

# Analiza spregnutih grednih mostova sa "I" nosačima na autocestama i brzim cestama uz primjenu modela opterećenja 3

---

Dušević, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:319928>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivan Dušević

**ANALIZA SPREGNUTIH GREDNIH  
MOSTOVA SA "I" NOSAČIMA NA  
AUTOCESTAMA I BRZIM CESTAMA UZ  
PRIMJENU MODELA OPTEREĆENJA 3**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.



Sveučilište u Zagrebu  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivan Dušević

**ANALIZA SPREGNUTIH GREDNIH  
MOSTOVA SA "I" NOSAČIMA NA  
AUTOCESTAMA I BRZIM CESTAMA UZ  
PRIMJENU MODELA OPTEREĆENJA 3**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Anđelko Vlašić

Zagreb, 2022.

## TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Ivan Dušević**

JMBAG: **0082057046**

Diplomski rad iz predmeta: **Mostovi 2**

|                                 |     |   |
|---------------------------------|-----|---|
| Naslov teme<br>diplomskog rada: | HR  | <b>Analiza spregnutih grednih mostova sa "I" nosačima na autocestama i brzim cestama uz primjenu modela opterećenja 3</b> |
|                                 | ENG | <b>Analysis of composite "I" girder bridges on highways and expressways using Load model 3</b>                            |

Opis teme diplomskog rada:

1. Za dvije vrste prometnica (brza cesta i autocesta) ovisno o broju nosača izraditi varijante otvorenog poprečnog presjeka spregnutog grednog mosta
2. Izraditi modele za varijante presjeka sa rasponima sustava kontinuiranog nosača od 30 do 60 m
3. Napraviti usporedbe momenata savijanja u nosačima za LM1 i LM3 sheme prometnog opterećenja
4. Dimenzionirati nosače u ovim presjecima na GSN za različite raspone
5. Usporedba rezultata
6. Komentar i zaključak

Datum: **20.04.2022.**

Komentor: \_\_\_\_\_

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **Anđelko Vlašić**

(Ime i prezime mentora)

\_\_\_\_\_  
(Potpis mentora)

## ZAHVALE

*Prvenstveno bih se zahvalio svom mentoru izv. prof. dr. sc. Anđelku Vlašiću na ukazanom povjerenju, razumijevanju, kolegijalnom pristupu, vodstvu, otvorenosti, korisnim diskusijama i stečenom znanju kako kroz studij tako i prilikom izrade ovog diplomskog rada. Svim navedenim me je poticao na inženjersko razmišljanje, proširio vidike, osigurao moj napredak te pripremio za budućnost.*

*Također zahvalan sam svojoj obitelji na moralnoj podršci, strpljenju i odricanju kroz čitav period školovanja.*

*Zahvaljujem se i svim svojim prijateljima i kolegama na zajedničkom tumačenju kolegija, postizanju uspjeha i druženju.*

## SAŽETAK

### **ANALIZA SPREGNUTIH GREDNIH MOSTOVA SA “I” NOSAČIMA NA AUTOCESTAMA I BRZIM CESTAMA UZ PRIMJENU MODELA OPTEREĆENJA 3**

U okviru rada analiziraju se spregnuti gredni mostovi sa “I” nosačima na autocestama i brzim cestama uz primjenu Modela opterećenja 3 u odnosu na primjenu Modela opterećenja 1. Izrađeno je četrdeset modela spregnutih mostova različitih raspona, poprečnih presjeka i širina mostova ovisno radi li se o mostovima na autocesti ili brzjoj cesti. Rad se sastoji od dva dijela. U prvom, teoretskom, dijelu opisani su tipovi spregnutih mostova, navedene su njihove prednosti i mane, dane su smjernice za oblikovanje poprečnih presjeka i opisani su modeli prometnih opterećenja. Drugi dio rada bavi se analizom i dimenzioniranjem spregnutih mostova. Napravljena je usporedba momenata savijanja za Model opterećenja 1 (LM1) i kombinaciju Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 (LM3) u kojoj su prikazani i mjerodavni glavni nosači za dimenzioniranje. Uspoređene su i dimenzije glavnih nosača za mostove na autocesti i brzjoj cesti ovisno o opterećenju LM1 i LM3 te je prikazana količina materijala. Na kraju rada dan je prijedlog dimenzija “I” nosača na autocestama i brzim cestama prema napravljenim analizama.

#### **Ključne riječi:**

spregnuti gredni most, Model opterećenja 1, Model opterećenja 3, autocesta, brza cesta, “I” nosač

**ABSTRACT****ANALYSIS OF COMPOSITE BRIDGES "I" GIRDER BRIDGES ON HIGHWAYS AND EXPRESSWAYS USING LOAD MODEL 3**

Within this paper, composite bridges with "I" girders on highways and expressways are analyzed with the application of Load Model 3 in relation to Load Model 1. Forty models of composite bridges of different spans, cross-sections and bridge widths were made depending on whether they are highway or expressway bridges. The paper consists of two parts. In the first, theoretical part, the types of composite bridges are described, their advantages and disadvantages are listed, guidelines for the design of cross-sections are given, and models of traffic loads are described. The second part of the work deals with the analysis and sizing of composite bridges. A comparison of the bending moments for Load Model 1 (LM1) and the combination of Load Model 1 and Load Model 3 (LM3) was made, in which the relevant main girders for dimensioning are also shown. The dimensions of the main girders for highway and expressway bridges were compared depending on the LM1 load and LM3 load, and the steel consumption was shown. In conclusion, a proposal for the dimensions of "I" girders on highways and expressways is given according to the analysis.

**Keywords:**

composite girder bridge, Load model 1, Load model 3, highway, expressway, "I" girder

---

**SADRŽAJ**

|   |    |
|---|----|
| ZAHVALE.....  | i  |
| SAŽETAK .....   | ii |
| SADRŽAJ .....   | iv |
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 2. TIPOVI SPREGNUTIH MOSTOVA .....  | 2  |
| 2.1 Spregnuti mostovi s “I“ nosačima.....                                       | 2  |
| 2.2 Spregnuti most sa zatvorenim trapeznim glavnim nosačem.....                 | 3  |
| 2.3 Spregnuti mostovi s zatvorenim presjekom .....                              | 5  |
| 2.4 Poprečni presjeci sa pločom izvedenom na mjestu ugradnje.....               | 6  |
| 2.5 Spregnuti mostovi sa predgotovljenom pločom .....                           | 7  |
| 3. GLAVNE PREDNOSTI SPREGNUTIH MOSTOVA .....                                    | 8  |
| 4. IZVOĐENJE SPREGNUTIH MOSTOVA .....   | 10 |
| 4.1 Podizanje dizalicom sa razine tla .....                                     | 11 |
| 4.2 Slobodna konzolna gradnja.....  | 12 |
| 4.3 Metoda uzdužnog potiskivanja .....  | 14 |
| 5. SMJERNICE ZA OBLIKOVANJE SPREGNUTIH GREDNIH MOSTOVA.....                     | 16 |
| 5.1 Kolnička ploča .....  | 16 |
| 5.2 Uobičajena konceptualna rješenja mostova malih i srednjih raspona .....     | 17 |
| 5.3 Minimalna cijena ili minimalna težina .....                                 | 18 |
| 5.4 Preporuka za oblikovanje presjeka sa dva I nosača .....                     | 19 |
| 5.5 Preporuka za oblikovanje presjeka sa zatvorenim nosačem .....               | 20 |
| 5.6 Oblikovanja I nosača u ostalim poprečnim presjecima spregnutih mostova..... | 21 |
| 6. MODELI PROMETNOG OPTEREĆENJA .....   | 23 |
| 6.1 Model opterećenja 1 .....   | 24 |
| 6.2 Model opterećenja 2.....  | 27 |
| 6.3 Model opterećenja 3.....  | 28 |
| 6.4 Model opterećenja 4.....  | 29 |
| 6.5 Primjena Modela opterećenja 3 u kombinaciji s Modelom opterećenja 1 .....   | 30 |
| 7. MODELI SPREGNUTIH GREDNIH MOSTOVA SA “I“ NOSAČIMA.....                       | 32 |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 7.1     | Tip mosta, rasponi, poprečni presjeci .....   | 32  |
| 7.2     | Opis načina modeliranja i elemenata modela .....  | 34  |
| 8.      | DIMENZIONIRANJE ZA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI.....   | 38  |
| 8.1     | Rasponski sklop – naprezanja .....  | 38  |
| 8.2     | Dokaz stabilnosti.....  | 42  |
| 8.2.1   | Stabilnost donjeg pojasa.....   | 42  |
| 8.2.1.1 | Klasifikacija donjeg pojasa.....  | 46  |
| 8.2.2   | Dokaz stabilnost hrpta .....  | 46  |
| 8.2.2.1 | Hrpat u presjeku iznad ležaja ( $t = 18 \text{ mm}$ ) .....   | 49  |
| 9.      | USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA .....  | 52  |
| 9.1     | Određivanje mjerodavnog glavnog nosača za modele opterećenja LM1 i LM3 na autocesti i brzjoj cesti..... | 52  |
| 9.2     | Usporedba momenata savijanja za raspone od 30 metara do 60 metara za autocestu i brzu cestu .....       | 69  |
| 10.     | DIMENZIJE GLAVNIH NOSAČA SPREGNUTIH MOSTOVA .....   | 72  |
| 10.1    | Usporedba dimenzija nosača na ležaju za autocestu.....  | 72  |
| 10.2    | Usporedba dimenzija nosača u polju za autocestu.....  | 80  |
| 10.3    | Usporedba dimenzija nosača na ležaju za brzu cestu .....  | 87  |
| 10.4    | Usporedba dimenzija nosača u polju za brzu cestu .....  | 94  |
| 11.     | KOLIČINA MATERIJALA .....   | 102 |
| 11.1    | Usporedba količine čelika za most na autocesti .....  | 102 |
| 11.2    | Usporedba količine čelika za most na brzjoj cesti .....   | 107 |
| 12.     | PRIJEDLOG DIMENZIJA “I” NOSAČA.....   | 111 |
| 12.1    | Dimenzije “I” nosača za presjek na ležaju, most na autocesti, opterećenje LM1 .....                     | 113 |
| 12.2    | Dimenzije “I” nosača za presjek na ležaju, most na autocesti, opterećenje LM3 .....                     | 114 |
| 12.3    | Dimenzije “I” nosača za presjek u polju, most na autocesti, opterećenje LM1 .....                       | 116 |
| 12.4    | Dimenzije “I” nosača za presjek u polju, most na autocesti, opterećenje LM3.....                        | 117 |
| 12.5    | Dimenzije “I” nosača za presjek na ležaju, most na brzjoj cesti, opterećenje LM1 ....                   | 119 |
| 12.6    | Dimenzije “I” nosača za presjek na ležaju, most na brzjoj cesti, opterećenje LM3 ....                   | 120 |
| 12.7    | Dimenzije “I” nosača za presjek u polju, most na brzjoj cesti, opterećenje LM1 .....                    | 122 |
| 12.8    | Dimenzije “I” nosača za presjek u polju, most na brzjoj cesti, opterećenje LM3 .....                    | 123 |
| 13.     | ZAKLJUČAK .....   | 125 |
|         | LITERATURA .....  | 126 |
|         | POPIS SLIKA.....  | 127 |

POPIS TABLICA ..... 132  
PRILOG ..... 134

## 1. UVOD

Mostovi se grade kako bi se savladale prepreke, bilo da se radi o dolini, tjesnacu, rijeci ili postojećoj cesti ili željezničkoj pruzi. Oni prenose opterećenja od pješaka, biciklista, vozila ili vlakova. Razlikuju se pješački, cestovni ili željeznički mostovi, a u nekim slučajevima služe isključivo za prijenos cjevovodna.

U sklopu ovog diplomskog rada bavit ćemo se isključivo kontinuiranim spregnutim cestovnim mostovima sa "I" nosačima na autocestama i brzim cestama. Dimenzioniranje elemenata mostova pretežno je određeno vrstom i veličinom prometnog opterećenja. Europski zahtjevi za projektiranje cestovnih mostova definiraju vrste prometnih opterećenja te su ona navedena u Eurokodu EN 1911-2.

Navedena ču četiri modela za vertikalno opterećenje: LM1 koji se uvijek primjenjuje, LM2 koji služi samo za lokalnu primjenu, LM3 koji predstavlja specijalno vozilo i koristi se ukoliko je potrebno te LM4 koji se koristi ukoliko je tako traženo u projektu.

Svi modeli opterećenja osim Modela opterećenja 3 obvezno se primjenjuj za projektiranje svih cestovnih mostova i svaki od njih može biti značajan ovisno o konstrukcijski elementima, tipu mosta i veličini mosta. Model opterećenja 3, za razliku od ostalih, je potrebno samo na mostovima koji se nalaze na posebnim prometnim pravcima kod kojih se očekuje promet vozila sa izuzetno teškim teretima.

Ukoliko se koristi Model opterećenja 3 potrebno je zaključiti da li uzrokuje pojavu većih unutarnjih sila i naprezanja nego kada se koristi samo Model opterećenja 1 i hoće li biti mjerodavan za dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata.

Ovaj rad će prikazati analizu i usporedbu unutarnjih sila, odnosno momenata svijanja, na kontinuiranim spregnutim mostovima raspona od 30 do 60 metara sa "I" nosačima na autocestama i brzim cestama prilikom primjene Modela opterećenja 1 i kombinacije Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 (u nastavku LM1 i LM3).

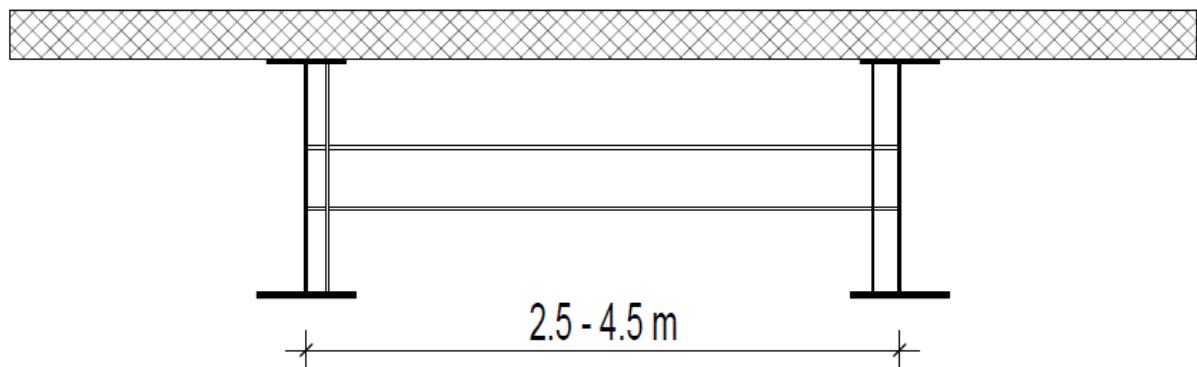
Također će biti prikazana usporedba dimenzija, odnosno površina "I" nosača ovisno da li je opterećen sa LM1 ili sa LM3 kao i usporedba količine materijala. Na kraju, u svrhu pomoći pri projektiranju spregnutih mostova sa "I" nosačima, tablično će se prikazati dimenzije pojasnica i hrptova ovisno o rasponu mosta i rasponu ploče na autocestama i brzim cestama.

## 2. TIPOVI SPREGNUTIH MOSTOVA

### 2.1 SPREGNUTI MOSTOVI S "I" NOSAČIMA

Za razliku od npr. lučnih sustava, nosači preuzimaju opterećenje prvenstveno savijanjem i odgovarajućim poprečnim silama. U skladu s tom činjenicom je i karakteristični oblik poprečnog presjeka nosača: naprezanja od savijanja preuzimaju gornji i donji dijelovi presjeka – pojasnice, dok hrbat, koji razdvaja pojasnice, uobičajeno pretpostavlja da preuzima poprečne sile. [1]

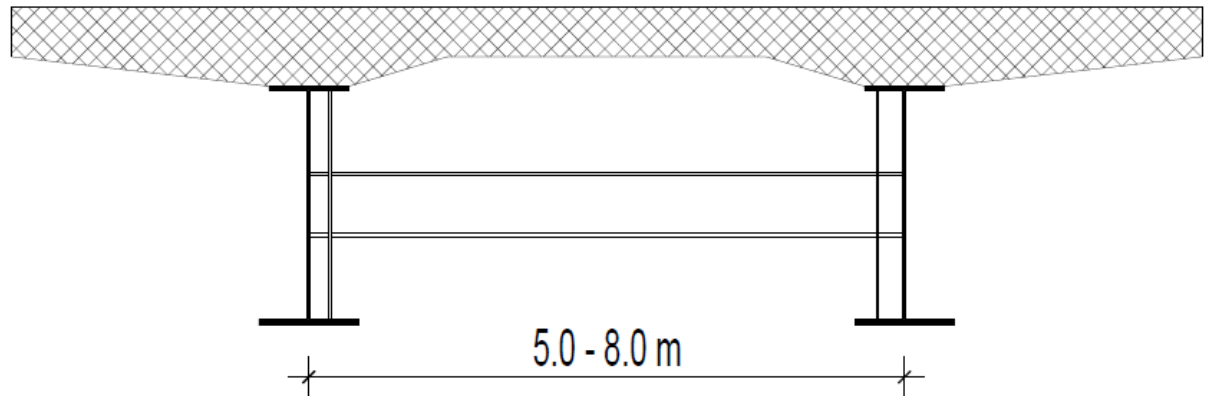
Nosači mogu biti u zavarenoj izvedbi i nazivaju se limenim nosačima ili pak kao gotovi valjani profili i nazivaju se valjani nosači. Izbor između ove dvije vrste nosača ovisit će o dosta čimbenika: rasponu mosta, intenzitetu opterećenja, troškovima izrade i nabave materijala, geometrijskim i estetskim zahtjevima i slično. [1]



**Slika 1.** *Poprečni presjek s I nosačima* [2]

Slika 1 prikazuje poprečni presjek s I nosačima i kolničkom plohom nepromjenjive debljine. Prednost ovakve koncepcije je u jednostavnoj i lakoj montaži, ali uz veći utrošak materijala. Važno je napomenuti da eventualno smanjenje debljine hrptova može imati za posljedicu potrebu ugrađivanja ukrućenja koja mogu poskupjeti izvedbu. [1]

Na slici 2 prikazan je poprečni presjek s dva glavna nosača. Zbog većeg razmaka glavnih nosača kolnička se ploča u ovom slučaju obično izvodi s vutama, radi osiguranja dovoljne poprečne otpornosti na savijanje. Kod širokih poprečnih presjeka mostova (razmak nosača veći od 7.5 m) nužno je oslanjanje ploče uzdužno na poprečne nosače, budući da povećanje debljine ploče postaje nemoguće.[1]



**Slika 2.** Poprečni presjek sa vutama [2]

**Tablica 1.** Tip poprečnog presjeka ovisno o razmaku glavnih nosača

| Razmak glavnih nosača |           |
|-----------------------|-----------|
| Gornji pojas          | $L_1$ [m] |
| Bez vuta              | 2.5 - 4.5 |
| S vutama              | 5.0 - 8.0 |

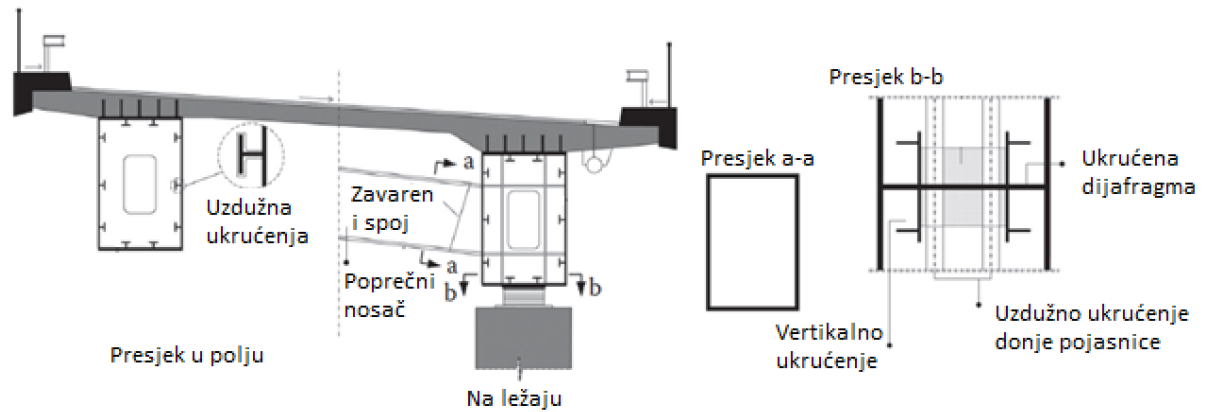
Postoji velika varijacija tipova mostova sa I nosačima, a neke od njih su: poprečni presjek sa konstantnom debljinom armiranobetonske ploče, poprečni presjek sa pločom koja je poprečno prednapeta, poprečni presjek sa spregovima koji povezuje glavne nosače ispod donjeg ruba ploče.

U Tablici 1. prikazani su razmaci glavnih nosača za tipove poprečnih presjeka sa Slike 1. i Slike 2.

## 2.2 SPREGNUTI MOST SA ZATVORENIM TRAPEZNYM GLAVNYM NOSAČEM

Za veće raspone, upotreba zatvorenih nosača je bolja za otvorene presjeke zbog bolje poprečne preraspodjele i većeg broja hrptova za preuzimanje posmika. Korištenje zatvorenih nosača može rezultirati manjom potrošnjom čelika i boljim estetskim izgledom.[3]

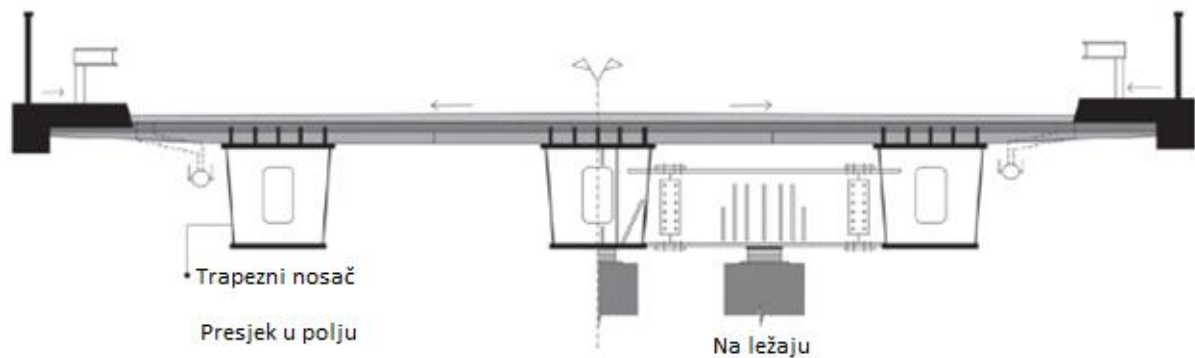
Zatvoreni poprečni presjeci posjeduju veću torzijsku krutost od otvorenih nosača koja dovodi do poboljšane stabilnosti tijekom samo montaže i izvedbe mosta ali i u uporabi. Zbog povećane torzijske krutosti izostaju vertikalna ukrućenja, ali horizontalna i dalje mogu biti neophodna, a poprečne nosače može se postaviti samo iznad ležaja.



**Slika 3.** Poprečni presjek sa zatvorenim trapeznim nosačem [3]

Mostovi s dva odvojena zatvorena nosača uspješno se koriste u mnogim Europskim zemljama za cestovne mostove manjeg značaja sa dvije prometne trake. Čelični nosači se izrađuju u radionicama i zatim transportiraju na gradilište gdje se montiraju u konačni položaj.[3]

Zbog velike vitkosti limova, uzdužna i poprečna ukrućenja hrptova i pojasnica koriste se ukoliko se radi o klasi 4, ali ovisno o razini naprežanja, ukrućenja se mogu izostaviti. Klasa 3 nema problema lokalne stabilnosti pa ukrućenja nisu potrebna. Ukrućenja služe za stabilizaciju limova, ali dodatno kompliciraju samo izvedbu, pogotovo postupak zavarivanja što uzrokuje veću količinu rada. Korištenjem poprečnog presjeka sa više zatvorenih trapezoidnih nosača može se eliminirati upotreba uzdužnih ukrućenja te je ostvariva vitkost  $L/h=1/45$ . [3]



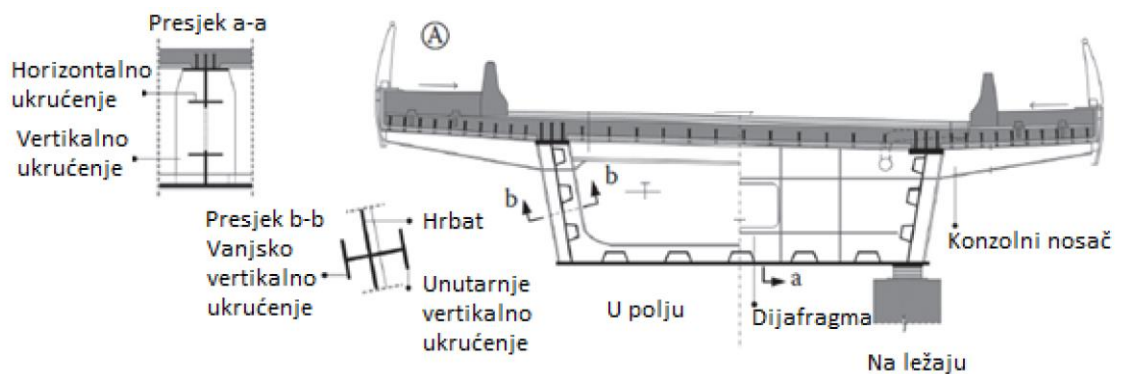
**Slika 4.** Poprečni presjek s više zatvorenih trapezoidnih nosača [3]

### 2.3 SPREGNUTI MOSTOVI S ZATVORENIM PRESJEKOM

Za kontinuirane mostove s maksimalnom duljinom raspona većom od 50 m, rješenje s jednostrukim poluotvorenim trapeznim nosač je u mnogim slučajevima. Poluotvoreni trapezni nosač sastoji se od široke donje pojasnice sa uzdužnim ukrućenjima. Ukrućenja sprječavaju izbočavanje donje pojasnice zbog velikih tlačnih naprezanja koja mogu nastati tijekom korištenja mosta i/ili tijekom faze izvedbe. [3]

Debljina donje pojasnice varira između 25 i 35 mm u presjecima u polju i između 60 i 80 mm u presjecima na ležaju. Debljina hrptova također varira u uzdužnom smjeru. Debljina se kreće između 14 i 18 mm u polju te 20-25 mm u ležajnim presjecima. Prethodne vrijednosti izvedive su samo primjenom uzdužnih ukrućenja sposobnih izdržati visoka normalna i posmična naprezanja. Debljina gornjih pojasnica kreće se između 20 i 40 mm u polju, a na osloncima može preći i preko 100 mm. Sukladno tome, širina gornjih pojasnica u polju varira uzdužno od 600 do 800 mm, a na ležajima može doseći 1200 mm. [3]

Važno je napomenuti da zatvoreni poprečni presjeci pokazuju drugačije ponašanje konstrukcije u usporedbi sa poprečnim presjecima s I nosačima. Zbog velike torzijske krutosti zatvorenih presjeka torzija se prenosi čistim posmikom i poprečna preraspodjela između hrptova je jednolika. To omogućava savladavanje puno većih raspona.[3]

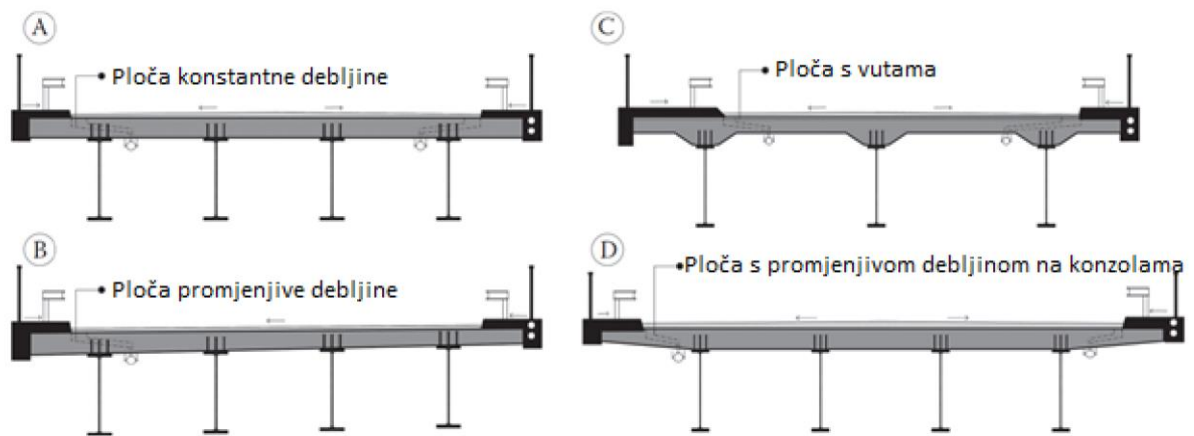


Slika 5. Poprečni presjek sa poluotvorenim trapeznim nosačima [3]

## 2.4 POPREČNI PRESJECI SA PLOČOM IZVEDENOM NA MJESTU UGRADNJE

Betoniranje ploče na mjestu ugradnje omogućuje različite oblike ploča. Tipični oblici poprečnih presjeka prikazani su na slici 6. Ploča konstantne debljine (slučaj A), konstrukcijski gledano, uglavnom se bira za ravne mostove kratkog raspona s širinom mosta manjom od 7-8 metara. Ploča je obično debljine od 220 do 250 mm. [3]

Ploče promjenjive debljine (slučaj B) daju željeni nagib bez povećanja debljine završnih slojeva. Gornja površina ploče prati geometriju ceste, dok je donja poravnata s gornjim rubovima glavnih nosača. U slučajevima mostova sa značajnim poprečnim nagibom, čelični se nosači obično postavljaju na različitim razinama. Za široke mostove, optimalno rješenje je izvedba ploče sa vutama i povećanje razmaka između glavnih nosača (slučaj C). [3]



Slika 6. Varijacije poprečnih presjeka [3]

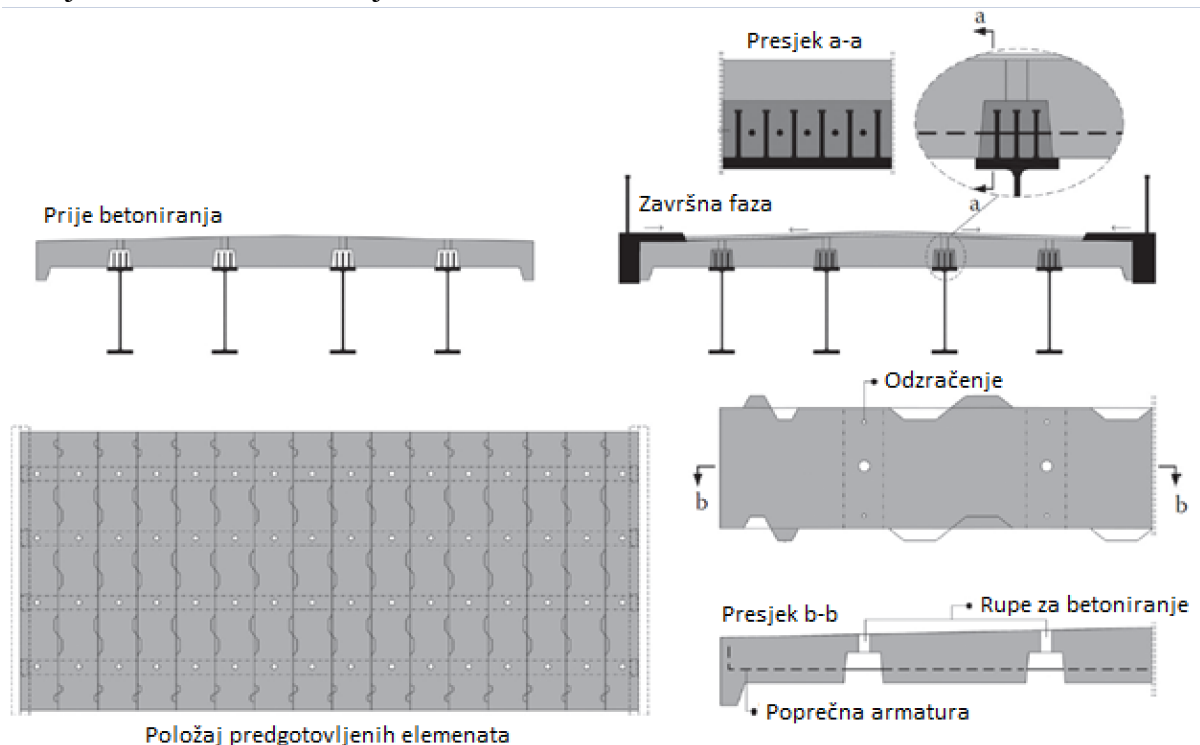


## 2.5 SPREGNUTI MOSTOVI SA PREDGOTOVLJENOM PLOČOM

U slučaju temperatura ispod 0°C, izbjegavaju se aktivnosti betoniranja na mjestu ugradnje, a prednost se daje potpuno montažnim pločama. Danas se koriste inovativni, potpuno predgotovljeni betonski elementi koji nude višestruke prednosti kao što su brza izgradnja, visoka kvaliteta, smanjeni radni troškovi i izgradnja tijekom razdoblja niskih temperatura. [3]

Iznad čeličnih glavnih nosača prazni kanali se ispunjavaju betonom kroz rupe za betoniranje. Poprečna armatura u ploči je na istom razmaku kao i moždanici čime se sprječava uzdužno raspucavanje i moguće oštećenje tijekom montaže. Poprečni spojevi između predgotovljenih jedinica trebaju uvijek biti u tlaku kako bi se spriječilo pucanje i prodor vode pod uporabnim opterećenjem. Stoga se tehnika suhih spojeva preporuča samo u slučajevima jednostavno poduprtih mostova. [3]

Unatoč prednostima ove metode izvedbe betonske ploče, potrebno je uzeti u obzir i određene nedostatke. Sa stajališta estetike, dizajna, a i samog projektiranja potrebna je velika količina znanja i iskustva kako bi se ovakvi tipovi mostova uspješno projektirali i izveli. Osim toga, malo je građevinskih tvrtki koje su sposobne proizvesti i isporučiti predgotovljenu ploču zbog čega i sama cijena ovakvih konstrukcija može biti velika.



