

Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici

Peček, Mihael

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:038352>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**

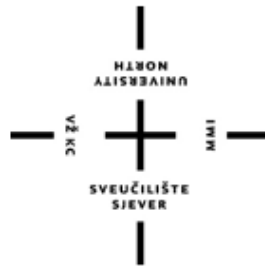


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br. 62/GRD/2022

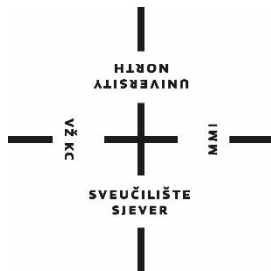
VARIJACIJA DULJINE TIPIČNOG
NADVOŽNJAKA U RAVNICI

Mihael Peček

Varaždin, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Studij graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 62/GRD/2022

**VARIJACIJA DULJINE TIPIČNOG
NADVOŽNJAKA U RAVNICI**

Student:

Mihael Peček, 0160134815

Mentor:

doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, rujan 2023.

ODJEL

STUDIJ

PRISTUPNIK

MATIČNI BROJ

DATUM

KOLEGIJ

NASLOV RADA

NASLOV RADA NA
ENGL. JEZIKU

MENTOR

ZVANJE

ČLANOVI POVJERENSTVA

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

V Ž K C

M M I

BROJ

OPIS

ZADATAK URUČEN

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SJEVER

Digitally signed
by Goran Puž
Date:
2022.09.12
07:45:27 +02'00'

Sažetak

Teorijski dio diplomskog rada bazira se na usporedbi tipičnih betonskih i armiranobetonskih nadvožnjaka na našim cestama. Komentira se odabir ukupne duljine nadvožnjaka u odnosu na prepreku, tj. uspoređuju se primjeri nadvožnjaka kojima je duljina građevine strogo prilagođena zahtijevanom slobodnom profilu ispod nadvožnjaka i primjera gdje je nadvožnjak dulji od zadane prepreke.

U praktičnom dijelu rada se odabiru tri varijante nadvožnjaka preko državne ceste u ravnici s istom niveletom i visinom nad preprekom, te su dispozicijski nacrti istih prikazani programom nanoCAD. Odabrane varijante nadvožnjaka su sa dva, četiri i šest raspona, a opisani su u tehničkom opisu. Rasponski sklop je jednostavna betonska ploča, za izvedbu na skeli, koja prevodi županijsku cestu s poslužnim stazama. Obraden je osnovni statički proračun u programu Tower i dimenzioniranje rasponskog sklopa jednog nadvožnjaka sa četiri raspona. Troškovnikom je obuhvaćena izrada nasipa i sve tri varijante nadvožnjaka koje se razlikuju prema broju i veličini raspona.

Rad sadržava:

- tehnički opis denivelacije s obrazloženjem projektnog zadatka
- dispozicijske nacрте predloženih varijanti mosta u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa jedne varijante
- dimenzioniranje najopterećenijih presjeka rasponskog sklopa
- skicu armature rasponskog sklopa
- troškovnik radova
- diskusiju i zaključak usmjeren ka optimalizaciji duljine nadvožnjaka
- literaturu.

Ključne riječi: nadvožnjak, nasip, armatura, troškovnik

Abstract

The theoretical part of the thesis is based on the review and comparison on typical concrete and reinforced concrete overpasses on our roads. The selection of the total length of the overpass in relation to the obstacle is commented on, i.e. examples of overpasses where the length of the building is strictly adapted to the required free profile under the overpass and examples where the overpass is longer than the given obstacle are compared.

In the practical part of the paper, three variants of the overpass through the state road in the plain with the same leveling and height over the obstacle are selected, and the dispositional blueprints are shown by the nanoCAD program. Selected overpasses with two, four and six spans are described in the technical description. The spanning assembly is a simple concrete slab, for a scaffold performance, which translates the county road with service trails. The basic static calculation in the Tower program and the dimensioning of the span assembly of one overpass with four spans were calculated. The cost estimate covers the construction of embankments and all three variants of overpasses, which differ in the number and size of the span.

The paper contains:

- technical description of denivelation with the explanation of the project task
- dispositional drawings of proposed overpass variants in a overview scale
- basic static calculation of the span assembly of one variant
- dimensioning of the most loaded cross-sections of the span assembly
- sketch of span armature
- cost sheet of works
- a discussion and conclusion aimed at optimizing the length of the overpass
- literature.

Key words: overpass, embankment, armature, cost sheet

Popis korištenih kratica

Općenito

GSN	granično stanje nosivosti
GSU	granično stanje uporabljivosti
TPP	tipični poprečni presjek
„C“	kategorija tla, strojni iskop
R	radijus luka
ST	stalna točka
AB	armirano - betonski
C x/x	razred tlačne čvrstoće betona
B500B	razred vlačne čvrstoće čelika
JDOT/2	jednostrana distantna ograda sa razmakom stupova 2 m
JDOT/4	jednostrana distantna ograda sa razmakom stupova 2 m
EC1	eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije

Razredi izloženosti betona

XC2	vlažna, rijetko suha okolina uvjetovana karbonatizacijom
XC4	beton u dodiru s vodom, korozija uzrokovana karbonatizacijom
XD3	izmjenično vlažna okolina, korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora
XF2	umjerena zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje
XF4	visoka zasićenost vodom sa solima za odmrzavanje

Statički proračun

l_y	širina nosača
l_x	dužina nosača
g	stalno opterećenje
Δg	dodatno stalno opterećenje
q	kontinuirano pokretno opterećenje

Q_k	koncentrirano prometno opterećenje
h_{pl}	visina presjeka ploče
b_s, b, b_{sup}, b_w	sudjelujuća širina
M_{sd}	računski moment savijanja
M_g	moment stalnog opterećenja
M_q	moment pokretnog opterećenja
M_Q	moment koncentriranog pokretnog opterećenja
V_{sd}	računska poprečna sila
V_g	stalna poprečna sila
V_q	pokretna poprečna sila
V_Q	koncentrirana poprečna sila
f_{ck}	karakteristična tlačna čvrstoća betona (valjak)
$f_{ck,cube}$	karakteristična tlačna čvrstoća betona (kocka)
γ_c	koeficijent sigurnosti za beton
f_{cd}	računska tlačna čvrstoća betona
f_{yd}	računska vlačna čvrstoća čelika
f_{yk}	karakteristična vlačna čvrstoća čelika
γ_s	koeficijent sigurnosti za čelik
d	statička visina
h	visina presjeka
c	zaštitni sloj betona
ϕ_{vilice}	profil poprečne armature
ϕ_{arm}, ϕ	profil armature
μ_{sd}	bezdimenzionalna veličina momenta savijanja
ζ	koeficijent kraka unutrašnjih sila
ξ	koeficijent položaja neutralne osi
A_s	potrebna armatura
$A_{s,min}$	potrebna minimalna armatura
$A_{s,max}$	dozvoljena maksimalna armatura
A_{s1}	površina vlačne armature

ΔV_{sd}	računska poprečna sila koju ležaj preuzima na sebe
V_{sd}^1	reducirana računski poprečna sila
V_{Rd1}	nosivost neraspucalog elementa na poprečne sile
τ_{Rd}	računska čvrstoća na djelovanje glavnih kosih naprezanja
k	koeficijent položaja rezultante tlačnih naprezanja
ρ_1	koeficijent armiranja vlačne armature
σ_{cp}	naprezanja u betonu
V_{wd}	poprečna sila koju preuzimaju vertikalne spona
A_{sw}	površina presjeka poprečne armature
m	reznost
S_w	razmak vilica
f_{ywd}	granica popuštanja poprečne armature
V_{Rd3}	nosivost poprečne armature
$A_{sw,min}$	minimalna površina poprečne armature
ρ_{min}	minimalni koeficijent armiranja poprečne armature
V_{Rd2}	računska nosivost na poprečne sile tlačnih betonskih dijagonala
v	koeficijent redukcije tlačne čvrstoće betonskih tlačnih štapova
z	krak unutrašnjih sila u presjeku
$s_{w,max}$	maksimalni razmak spona
A_{raz}	razdjelna armatura
l_b	osnovna dužina sidrenja
f_{db}	računska čvrstoća prionjivosti betona
l_s	računska dužina sidrenja
α_1	koeficijent za utjecaj oblika šipki
b_{eff}	efektivna širina skrivene grede
R_{sd}	računska reakcija ležaja
ΔM_{sd}	moment koji ležaj preuzima na sebe
$M_{sd,red}$	reducirani moment na ležaju
Q_{ograda}	koncentrirana sila od ograde
$Q_{vijenac}$	koncentrirana sila od vijenca

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Varijacije duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici	5
2.1. Kriteriji ocjenjivanja nadvožnjaka	5
2.2. Usporedba nadvožnjaka	8
3. Tehnički opis	12
3.1. Općenito	12
3.2. Značajke tla i temeljenje	14
3.3. Donji ustroj	15
3.3.1. Upornjaci	15
3.3.2. Nasip	15
3.3.3. Stupište	16
3.4. Gornji ustroj	16
3.5. Oprema mosta	17
3.5.1. Instalacije	17
3.5.2. Ograda	17
3.5.3. Ležajevi	17
3.5.4. Prijelazne naprave	17
3.5.5. Odvodnja	18
4. Statički proračun	19
4.1. Analiza opterećenja	19
4.2. Tower	25
4.2.1. Ulazni podaci za proračun	25
4.2.2. Dijagrami unutarnjih sila	27
4.3. Dimenzioniranje	34
4.3.1. Proračun armature prvog i četvrtog polja	34
4.3.2. Proračun armature drugog i trećeg polja	41
4.3.3. Proračun skrivene grede	48
4.3.4. Proračun armature drugog i četvrtog ležaja	49

4.3.5. Proračun armature trećeg ležaja	51
4.3.6. Proračun konzole mosta.....	53
5. Troškovnici.....	55
5.1. Donji ustroj.....	56
5.2. Gornji ustroj	60
5.3. Oprema mosta.....	61
5.4. Ostali radovi	65
5.4. Rekapitulacija.....	65
6. Zaključak	67
7. Literatura	68
8. Grafički prilozi	71

1. Uvod

Svjedočimo naglom porastu prometa koji diktira izgradnju novih cesta visoke razine služnosti. Zahtjevi za sigurnost prometa dovode nas u situaciju da mnoga raskrižja projektiramo ili rekonstruiramo kao denivelirana u kojima se jedna prometnica prevodi iznad druge. Denivelirana raskrižja u pravilu se izvode na autocestama, velikom broju na brzim cestama na križanju ceste i željeznice i u gradovima radi poboljšanja protoka prometa.

Kada u projektiranju trase ne postoji mogućnost da se prepreka svlada izravnim oslanjanjem prometnice na tlo, potrebno ju je premostiti izgradnjom mosta, vijadukta ili nadvožnjaka. Most je građevina koja prevodi prometnicu preko vodenih površina, vijadukt premošćuje dolinu, a nadvožnjak je građevina koja prevodi prometnicu preko prometnice.

Nadvožnjaci postaju građevine koje se vrlo često izvode u sklopu izgradnje novih ili rekonstrukcije postojećih raskrižja, stoga je opravdano propitivati njihovu ekonomičnost kroz razmatranje odnosa duljine nadvožnjaka prema širini prepreke.

Osnovna podjela se radi na vrste mostova gledano prema vanjskim okolnostima i tipove mostova prema osobitostima nosive konstrukcije. Kako kod svake osnovne podjele postoji mnogo kriterija prema kojima se dijele mostovi, u nastavku su navedena dva glavna kriterija (statički sustav i namjena) [1].

Tipovi mostova prema statičkom sustavu:

- pločasti (šuplji i puni)
- gredni (sandučasti, rebrasti, punostijeni i rešetkasti)
- lučni mostovi (s kosim i vertikalnim stupovima)
- viseći
- ovješeni
- zategnuti
- okvirni i
- složeni mostovi.

Vrste mostova prema namjeni:

- pješački
- cestovni
- željeznički
- industrijski
- akvedukti i
- kombinirani mostovi.

Gradnja mostova je uvijek bio poseban izazov za inženjere. Tradicionalno su se masivni mostovi gradili na nepokretnim skelama koje su služile kao pomoćne naprave koje su nosile konstrukciju dok nije postala sposobna da nosi samu sebe. Skele su često bile složenije konstrukcije od samog mosta, a za neke mostove su bile unikatne građevine. Montažna gradnja manjih mostova od prednapetog betona dominirala je posljednjim desetljećima 20. stoljeća, no danas svjedočimo korištenju različitih gradiva (čelika, armiranog ili prednapetog betona) i različitih tehnika u izvedbi manjih mostova i nadvožnjaka.

U novije vrijeme je cilj graditelja da što jednostavnije, lakše i jeftinije naprave prikladni most u što kraćem vremenu. Do razvoja novih tehnologija građenja je dovela težnja da se postigne značajna ušteda u radu i materijalu. Kod novih tehnologija građenja se u fazama gradnje često pojavljuju veće sile nego li ih konstrukcija ima tijekom eksploatacije te je kod svake faze građenja potrebno proračunati statički sustav. Izbor načina građenja ovisi o dužini rasponskih konstrukcija, uvjetima na terenu, ekonomskoj opravdanosti te opremi i tehnologiji kojom raspolaže izvođač. Uz zadanu razinu sigurnosti, odabir sustava i gradiva uvelike određuju ekonomski čimbenici [1].

Gradnja mostova se dijeli na tri metode:

- monolitna (tradicionalna)
- montažna
- kombinirana.

Monolitna metoda građenja podrazumijeva da se svaki elementa mosta pomoću oplata i skele izrađuje na licu mjesta. Kod građenja mosta na nepokretnim skelama smatra se da prije micanja skele ne dolazi do pojave značajnijih naprezanja u statičkom sustavu. Najviše se primjenjuje kod betonskih i zidanih mostova malih i srednjih raspona zbog jednostavne izrade oplata na pristupačnom terenu.

Prednost fiksne oplata je mogućnost izvedbe različitih tipova i oblika struktura čime se povećava vrijednost mosta. Nedostaci monolitne gradnje su da povećanjem složenosti skela, zbog uvjeta na terenu, rastu troškovi materijala i rada čime ekonomičnost mosta postaje upitna.

Kod montažne metode građenja svi se elementi izrađuju u tvornici ili na gradilištu te se dopremaju i montiraju na konačno mjesto. Sve više se teži tipizaciji i smanjenju broja dijelova. Prednosti takve gradnje je jeftinija proizvodnja koja je neovisna o dinamici radova na gradilištu, smanjuju se troškovi radova i vrijeme građenja te je u tvorničkim uvjetima osigurana dobra kontrola kvalitete. Nedostaci takve gradnje su znatni troškovi transporta i mehanizacije potrebne za ugradnju elemenata.

Kombinirana ili polumontažna metoda građenja zadržava prednosti jednostavnosti i brzine montažne gradnje te mogućnosti izrade ravne podloge hidroizolacije i kolnika kod klasične gradnje. Montažna izvedba se odnosi na nosače rasponskog sklopa dok se ostali elementi poput temelja, upornjaka, stupišta i kolničke ploče najčešće izvode klasičnim postupkom. Zbog velikog broja spojeva je otežano održavanje konstrukcije.

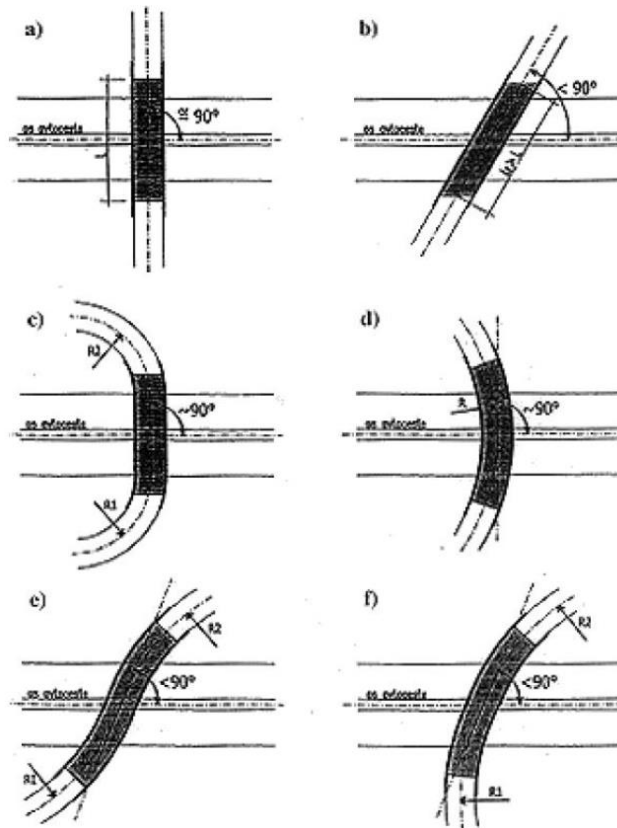
Mostovi dijelimo na donji i gornji ustroj. Donjem ustroju pripadaju svi dijelovi mosta koji se nalaze ispod ležajeva rasponske konstrukcije, a sastoji se od temelja, upornjaka, stupova i prijelazne ploče. Gornji ustroj sastoji se od glavnog nosača, poprečnih nosača, uzdužnih nosača, kočnog sprega, sprega vijuganja i kolničke konstrukcije [2].

Sastavni dio svakog mosta je i oprema mosta koja omogućuje ispravno funkcioniranje i nesmetano odvijanje prometa na mostu. Odabirom adekvatne opreme te pravilnom ugradnjom i održavanjem osigurava se predviđeni životni vijek konstrukcije. Oprema mosta sastoji se od prijelazne naprave, ležajeva, odvodnje, hidroizolacije, kolničkog zastora, pješačke staze, rasvjete, ograde i posebne opreme [3].

Projektiranje uzdužne dispozicije mosta ovisi o prepreci koja se premošćuje, uvjetima temeljenja, slobodnim profilima, težnji projektanta određenom statičkom sustavu, ekonomskoj opravdanosti, dostupnosti i odabiru građiva, dok projektiranje poprečne dispozicije ovisi o predviđenom prometu preko mosta, tj. broju i širini prometnih površina te smještaju instalacija.

Svaki projekt mosta započinje odabirom nivelete i statičkog sustava. Najpoželjnija i najjednostavnija geometrija mostova za projektiranje i građenje se postiže križanjem osi prometnica pod pravim kutom (*slika 1.1 a*) i simetrično konveksnom niveletom ili jednostranim nagibom od 0,5 do 2,0 %.

Međutim, terenski uvjeti često diktiraju tlocrtno vođenje trase pri kojemu se prometnice križaju pod kutom različitim od 90° , a često su jedna ili obje prometnice u zavoju zbog čega dolazi do kompleksnosti dispozicije i sklopa nadvožnjaka, no s tim varijantama ne bavimo se u ovome radu.



Slika 1.1 Sheme križanja nadvožnjaka s autocestom [4]

2. Varijacije duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici

2.1. Kriteriji ocjenjivanja nadvožnjaka

Kod projektiranja i izvedbe mostova potrebno je zadovoljiti sljedeće zahtjeve kako bi se osiguralo optimalno rješenje mosta:

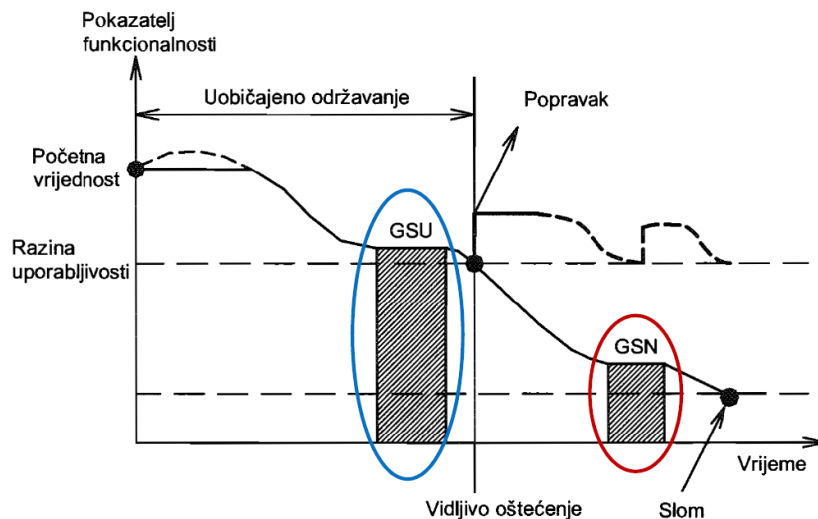
- promet
- sigurnost i mehanička otpornost
- ekonomičnost
- estetika
- trajnosti i
- ekološki zahtjevi [1].

Kod prometnih zahtjeva bitno je zadovoljiti optimalne, a ne minimalne potrebe slobodnog prometnog i pješačkog profila na mostu i ispod mosta. Udovoljavanjem optimalnom zahtjevu postiže se veći osjećaj sigurnosti i udobnosti sudionika u prometu.

Osnovni zahtjev koji treba biti zadovoljen je sigurnost i mehanička otpornost konstrukcije odnosno njezina sposobnost da može podnijeti sva opterećenja koja je mogu zadesiti.

Nosivost konstrukcije dokazuje se proračunima prema graničnom stanju nosivosti (GSN) i graničnom stanju uporabljivosti (GSU) [5]. Kod GSN dokazuje se da je računsko granično opterećenje prikazano sa zbrojem umnožaka odgovarajućih sila od djelujućeg opterećenja i pripadajućih koeficijenta sigurnosti, manje ili jednako od računске granične nosivosti konstrukcije. U nastavku rada se statički proračun bazira na GSN (*slika 2.1*).

Za GSU treba dokazati da kod proračunskih uporabnih opterećenja i njihovih računskih kombinacija ne dolazi do prekoračenja propisanih vrijednosti vibracija, naprezanja gradiva, pomaka i širina pukotina. Kako se u pretpostavkama i statičkom proračunu tijekom dimenzioniranja elemenata konstrukcije nisu uzimale minimalne dimenzije, ne provodi se proračun za GSU. Proračun progiba i pukotina bio bi proveden u glavnom projektu mosta, a uz iskustveno odabrane izmjere glavnih nosača pretpostavlja se da bi uz određeno nadvišenje, nadvožnjak zadovoljio ovaj uvjet bez promjene dispozicije.



