

Varijante oblikovanja cestovnog rebrastog grednog mosta

Novak, Marina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:157:386828>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Marina Novak

Varijante oblikovanja cestovnog rebrastog grednog mosta

Završni rad

Rijeka, 2019.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Mostovi**

**Marina Novak
JMBAG: 0066241772**

Varijante oblikovanja cestovnog rebrastog grednog mosta

Završni rad

Rijeka, rujan 2019.

Naziv studija: **Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje/područja: Tehničke znanosti

Znanstveno polje/polja: Građevinarstvo

Znanstvena grana/grane: Nosive konstrukcije

Tema završnog rada

VARIJANTE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNOG MOSTA

VARIATION IN DESIGN OF THE ROAD GIRDER BRIDGE

Kandidat: **MARINA NOVAK**

Kolegij: **MOSTOVI**

Završni/Diplomski rad broj: _____

Zadatak:

U radu je potrebno izraditi varijantna rješenja grednog rebrastog cestovnog mosta raspona 15 m, širine kolnika 9 m (varijante sa tri, četiri i pet glavnih nosača T presjeka). Rubne dijelove mosta oblikovati proizvoljno. Rad treba sadržavati nacрте poprečnih presjeka mosta u varijantnim rješenjima u mjerilu 1:50 te potrebne proračune na temelju kojih će se usporediti proračunske presječene sile u glavnim nosačima, količina betona za glavne nosače (izražena po m³ mosta) i količina uzdužne vlačne armature glavnih nosača (izražena u kg po m³ mosta).

Tema rada je uručena: _____

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivana Štimac Grandić

IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Marina Novak

U Rijeci, 13. rujna 2019.

ZAHVALA

Zahvaljujem se izv.prof.dr.sc. Ivani Štimac Grandić na mentorstvu, posebice pruženoj velikoj pomoći, pristupačnosti i poštovanju tijekom izrade završnog rada.

SAŽETAK

U ovom završnom radu izrađene su varijante oblikovanja cestovnog rebrastog grednog mosta s tri, četiri i pet glavnih nosača. Preko mosta se prevodi prometnica širine 9 metara a most ima jedan raspon od 15 metara. Glavni nosači su razvedenog oblika (T-presjeka) i različitih geometrijskih karakteristika. Poprečni nosači se nalaze iznad oslonaca i u polovici raspona tvoreći, zajedno s glavnim (uzdužnim) nosačima roštiljnu konstrukciju.

Rad sadrži određivanje najnepovoljnijeg položaja prometnog opterećenja na raponsku konstrukciju svake od varijanti mosta te dimnezioniranje kako bi se usporedile proračunske presječne sile u glavnim nosačima, količina betona za glavne nosače i količina uzdužne vlačne armature glavnih nosača.

Ključne riječi: cestovni most, rebrasti poprečni presjek mosta, varijantna oblikovanja

ABSTRACT

In this thesis, variants of the design of a ribbed beam bridge deck with three, four and five main girders are made. All of variant bridges are one-span constructions with span length of 15 meters. Each bridge carry a 9-meter-wide roadway. Main girders are T-shaped, different in each bridge variant. Transverse girders are placed in the middle of the span and over the supports. Main and transverse girders form grillage deck structure.

The work includes the determination of the most unfavorable position of the traffic load on the bridge deck structure of each of the bridge variants and design procedure in order to compare the calculated design forces, the amount of concrete for the main supports and the amount of longitudinal tensile reinforcement of the main supports.

Key words: road bridge, ribbed bridge cross section, variant design

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OBLIKOVANJE VARIJANTNIH RIJEŠENJA MOSTA	2
3. ODREĐIVANJE OPTEREĆENJA I SILA KOJE DJELUJU NA RASPONSKU KONSTRUKCIJU ..	3
3.1. Određivanje utjecaja od poprečne razdiobe prometnog opterećenja na pojedine glavne nosače	4
4. ANALIZA OPTEREĆENJA NA NOSAČE	8
4.1. Stalno djelovanje	8
4.2. Dodatno stalno opterećenje	11
5. ODREĐIVANJE PRESJEČNIH SILA	12
5.1. Određivanje momenata	12
5.1.1. Određivanje proračunskog momenta M_{Ed}	18
5.2. Određivanje poprečnih sila	19
5.2.1. Određivanje poprečne sile V_{ed}	25
6. ODREĐIVANJE UZDUŽNE ARMATURE U GLAVNOM NOSAČU	26
6.1. Sudjelujuća širina T-presjeka	28
6.2. Statička visina presjeka	30
6.3. Proračun potrebne armature	31
7. USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA	40
8. ZAKLJUČAK	42

Popis tablica

Tablica 1: Proračunske presječne sile u glavnim nosačima (izradio autor)

Tablica 2: Količina betona za glavne nosače (izradio autor)

Tablica 3: Količina uzdužne armature glavnih nosača (izradio autor)

Tablica 4: Usporedba cijene armature i betona (izradio autor)

Popis slika

Slika 1: Opterećenje po modelu 1 (iz Skripte iz predmeta Mostovi)

Slika 2: Opterećenje i sile koje djeluju na raspon mosta (izradio autor)

Slika 3: Poprečni glavni nosač s pločom (izradio autor)

Slika 4: Poprečni glavni nosač s pločom (izradio autor)

Slika 5: Poprečni glavni nosač s pločom (izradio autor)

Slika 6: Dijagram momenta savijanja na rasponsku ploču (izradio autor)

Slika 7: Dijagram poprečne sile na rasponsku konstrukciju (izradio autor)

Slika 8: Skica uzdužne vlačne armature za nosače 1 i 3 (izradio autor)

Slika 9: Skica uzdužne vlačne armature za nosač 2 (izradio autor)

Slika 10: Skica uzdužne vlačne armature za nosače 1, 2, 3, 4 (izradio autor)

Slika 11: Skica uzdužne vlačne armature za nosače 1 i 5 (izradio autor)

Slika 12: Skica uzdužne vlačne armature za nosače 2, 3, 4 (izradio autor)

Popis priloga

Prilog 1: Poprečni presjek mosta s tri glavna nosača	M 1:50
Prilog 2: Poprečni presjek mosta s četiri glavna nosača	M 1:50
Prilog 3: Poprečni presjek mosta s pet glavnih nosača	M 1:50
Prilog 4: Rubni detalj popr. presjeka mosta s tri gl. nosača	M 1:20
Prilog 5: Uzdužni presjek polovice mosta	M 1:50
Prilog 6: Pogled na polovicu mosta u uzdužnom smjeru	M 1:50
Prilog 7: Popr. presjek mosta s tri gl. nosača s prometnim opterećenjem	M 1:50
Prilog 8: Popr. presjek mosta s četiri gl. nosača s prometnim opterećenjem	M 1:50
Prilog 9: Popr. presjek mosta s pet gl. nosača s prometnim opterećenjem	M 1:50

1. UVOD

U završnom radu izrađena su varijantna rješenja oblikovanja mosta s različitim pojedinačnim glavnim nosačima. Dimenzioniran je armiranobetonski most čija je namjena cestovni promet, a prema dimenzijama (15m) spada u male mostove. Gledajući s funkcionalne strane spada u trajne mostove jer mu je uporabni vijek 100 godina, što je kasnije u radu bitno kod određivanja zaštitnog sloja betona.

Most prema svom statičkom sustavu spada u jednostavne gredne mostove gdje se taj gredni sklop pruža preko jednog polja. Promatrajući samo gornji ustroj mosta, rasponska nosiva konstrukcija prenosi opterećenja s kolnika na ležajeve, tj na potpore. Veza između njega i potpora je u grednih mostova slobodna, tj. rasponski sklop se slobodno zaokreće na mjestu potpore. [1] Što se tiče glavnih nosača, oni su razvedenog oblika, tj. T-presjeka, pa je tip glavnog nosača rebro. Rebra su povezana „kolničkom pločom koja osigurava nosivost u poprečnom smjeru i preraspodjelu opterećenja.“ [1]

U ovom radu obrađena su tri mosta od tri, četiri i pet glavnih nosača. Mijenja se širina T-presjeka ovisno o broju nosača te je cilj njihovo uspoređivanje. Svaki od mostova ima istu ukupnu širinu mosta, duljinu, raspon. Rubni dijelovi su također isti, kao npr. monolitno izrađen vijenac i rubnjak, te ugrađen je sustav hidroizolacije. Debljina asfaltnog sloja je 8 cm koja se sastoji od zaštitnog sloja i habajućeg, te upravo zato što se radi o cestovnom prometu debljina je malo veća radi većeg intenziteta prometa. Odvodnja sa mosta je riješena poprečnim nagibom od 2,5 %.

Proračun prometnih opterećenja određuju se prema normi HRN EN 1991-2 [2], dok se proračun presječnih sila i dimenzioniranje provodi prema normama HRN EN 1992-1 [3] i HRN EN 1992-2 [4].

2. OBLIKOVANJE VARIJANTNIH RIJEŠENJA MOSTA

Poprečna dipozicija mosta raspona od 15 m izrađena je sa tri mosta različitih glavnih nosača T-presjeka. Nosači su postavljeni tako da su tijekom izgradnje položeni jedan do drugog i priljubljene su im gornje pojanice koje su sužene pri krajevima radi lakšeg skidanja oplata. Na njih se betonira kolnička ploča na licu mjesta te tada svi ti elementi povezuju u jednu monolitno izvedenu nosivu konstrukciju. [5] Glavni nosači povezani su iznad oslonaca i u polovici raspona poprečnim nosačima. Na taj način ostvareno je roštiljno djelovanje rasponske konstrukcije.

Ukupna širina mosta je 12,4 m, od čega su tri prometna traka od 3 m i rubnih traka od 0,2 m, dok je ostatak predviđen za rubne dijelove.

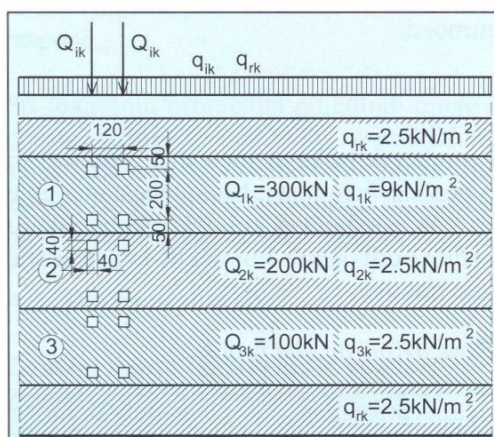
Visina osi rebra glavnih nosača mijenja se ovisno o mostu s određenim brojem nosača. Tako je kod mosta sa četiri i pet glavnih nosača ta visina 107 cm, a kod mosta sa tri nosača 153 cm. Visina kolničke ploče je 20 cm. Što se tiče ostalih svojstva, postavljena je betonska odbojna ograda, te čelična ograda na krajevima. Nije predviđena pješačka staza.

Geometrijske karakteristike svakog pojedinog mosta prikazane su u prilogu 1, 2, 3, 4, 5 i 6.

3. ODREĐIVANJE OPTEREĆENJA I SILA KOJE DJELUJU NA RASPONSKU KONSTRUKCIJU

Cestovna opterećenja definirana su normom HRN EN 1991-2 [2] te se kao takva primjenjuju za proračun cestovnih mostova s pojedinačnim rasponima manjim od 200 m. [6] Na mostu su predviđene tri prometne trake širine svaka po 3 m na kojoj djeluje vertikalno prometno opterećenje.

Karakteristično opterećenje koje se proračunava za mostove u ovom radu za mostove je model 1. „Model 1 - predstavlja glavni sustav opterećenja koji se sastoji od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja, a koje pokriva utjecaje teških vozila i osobnih vozila. Svaki prometni trak opterećuje se s dva osovinska tereta na razmaku 1,2 m s razmakom kotača od 2,0 m i kontinuiranim opterećenjem q_{ik} . Površina nalijeganja kotača je 40x40 cm. Preostala površina opterećuje se kontinuiranim opterećenjem q_{rk} . „ [6]

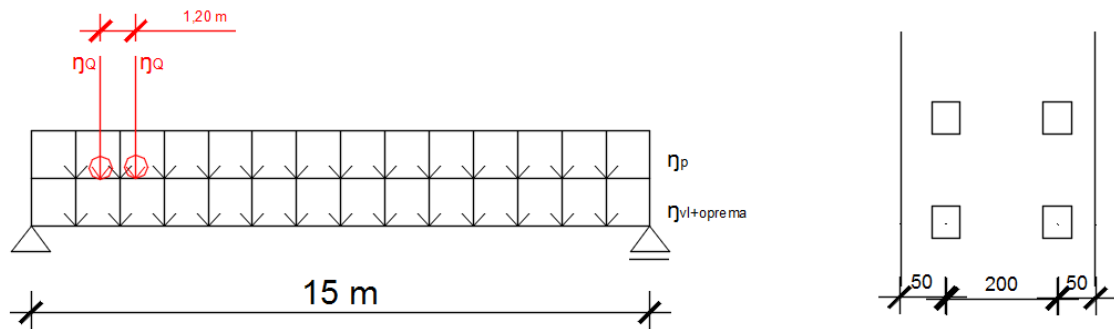


Slika 1: Opterećenje po modelu 1 [6]

Opterećenja:

- **zadano:** $q_1 = 9 \text{ kN/m}^2$, $q_2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$, $q_3 = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- **zadano:** $Q_1 = 300 \text{ kN}$, $Q_2 = 200 \text{ kN}$, $Q_3 = 100 \text{ kN}$

Presječne sile određuju se uporabom utjecajnih linija u poprečnom presjeku rebrastog grednog mosta. Utjecajne linije prikazane su u prilogima 7, 8, 9.