**Slika 7.** Spregnuti most sa montažno betonskom pločom [3]

### 3. GLAVNE PREDNOSTI SPREGNUTIH MOSTOVA

Ukoliko se za gradnju mostova odgovarajuće primjeni istovremeno čelik i beton (armirani ili prednapeti), dobivaju se konstrukcije koje mogu imati znatne prednosti u odnosu na one izvedene samo od jednog materijala, čelika ili betona. Ove prednosti proizlaze ako su postavljeni zahtjevi za kratkim vremenom građenja, visokom vitkošću (odnos statičke visine i raspona mosta), topografijom terena, složenošću ceste i pratećih građevina, složenošću terena itd. [1]

Posebno treba naglasiti izvedbu spregnutih mostova na način da se čelična konstrukcija mosta ne podupire u vrijeme montaže i očvršćavanja betonske ploče. U tom slučaju čelični dio presjeka nosi svoju vlastitu težinu uključujući i težinu svježeg betona. Nakon stvrdnjavanja betona poprečni presjek bitno dobiva na povećanju krutosti i otpornosti presjeka. Pri tome se smanjuje ukupna zahtijevana količina čelika, posebno u tlačnoj zoni, a time se smanjuje i potreba za dodatnim ukrućenjima čeličnih dijelova presjeka. [1]

Ova prednost, koja je izražena u području pozitivnih momenata savijanja, može se proširiti i na područje negativnih momenata korektnom primjenom metoda prednapinjanja ili podužnim armiranjem betonske ploče što ima slabiji učinak u odnosu na prednapinjanje. Isto tako, izvedba kombiniranog sprezanja čelik-beton u gornjem i donjem dijelu poprečnog presjeka može proširiti globalnu primjenu različitih rješenja sprezanja. [1]

Glavne prednosti spregnutih mostova u odnosu na ostale vrste mostova sličnih dimenzija i raspona su sljedeće:

- U odnosu na betonske sustave:
  - Smanjena težina rasponskog sklopa
  - Manja konstrukcijska visina
  - Vitkiji rasponski sustav
  - Manji elementi donjeg ustroja
  - Jednostavnije temeljenje
  - Bolje ponašanje u seizmički aktivnim područjima zbog smanjene težine sklopa
  - Vitkiji rasponski sklop obično daje estetski prihvatljive strukture
  - Veća jednostavnost i lakoća montaže osobito kod teških uvjeta
  - Minimiziranje problema koji se odnose na prirodnu okolinu u vezi montaže
  - Pogodna i jednostavna primjena kontinuiranih sustava uključujući donju betonsku ploču u području oslanjanja (ležajeva)

- U odnosu na čelične sustave
  - Povećana krutost i bolji funkcionalni odgovor konstrukcije
  - Bolje održavanje i svojstva trajnosti
  - Smanjenje sekundarnih veznih sustava
  - Manji troškovi radi smanjenja ukupne težine čelika, što je posebno izraženo kod kontinuiranih statičkih sustava
  - Manji progibi od prometnog opterećenja
  - Jednostavnija radionička izvedba (nema kolničke ortotropne ploče, manje ukrutnih sustava za stabiliziranje glavnih nosača, poprečni nosači na većem razmaku)

Glavni nedostaci spregnutih mostova u odnosu na ostale vrste mostova sličnih dimenzija i raspona su sljedeće:

- U odnosu na betonske sustave
  - Složenija izvedba jer čelični elementi zahtijevaju više rada
  - Izvedba je složenija i obuhvaća odvojeno montažu čeličnih nosača i betoniranje ploče u posebnom slijedu kako bi se izbjeglo njeno raspucavanje i što više stalnog opterećenja ploče predalo u spregnuti presjek
  - Progibi uslijed prometnih opterećenja su veći nego kod betonskih presjeka
  - Mora se voditi računa o zamoru čelika
- U odnosu na čelične sustave
  - Spregnuti mostovi imaju veću težinu što rezultira debljim limovima kod kojih je složenija radionička izvedba i zavarivanje
  - Manja trajnost kolnika

## 4. IZVOĐENJE SPREGNUTIH MOSTOVA

Za postavljanje čelične konstrukcije koriste se tri glavne metode, a to su:

- podizanje dizalicom sa razine zemlje
- slobodna konzolna gradnja
- uzdužno potiskivanje

Postoje i druge metode montiranja čelične konstrukcije spregnutih mostova ali su mnogo specifičnije i rijetko se koriste. Postoje primjeri mostova koji su montirani poprečnim klizanje ili rotacijom oko upornjaka. Ove metode se najčešće koriste kod zamjene postojeće konstrukcije, kada je potrebno minimizirati vrijeme prekida prometa. Izgradnja mosta od njegovih sastavnih elemenata može se odvijati bez ometanja prometa.

Kod spregnutih mostova ne sudjeluje čitavi spregnuti presjek u preuzimanju svih opterećenja. Obično čelični dio presjeka sam preuzima težinu betona tijekom betoniranja ploče, a tek nakon očvršćivanja betona možemo računati sa otpornošću spregnutog presjeka za ostala djelovanja. Valja, dakle, voditi računa o tome da se naprezanja zarobljena u čeliku iz faze betoniranja više ne mogu osloboditi, pa nam ova faza izvedbe u značajnoj mjeri definira izmjere čeličnog nosača.

Kako bi se izbjeglo uvođenje velikih naprezanja u čelični nosač u fazi betoniranja, koriste se pomoćni oslonci koji onda mijenjaju statički sustav u toj fazi pa naprezanja u čeliku nakon otpuštanja oslonaca budu znatno manja – težina čelika i betona je preuzeta sa spregnutim presjekom.

Moguća je i izvedba sa nadvišenjem gdje se prije betoniranja diže čelični nosač (uvodi se negativni moment u čelični presjek), a nakon očvršćenje betona i otpuštanja oslonaca uvodi se dodatni tlak u betonsku ploču koji onda onemogućava eventualnu pojavu raspucavanja.

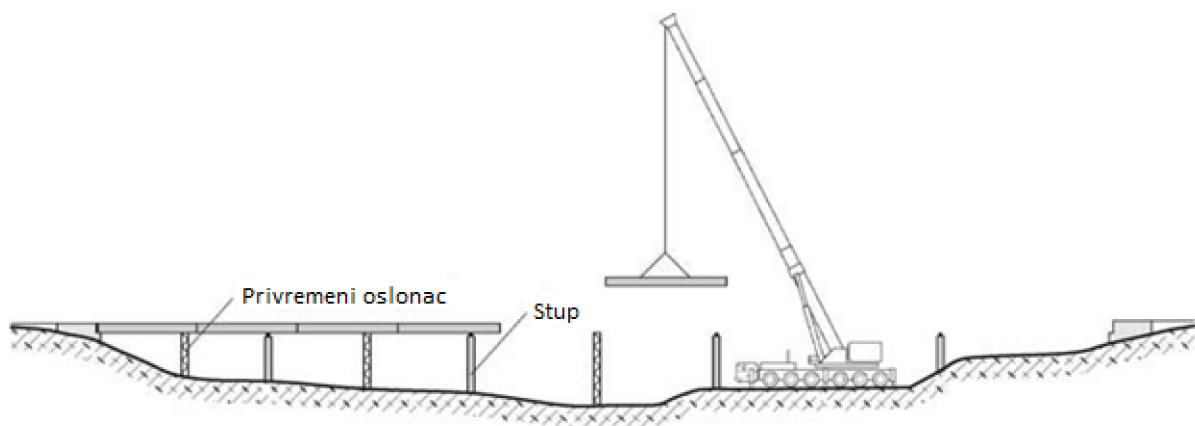
Kod nepoduprtih kontinuiranih nosača vrlo je važan redoslijed betoniranja. Raspored područja koja se betoniraju izgledaju poput šahovske ploče. Prvo se betoniraju područja polja (otprilike između nul točaka momentnog dijagrama) gdje od vlastite težine i dodatnog stalnog opterećenja postoji pozitivni momentni dijagram. Nakon toga se betoniraju područja iznad ležajeva.

Ovakvim redoslijedom onemogućuje se uvođenje negativnih momenata savijanja u betonsku ploču iznad ležajeva od same težine betona ploče – negativni moment iznad ležajeva nosi samo čelični dio presjeka. To za posljedicu ima mnogo manje raspucavanje betonske ploče u području iznad ležajeva (jer je većinu negativnih momenata savijanja koji uzrokuju vlačna naprezanja u gornjem pojasu ploče preuzeo samo osnovni čelični dio presjeka).

#### 4.1 PODIZANJE DIZALICOM SA RAZINE TLA

Ovakav način izvedbe odnosno montaže dijelova spregnutih mostova sastoji se od podizanja različitih elemenata mosta sa razine zemlje na konačnu lokaciju unutar rasponskog sklopa. Ovakav način izvedbe pruža mnoge prednosti jer zahtjeva puno manje opreme na gradilištu ali i smanjuje količinu rada. S druge strane, podizanje toranjskom dizalicom zahtjeva dobru pristupačnost oko i na gradilištu te je ovakva metoda izvedbe pogodna samo za mostove koji su relativno blizu tla, do otprilike 15 metara visine. [7]

Postupak montaže različitih elemenata mosta može se odvijati sa ili bez privremenih oslonaca. Ukoliko se koriste privremeni oslonci oni mogu biti kontinuirani ili diskretno postavljeni. Kontinuirano postavljanje oslonaca zahtjeva značajno povećanje materijala pa se iz tog razloga ovakav pristup danas jako malo koristi. Korištenje kontinuiranih oslonaca treba uzeti u obzir u posebnim slučajevima kada je nemoguće koristiti opremu za podizanje jako teških tereta za montažu elemenata konstrukcije mosta. [7]

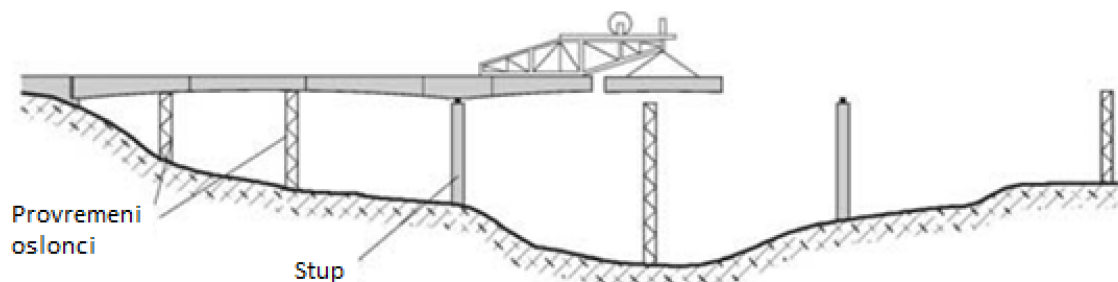


**Slika 8.** Podizanje dizalicom sa razine zemlje [7]

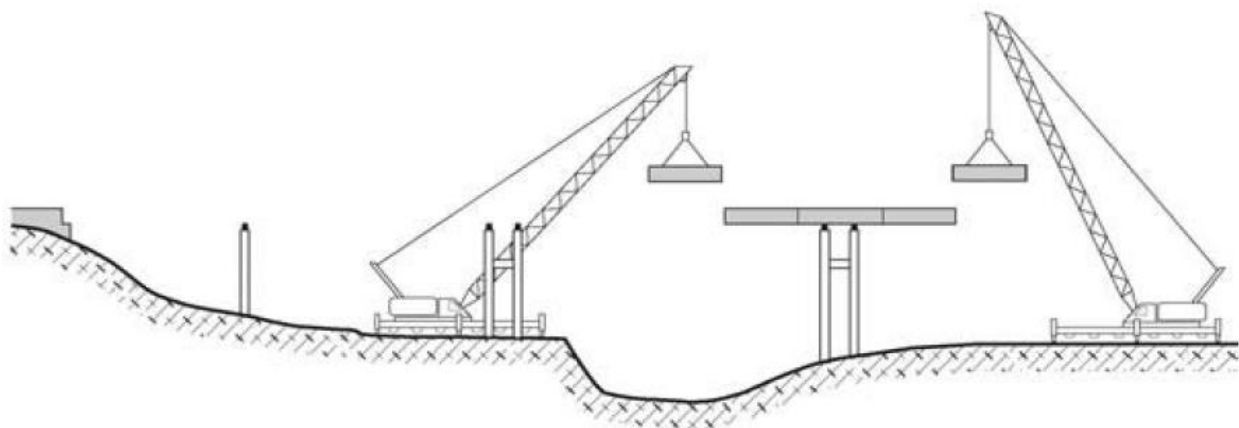
Duljina elemenata koja može biti podignuta sa tla i montirana uglavnom se ograničava na maksimalno 30 do 40 metara. Kao posljedica tog ograničenja, naprezanja koja se javljaju u nosačima nisu kritična, uz uvjet da je spriječeno bočno torzijsko izvijanje. Prilikom projektiranja projektant mora voditi računa o tome da prilikom podizanja element može prihvatiti lokalne sile koje se unose u njega prilikom transporta i montaže. Također je nužno napraviti detaljan plan podizanja konstrukcijskih elemenata kako bi se osigurala stabilnost djelomično izvedene konstrukcije. [7]

## 4.2 SLOBODNA KONZOLNA GRADNJA

Slobodna konzolna gradnja podrazumijeva način montaže konstrukcijskih elemenata mosta formiranjem konzola koje se pružaju od stupova prema sredini raspona. Spajanjem dviju konzola u sredini raspona formira se kontinuirana greda. Ova metoda izvedbe prikladna je za mostove velikih raspona ( $>100$  m), za mostove koji se nalaze visoko iznad tla ili razine vode. Slobodna konzolna gradnja učestalo se koristi za izgradnju mostova koji premošćuju plovne vodne kanale jer se tada elementi konstrukcije mogu transportirati pomoću teglenice do mjesta u gradnje gdje će biti podignuti u konačan položaj pomoću dizalica. [7]

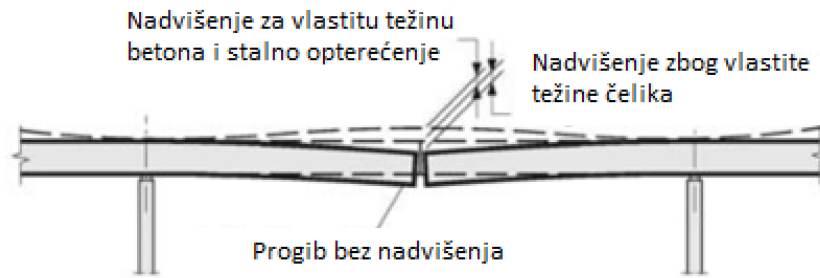


**Slika 9.** Nesimetrična konzolna gradnja [7]



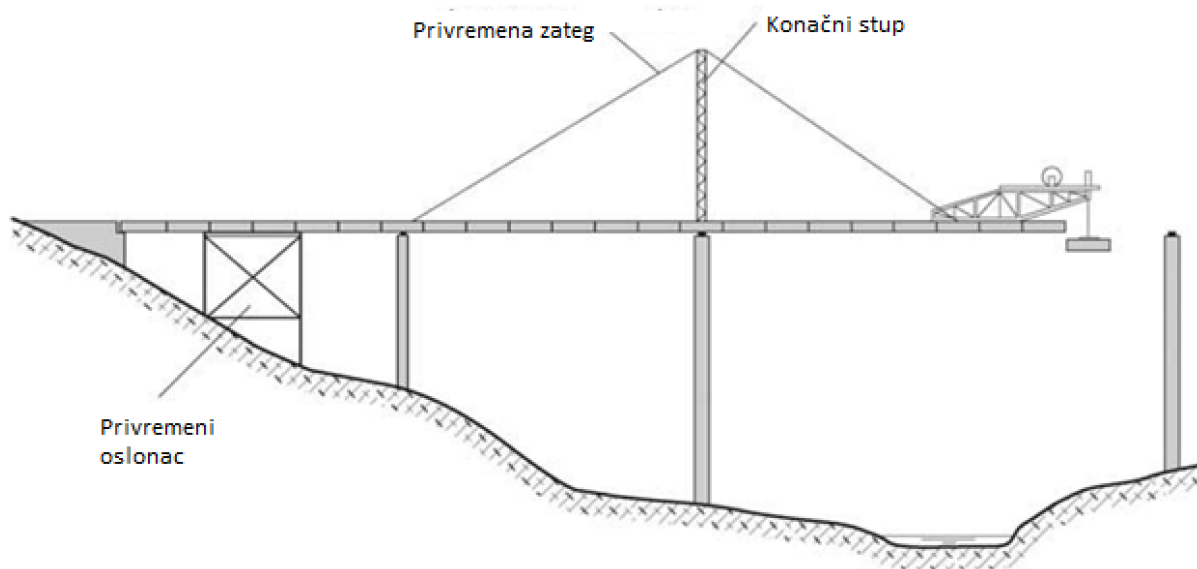
**Slika 10.** Simetrična konzolna gradnja [7]

Najveća poteškoća povezana s metodom slobodne konzolne gradnje odnosi se na održavanje oblika i smjera mosta (horizontalnog i vertikalnog). Da bi se mogla spojiti dva suprotstavljena dijela mosta mora se planirati značajno ali i točno nadvišenje kako bi se nadoknadio progib koji uzrokuje vlastita težina elementa. Ovaj problem je prikazan na slici 11.



**Slika 11.** Progib konzole uzrokovan vlastitom težinom [7]

Problem kod slobodne konzolne izvedbe spregnutih mostova je nestabilnost kod nesimetričnih faza izvedbe. U takvim slučajevima često se koriste pomoćni stupovi koji se postavljaju na stranu gdje je konzola veće duljine te se na taj naći osigurava stabilnost tokom izvedbe.



**Slika 12.** Slobodna konzolna gradnja sa privremenim zategama [7]

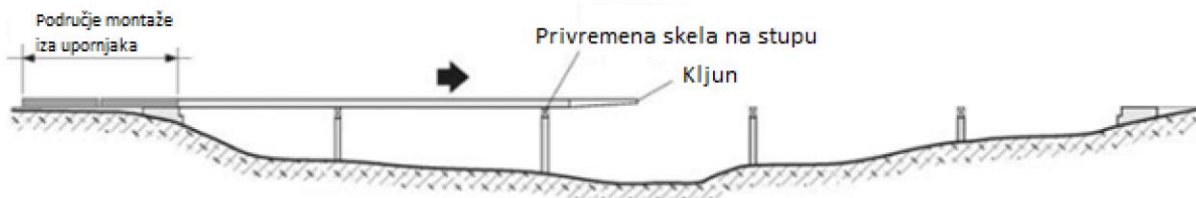
### 4.3 METODA UZDUŽNOG POTISKIVANJA

Čitavu rasponsku konstrukciju ili pojedine njezine dijelove možemo izraditi na obali, iza uponjaka mosta. Nakon međusobnog spajanja konstrukcijskih elemenata čitava se struktura potiskuje ili navlači u njezin konačan položaj. Veći rasponi također mogu biti izvedeni na ovaj način, ali za njihovu izvedbu potrebno je koristiti kabele koji pridržavaju elemente prilikom potiskivanja. Potiskivanje se najčešće koristi kada nije moguće pristupiti svim dijelovima mosta dizalicama ili kad je visina mosta iznad tla prevelika za podizanje elemenata toranjskom dizalicama. [7]

Prednost metode uzdužnog potiskivanja je što sve čelične elemente možemo izraditi i međusobno spojiti na tlu, iza upornjaka, što znači da je moguće provesti bolju kontrolu kvalitete elemenata. Navedeno se posebno odnosi na kontrolu i pravilnu izvedbu zavara koji spajaju čelične elemente konstrukcije.

Primjena metode uzdužnog potiskivanja je ograničena, a ovu su neki od uvjeta koje je potrebno zadovoljiti kako bi se pristupilo ovoj metodi gradnje:

- potrebno je dovoljno prostora iza upornjaka za montažu čeličnih elemenata
- most mora biti ravan ili sa konstantnim radijusom zakrivljenosti u horizontalnoj i verikalnoj ravnini
- preporuča se da su glavni nosači konstantne visine
- za mostove većeg raspona preporučljiva je uporaba zatvorenih poprečnih presjeka kako bi se osiguralo dovoljno torzijske i fleksijske krutosti u horizontalnoj ravnini
- 

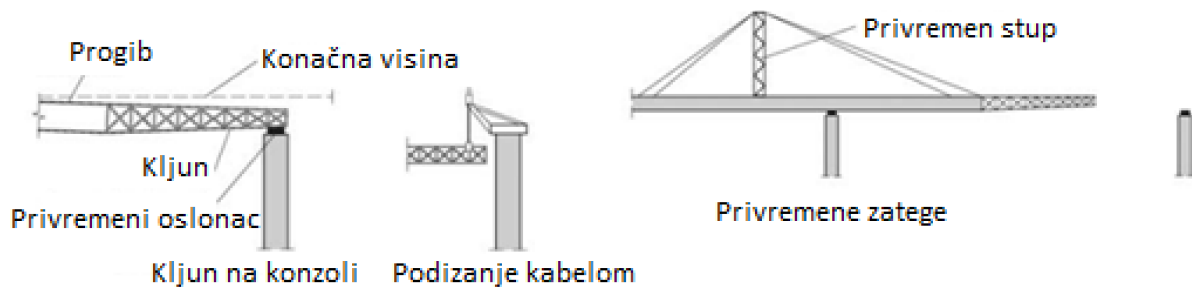


**Slika 13.** Metoda uzdužnog potiskivanja [7]

Kako bi se smanjio utjecaj vlastite težine konzole tijekom potiskivanja lagana rešetkasta konstrukcije, kljun, je montirana na prednji dio čeličnih nosača. Da bi se smanjio odnosno kompenzirao utjecaj progiba od vlastite težine na kljun je postavljen sustav za podizanje rasponskog sklopa, Slika 14.

Nakon što se čitava dužina mosta potisne u konačan položaj, potrebno je spustiti čitavi most na svoje konačne oslonce. [7]



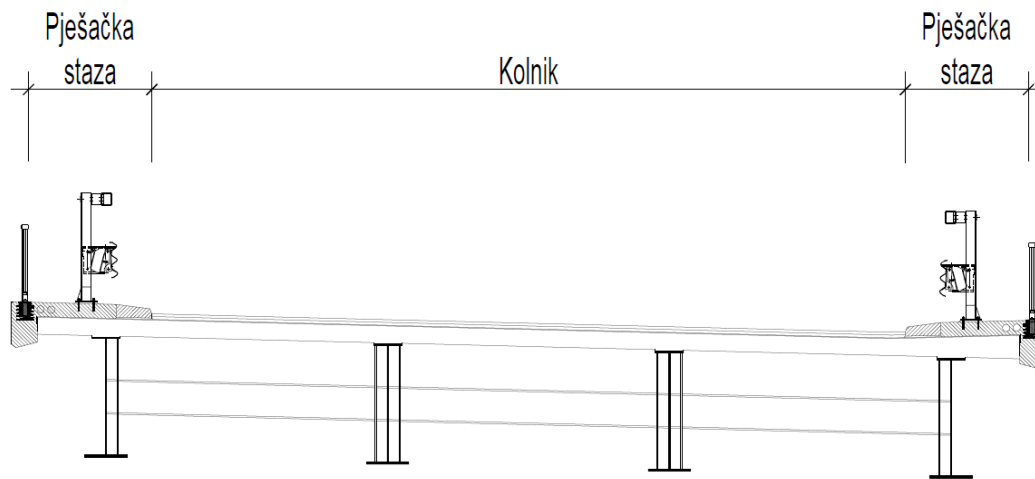


**Slika 14.** Poništavanje utjecaja progib konzole [7]

## 5. SMJERNICE ZA OBLIKOVANJE SPREGNUTIH GREDNIH MOSTOVA

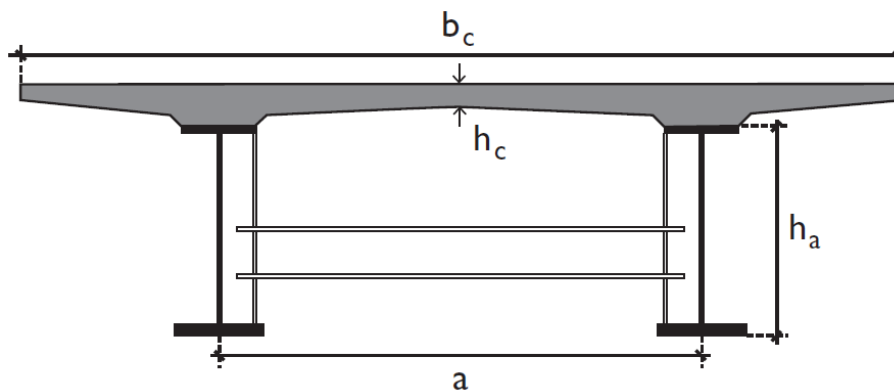
### 5.1 KOLNIČKA PLOČA

Karakteristični poprečni presjek cestovnog mosta malog raspona prikazan je na slici 15. Kolnička ploča mora biti dovoljno kruta i čvrsta da omogući raspodjelu lokalnog opterećenja na glavne nosače. Kod poprečnih presjeka s više glavnih nosača, uobičajeno je da se projektira armiranobetonska ploča debljine 20 do 30 cm s razmakom glavnih nosača 3.0 do 4.5 metara. [1]



Slika 15. Karakteristični poprečni presjek cestovnog mosta

Međutim, za mostove većih raspona prihvatljivije je rješenje s dva glavna nosača i pločom s vutama, Slika 16., najčešće promjenjive debljine, ili se projektiraju još i poprečni nosači.



Slika 16. Poprečni presjek s dva glavna nosača [3]

## 5.2 UOBIČAJENA KONCEPTUALNA RJEŠENJA MOSTOVA MALIH I SREDNJIH RASPONA

U računskoj fazi će se tek moću utvrditi koja je varijanta poprečnog presjeka racionalnija za određenu konkretnu lokaciju mosta. Ipak, korisno je i u fazi izrade konceptualnog rješenja voditi računa o sljedećim preporukama [1]:

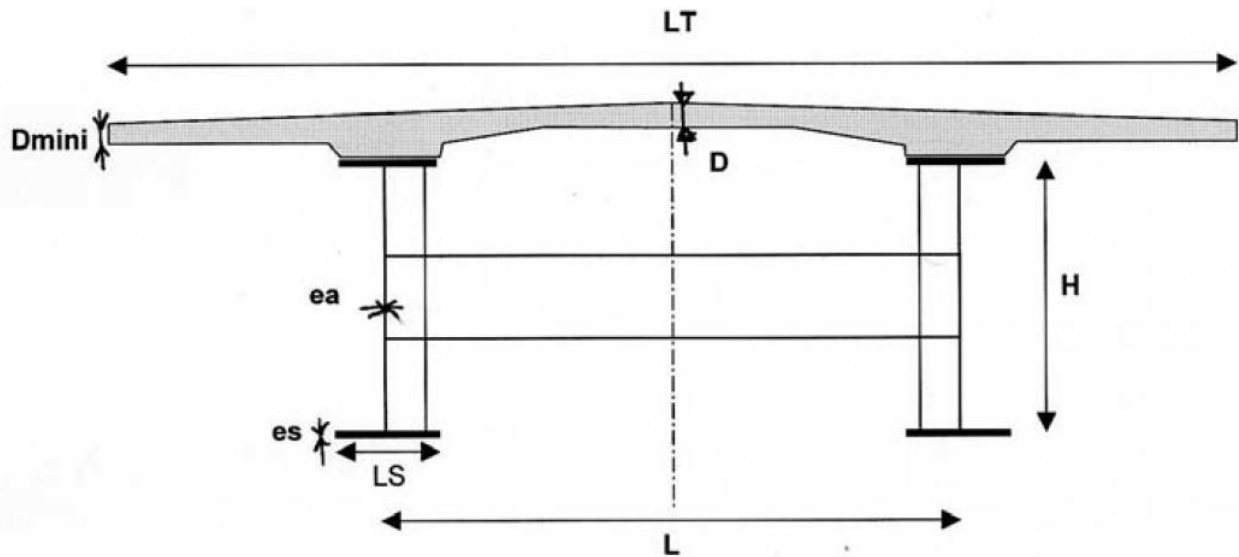
- Ako se ploča oslanja poprečno na glavne nosače, njihov razmak treba se ograničiti na 3.0 do 4.0 metara (inače je potrebno koristiti deblju armiranobetonsku ploču koja je najčešće promjenjive debljine). Ako je kolnik širok, posebno u slučaju većih raspona, vjerojatno će biti potrebno neracionalno mnogo glavnih nosača za navedenu koncepciju. S druge strane, glavni nosači na većem razmaku zahtijevaju postojanje većih poprečnih nosača koji ne sudjeluju u prenošenju uzdužnih momenata savijanja, te je stoga takva koncepcija opet neprihvatljiva za uske kolnike.
- Kada se ploča oslanja na poprečne nosače, lokalni naponi od savijanja su istog smjera kao i naponi od globalnog savijanja konstrukcije, te su oni često i zbrojivi o čemu treba voditi računa kod dimenzioniranja ploče.
- Oslanjanje kolničke ploče može se izvesti poprečno (radi smanjenja broja glavnih nosača) i bez poprečnih nosača tako da se predvidi manji sekundarni uzdužni nosač koji podupire ploču.
- Kod manjih se raspona, gdje je racionalno rješenje više glavnih nosača i poprečno oslonjena ploča, uglavnom može pokazati da će ploča bez dodatnih spregova biti dovoljna za osiguranje raspodjele uzdužnih momenata savijanja na glavne nosače. Međutim, poprečni vezovi mogu biti potrebni tijekom gradnje radi stabilizacije glavnih nosača.
- Općenito je ploča konstantne debljine racionalnija od ploče s vutama, ali je njen raspon ograničen na 4.0 metara.
- Valjani nosači su po toni težine bitno jeftiniji nego zavareni, ali su ograničene visine pa je i maksimalni raspon za njihovo korištenje limitiran.
- Zavareni nosači mogu se puno bolje iskoristiti od valjanih, pošto se materijal može raspodijeliti tamo gdje je najpotrebniji, tj. u pojasnice (točnije u donju pojasnicu, pošto ploča predstavlja značajni dio gornje pojasnice). Stoga zavareni nosači mogu biti puno lakši za isti raspon mosta, ali se ova prednost u konačnici smanjuje zbog većih troškova izrade.
- Poprečni presjeci valjanih nosača gotovo su uvijek klase 1, te se može računati s njihovom plastičnom otpornošću i na taj način ih učiniti konkurentnijima.

- Zavareni nosači, koncipirani kao kompaktni poprečni presjeci, rijetko su ekonomični.
- Primjena sandučastih nosača kod manjih raspona uglavnom nije ekonomična, osim ako se to posebno ne zahtjeva radi specifičnih uvjeta – npr. kod zakrivljenih mostova gdje je potrebna velika torzijska krutost nosača.
- Uzdužni nosači promjenjive visine su po toni skuplji nego nosači konstantne visine, ali se kod kontinuiranih nosača mogu postići značajne uštede u težini, a često su i estetski puno prihvatljiviji.