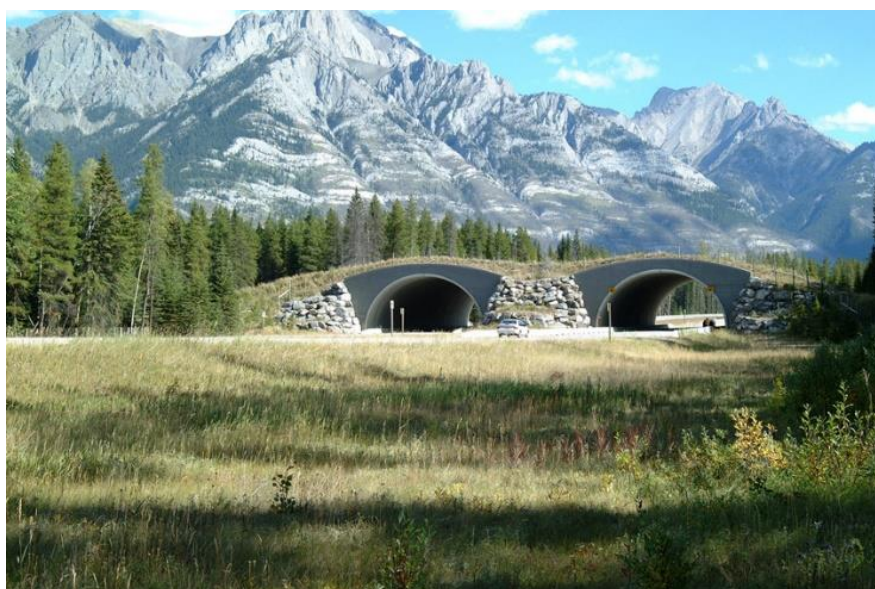
Slika 2.1 Grafički prikaz GSU i GSN [5]

Kod projektiranja mostova ponekad se previše bazira na ekonomičnosti, tj. uštedi na troškovima materijala i rada, što može uzrokovati neželjene posljedice. Potrebno je sagledati sve troškove tijekom predvođenog vijeka upotrebe, što uključuje troškove održavanja i mogućih popravaka. Smanjenjem količine utrošenog materijala ili odabirom jeftinijeg neadekvatnog materijala i tehnologije građenja kod izgradnje konstrukcije, može doći do povećanih troškova održavanja ili velikih troškova popravaka, u takvim slučajevima pretjerana štednja nije ekonomična.

Budući da estetika ne spada u egzaktne znanosti, kod ispunjavanja estetskih zahtjeva je potrebno imati osjećaj za proporcije, ritam, simetriju, kontraste, ponavljanja i obrise. Zbog važnog utjecaja nosive konstrukcije na estetiku mosta projektant treba biti dobro upoznat s načelima oblikovanja. Uz završnu obradu vidljivih ploha i rješenja detalja bitna je kvaliteta i točna izvedba radova. Pretjerano inzistiranje na dimenzioniranju najoptimalnijih elemenata konstrukcije može dovesti do smanjena vrijednosti građevine.

Trajnost mosta je njegova sposobnost da zadržava određenu razinu upotrebljivosti i sigurnosti u određenom vremenskom razdoblju. Odnedavno se zbog brzog propadanja klasičnih armiranobetonskih i prednapetih mostova počelo obraćati više pažnje na ispunjavanje zahtjeva trajnosti mostova [6]. Predviđeni životni vijek jednog mosta se pretpostavlja od 80 do 100 godina, tj. životni vijek čovjeka. Posebnu pažnju, za ispunjenje uvjeta trajnosti, treba posvetiti odabiru dobrog razreda izloženosti, dovoljnoj statičkoj visini konstruktivnih elemenata, odabiru armature i ugradnji betona.

Tijekom izgradnje mosta potrebno je izbjeći svako značajnije narušavanje okoliša, u suprotnom je potrebno sanirati štetu. Primjenom prikladnih tehnologija građenja i dobrom organizacijom gradilišta smanjuje se vjerojatnost zagađivanja i narušavanja okoliša. Kod mostova u naseljima potrebno je obratiti pažnju na zaštitu od buke, zaštitu od izlijetanja s mosta, zatvorenoj odvodnji svih voda te udarcima vjetra u ogade i odbojnice. Posebna kategorija su zeleni mostovi koji služe za siguran prijelaz životinja iznad prometnica (*slika 2.2*).



Slika 2.2 Zeleni most u Banff Nacionalnom Parku, Alberta (Izvor: <https://arc-solutions.org/new-solutions/>)

Preduvjet za ispunjavanje prije navedenih zahtjeva je prikupljanje informacija vezano za definiranje prometnih uvjeta na i ispod mosta, moguća opterećenja koja mogu utjecati na most, vrsti i karakteristikama nosivog tla, reljef terena i okolnog sadržaja te informacije vezane o pogodnim i raspoloživim gradivima.

2.2. Usporedba nadvožnjaka

Nadvožnjaci su najviše izloženi pogledima budući da premošćuju prometnice te je zbog toga uz temeljne zahtjeve mehaničke otpornosti i stabilnosti potrebno koncipirati uklapanje u okoliš i izgled ugodan promatraču, što može dovesti do povećanja ili promjene oblika dimenzioniranih elemenata te time i povećanja troškova izgradnje i održavanja.

Kako bi se nadvožnjaci bolje predočili uzeti su primjeri tipičnih armiranobetonskih i prednapetih nadvožnjaka s naših cesta. Uspoređuju se primjeri kojima je duljina građevine strogo prilagođena zahtijevanom slobodnom profilu ispod nadvožnjaka s primjerima gdje je nadvožnjak znatno dulji od zadane prepreke.

Kosi AB nadvožnjak s masivnim paralelnim krilima (*slika 2.3*) prevodi državnu cestu D2 preko lokalne ceste i svojim otvorom zadovoljava minimalni slobodni profil lokalne ceste. Zbog važnosti državne ceste koju prevodi, os nadvožnjaka nije okomita na os lokalne ceste nego je prilagođena trasi, što nije uobičajeno u praksi.

Kako je količina prometa na lokalnoj cesti u odnosu na državnu cestu zanemariva, kod projektiranja nivelete D2 prednost je dana sigurnijoj i ugodnijoj vožnji te je os nadvožnjaka prilagođena trasi. Zadovoljavanjem minimalnog slobodnog profila ispod nadvožnjaka uštedilo se na utrošenom materijalu, a ugradnjom odbojnika pridodaje se osjećaju sigurnosti.



Slika 2.3 Cestovni nadvožnjak u naselju Jalkovec, prevodi državnu cestu D2 preko lokalne ceste između naselja Gojanec i Jalkovec (Izvor: Google karte)



Slika 2.4 Cestovni nadvožnjak u općini Lupoglav, prevodi autocestu A8 preko državne ceste D44 (Izvor: Google karte)

Da bi se smanjila djelovanja poprečnih sila i momenata na rasponsku konstrukciju nadvožnjaka (*slika 2.4*) dodana su dva reda stupova. Smanjenjem djelovanja sila smanjuje se statička visina glavnog nosača, a time i utrošak materijala.

Nadvožnjak se uklopio uz odlagalište iskopanog materijala, koji je nastao tijekom izrade autoceste A8. Kako se stupovi nalaze uz cestu i nisu zaštićeni s odbojnom ogradom, postoji opasnost od udara vozila u stupove. Vizualno gledajući zbog blizine stupova i nepreglednosti ceste vozač ima osjećaj skučenosti.

Najčešći tip nadvožnjaka (*slika 2.5*) na hrvatskim autocestama bazira se na zadovoljavanju uvjeta ekonomičnosti, optimalnih potreba slobodnog profila i estetike. Prolaz ispod nadvožnjaka pruža osjećaj sigurnosti zbog dobre preglednosti dionice i zaštitnih ograda uz stup i upornjake. Povećanjem svijetlog otvora između raspona povećava se osjećaj sigurnosti, a ekonomičnost se smanjuje. Dobivanjem bolje estetike ukupna vrijednost nadvožnjaka se povećava.



*Slika 2.5 Cestovni nadvožnjak u naselju Tomašanci, prevodi lokalnu cestu preko autoceste A5
(Izvor: Google karte)*

Nadvožnjak sa četiri raspona (*slika 2.6*), unatoč manjoj ekonomičnosti daje bolji vizualni pregled dionice i osjećaj sigurnosti u odnosu na nadvožnjak preko autoceste A5 (*slika 2.5*). Povećavanjem broja raspona s dva na četiri smanjila se veličina upornjaka i statička visina glavnog nosača, dok su se troškovi izrade povećali zbog veće ukupne dužine nadvožnjaka. Stupovi su od udaraca vozila zaštićeni s odbojnom ogradom. Kroz otvore koji nisu nad autocestom omogućuje se prolaz servisnim vozilima (npr. radi košnje), kao i prolaz odvodnih kanala autoceste.



*Slika 2.6 Cestovni nadvožnjak na čvorištu preko državne ceste D 10 u naselju Lubena
(Izvor: Google karte)*

Poseban primjer je nadvožnjak preko regionalne pruge Zaprešić – Čakovec R201 i lokalne ceste u naselju Turčin (slika 2.7). Visinom od cca 12,00 m od asfalta i sedam raspona, ostavlja najbolji vizualni dojam u odnosu na ostale nadvožnjake. Odabirom i dobrim oblikovanjem jednog masivnog stupa po poprečnom presjeku pridodaje se estetici veći značaj, a samim time i vrijednosti nadvožnjaka. Iz dosad prikazanog može se zaključiti da estetika, tj. izgled mosta igra sve veću ulogu kod odabira i projektiranja.



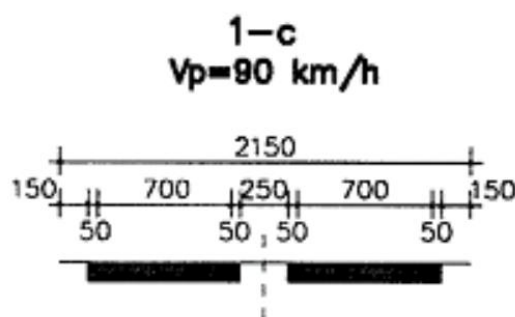
Slika 2.7 Nadvožnjak u naselju Turčin, prevodi državnu cestu D2 preko Zagrebačke ulice i regionalne pruge Zaprešić – Čakovec R201 (Izvor: Google karte)

3. Tehnički opis

3.1 Općenito

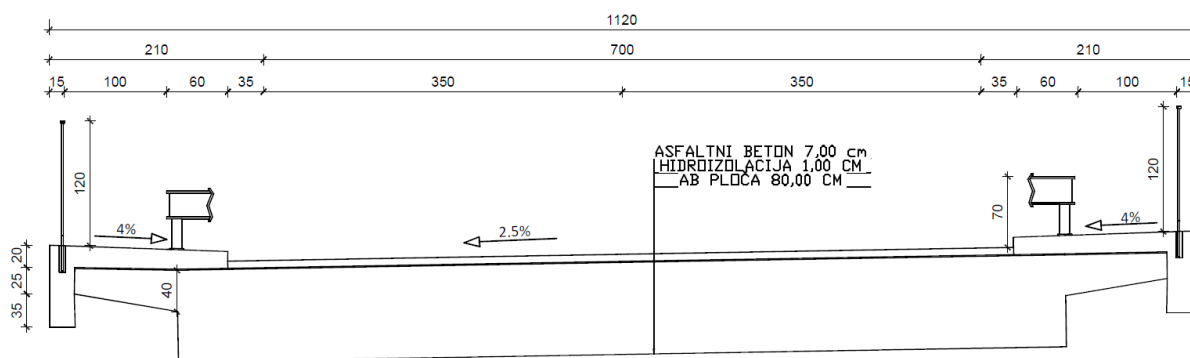
U praktičnom dijelu rada odabire se jedna od tri varijante nadvožnjaka s dva, četiri ili šest raspona, s istom niveletom i visinom nad preprekom. Nadvožnjakom se prevodi županijska cesta preko državne ceste koja prolazi ravnicom. Zadan je tipski poprečni presjek (TPP) državne ceste od 21,50 m (*slika 3.1*) čiji prometni profil predstavlja prepreku koju treba premostiti.

Os nadvožnjaka siječe državnu cestu pod 90° . Niveleta nasipa je 3 %, konveksno zaobljenje na počecima nasipa je radijusa R 6000. Nagib pješačkih staza je 4 % prema kolniku. Poprečni nagib mosta je 2,5 %, dok je niveleta mosta projektirana 0,7 % kako bi se omogućila najbolja vidljivost na mostu tijekom vožnje te zadovoljili minimalni uvjeti za odvodnju oborinske vode s mosta.



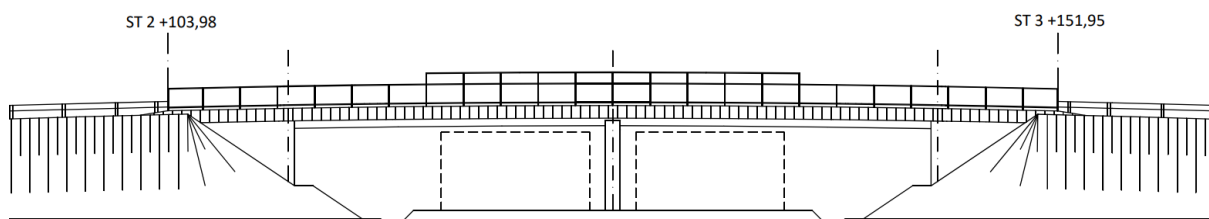
Slika 3.1 TPP 1. kategorija, tip 1-c [7]

Gledano u poprečnoj dispoziciji nadvožnjaka (*slika 3.2*) dvije prometne trake su širine 3,50 m, dvije poslužne staze su širine 1,00 m, dva rubna traka su širine 0,35 m, dva prostora su širine 0,15 m za ugradnju pješačke ograde te dva prostora su širine 0,60 m za sigurnosnu ogradu i rubnjake. Ukupna širina nadvožnjaka sa četiri raspona je 11,20 m, a širina nadvožnjaka je 10,90 m. Visina zaštitne ograde je 1,20 m, a visina odbojne ograde je 0,70 m gledano od asfalta [8].



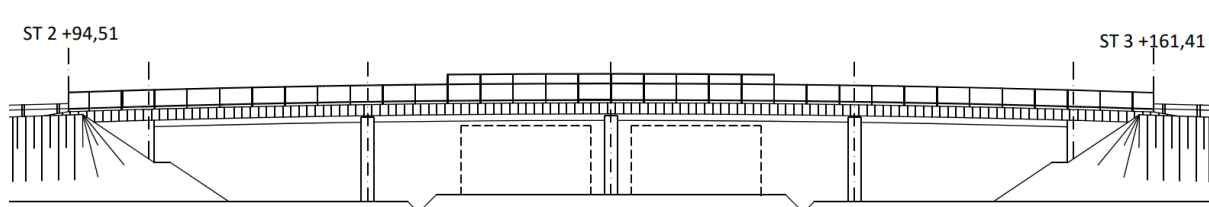
Slika 3.2 Poprečni presjek glavnog nosača nadvožnjaka (Izvor: Autor)

Poprečni presjeci i nivelete svih varijanti nadvožnjaka su jednake. Kako je kod projektiranja obuhvaćena izrada nasipa prije i poslije nadvožnjaka, početna točka je ST 1+000,00 m i završna točka ST 4+255,93 m. Nadvožnjak (slika 3.3) ima dva raspona dužine 17,50 metara i jedno stupište, početak nadvožnjaka je u točki ST 2+103,98, a završetak u točki ST 3+151,95. Ukupna dužina nadvožnjaka je 47,97 m.



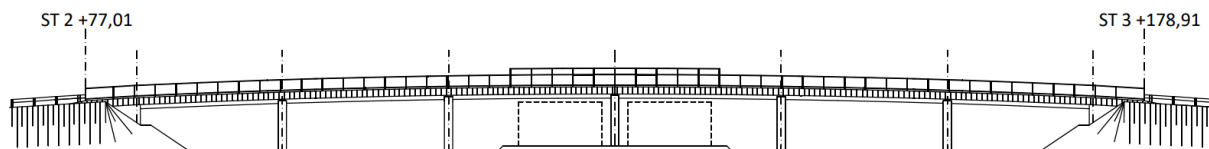
Slika 3.3 Nadvožnjak sa dva raspona (Izvor: Autor)

Nadvožnjak (slika 3.4) ima tri stupišta i četiri raspona. Prvi i četvrti raspon je dužine 13,50 m, dok je drugi i treći raspon dužine 15,00 m. Početak nadvožnjaka je u točki ST 2+94,51, dok je kraj u točki ST +161,41, a ukupna dužina je 66,90 m.



Slika 3.4 Nadvožnjak sa četiri raspona (Izvor: Autor)

Nadvožnjak (*slika 3.5*) ima pet stupišta i šest raspona. Prvi i šesti raspon je dužine 14,00 m, dok je drugi, treći, četvrti i peti raspon dužine 16,00 m. Početak nadvožnjaka je u točki ST 2+77,01, dok je kraj u točki ST +178,91, a ukupna dužina je 101,90 m.



Slika 3.5 Nadvožnjak sa šest raspona (Izvor: Autor)

Od šest kriterija koje je potrebno zadovoljiti kako bi se osiguralo optimalno rješenje mosta, ispunjen je kriterij prometa s odabirom optimalnog, a ne minimalnog slobodnog profila na i ispod nadvožnjaka. Tijekom izgradnje izbjegava se svako narušavanje okoliša, a moguće štete se saniraju te je time zadovoljen ekološki zahtjev (kriterij). Trajnost mosta osigurava se dobrim odabirom te ispravnom ugradnjom opreme mosta i redovnim održavanjem. Sigurnost i mehanička otpornost dokazuju se u daljnjem statičkom proračunu.

Preostali kriteriji za odabir jedne od triju varijanti su ekonomičnosti i estetika. Nadvožnjak s dva raspona (*slika 3.3*) ne zadovoljava uvjete estetike jer ne daje dovoljnu preglednost i osjećaj sigurnosti tijekom prolaska vozila. Kako nadvožnjak sa četiri raspona (*slika 3.4*) i šest raspona (*slika 3.5*) zadovoljavaju svojom estetikom. Odabir se svodi na kriterij ekonomičnosti, tj. odabran je nadvožnjak sa četiri raspona za statički proračun.

3.2. Značajke tla i temeljenje

Pretpostavlja se da je tlo kombinacija krupnozrnatog materijala (šljunak) i sitnozrnatog materijala (ilovača). Temelji upornjaka i stupova se betoniraju na podložni beton na dubini od 1,00 m od razine tla do gornje plohe temelja. Prije izvedbe nasipa i temelja provode se geotehnička ispitivanja temeljnog tla in situ i u laboratoriju, kako bi se dokazalo da tlo može preuzeti buduća opterećenja.

Upornjak i stupovi temelje se na plitkim temeljima dubine 1,00 m ispod razine okolnog tla. Tlo pripada kategoriji „C“ te se primjenjuje široki iskop kod izrade temelja. Kako bi se osigurali uvjeti za rad, nagib pokosa 1:1 mora biti udaljen min. 0,50 m od temelja.

3.3. Donji ustroj

3.3.1. Upornjaci

AB upornjaci nadvožnjaka izvedeni su kao klasični masivni upornjaci na temeljima visine 1,00 m, a ispod temelja upornjaka je ugrađeno 0,10 m podložnog betona. Upornjak se sastoji od temelja, zida upornjaka, paralelnih krila, zidića upornjaka i prijelazne ploče. Temelji upornjaka su dimenzija 2,60 m x 10,76 m x 1,00 m. Paralelna krila upornjaka debljine 0,50 m su kruto povezana s temeljima dimenzija 1,50 m x 1,20, m x 1,00 m i zidom upornjaka. Debljina zida upornjaka je 1,00 metar, a visina 5,38 metara, dok je zidić upornjaka dimenzija 0,30 m x 8,76 m x 1,00 m.

Prijelazna ploča dimenzija 4,17 m x 8,76 m x 0,25 m i uzdužnim padom 10 % se čitavom širinom nalazi između krila upornjaka. S jedne strane je oslonjena na zidić upornjaka, dok je s druge strane ukopana u nasip, a ispod prijelazne ploče je ugrađen sloj podložnog betona debljine 0,10 m. Svi dijelovi upornjaka u dodiru s tlom se hidroizoliraju s dva vruća premaza i jednoslojnom ljepenkom. Iza upornjaka izvodi se drenaža s kamenim drenažnim „klinom“.

Na svakom upornjaku i stupištu na uzdignutim ležajnim kvadrima je oslonjeno pet elastomernih ležaja dimenzija 400 mm x 500 mm x 114 mm. Odabirom uzdignutih ležajnih kvadara osigurano je dovoljno prostora za umetanje hidrauličkih dizalica i izmjenu ležajeva. Temelji upornjaka i paralelnih krila izrađeni su od betona klase C 25/30, ostali elementi AB upornjaka su izrađeni od betona klase C 30/37, dok je podložni beton klase C12/15.

3.3.2. Nasip

Nasip se izvodi od zemljanog materija s nagibom pokosa 1:1,5, a zaštita pokosa i bankina izvodi se primjenom humusnog materijala i zatravljivanjem. Kako vremenske neprilike mogu utjecati na materijal dopremljen na gradilište, on se mora ugraditi i zbiti istog dana. Prije nasipavanja svakog novog sloja treba se provjeriti zbijenost već ugrađenog sloja te se nasipni materijal ne smije ugrađivati za vrijeme vremenskih nepogoda i niskih temperatura.

3.3.3. Stupište

Nadvožnjak sa četiri raspona ima tri stupišta. Jedno stupište sastoji se od dva stupa poprečnog presjeka 0,80 m x 1,20 m ukrućena s naglavnom gredom. Visina prvog i trećeg stupišta, gledano od kote terena je 4,69 m, a visina srednjeg stupišta je 4,75 m. Zbog jednostavnosti izvedbe stupovi se umjesto na temeljima samcima temelje na temeljnoj traki dimenzija 2,40 m x 9,16 m x 1,00 m. Sami temelji nalaze se na podložnom betonu debljine 0,10 m. Naglavne grede su dimenzija 0,8 m x 8,70 m x 1,20 m, a na krajevima imaju istaku koja služi kao zaštita protiv bočnog pomaka u slučaju potresa ili udara vozila.

Zbog atmosferskih utjecaja stupišta se zaštićuju potrebnim premazom (otpornim na atmosferske utjecaje). Potrebno je osigurati prostor koji će omogućiti pregled i zamjenu ležaja tijekom predviđenog vijeka trajanja nadvožnjaka. Stupovi i naglavne grede su izrađeni od betona klase C 30/37, temeljne trake od klase C 20/25, a podložni beton klase C 12/15. Za sve AB radove donjeg ustroja se ugrađuje čelik B500B. Razredi izloženosti konstrukcija donjeg ustroja su XC2, XC4, XD3, XF4, a debljina zaštitnog sloja armature je 6 cm.

3.4. Gornji ustroj

Glavni nosač nadvožnjaka je AB ploča koja je kontinuirano oslonjena na četiri raspona. Prvi i četvrti raspon su dužine 13,50 m dok su drugi i treći raspon dužine 15,00 m. Debljina ploče je 0,80 m, širina 8,70 m, dok sa svake strane ima konzolu dužine 1,00 m koja je promjenjive visine od 0,40 m do 0,25 m na kraju konzole. Hidroizolacija debljine 1,00 cm je izvedena preko cijelog rasponskog sklopa uključujući i konzole kako bi se spriječio prodor vode do AB konstrukcije, a samim time degradacija betona i korozija armature.

Na krajevima AB ploče treba ostaviti mjesta za ugradnju prijelazne naprave. Iznad hidroizolacije ugrađuje se površinski zaštitni sloj debljine 3,00 cm koji je izrađen od asfaltbetona AB 8, a habajući sloj je izrađen od asfaltbetona AB 11 s debljine 4,00 cm. Klasa betona glavnog nosača konstrukcije je C30/37, a razred izloženosti je XC4 i XF4. Ugrađuje se čelik vlačne čvrstoće B500B. Debljina zaštitnog sloja armature je 5,00 cm.

3.5. Oprema mosta

3.5.1. Instalacije

Zbog svoje ukupne dužine od 66,90 m instalacije se ne provode kroz hodnik, nego se ostavlja mogućnost izvedbe instalacija po policama nadvožnjaka za čiju se izvedbu predvidjelo dovoljno mjesta ispod konzole.