Slika 2: Opterećenje i sile koje djeluju na raspon mosta

3.1. Određivanje utjecaja od poprečne razdiobe prometnog opterećenja na pojedine glavne nosače

MOST S TRI NOSAČA

Nosač 1

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina trapeza} = 9 \frac{kN}{m^2} * 2,265 m^2 = 20,385 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina trokuta} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 1,19 m^2 = 2,98 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,886 + 150 * 0,624 = 226,5 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,49 + 100 * 0,23 = 72 kN$$

$$\eta Q_3 = \text{ne uzima se u proračun}$$

Nosač 2

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina pravokutnika} = 9 \frac{kN}{m^2} * 0,999 m^2 = 8,99 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina pravokutnika} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 2,13 m^2 = 5,33 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,333 + 150 * 0,333 = 99,9 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,333 + 100 * 0,333 = 66,6 kN$$

$$\eta Q_3 = Q_3 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 50 kN * 0,333 + 50 * 0,333 = 33,3 kN$$

Nosač 3

Utjecajne linije za nosač 3 nije potrebno proračunavati jer je isto kao i za nosač 1.

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosač 1

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina trapeza} = 9 \frac{kN}{m^2} * 1,444 m^2 = 13 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina trokuta} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 0,696 m^2 = 1,74 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,69 + 150 * 0,64 = 172,5 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,38 + 100 * 0,17 = 55 kN$$

$$\eta Q_3 = \text{ne uzima se u proračun}$$

Nosač 2

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina trapeza} = 9 \frac{kN}{m^2} * 1,1 m^2 = 9,9 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina trapeza} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 1,26 m^2 = 3,15 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,39 + 150 * 0,33 = 108 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,29 + 100 * 0,22 = 51 kN$$

$$\eta Q_3 = Q_3 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 50 kN * 0,19 + 50 * 0,12 = 15,5 kN$$

Nosač 3 i 4

Utjecajne linije za nosače 3 i 4 nije potrebno proračunavati jer su iste kao i za nosače 1 i 2.

MOST S PET NOSAČA

Nosač 1

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina trapeza} = 9 \frac{kN}{m^2} * 1,44 m^2 = 12,96 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina trokuta} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 0,697 m^2 = 1,74 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,57 + 150 * 0,393 = 144,45 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,305 + 100 * 0,13 = 43,5 kN$$

$$\eta Q_3 = \text{ne uzima se u proračun}$$

Nosač 2

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina trapeza} = 9 \frac{kN}{m^2} * 1,02 m^2 = 9,18 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina trokuta} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 0,86 m^2 = 3,15 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,384 + 150 * 0,297 = 102,15 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,25 + 100 * 0,17 = 42 kN$$

$$\eta Q_3 = Q_3 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 50 kN * 0,12 + 50 * 0,035 = 7,75 kN$$

Nosač 3

$$\eta q_1 = q_1 * \text{površina pravokutnika} = 9 \frac{kN}{m^2} * 0,6 m^2 = 5,4 kN/m'$$

$$\eta q_{2,3,rk} = q_2 * \text{površina pravokutnika} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 1,28 m^2 = 3,2 kN/m'$$

$$\eta Q_1 = Q_1 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 150 kN * 0,2 + 150 * 0,2 = 60 kN$$

$$\eta Q_2 = Q_2 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 100 kN * 0,2 + 100 * 0,2 = 40 kN$$

$$\eta Q_3 = Q_3 * \text{ordinata utjecajne linije na mjestu sile}$$

$$= 50 kN * 0,2 + 50 * 0,2 = 20 kN$$

Nosač 4 i 5

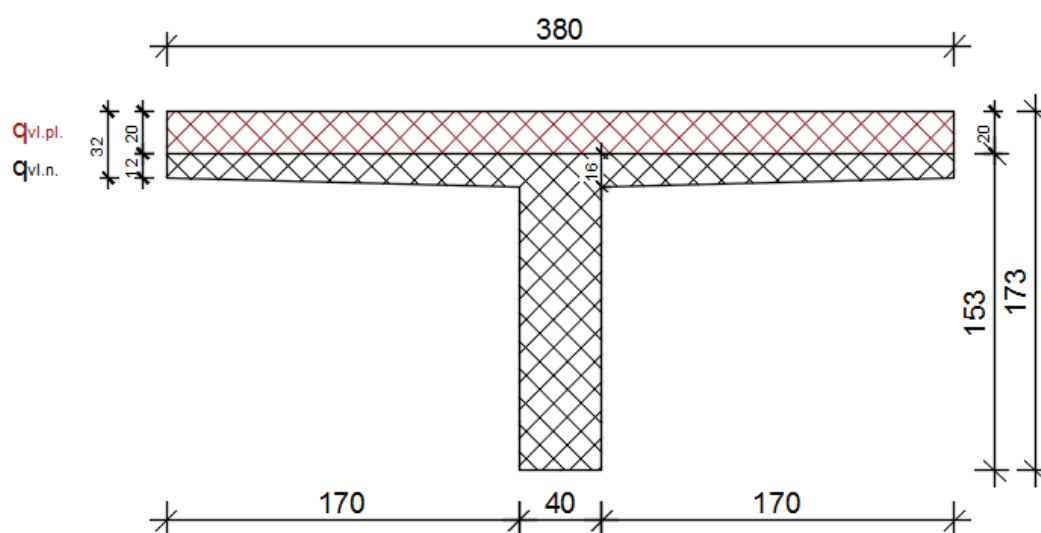
Utjecajne linije za nosače 3 i 4 nije potrebno proračunavati jer su iste kao i za nosače 1 i 2.

4. ANALIZA OPTEREĆENJA NA NOSAČE

4.1. Stalno djelovanje

- vlastita težina rasponskog nosača (q_{vl})
- vlastita težina betonske ploče pojedinog nosača ($q_{vl.ploče}$)

Most s tri nosača



Slika 3: Poprečni glavni nosač s pločom

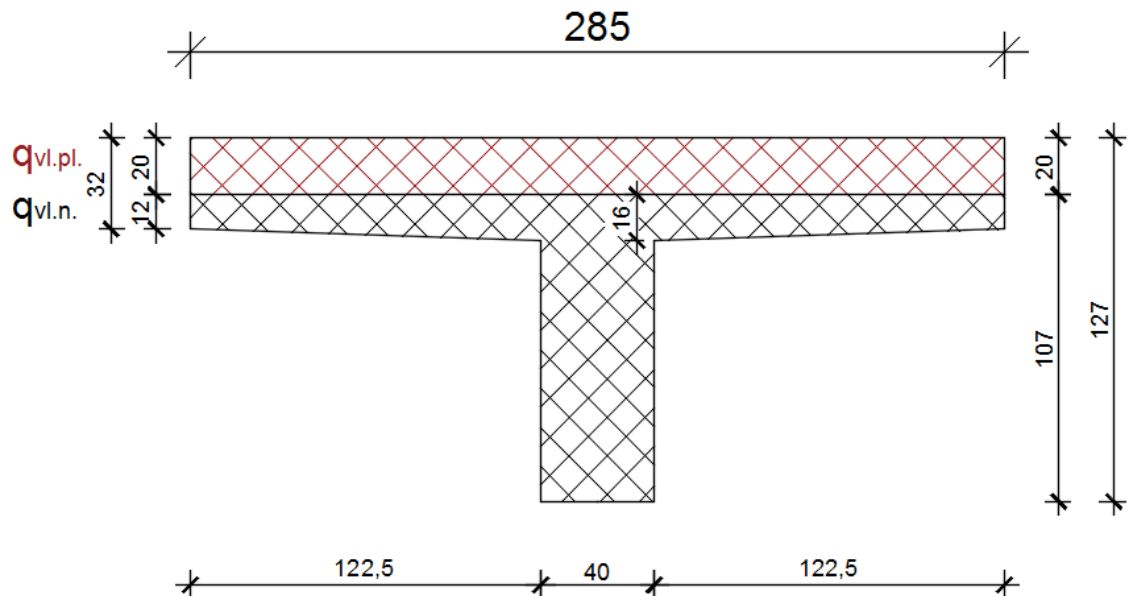
$$A = 1,088 \, m^2$$

$$\gamma_B = 25 \, kN/m^3$$

$$q_{vl} = \text{ploština nosača} * \gamma_B = 1,088 * 25 = 27,2 \, \frac{kN}{m'}$$

$$q_{vl.ploče} = \text{ploština ploče} * \gamma_B = 0,2 * 3,8 * 25 = 19 \, \frac{kN}{m'}$$

Most s četiri nosača



Slika 4: Poprečni glavni nosač s pločom

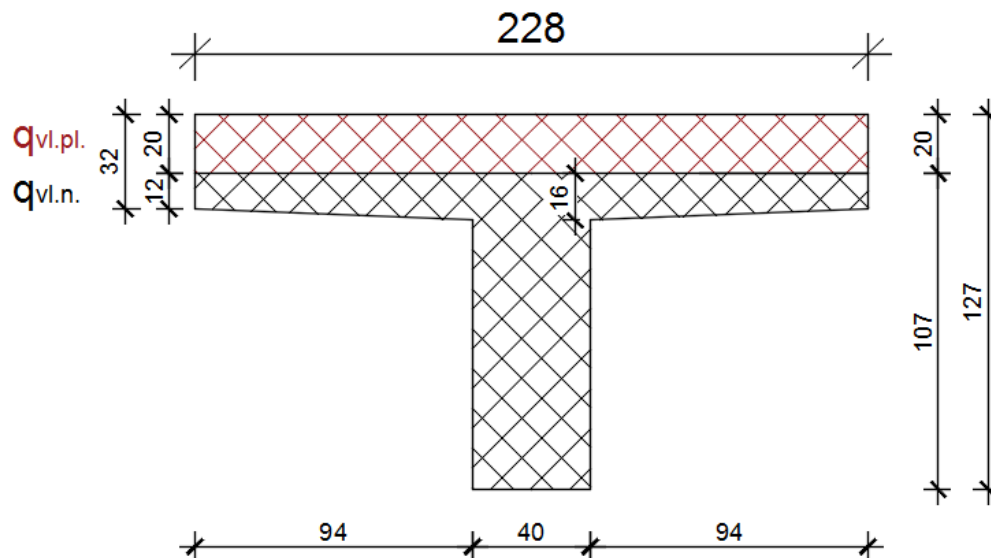
$$A = 0,771 \text{ m}^2$$

$$\gamma_B = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{vl} = \text{ploština nosača} * \gamma_B = 0,771 * 25 = 19,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$q_{vl.ploče} = \text{ploština ploče} * \gamma_B = 0,2 * 2,85 * 25 = 14,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

Most s pet nosača



Slika 5: Poprečni glavni nosač s pločom

$$A = 0,691 \text{ m}^2$$

$$\gamma_B = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{vl} = \text{ploština nosača} * \gamma_B = 0,691 * 25 = 17,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

$$q_{vl.ploče} = \text{ploština ploče} * \gamma_B = 0,2 * 2,28 * 25 = 11,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}'}$$

4.2. Dodatno stalno opterećenje

Ograda: $0,4 \text{ kN/m'}$

Odbojnik: $24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * A_{odbojnik} = 24 * 0,195 = 4,68 \text{ kN/m'}$

Monolitno izveden vijenac: $24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * A_{vijenac} = 24 * 0,342 = 8,21 \text{ kN/m'}$

Rubnjak: $0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * A_{rubnjak} = 0,4 * 0,083 = 0,03 \text{ kN/m'}$

Za kranje nosače
(zbroj je 13,32
kN/m') tzv. kranji
objekti

Kolnički zastor: $0,08 \text{ m} * 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1,76 \text{ kN/m'}$

Hidroizolacija:

za most s tri nosača – $3,8 * 0,01 * 15 = 0,68 \frac{\text{kN}}{\text{m'}}$

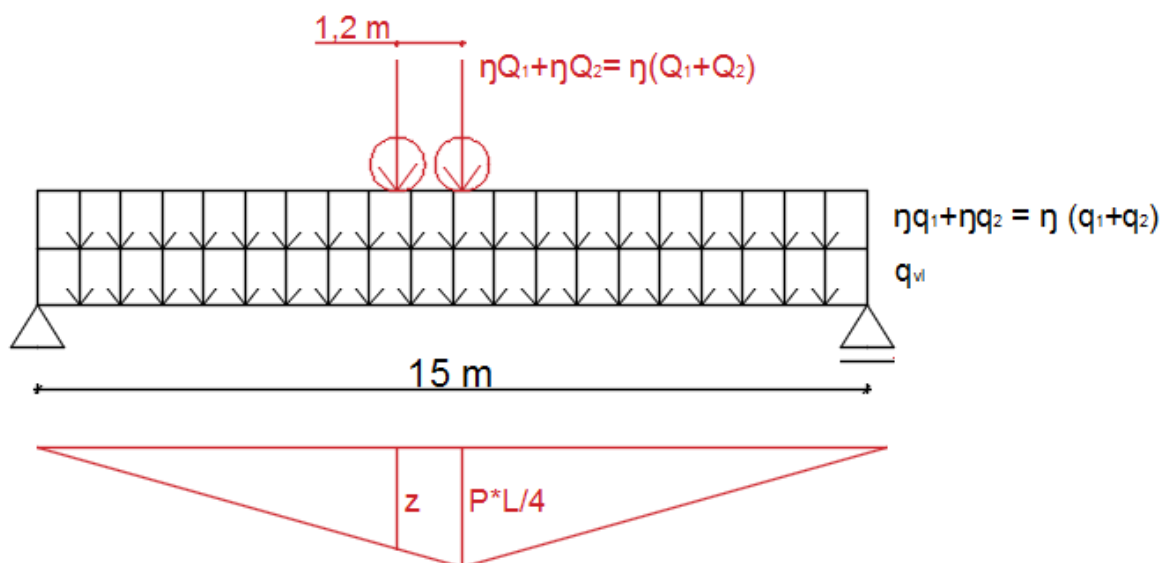
za most s četiri nosača – $2,85 * 0,01 * 15 = 0,51 \frac{\text{kN}}{\text{m'}}$

za most s pet nosača – $2,28 * 0,01 * 15 = 0,41 \frac{\text{kN}}{\text{m'}}$

5. ODREĐIVANJE PRESJEČNIH SILA

5.1. Određivanje momenata

Momenti se određuju uz pomoć utjecajne linije za moment savijanja u $\frac{1}{2}$ glavnog nosača.



