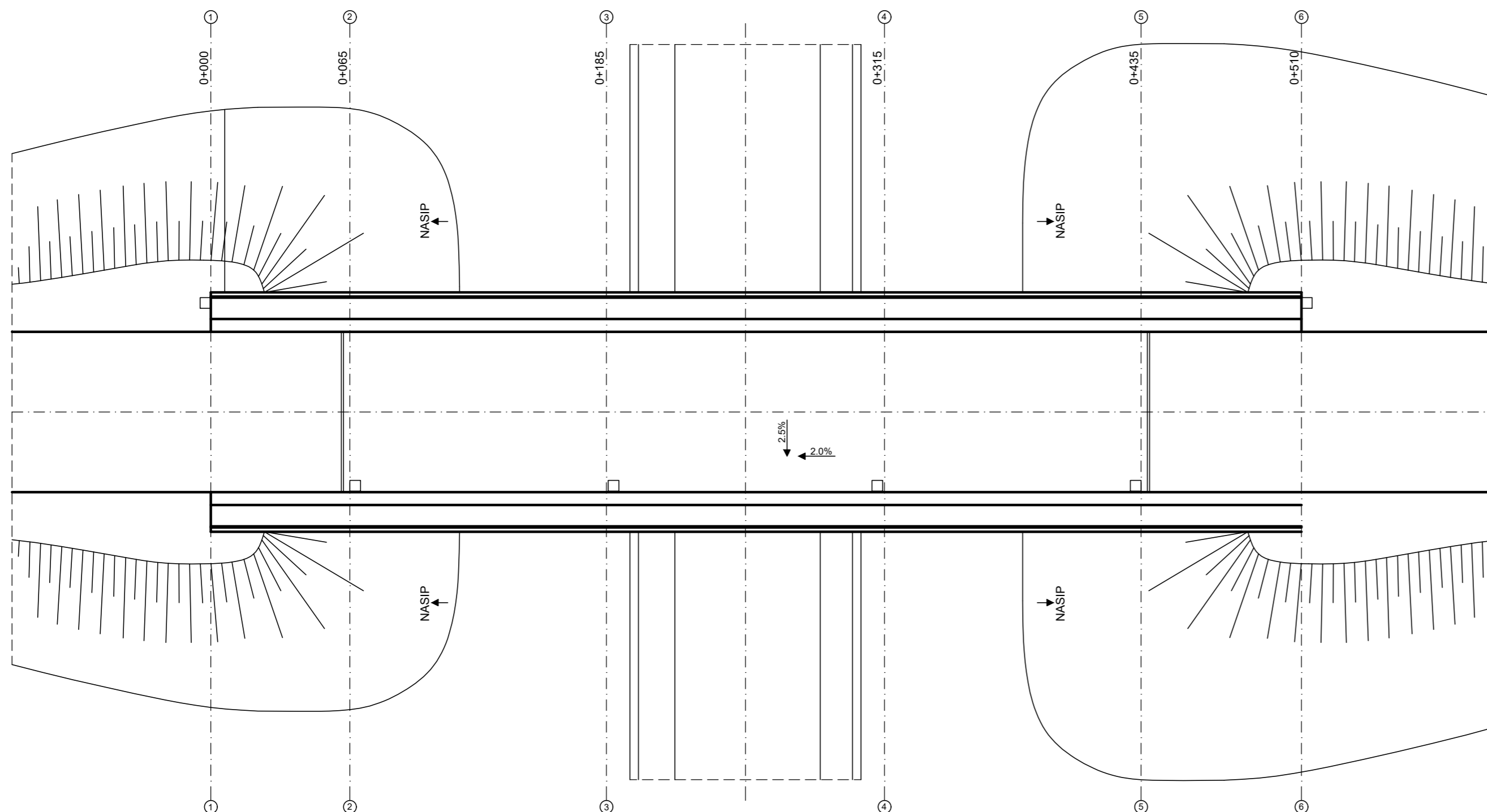
Uzdužni presjek MJ 1:200



Poprečni presjek MJ 1:100

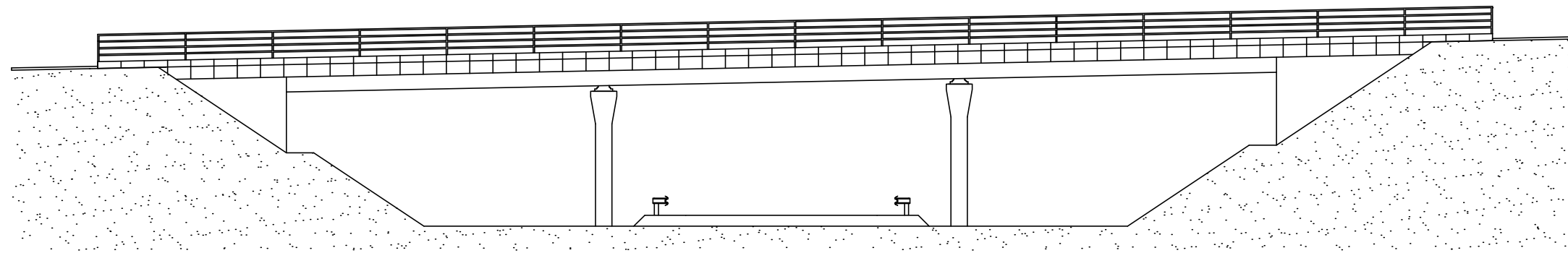


Tlocrt mosta MJ 1:200



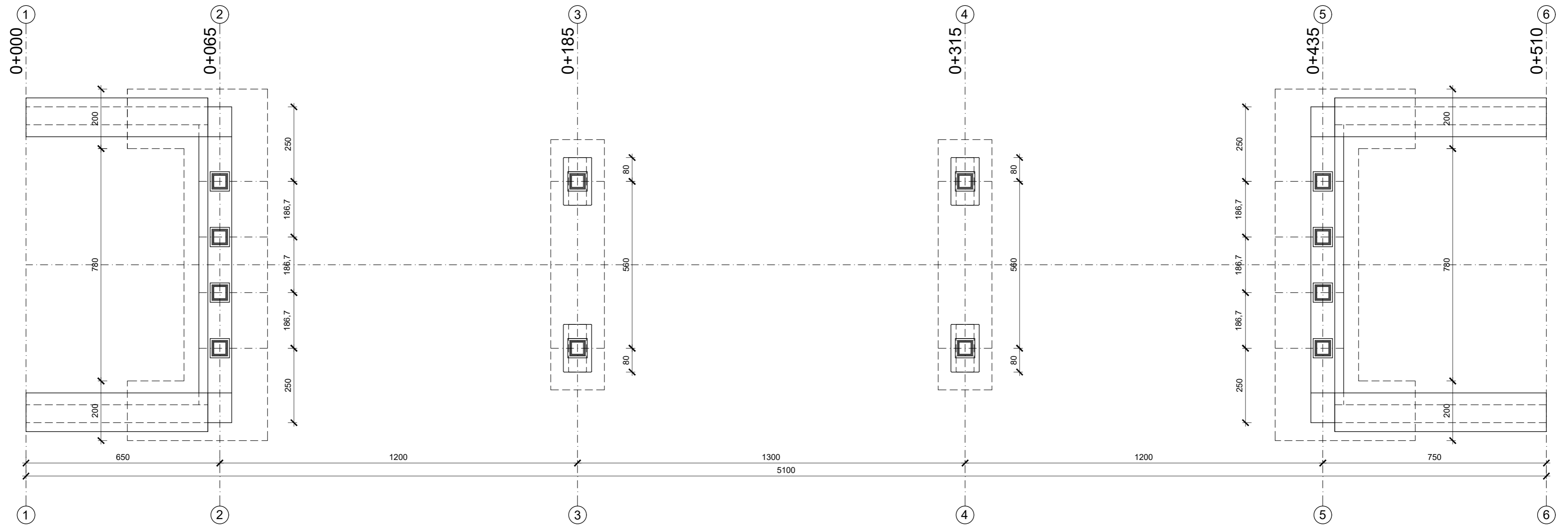
| |
|---|
| Sveučilište Sjever |
| Odjel Graditeljstvo |
| Dispozicija nadvožnjaka preko ceste u ravnici |
| Izradio: Kristijan Šargač |