### **5.3 MINIMALNA CIJENA ILI MINIMALNA TEŽINA**

Suvremeni projektanti mostova moraju biti upoznati činjenicom da se odnos troškova materijala i izrade konstrukcije značajno promijenio posljednjih nekoliko desetljeća. Ovisno o lokalnim uvjetima, 1 sat ljudskog rada sada vrijedi kao 30 do 70 kg čelika. Prije je materijal bio znatno skuplji, te je optimizacija težine konstrukcija značila zapravo i minimalnu cijenu mosta. To znači da je u sadašnjim uvjetima, racionalna ona koncepcija koja minimizira rad na izradi, pa ponekad čak i na uštrb povećanja težine konstrukcije. [1]

## 5.4 PREPORUKA ZA OBLIKOVANJE PRESJEKA SA DVA I NOSAČA



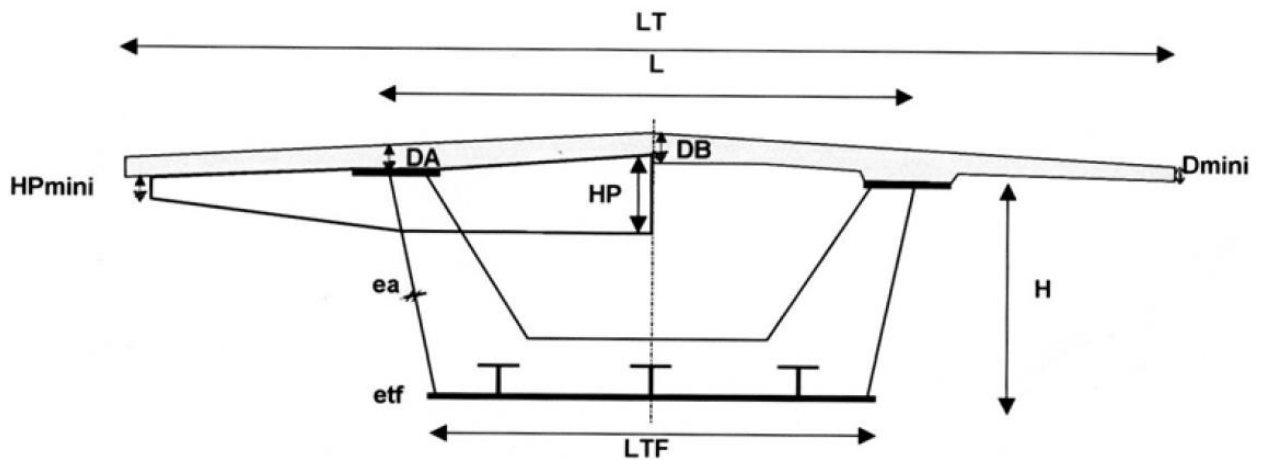
Slika 17. Parametri za određivanje dimenzija poprečnog presjeka sa dva I nosača [4]

Tablica 2. Preporuka za oblikovanje presjeka sa dva I nosača [4]

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Visina glavnih nosača     | $\text{Max} \left( \frac{X}{28} \left( \frac{LT}{12} \right)^{0.45}, 0.40 + \frac{X}{35} \right)$ za mostove konstantne visine<br>X/24 u polju u X/32 u sredini raspona za mostove sa promjenjivom visinom i više od 2 glavna nosača |
| Razmak glavnih nosača     | L= prosječno 0.55 LT   |
| Širina donje pojasnice    | $\left( 0.25 + \frac{L}{40} + \frac{X}{125} \right) \left( 0.92 + \frac{LT}{150} \right)$  |
| Širina gornje pojasnice   | Binf- 0.100 za kolničku konstrukciju sa 2 prometne trake<br>Binf- 0.200 za kolničku konstrukciju sa 4 prometne trake   |
| Standardne poprečne grede | IPE500 do IPE 700 za standardni ili ekvivalentan presjek   |
| Količina čelika           | $63 + 0.9 X^{1.2} \left( 1.34 - \frac{LT}{40} \right) + 0.25$ , po $\text{kg/m}^2$ ploče   |
| Debljina ploča            | $0.13 + \frac{(LT-L)}{26}$ , na mjestu glavnih nosača<br>$0.12 + \frac{L}{50}$ , u sredini   |
| Količina armature ploče   | Prosječno $250 \text{ kg/m}^3$   |

- $X = 1.40L$ , za sustav proste grede
- $X = L$ , za srednja polja kontinuiranih nosača
- $X = 2.25L$ , za krajnja polja kontinuiranog nosača
- $X = (2xL_i + L_{i+1})/3$   $L_i > L_{i+1}$ , za kontinuirane mostove sa nejednolikim rasponima

## 5.5 PREPORUKA ZA OBLIKOVANJE PRESJEKA SA ZATVORENIM NOSAČEM

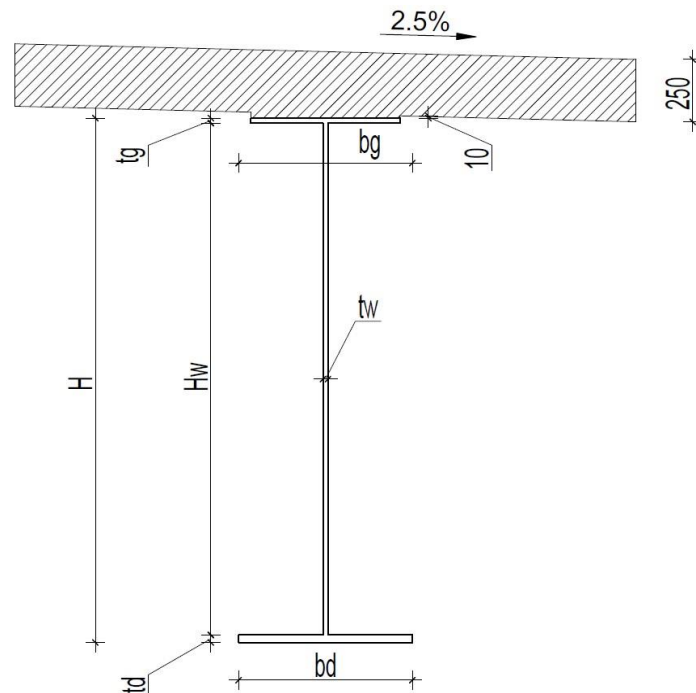


**Slika 18.** Parametri za određivanje dimenzija poprečnog presjeka sa zatvorenim nosačem [4]

**Tablica 3.** Preporuka za oblikovanje presjeka sa zatvorenim nosačem [4]

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Udaljenost gornjih pojasnica | $L = 0.50 \text{ do } 0.55 LT$  |
| Visna hrptova                | $H = 1/30 \text{ do } 1/40$ maksimalnog raspona                                 |
| Nagib grptova                | 0 do 50%  |
| Visina poprečnog nosača      | $HP = \text{prosječno } 1/11L$<br>$H_{pmin} = \text{prosječno } 300 \text{ mm}$ |
| Debljina hrpta               | $ea = 16-35 \text{ mm}$ , ovisno o poprečnom presjeku, širini mosta i rasponu   |
| Debljina donje pojasnice     | $etd = 25-80 \text{ mm}$ , ovisno o poprečnom presjeku, širini mosta i rasponu  |
| Debljina ploče               | $0.13 + \frac{(LT-L)}{26}$ , na hrptovima<br>$0.12 + \frac{L}{50}$ , u sredini  |

## 5.6 OBLIKOVANJA I NOSAČA U OSTALIM POPREČNIM PRESJECIMA SPREGNUTIH MOSTOVA



Slika 19. Parametri za određivanje dimenzija I nosača [15]

Tablica 4. Širine pojasevica prema rasponu ploče [15]

| Širine pojaseva<br>[mm] | Raspon ploče |           |           |
|-------------------------|--------------|-----------|-----------|
|                         | 2,5 – 3,5 m  | 3,5 – 5 m | > 5 m     |
| Gornji pojas            | ≈ 400        | 400 - 500 | 500 - 700 |
| Donji pojas             | ≈ 400        | ≈ 600     | 600 - 800 |

Tablica 5. Širine pojasevica prema broju nosača [15]

| Raspon<br>[m] | >2 nosača  |            | 2 nosača   |            |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
|               | bg<br>[mm] | bd<br>[mm] | bg<br>[mm] | bd<br>[mm] |
| 40            | 400        | 600        | 600        | 700        |
| 50            | 600        | 700        | 600        | 800        |
| 60            | 600        | 700        | 700        | 900        |

**Tablica 6.** *Debljina pojasnica [15]*

| Debljine limova        | U polju    | Iznad ležaja |
|------------------------|------------|--------------|
| Gornji pojas ( $t_g$ ) | 20 mm      | 30 – 60 mm   |
| Donji pojas ( $t_d$ )  | 30 – 40 mm | 40 – 80 mm   |



## 6. MODEL PROMETNOG OPTEREĆENJA

U Eurokodu su dana prometna opterećenja za cestovne mostove sa pojedinačnim rasponima manjim od 200 m i/ili širinama kolnika manjim od 42 m. Za mostove većih raspona od navedenih preporuča se određivanje objektivnih opterećenja, budući da bi opterećenje navedena u ENV 1991-3 bila odveć konzervativna. Ta se opterećenja biraju na temelju brojenja prometa odnosno prognoze prometa. Pri tome, temelj za objektivno određivanje primijenjenih modela opterećenja mora uvijek biti ENV 1991-1 odnosno EN 1990 budući da je cjelokupni koncept pouzdanosti temeljen primjenom parcijalnih faktora. [1]

Modeli opterećenja navedeni u EC1 proizlaze iz modela cestovnog prometa bez korekcije dinamičkih učinaka. Opterećenja koja nastaju prilikom izvođenja ili specifična opterećenja koja se koriste prilikom ispitivanja nisu pokrivena prometnim opterećenjima i trebalo bi ih, prema potrebi, posebno specificirati. Treba napomenuti da modeli opterećenja utvrđeni u EC1 ne opisuju stvarna opterećenja. Modeli opterećenja su odabrani i kalibrirani tako da njihovi učinci predstavljaju stvarni promet 2000. godine u Europskim zemljama.

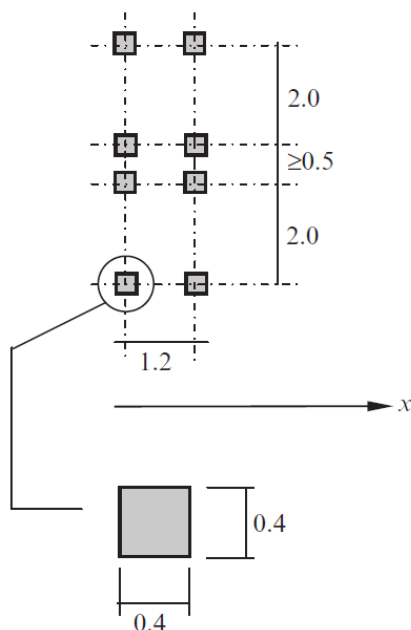
Modeli opterećenja za vertikalna opterećenja predstavljaju sljedeća četiri prometna učinka: Model opterećenja 1 (LM1), Model opterećenja 2 (LM2), Model opterećenja 3 (LM3) i Model opterećenja 4 (LM4).

LM1 sadrži koncentrirana i ravnomjerno raspoređena opterećenja, koja pokrivaju većinu učinaka prometa motornih vozila. Ovaj model treba koristiti za opće i lokalne provjere. LM2 sadrži opterećenje jedne osovine primijenjeno na određena kontaktna područja gume, što pokriva dinamičke učinke normalnog prometa na kratke konstrukcijske elemente. LM3 sadrži skup sklopova osovinskih opterećenja koji predstavljaju specijalno vozilo (npr. za industrijski transport), koja mogu prometovati unaprijed određenim rutama. LM4 predstavlja opterećenje navalu ljudi na most.[6]

## 6.1 MODEL OPTEREĆENJA 1

Model opterećenja 1 pokriva većinu djelovanja teretnih i osobnih vozila i predstavlja glavni model opterećenja. Sastoji se od dva dijela: dvoosovinskog sustava (tandem) i jednoliko raspodijeljenog opterećenja.

Dvoosovinski sustav se sastoji od dvije osovine, a opterećenje svake osovine iznosi  $\alpha_Q \cdot Q_k$  gdje je  $Q_k$  karakteristično opterećenje osovine za Model opterećenja 1, a  $\alpha_Q$  je prilagodbeni koeficijent.



**Slika 20.** Raspodjela prometnog opterećenja za Model opterećenja 1 [6]

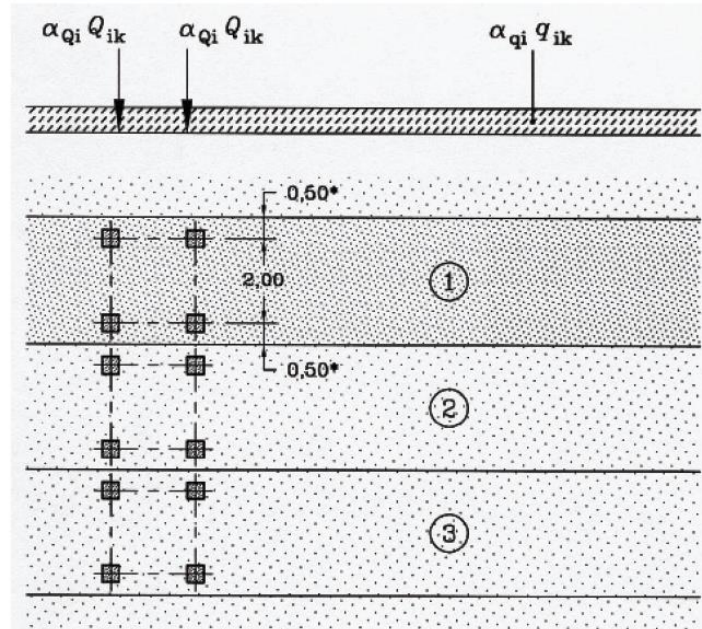
Trag svakog kotača predstavlja kvadrat sa stranicama dimenzija 0.4 m, kako se vidi na slici 22., a opterećenje svakim kotačem iznosi  $0.5 \cdot \alpha_Q \cdot Q_k$ .

**Tablica 7.** Model opterećenja 1: karakteristične vrijednosti [8]

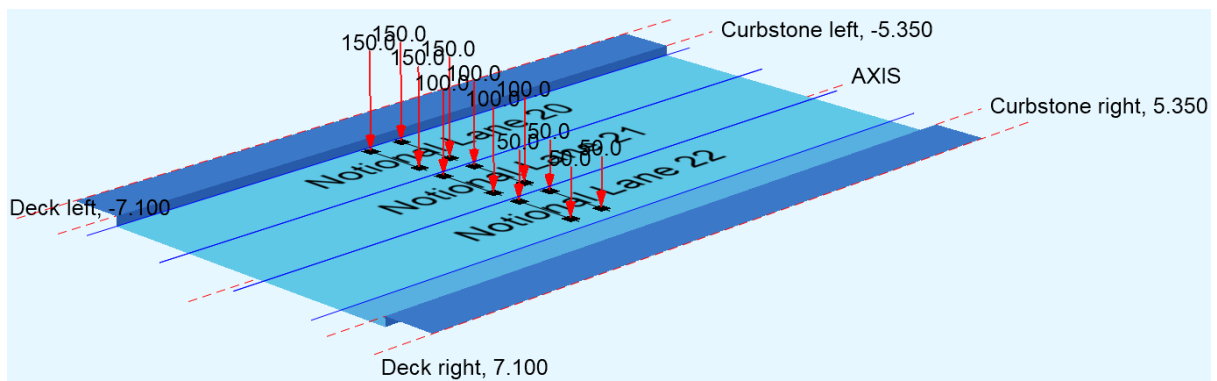
| Položaj                      | Opterećenje dvostrukom osovinom TS  | UDL sustav  |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
|                              | Osovinska opterećenja $Q_{ik}$ [kN] | $q_{ik}$ (ili $\overline{AC}$ $q_{rk}$ $\overline{AC}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Vozni trak br. 1             | 300                                 | 9   |
| Vozni trak br. 2             | 200                                 | 2,5   |
| Vozni trak br. 3             | 100                                 | 2,5   |
| Ostali vozni trakovi         | 0                                   | 2,5   |
| Preostala ploha ( $q_{rk}$ ) | 0                                   | 2,5   |

Težina pojedinačnih osovina iznosi:

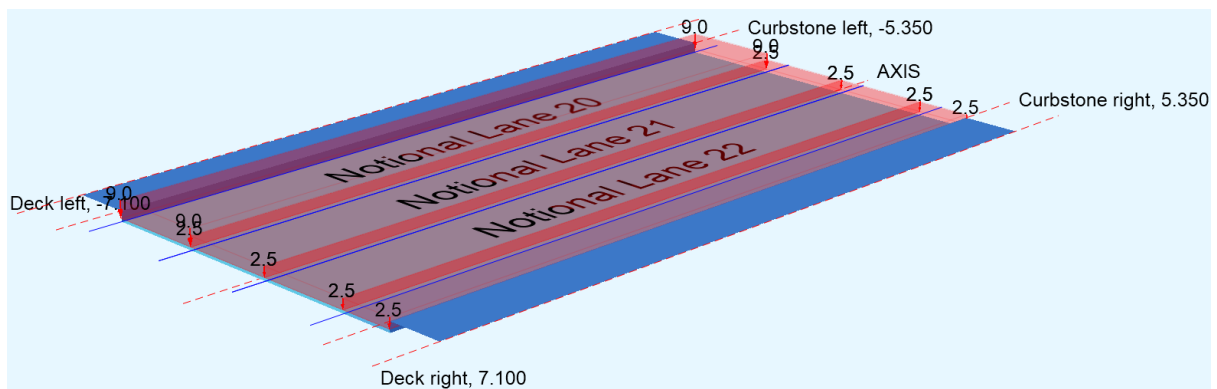
- $600 \cdot \alpha_{Q1}$  [kN] na voznom traku 1
- $400 \cdot \alpha_{Q1}$  [kN] na voznom traku 1
- $200 \cdot \alpha_{Q1}$  [kN] na voznom traku 1



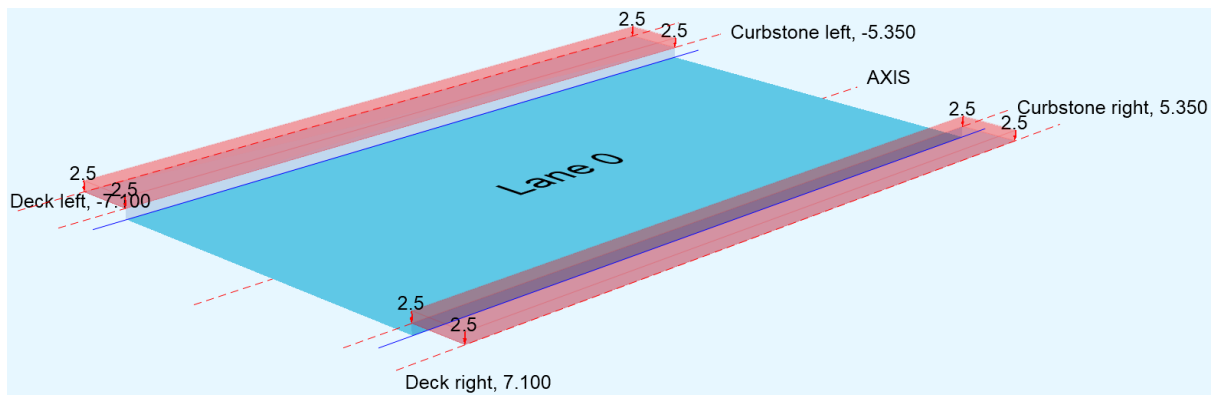
Slika 21. Primjena Modela opterećenja 1



Slika 22. Tandem vozila, Model opterećenja 1, Sofistik



Slika 23. Kontinuirano opterećenje, Model opterećenja 1, Sofistik



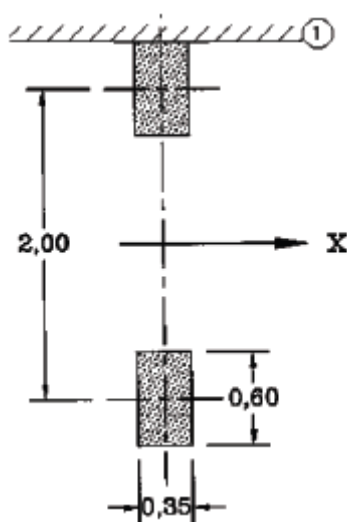
**Slika 24.** *Kontinuirano opterećenje hodnika, Model opterećenja 1, Sofistik*

## 6.2 MODEL OPTEREĆENJA 2

Ovaj model opterećenja sastoji se od jedne pojedinačne osovine, koja se može nalaziti bilo gdje na kolniku. Uzima u obzir dinamička djelovanja prometa na elemente vrlo malog raspona i koristi se za ispitivanje lokalnih utjecaja na konstrukcijske elemente.

Opterećenja uslijed Modela opterećenja 2 iznose  $\beta_Q \cdot Q_{ak}$  s  $Q_{ak} = 400$  kN, uključujući dinamički koeficijent. Ako je potrebno, može se uzeti u obzir i jedan kotač od  $200 \cdot \beta_Q$  [kN], ako se drugačije ne odredi  $\beta_Q$  jednak je  $Q_{ak}$ .

Opterećenje djeluje preko pravokutne kontaktne površine pri čemu je dimenzija traga svakog kotača kao što je i za Model opterećenja 1 i pravokutnik sa stranicama 0.35 m i 0.6 m, kao što je prikazano na slici 24. [1]



Slika 25. Model opterećenja 2 [8]

Pretpostavlja se da su pojedinačne sile, i kod Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 2, jednoliko raspodijeljene po tragu kotača. Nadalje one se rasprostiru kroz zastor i betonski ploču pod kutom od  $45^\circ$ .

Dodirne ploštine Modela opterećenja 1 i 2 su različite i odgovaraju različitim vrstama guma, rasporedu i raspodjelama tlakova. Dodirne ploštine Modela opterećenja 2, koje odgovaraju dvostrukim gumama, obično su mjerodavne za ortotropne rasponske sklopove. Radi jednostavnosti, u nacionalnom dodatku smije se usvojiti jednaka ploha za kotače Modela opterećenja 1 i 2.

### 6.3 MODEL OPTEREĆENJA 3

LM3 sadrži skup sklopova osovinskih opterećenja koji predstavljaju specijalno vozilo (npr. za industrijski transport), koja mogu prometovati unaprijed određenim rutama. Ukoliko postoji potreba za primjenu jednog ili više normalnih modela za specijalna vozila, težine vozila se uzimaju prema tablici 8.

**Tablica 8.** Rasporedi posebnih vozila [10]

| Ukupna težina [kN] | Raspored osovina  | Oznaka                               |
|--------------------|---|--------------------------------------|
| 600                | 4 osovine po 150 kN   | 600/150                              |
| 900                | 6 osovina po 150 kN   | 900/150                              |
| 1200               | 8 osovina po 150 kN<br>ili<br>6 osovina po 200 kn   | 1200/15<br>1200/20                   |
| 1500               | 10 osovina po 150 kN<br>ili<br>7 osovina po 250 kN + 1 osovina po 100 kN  | 1500/150<br>1500/200                 |
| 1800               | 12 osovina po 150 kN<br>ili<br>9 osovina po 200 kn  | 1800/150<br>1800/200                 |
| 2400               | 12 osovina po 200 kN<br>ili<br>9 osovina po 240 kn<br>ili<br>6 osovina po 200 Kn (razmak 12 m ) + 6 osovina po 200 kN                       | 2400/200<br>2400/240<br>2400/200/200 |
| 3000               | 15 osovina po 200 kN<br>ili<br>12 osovina po 240 kn + 1 osovina po 120 kN<br>ili<br>8 osovina po 200 Kn (razmak 12 m) + 7 osovina po 200 kN | 3000/200<br>3000/240<br>3000/200/200 |
| 3600               | 18 osovina po 200 kN<br>ili<br>15 osovina po 240 kn<br>ili<br>9 osovina po 200 Kn (razmak 12 m ) + 9 osovina po 200 kN                      | 3600/200<br>3600/240<br>3600/200/200 |

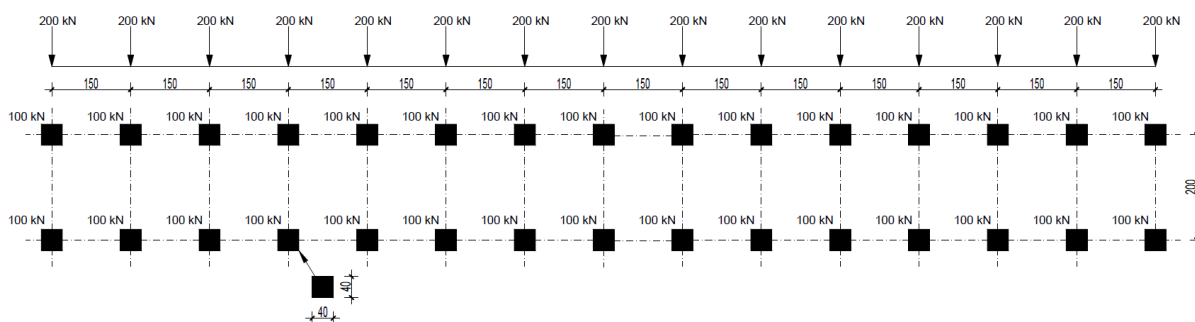
Ukoliko se usvoji  $\alpha_{Qi} = 1.0$  i  $\alpha_{qi} = 1.0$ , djelovanja modela 600/150 obuhvaćena su djelovanja glavnog modela i ne moraju se uzeti u obzir. Ukoliko se želi obuhvatiti djelovanje izvanrednih tereta težine iznad 3600 kN, smiju se odrediti i posebni modeli.

Karakteristična opterećenja specijalnih vozila uzimaju se kao nazivne vrijednosti i to samo za privremene računske situacije.

Specijalna vozila od osovinskih pritisaka 150 kN ili 200 kN treba postaviti na jedan računski vozni trak. Specijalna vozila od težih osovina treba postaviti na dva susjedna vozna traka.

Svaki računski vozni trak i preostalu plohu treba opteretiti čestim vrijednostima glavnog modela. Na trakove opterećene specijalnim vozilom ovaj model treba postaviti na udaljenost najmanje 25 m od vanjske osovine promatranog vozila.

Na autocestama, brzim cestama i sličnim prometnicama, kao i na dionicama cesta koje su predviđene za posebne teške transporte, treba primijeniti normirani osnovni model oznake 3000/200, prema normi HRN EN 1991-2:2012, Dodatak A, ukupne težine 3 000 kN, slika 23. [10]



Slika 26. Model opterećenja 3, model oznake 3000/200

## 6.4 MODEL OPTEREĆENJA 4

Model opterećenja 4 predstavlja navalu pješaka na mostu koja se predočuje karakterističnim opterećenjem :  $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$ .

Ono odgovara nazivnom opterećenju u koje je uključen dinamički koeficijent. Ovo opterećenje postavlja se na mjerodavne dijelove (duljina i širina) nadgrađa, tj. dijelove mosta iznad stupova i upornjaka. Ukoliko je nužno, uzima se u obzir i srednji pojas. [1]

## 6.5 PRIMJENA MODELA OPTEREĆENJA 3 U KOMBINACIJI S MODELOM OPTEREĆENJA 1

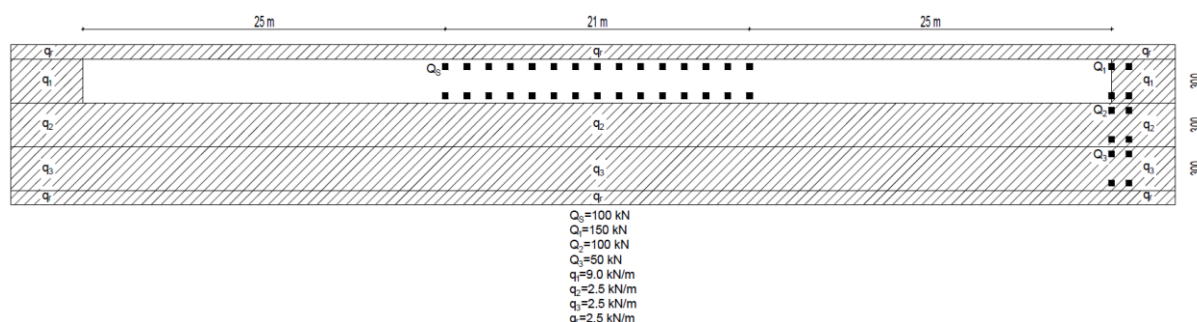
Postoje dvije mogućnosti primjene Modela opterećenja 3. Prvi je slučaj kada se specijalno vozilo kreće brzinom manjom od 5 km/h, a drugi je slučaj kada se kreće normalnom brzinom, tj. 70 km/h.

Kada se specijalno vozilo kreće malom brzinom, Model opterećenja 3 se kombinira sa Modelom opterećenja 1 na takav način da se glavna prometna traka, širine 3 metra, postavljena nepovoljno na kolniku optereti Modelom opterećenja 3. Model opterećenja 1, reduciran faktorima  $\Psi$ , Tablica 9., te se postavlja u svaku prometnu traku i preostale dijelove mosta, ali ne bliže od 25 metara od vanjskih osovina specijalnog vozila u glavnom prometnom traku. [9]

Takav raspored opterećenja daje povećane vrijednosti vertikalnih opterećenja u glavnom prometnom traku u kojem je smješteno specijalno vozilo duljine 21 metar, ali takav položaj opterećenja također smanjuje vrijednosti ostalih opterećenja iz Modela opterećenja 1 i u potpunosti izostavlja sva opterećenja Modela opterećenja 1 na dužini od 71 metar (25+21+25 m) u glavnoj prometnoj traci. [9]

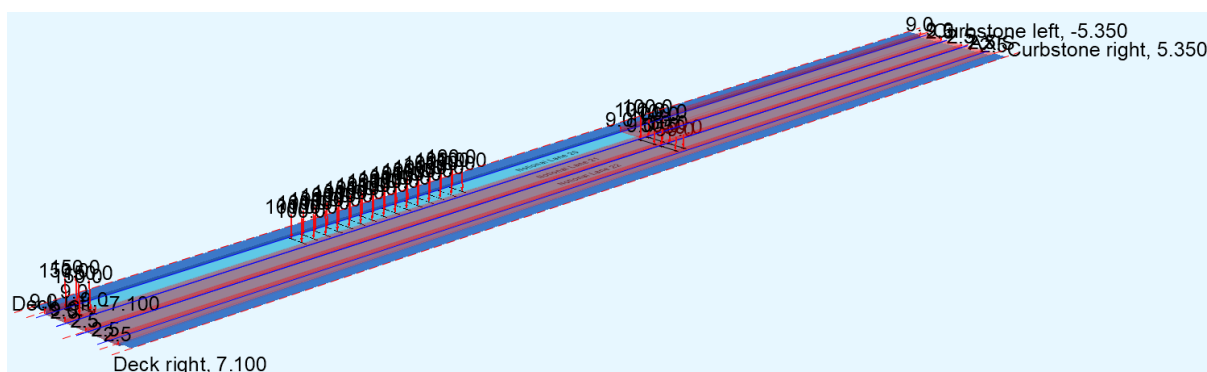
Kada se specijalno vozilo kreće normalnom brzinom, njihova osovinska opterećenja trebala bi se povećati faktorom  $\phi = 1.4 - L/500$  (L predstavlja duljinu utjecaja opterećenja [m]), također potrebno je postaviti dva specijalna vozila u glavnoj prometnoj traci. U prometnoj traci na kojoj se nalazi Model opterećenja 3, u ovom slučaju, ne postavlja se nikakvo drugo opterećenje. Model opterećenja 1 se postavlja na preostale prometne trake i ostale dijelove mosta. [9]

U ovom radu će biti prikazan prvi slučaj opterećenja specijalnim vozilom, vozilo se kreće normalnom brzinom, tj. brzinom manjom od 5 km/h.



Slika 27. Kombinacija Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3





Slika 28. Kombinacija Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3, Sofistik

Tablica 9. Dinamički faktor za specijalno vozilo

| Brzina kretanja                 | Prometna traka u kojoj je specijalno vozilo                  | Ostatak mosta | Din. faktor za spec. vozilo |
|---------------------------------|--|---------------|-----------------------------|
| Sporo kretanje ( $\leq 5$ km/h) | $\Psi_1$ LM1 + 25 m +specijalno vozilo + 25 m + $\Psi_1$ LM1 | $\Psi_1$ LM1  | 1                           |
| Normalno kretanje (70 km/h)     | specijalno vozilo + specijalno vozilo                        | $\Psi_1$ LM1  | 1,4 - L/500                 |

Tablica 10. Preporučene vrijednosti faktora psi za cestovne mostove [11]

| Djelovanje   | Simbol  | $\psi_0$   | $\psi_1$   | $\psi_2$ |   |
|--|---|--|------------|----------|---|
| Prometna opterećenja (vidjeti tablicu 4.4 norme EN 1992-2) | gr1a (LM1 + opterećenja pješačke ili biciklističke staze) <sup>1)</sup> | TS – prolazna situacija                                  | 0,75       | 0,75     | 0 |
|  |   | UDL – jednoliko raspodijeljeno opterećenje               | 0,40       | 0,40     | 0 |
|  |   | opterećenja pješačke + biciklističke staze <sup>2)</sup> | 0,40       | 0,40     | 0 |
|  | gr1b (pojedinačna osovina)  | 0  | 0,75       | 0        |   |
|  | gr2 (horizontalne sile)   | 0  | 0          | 0        |   |
|  | gr3 (opterećenja pješacima)   | 0  | AC 0,40 AC | 0        |   |
| gr4 (LM4 – opterećenje navalom ljudi)                      | 0   | AC – AC  | 0          |          |   |
| gr5 (LM3 – posebna vozila)                                 | 0   | AC – AC  | 0          |          |   |
| Sile vjetra  | $F_{wk}$  | 0,6  | 0,2        | 0        |   |
|  | stalne proračunske situacije izvedba                                    | 0,8  | –          | 0        |   |
|  | $F_{w*}$  | 1,0  | –          | –        |   |
| Toplinska djelovanja                                       | $T_k$   | 0,6 <sup>3)</sup>  | 0,6        | 0,5      |   |
| Opterećenja snijegom                                       | $Q_{sn,k}$ (tijekom izvedbe)  | 0,8  | –          | –        |   |
| Opterećenja pri izvedbi                                    | $Q_c$   | 1,0  | –          | 1,0      |   |

<sup>1)</sup> Preporučene vrijednosti za  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  i  $\psi_2$  za gr1a i gr1b dane su za cestovni promet u skladu s faktorima prilagodbe  $\alpha_{Qi}$ ,  $\alpha_{qj}$ ,  $\alpha_{qr}$  i  $\beta_Q$  jednakim 1. Oni koji se odnose na UDL odgovaraju uobičajenom scenariju prometa u kojem dolazi rijetko do nagomilavanja teretnjaka. Za druge razrede cesta ili za očekivani promet smiju se odrediti druge vrijednosti, ovisno o odabiru odgovarajućih faktora  $\alpha$ . Primjerice, vrijednost  $\psi_2$  koja je različita od nule smije se uzeti samo za sustav UDL Modela opterećenja LM1, za mostove na kojima je jak kontinuiran promet. Vidjeti i normu EN 1998.

<sup>2)</sup> Kombinacijska vrijednost pješačkog i biciklističkog prometa spomenuta u tablici 4.4.a norme EN 1992-2 jest „umanjena“ vrijednost. Faktori  $\psi_0$  i  $\psi_1$  su primjenjivi za tu vrijednost.

<sup>3)</sup> Preporučena vrijednost  $\psi_0$  za toplinska djelovanja smije se u najviše slučajeva smanjiti na nulu za granična stanja nosivosti EQU, STR i GEO. Vidjeti i eurokodove za proračun.

## 7. MODELI SPREGNUTIH GREDNIH MOSTOVA SA "I" NOSAČIMA

### 7.1 TIP MOSTA, RASPONI, POPREČNI PRESJECI

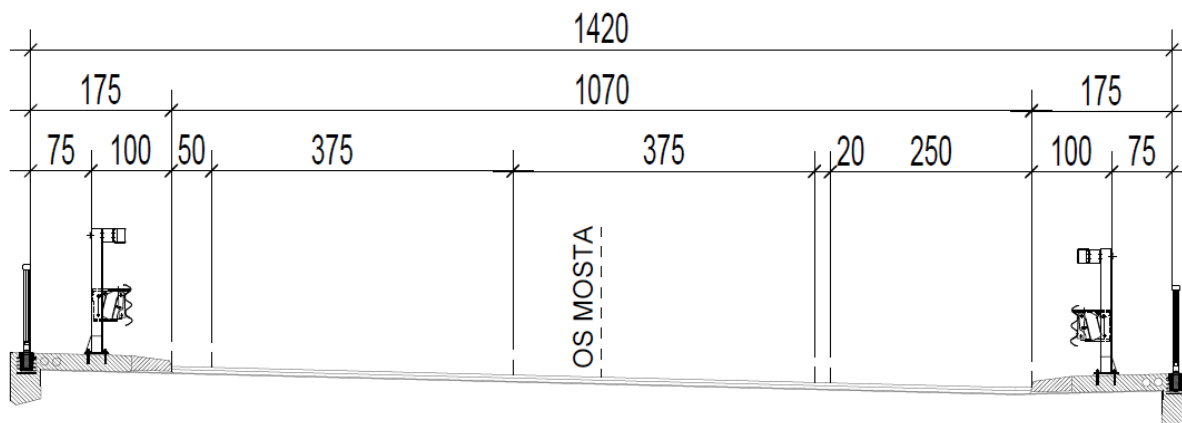
Za usporedbu momenata savijanja između Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 odabran je model kontinuiranog grednog mosta sa 4 raspona. Veličina raspona varira od 30 do 60 metara sa inkrementima povećanja od 10 metara. Krajnji rasponi su kraći od srednjih raspona, odnosno njihova duljina je 78,6% duljine srednjih raspona kako bi se ujednačili pozitivni momenti savijanja kroz sve raspone. Čelični dio spregnutog presjeka je "I" presjeka koji je konstantne visine po cijeloj dužini mosta sa L/h odnosom od 21 u svim izrađenim modelima.

Na slikama 25. i 26. prikazane su prometne širine i širine mosta na autocesti i brzjoj cesti za jedan smjer vožnje na kojima su primijenjeni Modeli opterećenja LM1 i LM3.