3.5.2. Ograda

Na nadvožnjaku je ugrađena jednostrana distantna ograda tipa JDOT/2 s razmakom stupova 2,00 m, dok je ispred i iza nadvožnjaka ugrađena ograda tipa JDOT/4 s razmakom stupova 4,00 m. Uz poslužnu stazu ugrađena je čelična ograda visine 1,20 m s vertikalnim ispunama te je zbog dodatne mjere osiguranja na nadvožnjaku ugrađena čelična mreža iznad slobodnog profila državne ceste.

3.5.3. Ležajevi

Rasponski sklop oslanja se na dva upornjaka i tri stupišta. Svaki od njih ima pet klasičnih elastomernih ležaja Tipa 2 (dimenzija 400 mm x 500 mm x 114 mm, dopuštenog pomaka $\pm 53,9$ mm). Odabirom elastomernog ležaja smanjuje se moment u stupovima, a time i utrošak armature ne samo u stupu nego i u temeljima stupova. Primjenom elastomernih ležaja omogućava se veći pomak stupova i rasponskog sklopa u odnosu na krute ili zglobne ležajeve te se zbog toga na kraju naglavne grede na rubovima nalazi istaka koja sprječava velike bočne pomake rasponskog sklopa, a koji dovode u pitanje sigurnost prometa [9].

3.5.4. Prijelazne naprave

Za prijelaznu napravu je odabran modificirani asfalt (polimerizirana bitumenska smjesa) koji omogućava srednje pomake do 50 mm u smjeru uzdužne osi. Prednosti asfaltne dilatacije je jednostavnost održavanja i ugradnje (jer nema mehaničkih dijelova), lako se ugrađuje na novim i postojećim mostovima, osigurava fleksibilnost u svim smjerovima te je dugotrajna i vodonepropusna.

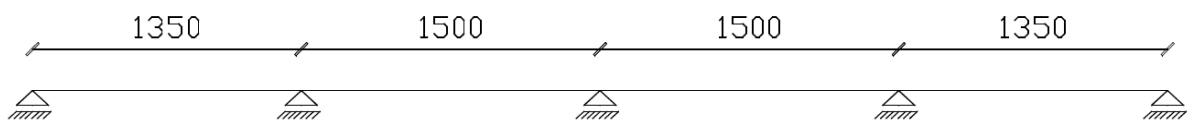
3.5.5. Odvodnja

Predmetni nadvožnjak ima zatvoreni sustav odvodnje. Uzdužnim nagibom od 3,00 % do 0,70 % na sredini nadvožnjaka i poprečnim nagibom od 2,50 % voda se usmjerava prema slivnicima dimenzija 0,50 m x 0,30 m koji se nalaze na najnižoj točki kolnika uz rubnjak. Odvodnja se obavlja slivnicima s promjerom cijevi \varnothing 200 mm, a otvorenim predgotovljenim betonskim kanalima na nasipu i odvodnim jarcima spaja se na neobloženi cestovni jarak koji je paralelan s državnom cestom.

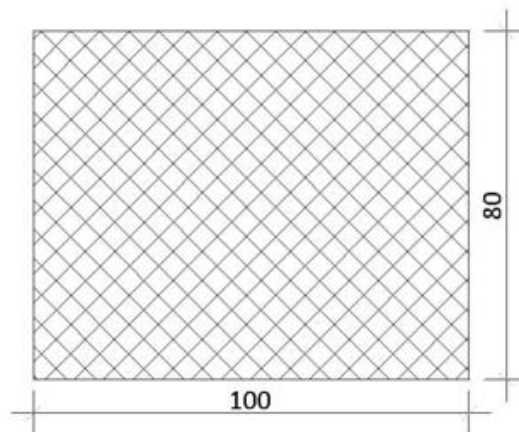
4. Statički proračun

4.1 Analiza opterećenja

Za proračun rasponskog sklopa nadvožnjaka koristi se jednostavni štapni model sa četiri raspona. Pločasti nosač za proračun je zamijenjen štapnim nosačem širine 1,00 m i debljine koja odgovara debljini ploče od 0,80 m.



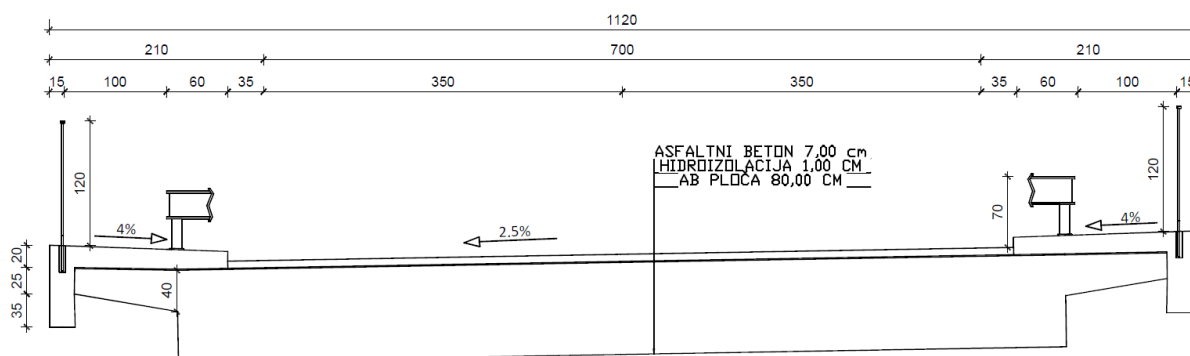
Slika 4.1 Statički sustav nadvožnjaka (Izvor: Autor)



Slika 4.2 Poprečni presjek štapnog nosača (Izvor: Autor)

Pretpostavke temeljem kojih se provodi statički proračun :

- zanemaruje se progib ploče
- gradivo je elastično i izotropno
- debljina u odnosu na dužinu ploče je zanemariva.



Slika 4.3 Poprečni presjek rasponskog sklopa (Izvor: Autor)

VLASTITA TEŽINA MOSTA

Ploča $0,80 \text{ m} \times 25,00 \text{ kN/m}^3 = 20,00 \text{ kN/m}^2$
 $8,70 \text{ m} \times 20,00 \text{ kN/m}^2 = 174,00 \text{ kN/ m}'$

Dodatno stalno opterećenje:

Kolnik

- asfalt $7,70 \text{ m} \cdot 0,07 \text{ m} \cdot 22 \text{ kN/m}^3 = 11,86 \text{ kN/m}'$
- hidroizolacija $10,70 \text{ m} \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 21 \text{ kN/m}^3 = 2,25 \text{ kN/m}'$

$\Delta g_1 = 14,11 \text{ kN/m}'$

Hodnik

- konzole $1,00 \text{ m} \cdot 0,325 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 = 16,25 \text{ kN/m}'$
- pješačka staza $1,50 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 = 15,00 \text{ kN/m}'$
- vijenac $0,80 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 = 10,00 \text{ kN/m}'$
- elastični odbojnik $0,50 \text{ kN/m}' \cdot 2 = 1,00 \text{ kN/m}'$
- ograda $0,50 \text{ kN/m}' \cdot 2 = 1,00 \text{ kN/m}'$

$\Delta g_2 = 43,25 \text{ kN/m}'$
 $\Delta g = \Delta g_1 + \Delta g_2 = 57,63 \text{ kN/m}'$

Stalno opterećenje na mostu:

$$g = \frac{20,0 \times 8,70 + 57,63}{8,70} = 26,49 \sim 26,50 \text{ kN/m}'$$

PROMETNO OPTEREĆENJE - HRN EN 1991-2

Pokretna opterećenja na nadvožnjaku su zamijenjena s tipskim opterećenjima propisanim u Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova. Opterećenja i dimenzije tipskih vozila ovise o širini prometne trake.

Širina kolnika w	Broj proračunskih voznih trakova n_1	Širina proračunskog voznog traka w_1	Širina preostale plohe
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_1$

Tablica 4.1 Broj i širina proračunskih trakova [10]

Širina kolnika: $w = 7,7 \text{ m} > 6 \text{ m}$

Broj prometnih traka: $n = \text{int}(w/3) = 2$

Širina prometnog traka: 3,50 m

Preostala širina kolnika: 0,70 m

Širina proračunskog voznog traka: $w_1 = 3,00 \text{ m}$

MODEL 1

Razmak dvostrukih osovine = 1,20 m

1. vozni trak

- koncentrirano opterećenje $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$ (po osovini)

- kontinuirano opterećenje $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$

2. vozni trak

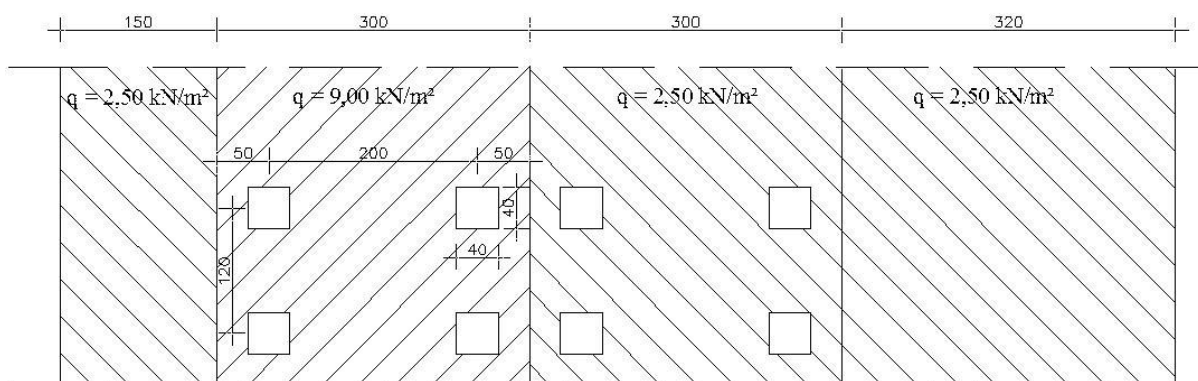
- koncentrirano opterećenje $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$ (po osovini)

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

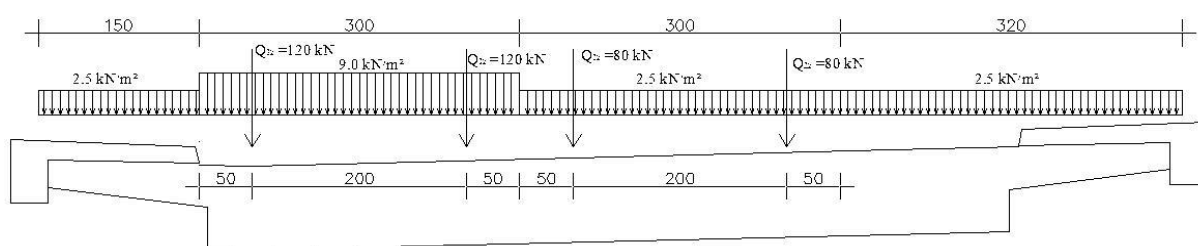
3. preostala ploha:

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

Faktor prilagodbe za koncentrirano opterećenje: $\alpha_{Qi} = 0,8$



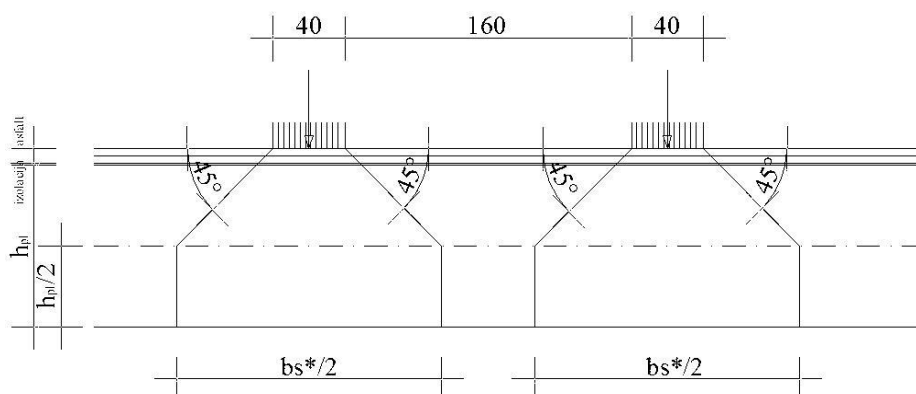
Slika 4.4 Kontinuirano prometno opterećenje + koncentrirano prometno opterećenje od vozila (Izvor: Autor)



Slika 4.5 Razdioba kontinuiranog i koncentriranog prometnog opterećenja (Izvor: Autor)

$$Q_{1k} = \alpha_{Qi} \cdot Q_{1K} = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ kN po kotaču}$$

$$Q_{2k} = \alpha_{Qi} \cdot Q_{2K} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ kN po kotaču}$$



Slika 4.6 Područje djelovanja koncentriranog promjenjivog opterećenja od vozila (Izvor: Autor)

$$\frac{b_s}{2} = 40 + 2 \cdot \left(\frac{h_{pl}}{2} + h_{asfalt} + h_{izolacija} \right) = 40 + 2 \cdot (40 + 7 + 1) = 1,36 \text{ m}$$

$$b_1 = \frac{b_s}{2} \cdot 2 = 2,72 \text{ m}$$

Zamjensko koncentrirano opterećenje kojim se zamjenjuje djelovanje kotača.

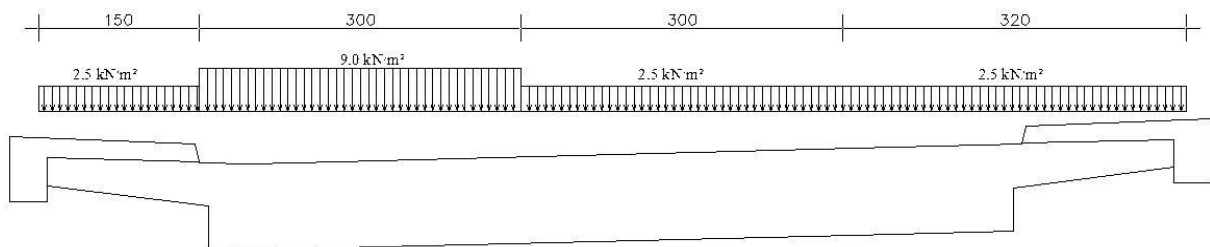
$$Q = \sum \frac{Q_{ik}}{b_s}$$

$$b_s = b_1 + 0,2 \cdot l_x = 2,72 + 0,2 \cdot 15,00 = 5,72$$

$$b_s \geq \frac{l_y}{2}$$

$$5,72 \geq \frac{8,7}{2} = 4,35 \text{ m} \rightarrow \text{mjerodavna vrijednost } b_s = 4,35 \text{ m}$$

$$Q = \frac{Q_{1k}}{b_s} + \frac{Q_{2k}}{b_s} = \frac{240}{4,35} + \frac{160}{4,35} = 91,96 \sim 92,00 \text{ kN}$$

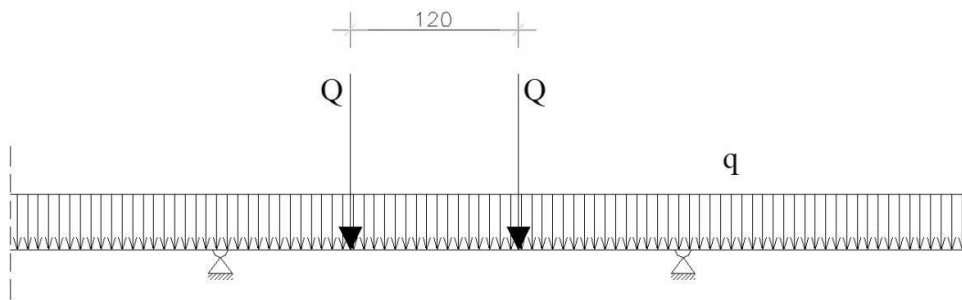


Slika 4.7 Razdioba kontinuiranog prometnog opterećenja (Izvor: Autor)

$$Q = \sum \frac{q \cdot l_i}{l_y}$$

$$q = \frac{2,5 \cdot 1,5 + 9,0 \cdot 3,0 + 2,5 \cdot 6,2}{8,70} = 5,31 \sim 5,50 \text{ kN/m'}$$

$$q = 5,50 \text{ kN/m'}$$



Slika 4.8 Ukupno opterećenje svedeno na štapni sustav (Izvor: Autor)

OPTEREĆENJA ZA STATIČKI PRORAČUN

- kontinuirano stalno opterećenje $g = 26,50 \text{ kN/m}'$
- koncentrirano pokretno opterećenje $Q = 92,00 \text{ kN}$
- kontinuirano prometno opterećenje $q = 5,50 \text{ kN/m}'$

U obzir nisu uzeta proračunska opterećenja od vjetra, promjene temperature, kočenja i ubrzavanja vozila, mogućeg diferencijalnog slijeganja i potresa.

4.2. Tower

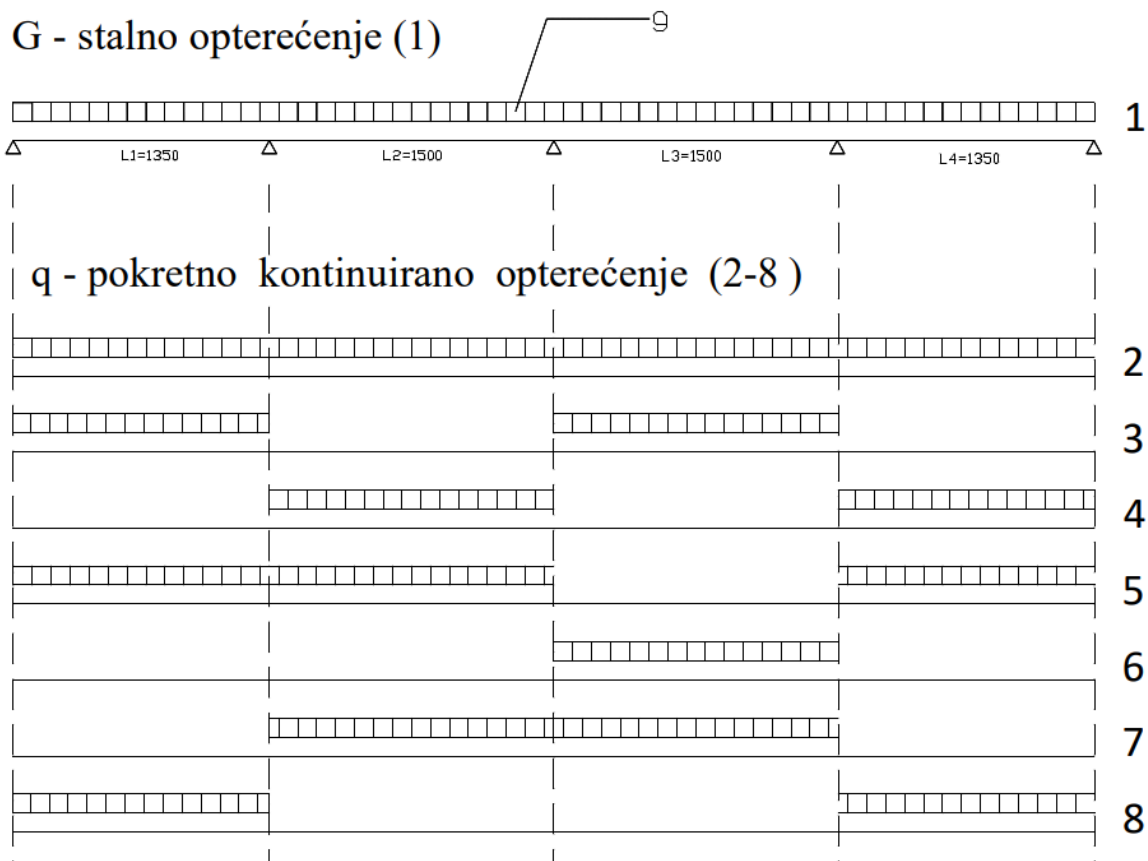
4.2.1. Ulazni podaci za proračun

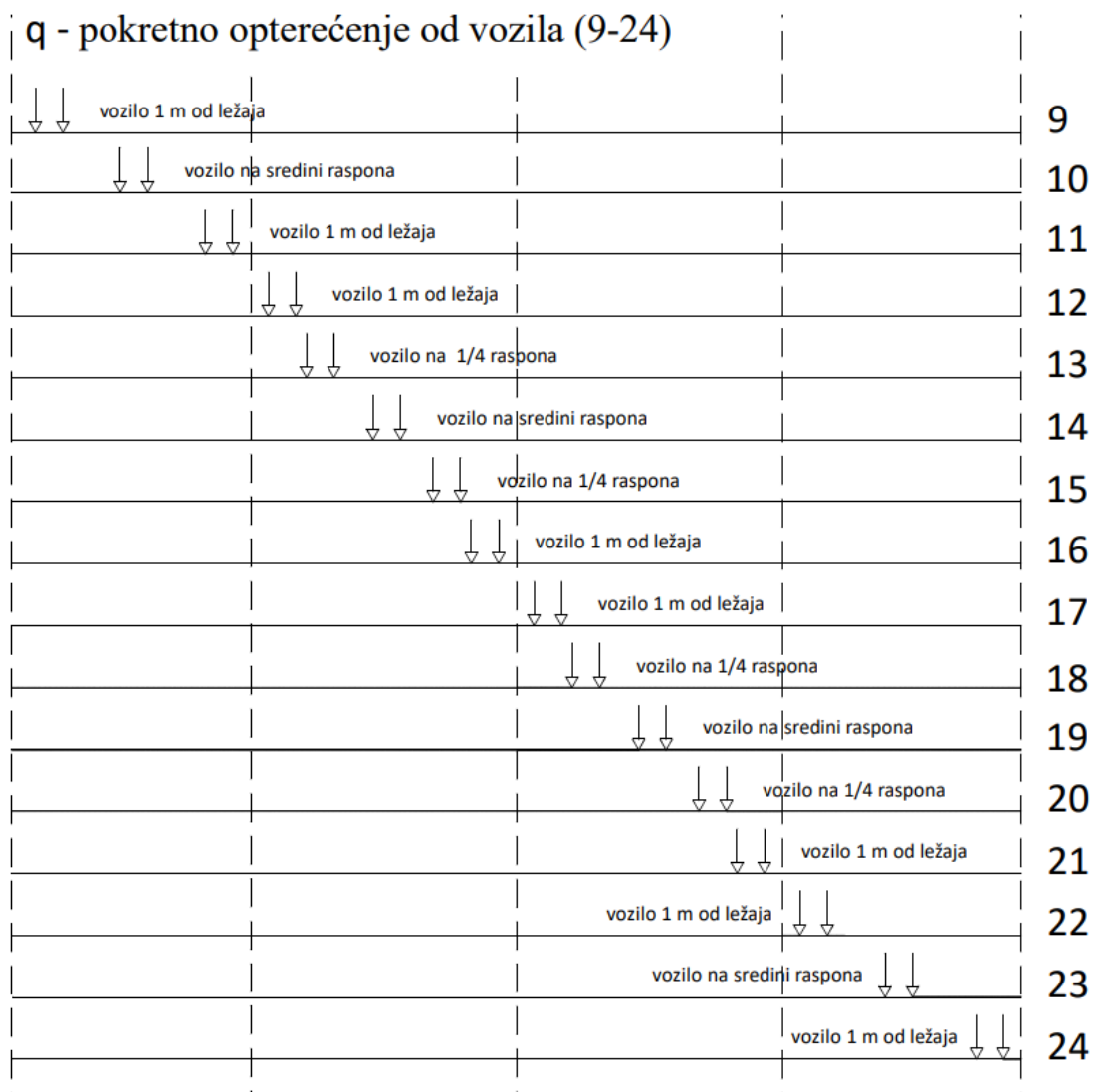
Za potrebe proračuna unutarnjih sila koristi se softver Tower. Izrađen je proračunski model nosive konstrukcije nadvožnjaka preko četiri raspona i pet oslonaca. Radi pojednostavljenja proračuna koristi se linijski model. Poprečna razdioba opterećenja se provodi uz pretpostavke da se proračun obavlja za jediničnu širinu ploče .