| Mentor: Goran Puž |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: 05.05.2022. |

Pogled na most MJ 1:200

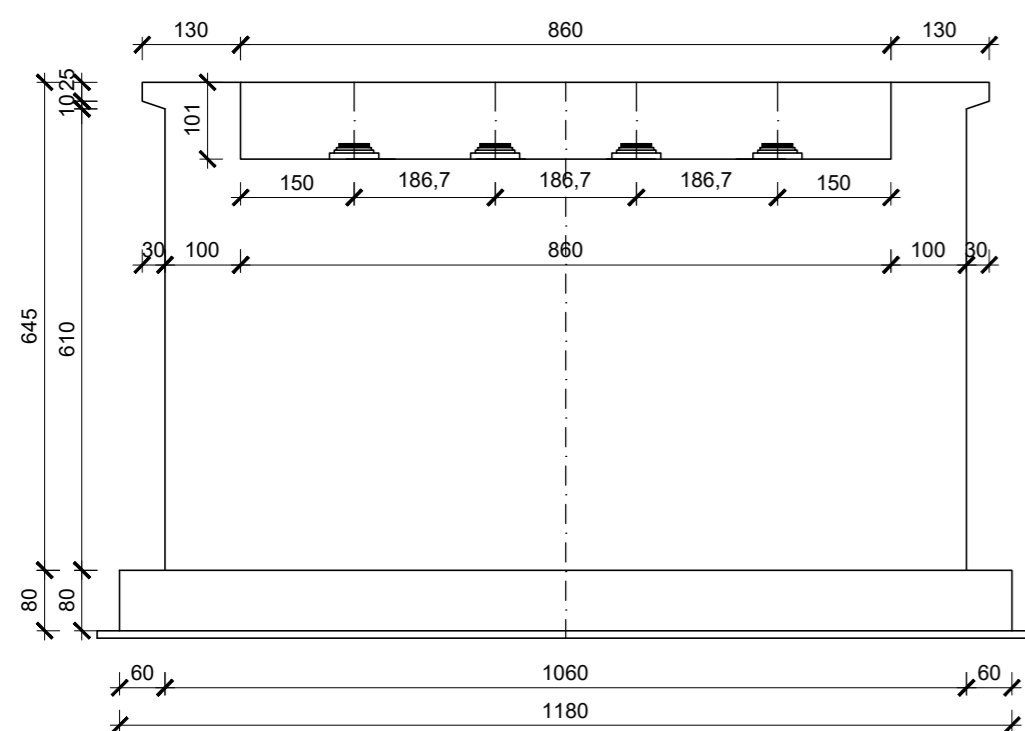


| |
|---|
| Sveučilište Sjever |
| Odjel Graditeljstvo |
| Dispozicija nadvožnjaka preko ceste u ravnici - pogled na most |
| Izradio: Kristijan Šargač |
| Mentor: Goran Puž |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: 05.05.2022. |