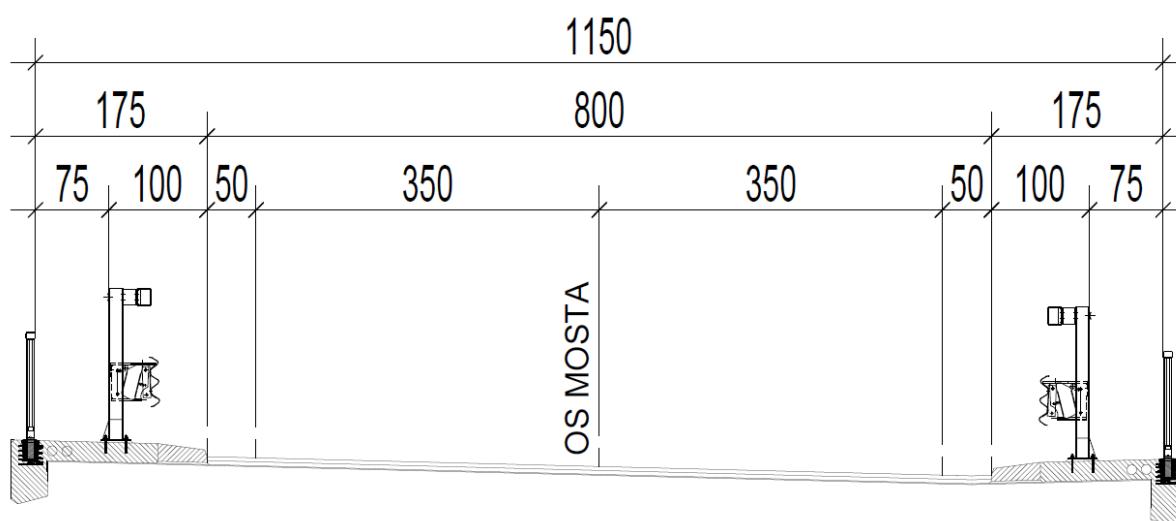
Na modelima mostova na autocesti i brzjoj cesti izrađene su varijacije poprečnih presjeka ovisno o broju nosača. Za autocestu izrađeni su modeli sa 6 glavnih nosača na razmaku od 2.50 metra, 4 glavna nosača na razmaku od 4.00 metra i model sa 2 glavna nosača na razmaku od 7.75 metra. Za brzu cestu izrađeni su modeli sa 4 glavna nosača na razmaku od 3.20 metra, 3 glavna nosača na razmaku od 4.50 metra te model sa 2 glavna nosača na razmaku od 6.60 metra.

Bitno je naglasiti sa svi poprečni presjeci sa 2 glavna nosača imaju zadebljanje armiranobetonske ploče u obliku vute iznad glavnog nosača od 15 cm dok je na ostalim poprečnim presjecima ploča konstantne debljine od 25 cm. U svim poprečnim presjecima postoji i poprečni nosač za kojeg je odabran HEA čelični profil, a visina poprečnog nosača ovisi o veličini raspona mosta odnosno o visini glavnog nosača.

Skice svih poprečnih presjeka sa označenim mjerodavnim nosačem bit će dane u prilogu na kraju rada.



Slika 29. Prometne širine mosta na autocesti za jedan smjer vožnje



Slika 30. Prometne širine mosta na brznoj cesti za jedan smjer vožnje

## 7.2 OPIS NAČINA MODELIRANJA I ELEMENATA MODELA

### 1. Opis software-a

Za modeliranje i proračun konstrukcije mosta korišten je programski paket „SOFiSTiK“. Unutar programskog paketa „SOFiSTiK“ definirani su svi potrebni materijali i poprečni presjeci za model mosta pomoć tekstualnog potprograma „Teddy“. Iskorišten je i grafički potprogram „SOFiPLUS(-X) Modeling“ kako bi se grafički zadao model mosta. Unutar tekstualnog potprograma „Teddy“ za poprečni presjek glavnog uzdužnog nosača zadali smo konstatne i varijabilne parametre poprečnog presjeka glavnog uzdužnog nosača. Unutar grafičkog potprograma „SOFiPLUS“ osim grafičkog modeliranja konstrukcije mosta, zadali smo promjenu varijabilnih parametara kao što su sudjelujuća širina betonske ploče i čeličnog nosača, raspucalost presjeka i debljine limova čeličnog nosača. Nakon oblikovanja mosta, zadavano je opterećenje na most koristeći mogućnosti grafičkog zadavanja u „SOFiPLUS“ potprogramu, tekstualno zadavanje u „Teddy“ potprogramu i modula unutar „SOFiSTiK“ programa. Prvo su se zadala grafička opterećenja u „SOFiPLUS“ potprogramu, a to su dodatna vlastita težina, težina betonske ploče i dodatno stalno opterećenje, a vlastitu težinu mosta sam software uzima u obzir. Nakon grafičkog zadavanja opterećenja, kako bi software uzeo ta opterećenja u obzir, potrebno je pokrenuti „Linear Analysis“ koji je pomoću modula ASE proračunao statička opterećenja. Pomoću „Construction Stages“ zadan je tijek faza izvedbe kao i uzimanje u obzir skupljanja i puzanja konstrukcije mosta. Nakon što su definirane faze izvedbe, pomoću modula „Traffic Loader“ definira se prometno opterećenje u ovisnosti o namjeni i parametrima mosta, a za proračun prometnog opterećenja korišten je modul ELLA koji preko utjecajnih linija pronalazi rezne sile u željenim elementima.

### 2. Vrsta modela

Konstrukcija je modelirana pomoću hibridnog modela. Hibridni model je napredniji model za razliku od roštiljnog modela. Kod roštiljnog modela potrebno je uzdužne čelične nosače i betonsku ploču svesti na sustav štapova ekvivalentnih statičkih karakteristika gdje su uzdužni čelični nosači uzdužni štapovi povezani poprečnim štapovima tj. betonskom pločom. Kod hibridnog modela uzdužne čelične nosače oblikujemo kao uzdužne štapove ekvivalentnih statičkih karakteristika, a betonsku ploču zadajemo kao pločasti element s reduciranom uzdužnom krutosti. Time dobivamo spregnuti poprečni presjek. Redukcija uzdužne krutosti betonske ploče radi jer uzdužna krutost mosta definirana pomoću uzdužnih čeličnih nosača i betonske pojasnice. Dobili smo kvalitetniju preraspodjelu opterećenja između betonske pojasnice i čeličnog nosača (bizno kod puzanja i skupljanja) te je moguće odrediti stvarnu poziciju neutralne osi.

### 3. Vrsta elemenata

Za definiranje modela primarno su korišteni štapni elementi. Štapni elementima definirao se spregnuti presjek i poprečni nosači. Za definiranje betonske ploče korišteni su plošni elementi. Ležajevi su modelirani pomoću opruga odgovarajuće krutosti, a povezani su sa spregnutim presjekom pomoću „Constraina“. Ploča je za uzdužni smjer uzeta kao bez krutosti tako da sva opterećenja preuzima presjek spregnutog štapnog elementa.

### 4. Geometrija modela

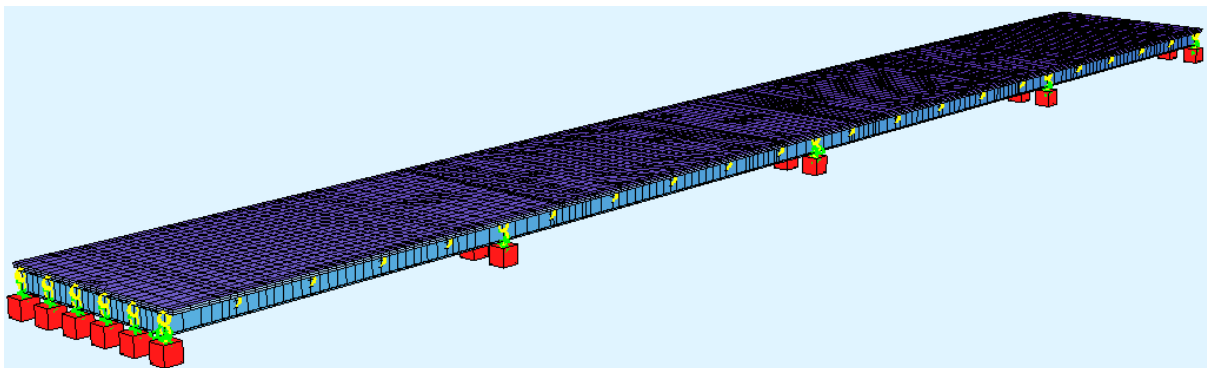
Određivanje geometrije modela započinje zadavanjem centralne osi iz ishodišta lokalnog koordinatnog sustava. Centralna os prolazi sredinom poprečnog presjeka mosta. Nakon zadavanja centralne osi, zadaju se sekundarne osi koje čine osi čeličnog nosača i rub betonske kolničke ploče. Potrebno je generirati čvorove uzdužne osi nosača kako bi poslije mogli raditi promjene materijala.

### 5. Modeliranje faza izvedbe – CSM

Pomoću modula „Construction stages“ modelirane su faze izvedbe konstrukcije mosta. Faze izvedbe:

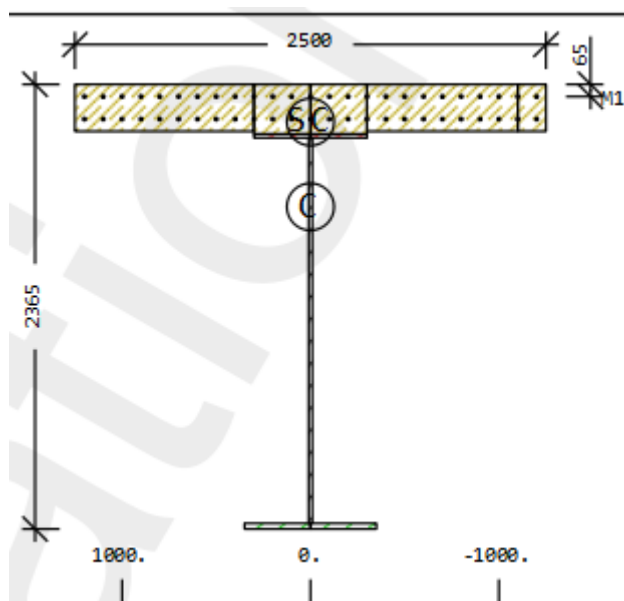
- Montaža čelika
- Betoniranje polja
- Očvršćavanje polja
- Betoniranje ležaja
- Očvršćavanja ležaja
- Postavljanje opreme mosta
- Puštanje mosta u promet
- Kraj uporabnog vijeka mosta

Naravno, nakon izvedbe i očvršćavanja betonskih elemenata, potrebno je uzeti u obzir utjecaj skupljanja i puzanja kao i utjecaj skupljanja i puzanja na kraju uporabnog vijeka mosta.

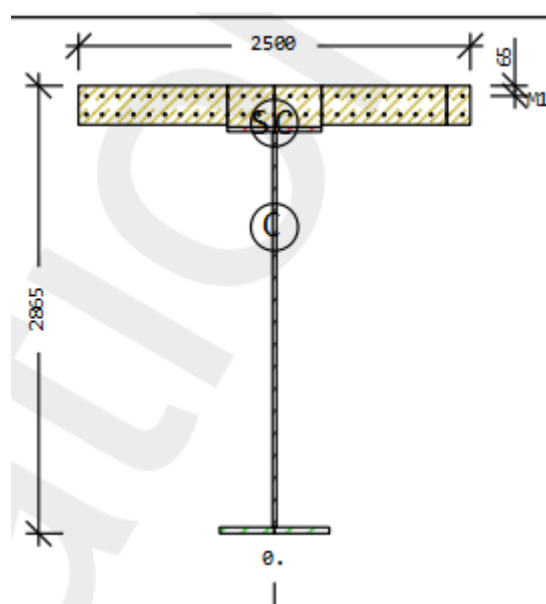


**Slika 31.** Karakteristični 3D model mosta na autocesti i brzjoj cesti





**Slika 34.** Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 50 m



**Slika 35.** Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 60 m

## 8. DIMENZIONIRANJE ZA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

U ovom poglavlju prikazano je dimenzioniranje mosta na brzoj cesti sa razmakom glavnih nosača 4.5 metara i rasponom od 40 metara. Model je opterećen Modelom opterećenja 1. Svi ostali modeli su dimenzionirani na isti način.

### 8.1 RASPONSKI SKLOP – NAPREZANJA

Granična naprezanja prema graničnom stanju nosivosti određena su kako slijedi:

Za vlak:

$$\sigma_{rd,max} = 355MPa$$

Za tlak (debljina lima  $\leq 40mm$ ):

$$\sigma_{rd,max} = \frac{-355}{1,1} = -322MPa$$

Za tlak (debljina lima  $> 40mm$ ):

$$\sigma_{rd,min} = \frac{-335}{1,1} = -304MPa$$

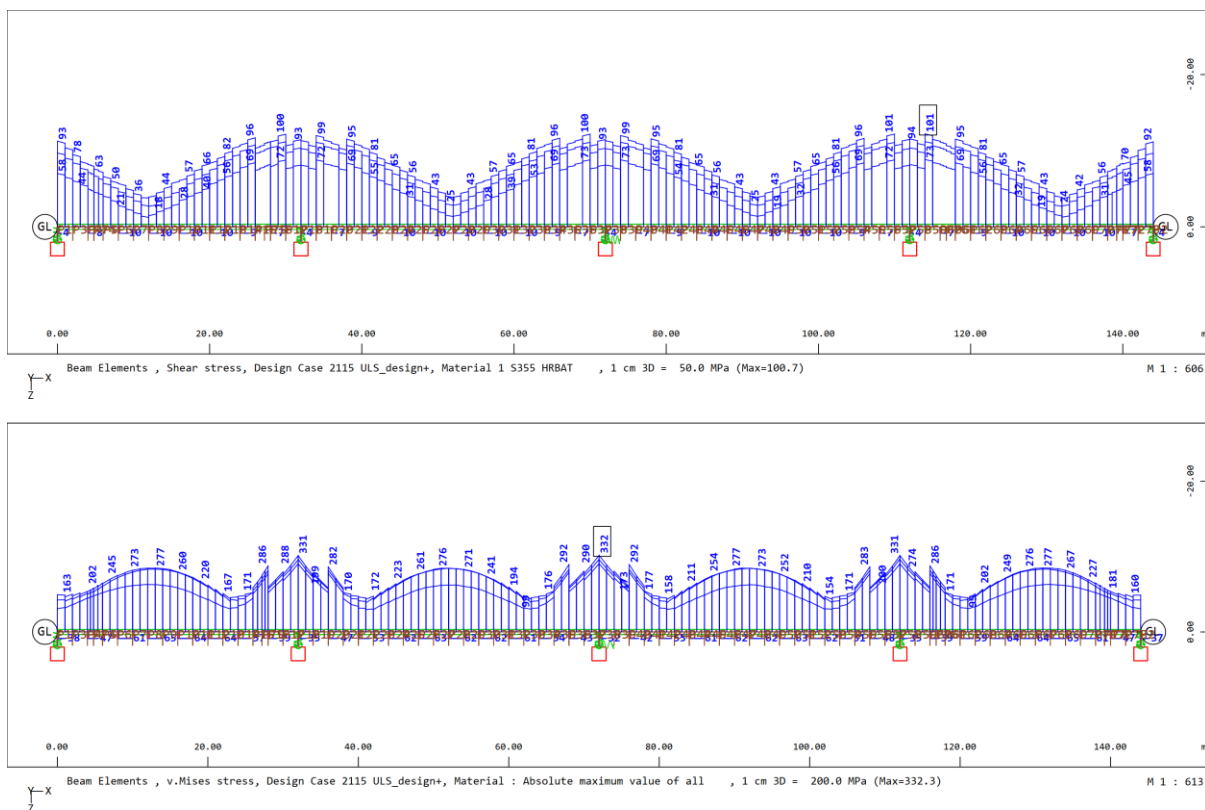
Posmik:

$$\tau_{rd} = \frac{322}{\sqrt{3}} = 185MPa$$

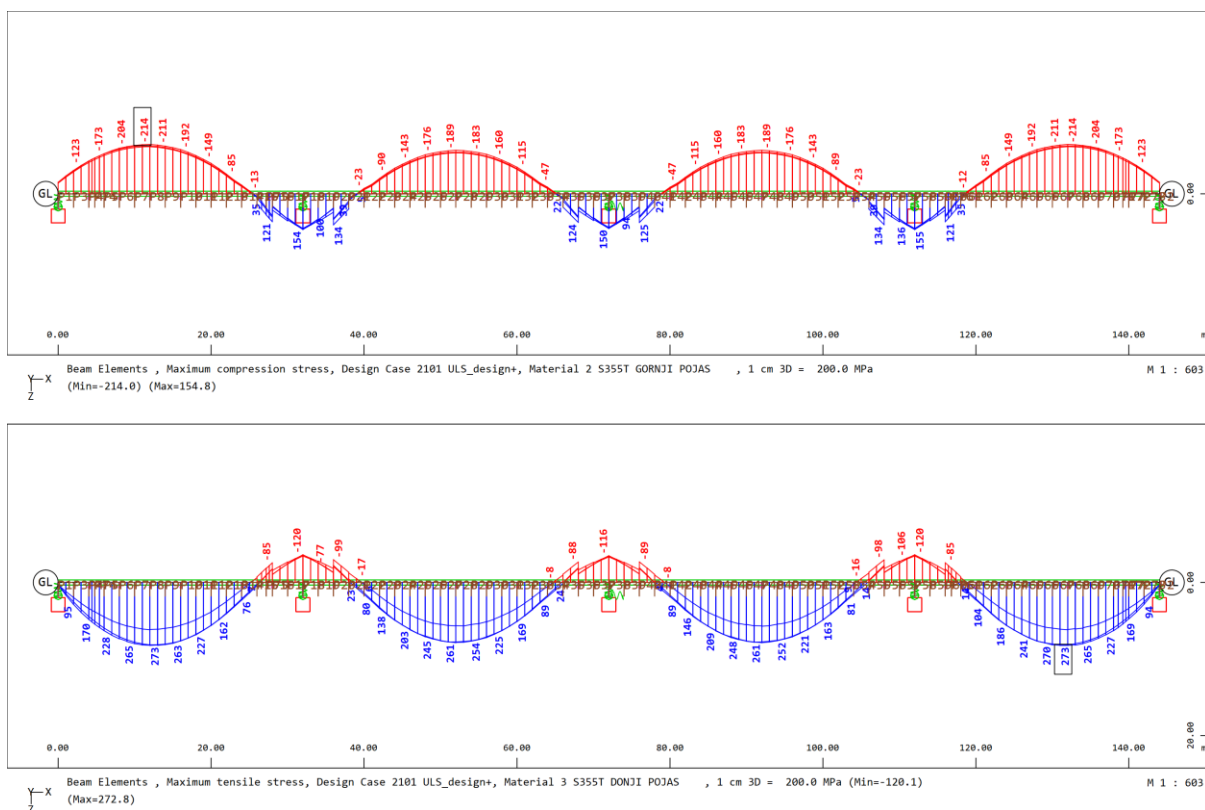
Iskazana su naprezanja za mjerodavnu kombinaciju stalne ili prolazne situacije kako slijedi:

- Najveća normalna naprezanja u gornjem i donjem pojasu
- Najveća posmična i pripadna normalna naprezanja u hrptu
- Najveća normalna i pripadna posmična naprezanja u hrptu
- V.Mises naprezanja u hrptu

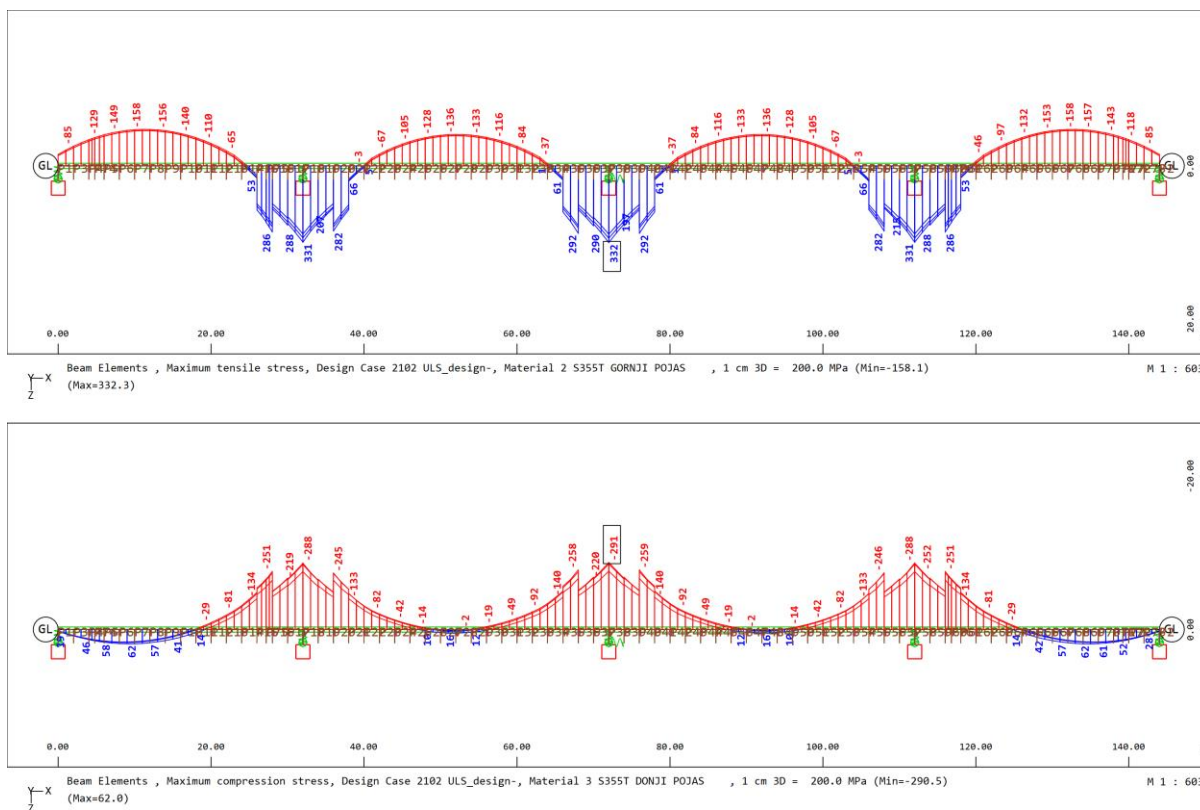




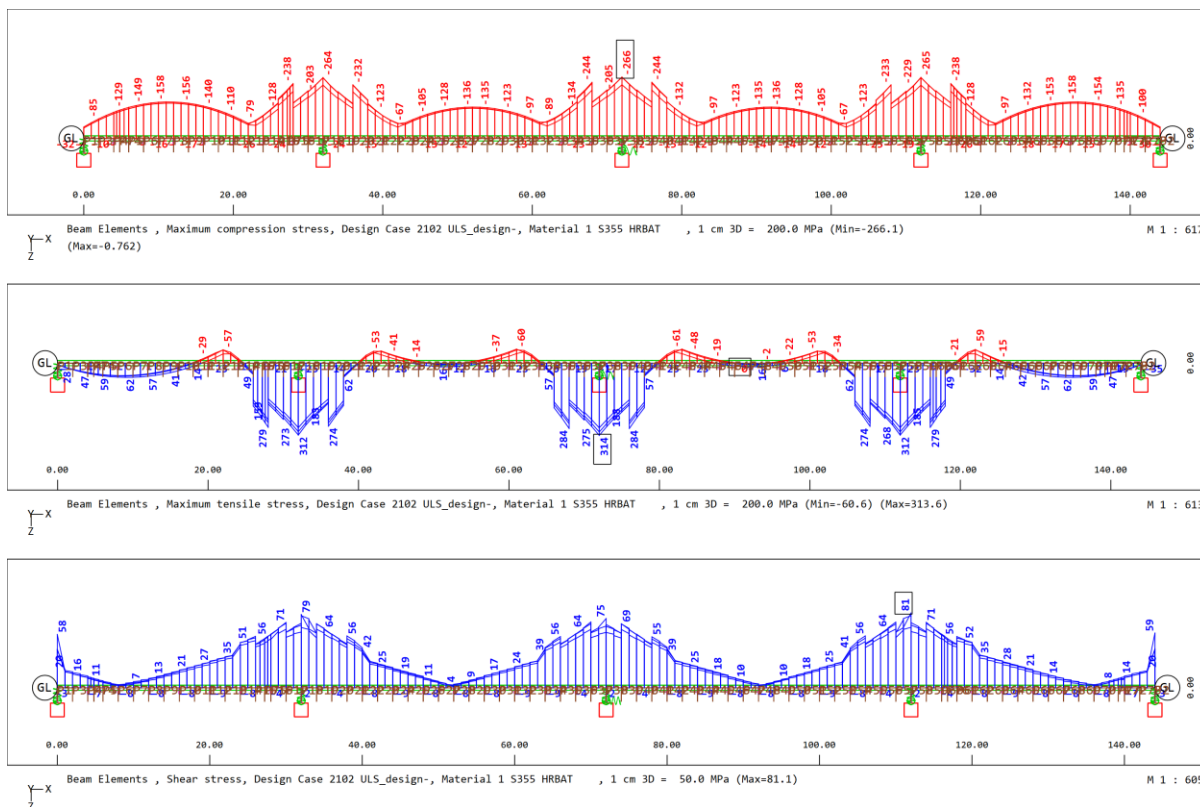
Slika 36. Prikaz posmičnih napreznja i V.Mises napreznja u hrptu



Slika 37. Prikaz najvećeg tlačnog napreznja gornjeg pojasa i najvećeg vlačnog napreznja donjeg pojasa

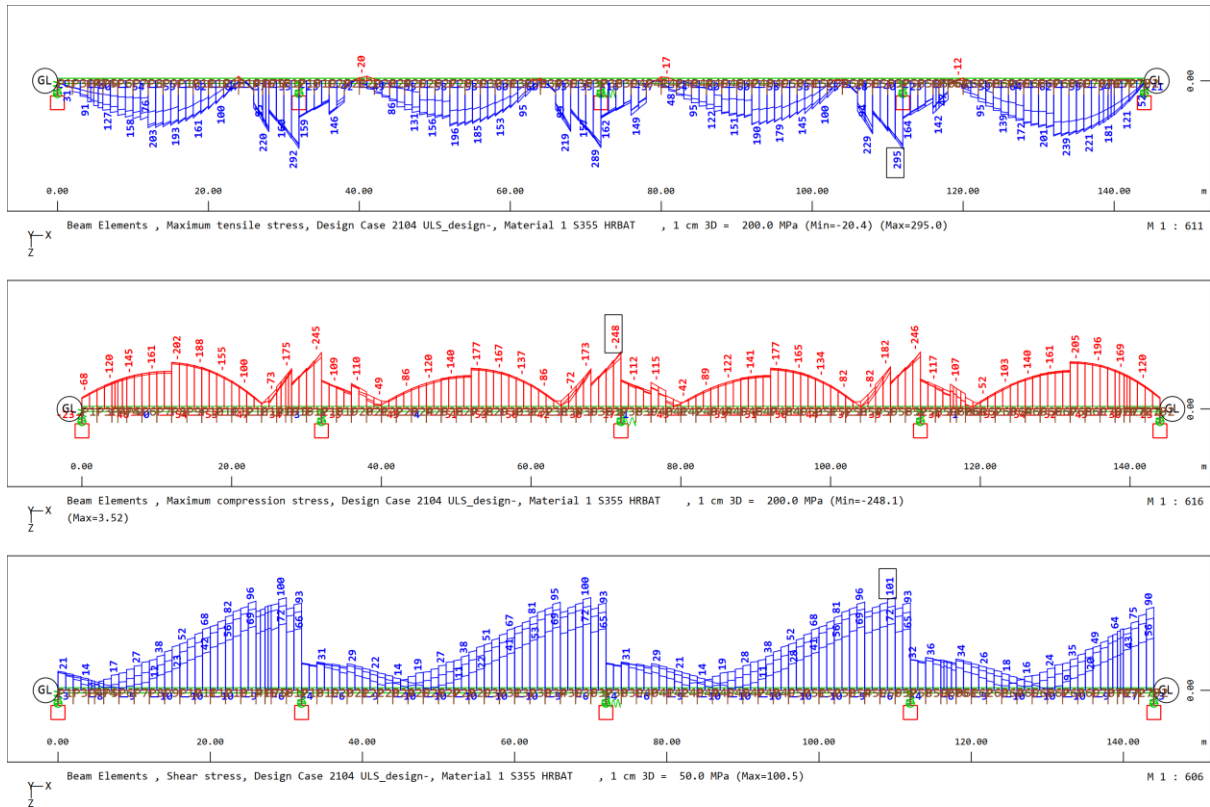


Slika 38. Prikaz najvećeg tlačnog naprezanja gornjeg pojasa i najvećeg tlačnog naprezanja donjeg pojasa



Slika 39. Najveći negativni moment savijanja i pripadajuća poprečna sila

## DIMENZIONIRANJE ZA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI



**Slika 40.** Najveća poprečna sila i pripadajući moment savijanja

Zbog preglednosti ispisa rezultati naprezanja su dani za polovicu mosta. Za preostali dio vrijedi simetrija.

WINGRAF



### Properties of load case 5010

calculated with: ASE 20.12-70

Designation: Montaza celika

Kind: linear load case

action type G\_1 : dead load g1

Load factor: 1.00

Total of support forces, Z-direction [kN]: -2647.60

Safety factor friction: 0.00

Safety factor cohesion: 0.00

OK

Ukupna težina utrošenog čelika za izvedbu rasponskog sklopa iznosi: 264,76 t

Utrošak čelika (za korisnu površinu 144 m x 11.5 m = 1656 m<sup>2</sup>) = 159.88 kg/m<sup>2</sup>

## 8.2 DOKAZ STABILNOSTI

### 8.2.1 STABILNOST DONJEG POJASA

Donji pojas nosača nalazi se u čistom tlaku za najveći negativni moment savijanja (LC 2115). Provjera se vrši prema EN 1993-1-5 ukoliko lamela donjeg pojasa ne zadovoljava uvjet za klasu 3.

Uvjeti za klasu 3 presjeka mogu se vidjeti iz tablice 5.2 norme EN 1993-1-1, u ovisnosti o rubnim uvjetima i stanju naprezanja u limu.

**Za zatvoreni trapezni nosač vrijedi provjera prema tablici:**

| Internal compression parts                          |                           |                             |  |      |      |      |
|---|---------------------------|-----------------------------|--|------|------|------|
|   |                           |                             |  |      |      |      |
|   |                           |                             |  |      |      |      |
| Axis of bending                                     |                           | Axis of bending             |  |      |      |      |
| Class   | Part subject to bending   | Part subject to compression | Part subject to bending and compression  |      |      |      |
| Stress distribution in parts (compression positive) |                           |                             |  |      |      |      |
| 1   | $c/t \leq 72\varepsilon$  | $c/t \leq 33\varepsilon$    | when $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$<br>when $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$         |      |      |      |
| 2   | $c/t \leq 83\varepsilon$  | $c/t \leq 38\varepsilon$    | when $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$<br>when $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$       |      |      |      |
| Stress distribution in parts (compression positive) |                           |                             |  |      |      |      |
| 3   | $c/t \leq 124\varepsilon$ | $c/t \leq 42\varepsilon$    | when $\psi > -1$ : $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$<br>when $\psi \leq -1^*)$ : $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$ |      |      |      |
| $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$                      | $f_y$                     | 235                         | 275  | 355  | 420  | 460  |
|   | $\varepsilon$             | 1,00                        | 0,92   | 0,81 | 0,75 | 0,71 |

\*)  $\psi \leq -1$  applies where either the compression stress  $\sigma \leq f_y$  or the tensile strain  $\varepsilon_y > f_y/E$

Iz tablice se promatra stupac kada je čitava lamela u tlaku:  $c/t \leq 42\varepsilon$

$c$  – širina donjeg pojasa mjereno između unutarnjih rubova hrptova

$t$  – debljina donjeg pojasa

Za slučaj čelika S355,  $\varepsilon$  iznosi:  $\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,8136$ , dakle:

$$c/t \leq 34 \quad (2)$$

Ukoliko je izraz (2) zadovoljen, stabilnost je zadovoljena i daljnja provjera izostaje.

U slučaju da izrazi (1) ili (2) nisu zadovoljena provodi se dokaz stabilnosti donjeg pojasa prema poglavlju 10 norme EN1993-1-5 – metoda reduciranih naprezanja. Opći interakcijski izraz dokaza koji mora biti zadovoljen glasi:

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \cdot \left( \frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \leq 1 \quad (3)$$

Za slučaj provjere stabilnosti donjeg pojasa izostaju vertikalna normalna i posmična naprezanja pa se izraz (3) može napisati:

$$\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (4)$$

$\sigma_{x,Ed}$  uzdužno naprezanje u donjem pojasu (**NAPOMENA: tlak uvijek dolazi s predznakom + !**)

$\rho_x$  Koeficijent redukcije za uzdužno normalno naprezanje

$f_y$  čvrstoća čelika (za  $t \leq 40\text{mm}$  355 MPa, za  $t > 40\text{mm}$  335 MPa)

$\gamma_{M1}$  koeficijent sigurnosti za čelik u tlaku = 1,1

Koeficijent redukcije  $\rho_x$  se određuje prema izrazima:

- za ploču pridržanu na jednom kraju (donji pojas I nosača)

$$\rho_x = \frac{\overline{\lambda}_p - 0,188}{\overline{\lambda}_p^2} \quad (5)$$

ako je  $\overline{\lambda}_p \leq 0,748 \Rightarrow \rho_x = 1$

- za ploču pridržanu na dva kraja (donji pojas zatvorenog trapeznog nosača)

$$\rho_x = \frac{\overline{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\overline{\lambda}_p^2} \quad (6)$$

ako je  $\overline{\lambda}_p \leq 0,673 \Rightarrow \rho_x = 1$

$\overline{\lambda}_p$  je u gornjim izrazima svedena vitkost ploče, a određuje se prema izrazu:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} \quad (7)$$

$\alpha_{ult,k}$  je faktor za proračunska opterećenja da se dosegne karakteristična otpornost u najkritičnijoj točki ploče:

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2 \Rightarrow \alpha_{ult,k} \quad (8)$$

Za slučaj tlačno opterećenog donjeg pojasa jedino naprezanje koje se pojavljuje u izrazu (8) je uzdužno tlačno naprezanje  $\sigma_{x,Ed}$  pa se prema izrazu (8)  $\alpha_{ult,k}$  može odrediti na slijedeći način:

$$\alpha_{ult,k} = \frac{f_y}{\sigma_{x,Ed}} \quad (9)$$

$\alpha_{cr}$  je faktor za proračunska opterećenja da se dosegne elastično kritično opterećenje ploče:

$$\frac{1}{\alpha_{cr}} = \frac{1+\psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1+\psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \left[ \left( \frac{1+\psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1+\psi_z}{4\alpha_{cr,z}} \right)^2 + \frac{1-\psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1-\psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \alpha_{cr} \quad (10)$$

Komponenta  $\alpha_{cr,x}$  određuje se iz izraza:

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}} \quad (11)$$

gdje je  $\sigma_{cr,x}$  elastično kritično naprezanje izbočavanja ploče:

$$\sigma_{cr,x} = k_{\sigma,x} \cdot \sigma_E \quad (12)$$

$$\text{Eulerovo kritično naprezanje } \sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 189800 \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (13)$$

$b$  – širina dijela donjeg pojasa koji se izbočava

$t$  – debljina donjeg pojasa

$$\psi_x \text{ je odnos naprezanja na rubovima lima: } \psi_x = \frac{\sigma_{2x}}{\sigma_{1x}} \quad (14)$$

Kako je u slučaju tlačnog donjeg pojasa naprezanje jedoliko raspoređeno duž pojasa,  $\psi_x = 1$ .