Slika 6: Dijagram momenata savijanja na rasponsku konstrukciju

$$\frac{P \cdot L}{4} = \frac{1 \cdot 15}{4} = 3,75$$

$$z = 3,15 \text{ (sličnost trokuta)}$$

MOST S TRI NOSAČA

Nosač 1

$$M_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{kranji objekti} + \text{kol. zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (27,2 + 19 + 13,32 + 1,76 + 0,68) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 1742,63 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (20,385 + 2,98) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 657,14 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2) * z$$

$$= (226,5 + 72) * 3,75 + (226,5 + 72) * 3,15$$

$$= 2059,65 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{količki zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (27,2 + 19 + 1,76 + 0,68) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 1368 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (8,99 + 5,33) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 402,75 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (99,9 + 66,6 + 33,3) * 3,75 + (99,9 + 66,6 + 33,3) * 3,15$$

$$= 1378,62 \text{ kNm}$$

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosač 1

$$M_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{kranji objekti} + \text{kol. zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (19,28 + 14,25 + 13,32 + 1,76 + 0,51) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 1381,5 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (13 + 1,74) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 414,56 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2) * z$$

$$= (172,5 + 55) * 3,75 + (172,5 + 55) * 3,15$$

$$= 1569,75 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + količki\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (19,28 + 14,25 + 1,76 + 0,51) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 1006,87\ kNm$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * površina\ trokuta$$

$$= (9,9 + 3,15) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 367,03\ kNm$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \max\ moment + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (108 + 51 + 15,5) * 3,75 + (108 + 51 + 15,5) * 3,15$$

$$= 1204,05\ kNm$$

MOST S PET NOSAČA

Nosač 1

$$M_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + kranji\ objekti + kol.\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (17,28 + 11,4 + 13,32 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 1242,28\ kNm$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (12,96 + 1,74) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 413,44 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2) * z$$

$$= (144,45 + 43,5) * 3,75 + (144,45 + 43,5) * 3,15$$

$$= 1296,86 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{količki zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (17,28 + 11,4 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 867,66 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (9,18 + 2,15) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 318,66 \text{ kNm}$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (102,15 + 42 + 7,75) * 3,75 + (102,15 + 42 + 7,75) * 3,15$$

$$= 1048,11 \text{ kNm}$$

Nosač 3

$$M_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + količki\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{3,75 * \frac{L}{2}}{2} \right) * 2$$

$$= (17,28 + 11,4 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 867,66\ kNm$$

$$M_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * površina\ trokuta$$

$$= (5,4 + 3,2) * \left(\frac{3,75 * 7,5}{2} \right) * 2$$

$$= 241,88\ kNm$$

$$M_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * max\ moment + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (60 + 40 + 20) * 3,75 + (60 + 40 + 20) * 3,15$$

$$= 828\ kNm$$

5.1.1. Određivanje proračunskog momenta M_{Ed}

$$M_{Ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja, GSN

$\gamma_G = 1,35$ - za stalno nepovoljno djelovanje

$\gamma_Q = 1,35$ – za prometno nepovoljno, cestovno djelovanje

MOST S TRI NOSAČA

Nosač 1

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 1742,63 * 1,35 + 2716,79 * 1,35 = 6020,22 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 1368 * 1,35 + 1781,37 * 1,35 = 3149,37 \text{ kNm}$$

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosač 1

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 1381,5 * 1,35 + 1984,31 * 1,35 = 4543,84 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 1006,87 * 1,35 + 1571,08 * 1,35 = 3480,23 \text{ kNm}$$

MOST S PET NOSAČA

Nosač 1

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 1242,28 * 1,35 + 1710,3 * 1,35 = 3985,98 \text{ kNm}$$

Nosač 2

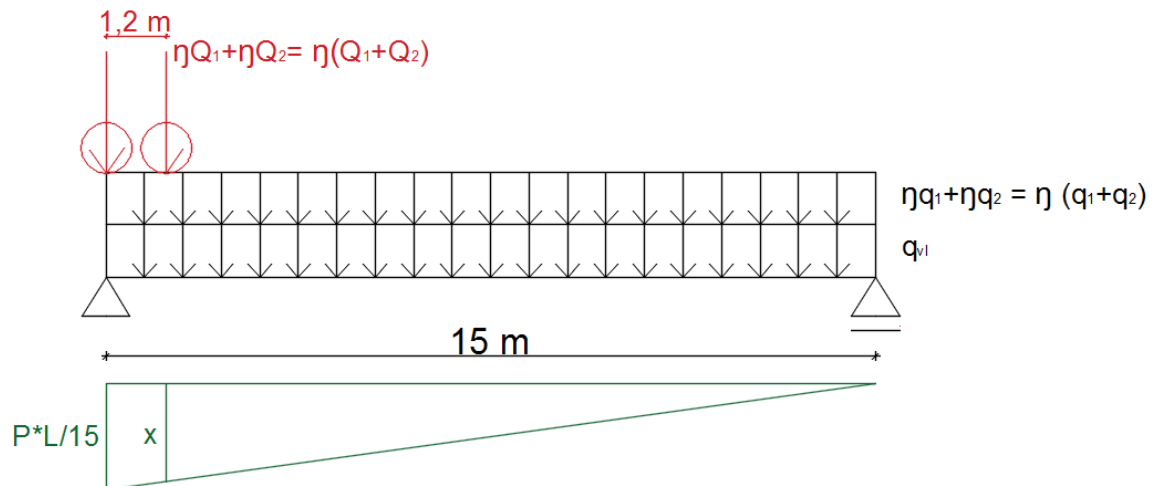
$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 867,66 * 1,35 + 1366,77 * 1,35 = 3016,48 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$M_{ed} = M_{vl} * \gamma_G + M_Q * \gamma_Q = 867,66 * 1,35 + 1069,88 * 1,35 = 2615,68 \text{ kNm}$$

5.2. Određivanje poprečnih sila

Poprečne sile se određuju se uz pomoć utjecajne linije za poprečnu silu na početku raspona tj. kod ležaja.



Slika 7: Dijagram poprečne sile na rasponsku konstrukciju

$$\frac{P \cdot L}{15} = \frac{1 \cdot 15}{15} = 1$$

$$x = 0,92 \text{ (sličnost trokuta)}$$

MOST S TRI NOSAČA

Nosač 1

$$V_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{kranji objekti} + \text{kol. zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{1 * L}{2}\right) * 2$$

$$= (27,2 + 19 + 13,32 + 1,76 + 0,68) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right) * 2$$

$$= 464,7 \text{ kN}$$

$$V_{\eta q_1 + q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (20,385 + 2,98) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right) * 2$$

$$= 175,24 \text{ kN}$$

$$V_{\eta Q_1 + Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max poprečna sila} + \eta(Q_1 + Q_2) * x$$

$$= (226,5 + 72) * 1 + (226,5 + 72) * 0,92$$

$$= 573,12 \text{ kNm}$$

Nosač 2

$$V_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{količki zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{1 * L}{2}\right)$$

$$= (27,2 + 19 + 1,76 + 0,68) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 364,8 \text{ kN}$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (8,99 + 5,33) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 107,4 \text{ kN}$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (99,9 + 66,6 + 33,3) * 1 + (99,9 + 66,6 + 33,3) * 0,92$$

$$= 383,62 \text{ kN}$$

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosač 1

$$V_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{kranji objekti} + \text{kol. zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{1 * L}{2}\right)$$

$$= (19,28 + 14,25 + 13,32 + 1,76 + 0,51) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 368,4 \text{ kN}$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (13 + 1,74) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 110,55 \text{ kN}$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2) * z$$

$$= (172,5 + 55) * 1 + (172,5 + 55) * 0,92$$

$$= 436,8 \text{ kN}$$

Nosač 2

$$V_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + količki\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{1 * L}{2}\right)$$

$$= (19,28 + 14,25 + 1,76 + 0,51) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 268,5\ kN$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * površina\ trokuta$$

$$= (9,9 + 3,15) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 97,875\ kN$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \max\ moment + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (108 + 51 + 15,5) * 1 + (108 + 51 + 15,5) * 0,92$$

$$= 335,04\ kNm$$

MOST S PET NOSAČA

Nosač 1

$$V_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + kranji\ objekti + kol.\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{1 * L}{2}\right) * 2$$

$$= (17,28 + 11,4 + 13,32 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 331,275\ kN$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (12,96 + 1,74) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 110,25 \text{ kN}$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2) * z$$

$$= (144,45 + 43,5) * 1 + (144,45 + 43,5) * 0,92$$

$$= 360,86 \text{ kN}$$

Nosač 2

$$V_{vl} = q_{vl} * \text{površina trokuta}$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + \text{količki zastor} + \text{hidroizolacija}) * \left(\frac{1 * L}{2}\right)$$

$$= (17,28 + 11,4 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 231,38 \text{ kN}$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * \text{površina trokuta}$$

$$= (9,18 + 2,15) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 84,98 \text{ kN}$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \text{max moment} + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (102,15 + 42 + 7,75) * 1 + (102,15 + 42 + 7,75) * 0,92$$

$$= 291,65 \text{ kN}$$

Nosač 3

$$V_{vl} = q_{vl} * površina\ trokuta$$

$$= (q_{vl} + q_{vl.ploče} + količki\ zastor + hidroizolacija) * \left(\frac{1 * L}{2}\right)$$

$$= (17,28 + 11,4 + 1,76 + 0,41) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 231,38\ kN$$

$$V_{\eta q_1+q_2} = \eta(q_1 + q_2) * površina\ trokuta$$

$$= (5,4 + 3,2) * \left(\frac{1 * 15}{2}\right)$$

$$= 64,5\ kN$$

$$V_{\eta Q_1+Q_2} = \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * \max\ moment + \eta(Q_1 + Q_2 + Q_3) * z$$

$$= (60 + 40 + 20) * 1 + (60 + 40 + 20) * 0,92$$

$$= 230,4\ kN$$

5.2.1. Određivanje poprečne sile V_{ed}

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja, GSN

$\gamma_G = 1,35$ - za stalno nepovoljno djelovanje

$\gamma_Q = 1,35$ - za prometno nepovoljno, cestovno djelovanje

MOST S TRI NOSAČA

Nosač 1

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 464,7 * 1,35 + 743,36 * 1,35 = 1630,88 \text{ kN}$$

Nosač 2

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 364,8 * 1,35 + 491,02 * 1,35 = 1325,75 \text{ kN}$$

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosač 1

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 368,4 * 1,35 + 547,35 * 1,35 = 1236,26 \text{ kN}$$

Nosač 2

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 268,5 * 1,35 + 432,915 * 1,35 = 946,91 \text{ kN}$$

MOST S PET NOSAČA

Nosač 1

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 331,275 * 1,35 + 471,11 * 1,35 = 1083,22 \text{ kN}$$

Nosač 2

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 231,38 * 1,35 + 376,63 * 1,35 = 820,81 \text{ kN}$$

Nosač 3

$$V_{ed} = V_{vl} * \gamma_G + V_Q * \gamma_Q = 231,38 * 1,35 + 294,9 * 1,35 = 710,48 \text{ kN}$$

6. ODREĐIVANJE UZDUŽNE ARMATURE U GLAVNOM NOSAČU

Klasa betona: **C 50/60**

Klasa čelika: **B500B**

PRORAČUNSKA TLAČNA ČVRSTOĆA:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{50}{1,5} = 28,33 \text{ Mpa} = 2,83 \text{ kN/cm}^2$$

PRORAČUNSKA GRANICA ČELIKA ZA ARMIRANJE:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ Mpa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Most se nalazi na mjestu gdje su dijelovi mosta izloženi prskanju vode koja sadrži kloride (more). Betonske površine izložene su izravnom prskanju vode koja sadrži sredstva za odmrzavanje i zamrzavanje te područje plime i oseke.