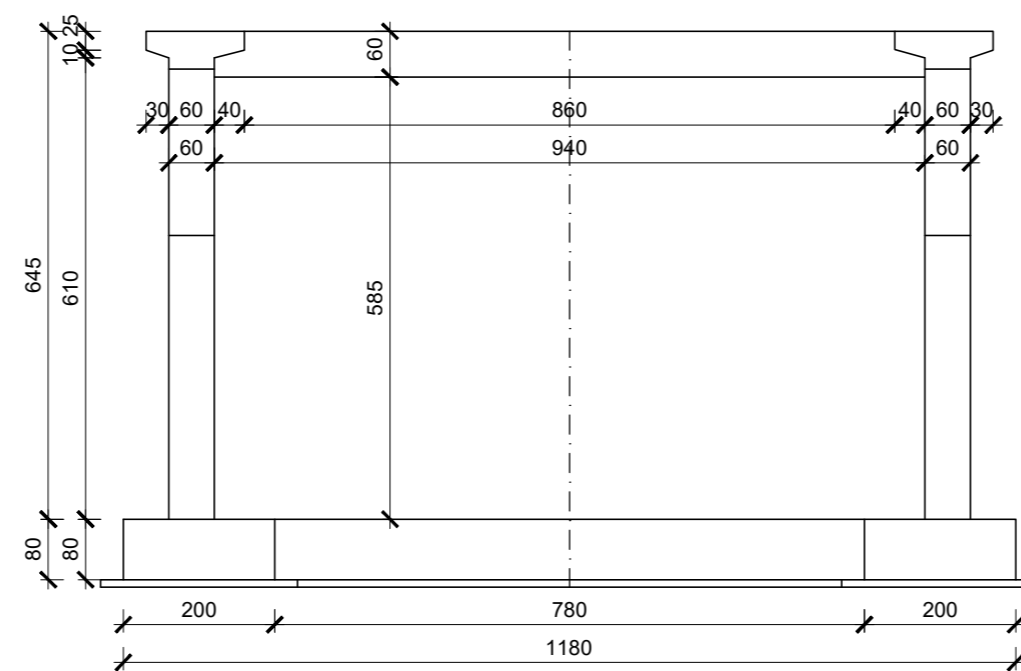
Tlocrt donjeg ustroja MJ 1:100



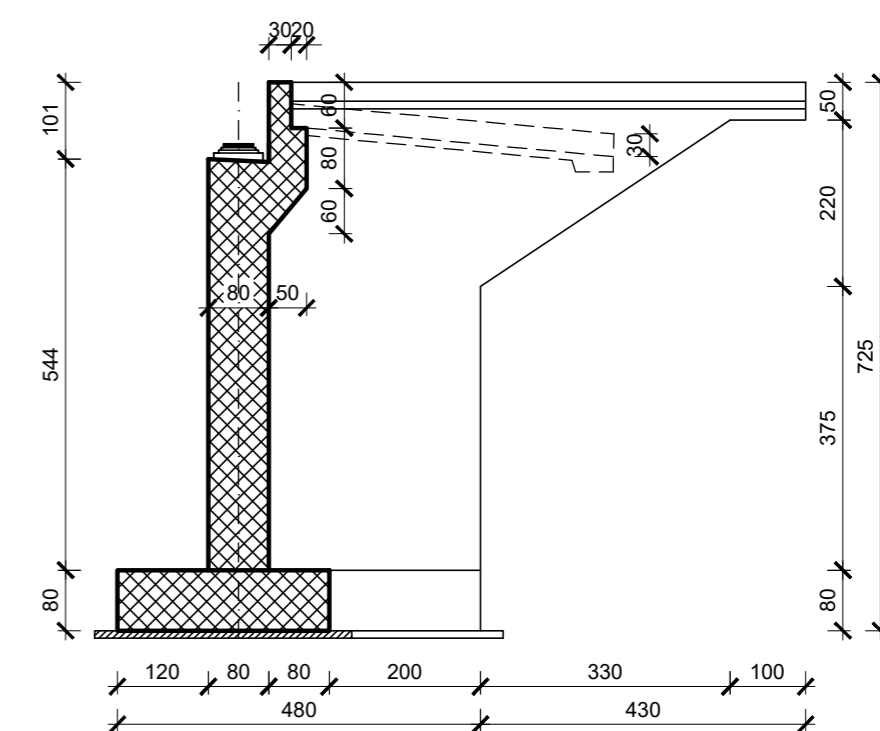
Pogled sprijeda MJ 1:100



Pogled straga MJ 1:100

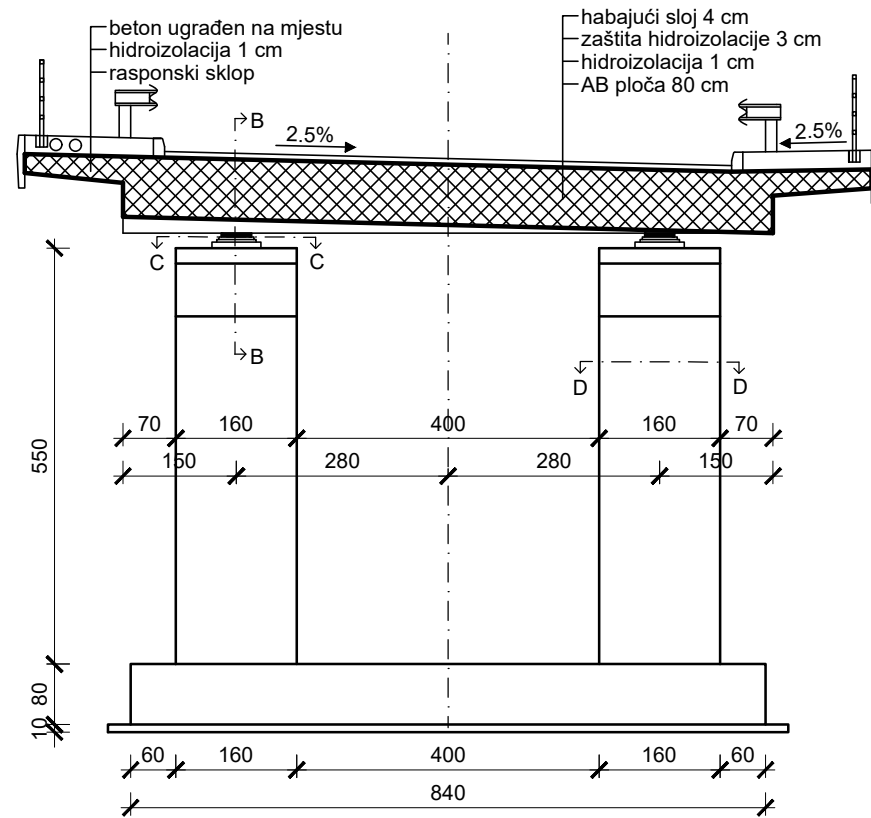


Presjek upornjaka MJ 1:100

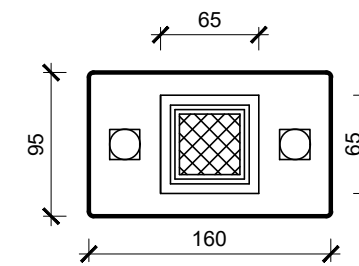


| |
|---|
| Sveučilište Sjever |
| Odjel Graditeljstvo |
| Dispozicija nadvožnjaka preko ceste u ravnici |
| Izradio: Kristijan Šargač |
| Mentor: Goran Puž |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: 05.05.2022. |