Faktor izbočavanja  $k_{\sigma,x}$  određuje se iz odnosa naprezanja  $\psi_x$ , različito za ploče pridržane na jednom kraju (donji pojas I presjeka) i ploče pridržane na dva kraja (donji pojas trapeznog nosača).

PREMA TABLICAMA SLIJEDI:

Za slučaj  $\psi_x = 1$  i donji pojas trapeznog nosača vrijedi:  $k_{\sigma,x} = 4$

Za slučaj  $\psi_x = 1$  i donji pojas I nosača vrijedi:  $k_{\sigma,x} = 0,43$

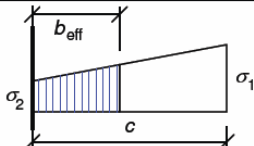
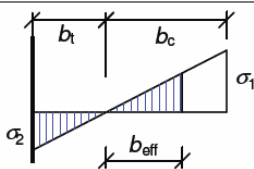
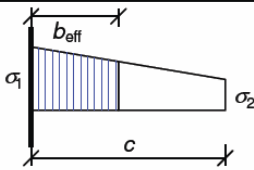
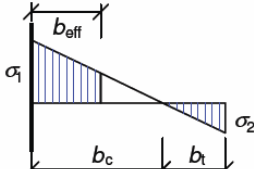
Za slučaj tlačno opterećenog donjeg pojasa u izrazu (10) se pojavljuju samo članovi  $\psi_x = 1$  i  $\alpha_{cr,x}$ , pa se izraz (10) daje:  $\alpha_{cr} = \alpha_{cr,x}$ .

Konačno, to znači da se izraz (7) sada može napisati:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,x}}} = \sqrt{\frac{f_y}{k_{\sigma,x} \cdot \sigma_E}} \quad (15)$$

Sada se može provesti dokaz za stabilnost donjeg pojasa prema izrazu (4).

Za ploče pridržane na dva kraja (donji pojas trapeznog nosača)  $k_{\sigma,x}$  se određuje prema tablici:

| Stress distribution (compression positive)  |      | Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$                      |      |                                |    |
|---|------|---|------|--------------------------------|----|
|   |      | $1 > \psi \geq 0:$<br><br>$b_{eff} = \rho c$                |      |                                |    |
|  |      | $\psi < 0:$<br><br>$b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$ |      |                                |    |
| $\psi = \sigma_2/\sigma_1$  | 1    | 0   | -1   | $1 \geq \psi \geq -3$          |    |
| Buckling factor $k_\sigma$  | 0,43 | 0,57  | 0,85 | $0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ |    |
|  |      | $1 > \psi \geq 0:$<br><br>$b_{eff} = \rho c$                |      |                                |    |
|  |      | $\psi < 0:$<br><br>$b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$ |      |                                |    |
| $\psi = \sigma_2/\sigma_1$  | 1    | $1 > \psi > 0$  | 0    | $0 > \psi > -1$                | -1 |
| Buckling factor $k_\sigma$  | 0,43 | $0,578 / (\psi + 0,34)$                                     | 1,70 | $1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$     |    |
|   |      |   |      | 23,8                           |    |

### 8.2.1.1 KLASIFIKACIJA DONJEG POJASA

Debljina pojasa  $t = 50 \text{ mm}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{335}} = 0,838 \quad 9 \cdot \varepsilon = 7,54 \quad \frac{c}{t} = \frac{300}{50} = 6,0 \quad 6,0 < 11,40$$

Donji pojas nalazi se u klasi 3.

Debljina pojasa  $t = 30 \text{ mm}$

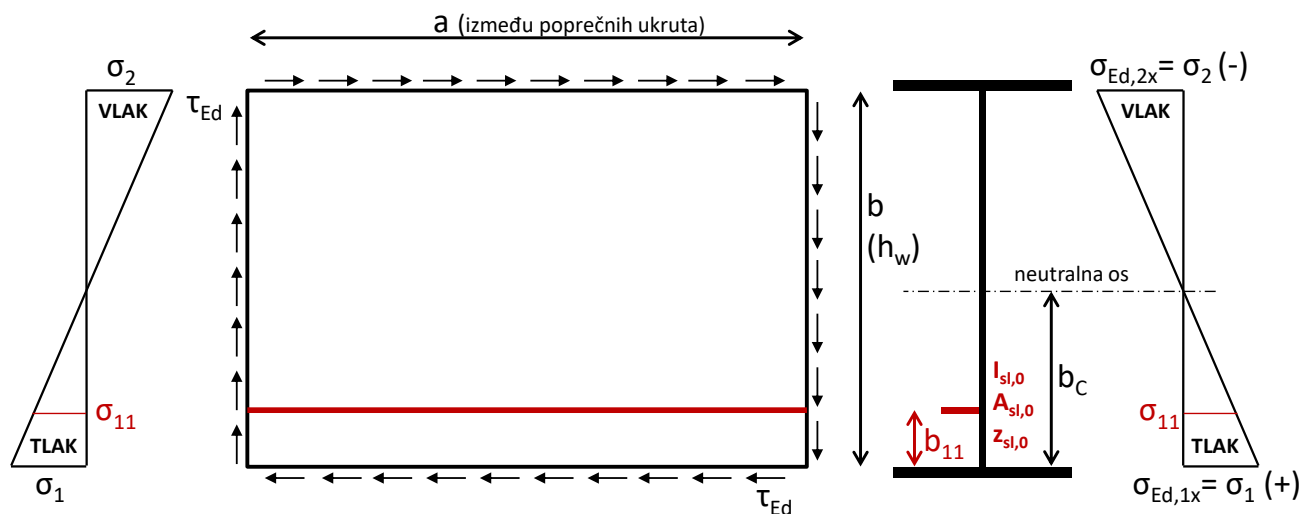
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814 \quad 14 \cdot \varepsilon = 11,40 \quad \frac{c}{t} = \frac{300}{30} = 10,0 \quad 10,0 < 11,40$$

Donji pojas nalazi se u klasi 3.

### 8.2.2 DOKAZ STABILNOST HRPTA

Hrpat je pločasti element ukrućen uzdužnim ukрутama ili neukrućen, izložen složenom stanju naprezanja. Uzdužna normalna naprezanja po rubu lima hrpta posljedica su momenta savijanja nosača i mijenjaju predznak od tlaka do vlaka. Osim uzdužnih naprezanja, u hrptu su još i značajna posmična naprezanja. Dokaz stabilnosti mora uzeti u obzir interakciju između ovih naponskih stanja.

Kod provjere hrpta na stabilnost on se promatra kao pločasti element pridržan na obje strane jer ga na krajevima pridržavaju pojasevi nosača. Dakle, svi relevantni izrazi se koriste za opciju unutarnjeg pridržanog elementa.





Za prikazani element hrpta provodi se dokaz prema izrazu (3). Osim uzdužnog naprezanja, sada postoji i posmično naprezanje pa izraz (3) sada glasi:

$$\left( \frac{\sigma_{1x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + 3 \cdot \left( \frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \leq 1 \quad (16)$$

gdje su  $\sigma_{1x,Ed}$  i  $\tau_{Ed}$  su računsko tlačno i posmično naprezanje u presjeku.

**Naprezanja za hrbat u presjeku iznad ležaja uzimaju se za dvije kombinacije:**

1. Najveći negativni moment savijanja i pripadajuća poprečna sila (LC 2102)
2. Najveća poprečna sila i pripadajući moment savijanja (LC 2103 ili LC 2104)

Za svaku od ovih kombinacija treba provjeriti stabilnost hrpta u presjeku iznad ležaja.

Kod iskaza naprezanja važno je odabrati da se najveća vlačna i tlačna naprezanja prikazuju samo za materijal hrpta i uvijek se uzdužna naprezanja i posmik za interakciju kod provjere stabilnosti moraju uzimati iz istog LC-a!

### **Postupak proračuna kada nema uzdužnih ukrućenja**

Za izračun  $\rho_x$  vrijedi izraz (6):  $\rho_x = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2}$ ; ako je  $\bar{\lambda}_p \leq 0,673 \Rightarrow \rho_x = 1$

Za izračun vitkosti vrijedi izraz (7):  $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$

Za izračun  $\alpha_{ult,k}$  koristi se modificirani izraz (8):

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left( \frac{\sigma_{1x,Ed}}{f_y} \right)^2 + 3 \cdot \left( \frac{\tau_{Ed}}{f_y} \right)^2 \Rightarrow \alpha_{ult,k} \quad (17)$$

Za izračun  $\alpha_{cr}$  koristi se modificirani izraz (10):

$$\frac{1}{\alpha_{cr}} = \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \left[ \left( \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \alpha_{cr} \quad (18)$$

Sada je  $\psi_x = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$ , pa se  $k_{\sigma,x}$  računa prema slijedećim izrazima:

$$\begin{aligned} k_{\sigma,x} &= 7,81 - 6,29\psi_x + 9,78\psi_x^2 & \text{za } 0 > \psi_x > -1 \\ k_{\sigma,x} &= 5,98(1 - \psi_x)^2 & \text{za } -1 > \psi_x > -3 \end{aligned} \quad (19)$$

Dalje slijedi:  $\sigma_{cr,x} = k_{\sigma,x} \cdot \sigma_E \Rightarrow \alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}}$

Iz odnosa kritičnog posmičnog napreznaja i posmičnih računskih napreznaja slijedi:

$$\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr,\tau}}{\tau_{\tau,Ed}} \quad (20)$$

Pa je elastični kritični posmik za izbočavanje ploče:

$$\tau_{cr,\tau} = k_{\tau} \cdot \sigma_E \quad (21)$$

Faktor izbočavanja za neukružene ploče iznosi:

$$\begin{aligned} k_{\tau} &= 4 + 5,34(h_w / a)^2 \quad \text{za } \alpha < 1 \\ k_{\tau} &= 5,34 + 4(h_w / a)^2 \quad \text{za } \alpha \geq 1 \end{aligned} \quad \alpha = \frac{a}{h_w} \quad (22)$$

Rješavajući izraze (19) – (22) i uvrštavanjem u (18) dobivamo  $\alpha_{cr}$ .

Uvrštavanjem ovako dobivenog  $\alpha_{cr}$  u izraz (7) dobivamo  $\bar{\lambda}_p$ .

Prema  $\bar{\lambda}_p$  iz izraza (6) za ploču pridržanu na dva kraja dobivamo redukcijski faktor za uzdužna napreznaja  $\rho_x$ .

Preostaje izračunati redukcijski faktor za posmična napreznaja  $\chi_w$  prema tablici:

| $\chi_w$   |  | $\bar{\lambda}_w < 0,83 / \eta$ | $0,83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$ | $\bar{\lambda}_w \geq 1,08$      |
|--|--|---------------------------------|---|----------------------------------|
| Ploča kruto oslonjena na kraju (rigid end post)          |  | $\eta$                          | $0,83 / \bar{\lambda}_w$                  | $1,37 / (0,7 + \bar{\lambda}_w)$ |
| Ploča nije kruto oslonjena na kraju (non rigid end post) |  | $\eta$                          | $0,83 / \bar{\lambda}_w$                  | $0,83 / \bar{\lambda}_w$         |

Za provjeru stabilnosti hrpta mosta pretpostavljamo uvijet da je ploča kruto oslonjena na kraju (rigid end post) pa koristimo izraze iz prvog retaka iz tablice.

U gornjim izrazima  $\eta = 1,2$  za čelike do S460, za čelike veće kvalitete  $\eta = 1,0$ .

Kako se provjera stabilnosti provodi prema poglavlju 10 EN 1993-1-5, vrijednost svedene vitkosti za posmik  $\bar{\lambda}_w$  jednaka je kao i za sve druge utjecaje pa vrijedi  $\bar{\lambda}_w = \bar{\lambda}_p$ .

I konačno, nakon određenih svih redukcijskih faktora ( $\rho_x$ ,  $\chi_w$ ) dokaz se provodi uvrštajući sve potrebne članove u izraz (16).

### 8.2.2.1 HRBAT U PRESJEKU IZNAD LEŽAJA (T =18 MM)

#### Dokaz stabilnosti hrpta na presjeku iznad ležaja

|  |                  | Ulazni podatci |                   |                         |                    |  |
|--|------------------|----------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--|
| Razmak dijafragmi  | $a$              | <b>4000</b>    | mm                |                         |                    |  |
| Visina hrpta   | $b$              | <b>1610</b>    | mm                |                         |                    |  |
| Debljina hrpta   | $t$              | <b>18</b>      | mm                |                         |                    |  |
| Najveći negativni moment savijanja - LC 2102                 | $\sigma_{1x.Ed}$ | <b>266</b>     | N/mm <sup>2</sup> | tlak ima predznak plus  | Moguće kombinacije |  |
|  | $\sigma_{2x.Ed}$ | <b>-314</b>    | N/mm <sup>2</sup> | vlak ima predznak minus | LC 2102            |  |
|  | $\tau_{Ed}$      | <b>81</b>      | N/mm <sup>2</sup> | posmik                  | LC 2182            |  |
| Najveća poprečna sila - LC 2104                              | $\sigma_{1x.Ed}$ | <b>248</b>     | N/mm <sup>2</sup> | tlak ima predznak plus  | Moguće kombinacije |  |
|  | $\sigma_{2x.Ed}$ | <b>-289</b>    | N/mm <sup>2</sup> | vlak ima predznak minus | LC 2103 LC 2183    |  |
|  | $\tau_{Ed}$      | <b>92</b>      | N/mm <sup>2</sup> | posmik                  | LC 2104 LC 2184    |  |
| Granica popuštanja čelila                                    | $f_y$            | <b>355</b>     | N/mm <sup>2</sup> | $t < 40\text{mm}$       |                    |  |
|  | $f_y$            | <b>335</b>     | N/mm <sup>2</sup> | $t > 40\text{mm}$       |                    |  |
| Koeficijent sigurnosti za čelik u tlaku                      | $\gamma_{M1}$    | <b>1,1</b>     |                   |                         |                    |  |
| Proračunska granica popuštanja čelika                        | $f_{yd}$         | 322,73         | N/mm <sup>2</sup> |                         |                    |  |
| Proračun bez ukrućenja za najveći negativni moment savijanja |                  | 0,92           |                   | Zadovoljava             |                    |  |
| Proračun bez ukrućenja za najveću poprečnu silu              |                  | 0,97           |                   | Zadovoljava             |                    |  |

*Proračun bez ukrućenja za najveći negativni moment savijanja*

|  |  |   |   |                                 |
|--|--|---|---|---------------------------------|
| Faktor za proračunska opterećenja da se dosegne karakteristična otpornost u najkritičnijoj točki ploče | $\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left(\frac{\sigma_{1x.Ed}}{f_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2$  |   |   |                                 |
|  | $\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = 0,56 + 0,16 = 0,72$  |   |   |                                 |
|  | $\alpha_{ult,k} = 1,18$  |   |   |                                 |
| Odnos naprezanja na rubovima hrpta   | $\psi_x = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$   | -1,18   |   |                                 |
|  | $\psi = 1$   |   | $k_{\sigma,x} = 0,43$   |                                 |
|  | $0 < \psi < 1$   | $k_{\sigma,x} = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$          |   | $k_{\sigma,x} = -62,86$         |
|  | $\psi = 0$   |   |   | $k_{\sigma,x} = 1,7$            |
|  | $0 > \psi_x > -1$  | $k_{\sigma,x} = 7,81 - 6,29\psi_x + 9,78\psi_x^2$ |   | $k_{\sigma,x} = 28,86$          |
|  | $\psi = -1$  |   |   | $k_{\sigma,x} = 23,8$           |
|  | $-1 > \psi_x > -3$   | $k_{\sigma,x} = 5,98(1 - \psi_x)^2$               |   | $k_{\sigma,x} = 28,43$          |
| Koeficijent izbočavanja  | $k_{\sigma,x} =$   | 28,43   |   |                                 |
| Eulerovo kritično naprezanje   | $\sigma_E = 189800 \left(\frac{t}{b}\right)^2$   | =   | 23,72   | N/mm <sup>2</sup>               |
| Elastično kritično naprezanje izbočavanja ploče  | $\sigma_{cr,x} = k_{\sigma,x} \cdot \sigma_E$  | =   | 674,50  | N/mm <sup>2</sup>               |
| Komponenta   | $\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x.Ed}}$  | =   | 2,54  |                                 |
| Odnos razmaka dijafragmi i visine hrpta  | $\alpha = \frac{a}{h_w}$   | =   | 2,48  |                                 |
|  | $\alpha < 1$   | $k_\tau = 4 + 5,34(h_w/a)^2$                      |   | $k_\tau = 4,87$                 |
|  | $\alpha \geq 1$  | $k_\tau = 5,34 + 4(h_w/a)^2$                      |   | $k_\tau = 5,99$                 |
| Faktor izbočavanja neukrućene ploče  | $k_\tau =$   | 5,99  |   |                                 |
| Elastični kritični posmik za izbočavanje ploče   | $\tau_{cr,\tau} = k_\tau \cdot \sigma_E$   | =   | 142,06  | N/mm <sup>2</sup>               |
| Odnos kritičnog posmičnog naprezanja i posmičnih računskih naprezanja                                  | $\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr,\tau}}{\tau_{\tau.Ed}}$   | =   | 1,75  |                                 |
| Faktor za proračunska opterećenja da se dosegne elastično kritično opterećenje ploče                   | $\frac{1}{\alpha_{cr}} = \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \left[ \left( \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{\frac{1}{2}}$ |   |   |                                 |
|  | $\frac{1}{\alpha_{cr}} = -0,0177909 + \sqrt{0,000317 + 0,169556 + 0,325105}$   |   |   |                                 |
|  | $\alpha_{cr} =$  | 1,458   |   |                                 |
| Svedena vitkost  | $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$  | =   | 0,900   |                                 |
| Koeficijent redukcije za uzdužno normalno naprezanje   | $\rho_x$   | 0,988   | Dodatna provjera  | 0,988 Proračun po formuli 0,988 |
| Redukcijski faktor za posmična naprezanja  | $\chi_w$   | 0,923   |   |                                 |
| Uvjet stabilnosti:   | $\left(\frac{\sigma_{1x.Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 \leq 1$  | 0,696   | 0,222   | 0,92                            |
|  | <i>Uvjet je zadovoljen</i>   |   |   |                                 |
| Ako je taj izraz kritičan, povećati debljinu pojasa. Ako je to nemoguće, dodati ukrućenja.             | Ako je ovaj izraz kritičan, povećati debljinu hrpta.   |   |   |                                 |
|  | $\left(\frac{\sigma_{2x.Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2$   |   | $\left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2$ |                                 |

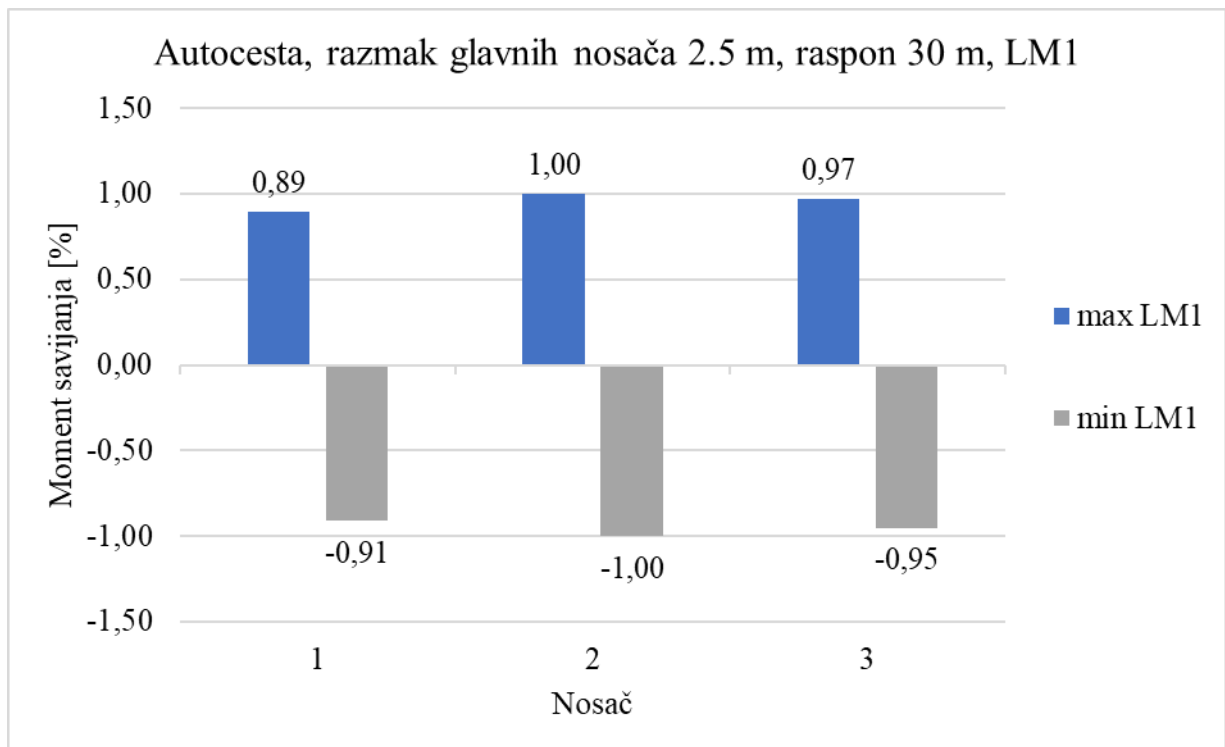
## Proračun bez ukrućenja za najveću poprečnu silu

|  |  |   |   |                         |                           |
|--|--|---|---|-------------------------|---------------------------|
| Faktor za proračunska opterećenja da se dosegne karakteristična otpornost u najkritičnijoj točki ploče | $\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left(\frac{\sigma_{1x.Ed}}{f_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2$  |   |   |                         |                           |
|  | $\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = 0,49 + 0,20 = 0,69$  |   |   |                         |                           |
|  | $\alpha_{ult,k} = 1,20$  |   |   |                         |                           |
| Odnos naprezanja na rubovima hrpta   | $\psi_x = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$   | -1,17   |   |                         |                           |
|  | $\psi = 1$   |   | $k_{\sigma,x} = 0,43$   |                         |                           |
|  | $0 < \psi < 1$   | $k_{\sigma,x} = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$          |   | $k_{\sigma,x} = -71,10$ |                           |
|  | $\psi = 0$   |   |   | $k_{\sigma,x} = 1,7$    |                           |
|  | $0 > \psi_x > -1$  | $k_{\sigma,x} = 7,81 - 6,29\psi_x + 9,78\psi_x^2$ |   | $k_{\sigma,x} = 28,42$  |                           |
|  | $\psi = -1$  |   |   | $k_{\sigma,x} = 23,8$   |                           |
|  | $-1 > \psi_x > -3$   | $k_{\sigma,x} = 5,98(1 - \psi_x)^2$               |   | $k_{\sigma,x} = 28,04$  |                           |
| Koeficijent izbočavanja  | $k_{\sigma,x} =$   | <b>28,04</b>                                      |   |                         |                           |
| Eulerovo kritično naprezanje   | $\sigma_E = 189800 \left(\frac{t}{b}\right)^2$   | =   | 23,72   | N/mm <sup>2</sup>       |                           |
| Elastično kritično naprezanje izbočavanja ploče  | $\sigma_{cr,x} = k_{\sigma,x} \cdot \sigma_E$  | =   | 665,17  | N/mm <sup>2</sup>       |                           |
| Komponenta   | $\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x.Ed}}$  | =   | 2,682   |                         |                           |
| Odnos razmaka dijafragmi i visine hrpta  | $\alpha = \frac{a}{h_w}$   | =   | 2,484   |                         |                           |
|  | $\alpha < 1$   | $k_\tau = 4 + 5,34(h_w/a)^2$                      |   | $k_\tau = 4,87$         |                           |
|  | $\alpha \geq 1$  | $k_\tau = 5,34 + 4(h_w/a)^2$                      |   | $k_\tau = 5,99$         |                           |
| Faktor izbočavanja neukrućene ploče  | $k_\tau =$   | 5,99  |   |                         |                           |
| Elastični kritični posmik za izbočavanje ploče   | $\tau_{cr,\tau} = k_\tau \cdot \sigma_E$   | =   | 142,06  | N/mm <sup>2</sup>       |                           |
| Odnos kritičnog posmičnog naprezanja i posmičnih računskih naprezanja                                  | $\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr,\tau}}{\tau_{\tau.Ed}}$   | =   | 1,544   |                         |                           |
| Faktor za proračunska opterećenja da se dosegne elastično kritično opterećenje ploče                   | $\frac{1}{\alpha_{cr}} = \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \left[ \left( \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{\frac{1}{2}}$ |   |   |                         |                           |
|  | $\frac{1}{\alpha_{cr}} = -0,0154095 + \sqrt{0,000237 + 0,150496 + 0,419401}$   |   |   |                         |                           |
|  | $\alpha_{cr} = 1,352$  |   |   |                         |                           |
| Svedena vitkost  | $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$  | =   | 0,944   |                         |                           |
| Koeficijent redukcije za uzdužno normalno naprezanje   | $\rho_x$   | 0,946   | Dodatna provjera  | 0,946                   | Proračun po formuli 0,946 |
| Redukcijski faktor za posmična naprezanja  | $\chi_w$   | 0,879   |   |                         |                           |
| Uvjet stabilnosti:   | $\left(\frac{\sigma_{1x.Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 \leq 1$  | 0,659   | 0,315   | 0,97                    |                           |
|  | <i>Uvjet je zadovoljen</i>   |   |   |                         |                           |
| Ako je taj izraz kritičan, povećati debljinu pojasa. Ako je to nemoguće, dodati ukrućenja.             | Ako je ovaj izraz kritičan, povećati debljinu hrpta.   |   |   |                         |                           |
|  | $\left(\frac{\sigma_{2x.Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2$   |   | $\left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2$ |                         |                           |

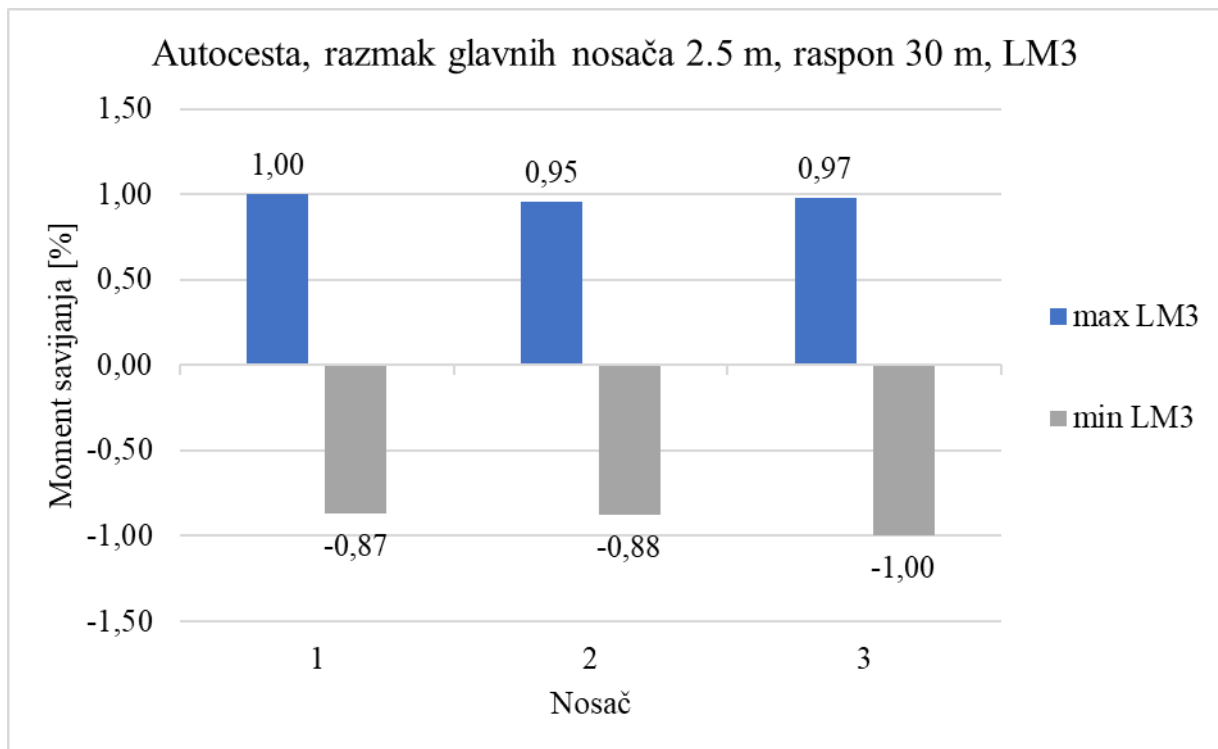
## 9. USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA

### 9.1 ODREĐIVANJE MJERODAVNOG GLAVNOG NOSAČA ZA MODELE OPTEREĆENJA LM1 I LM3 NA AUTOCESTI I BRZOJ CESTI

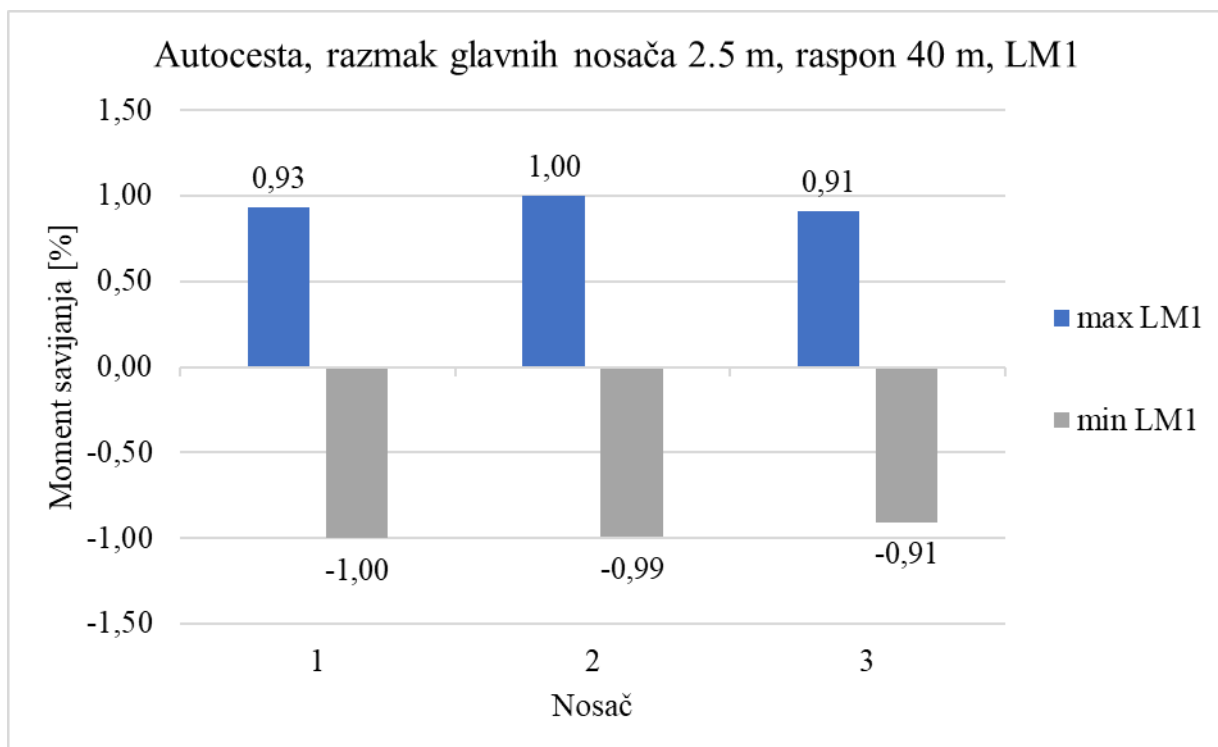
Za potrebu određivanja mjerodavnog glavnog nosača za dimenzioniranje, napravljeni su grafovi koji prikazuju odnos momenta savijanja u najopterećenijem glavnom nosaču naprema ostalim nosačima. Na grafovima su prikazani minimalni i maksimalni momenti savijanja, odnosno momenti savijanja na ležaju (siva boja) i u polju (plava boja). Momenti opterećenja određeni su za opterećenje Modela opterećenja 1 (LM1) i opterećenje od kombinacije Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 (LM3). U Prilogu se nalaze skice poprečnih presjeka sa brojčanim oznakama glavnih nosača i sa istaknutim mjerodavnim glavnim nosačem.