XD3 → 3. razred izloženosti (korozijska uzrokovana kloridima)

→ ciklički vlažna i suha sredina

XF4 → 5.razred izloženosti (korozijska uzrokovana zamrzavanjem i odmrzavanjem)

→ mjesto jako zasićeno vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morskom vodom

Zaštitni sloj betona

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Δc_{dev} - proračunski dopušteno odstupanje debljine zaštitnog sloja

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

c_{min} - najmanji zaštitni sloj

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

$c_{min,b}$ - najmanji zaštitni sloj s obzirom na prionljivost između betona i armature

$c_{min,dur}$ - najmanji zaštitni sloj s obzirom na uvjete okoliša (trajnost)

$\Delta c_{dur,\gamma}$ - dodatni sloj sigurnosti, $\Delta c_{dur,\gamma} = 0$

$\Delta c_{dur,st}$ - smanjenje najmanjeg zaštitnog sloja u slučaju upotrebe nehrđajućeg čelika,
 $\Delta c_{dur,st} = 0$

$\Delta c_{dur,add}$ - smanjenje najmanjeg zaštitnog sloja u slučaju izvedbe dodatne zaštite,
 $\Delta c_{dur,add} = 0$

$$c_{min} = \max\{10 \text{ mm}; c_{min,dur} + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}\}$$

$$c_{min,dur} = \max\{10 \text{ mm}; c_{min,dur} + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}\}$$

RAZRED IZLOŽENOSTI: XD3 (proračunski uporabni vijek 100 godina)

RAZRED KONSTRUKCIJE: S4 → S6 (55 cm)

Ali pošto je drugi uvjet osigurana potrebna kontrola kvalitete proizvodnje betona se S6 smanjuje za jedan razred (S6 → S5)

Konačni rezultat: S5 (50 mm)

$$c_{min,dur} = 50 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$$

6.1. Sudjelujuća širina T-presjeka

MOST S TRI NOSAČA

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b = 380 \text{ cm}$$

$$b_i = 170 \text{ cm}$$

$$l_o = 1500 \text{ cm}$$

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$b_{effi} = 0,2 * b_i + 0,1 * l_o \leq 0,2 * l_o ; b_i$$

$$b_{effi} = 0,2 * 170 + 0,1 * 1500 \leq 0,2 * 1500; 170$$

$$b_{effi} = 184 \leq 300 ; 170$$

$$b_{effi} = 170 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 170 + 170 + 40 \leq 380$$

$$b_{eff} = 380 \text{ cm}$$

MOST S ČETIRI NOSAČA

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b = 285 \text{ cm}$$

$$b_i = 122,5 \text{ cm}$$

$$l_o = 1500 \text{ cm}$$

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$b_{effi} = 0,2 * b_i + 0,1 * l_o \leq 0,2 * l_o ; b_i$$

$$b_{effi} = 0,2 * 122,5 + 0,1 * 1500 \leq 0,2 * 1500; 122,5$$

$$b_{effi} = 174 \leq 300 ; 122,5$$

$$b_{effi} = 122,5 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 122,5 + 122,5 + 40 \leq 285$$

$$b_{eff} = 285 \text{ cm}$$

MOST S PET NOSAČA

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b = 228 \text{ cm}$$

$$b_i = 94 \text{ cm}$$

$$l_o = 1500 \text{ cm}$$

$$b_w = 40 \text{ cm}$$

$$b_{effi} = 0,2 * b_i + 0,1 * l_o \leq 0,2 * l_o ; b_i$$

$$b_{effi} = 0,2 * 94 + 0,1 * 1500 \leq 0,2 * 1500; 94$$

$$b_{effi} = 168 \leq 300 ; 94$$

$$b_{effi} = 94 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 94 + 94 + 40 \leq 228$$

$$b_{eff} = 228 \text{ cm}$$

6.2. Statička visina presjeka

Most s tri nosača

$$d_1 = c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} = 6 + 1,2 + \frac{2,4}{2} = 8,4 \text{ cm}$$

$$d = (h - d_1) = (173 - 8,4) = 164,6 \text{ cm}$$

Most s četiri i pet nosača

$$d_1 = c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} = 6 + 1,2 + \frac{2,4}{2} = 8,4 \text{ cm}$$

$$d = (h - d_1) = (127 - 8,4) = 118,6 \text{ cm}$$

6.3. Proračun potrebne armature

MOST S TRI NOSAČA

Nosači 1 i 3

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 6020,22 \text{ kNm} = 602022 \text{ kNcm}$$

$$b = 380 \text{ cm}$$

$$d = 164,4 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = 2,83 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{602022}{380 * 164,6^2 * 2,83} = 0,020$$

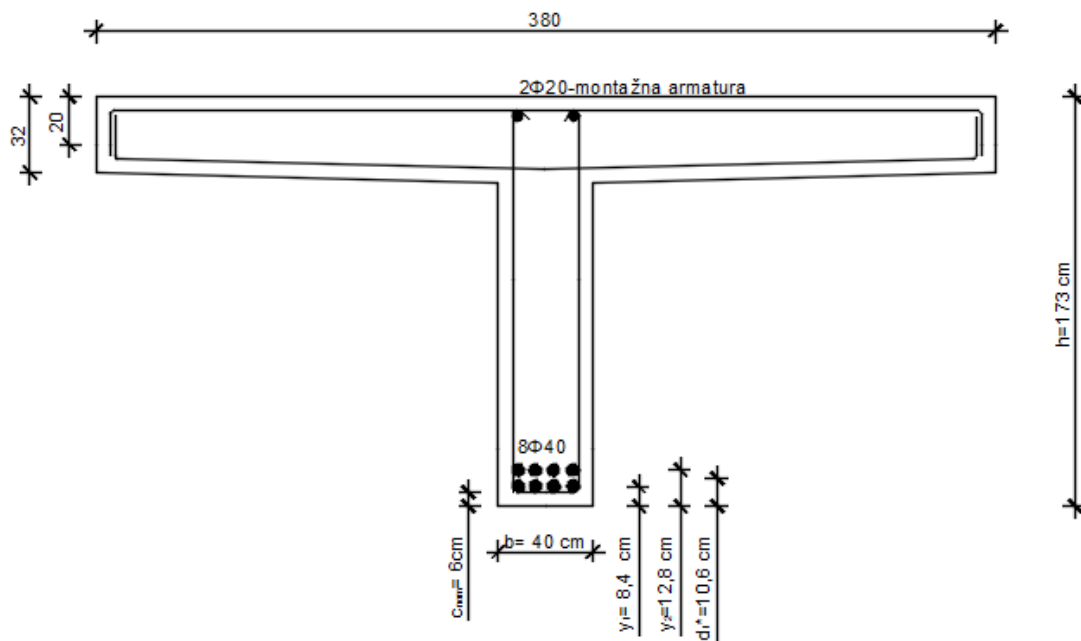
$$\xi = \frac{x}{d} = 0,025 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,990$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,025 * 164,4 = 4,11; \quad 4,11 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{602022}{0,990 * 164,4 * 43,48} = 84,97 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 8φ40 (100,53 cm²)



Slika 8: Skica uzdužne armature za nosače 1 i 3

Nosač 2

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 3149,37 \text{ kNm} = 314937 \text{ kNcm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{314937}{380 * 164,6^2 * 2,83} = 0,010$$

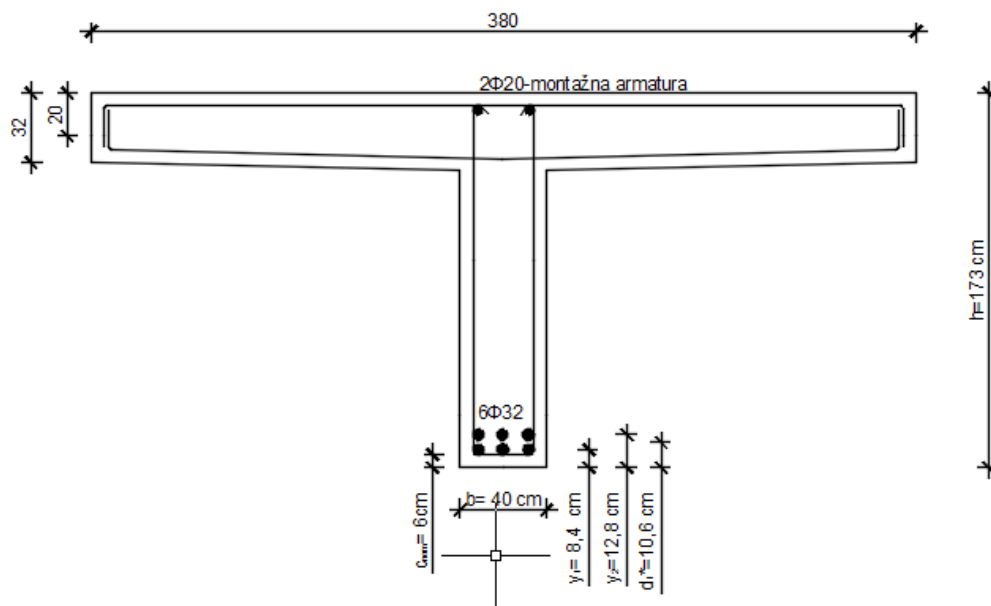
$$\xi = \frac{x}{d} = 0,012 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,995$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,012 * 164,4 = 1,97; \quad 1,97 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{314937}{0,995 * 164,6 * 43,48} = 44,22 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 6Φ32 (48,25 cm²)



Slika 9: Skica uzdužna armature za nosač 2

MOST S ČETIRI NOSAČA

Nosači 1 i 4

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 4543,84 \text{ kNm} = 454384 \text{ kNcm}$$

$$b = 285 \text{ cm}$$

$$d = 118,6 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = 2,83 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{454384}{285 * 118,6^2 * 2,83} = 0,042$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,053 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,978$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,053 * 118,6 = 6,29; \quad 6,29 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{454384}{0,978 * 118,6 * 43,48} = 90,096 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 8φ40 (100,53 cm²)

Nosači 2 i 3

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 3480,23 \text{ kNm} = 348023 \text{ kNcm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{348023}{285 * 118,6^2 * 2,83} = 0,030$$

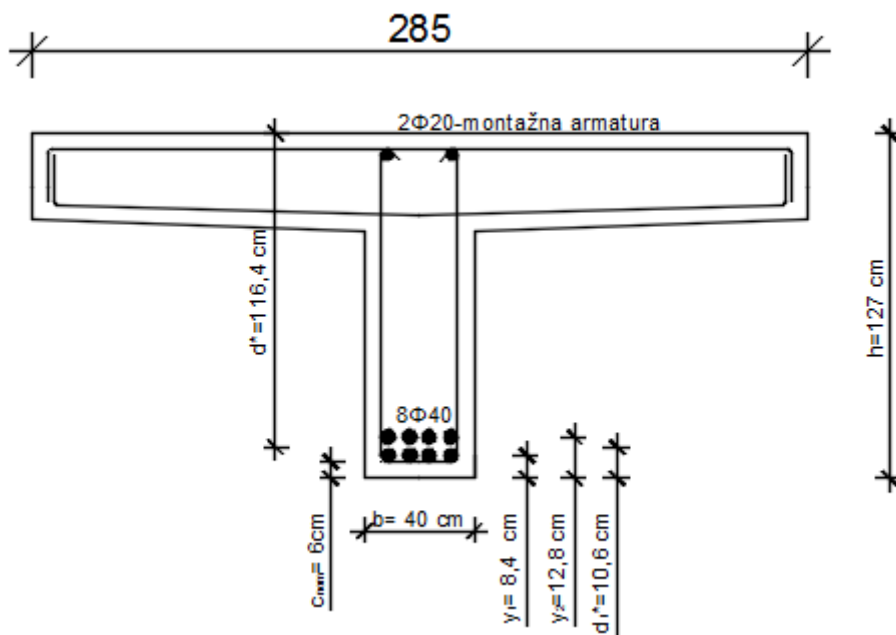
$$\xi = \frac{x}{d} = 0,037 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,985$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,037 * 118,6 = 4,39; \quad 4,39 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{348023}{0,985 * 118,6 * 43,48} = 68,52 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 8φ40 (100,53 cm²)



Slika 10: Skica uzdužne armature za nosače 1,2,3,4

MOST S PET NOSAČA

Nosači 1 i 5

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 3985,98 \text{ kNm} = 398598 \text{ kNcm}$$

$$b = 228 \text{ cm}$$

$$d = 118,6 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = 2,83 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{398598}{228 * 118,6^2 * 2,83} = 0,044$$