Pretpostavke za proračun glavnog nosača:

- statički sustav nadvožnjaka je štapni nosač
- poprečni i uzdužni nagib nosača se zanemaruje
- duljina raspona uzima se od osi do osi ležaja
- nosač je slobodno oslonjen na elastomerne ležajeve, uzdužni pomaci nosača su omogućeni prijelaznima napravama, a veći bočni pomaci nosača spriječeni su istakama na upornjaku i stupištu.

U nastavku su prikazani mogući slučajevi opterećenja nadvožnjaka sa četiri rasponska sklopa, koji se koriste za proračun unutarnjih sila:





Slika 4.9 Slučajevi stalnog, pokretno kontinuiranog i koncentriranog opterećenja (Izvor: Autor)

Ulazni podaci – glavni nosač

- stalno opterećenje $g = 26,50 \text{ kN/m'}$
- pokretno kontinuirano opterećenje $q = 5,50 \text{ kN/m'}$
- pokretno koncentrirano opterećenje od vozila $Q = 92,00 \text{ kN}$

Tabela materijala

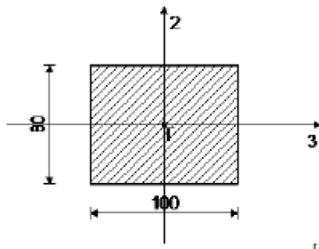
No	Naziv materijala	E[kN/m ²]	μ	γ [kN/m ³]	α [1/C]	E_m [kN/m ²]	μ_m
1	C 30/37	3.300e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.300e+7	0.20

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

[cm]



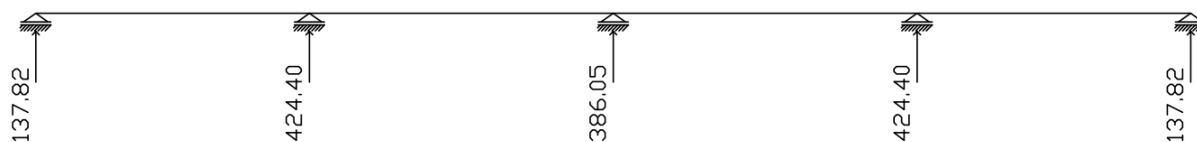
Slika 4.10 Ulazni podaci za linijski nosač (izvor: Autor)

4.2.2. Dijagrami unutarnjih sila

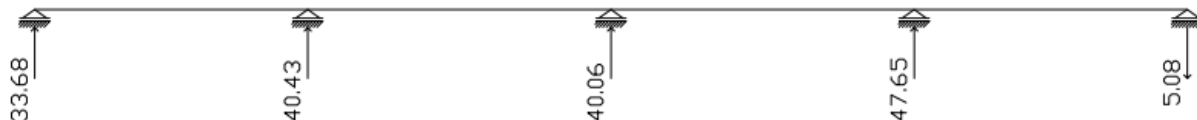
Za dimenzioniranje prikazani su samo grafikoni s kombinacijama opterećenja u kojima su najveće sile i momenti.

DIJAGRAMI REAKCIJA

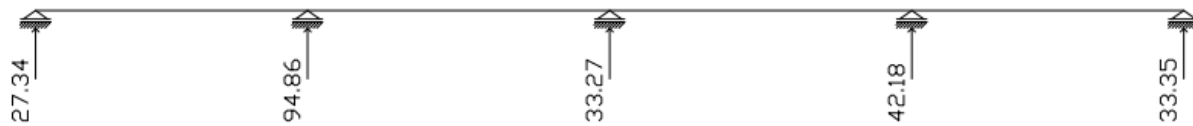
Vlastito + dodatno stalno opterećenje (kombinacija 1)



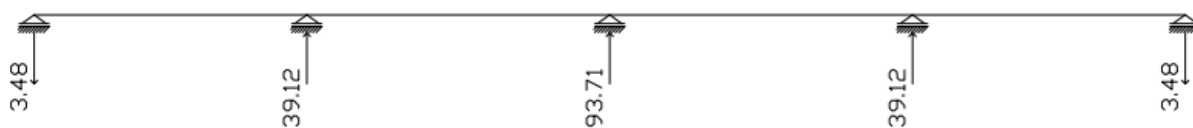
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 3)



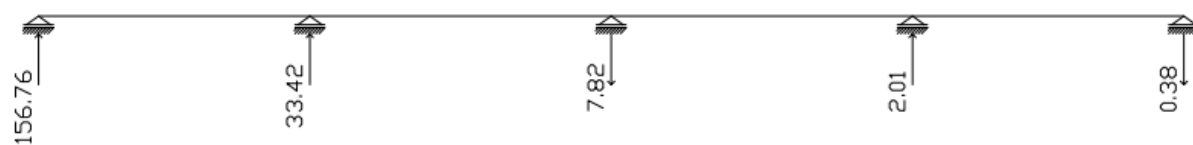
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 5)



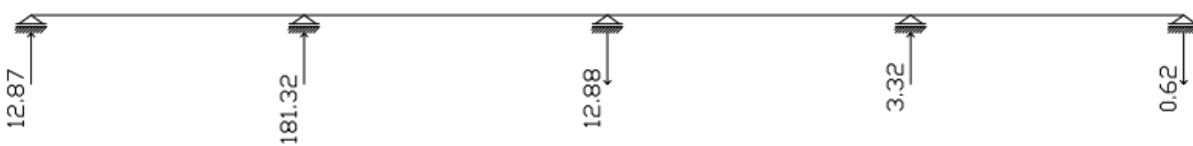
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 7)



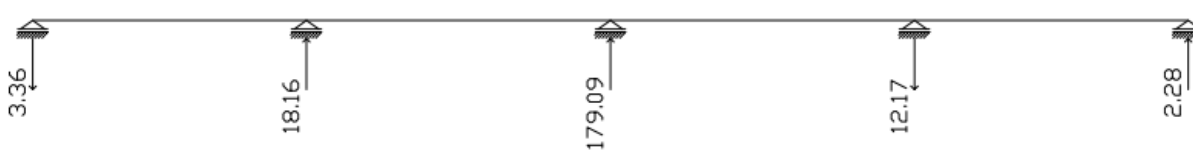
Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 9)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 11)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 16)

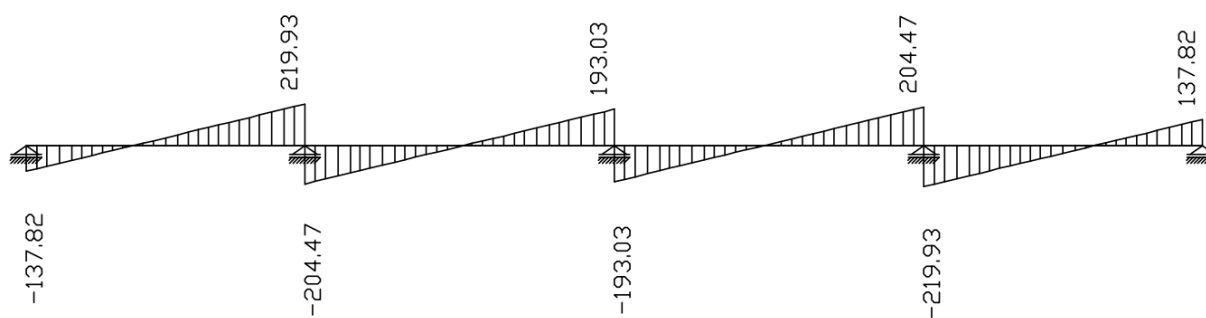


MJERODAVNE SILE ZA PRORAČUN		REAKCIJE NA LEŽAJEVIMA (kN)				
		U1	T2	T3	T4	U5
OPTEREĆENJE						
stalno	/	137,82	424,40	386,05	424,40	137,82
pokretno kontinuirano	min	-5,08	-6,78	-13,58	-6,78	-5,08
	max	33,68	94,86	93,71	94,86	33,68
pokretne koncentrirane sile	min	-15,78	-22,53	-25,05	-22,53	-15,78
	max	156,76	181,32	179,09	181,32	156,76

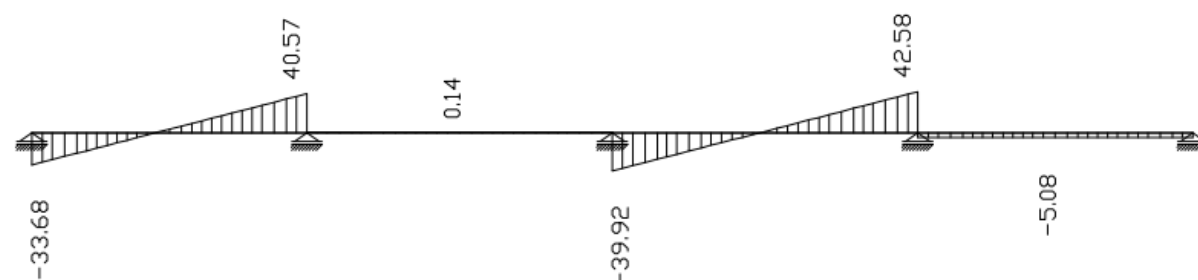
Tablica 4.2 Reakcije na ležajevima (Izvor: Autor)

DIJAGRAMI POPREČNIH SILA

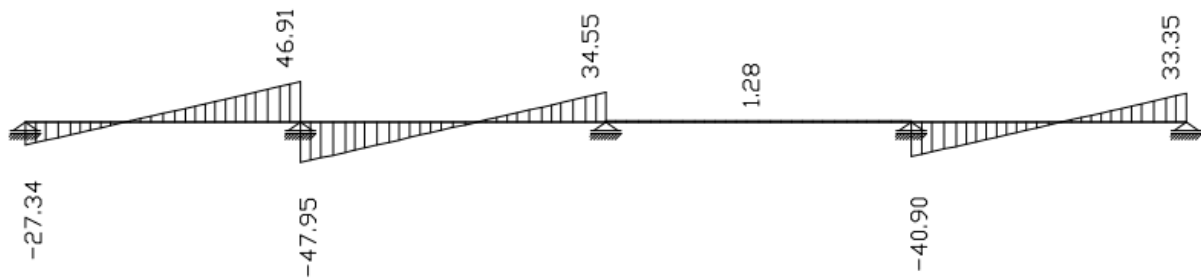
Vlastito + dodatno stalno opterećenje (kombinacija 1)



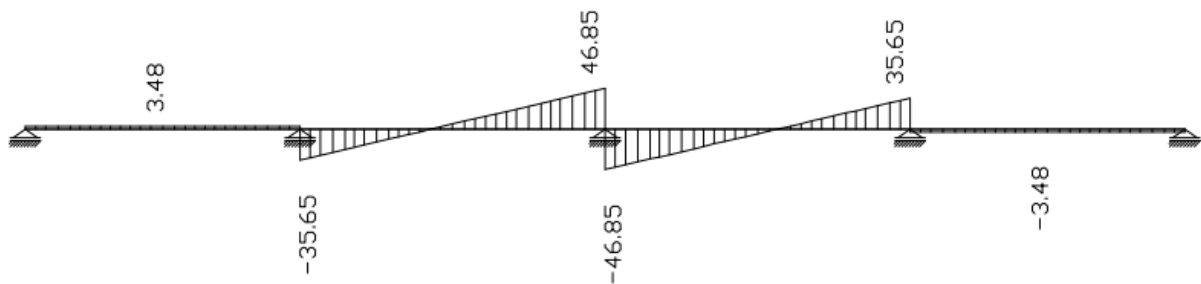
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 3)



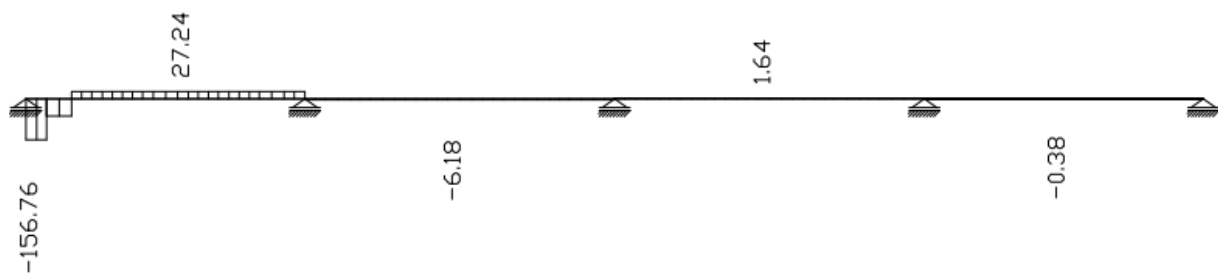
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 5)



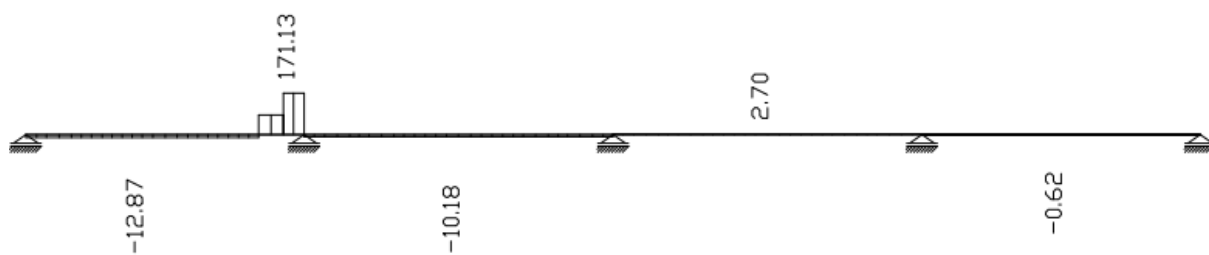
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 7)



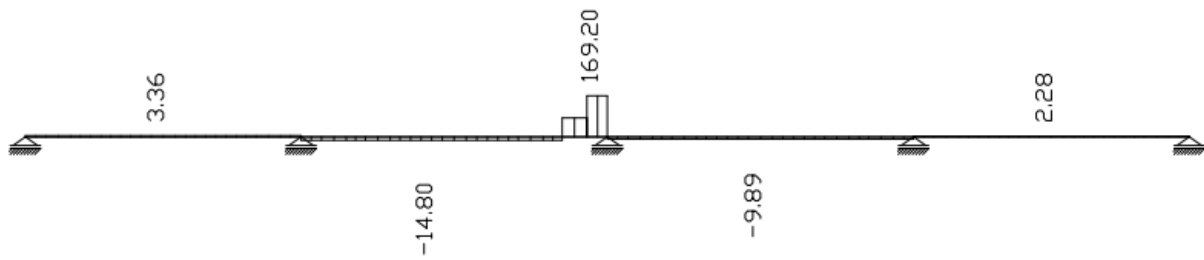
Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 9)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 11)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 16)

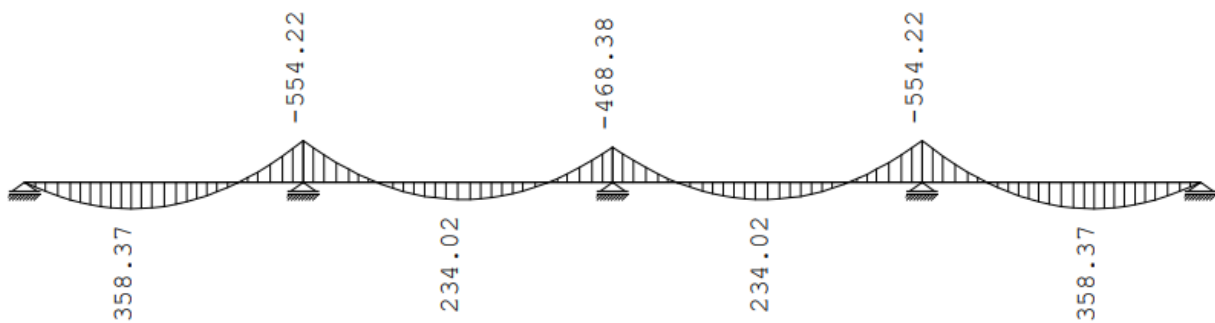


MJERODAVNE SILE ZA PRORAČUN		POPREČNE SILE (kN)							
		U1	T2l	T2d	T3l	T3d	T4l	T4d	U5
OPTEREĆENJE									
stalno	/	-137,82	219,93	-204,47	193,03	-193,03	204,47	-219,93	137,82
pokretno kontinuirano	min	5,08	47,95	5,51	46,85	6,79	47,95	1,27	33,68
	max	-33,68	-1,27	-47,95	-6,79	-46,85	-5,51	-47,95	-5,08
pokretne koncentrirane sile	min	15,78	171,13	18,31	169,20	19,80	168,96	4,22	156,76
	max	-156,76	-4,22	-168,96	-19,80	-169,20	-18,31	-171,13	-15,78

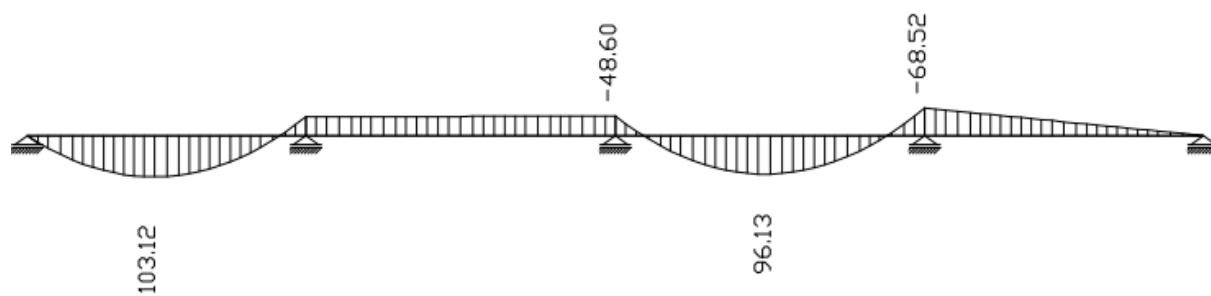
Tablica 4.3 Poprečne sile (Izvor: Autor)

MOMENTNI DIJAGRAMI

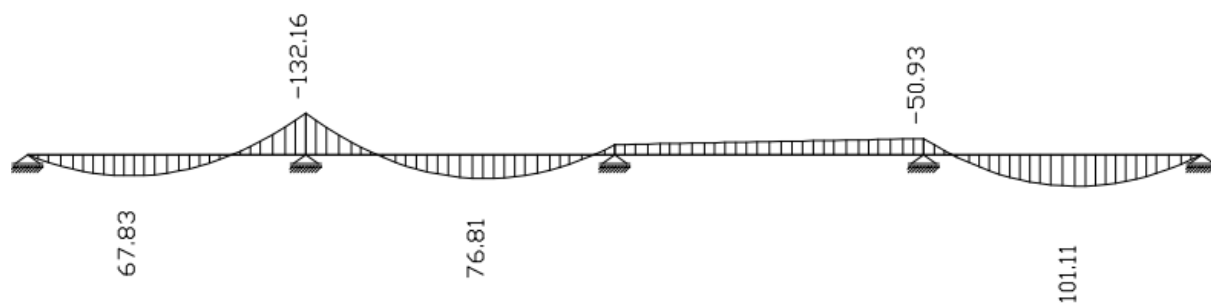
Vlastito + dodatno stalno opterećenje (kombinacija 1)



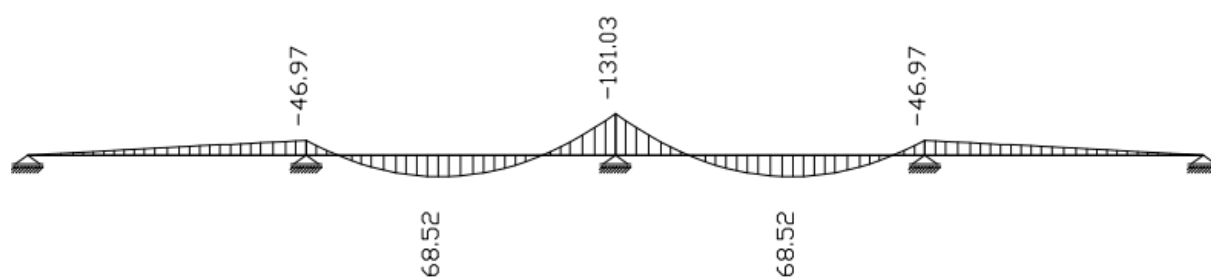
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 3)



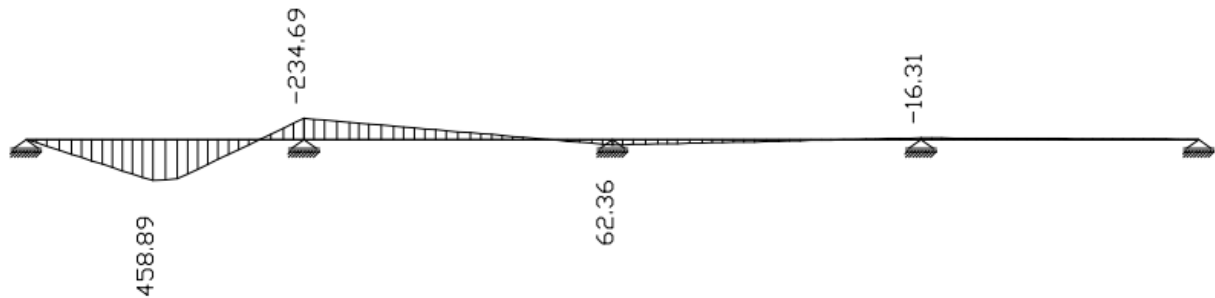
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 5)



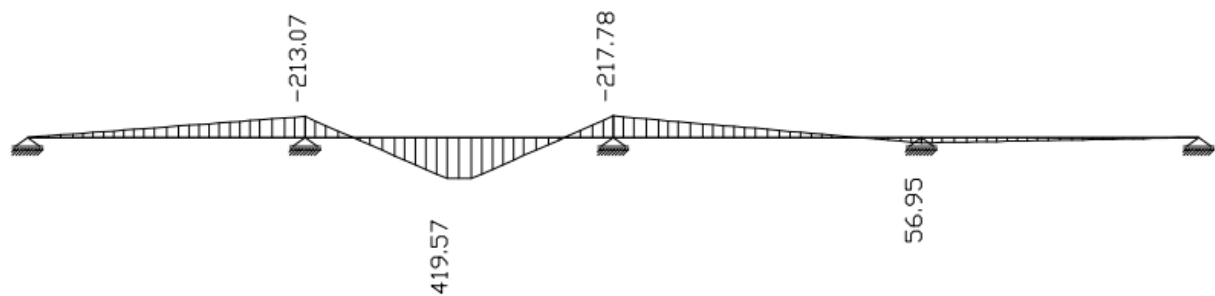
Pokretno kontinuirano opterećenje (kombinacija 7)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 10)



Pokretno koncentrirano opterećenje od vozila (kombinacija 14)