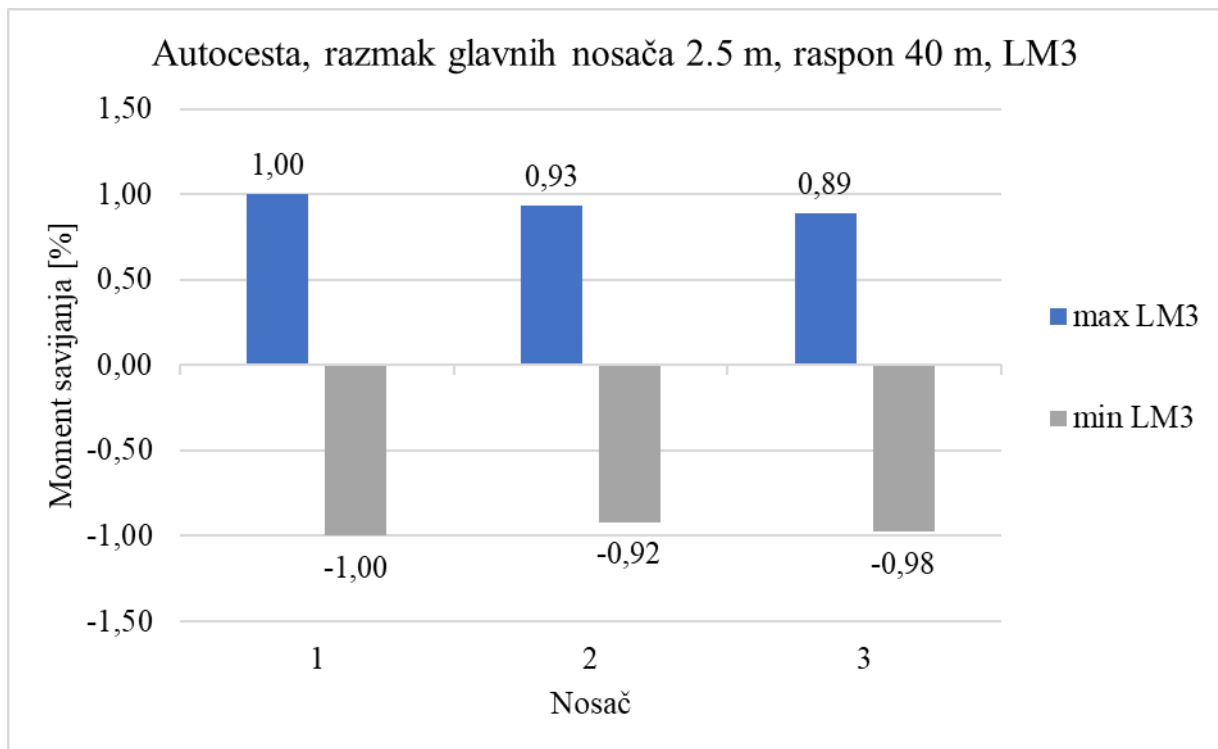
**Slika 41.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



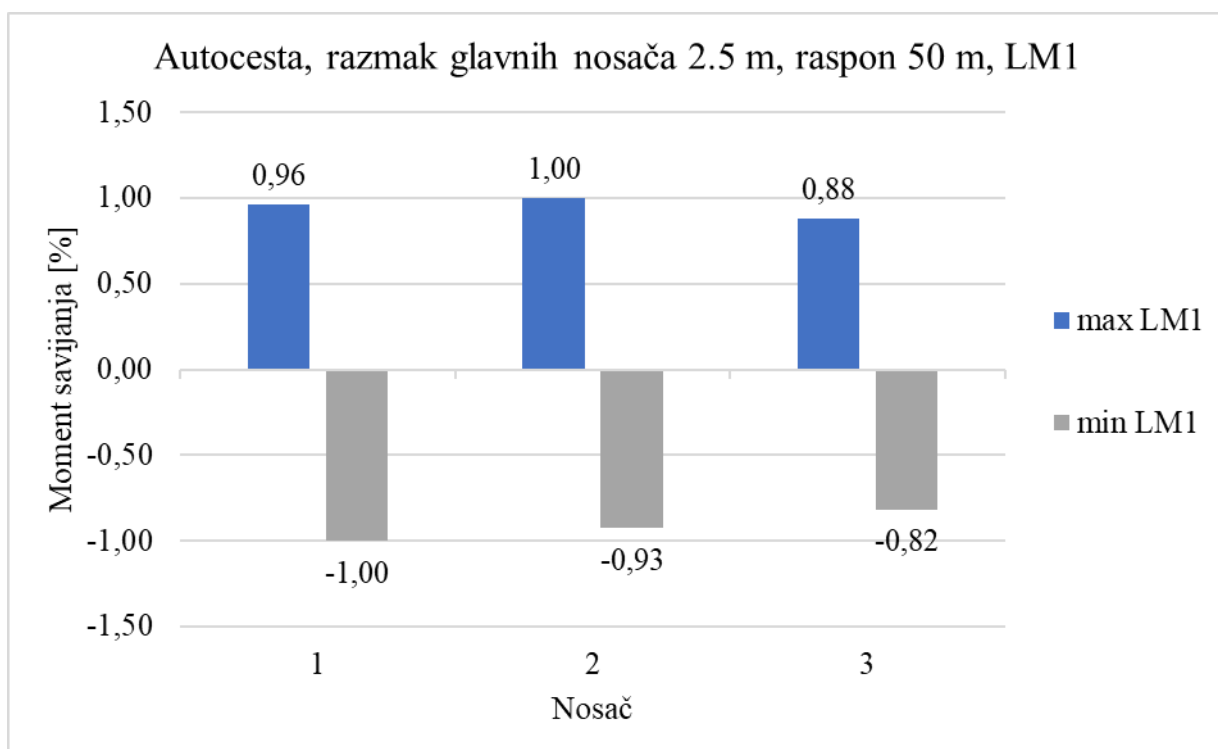
**Slika 42.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



**Slika 43.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta

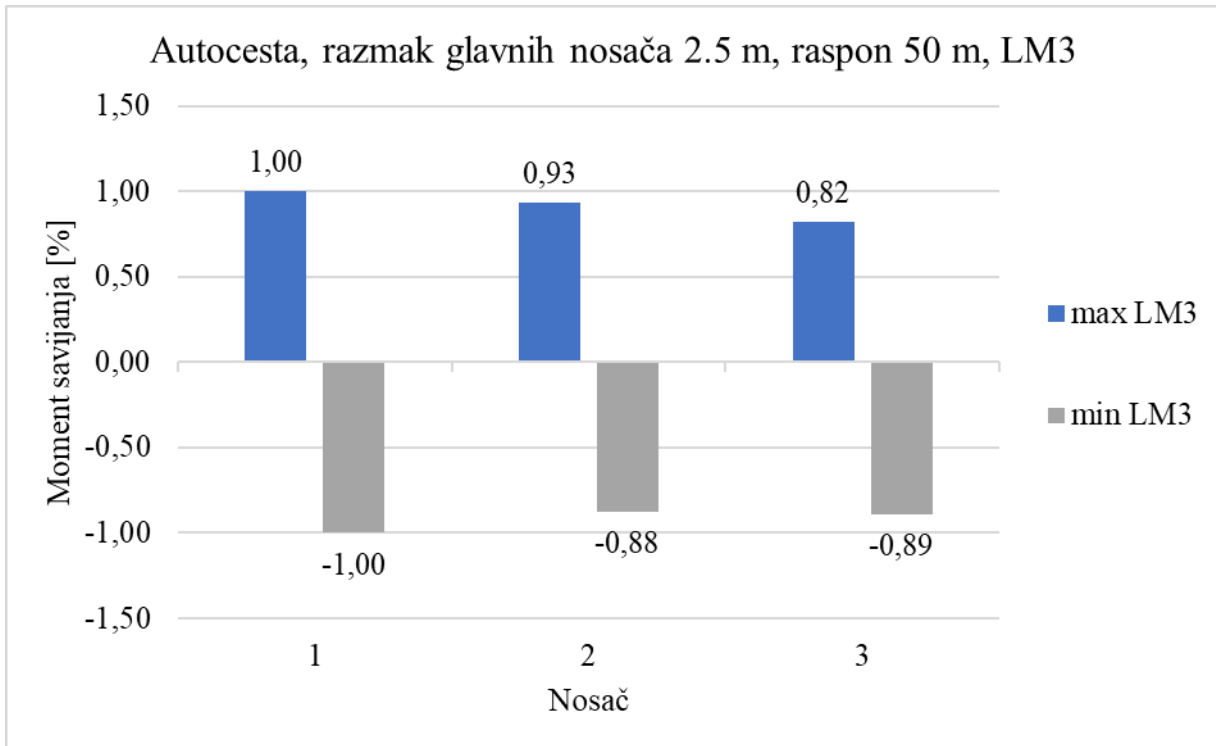


**Slika 44.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta

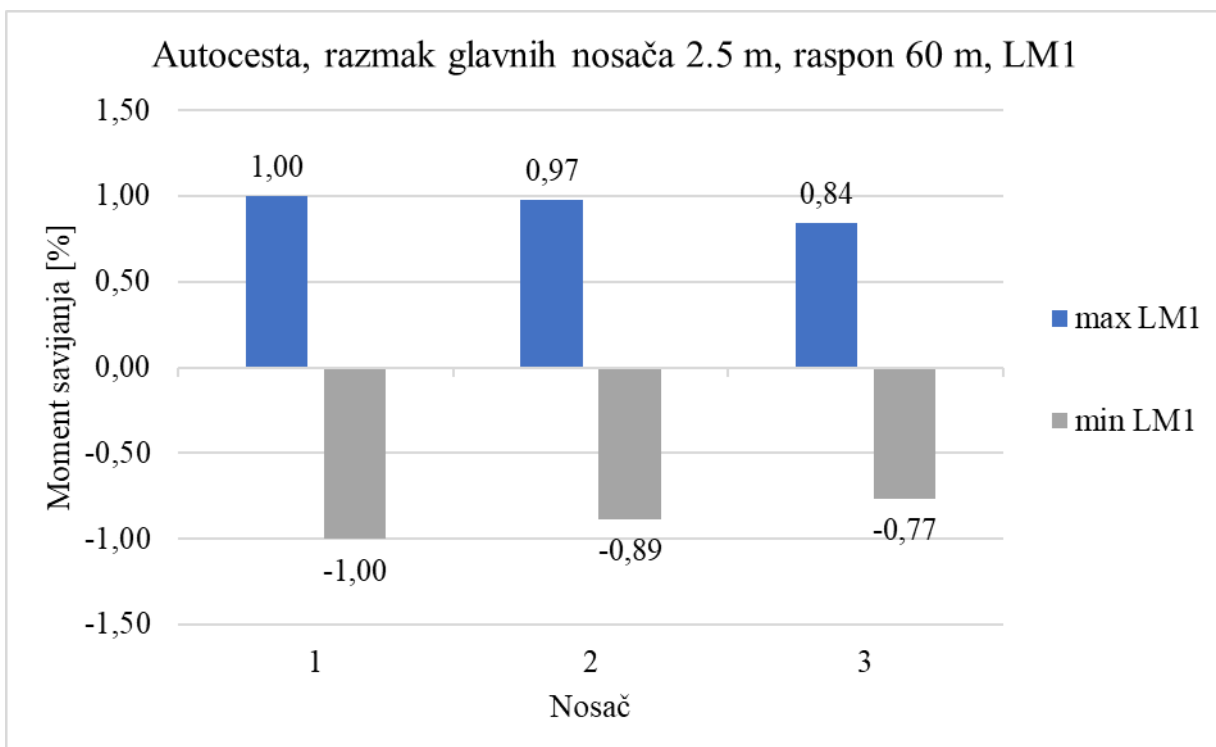


**Slika 45.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta

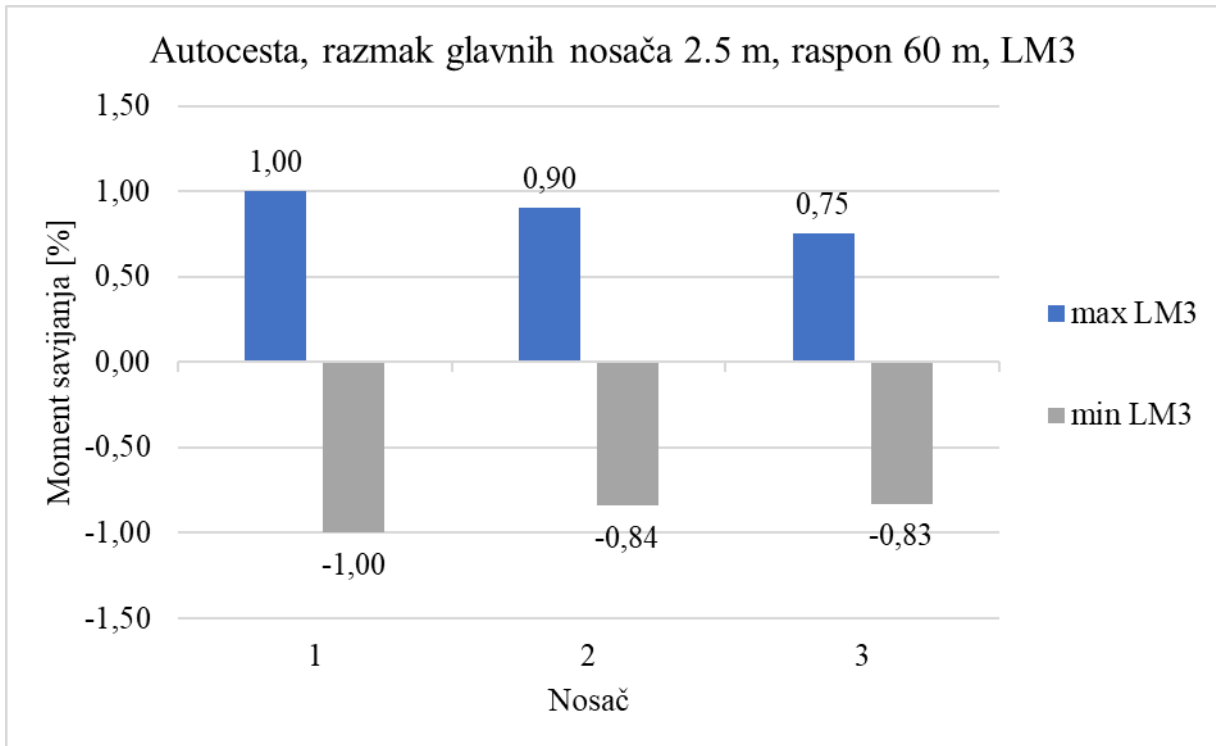




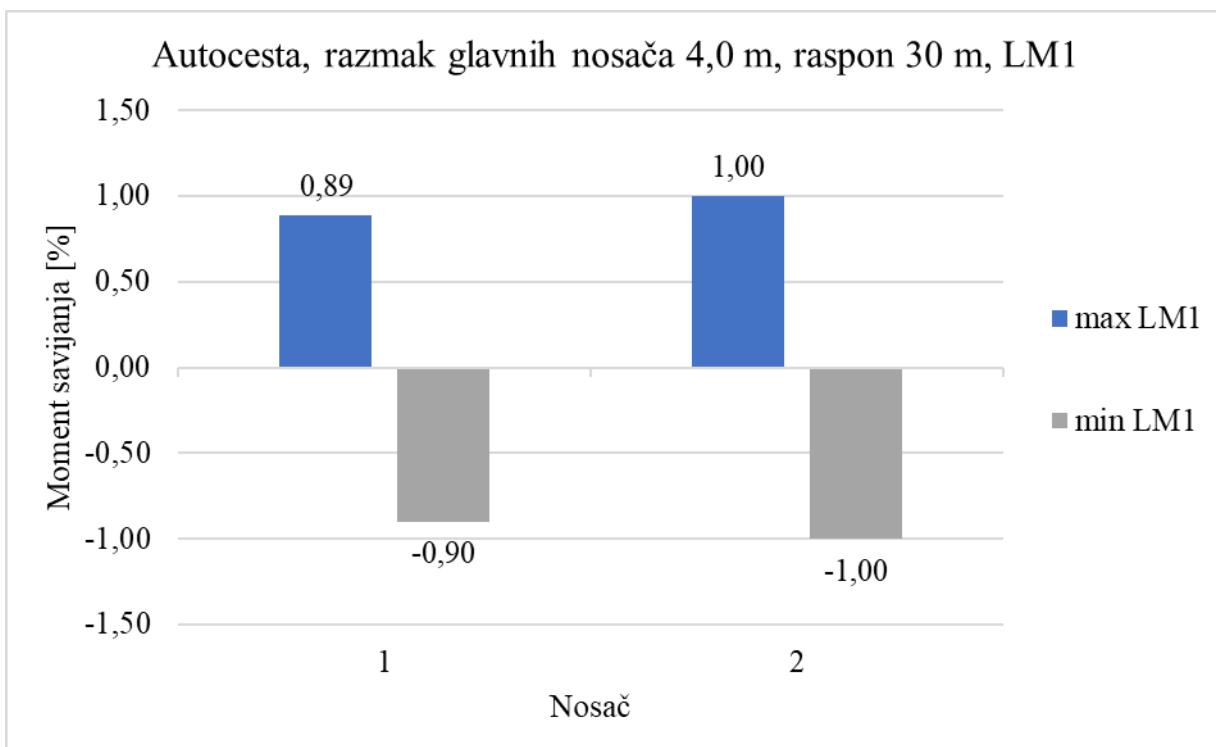
**Slika 46.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



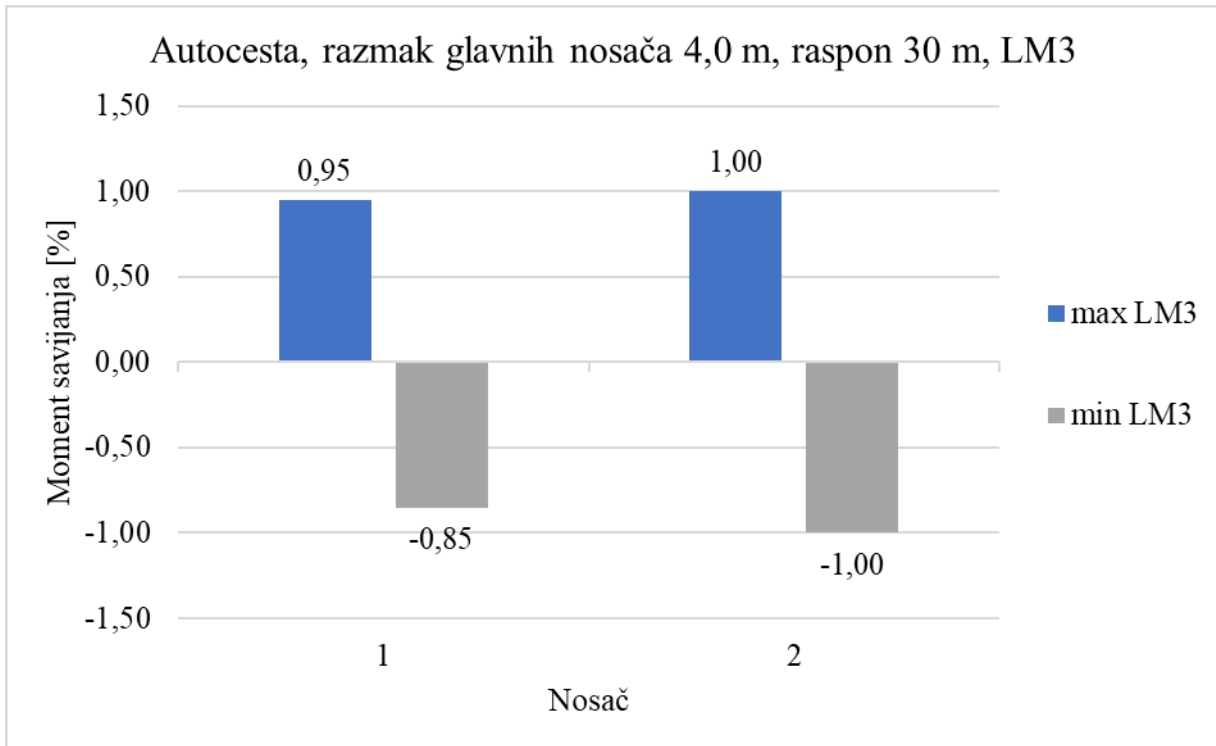
**Slika 47.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



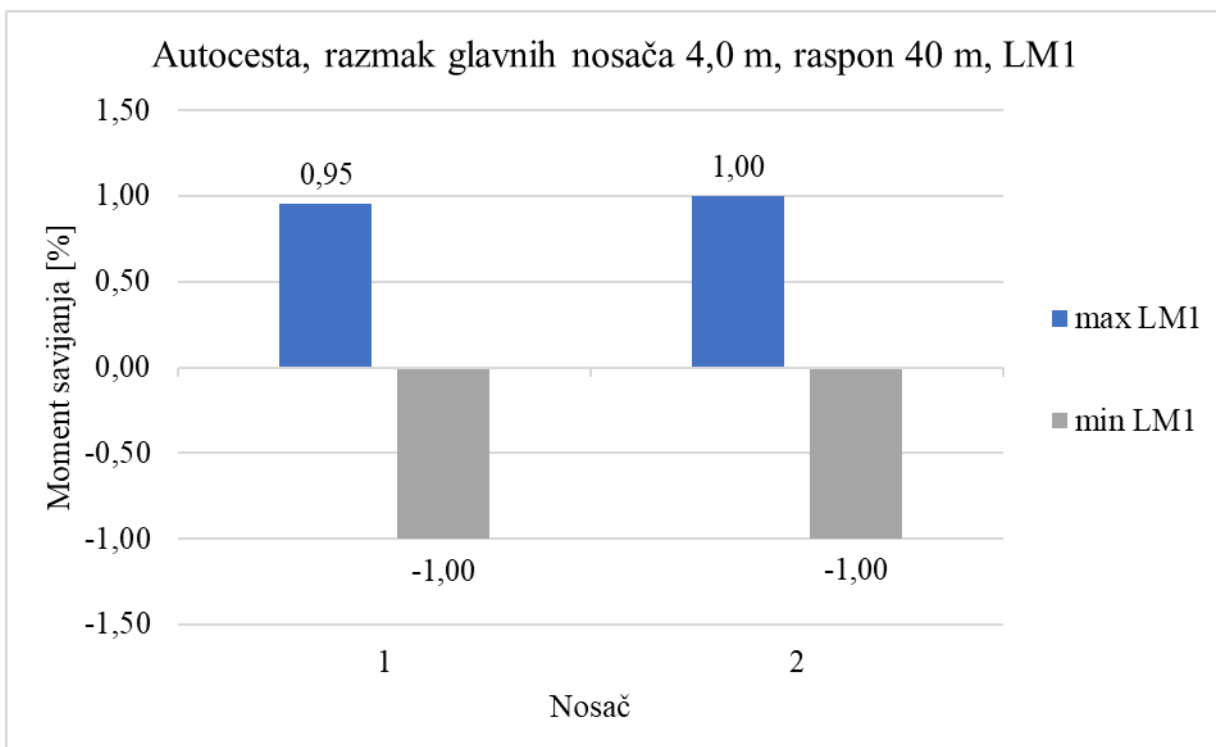
**Slika 48.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



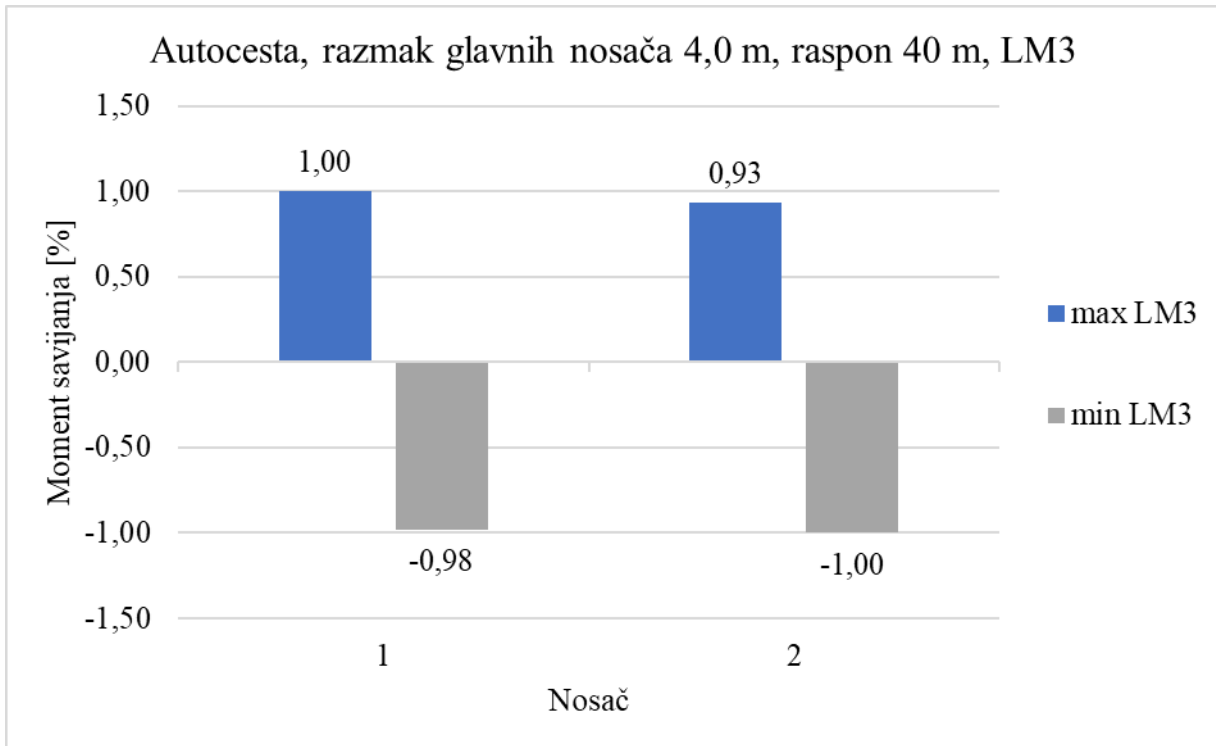
**Slika 49.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



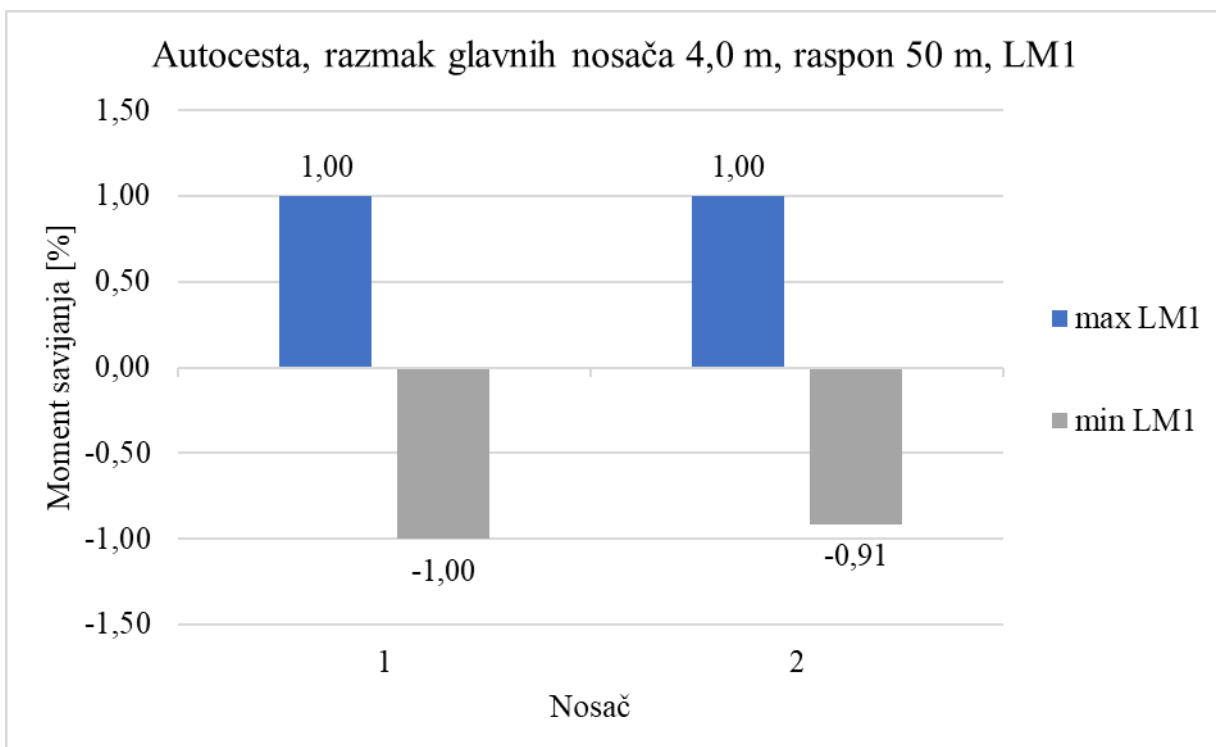
**Slika 50.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



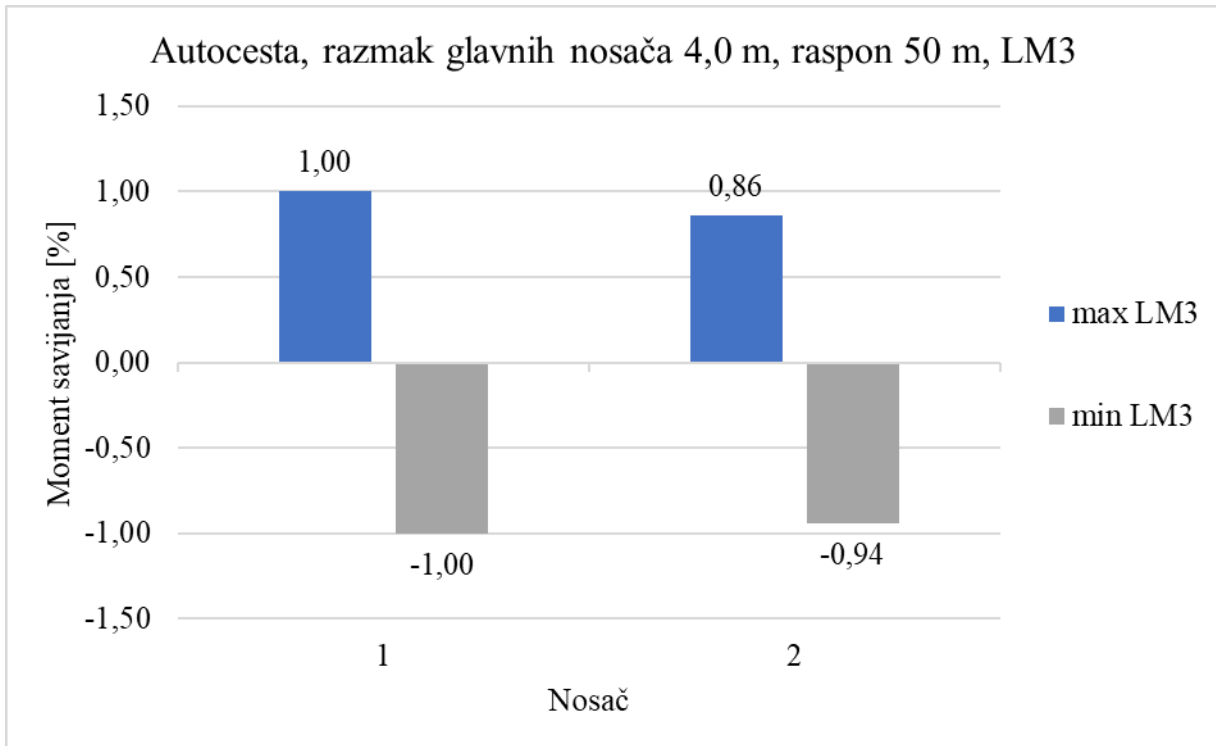
**Slika 51.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



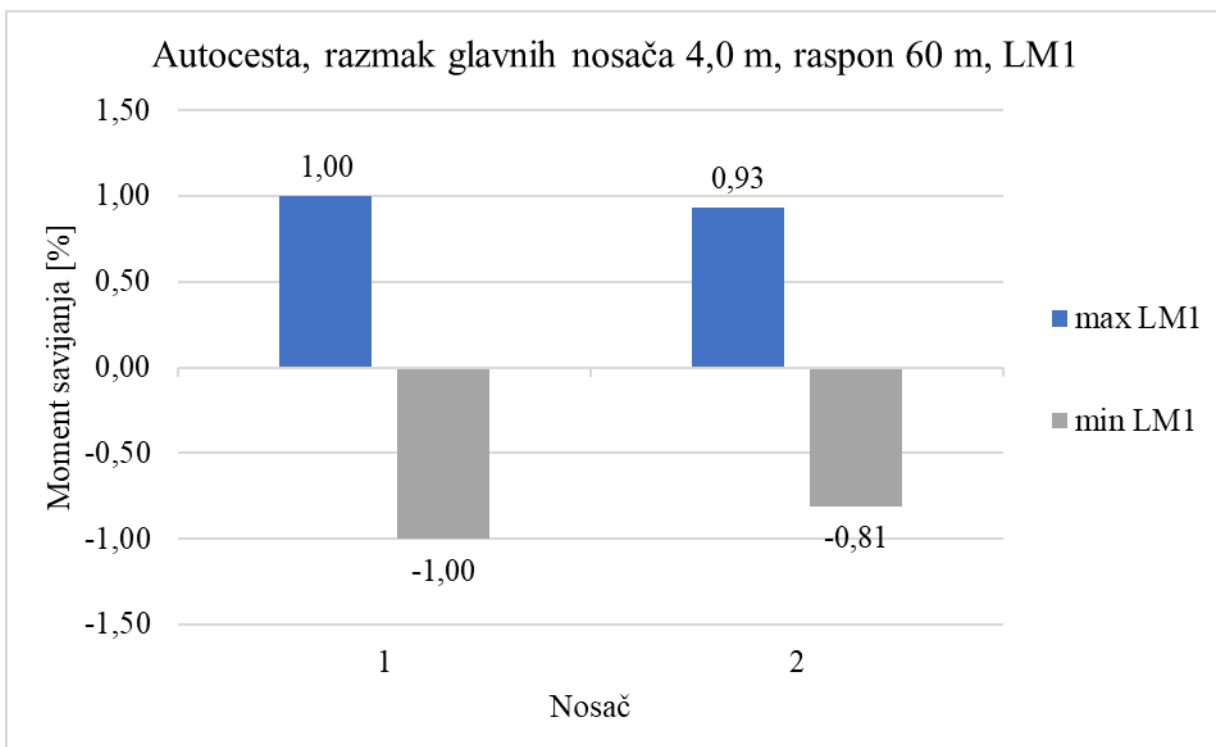
**Slika 52.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



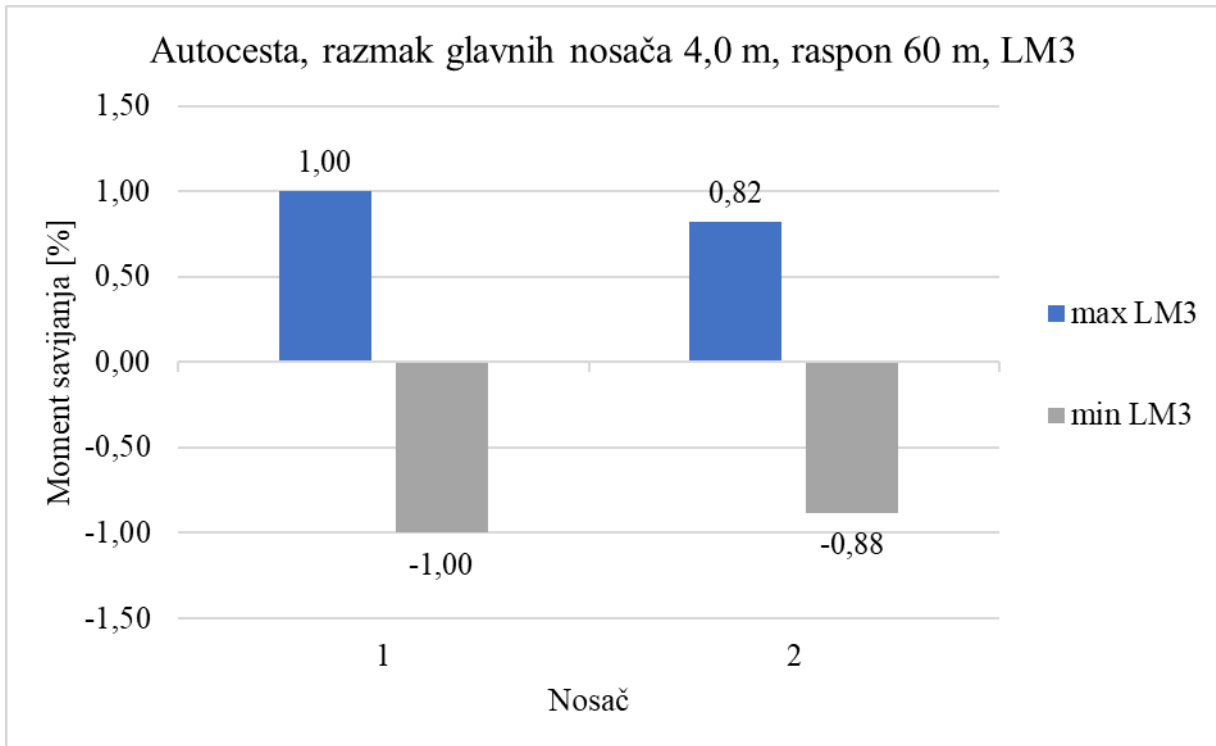
**Slika 53.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