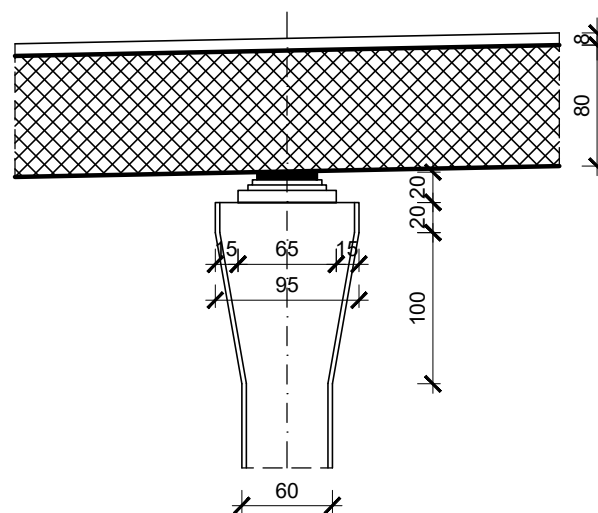
Poprečni presjek nad stupom MJ 1:100



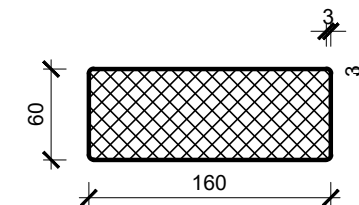
Presjek C - C MJ 1:50



Presjek B - B MJ 1:50

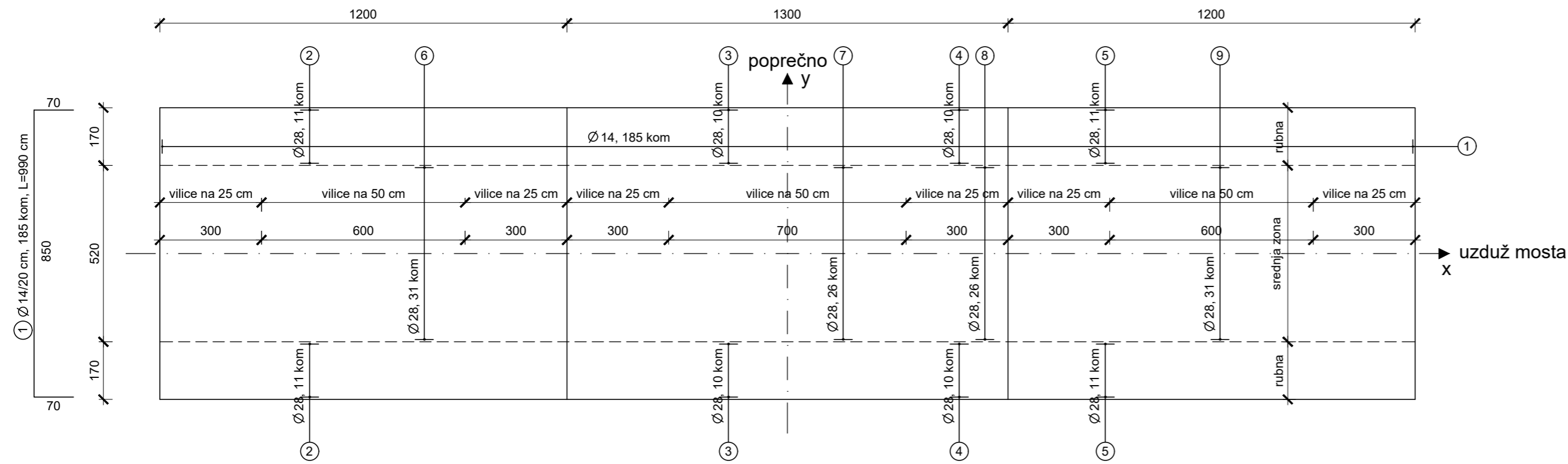


Presjek D - D MJ 1:50

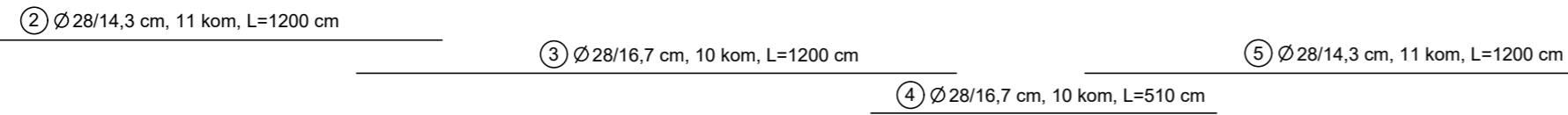


| |
|---|
| Sveučilište Sjever |
| Odjel Graditeljstvo |
| Dispozicija nadvožnjaka preko ceste u ravnici |
| Izradio: Kristijan Šargač |
| Mentor: Goran Puž |
| Akadska godina: 2021/2022 |