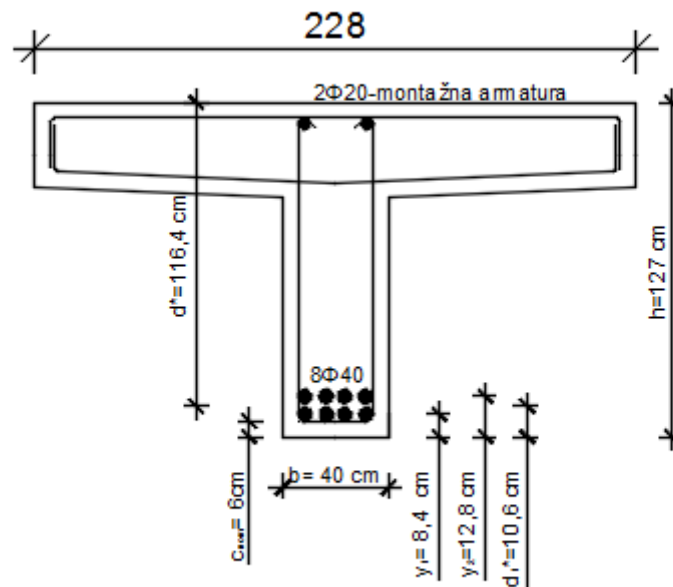
$$\xi = \frac{x}{d} = 0,055 \quad \varsigma = \frac{z}{d} = 0,977$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$x = 0,055 * 118,6 = 6,5; \quad 6,5 < 20 \quad \rightarrow$ neutralna os prolazi kroz ploču

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{398598}{0,977 * 118,6 * 43,48} = 79,11 \text{ cm}^2$$

$\rightarrow$ ODABIRE SE $8\phi 40$ ($100,53 \text{ cm}^2$)



Slika 11: Skica uzdužne armature za nosače 1 i 5

Nosači 2 i 4

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 3016,48 \text{ kNm} = 301648 \text{ kNcm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{301648}{228 * 118,6^2 * 2,83} = 0,033$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,049 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,979$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,049 * 118,6 = 5,8; \quad 5,8 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{301648}{0,979 * 118,6 * 43,48} = 59,75 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 8φ32 (64,34 cm²)

Nosač 3

$$M_{Ed} = M_{Eds} = 2615,68 \text{ kNm} = 261568 \text{ kNcm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{261568}{228 * 118,6^2 * 2,83} = 0,029$$

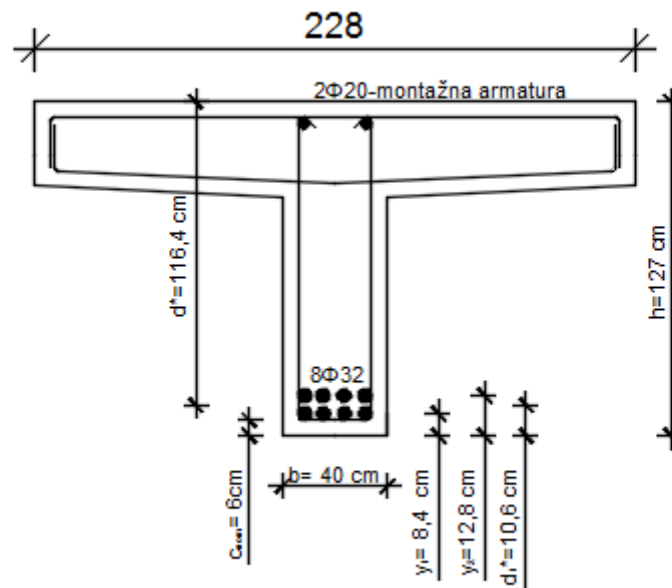
$$\xi = \frac{x}{d} = 0,037 \quad \zeta = \frac{z}{d} = 0,985$$

Provjera da li neutralna os prolazi kroz ploču: $x = \xi * d; x \leq h$

$$x = 0,037 * 118,6 = 4,39; \quad 4,39 < 20 \quad \rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{261568}{0,985 * 118,6 * 43,48} = 51,49 \text{ cm}^2$$

→ ODABIRE SE 8 ϕ 32 (64,34 cm²)



Slika 12: Skica uzdužne armature za nosače 2, 3, 4

Statička visina jednog reda armature:

$$y_1 = 8,4 \text{ cm}$$

Statička visina drugog reda armature:

$$y_2 = d_1 + \text{razmak} + \text{promjer šipke} = 8,4 + 2 + 2,4 = 12,8 \text{ cm}$$

Statička visina težišta armature

$$d_1^* = \frac{A^1 * y^1 + A^2 * y^2}{A}$$

$$d_1^* = \frac{4,5 * 8,4 + 4,5 * 12,8}{9} = 10,6 \text{ cm}$$

$$d = (h - d_1) = (173 - 10,6) = 162,4 \text{ cm} \rightarrow \text{za most s tri nosača}$$

$$d = (h - d_1) = (127 - 10,6) = 116,4 \text{ cm} \rightarrow \text{za most s četiri i pet nosača}$$

***Napomena:** Nakon dobivenih promjera šipki, armatura se postavlja u dva reda i radi se proračun statičke visine težišta armature. S novom dobivenom statičkom visinom d^* ulazi se u ponovni proračun potrebne armature, ali pošto se ponovno dobiva isti promjer šipke jer nisu velike razlike u proračunu, izostavljen je taj proračun u radu.

7. USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA

Tablica 1: Proračunske presječne sile u glavnim nosačima

MOST	NOSAČI	Ved (kN)	Med(kNm)
TRI GLAVNA NOSAČA	1 i 3	1630,88	6020,22
	2	1325,75	3149,37
ČETIRI GLAVNA NOSAČA	1 i 4	1236,26	4543,84
	2 i 3	946,91	3480,23
PET GLAVNIH NOSAČA	1 i 5	1083,22	3985,98
	2 i 4	820,81	3016,48
	3	710,48	2615,68

Proračunski moment se smanjuje s povećanjem broja glavnih nosača, tako i poprečne sile. Opterećenje je na krajevima mosta veće, zato su i moment i poprečna sila veće na rubnim nosačima.

Tablica 2: Količina betona za glavne nosače

MOST	POVRŠINA NOSAČA(m ²)	KOLIČINA BETONA (m ³ /m')
MOST S TRI GLAVNA NOSAČA	1,088	3,26
MOST S ČETIRI GLAVNA NOSAČA	0,771	3,08
MOST S PET GLAVNIH NOSAČA	0,691	3,46

Što se tiče same površine poprečnog presjeka glavnih nosača, ono je najveće kod mosta s tri nosača jer ima najširu pojasnicu, ali i samu visinu. S druge strane količina betona je najveća za most s pet gl. nosača, zatim slijedi most s tri nosača zbog toga jer se tijekom dimenzioniranja mosta morala povećati statička visina da bi se u presjek mogla smjestiti glavna uzdužna armatura, pa su ujedno i dimenzije glavnog nosača veće.

Tablica 3: Količina uzdužne armature glavnih nosača

MOST	ARMATURA U GLAVNIM NOSAČIMA	MASA JEDNE ŠIPKE (kg/m')	UKUPNA KOLIČINA ARMATURE U POPREČNOM PRESJEKU SVIH GLAVNIH NOSAČA (kg/m')
MOST S TRI NOSAČA	2 x 8φ40	9,860	105,62
	1 x 6φ32	6,310	
MOST S ČETIRI NOSAČA	4 x 8φ40	9,860	315,52
MOST S PET NOSAČA	2 x 8φ40	9,860	308,44
	3 x 8φ32	6,310	

Dobiveni rezultati prikazuju da je najveća količina armature potrebna za most s četiri glavna nosača radi toga jer je na rubnim dijelovima veće opterećenje koje se raspoređuje na dva središnja nosača dok u slučaju mosta s pet glavnih nosača se isto raspoređuje na tri središnja nosača stoga je potrebno manje armature.

CIJENA ARMATURE:

Čelik betonski B500B, armaturna šipka promjera 8φ i 6 φ → 10 kn/kg

CIJENA BETONA:

Beton klase C 50/60 → 700 kn/m³

Tablica 4: Usporedba cijene armature i betona

MOST	CIJENA ARMATURE SVIH GLAVNIH NOSAČA (kn)	CIJENA BETONA PO GLAVNOM NOSAČU (kn)
MOST S TRI GLAVNA NOSAČA	15 843	34 230
MOST S ČETIRI GLAVNA NOSAČA	47 328	32 340
MOST S PET GLAVNIH NOSAČA	46 266	36 330

Cijena betona je u svakom slučaju veća od cijene armature i promatrajući dobivene rezultate u tablici, najpogodniji odabir je svakako nosač sa tri glavna nosača. Iako mu je cijena betona po nosaču veća za određen iznos od mosta sa četiri nosača, ukupan zbroj armature i betona je daleko manji od preostala dva slučaja.

8. ZAKLJUČAK

Tema ovog završnog rada su varijante oblikovanja cestovnog grednog mosta s tri, četiri i pet glavnih nosača. Bio je zadan most manjeg raspona kojem je nosiva konstrukcija rebrasta i armiranobetonskog gradiva koji premošćuje jedno polje.

Za svaki pojedini nosač i svako varijantno rješenje napravljen je proračun presječnih sila te su rezultati prikazani u tablici gdje se vidi da povećanjem broja glavnih nosača opada veličina momenta savijanja, ali i poprečnih sila. Rubni su dijelovi mosta više opterećeni, nego središnji. Ista stvar je i sa količinom armature, potrebna je veća količina armature na rubnim nosačima, nego na središnjim.

Što se tiče geometrijskih karakteristika pojedinog nosača od svake varijante mosta prvo se primjećuje da što je manja konstrukcijska visina rebra, potrebno je više rebra. Vidi se velika razlika od 153 cm visine za most od tri nosača do 107 cm visine za mostove s četiri i pet nosača. Količina betona također ovisi o broju nosača. Što je više rebara, potrebna je veća količina betona uz iznimka mosta s tri nosača upravo radi konstrukcijske visine rebra.

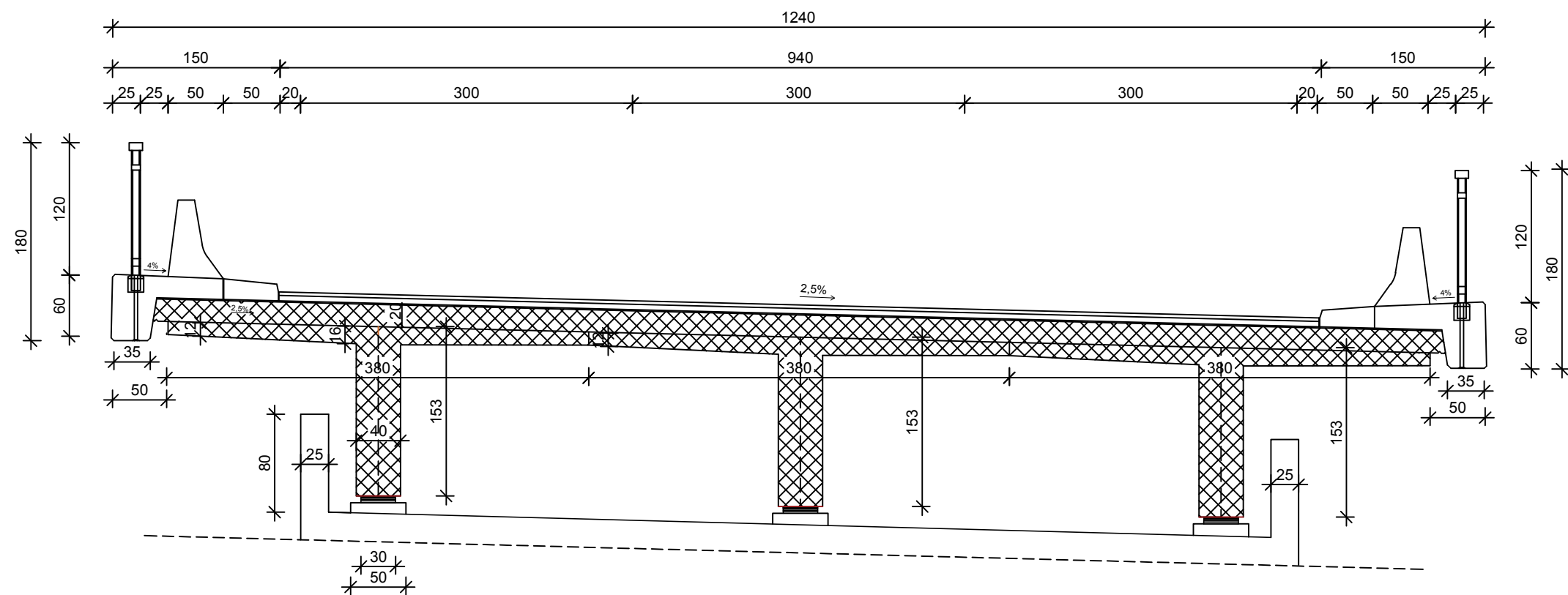
Promatrajući sve dobivene rezultate, svakako najpovoljniji i najekonomičniji odbar bi bio most sa tri glavna nosača uzimajući u obzir samo uzdužnu vlačnu armaturu donje zone rebra i beton u presjeku glavnog nosača. Za procjenu ukupno cjenovno najpovoljnijeg varijantnog rješenja trebali bi uzet u obzir uzdužnu armaturu u hrptu i pojasnici te poprečnu armaturu, no to nije bio zadatak ovog završnog rada.