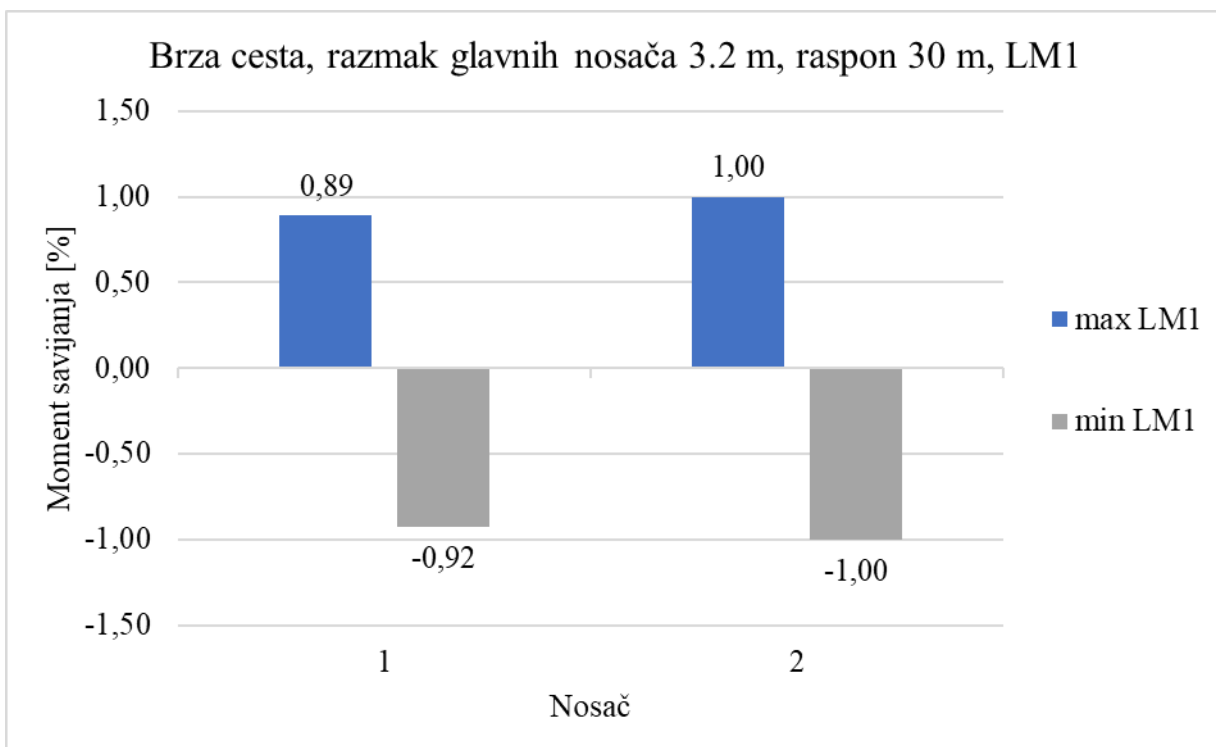
**Slika 54.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



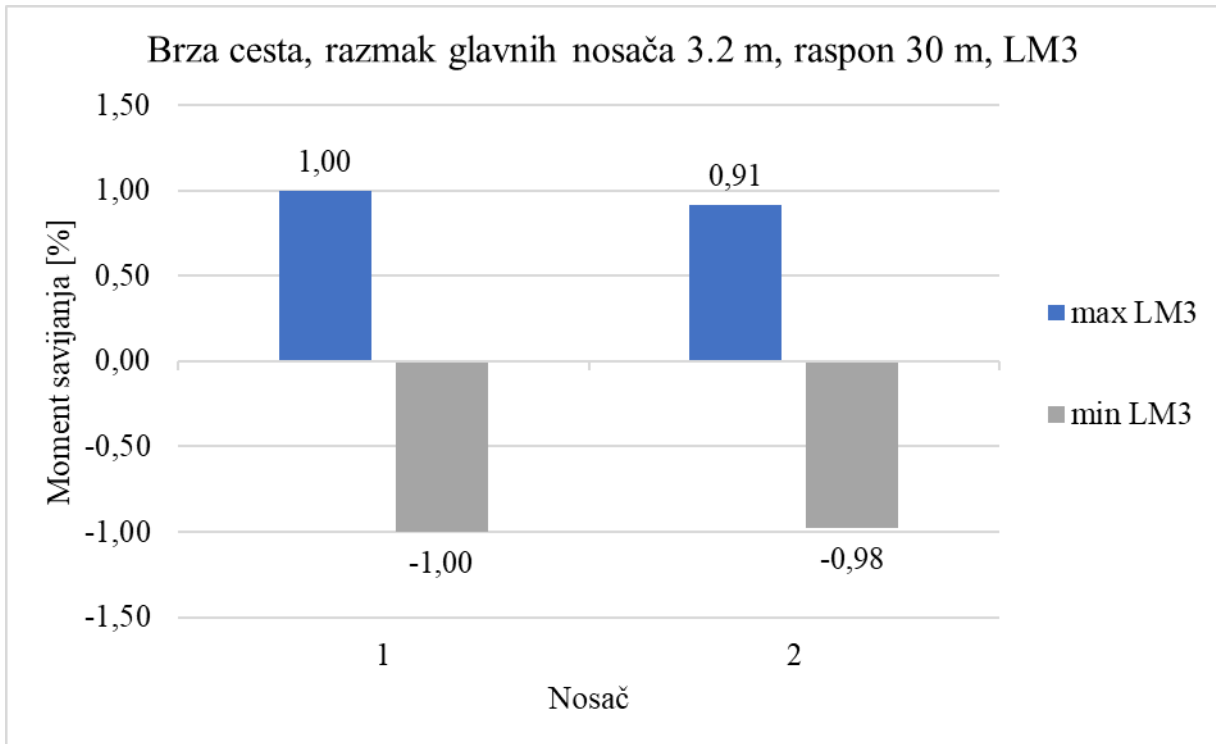
**Slika 55.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta



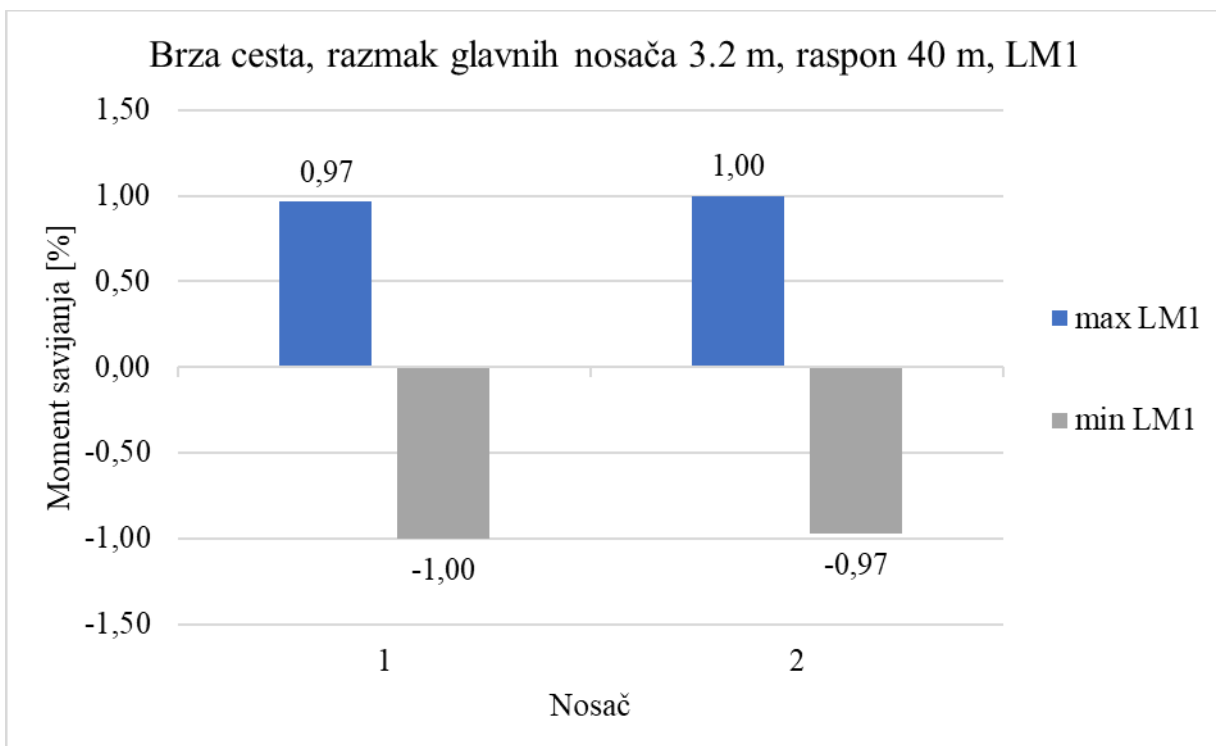
**Slika 56.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta



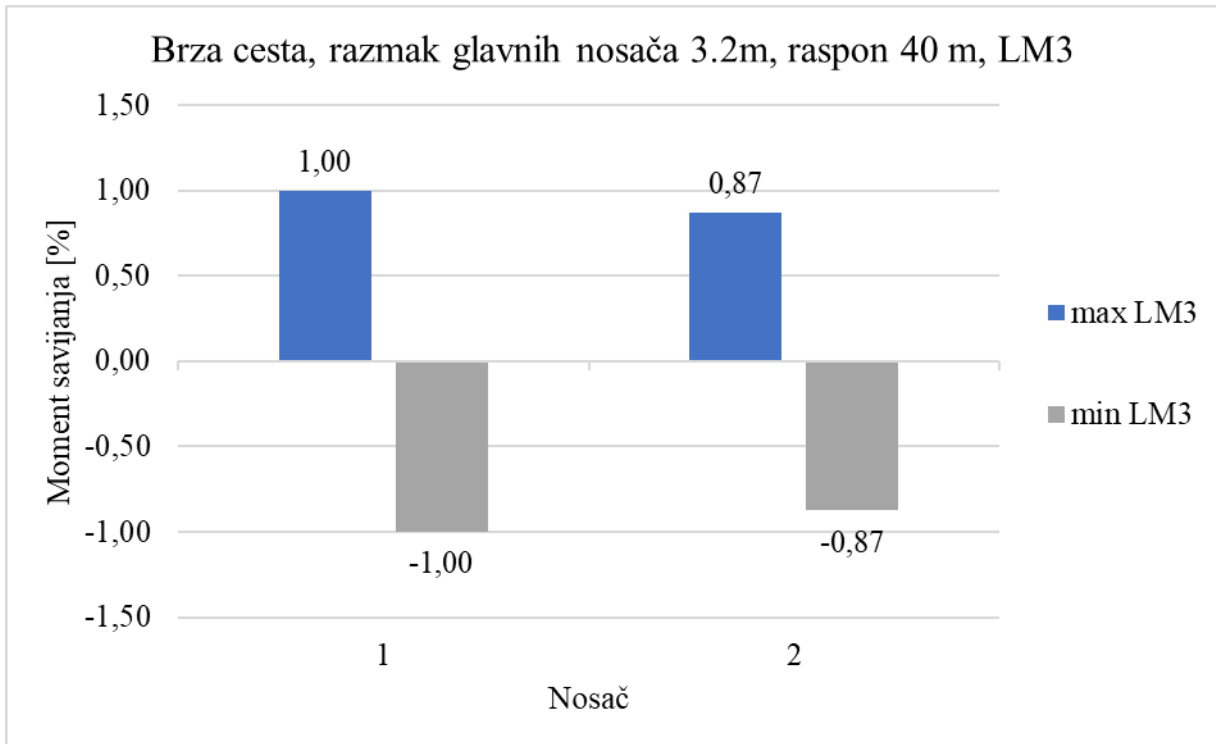
**Slika 57.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



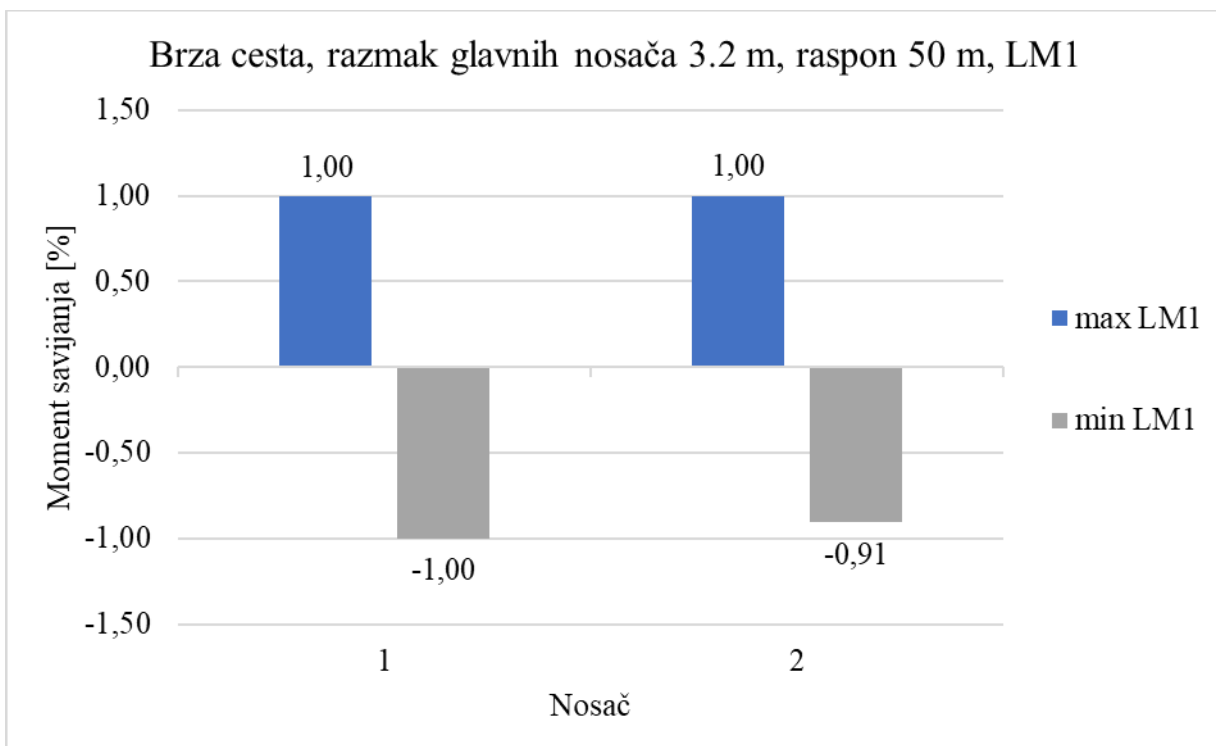
**Slika 58.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



**Slika 59.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta

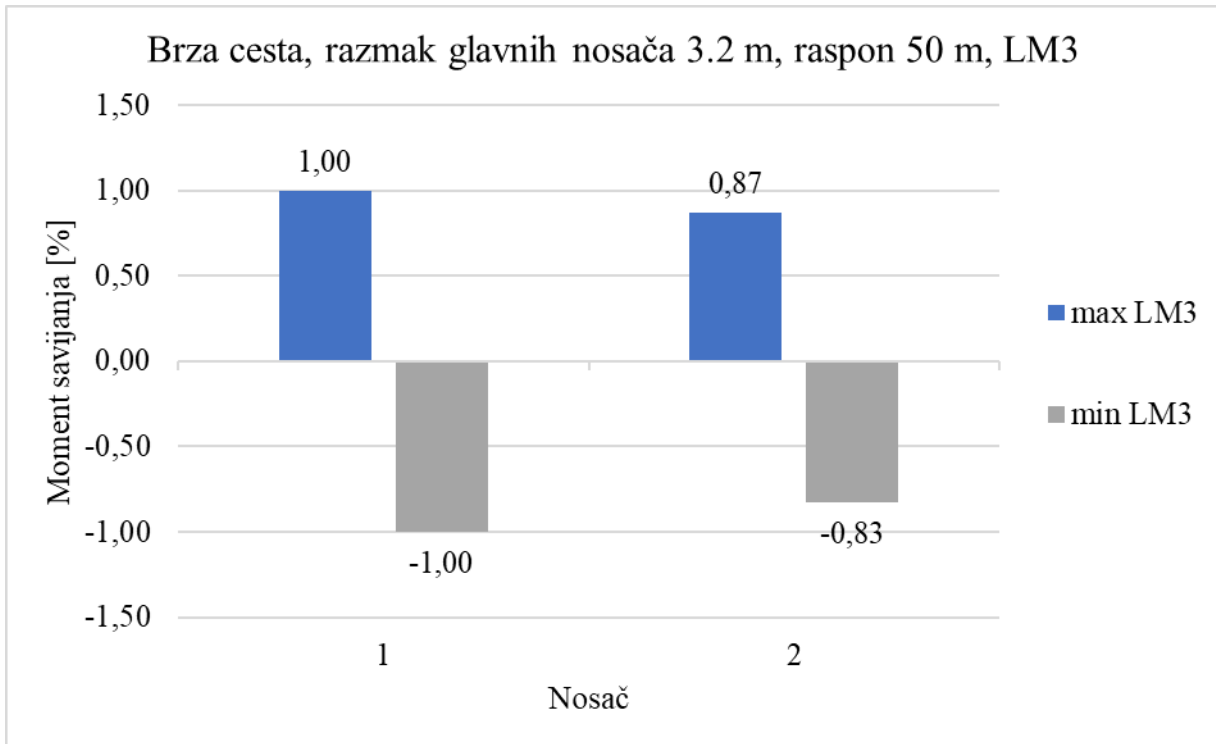


**Slika 60.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta

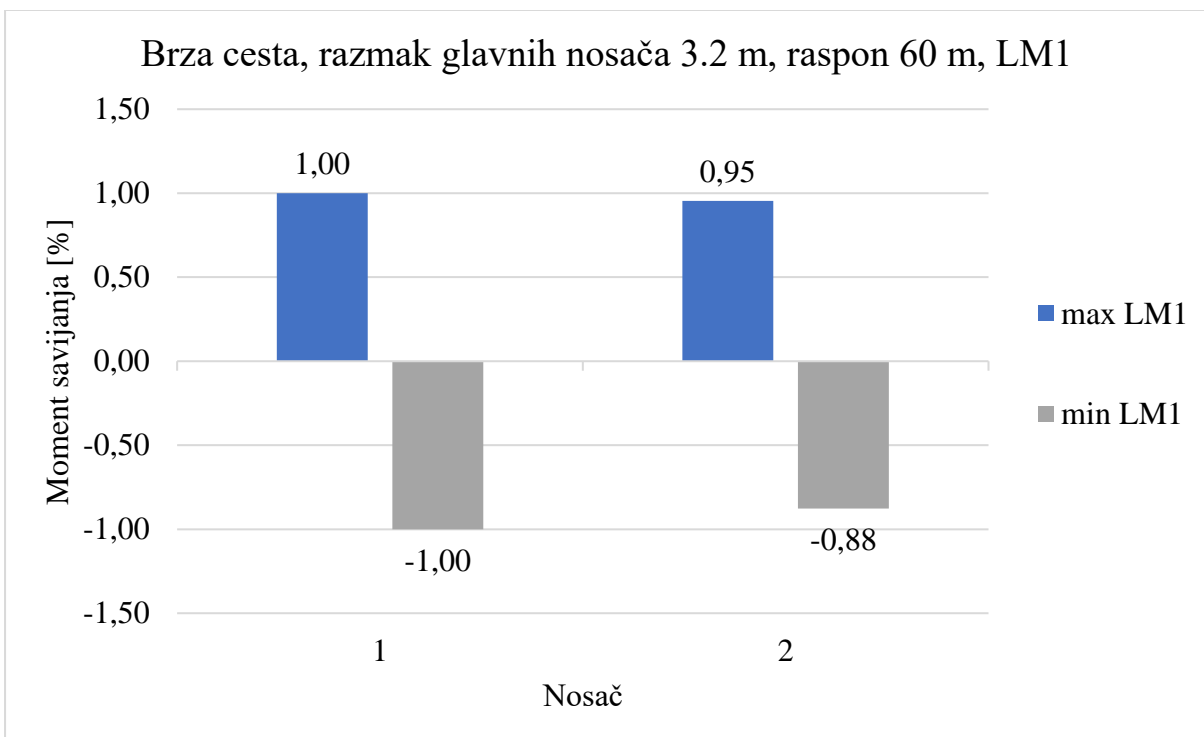


**Slika 61.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta

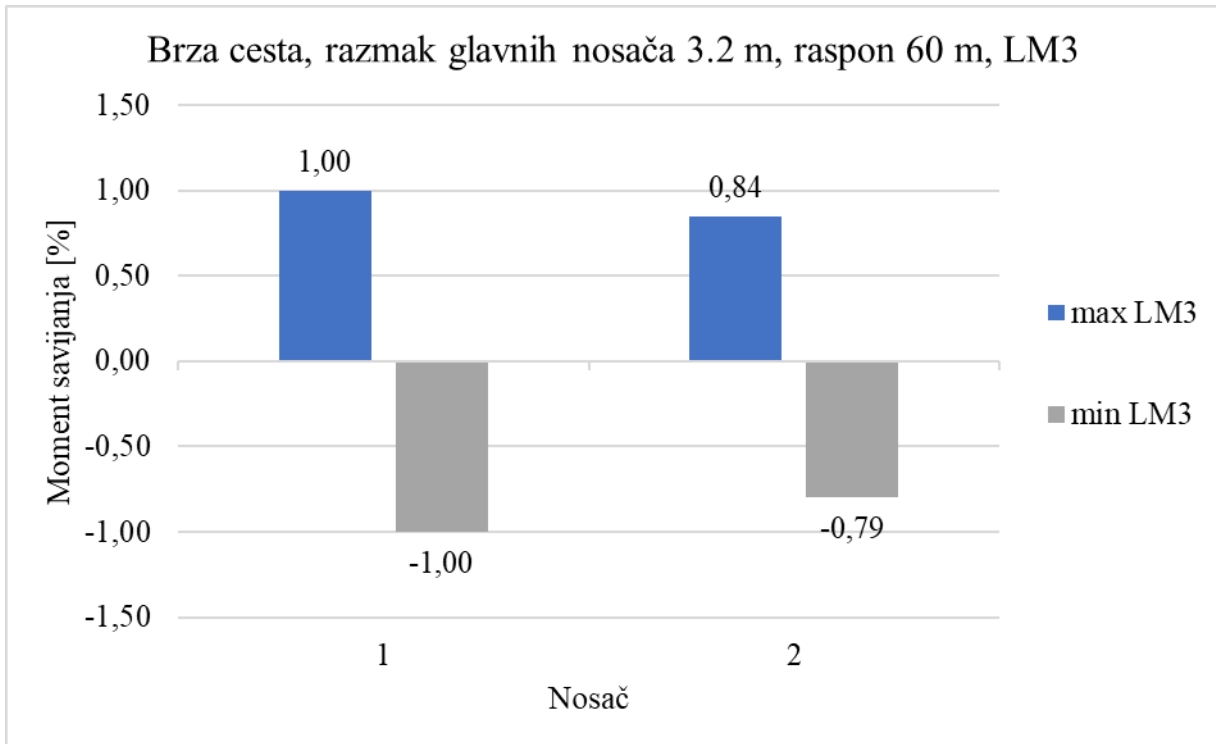




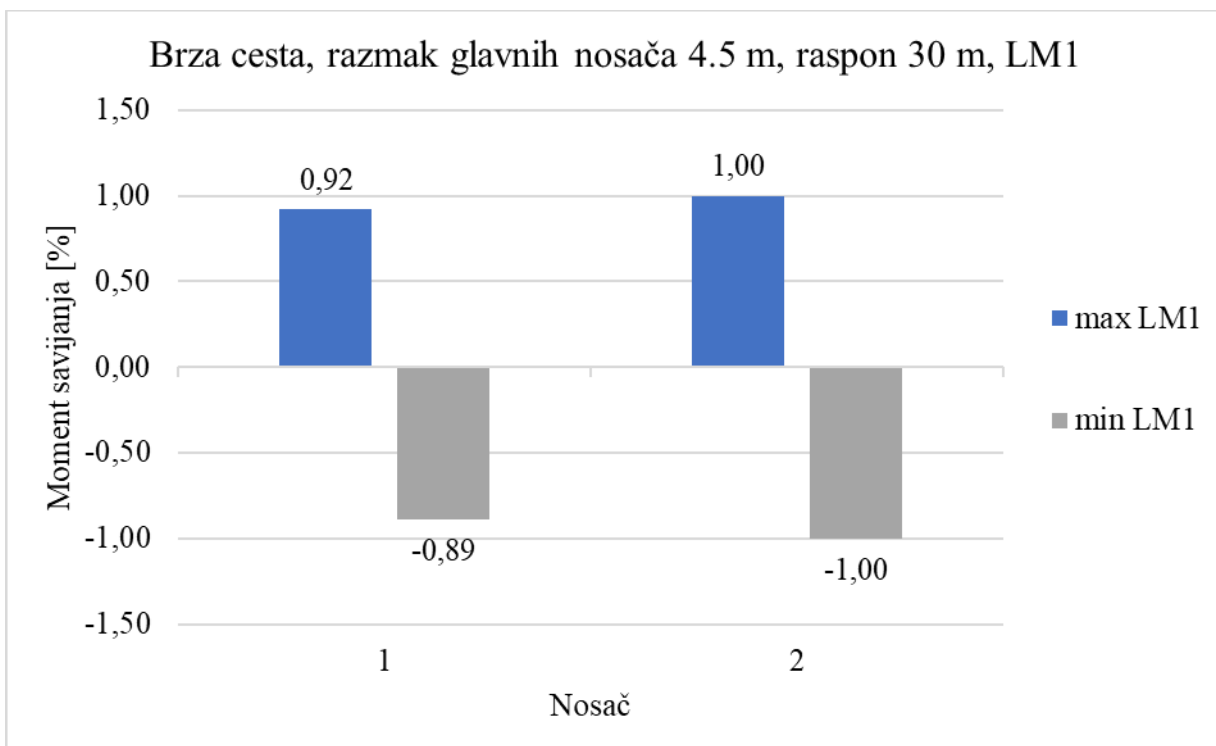
**Slika 62.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



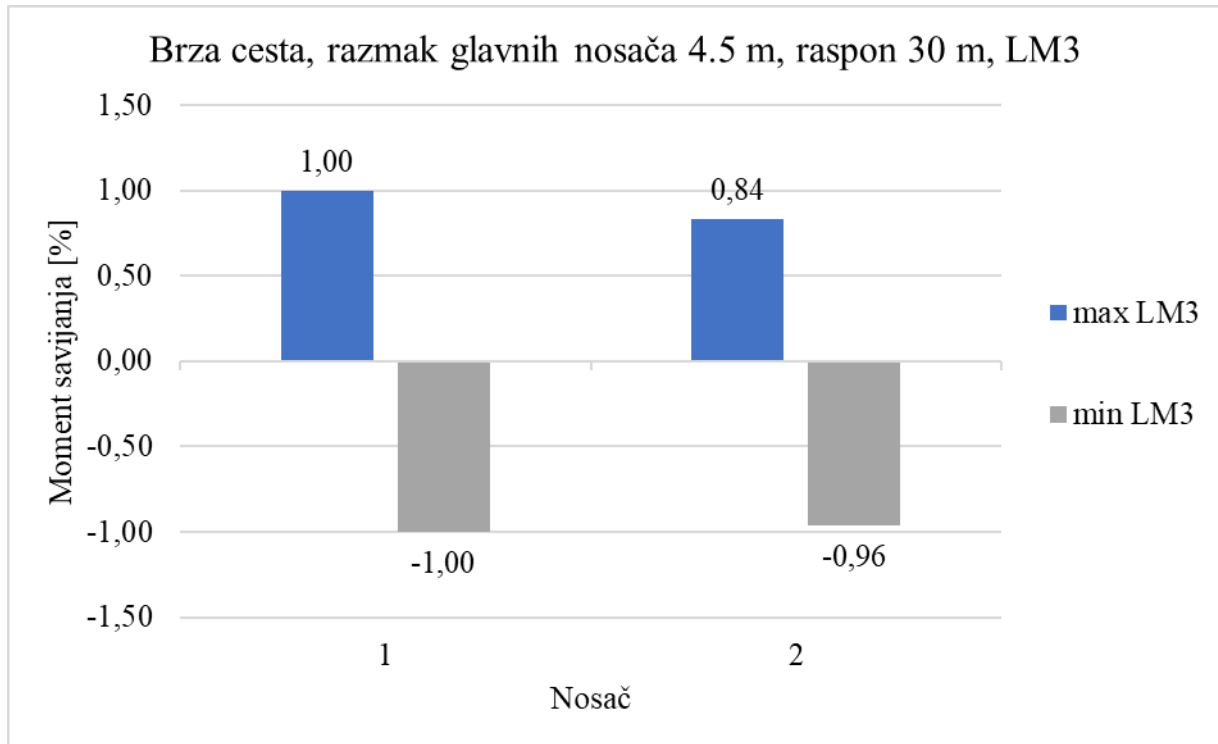
**Slika 63.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



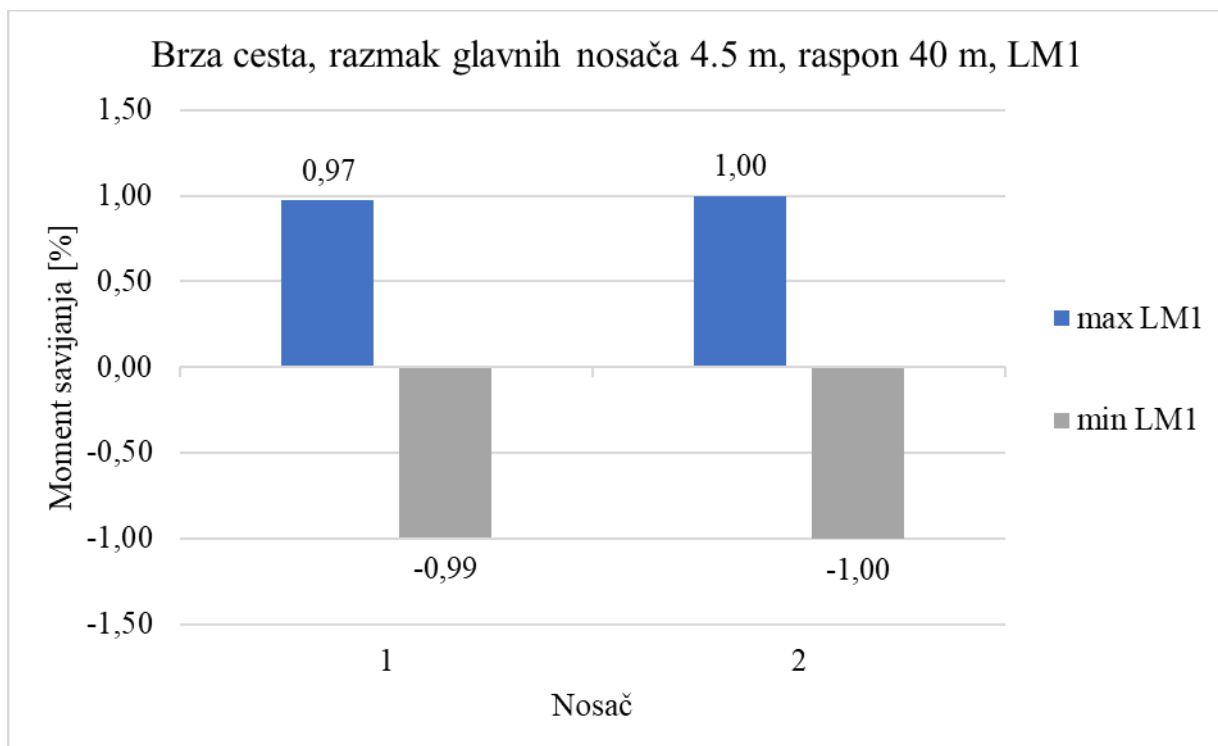
**Slika 64.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



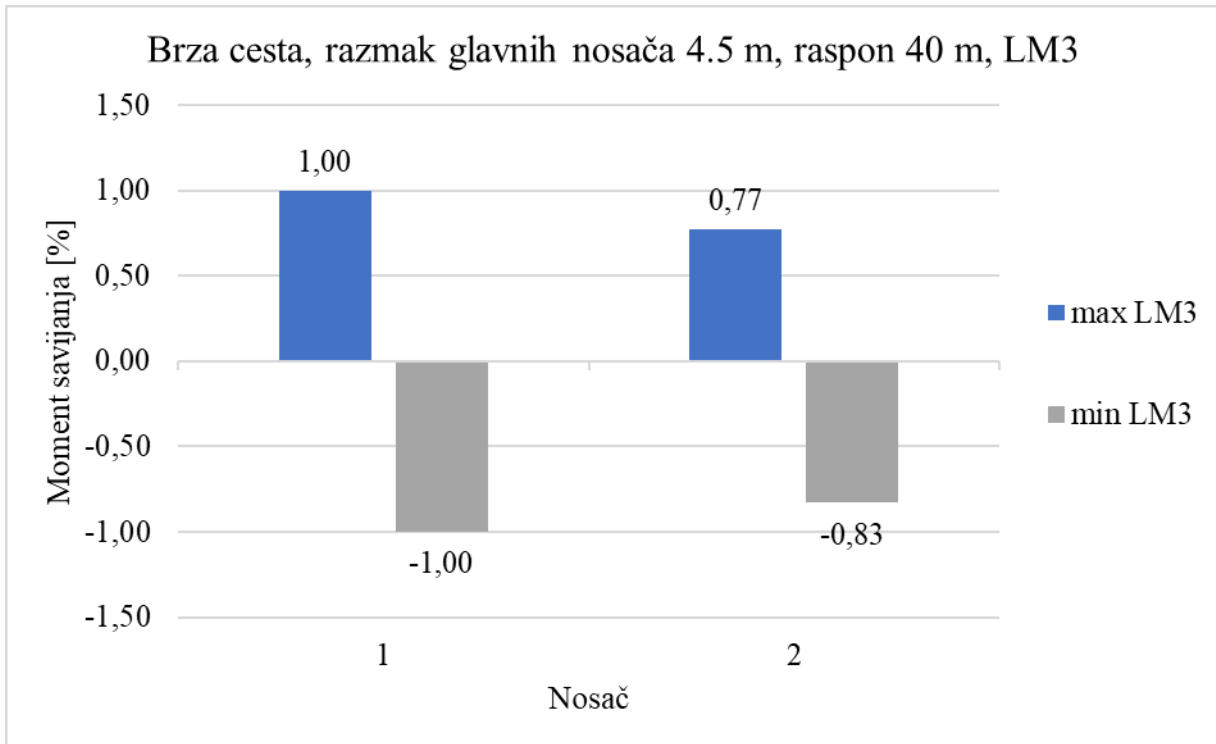
**Slika 65.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