| Dovršeno: 05.05.2022. |

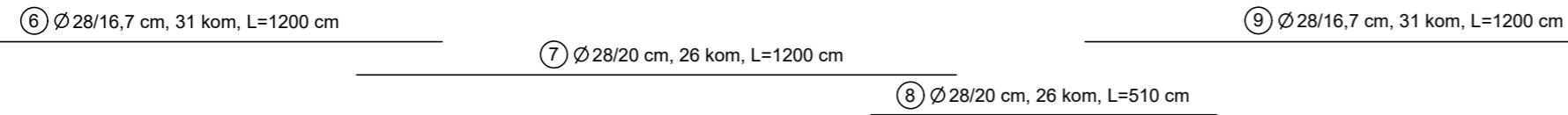
Nacrt armature - donja zona



Glavna armatura rubne zone



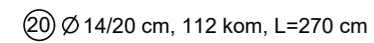
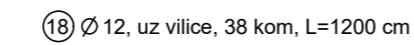
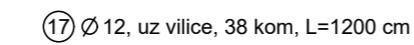
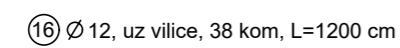
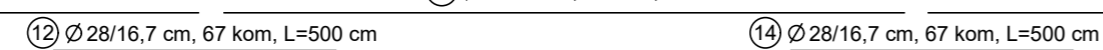
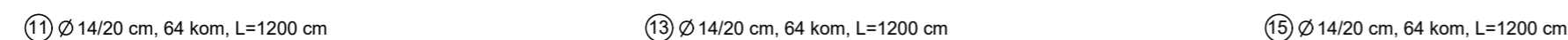
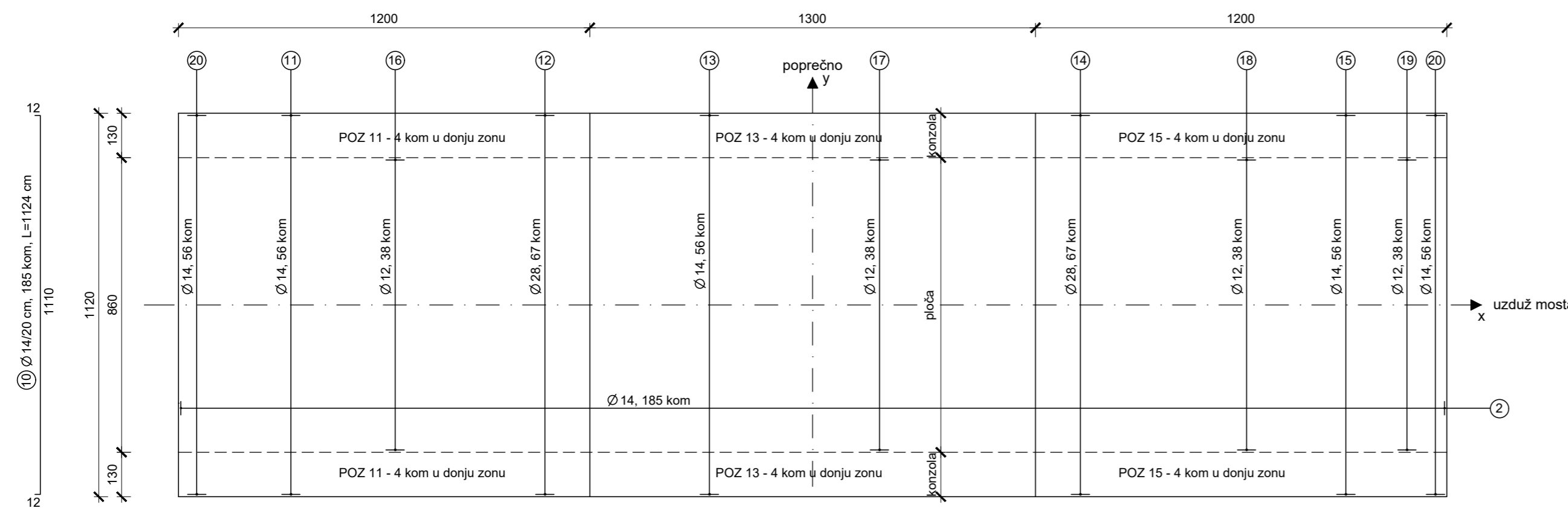
Glavna armatura srednje zone