MJERODAVNE SILE ZA PRORAČUN		MOMENTI U POLJU (kNm)				MOMENTI NA LEŽAJU (kNm)		
		M1	M2	M3	M4	MT2	MT3	MT3
OPTEREĆENJE								
stalno	/	358,37	234,02	234,02	358,37	-554,22	-468,38	-554,22
kontinuirano pokretno	min	/	/	/	/	-132,16	-131,03	-132,16
	max	103,12	96,13	96,13	103,12	17,13	33,82	17,13
pokretne koncentrirane sile	min	/	/	/	/	-234,69	-217,78	-234,69
	max	458,89	419,57	419,57	458,89	56,95	62,36	56,95

Tablica 4.4 Momenti polja i ležajeva (Izvor: Autor)

4.3. Dimenzioniranje

4.3.1. Proračun armature prvog i četvrtog polja

Računske unutarnje sile

Stalno djelovanje $\cdot 1,35$ + promjenjivo djelovanje $\cdot 1,5$

$$M_{sd} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 358,37 + 1,5 \cdot (103,12 + 458,89) = 1326,82 \text{ kNm}$$

$$V_{sdU1} = 1,35 \cdot V_g + 1,5 \cdot (V_q + V_Q) = 1,35 \cdot 137,82 + 1,5 \cdot (33,68 + 156,76) = 471,72 \text{ kN}$$

$$V_{sdR2l} = 1,35 \cdot V_g + 1,5 \cdot (V_q + V_Q) = 1,35 \cdot 219,93 + 1,5 \cdot (47,95 + 171,13) = 625,53 \text{ kN}$$

Materijal

Beton: C 30/37 ($f_{ck}/f_{ck,cube}$)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

Čelik: B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje

Statička visina nosača:

$$d = h - c - \phi_{vilice} - \frac{\phi_{arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - \frac{2,8}{2} = 72,2 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{132682}{100 \cdot 72,2^2 \cdot 2,0} = 0,127$$

Odabrano: $\mu_{sd} = 0,130$

Očitano iz tablice: $\zeta = 0,914$

$$\xi = 0,206$$

Potrebna površina armature:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{132682}{0,914 \cdot 72,2 \cdot 43,48} = 46,24 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = 0,022 \cdot \frac{f_{ck,cube}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,022 \cdot \frac{37}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 13,52 \text{ cm}^2 \quad (1) \text{ – mjerodavno}$$

$$A_{s,\min} = 0,0015 \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 72,2 = 10,83 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,\min} = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 105,86 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: $8 \phi 28$ ($49,28 \text{ cm}^2$) po m¹

Odabrana armatura zadovoljava:

$$A_{s,\min} < A_{s1} < A_{s,\max}$$

$$13,52 \text{ cm}^2 < 49,28 \text{ cm}^2 < 105,86 \text{ cm}^2$$

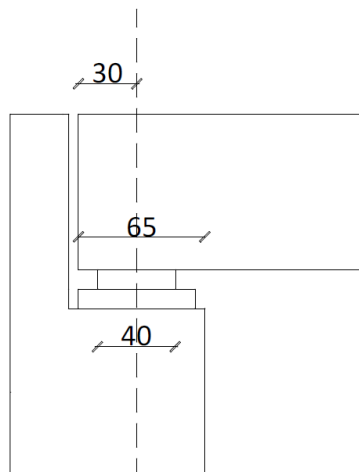
Provjera nosivosti na poprečne sile

$$V_{sdTz1} = 625,53 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile zbog utjecaja ležaja:

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

Detalji oslonca U₁;



$$\left(\frac{b_{sup}}{2} + d \right) = \frac{0,4}{2} + 0,720 = 0,92 \text{ m}$$

$$\Delta V_{sd} = (1,35 \cdot 26,50 + 1,5 \cdot 5,50) \cdot 0,92 = 40,64 \text{ kN}$$

$$V'_{sd} = V_{sd} - \Delta V_{sd} = 625,53 - 40,64 = 584,89 \text{ kN}$$

Nosivost na poprečne sile bez poprečne armature:

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

$$\tau_{Rd} = 0,034 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{- osnovna računrska čvrstoća}$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - 0,723 = 0,87 < 1,0 \quad \text{(nosivost na posmik)}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,2$$

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

$$A_{s1} = \frac{49,28}{2} = 24,65 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{- nema uzdužnih sila}$$

$$b_w \text{ - širina presjeka} = 100 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{24,65}{100 \cdot 72,0} = 0,0034 \leq 0,2$$

$$V_{Rd1} = [0,034 \cdot 1,0 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,0034) + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 100 \cdot 72,2 = 327,28 \text{ kN}$$

$$V_{Sd}' \geq V_{Rd1} \quad \text{- potreban je proračun poprečne armature}$$

Proračun poprečne armature:

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

V_{wd} – poprečna sila koju preuzimaju vertikalne sponne

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd,w}$$

A_{sw} – površina presjeka poprečne armature

Pretpostavka - 4 rezne vilice, $\phi 14$ m, reznost $m = 4$

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

s_w – razmak vilica 25 cm

f_{ywd} – granica popuštanja poprečne armature

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

$$V_{wd} = \frac{6,16}{25} \cdot 0,9 \cdot 72,2 \cdot 43,48 = 694,23 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} = 1021,51 \text{ kN} > V_{Sd}' = 584,89 \text{ kN}$$

Zadovoljavaju vilice $\phi 14$ mm na međusobnom razmaku od 25 cm.

Maksimalni razmak vilica:

1. uvjet:

$$A_{sw,min} = \rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w$$

$\rho_{w,min}$ – minimalni koeficijent armiranja poprečne armature ovisno o kakvoći betona i čelika

$\rho_{w,min} = 0,0011$ – koeficijent armiranja za beton klase C30/37 i čelika B500B

$$s_{w,max} = \frac{A_{sw,min}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{6,16}{0,0011 \cdot 100} = 56,00 \text{ cm}$$

2. uvjet:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z, \text{ gdje je:}$$

v - koeficijent redukcije tlačne čvrstoće betonskih tlačnih štapova

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0,55$$

b_w – najmanja širina presjeka u vlačnoj zoni, 100 cm

$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 72,2 = 64,98 \text{ cm}$ – krak unutarnjih sila

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot 0,55 \cdot 2,0 \cdot 100 \cdot 64,98 = 3578,85 \text{ kN},$$

$$\text{- ako je: } V'_{Sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \Rightarrow 584,89 < 715,75 \text{ kN}$$

$$s_{w,max} = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 72,2 = 57,84 \text{ cm}$$

Najveći dopušteni razmak odabranih vilica $\phi 14$, $m = 4$: $s_{w,max} = 50 \text{ cm}$

Razmak vilica se u uzdužnom smjeru povećava sa 25 cm na ležaju na 40 cm kada poprečne sile budu manje od $V_{Rd1} = 327,28 \text{ kN}$

Rekapitulacija armature:

Vlačna zona - donja

Glavna uzdužna armatura sredine ploče (5,40 m) odabrano: **8 ϕ 28/m'** (49,28 cm² po m širine).

Razdjelna armatura (u y smjeru), odabrano: **7 ϕ 14/m'** (10,78 cm²/m').

$$A_{raz} = A_s \cdot 0,2 = 9,86 \text{ cm}^2$$

Rub ploče je više opterećen te se obostrano gledano od ruba ploče na širini od 1,75 m (20% širine ploče) pojačava glavna uzdužna armature za 15 %.

Glavna uzdužna armatura uz rub ploče odabrano: **10 ϕ 28/m'** (61,60 cm²/ po m širine).

Ukupna duljina rasponskog sklopa: 13,5 m + 0,3 = 13,80 m.

Duljina uzdužne armature do osi ležaja: 13,80 m – 0,05 = 13,75m.

Predviđeno je nastavljanje armature preklapanjem.

Proračun dužine preklopa armature:

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{ab}}$$

l_b – duljina sidrenja

Profil ϕ 28 mm

f_{ab} – računska čvrstoća prionjivosti za C 30/37 = 0,3 kN/cm²

f_{yd} = 43,58 kN/cm² za B500B

$$l_b = \frac{2,8 \cdot 43,48}{4,0 \cdot 0,3} = 101,45 \text{ cm}$$

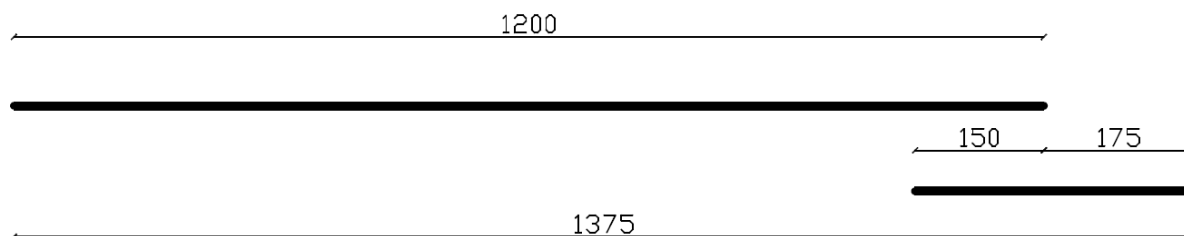
$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_s – dužina sidrenja

α_1 - koeficijent preklopa = 1,4

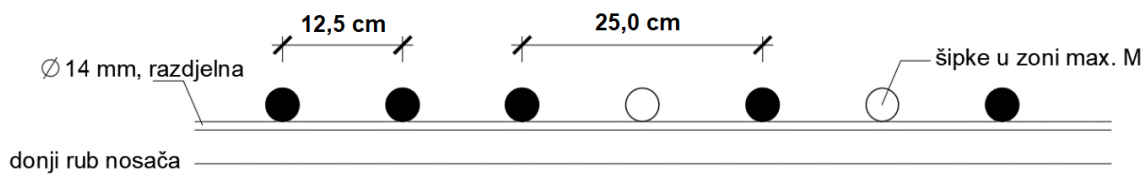
$$l_s = 101,45 \cdot 1,4 = 142,03 \text{ cm} \sim 150 \text{ cm}$$

Dužina preklopa armature ϕ 28 je 1,50 m. Preklapanje armature se ne izvodi u zoni najvećih momenata. Odabrana je šipka dužine 12,00 m



Glavna armatura donje zone sastoji se od šipki duljine 12,00 m i 3,25 m, nastavljanje se provodi naizmjenice – na oba kraja mosta.

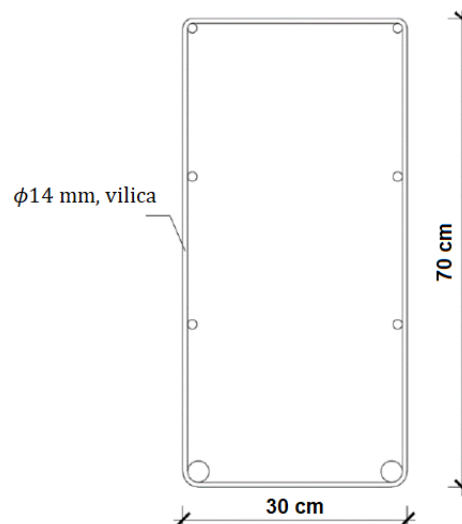
Glavna armatura smanjuje se u području minimalnih momenata (blizu ležajeva).



50 % glavne armature u donjoj zoni dolazi do kraja nosača i preklapa se, a 50 % armature dužine 12,00 m u središnjoj zoni ploče ne dolazi do kraja nosača.

Vilice : $\phi 14$,

Dimenziju vilica diktira raspored glavne armature $\phi 28$ na 25 cm.



Zbog stabilnosti koša armature kod betoniranja se ugrađuju minimalno 4 vilice po m^2 površine. U poprečnom smislu na svim dijelovima dolazi minimalno 2 komada vilica na 1,00 m širine. Rub sa svake strane ploče se u uzdužnom smislu ojačava s vilicama na razmaku 20 cm po cijeloj dužini nosača.

U središnjoj zoni ploče uz ležaje je uzdužni razmak vilica na 25 cm, a 3,00 m od osi ležaja u središnjoj zoni ploče je uzdužni razmak vilica na 40 cm.

Gornja zona

Tlačna, konstruktivna armatura – odabrano $\phi 14$.

Najveći razmak šipka armature u gornjoj zoni za mostove je poprečno i uzdužno 20 cm .

Razmak uzdužne armature $\phi 14$ u konkretnom slučaju je 12,5 cm zbog rasporeda donje armature.

Razmak razdjelne poprečne armature $\phi 14$ je 20 cm.

Konstruktivna armatura $\phi 12$ sa preklapom 50 cm se ugrađuje na 34 cm visine vilica.

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

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{db}}$$

l_b – duljina sidrenja

Profil $\phi 14$ mm

f_{db} – računski čvrstoća prionjivosti za C 30/37 = 0,3 kN/cm²

f_{yd} = 43,58 kN/cm² za B500B

$$l_b = \frac{1,4 \cdot 43,48}{4,0 \cdot 0,3} = 51,07 \text{ cm}$$

$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_s – dužina preklopa

α_1 - koeficijent preklopa = 1,0

$$l_s = 51,07 \cdot 1,0 = 51,07 \text{ cm}$$

Dužina preklopa za $\phi 14$ mm je odabrana min 55 cm.

4.3.2. Proračun armature drugog i trećeg polja

Računske unutarnje sile

Stalno djelovanje · 1,35 + promjenjivo djelovanje · 1,5

$$M_{sd} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 234,02 + 1,5 \cdot (96,13 + 419,57) = 1089,48 \text{ kNm}$$

$$V_{sdR2d} = 1,35 \cdot V_g + 1,5 \cdot (V_q + V_Q) = 1,35 \cdot 204,47 + 1,5 \cdot (47,95 + 168,96) = 601,40 \text{ kN}$$

$$V_{sdR3l} = 1,35 \cdot V_g + 1,5 \cdot (V_q + V_Q) = 1,35 \cdot 193,03 + 1,5 \cdot (46,85 + 169,20) = 584,59 \text{ kN}$$

Materijal:

Beton: C 30/37 ($f_{ck}/f_{ck,cube}$)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

Čelik: B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje

Statička visina nosača:

$$d = h - c - \phi_{vilice} - \frac{\phi_{arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - \frac{2,8}{2} = 72,2 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{108948}{100 \cdot 72,2^2 \cdot 2,0} = 0,209$$

Odabrano $\mu_{sd} = 0,214$

Očitano iz tablice: $\zeta = 0,847$

$$\xi = 0,368$$

Potrebna površina armature u polju:

$$A_s = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{108948}{0,847 \cdot 72,2 \cdot 43,48} = 40,97 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,022 \cdot \frac{f_{ck,kocke}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,022 \cdot \frac{37}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 13,52 \text{ cm}^2 \quad (1) - \text{mjerodavno}$$

$$A_{s,\min} = 0,0015 \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 72,2 = 10,83 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,\max} = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 105,86 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 8 ϕ 28 (49,28 cm²) po m¹ zbog preklopa sa armaturom iz 1. i 4. polja.

Odabrana armatura zadovoljava:

$$A_{s,\min} < A_{s1} < A_{s,\max}$$

$$13,52 \text{ cm}^2 < 49,28 \text{ cm}^2 < 105,86 \text{ cm}^2$$

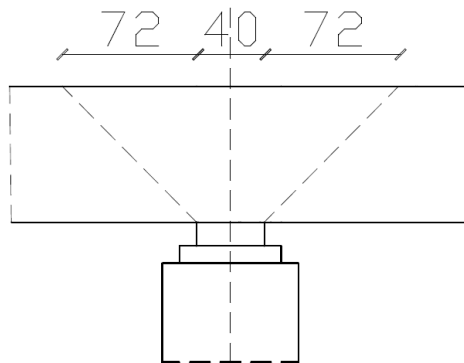
Provjera nosivosti na poprečne sile:

$$V_{SdR2d} = 601,40 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile zbog utjecaja ležaja:

$$\Delta V_{Sd} = (1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q) \cdot (d + b_{sup} + d)$$

Detalji ležaja T₂:



$$(d + b_{sup} + d) = 0,72 + 0,4 + 0,72 = 1,84 \text{ m}$$

$$\Delta V_{Sd} = (1,35 \cdot 26,50 + 1,5 \cdot 5,50) \cdot 1,84 = 79,76 \text{ kN}$$

$$V'_{Sd} = V_{Sd} - \Delta V_{Sd} = 1239,76 - 79,76 = 521,64 \text{ kN}$$

Nosivost na poprečne sile bez poprečne armature:

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

$$\tau_{Rd} = 0,034 \text{ kN/cm}^2 - \text{osnovna računska čvrstoća}$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - 0,72 = 0,87 < 1,0 \text{ (nosivost na posmik)}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,2$$

$$A_{s1} = 49,28 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ kN/cm}^2 - \text{nema uzdužnih sila}$$

$$b_w - \text{širina presjeka} = 100 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{49,28}{100 \cdot 72,0} = 0,0068 \leq 0,2$$

$$V_{Rd1} = [0,034 \cdot 1,0 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,0068) + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 100 \cdot 72,2 = 361,78 \text{ kN}$$

$$V_{Sd}' \geq V_{Rd1} - \text{potreban je proračun poprečne armature}$$

Proračun poprečne armature:

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

V_{wd} – poprečna sila koju preuzimaju vertikalne sponne

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd,w}$$

A_{sw} – površina presjeka poprečne armature

Pretpostavka - 4 rezne vilice, $\phi 14$ m, reznost $m = 4$

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

s_w – razmak vilica 25 cm

f_{ywd} – granica popuštanja poprečne armature

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

$$V_{wd} = \frac{6,16}{25} \cdot 0,9 \cdot 72,2 \cdot 43,48 = 867,44 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} = 1237,58 \text{ kN} > V_{Sd}' = 696,16 \text{ kN}$$

Zadovoljavaju dvije vilice $\phi 14$ mm u presjeku širine 1 m na međusobnom razmaku od 25 cm.

Maksimalni razmak vilica:

1. uvjet:

$$A_{sw,min} = \rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w,$$

$\rho_{w,min}$ – minimalni koeficijent armiranja poprečne armature ovisno o kakvoći betona i čelika

$\rho_{w,min} = 0,0011$ – koeficijent armiranja za beton klase C30/37 i čelika B500B

$$s_{w,max} = \frac{A_{sw,min}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{6,16}{0,0011 \cdot 100} = 56,00 \text{ cm}$$

2. uvjet:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z, \text{ gdje je:}$$

v - koeficijent redukcije tlačne čvrstoće betonskih tlačnih štapova

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0,55$$

b_w – najmanja širina presjeka u vlačnoj zoni, 100 cm

$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 72,2 = 64,98 \text{ cm}$ – krak unutarnjih sila

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{30}{1,5} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot 0,55 \cdot 2,0 \cdot 100 \cdot 64,98 = 3578,85 \text{ kN}$$

$$\text{- ako je: } V'_{sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \Rightarrow 521,64 \text{ kN} < 715,75 \text{ kN}$$

$$s_{w,max} = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 72,2 = 57,84 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih vilica $\phi 14$, $m = 4$: $s_{w,max} = 50 \text{ cm}$

Razmak vilica u uzdužnom smjeru se povećava sa 25 cm na ležaju na 40 cm kada poprečne sile budu manje od $V_{Rd1} = 361,78 \text{ kN}$

Rekapitulacija armature:

Vlačna zona - donja

Glavna uzdužna armatura u sredini ploče (5,40 m) odabrano: **8 ϕ 28/m'** (49,28 cm²/po m širine).

Razdjelna armatura (u y smjeru), odabrano: **7 ϕ 14/m'** (10,78 cm²/m').

$$A_{raz} = A_s \cdot 0,2 = 9,86 \text{ cm}^2$$

Rub ploče je više opterećen te se obostrano gledano od ruba ploče na širini od 1,75 m (20 % širine ploče) pojačava glavna uzdužna armature za 15 %.

Glavna uzdužna armatura uz rub ploče odabrano: **10 ϕ 28/m'** (61,60 cm²/ po m širine).

Ukupna duljina rasponskog sklopa se uzima od osi do osi ležaja: 15,00 m.

Predviđeno je nastavljanje armature preklapanjem.

Proračun dužine preklopa armature:

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{db}}$$

l_b – duljina sidrenja

Profil $\phi 28$ mm

f_{db} – računski čvrstoća prionjivosti za C 30/37 = 0,3 kN/cm²

$f_{yd} = 43,58$ kN/cm² za B500B

$$l_b = \frac{2,8 \cdot 43,48}{4,0 \cdot 0,3} = 101,45 \text{ cm}$$

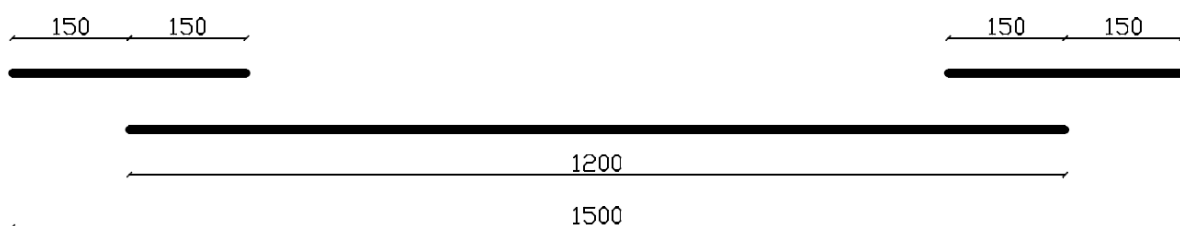
$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_s – dužina sidrenja

α_1 - koeficijent preklopa = 1,4

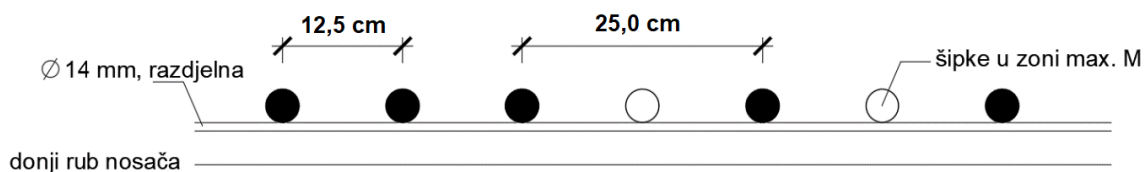
$$l_s = 101,45 \cdot 1,4 = 142,03 \text{ cm} \sim 150 \text{ cm}$$

Dužina preklopa armature $\phi 28$ je 1,5 m. Preklapanje armature se ne izvodi u zoni najvećih momenata. Odabrana je šipka dužine 12,00 m.



Glavna armatura donje zone sastoji se od šipke dužine 12,00 m i od dvije šipke dužine 3,00 m.

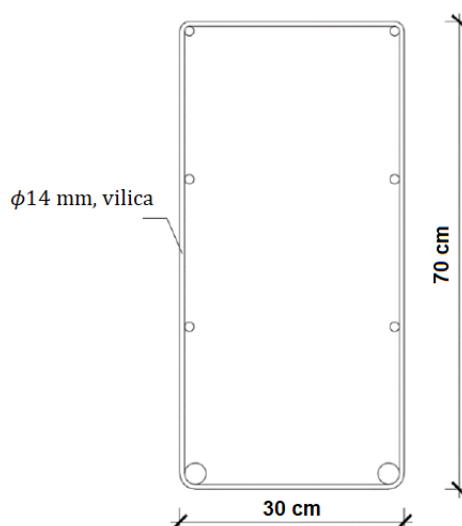
Glavna armatura se smanjuje u području minimalnih momenata (blizu ležajeva).