9. LITERATURA

- [1] Marić Z., Mostovi I, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet u Osijeku, Osijek, 2016.
- [2] HRN EN 1991-2:2012, Eurocod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2.dio: Prometna opterećenja mostova, Hrvatski zavod za norme, Zagreb 2012.
- [3] HRN EN 1992-1-1:2013, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010), Zagreb 2013.
- [4] HRN EN 1992-2:2013: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 2. dio: Betonski mostovi – Proračun i pravila razrade detalja (EN 1992-2:2005+AC:2008), Zagreb 2013.
- [5] Štimac Grandić I., Materijali iz predavanja, Građevinski fakultet u Rijeci
- [6] Štimac Grandić I.: Skripta iz predmeta Mostovi, skripta, Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

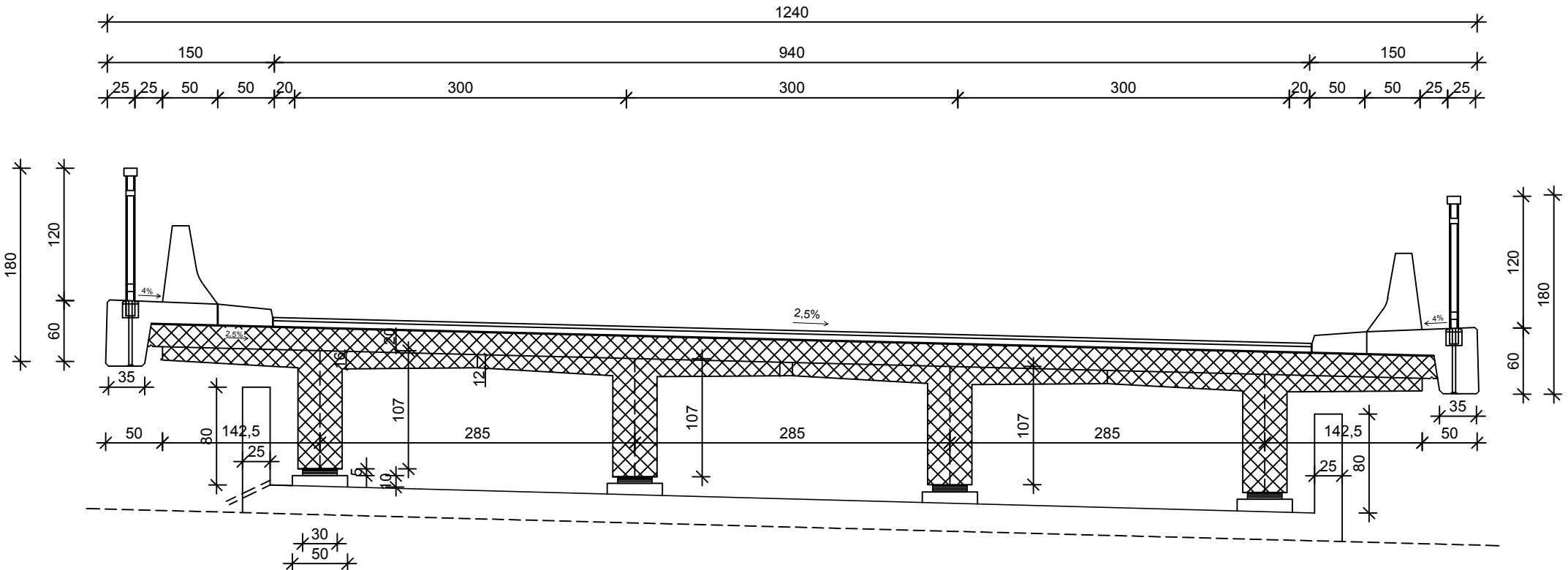
Poprečni presjek mosta s tri nosača

M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNOG MOSTA		Sadržaj nacрта: POPREČNI PRESJEK MOSTA S TRI GLAVNA NOSAČA	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić		Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50
			List: 1

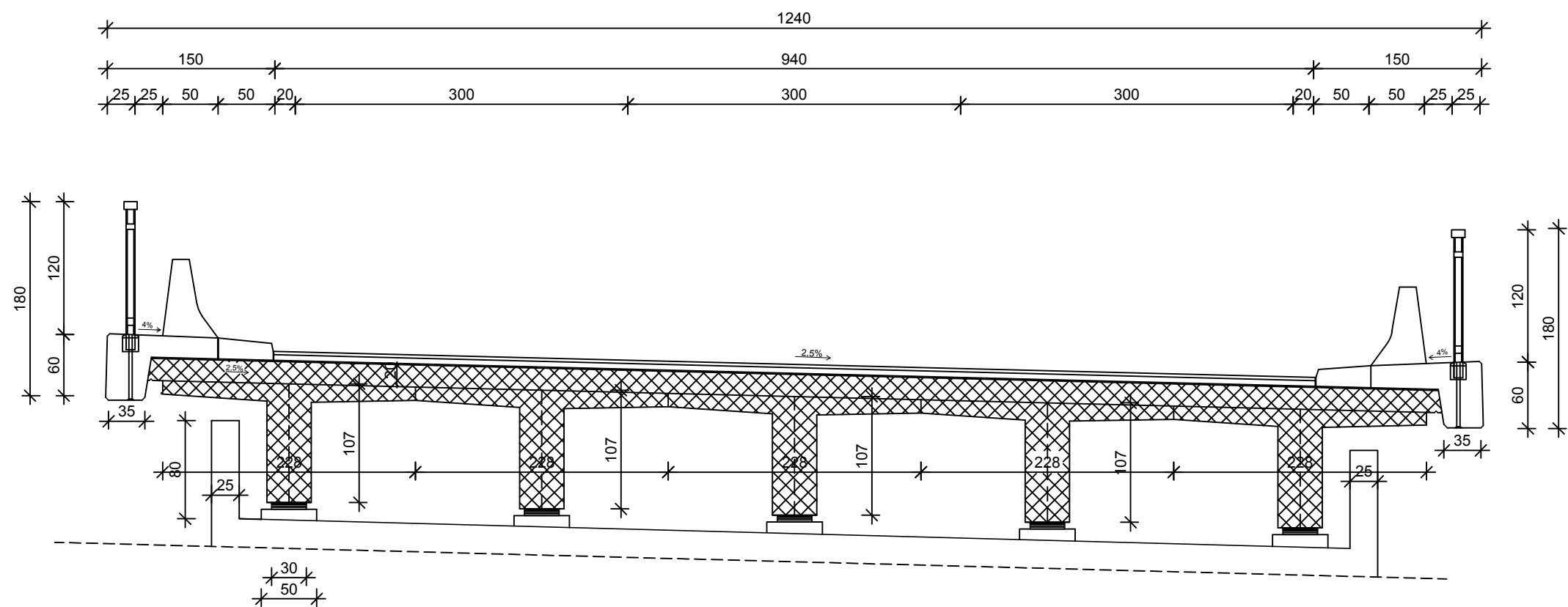
Poprečni presjek mosta s četiri nosača
M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNOG MOSTA		Sadržaj nacrta: POPREČNI PRESJEK MOSTA S ČETIRI GLAVNA NOSAČA	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić		Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50
			List: 2

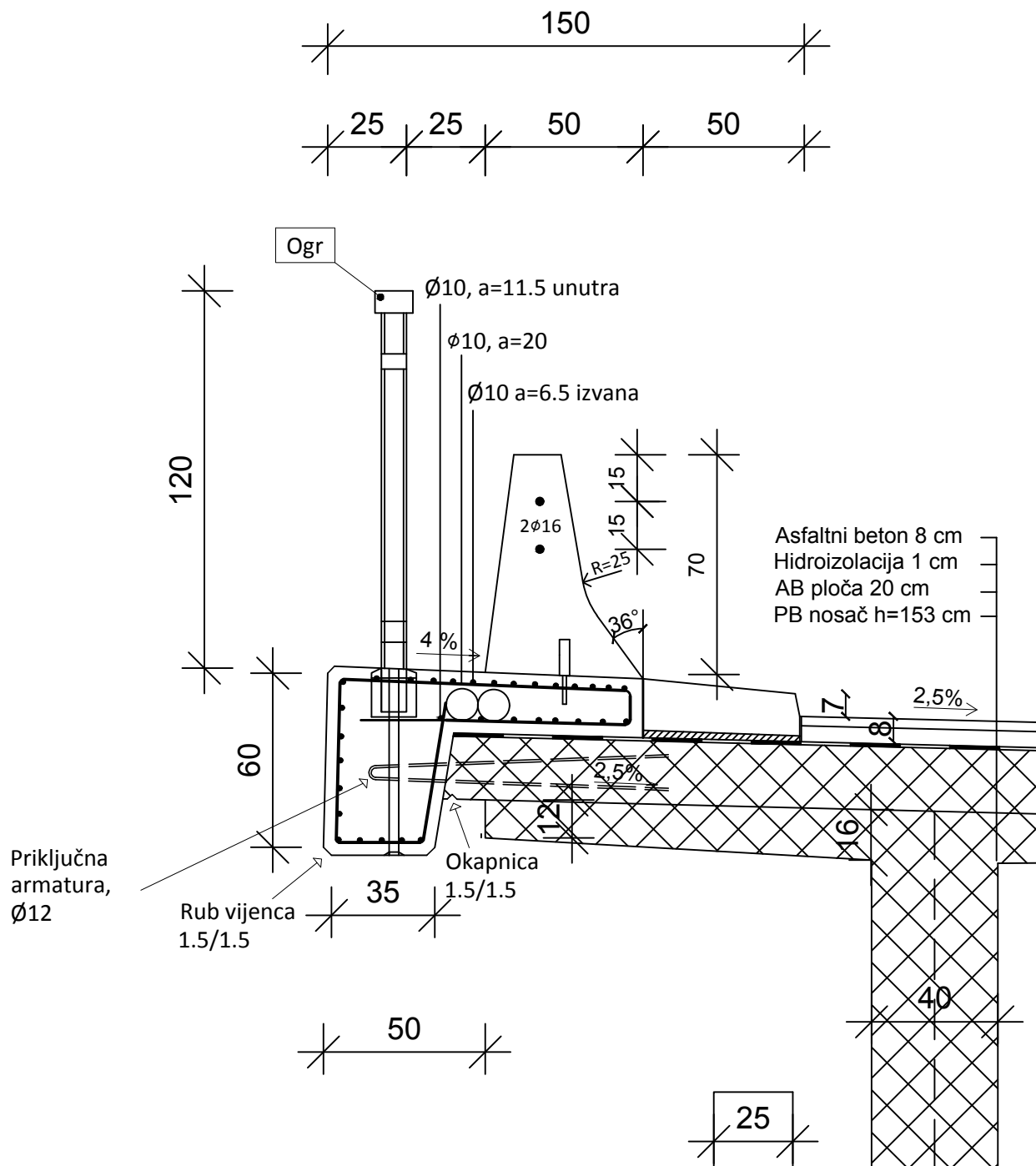
Poprečni presjek mosta s pet nosača

M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNOG MOSTA		Sadržaj nacrt: POPREČNI PRESJEK MOSTA S PET GLAVNIH NOSAČA	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić	Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50	List: 3

Rubni detalj M 1 : 20



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Završni rad:
**VARIJANTNE OBLIKOVANJA
CESTOVNOG REBRASTOG
GREDNOG MOSTA**