Iskaz armature - gornja i donja zona

| Specifikacija šipki | | | | | | |
|---------------------|--------------------|----|--------|---------|---------|--|
| POZ | mjere i oblik (cm) | ∅ | lg (m) | n (kom) | lgn (m) | |
| 1 | 70 850 70 | 14 | 9,90 | 185 | 1831,50 | |
| 2 | 1200 | 28 | 12,00 | 11 | 132,00 | |
| 3 | 1200 | 28 | 12,00 | 10 | 120,00 | |
| 4 | 510 | 28 | 5,10 | 10 | 51,00 | |
| 5 | 1200 | 28 | 12,00 | 11 | 132,00 | |
| 6 | 1200 | 28 | 12,00 | 31 | 372,00 | |
| 7 | 1200 | 28 | 12,00 | 26 | 312,00 | |
| 8 | 510 | 28 | 5,10 | 26 | 132,60 | |
| 9 | 1200 | 28 | 12,00 | 31 | 372,00 | |
| 10 | 12 1124 12 | 14 | 11,24 | 185 | 2079,40 | |
| 11 | 1200 | 14 | 12,00 | 64 | 768,00 | |
| 12 | 500 | 28 | 5,00 | 67 | 335,00 | |
| 13 | 1200 | 14 | 12,00 | 64 | 768,00 | |
| 14 | 500 | 28 | 5,00 | 67 | 335,00 | |
| 15 | 1200 | 14 | 12,00 | 64 | 768,00 | |
| 16 | 1200 | 12 | 12,00 | 38 | 456,00 | |
| 17 | 1200 | 12 | 12,00 | 38 | 456,00 | |
| 18 | 1200 | 12 | 12,00 | 38 | 456,00 | |
| 19 | 240 | 12 | 2,40 | 38 | 91,20 | |
| 20 | 70 100 100 | 14 | 2,70 | 112 | 302,40 | |

Nacrt armature - gornja zona



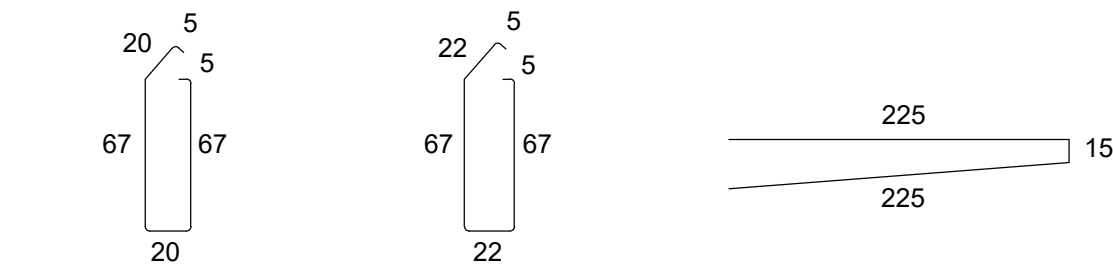
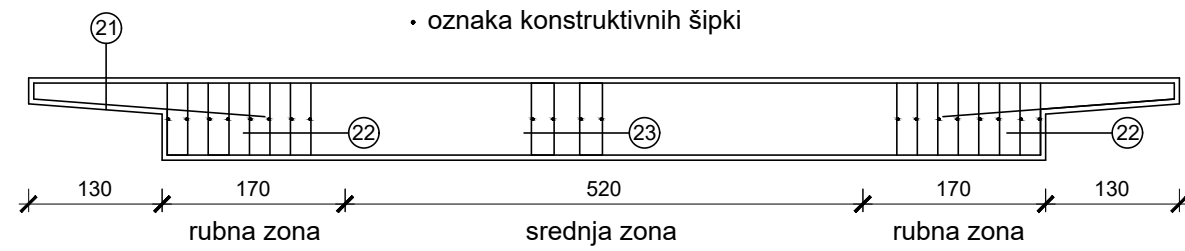
Šipke - rekapitulacija

| Čelik B500B | | | |
|-------------|---------|--------------------------|-------------|
| ∅ (mm) | lgn (m) | jedinična težina (kg/m') | težina (kg) |
| 12 | 1459,20 | 0,911 | 1329,33 |
| 14 | 6517,30 | 1,242 | 8094,49 |
| 28 | 2293,60 | 4,956 | 11367,08 |
| UKUPNO: | | | 20790,82 |

Sveučilište Sjever
 Odjel Graditeljstvo
 Dispozicija nadvožnjaka preko ceste
 u ravnici - nacrt i iskaz armature
 Izradio: Kristijan Šargač
 Mentor: Goran Puž
 Akademski godina: 2021/2022
 Dvršeno: 20.08.2022.