50 % glavne armature u donjoj zoni dolazi do kraja nosača i preklapa se, a 50 % armature dužine 12,00 m u središnjoj zoni ploče ne dolazi do kraja nosača.

Vilice : $\phi 14$,

Dimenziju vilica diktira raspored glavne armature $\phi 28$ na 25 cm.



Zbog stabilnosti koša armature kod betoniranja se ugrađuju minimalno 4 vilice po m^2 površine.

U poprečnom smislu na svim dijelovima dolazi min. 2 komada vilica na 1 m širine.

Rub sa svake strane ploče se u uzdužnom smislu ojačava sa vilicama na razmaku 20 cm po cijeloj dužini nosača.

U središnjoj zoni ploče uz ležaje je uzdužni razmak vilica na 25 cm, a 3,00 m od osi ležaja u središnjoj zoni ploče je uzdužni razmak vilica na 40 cm.

Gornja zona

Tlačna, konstruktivna armatura – odabrano $\phi 14$.

Najveći razmak šipka armature u gornjoj zoni za mostove je poprečno i uzdužno 20 cm .

Razmak uzdužne armature $\phi 14$ u konkretnom slučaju je 12,5 cm zbog rasporeda donje armature.

Razdjelna poprečna armatura $\phi 14$ je na razmaku 20 cm.

Konstruktivna armatura $\phi 12$ sa preklomom 50 cm se ugrađuje na 34 cm visine vilica.

Poprečna armatura se u rubnim dijelovima gornje zone proglašuje zbog armiranja konzole mosta.

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{db}}$$

l_b – duljina sidrenja

Profil $\phi 14$ mm

f_{db} – računski čvrstoća prionjivosti za C 30/37 = 0,3 kN/cm²

f_{yd} = 43,58 kN/cm² za B500B

$$l_b = \frac{1,4 \cdot 43,48}{4,0 \cdot 0,3} = 51,07 \text{ cm}$$

$$l_s = l_b \cdot \alpha_1$$

l_s – dužina preklopa

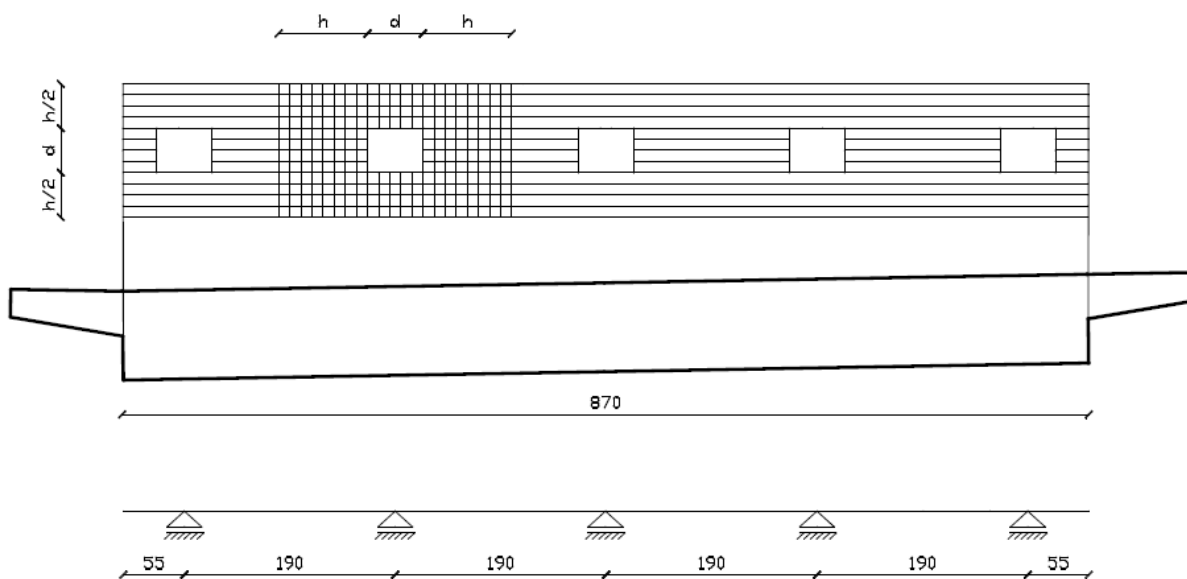
α_1 - koeficijent preklopa = 1,0

$$l_s = 51,07 \cdot 1,0 = 51,07 \text{ cm}$$

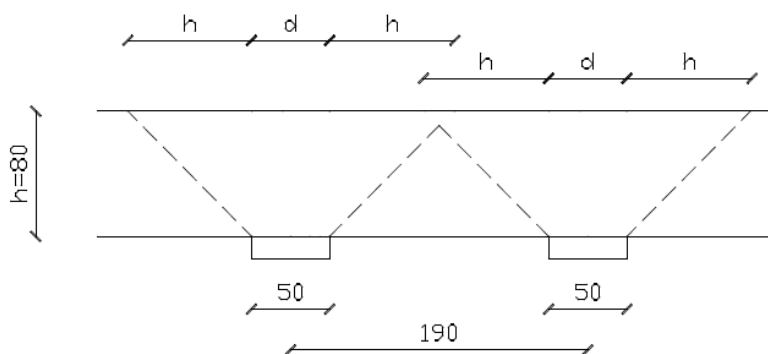
Dužina preklopa za $\phi 14$ mm je odabrana min 55 cm.

4.3.3. Proračun skrivene grede

Skrivena greda se oslanja na pet elastomernih ležaja s osnim razmakom 1,90 m. Zbog preklapanja područja djelovanja susjednih ležajeva (slika 4.12) ne provodi se proračun skrivene grede, dovoljan je proračun razdjelne armature u gornjoj vlačnoj zoni iznad ležajeva $7 \phi 14$ ($10,78 \text{ cm}^2$ po metru širine skrivene grede). Područje razdjelne armature na ležajevima je sudjelujuća širina $b_{\text{eff}} = h/2 + b_{\text{lež}} + h/2 = 1,20 \text{ m}$.



Slika 4.11 Model skrivene grede (Izvor: Autor)



Slika 4.12 Ležajevi skrivene grede (Izvor: Autor)

4.3.4. Proračun armature drugog i četvrtog ležaja

Računske unutarnje sile ležaja

Stalno djelovanje $\cdot 1,35$ + promjenjivo djelovanje $\cdot 1,5$

$$M_{sdT2} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 554,22 + 1,5 \cdot (132,16 + 234,69) = 1298,5 \text{ kNm}$$

$$R_{sdT2} = 1,35 \cdot R_g + 1,5 \cdot (R_q + R_Q) = 1,35 \cdot 424,40 + 1,5 \cdot (94,86 + 181,32) = 987,21 \text{ kN}$$

Smanjenje momenata na ležaju:

$$\Delta M_{sd} = \frac{R_{sdT2} \cdot b_{ležaj}}{8} = \frac{987,21 \cdot 0,4}{8} = 49,36 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,red} = M_{sdT2} - \Delta M_{sd} = 1298,5 - 49,36 = 1249,14 \text{ kNm}$$

Materijal:

Beton: C 30/37 ($f_{ck}/f_{ck,cube}$)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

Čelik: B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje

Statička visina nosača:

$$d = h - c - \phi_{vilice} - \frac{\phi_{arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - \frac{2,8}{2} = 72,2 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd,red}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{124914}{100 \cdot 72,2^2 \cdot 2,0} = 0,119$$

Odabrano $\mu_{sd} = 0,120$

Očitano iz tablice: $\zeta = 0,921$

$$\xi = 0,189$$

Potrebna površina armature u polju:

$$A_s = \frac{M_{sd,red}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{124914}{0,921 \cdot 72,2 \cdot 43,48} = 43,20 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,022 \cdot \frac{f_{ck,kocke}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,022 \cdot \frac{37}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 13,52 \text{ cm}^2 \quad (1) - \text{mjerodavno}$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 72,2 = 10,83 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{434,78} \cdot 100 \cdot 71,8 = 105,86 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: $8 \phi 28$ ($49,28 \text{ cm}^2$) po m^1

Odabrana armatura zadovoljava:

$$A_{s,min} < A_{s1} < A_{s,max}$$

$$13,52 \text{ cm}^2 < 49,28 \text{ cm}^2 < 105,86 \text{ cm}^2$$

Rekapitulacija armature ležaja:

Vlačna zona - gornja

Glavna armatura u srednjoj zoni ploče (5,40 m) odabrano: **8 ϕ 28/m'** ($49,28 \text{ cm}^2$ po m širine) zbog rasporeda armature donje zone.

Glavna armatura u rubnim zonama ploče (1,75 + 1,75) odabrano: **10 ϕ 28/m'** ($61,60 \text{ cm}^2$ po m širine) zbog rasporeda armature donje zone.

4.3.5. Proračun armature trećeg ležaja

Računske unutarnje sile ležaja

Stalno djelovanje $\cdot 1,35$ + promjenjivo djelovanje $\cdot 1,5$

$$M_{sdT3} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 468,38 + 1,5 \cdot (131,03 + 217,78) = 1155,51 \text{ kNm}$$

$$R_{sdT3} = 1,35 \cdot R_g + 1,5 \cdot (R_q + R_Q) = 1,35 \cdot 386,05 + 1,5 \cdot (93,71 + 179,09) = 930,37 \text{ kN}$$

Smanjenje momenata na ležaju:

$$\Delta M_{sd} = \frac{R_{sdT1} \cdot b_{ležaj}}{8} = \frac{930,37 \cdot 0,4}{8} = 46,52 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,red} = M_{sdT1} - \Delta M_{sd} = 1155,51 - 46,52 = 1108,99 \text{ kNm}$$

Materijal:

Beton: C 30/37 ($f_{ck}/f_{ck,cube}$)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

Čelik: B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje

Statička visina nosača:

$$d = h - c - \phi_{village} - \frac{\phi_{arm}}{2} = 80 - 5 - 1,4 - \frac{2,8}{2} = 72,2 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{110899}{100 \cdot 72,2^2 \cdot 2,0} = 0,106$$

Odabrano $\mu_{sd} = 0,107$

Očitano iz tablice: $\zeta = 0,931$

$$\xi = 0,167$$

Potrebna površina armature u polju:

$$A_s = \frac{M_{sd,red}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{110899}{0,931 \cdot 72,2 \cdot 43,48} = 37,94 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s, \min} = 0,022 \cdot \frac{f_{ck, kocke}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,022 \cdot \frac{37}{434,78} \cdot 100 \cdot 72,2 = 13,52 \text{ cm}^2 \quad (1) - \text{mjerodavno}$$

$$A_{s, \min} = 0,0015 \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 71,8 = 10,83 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s, \min} = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,375 \cdot \frac{0,85 \cdot 20}{434,78} \cdot 100 \cdot 71,8 = 105,86 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: $8 \phi 28$ ($49,28 \text{ cm}^2$) po m¹

Odabrana armatura zadovoljava:

$$A_{s, \min} < A_{s1} < A_{s, \max}$$

$$13,52 \text{ cm}^2 < 49,28 \text{ cm}^2 < 105,86 \text{ cm}^2$$

Rekapitulacija armature ležaja:

Vlačna zona - gornja

Glavna armatura u srednjoj zoni ploče (5,40 m) odabrano: **8 ϕ /28** ($49,28 \text{ cm}^2$ po m širine) zbog rasporeda armature donje zone.

Glavna armatura u rubnim zonama ploče (1,75 + 1,75) odabrano: **10 ϕ 28/m'** ($61,60 \text{ cm}^2$ po m širine) zbog rasporeda armature donje zone.

4.3.6. Proračun konzole mosta

Analiza opterećenja

Vlastita težina konzole:

$$g_1 = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,325 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m} = 8,13 \text{ kN/m'}$$

Težina hodnika i hidroizolacije:

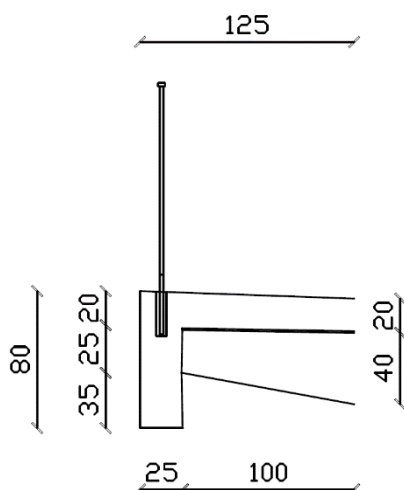
$$g_1 = (25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m} + 21 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,01 \text{ m}) \cdot 1,0 \text{ m} = 8,13 \text{ kN/m'}$$

Težina ograde:

$$g_3 = 0,5 \text{ kN}$$

Težina vijenca:

$$g_4 = 0,25 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5,00 \text{ kN}$$

**Računske unutarnje sile**

$$M_g = \frac{(g_1 + g_2) \cdot 0,5^2}{2} + (g_3 + g_4) \cdot 1,12 = 7,83 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{5,5 \cdot 1^2}{2} = 2,25 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_q = 1,35 \cdot 7,83 + 1,5 \cdot 2,25 = 13,95 \text{ kNm}$$

Materijal:

Beton: C 30/37 ($f_{ck}/f_{ck,cube}$)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

Čelik: B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje

Statička visina konzole:

$$d = h - c - \frac{\phi_{arm}}{2} = 40 - 5 - \frac{1,4}{2} = 34,3 \text{ cm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1395}{100 \cdot 34,3^2 \cdot 2,0} = 0,006$$

Odabrano: $\mu_{sd} = 0,007$

Očitano iz tablice: $\zeta = 0,990$

$$\xi = 0,029$$

Potrebna površina armature u polju:

$$A_s = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1395}{0,990 \cdot 34,3 \cdot 43,48} = 0,95 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,022 \cdot \frac{f_{ck,kocke}}{f_{yd}} \cdot b_t \cdot d = 0,022 \cdot \frac{37}{434,78} \cdot 100 \cdot 34,3 = 6,42 \text{ cm}^2 \quad (1) \text{ – mjerodavno}$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b_t \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 34,3 = 5,15 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Odabrano: **5 ϕ 14** (7,70 cm²/po m širine)

Rekapitulacija armature:

Glavna armatura konzole **5 ϕ 14** (7,70 cm²/po m dužine) je na razmaku 20 cm (poprečna armatura gornje zone ploče).

Dodatna konstrukcijska armatura za oblikovanje konzole je **ϕ 14** na razmaku 20 cm.

Uzdužna konstrukcijska armatura gledano u uzdužnom smjeru nosača je **5 ϕ 14** (5,65 cm² po m širine).

5. Troškovnici

Za potrebe usporedbe količine radova i materijala izrađuju se troškovnici za sve tri varijante nadvožnjaka koji su navedeni u tehničkom opisu. Troškovnicima su obrađeni svi glavni radovi čitave denivelacije, odnosno nasipa i nadvožnjaka, koji su neophodni za dovršenje nadvožnjaka [11], [12], [13], [14].

Troškovnik nadvožnjaka je podijeljen na:

- donji ustroj : - pripremni radovi
 - zemljani radovi
 - betonski radovi
 - armirački radovi
- gornji ustroj : - betonski radovi
 - armirački radovi
- oprema mosta: - odvodnja
 - hidroizolacija
 - prijelazne naprave
 - asfaltni zastor
 - ograde
 - ležajevi
 - hodnik
- ostali radovi : - ispitivanje nadvožnjaka s probnim opterećenjem
 - ugradnja repera.

5.1. Donji ustroj

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
I.	PRIPREMNI RADOVI				
1.1.	Uređenje gradilišta: krčenje i uklanjanje raslinja, priprema za deponiju materijala, uređenje pristupnih cesta.	m ²	15.000,00	15.000,00	15.000,00
1.2.	Postavljanje gradilišta	paušalno			

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
II.	ZEMLJANI RADOVI				
2.1.	Strojni iskop humusa debljine 30 cm i prijevoz na odlagalište s razastiranjem i planiranjem na udaljenost 100 - 300 m. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 2-01. Obračun se vrši po m ³ iskopanog tla u sraslom stanju.	m ³	6.000,00	6.000,00	6.000,00
2.2.	Strojni iskop materijala kategorije "C" za temelje upornjaka i stupova sa ručnim dotjerivanje iskopa. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 2-04. Obračun se vrši po m ³ iskopanog tla u sraslom stanju.	m ³	566,00	874,00	1.182,00
2.3.	Strojno zatrpavanje oko temelja upornjaka i stupova sa zemljanim materijalom iz iskopa. Lagano zbijanje i ručno dotjerivanje u slojevima od 30 do 50 cm. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 2-08.1. Obračun po m ³ ugrađenog sraslog materijala.	m ³	443,40	699,00	954,60

2.4.	Čišćenje, planiranje te uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem da se sraslo tlo osposobi za preuzimanje opterećenja od nasipa bez štetnih posljedica. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 2-08.1.	m ²	6.000,00	5.400,00	4.500,00
2.5.	Prijevoz materijala na dužinu veću od 5000 m iz pozajmišta. Prijevoz se obračunava po m ³ izrađenog nasipa. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-07.	m ³	10.080,00	8.480,00	5.330,00
2.6.	Izrada nasipa od miješanog materijala u nagibu 1:1,5. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-09.3. Obračun se vrši po m ³ pravilno ugrađenog i zbijenog nasipa.	m ³	10.080,00	8.480,00	5.330,00
2.7.	Izrada posteljice od miješanih materijala debljine 40 cm. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-10.3. Obračun po m ³ sraslog materijala.	m ³	808,60	734,80	600
2.8.	Iskop jarka za odvodnju bez obloge. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 3-01.1.1. Obračun se vrši po m ³ sraslog materijala.	m ³	242,00	242,00	220,00
2.9.	Zaštita pokosa sa humusnim materijalom (debljine 20 cm) i travnatom vegetacijom. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-15.2. Obračun po m ² ispravno izrađene zaštite pokosa.	m ²	2.240,00	1.860,00	1.254,00
2.10.	Izrada humuzirane i zatravljene bankine na nasipu širine 1,0 metar i debljine 10 centimetara. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 2-16.3. Obračun po m ² ispravno izrađene bankine.	m ²	408,40	378,00	309,20

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
III.	BETONSKI RADOVI - DONJI USTROJ				
3.1.	Izrada podložnog sloja betona ispod temelja stupišta i upornjaka debljine 10 cm i klase C12/15. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.1. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	9,39	14,25	19,11
3.2.	Betoniranje temelja stupišta i upornjaka sa betonom klase C25/30 u temeljnoj jami bez oplata. Radove se izvode sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.1. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	85,14	129,10	173,10
3.3.	Betoniranje krila i tijela upornjaka sa betonom klase C30/37 u blanjanjoj daščanoj oplati. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.3. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	135,92	131,72	117,26
3.4.	Betoniranje prijelazne ploče sa betonom klase C30/37 u blanjanjoj daščanoj oplati. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.3. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	12,88	12,88	12,88
3.5.	Betoniranje stupova i naglavne grede betonom klase C30/37 u blanjanjoj daščanoj oplati. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.3. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	18,27	54,82	91,36

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
IV.	ARMIRAČKI RADOVI - DONJI USTROJ				
4.1.	U rad je uključena nabava, pregled, čišćenje, sječenje, savijanje te doprema na gradilište i ugradnja. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5. Obračun rada po kg ugrađene armature.				
4.1.1.	Armiranje temelja stupišta i upornjaka. Armatura - šipke B500B.	kg	12.771,00	19.365,00	25.965,00
4.1.2.	Armiranje tijela i krila upornjaka. Armatura - šipke B500B.	kg	20.388,00	19.758,00	17.640,00
4.1.3.	Armiranje prijelazne ploče na upornjaku. Armatura - mreža B500B.	kg	1.932,00	1.932,00	1.932,00
4.1.4.	Armiranje stupova i naglavne grede. Armatura - šipke B500B.	kg	2.740,50	8.223,00	13.704,00

5.2. Gornji ustroj

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
V.	BETONSKI RADOVI - GORNJI USTROJ				
5.1.	Betoniranje AB rasponskog sklopa nadvožnjaka sa betonom klase C30/37 na licu mjesta. Izvedba se vrši segmentom oplatom za svaki raspon zasebno. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.4.3. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	270,92	438,34	704,69

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
VI.	ARMIRAČKI RADOVI - GORNJI USTROJ				
6.1.	U rad uključeno nabava, pregled, čišćenje, savijanje, sječenje i doprema na gradilište te postavljanje na mjesto ugradnje. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5. Obračun rada po kg ugrađene armature.				
6.1.1.	Armiranje rasponskog sklopa, čelik za armiranje Ø12 - šipke B500B.	kg	2.478,68	4.011,14	6.447,30
6.1.2.	Armiranje rasponskog sklopa, čelik za armiranje Ø14- šipke B500B.	kg	17.307,69	28.115,29	45.128,20
6.1.4.	Armiranje rasponskog sklopa, čelik za armiranje Ø28 - šipke B500B.	kg	18.243,24	29.614,58	47.614,19

5.3. Oprema mosta

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
VII.	OPRMEMA MOSTA				
7.1.	ODVODNJA				
7.1.1.	Nabava, doprema i ugradnja slivnika za odvodnju oborina sa kolničke ploče. Ugradnja u betonski sklop. Klasa nosivosti D400. Obračun prema ispravno ugrađenom slivniku.	kom	4,00	6,00	8,00
7.1.2.	Nabava, doprema i ugradnja cijevi za odvodnju vode sa mosta, promjera \varnothing 200. Obračun prema m' ispravno ugrađene cijevi.	m'	55,00	78,00	132,00
7.1.3.	Oblaganje jarka betonskim montažnim elementima. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 3-01.1.3. Obračun po m ² svijetle površine ispravno ugrađenog elementa.	m ²	90,00	72,00	48,00
7.2.	HIDRIZOLACIJA				
7.2.1.	Nabava i doprema materijala te izrada hidroizolacije kolničke ploče. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.9.1. Obračun po m ² ispravno ugrađene hidroizolacije.	m ²	380,92	616,32	990,82
7.2.2.	Nabava i doprema materijala te izrada hidroizolacije na dijelovima upornjaka koji su u dodiru sa zemljom. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga II, točka 3-05.3.4. Obračun po m ² ispravno ugrađene hidroizolacije.	m ²	231,64	224,80	207,00

7.3.	PRIJELAZNE NAPRAVE				
7.3.1.	Nabava, doprema i ugradnja prijelaznih naprava. Ugrađuju se vodonepropusne prijelazne naprave sa mogućom dilatacijom \pm 50 mm. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.7. Obračun po m' ispravno ugrađene prijelazne naprave.	m'	2,00	2,00	2,00
7.4.	ASFALJNI ZASTOR				
7.4.1.	Ugradnja zaštitnog sloja asfaltbetona AB 8 debljine 3 cm na hidroizolaciji rasponske konstrukcije. Za vezivo se primjenjuje polimerom modificirani bitumen PmB 60-90 S. Uz rubove kolnika, na spoju sa slivnicima i prijelaznom napravom ostavljaju se reške širine 20 mm i dubine do hidroizolacije. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga III, točka 6-03. Obračun po m ² ispravno izvedene asfaltne plohe.	m ²	281,82	443,52	713,02
7.4.2.	Izrada habajućeg sloja asfaltbetona AB 11-S debljine 4 cm na zaštitnom sloju. Za vezivo se primjenjuje polimerom modificirani bitumen PmB 60-90. Uz rubove kolnika, na spoju sa slivnicima i prijelaznom napravom ostavljaju se reške širine 20 mm i dubine do hidroizolacije. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga III, točka 6-03. Obračun po m ² ispravno izvedene asfaltne plohe.	m ²	281,82	443,52	713,02
7.4.3.	Zalijevanje reški bitumenskom masom na spoju asfaltnog zastora sa slivnicima, rubnjacima i prijelaznim napravama. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-0.9-2. Obračun prema m' ispravno ugrađene ispune.	m'	88,60	132,60	203,60