Student:
Marina Novak

Mentor:
prof. Ivana Štimac Grandić

Sadržaj nacrt:
**RUBNI DETALJ POPREČNOG
PRESJEKA MOSTA S TRI
GLAVNA NOSAČA**

Kolegij:
MOSTOVI

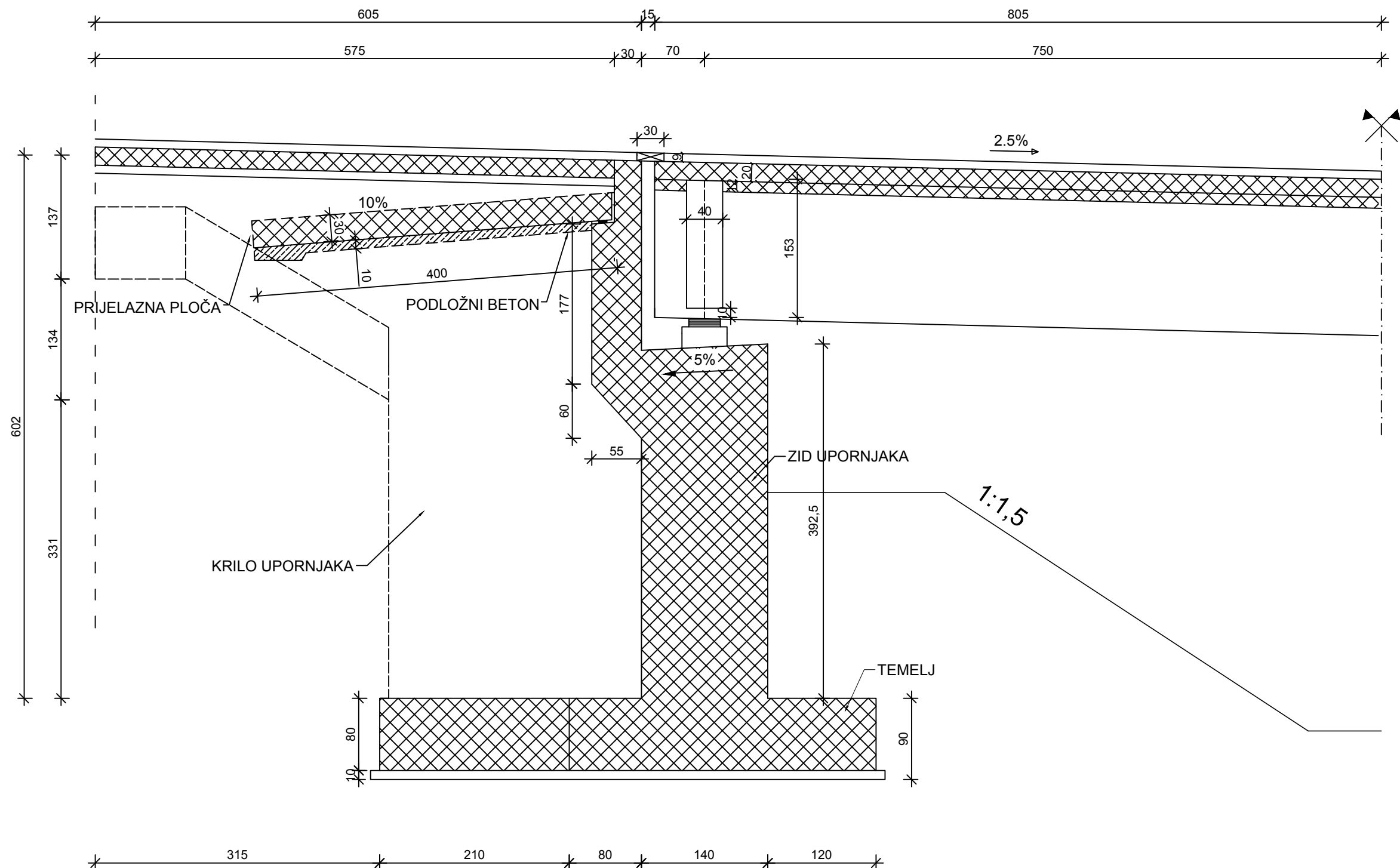
Datum:
13. 9. 2019.

Mjerilo:
1:20

List:
4

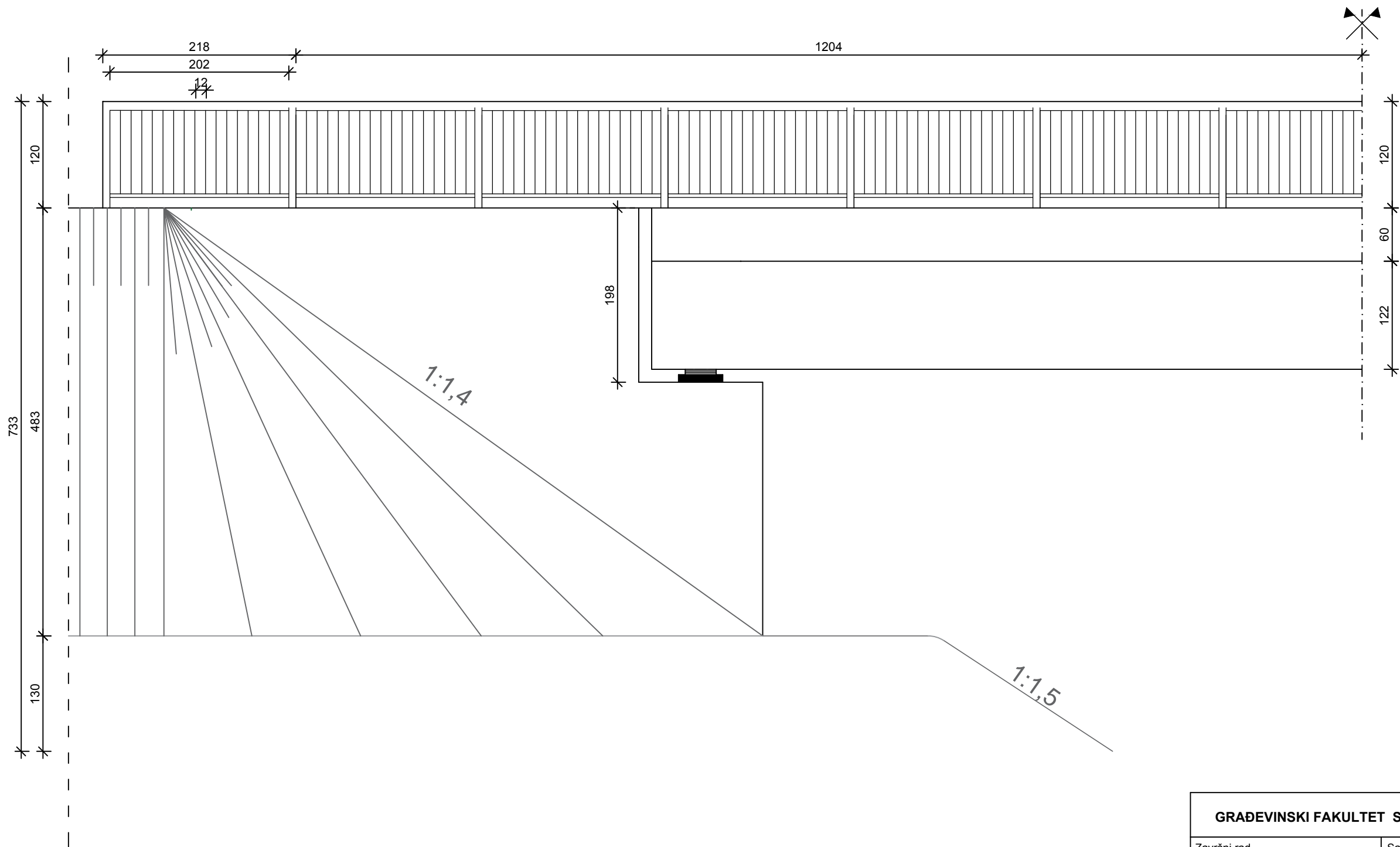
Uzdužni presjek mosta

M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNAOG MOSTA		Sadržaj nacrt: UZDUŽNI PRESJEK POLOVICE MOSTA S TRI GLAVNA NOSAČA	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić	Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50	List: 5

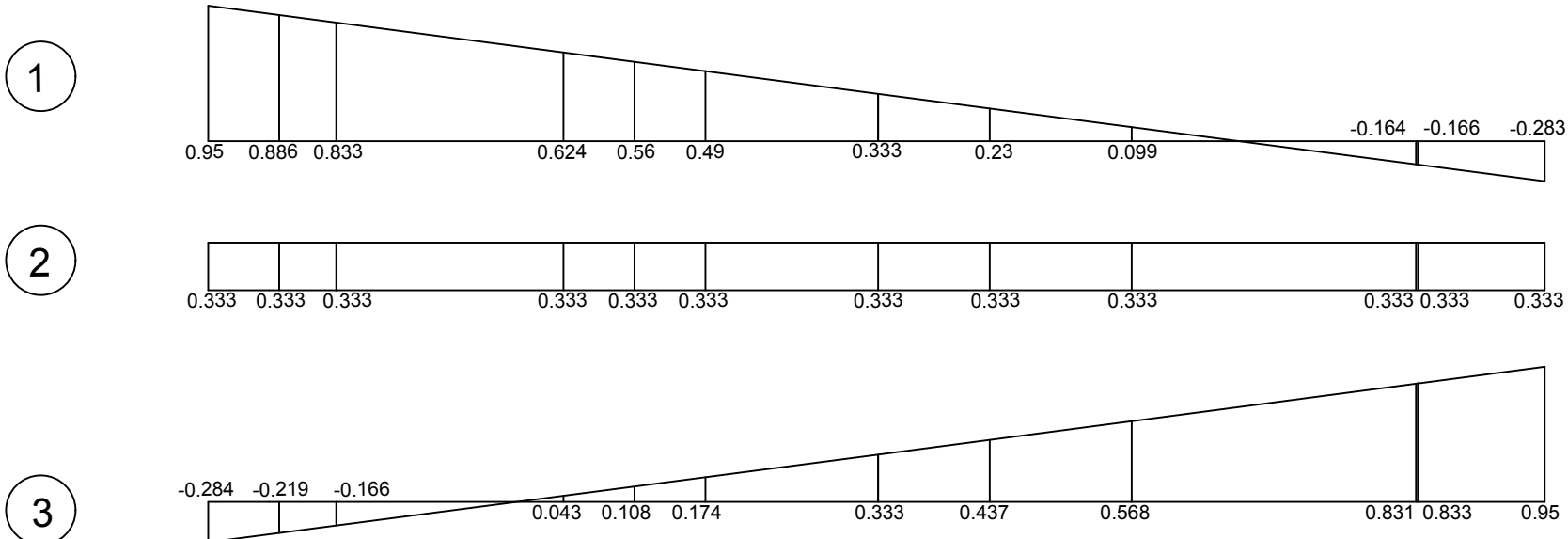
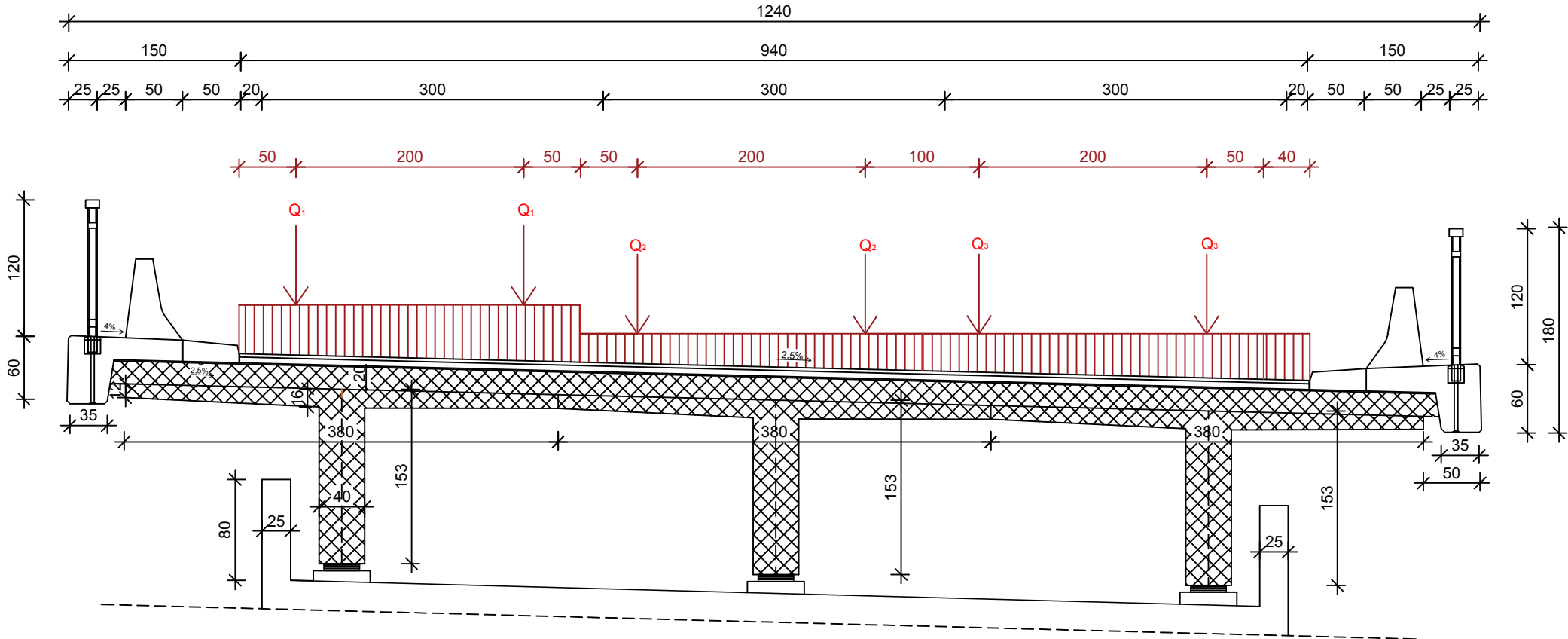
Pogled na most u uzdužnom smjeru
M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREDNOG MOSTA		Sadržaj nacrt: POGLED NA MOST S TRI NOSAČA U UZDUŽNOM SMJERU	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić	Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50	List: 6