Nacrt armature - presjek mosta

Prvo i treće polje, L1=12 m, L3=12 m



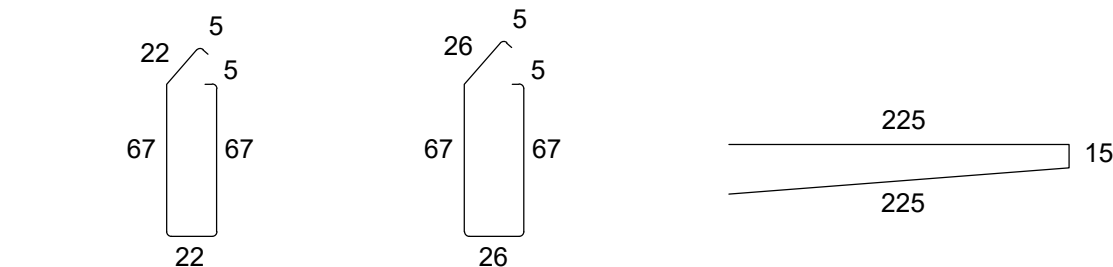
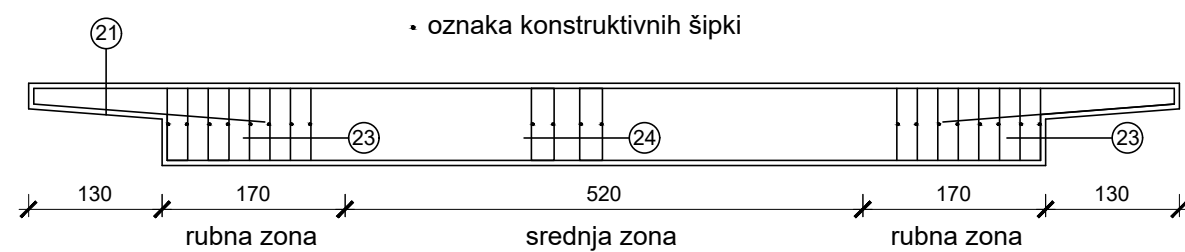
vilica u rubnoj zoni
 ②2 ∅ 14/20 cm
 L=184 cm
 576 kom

vilica u srednjoj zoni
 ②3 ∅ 14/25 cm
 L=188 cm
 864 kom

②1 ∅ 14/20 cm
 L=465 cm
 120 kom

288 kom - na početnih i završnih 300 cm mosta
 576 kom - središnji dio mosta L= 700 cm

Drugo polje, L2=13 m



vilica u rubnoj zoni
 ②3 ∅ 14/20 cm
 L=188 cm
 304 kom

vilica u srednjoj zoni
 ②4 ∅ 14/25 cm
 L=196 cm
 418 kom

②1 ∅ 14/20 cm
 L=465 cm
 65 kom

264 kom - na početnih i završnih 300 cm mosta
 154 kom - središnji dio mosta L= 700 cm

Iskaz armature

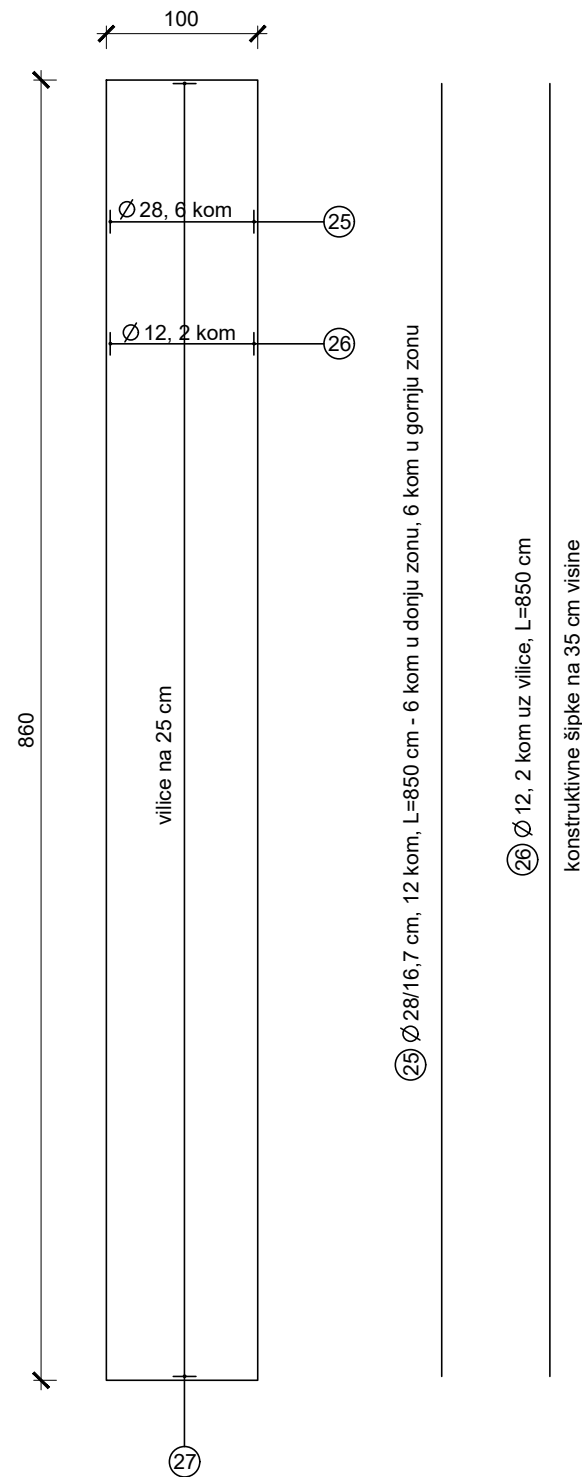
| Specifikacija šipki | | | | | |
|---------------------|--------------------|----|--------|---------|---------|
| POZ | mjere i oblik (cm) | ∅ | lg (m) | n (kom) | lgn (m) |
| 21 | | 14 | 4,65 | 185 | 860,25 |
| 22 | | 14 | 1,84 | 880 | 1619,20 |
| 23 | | 14 | 1,88 | 864 | 1624,32 |
| 24 | | 14 | 1,96 | 418 | 819,28 |