7.5.	OGRADE				
7.5.1.	Nabava i ugradnja klasične metalne ograde prema projektu. Svi dijelovi ograde se čiste do sjaja posije čega se toplo pocinčaju. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.10 i 7.01.12. Obračun se radi po m' ispravno ugrađene ograde.	m'	71,20	115,20	185,20
7.5.2.	Nabava, doprema i ugradnja jednostrane čelične odbojne ograde JDOT/2 na nadvožnjaku. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga VI, točka 9-04.1. Obračun po m' ispravno ugrađene ograde.	m'	71,20	115,20	185,20
7.5.3.	Nabava, doprema i ugradnja jednostrane čelične odbojne ograde JDOT/4 na nasipu prije i poslije nadvožnjaka. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga VI, točka 9-04.1. Obračun po m' ispravno ugrađene ograde.	m'	416,60	372,60	302,60
7.5.4.	Nabava i ugradnja zaštitne žičane ograde na nadvožnjaku iznad slobodnog profila ceste. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga VI, točka 9-04.3 Obračun se radi po m' ispravno ugrađene ograde.	m'	40,30	40,30	40,30
7.6.	LEŽAJEVI				
7.6.1.	Nabava i ugradnja elastomernih ležajeva TIP 2 400 x 500 x 114 mm. Obračun po komadu ispravno ugrađenog ležaja.	kom	15,00	25,00	35,00

7.7.	HODNIK				
7.7.1.	Betoniranje pješačkih hodnika sa betonom klase C 25/30. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 7.4.2.9. Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	28,78	40,14	58,17
7.7.2.	Izrada AB elemenata vijenaca u glatkoj oplati prema projektu. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga IV, točka 2-00.2.6., 7-01.4 i 7-01.5 Obračun po m ³ ispravno ugrađenog betona.	m ³	19,20	26,76	38,78
7.7.3.	Nabava i ugradnja rubnjaka na nadvožnjaku prema projektu. Radovi se izvode sukladno OTU, knjiga II, točka 3-04.7.1. Obračun po m' ispravno ugrađenog rubnjaka	m'	96,00	134,00	194,00
7.7.4.	Armiranje hodnika mosta, čelik za armiranje - šipke B500B. U rad uključeno nabava, pregled, čišćenje, savijanje, sječenje i doprema na gradilište te postavljanje na mjesto ugradnje. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5. Obračun rada po kg ugrađene armature.	kg	4.029,20	5.619,60	8.143,80
7.7.5.	Armiranje vijenca na mostu, čelik za armiranje - šipke B500B. U rad uključeno nabava, pregled, čišćenje, savijanje, sječenje i doprema na gradilište te postavljanje na mjesto ugradnje. Radove izvesti sukladno OTU, knjiga IV, točka 7-01.5. Obračun rada po kg ugrađene armature.	kg	2.688,00	3.746,40	5.429,20

5.4. Ostali radovi

Redni broj	Opis radova	Jedinica mjere	Dva raspona	Četiri raspona	Šest raspona
VIII.	OSTALI RADOVI				
8.1.	Ispitivanje nadvožnjaka s probnim opterećenjem.				
8.2.	Nabava, doprema i ugradnja repera za geodetsko praćenje pomaka konstrukcije.	kom			

5.4. Rekapitulacija

REKAPITULACIJA		NADVOŽNJAK SA DVA RASPONA	NADVOŽNJAK SA ČETIRI RASPONA	NADVOŽNJAK SA ŠEST RASPONA
DONJI USTROJ MOSTA				
I.	PRIPEMNI RADOVI			
II.	ZEMLJANI RADOVI			
III.	BETONSKI RADOVI			
IV.	ARMIRAČKI RADOVI			
GORNJI USTROJ MOSTA				
V.	BETONSKI RADOVI			
VI.	ARMIRAČKI RADOVI			
OPREMA MOSTA				
VII.	OPREMA MOSTA			
OSTALO				
VIII.	OSTALI RADOVI			

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

Usporedba utrošenog materijala kod glavnih radova:

GLAVNI RADOVI	VARIJACIJE NADVOŽNJAKA		
	1. Dva raspona	2. Četiri raspona	3. Šest raspona
ZEMLJANI RADOVI Izrada nasipa (m ³)	10.080,00	8.480,00	5.330,00
ARMIRAČKI RADOVI Utrošeno armature (kg)	82.578,41	120.835,01	172.000,69
BETONSKI RADOVI Utrošeno betona (m ³)	580,50	848,01	1.215,35

Tablica 5.1 Utrošeni materijal kod glavnih radova (Izvor: Autor)

6. Zaključak

U teorijskom djelu definirani su kriteriji za ocjenjivanja mostova. Na temelju navedenih kriterija uspoređeni su tipični betonski i AB nadvožnjaci na našim cestama. Praktični dio rada sastoji se od odabira jedne od tri varijante nadvožnjaka preko državne ceste u ravnici s istom niveletom i visinom nad preprekom, za daljnji statički proračun.

Za odabir optimalnog rješenja mosta potrebno je zadovoljiti optimalne kriterije prometa, sigurnosti i mehaničke otpornosti, ekonomičnosti, estetike, trajnosti i ekološke zahtjeve.

Za sve tri varijante nadvožnjaka sa dva, četiri i šest raspona sa istom niveletom i visinom nad preprekom je zadovoljen kriterij prometa odabirom slobodnog profila koji je veći od minimalnog slobodnog profila. Kriterij sigurnosti i mehaničke otpornosti dokazan je statičkim proračunom nadvožnjaka sa četiri raspona. Kriterij trajnosti ispunjavat će se kvalitetnim odabirom, ugradnjom i održavanjem elemenata konstrukcije i opreme nadvožnjaka. Tijekom izgradnje mosta izbjegavaju se ili provode minimalni zahvati koji mogu značajnije narušavati okoliš.

Ovim radom je obuhvaćeno optimalno rješenje nadvožnjaka prema dva kriterija: ekonomičnost i estetika. Utvrđeno je da varijanta sa dva raspona ne ostavlja dovoljno prostora za moguće servisne staze i ne zadovoljava kriterij estetike, a sa usporedbom troškovnika da varijanta sa šest raspona ne zadovoljava kriterij ekonomičnosti. Za projektiranje je odabran nadvožnjak sa četiri raspona ukupne dužine 66,90 m.

7. Literatura

- [1] Sveučilište u Splitu, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Katedra za betonske konstrukcije i mostove, Kolegij: Mostovi, Split, 2008.
- [2] Puž Goran: Vježbe iz kolegija Mostovi, 2020.
- [3] J. Radić: Masivni mostovi, Sveučilište u Zagrebu – Građevinarski fakultet, Zagreb, 2007.
- [4] Milenko Pržulj: Nadvožnjaci na autocestama, Građevinar, br. 55, veljača 2023., str 63-69.
- [5] Matija Orešković, kolegij: Tehnička dijagnoza, 2. predavanje – Granična stanja, uporabljivost.
- [6] J. Radić, A. Kučer, M. Medak, I. Klačarić: Stanje nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta, Građevinar, br. 59, kolovoz 2004., str. 495-504.
- [7] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, NN 110/2001, 90/2022.
- [8] Marina Cindori Kovačević, Priručnik za projektiranje cesta, Zagreb, 3. ožujak 2016.
- [9] J. Radnić, D. Matešan: Utjecaj veze stupova i greda na seizmičke sile mostova, Građevinar, br. 56, kolovoz 2004., str. 475-480.
- [10] Eurokod 1 - Djelovanja na konstrukcije -2. dio: Prometna opterećenja mostova
- [11] Institut Građevinarstva Hrvatske, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga II – zemljani radovi, odvodnja, potporni i obložni zidovi, Zagreb, prosinac 2001.
- [12] Institut Građevinarstva Hrvatske, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga III – Kolnička konstrukcija, Zagreb, prosinac 2001.
- [13] Institut Građevinarstva Hrvatske, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga IV – betonski radovi, Zagreb, prosinac 2001.
- [14] Institut Građevinarstva Hrvatske, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga VI – Oprema ceste, Zagreb, prosinac 2001.

Popis slika

Slika 1.1 Sheme križanja nadvožnjaka s autocestom [4]	4
Slika 2.1 Grafički prikaz GSU i GSN [5].....	6
Slika 2.2 Zeleni most u Banff Nacionalnom Parku, Alberta (Izvor: https://arc-solutions.org/new-solutions/)	7
Slika 2.3 Cestovni nadvožnjak u naselju Jalkovec, prevodi državnu cestu D2 preko lokalne ceste između naselja Gojanec i Jalkovec (Izvor: Google karte).....	8
Slika 2.4 Cestovni nadvožnjak u općini Lupoglav, prevodi autocestu A8 preko državne ceste D44 (Izvor: Google karte)	9
Slika 2.5 Cestovni nadvožnjak u naselju Tomašanci, prevodi lokalnu cestu preko autoceste A5 (Izvor: Google karte).....	10
Slika 2.6 Cestovni nadvožnjak na čvorištu preko državne ceste D 10 u naselju Lubena (Izvor: Google karte).....	10
Slika 2.7 Nadvožnjak u naselju Turčin, prevodi državnu cestu D2 preko Zagrebačke ulice i regionalne pruge Zaprešić – Čakovec R201 (Izvor: Google karte).....	11
Slika 3.1 TPP 1. kategorija, tip 1-c [7].....	12
Slika 3.2 Poprečni presjek glavnog nosača nadvožnjaka (Izvor: Autor)	13
Slika 3.3 Nadvožnjak sa dva raspona (Izvor: Autor)	13
Slika 3.4 Nadvožnjak sa četiri raspona (Izvor: Autor).....	13
Slika 3.5 Nadvožnjak sa šest raspona (Izvor: Autor)	14
Slika 4.1 Statički sustav nadvožnjaka (Izvor: Autor).....	19
Slika 4.2 Poprečni presjek štapnog nosača (Izvor: Autor)	19
Slika 4.3 Poprečni presjek rasponskog sklopa (Izvor: Autor).....	20
Slika 4.4 Kontinuirano prometno opterećenje + koncentrirano prometno opterećenje od vozila (Izvor: Autor)	22
Slika 4.5 Razdioba kontinuiranog i koncentriranog prometnog opterećenja (Izvor: Autor) ...	22
Slika 4.6 Područje djelovanja koncentriranog promjenjivog opterećenja od vozila (Izvor: Autor)	22
Slika 4.7 Razdioba kontinuiranog prometnog opterećenja (Izvor: Autor).....	23
Slika 4.8 Ukupno opterećenje svedeno na štapni sustav (Izvor: Autor)	24
Slika 4.9 Slučajevi stalnog, pokretno kontinuiranog i koncentriranog opterećenja (Izvor: Autor)	26
Slika 4.10 Ulazni podaci za linijski nosač (izvor: Autor)	27
Slika 4.11 Model skrivene grede (Izvor: Autor)	48
Slika 4.12 Ležajevi skrivene gede (Izvor: Autor)	48

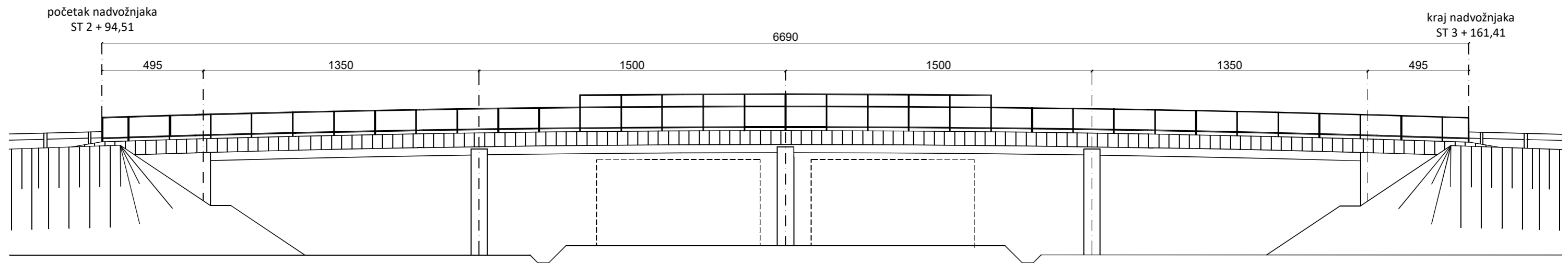
Popis tablica

Tablica 4.1 Broj i širina proračunskih trakova [10]	21
Tablica 4.2 Reakcije na ležajevima (Izvor: Autor)	29
Tablica 4.3 Poprečne sile (Izvor: Autor)	31
Tablica 4.4 Momenti polja i ležajeva (Izvor: Autor).....	33
Tablica 5.1 Utrošeni materijal kod glavnih radova (Izvor: Autor)	66

8. Grafički prilozi

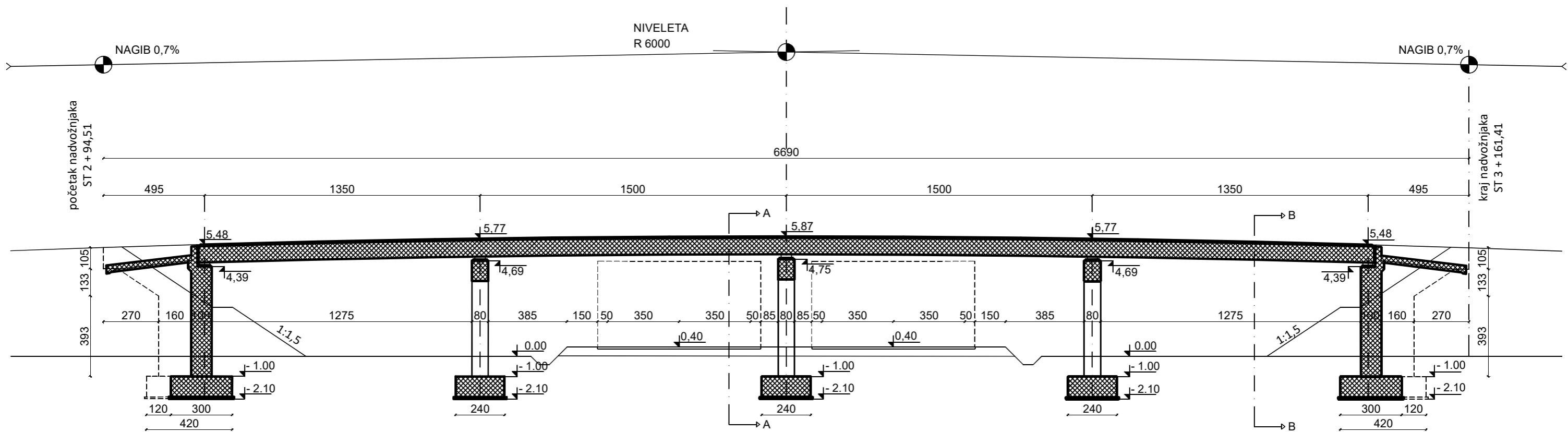
1. POGLED NA NADVOŽNJAK, MJ 1:200
2. UZDUŽNI PRESJEK, MJ 1:200
3. TLOCRT GORNJEG USTROJA, MJ 1:200
4. TLOCRT DONJEG USTROJA, MJ 1:200
5. POPREČNI PRESJEK A-A, MJ 1:50
6. POPREČNI PRESJEK B-B, MJ 1:50
7. NACRT ARMATURE DONJE ZONE
8. NACRT ARMATURE GORNJE ZONE
9. NACRT ARMATURE PRESJEKA MOSTA
10. REKAPITULACIJA ARMATURE

PRILOG 1: POGLED NA NADVOŽNJAK
MJ 1:200



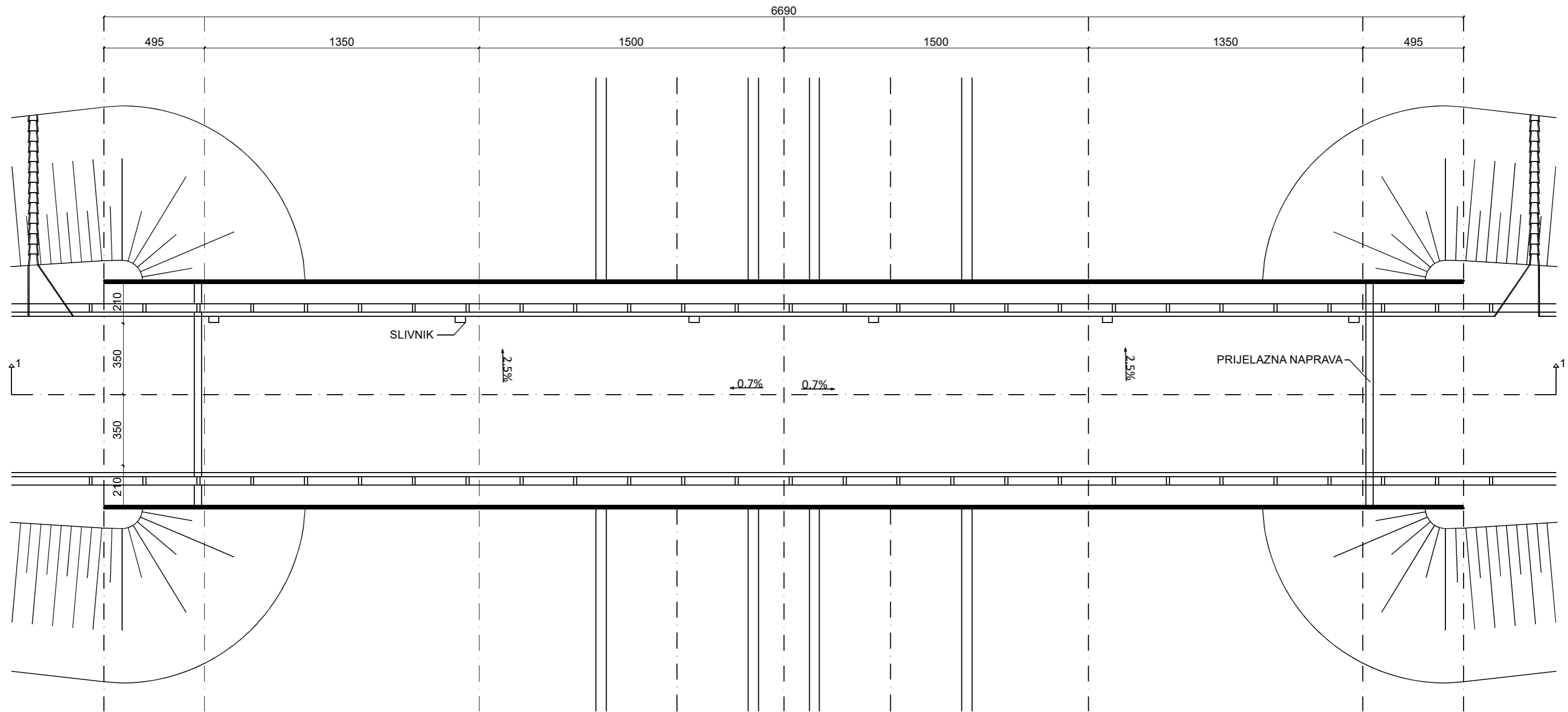
Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Pogled na nadvožnjak
Mjerilo: 1:200
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 2: UZDUŽNI PRESJEK 1-1
MJ 1:200



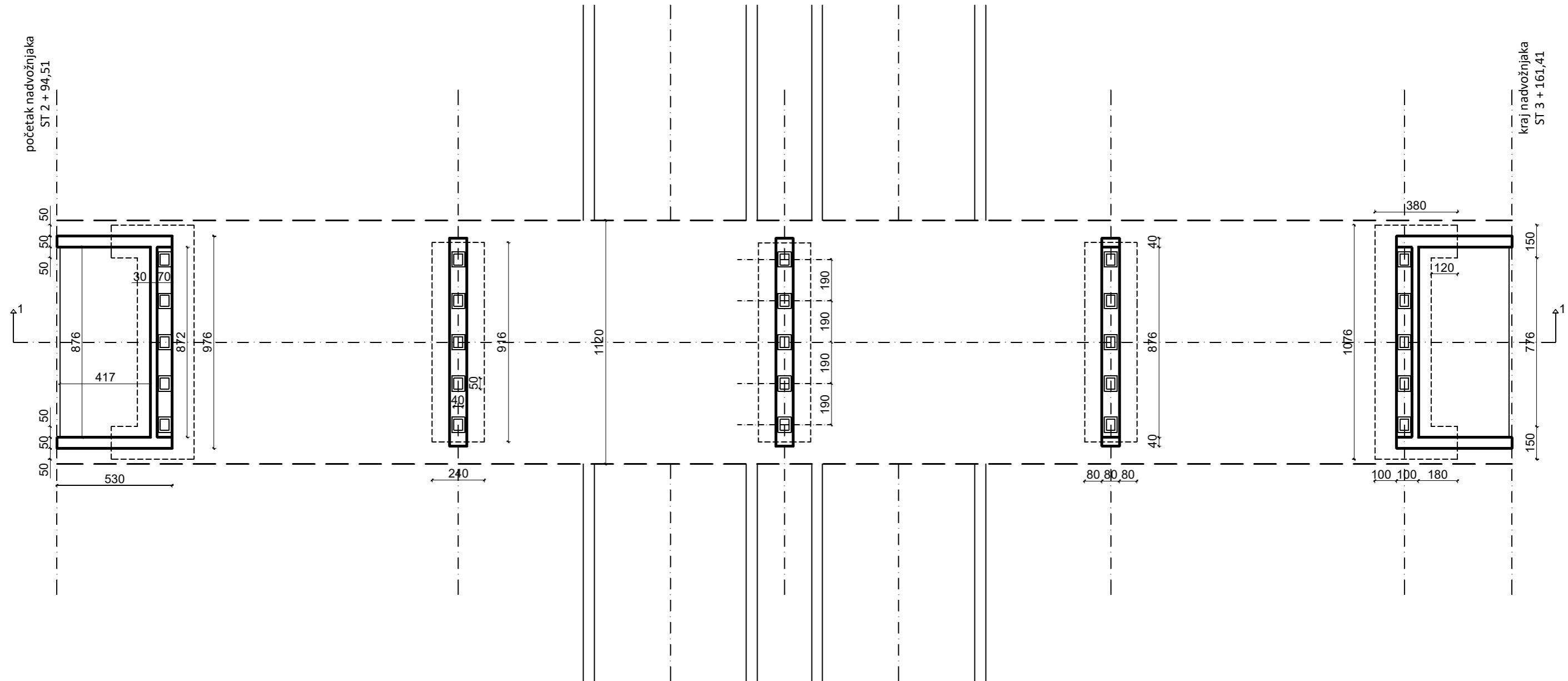
Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Uzdužni presjek 1-1
Mjerilo: 1:200
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRIOLOG 3: TLOCRT GORNJEG USTROJA
MJ 1:200