Poprečni presjek mosta s tri nosača

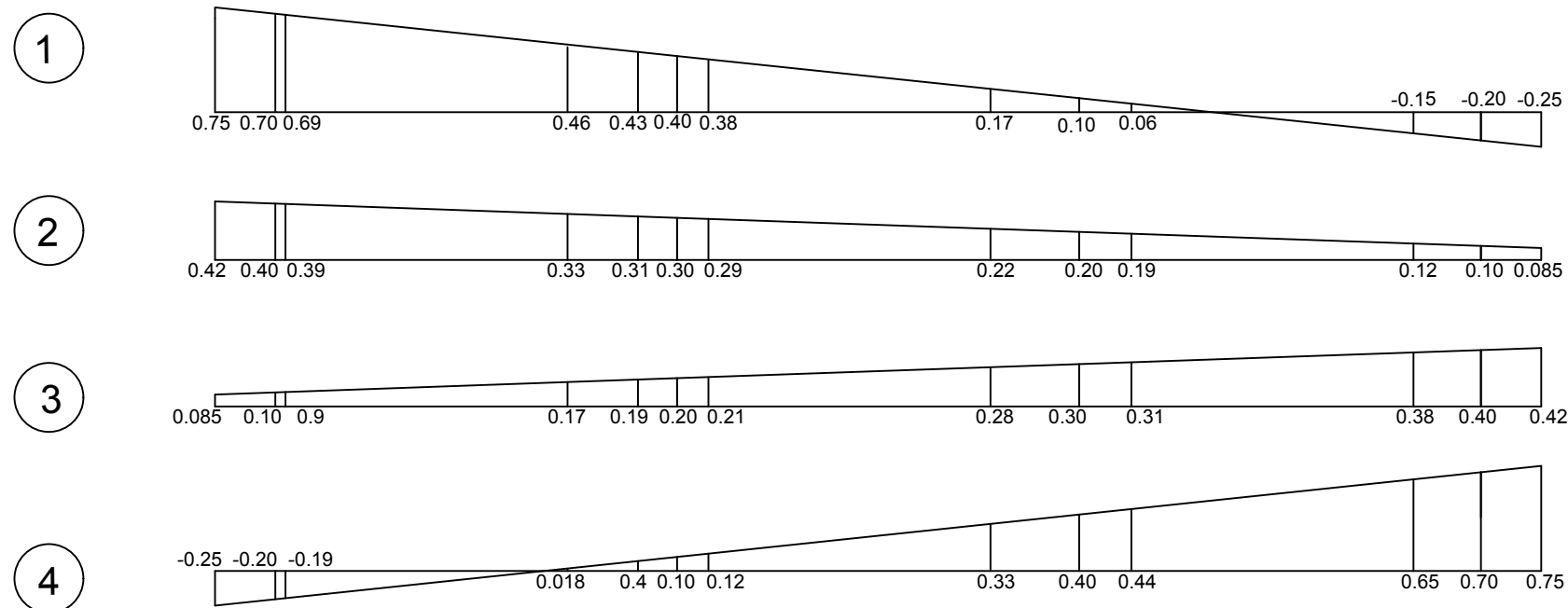
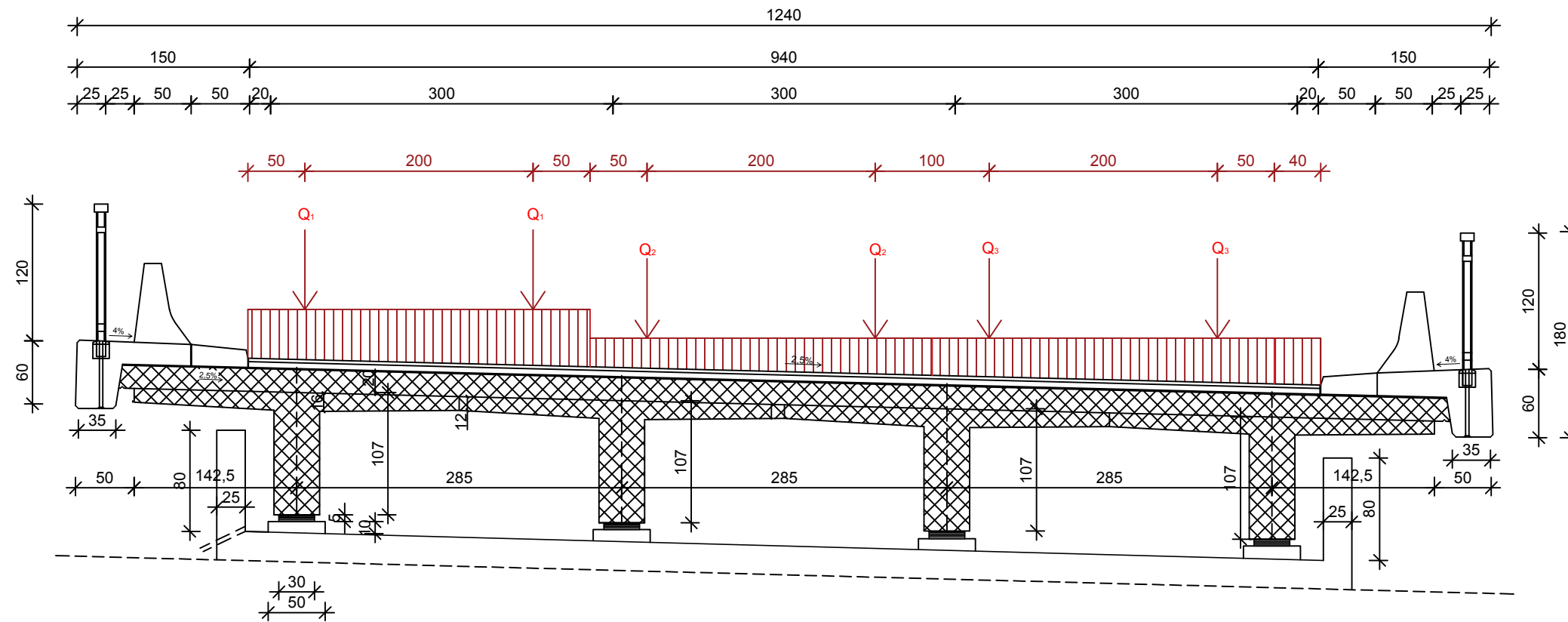
M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREĐNOG MOSTA		Sadržaj nacrta: POPREČNI PRESJEK MOSTA S TRI GLAVNA NOSAČA S PROMETNIM OPTEREĆENJEM	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić		Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50
			List: 7

Poprečni presjek mosta s četiri nosača

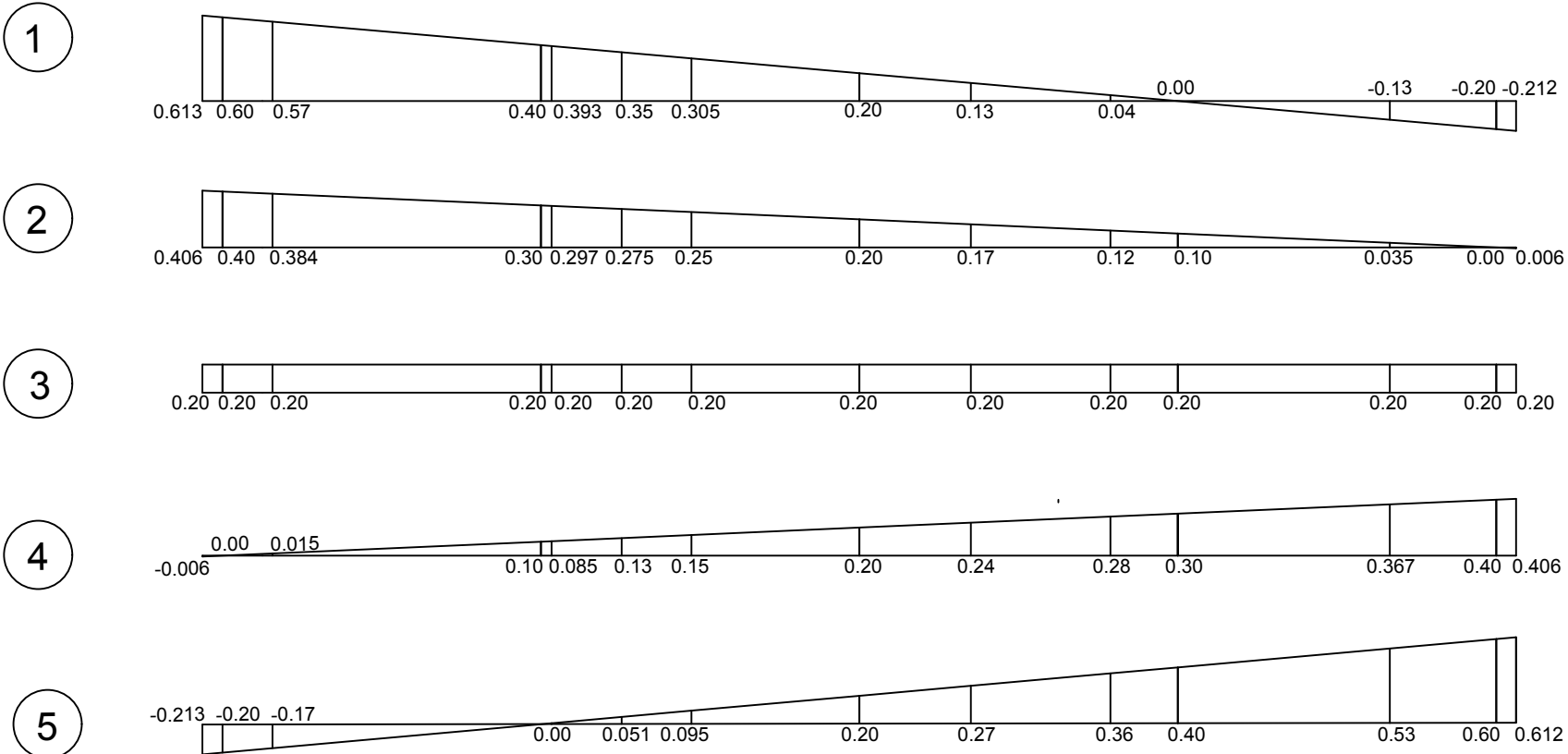
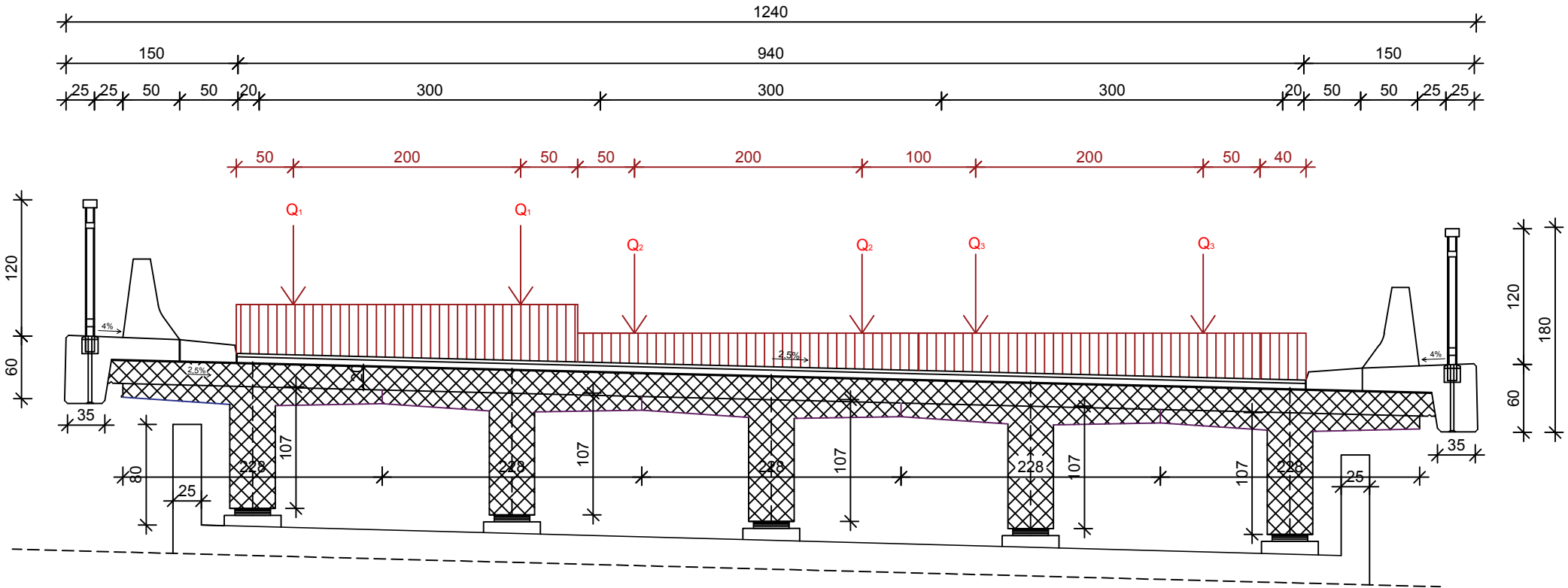
M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREĐNOG MOSTA		Sadržaj nacрта: POPREČNI PRESJEK MOSTA S ČETIRI GLAVNA NOSAČA S PROMETNIM OPTEREĆENJEM	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić		Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50
			List: 8

Poprečni presjek mosta s pet nosača

M 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Završni rad VARIJANTNE OBLIKOVANJA CESTOVNOG REBRASTOG GREĐNOG MOSTA		Sadržaj nacрта: POPREČNI PRESJEK MOSTA S PET GLAVNIH NOSAČA S PROMETNIM OPTEREĆENJEM	
Student: Marina Novak		Kolegij: MOSTOVI	
Mentor: prof. Ivana Štimac Grandić		Datum: 13. 9. 2019.	Mjerilo: 1:50
			List: 9