| Šipke - rekapitulacija | | | |
|------------------------|---------|--------------------------|-------------|
| Čelik B500B | | | |
| ∅ (mm) | lgn (m) | jedinična težina (kg/m') | težina (kg) |
| 14 | 4923,05 | 1,242 | 6114,43 |
| UKUPNO: | | | 6114,43 |

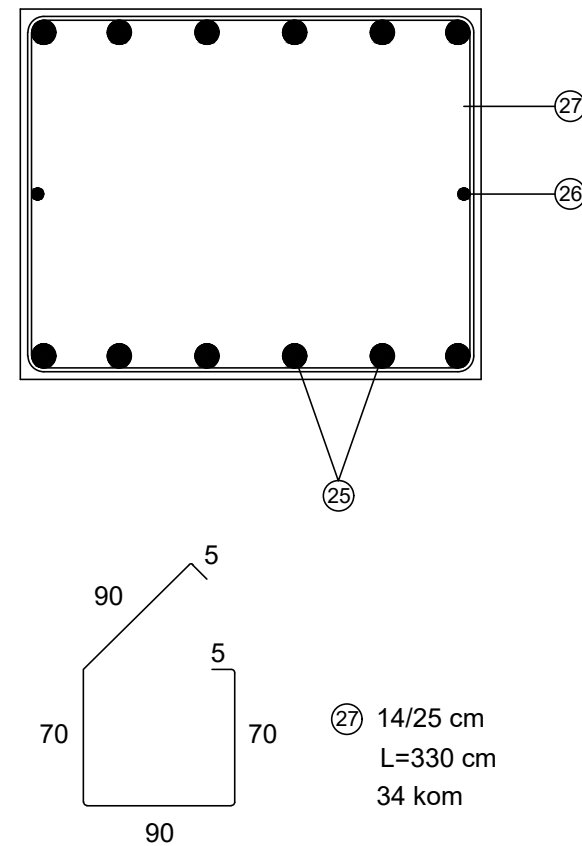
Sveučilište Sjever
 Odjel Graditeljstvo
 Dispozicija nadvožnjaka preko ceste
 u ravnici - nacrt i iskaz armature
 Izradio: Kristijan Šargač
 Mentor: Goran Puž
 Akademska godina: 2021/2022
 Dovořeno: 20.08.2022.

Nacrt armature - "skrivena" greda u ploči

Donja/gornja zona



Presjek



Iskaz armature

| Specifikacija šipki | | | | | |
|---------------------|--------------------|----|--------|---------|---------|
| POZ | mjere i oblik (cm) | Ø | lg (m) | n (kom) | lgn (m) |
| 25 | 850 | 12 | 8,50 | 4 | 34,00 |
| 26 | 850 | 28 | 8,50 | 24 | 204,00 |
| 27 | | 14 | 3,30 | 68 | 224,40 |

| Šipke - rekapitulacija | | | |
|------------------------|---------|--------------------------|-------------|
| Čelik B500B | | | |
| Ø (mm) | lgn (m) | jedinična težina (kg/m') | težina (kg) |
| 12 | 34,00 | 0,911 | 30,974 |
| 14 | 204,00 | 1,242 | 253,368 |
| 28 | 224,40 | 4,956 | 1112,13 |
| UKUPNO: | | | 1396,472 |

Sveučilište Sjever
 Odjel Graditeljstvo
 Nacrt i iskaz armature - "skrivena"
 greda u ploči
 Izradio: Kristijan Šargač
 Mentor: Goran Puž
 Akademska godina: 2021/2022
 Dovořeno: 20.08.2022.



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, KRISTIJAN ŠARGAČ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ČESTOUMI NADVOZMAČI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Kristijan Šargač
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, KRISTIJAN ŠARGAČ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ČESTOUMI NADVOZMAČI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Kristijan Šargač
(vlastoručni potpis)