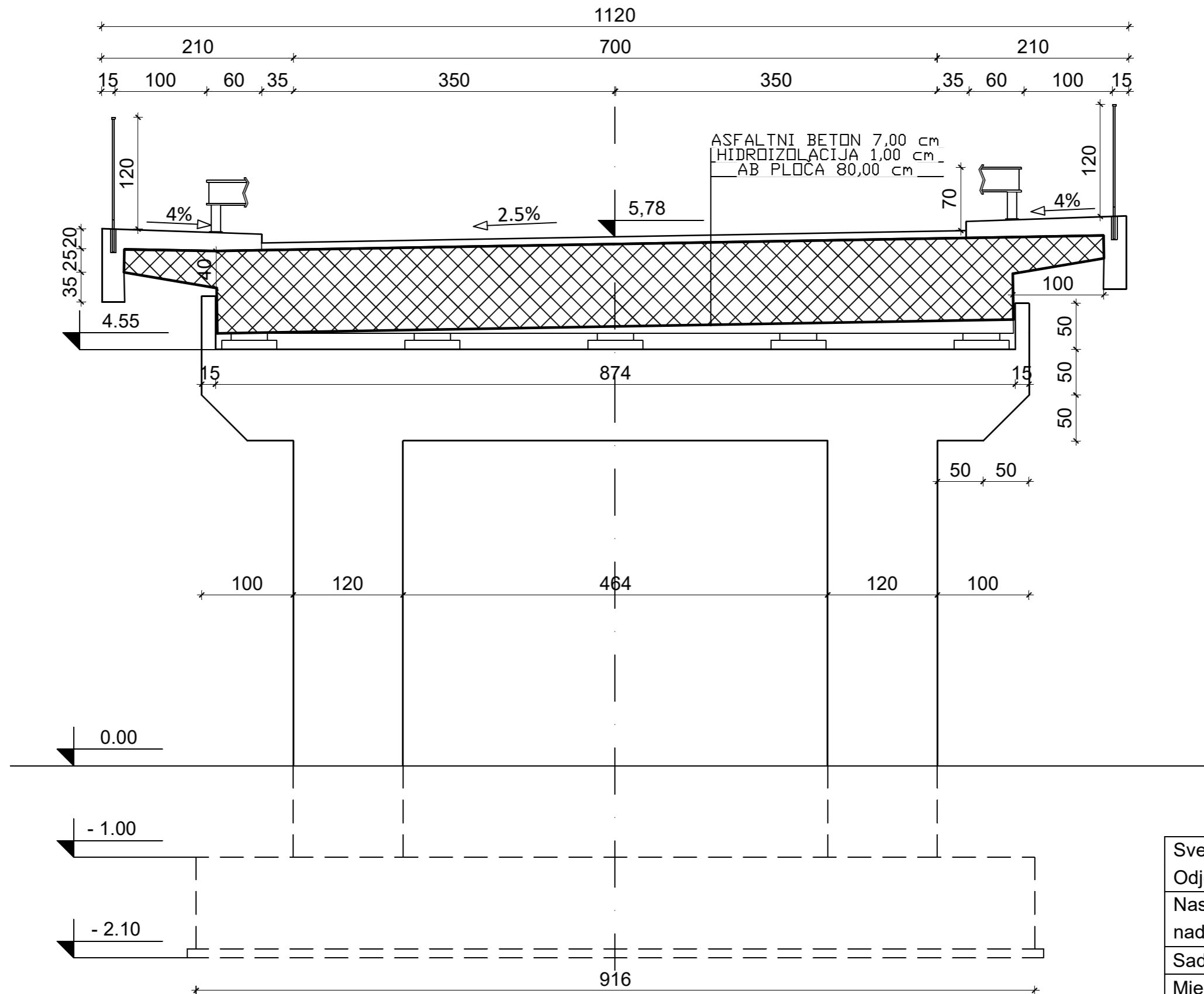
Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Tlocrt gornjeg ustroja
Mjerilo: 1:200
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 4: TLOCRT DONJEG USTROJA
MJ 1:200



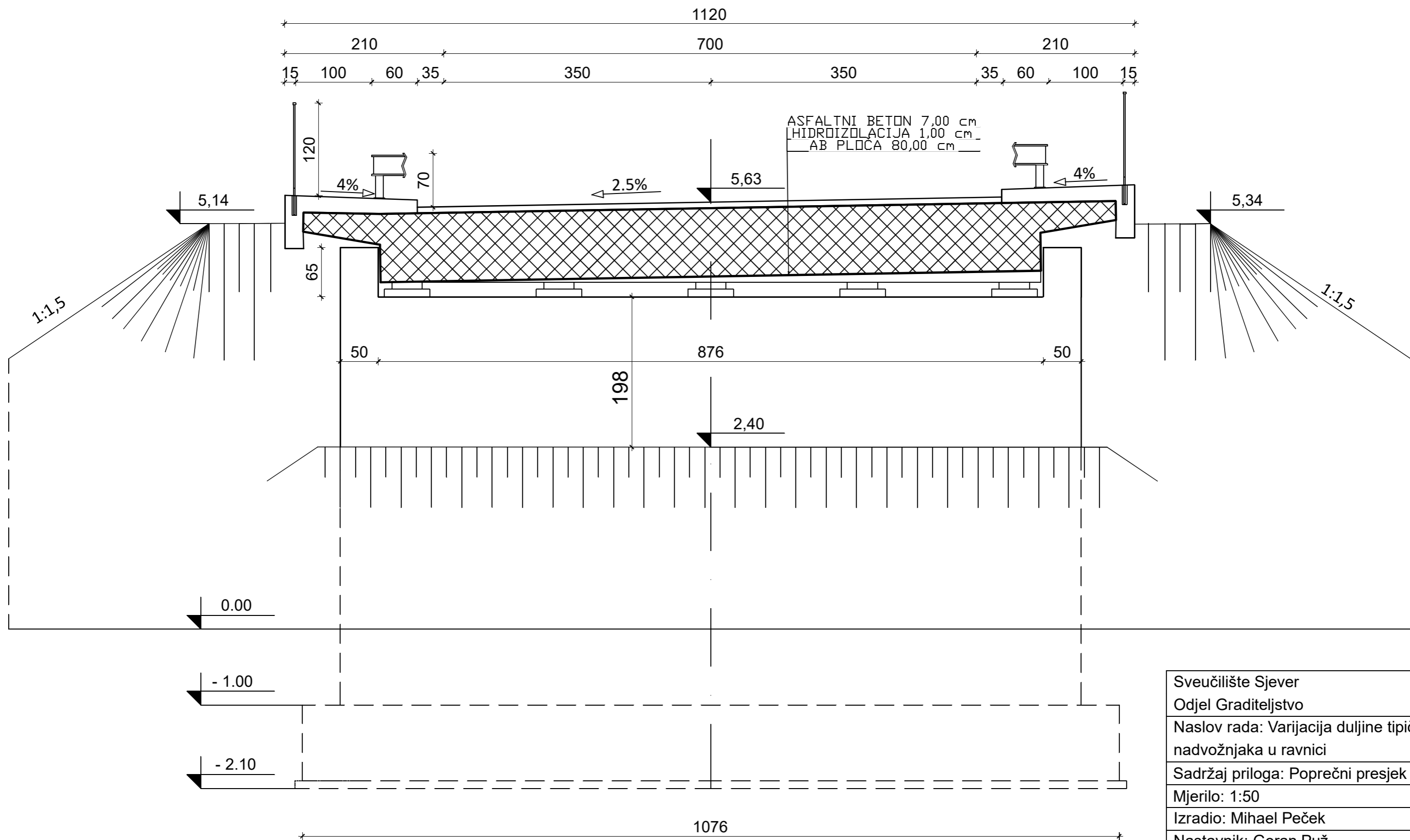
Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Tlocrt donjeg ustroja
Mjerilo: 1:200
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 5: POPREČNI PRESJEK A-A
MJ 1:50



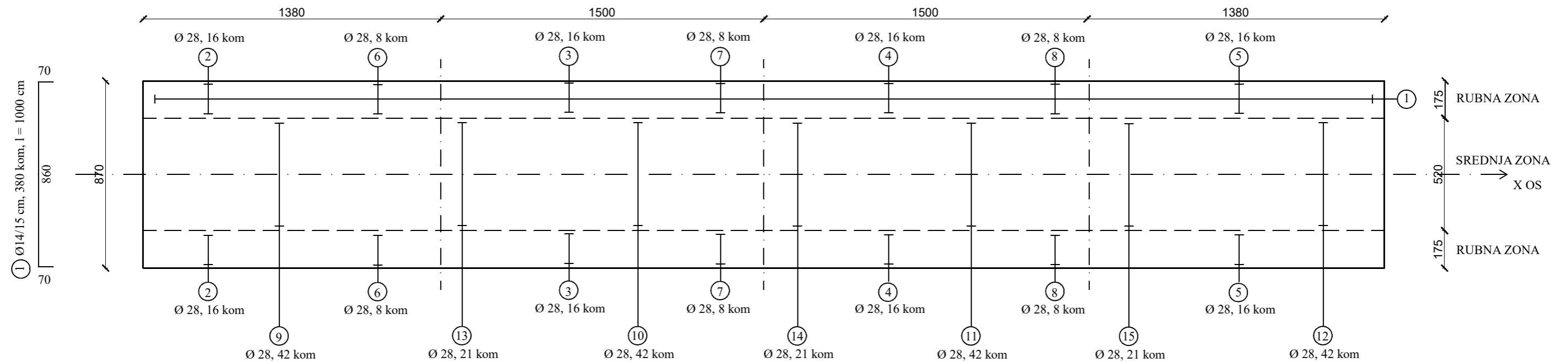
Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Poprečni presjek A-A
Mjerilo: 1:50
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 6: POPREČNI PRESJEK B-B
MJ 1:50

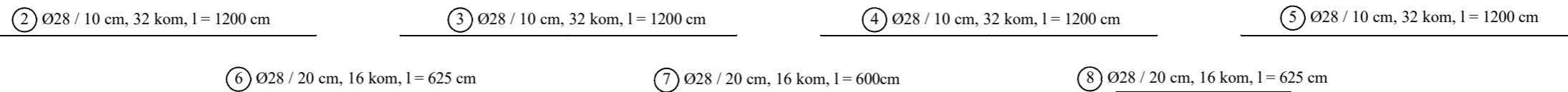


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Poprečni presjek B-B
Mjerilo: 1:50
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

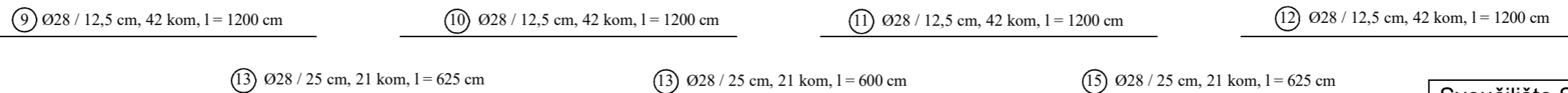
PRILOG 7: NACRT ARMATURE - DONJA ZONA



Glavna armatura rubne zone (1,75 m + 1,75 m)

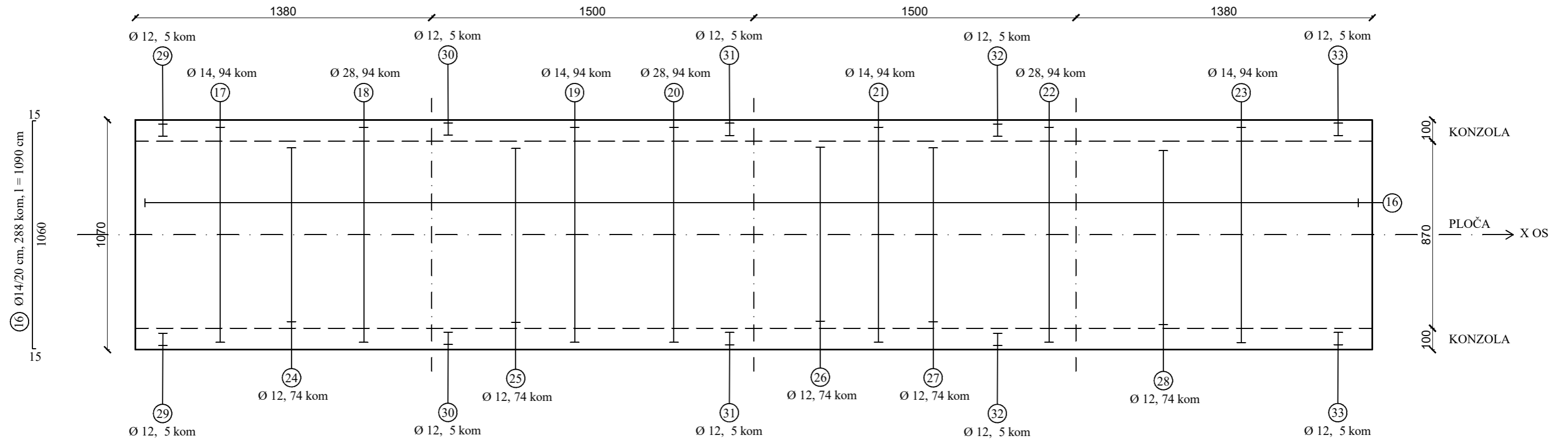


Glavna armatura srednje zone (5,20 m)

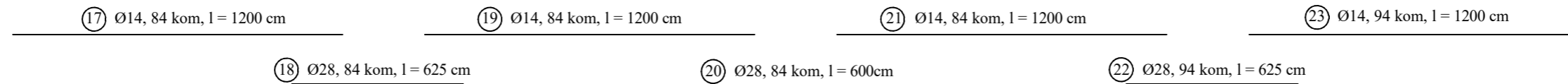


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Nacrt armature donje zone
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

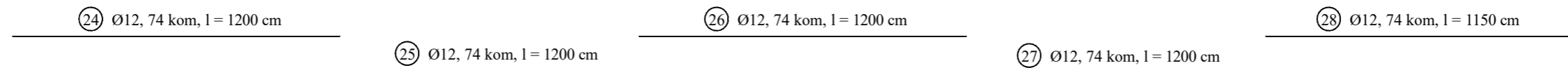
PRILOG 8: NACRT ARMATURE - GORNJA ZONA



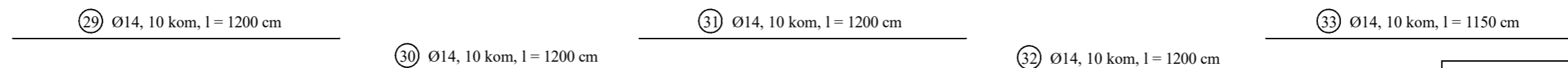
Armatura gornje zone - srednja zona ploče, 42 kom na 12,5 cm + rubne zone ploče, 32 kom na 10 cm + gornja zona konzola, 10 kom na razmaku 20 cm = 84 kom



Konstruktivne šipke od poprečne armature na 34 cm visine (vilice) - srednja zona ploče, 42 kom na 12,5 cm + rubne zone ploče, 32 kom na 10 cm

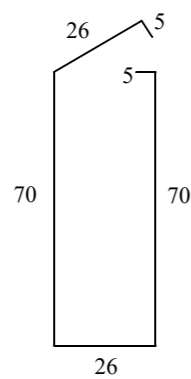
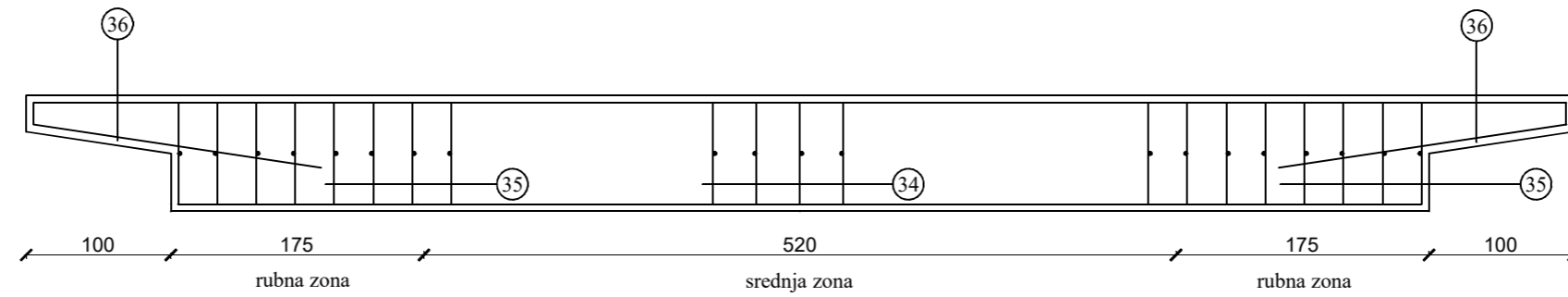


Armatura donje zone konzola- 2 x 5Ø14

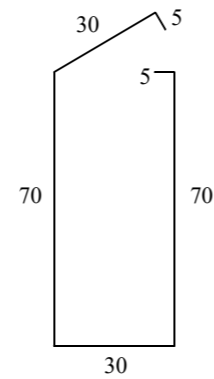


Sveučilište Sjever
Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Nacrt armature gornje zone
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 9: NACRT ARMATURE - PRESJEK MOSTA

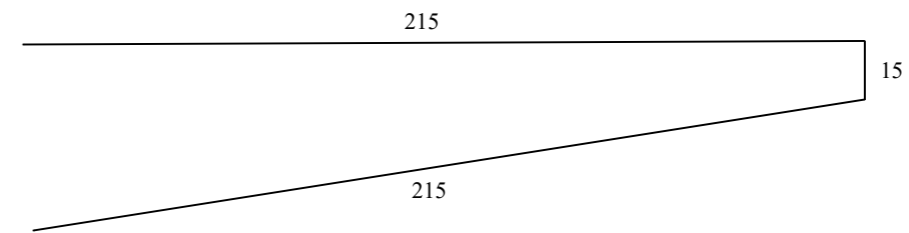


③⑤ Vilica u rubnoj zoni
 Ø14 / 20 cm
 l = 202 cm
 2288 kom



③④ Vilica u srednjoj zoni
 Ø14 / 25 cm
 l = 210 cm
 882 kom - od osi ležaja 300 cm na svaku stranu idu
 vilice na razmak 25 cm

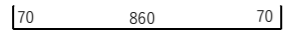
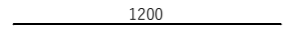
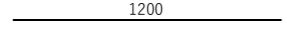
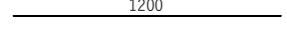
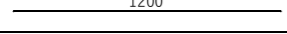
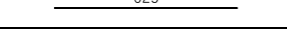
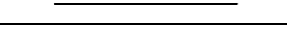
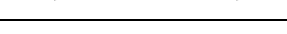
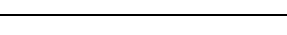
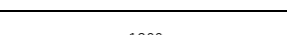
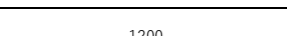
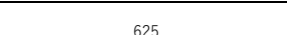

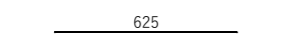

Ø14 / 40 cm
 l = 210 cm
 742 kom - dalje od 300 cm idu vilice na razmak 40 cm

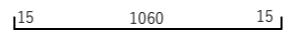
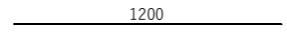
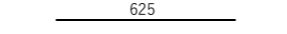
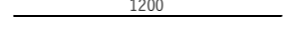
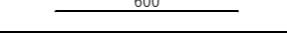
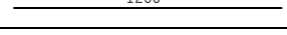
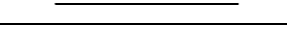
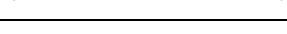
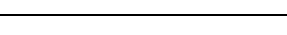
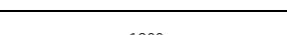
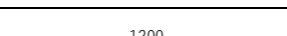
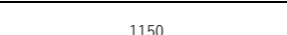
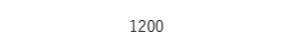

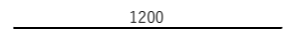

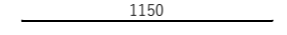



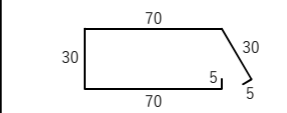
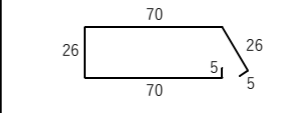
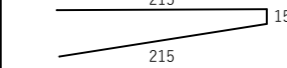
③⑥ Dodatna armatura konzole
 Ø14 / 20 cm
 l = 445 cm
 575 kom

Sveučilište Sjever Odjel Graditeljstvo
Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
Sadržaj priloga: Nacrt armature presjeka mosta
Izradio: Mihael Peček
Nastavnik: Goran Puž
Akadska godina: 2022/2023
Dovršeno: rujan 2023.

PRILOG 10: REKAPITULACIJA ARMATURE

Specifikacija armature donje zone					
POZ	Oblik i mjere (cm)	Ø	l(m)	n(kom)	ln(m)
1		14	10,00	380	3800,00
2		28	12,00	32	384,00
3		28	12,00	32	384,00
4		28	12,00	32	384,00
5		28	12,00	32	384,00
6		28	6,25	16	100,00
7		28	6,00	16	96,00
8		28	6,25	16	100,00
9		28	12,00	42	504,00
10		28	12,00	42	504,00
11		28	12,00	42	504,00
12		28	12,00	42	504,00
13		28	6,25	21	131,25
14		28	6,00	21	126,00
15		28	6,25	21	131,25

Specifikacija armature gornje zone					
POZ	Oblik i mjere (cm)	Ø	l(m)	n(kom)	ln(m)
16		14	10,90	288	3139,20
17		14	12,00	94	1128,00
18		28	6,25	94	587,50
19		14	12,00	94	1128,00
20		28	6,00	94	564,00
21		14	12,00	94	1128,00
22		28	6,25	94	587,50
23		14	12,00	94	1128,00
24		12	12,00	74	888,00
25		12	12,00	74	888,00
26		12	12,00	74	888,00
27		12	12,00	74	888,00
28		12	11,50	74	851,00
29		14	12,00	10	120,00
30		14	12,00	10	120,00
31		14	12,00	10	120,00
32		14	12,00	10	120,00
33		14	11,50	10	115,00

Specifikacija poprečne armature					
POZ	Oblik i mjere (cm)	Ø	l(m)	n(kom)	ln(m)
34		14	2,10	1624	3410,40
35		14	2,02	2288	4621,76
36		14	4,45	575	2558,75

Rekapitulacija armature			
ČELIK B500B			
Ø	Ukupna dužina ln(m)	Jedinična težina (kg/m')	Težina (kg)
12	4403,00	0,911	4011,14
14	22637,11	1,242	28115,29
28	5975,50	4,956	29614,58

Sveučilište Sjever
 Odjel Graditeljstvo
 Naslov rada: Varijacija duljine tipičnog nadvožnjaka u ravnici
 Sadržaj priloga: Rekapitulacija armature
 Izradio: Mihael Peček
 Nastavnik: Goran Puž
 Akademska godina: 2022/2023
 Dovořeno: rujan 2023.

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 ~~še~~ 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, MIHAEL PEČEK (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ ~~završnog~~/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom VARIJACIJA DULJINE TIPIČNOG NADVOŽNJAKA U RAVNICI (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/~~ica~~*(upisati ime i prezime)*Peček*(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, MIHAEL PEČEK (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~na~~ s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom VARIJACIJA DULJINE TIPIČNOG NADVOŽNJAKA U RAVNICI (*upisati naslov*) čiji sam autor/~~ica~~.

Student/~~ica~~*(upisati ime i prezime)*Peček*(vlastoručni potpis)*