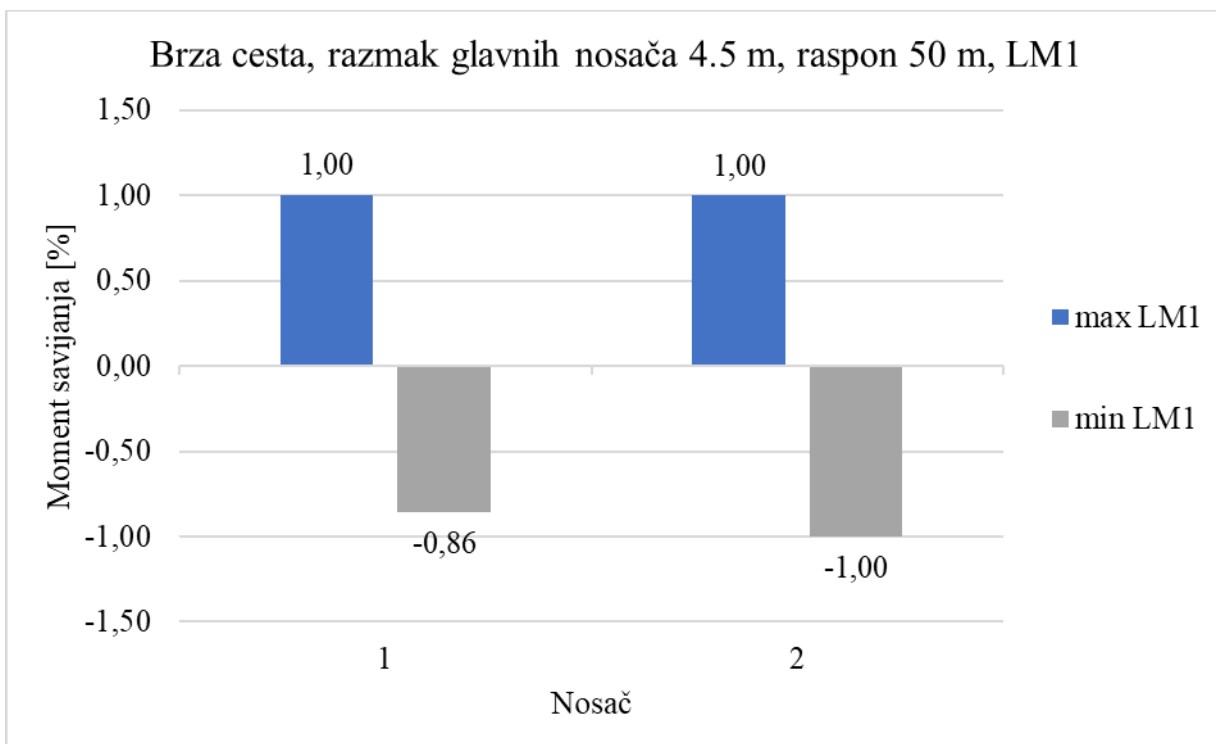
**Slika 66.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



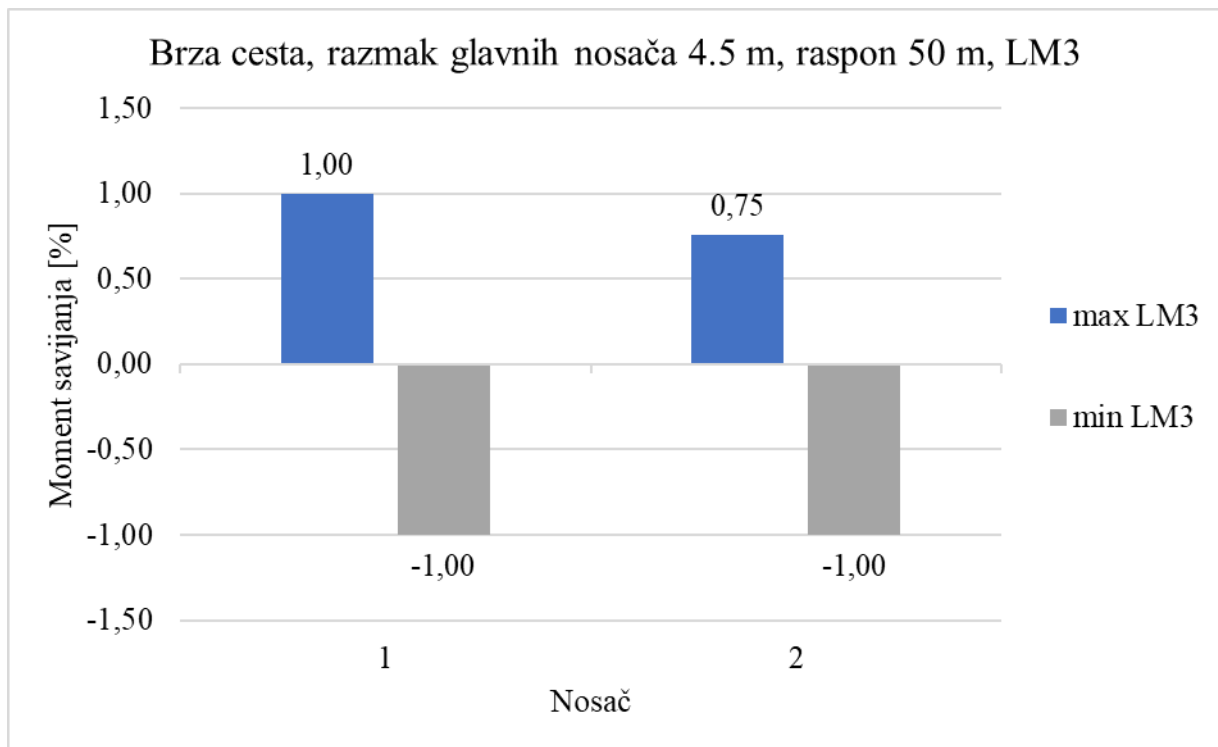
**Slika 67.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



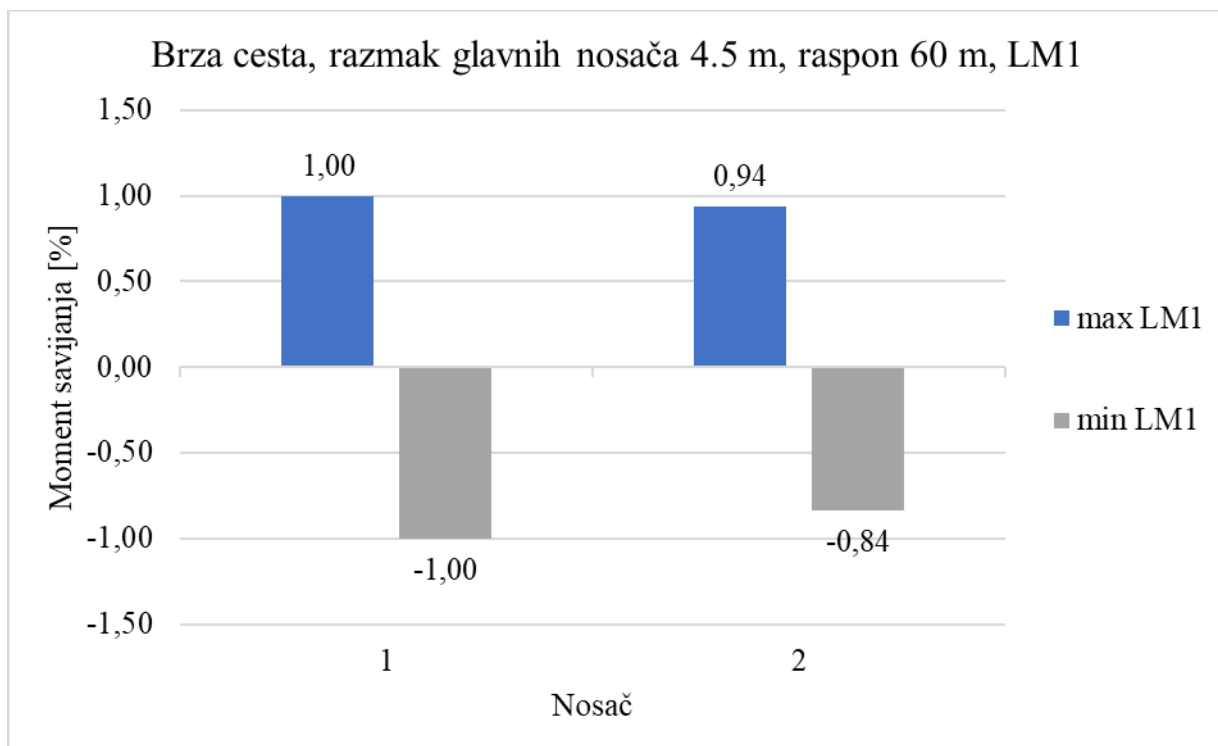
**Slika 68.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



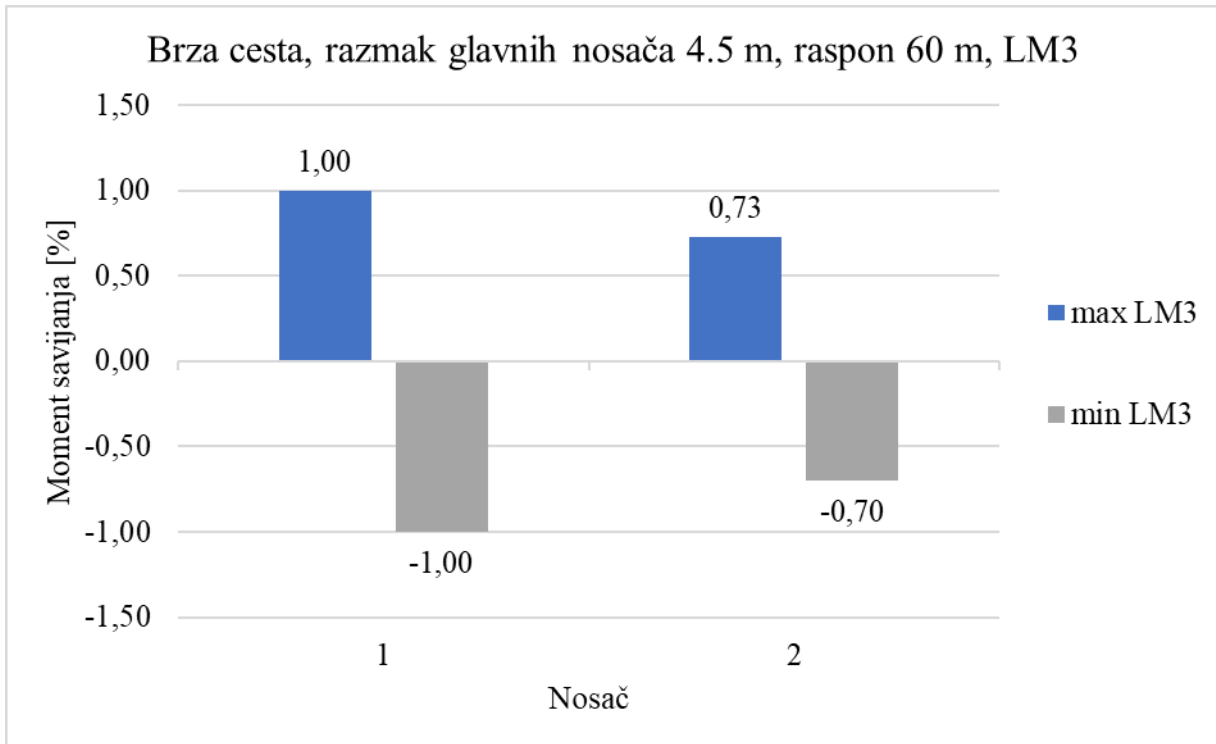
**Slika 69.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



**Slika 70.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta



**Slika 71.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta



**Slika 72.** Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta

Za poprečne presjeke sa dva nosača i vutama u slučaju autoceste i brze ceste zbog simetričnosti poprečnog presjeka mjerodavna su oba nosača, odnosno u oba nosača se javlja jednaka vrijednost momenta savijanja.

## 9.2 USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA ZA RASPONE OD 30 METARA DO 60 METARA ZA AUTOCESTU I BRZU CESTU

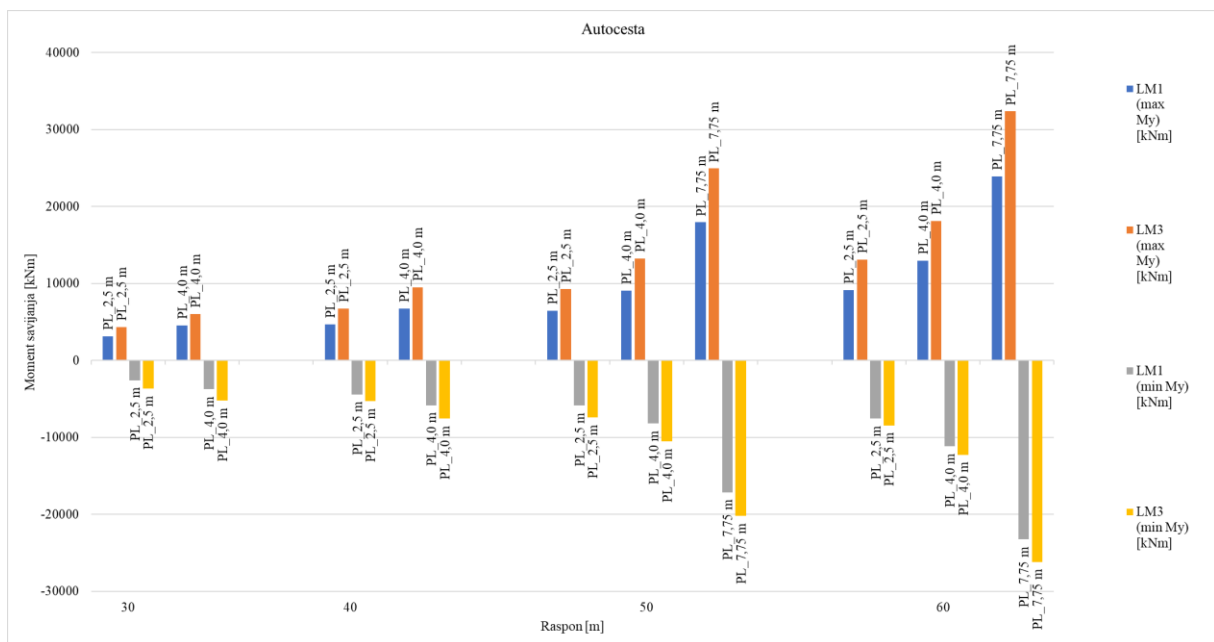
Unutarnje sile, odnosno momenti savijanja za LM1 i LM3 slučaje opterećenja međusobno su uspoređeni ovisno o rasponu i broju nosača. Na slici 59. prikazani su pozitivni i negativni momenti savijanja za oba slučaja prometnog opterećenja za most na autocesti, a na slici 61. za most na brzjoj cesti.

Za mostove na autocesti na slici 60. prikazana je postotna razlika momenata savijanja dobivena LM3 opterećenjem u odnosu na momente dobivene LM1 opterećenjem. Postotna razlika računata je sljedećim izrazom:

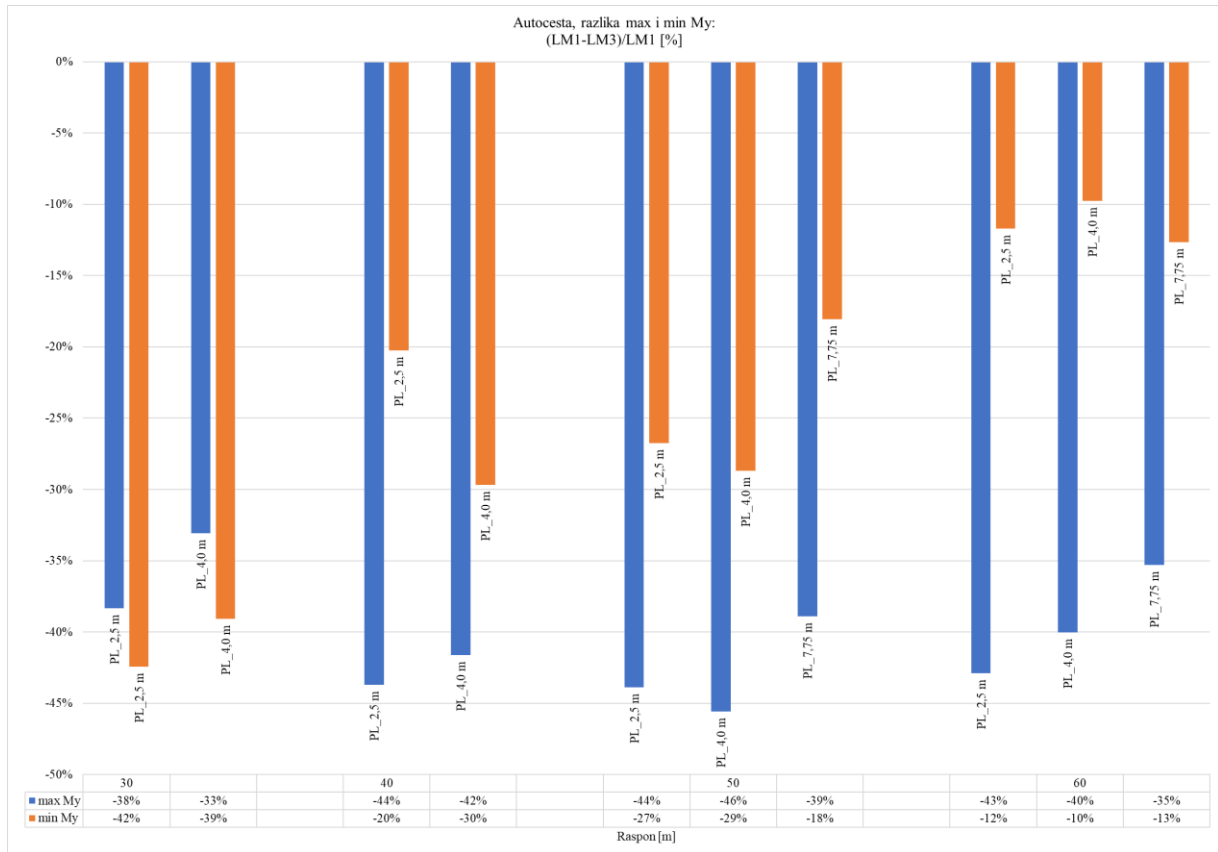
$$\Delta M_y[\%] = (M_y^{LM1} - M_y^{LM3})/M_y^{LM1}$$

$M_y^{LM1}$  i  $M_y^{LM3}$  su momenti savijanja dobiveni LM1 i LM3 opterećenjem. Negativna postotna razlika pokazuje gdje je moment  $M_y^{LM3}$  veći od momenta  $M_y^{LM1}$ , odnosno gdje je moment  $M_y^{LM3}$  mjerodavan za dimenzioniranje. Na slici 62. također je prikazana postotna razlika ali za mostove na brzjoj cesti.

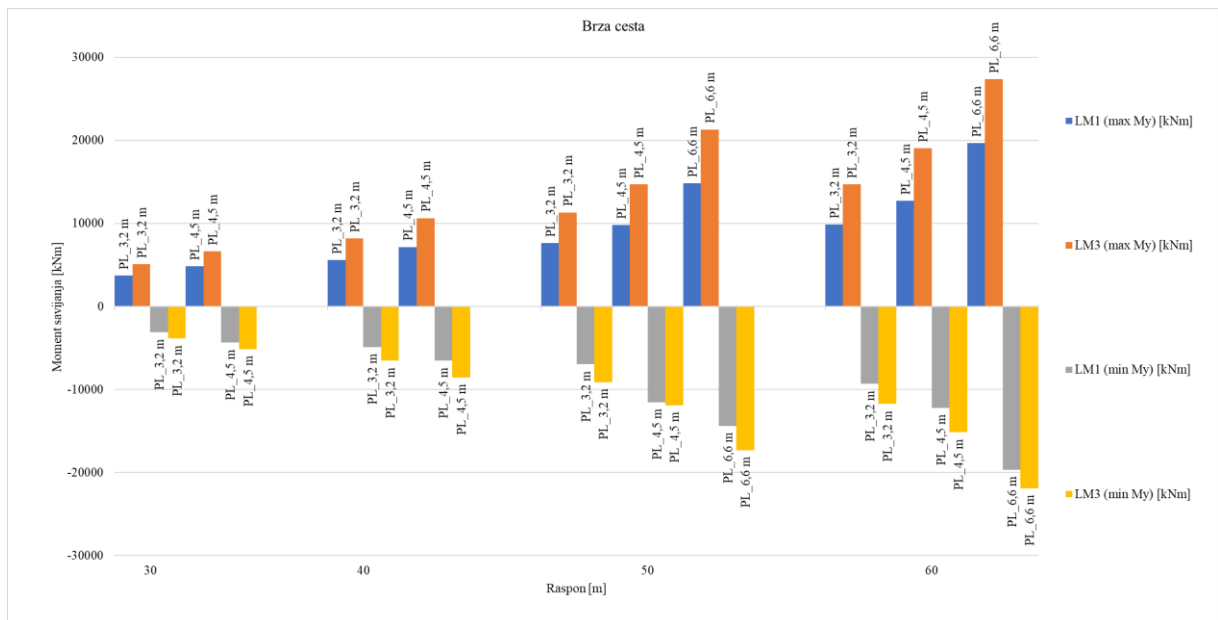
Radi boljeg prikaza slike 59., 60., 61., 62. dane su i u Prilogu u većem formatu.



**Slika 73.** LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti

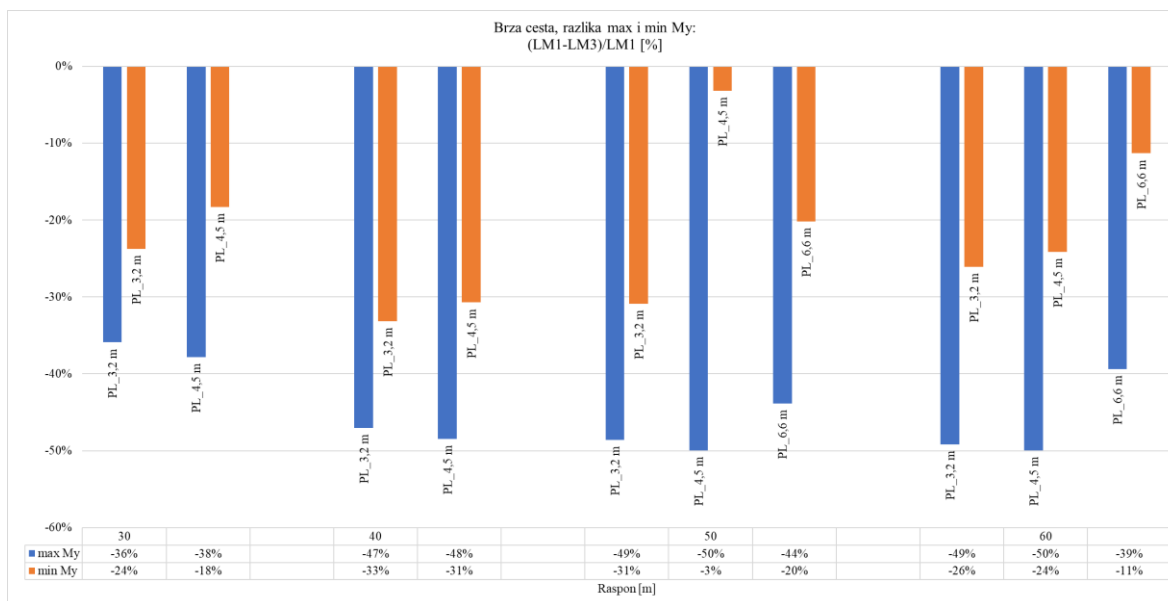


Slika 74. Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti



Slika 75. LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na brzjoj cesti



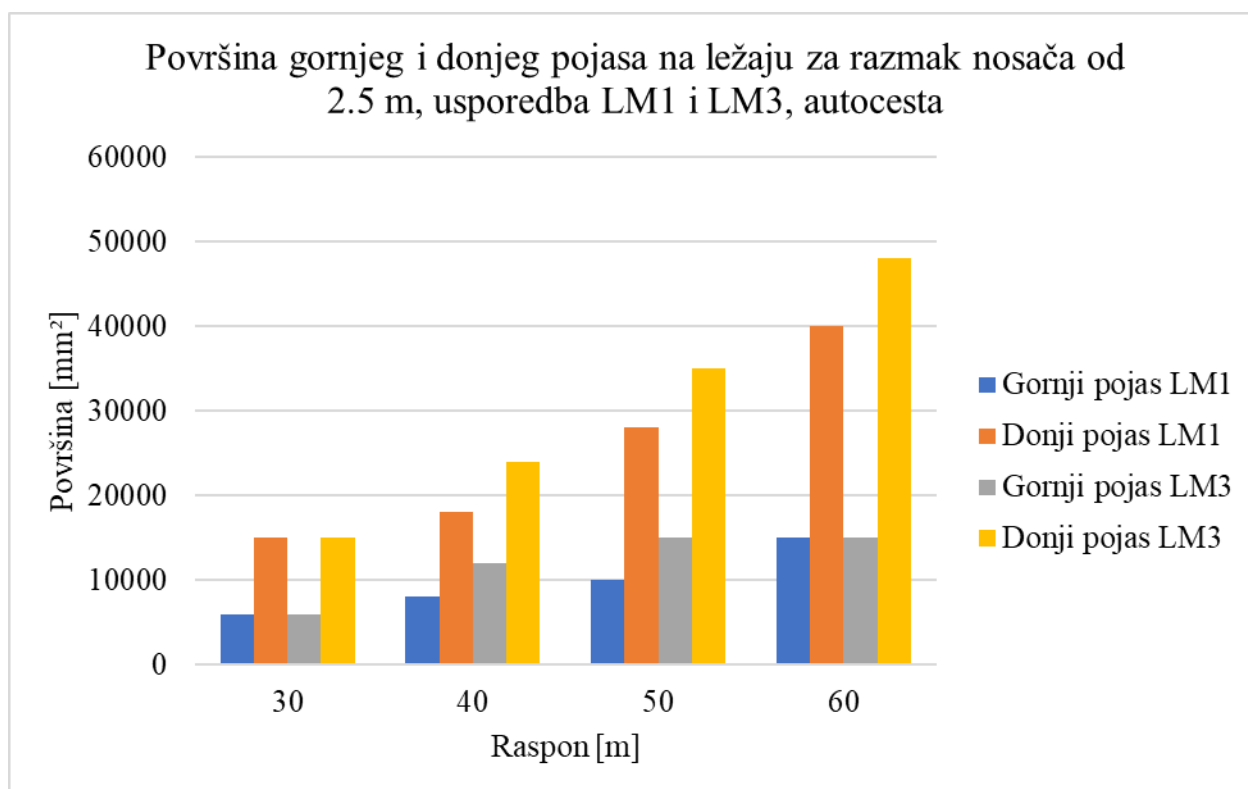


Slika 76. Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na brzjoj cesti

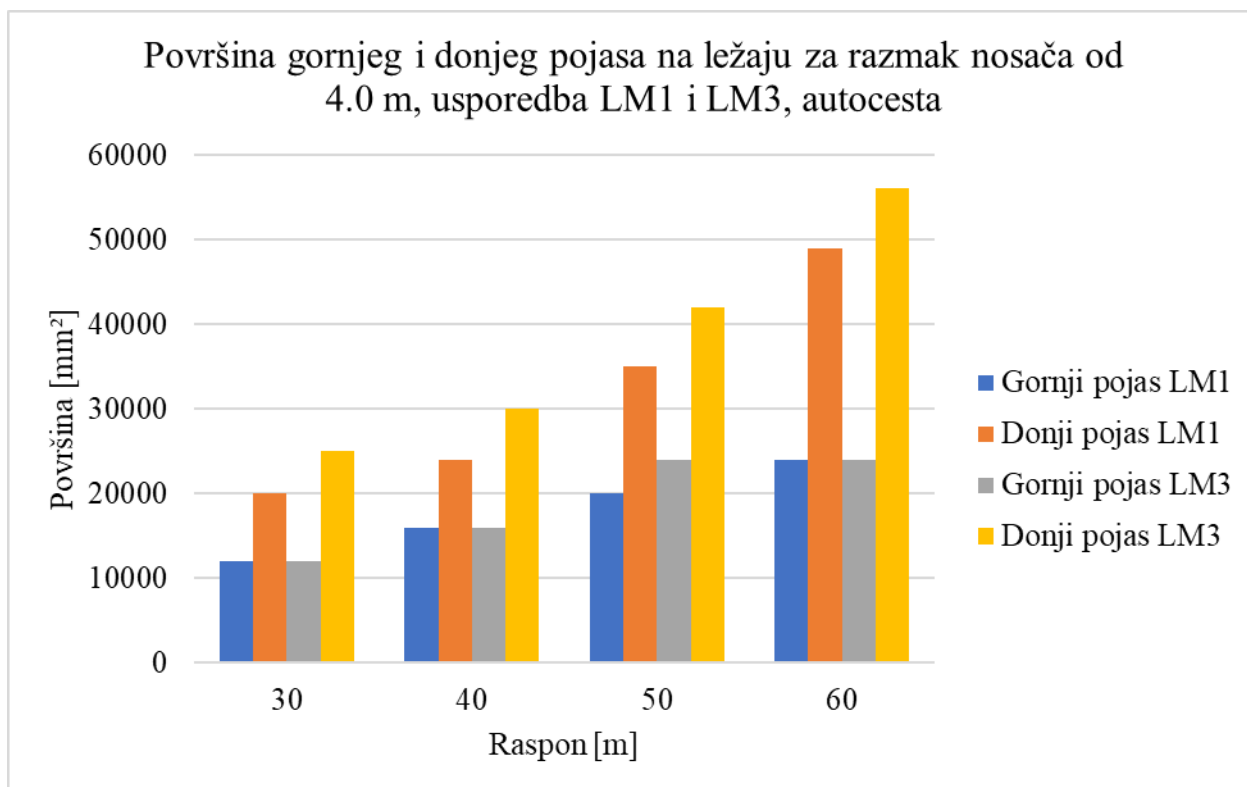
## 10.DIMENZIJE GLAVNIH NOSAČA SPREGNUTIH MOSTOVA

U ovom poglavlju napravljena je usporedba površina gornjih i donjih pojaseva u glavnim nosačima ovisno da li most opterećen sa LM1 opterećenjem ili LM3 opterećenjem. Isto tako napravljena je i usporedba debljina hrptova. Potrebno je naglasiti da se u slučajevima mostova sa rasponom od 60 metra za postizanje stabilnosti hrpta koristi ukruta typ 250 što omogućuje korištenje manjih debljina hrptova u tim rasponima. Na grafovima je prikazana usporedba površine gornjih i donjih pojaseva ili debljine hrpta u odnosu na raspon mosta ili razmak glavnih nosača.

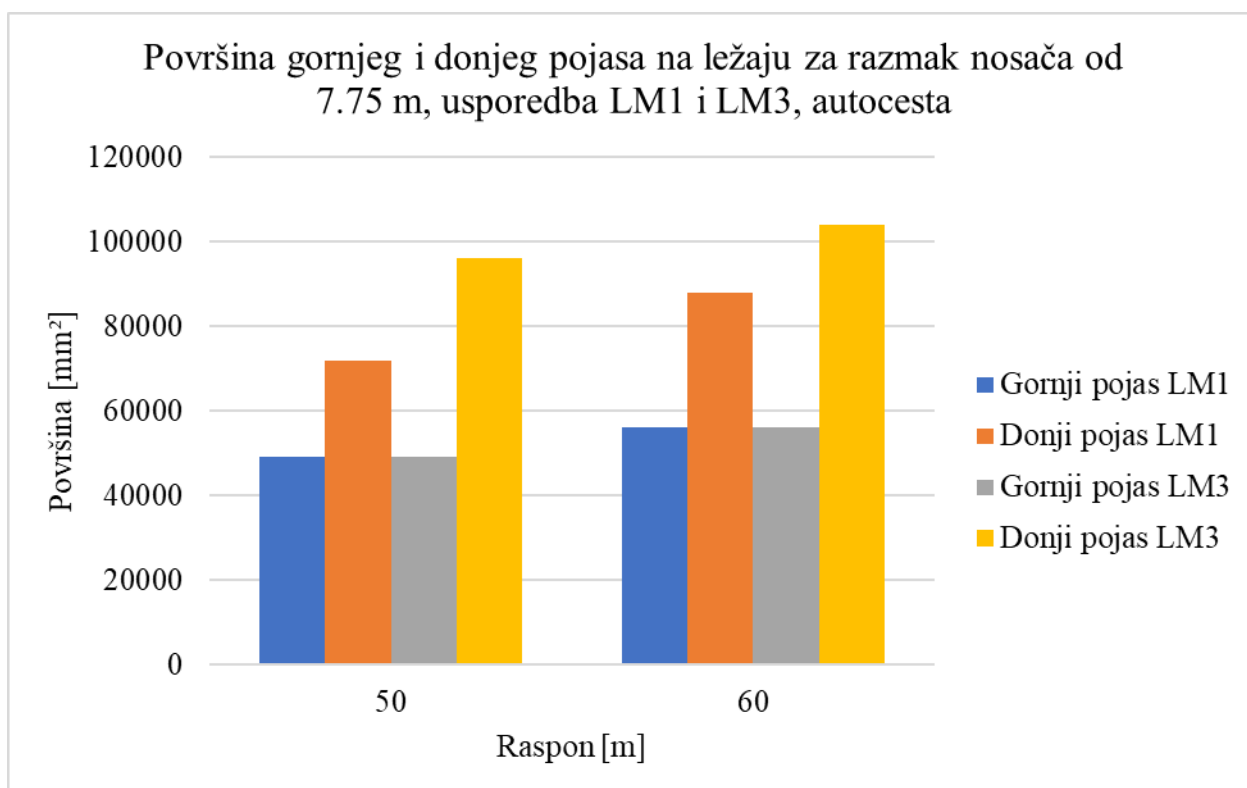
### 10.1 USPOREDBA DIMENZIJA NOSAČA NA LEŽAJU ZA AUTOCESTU



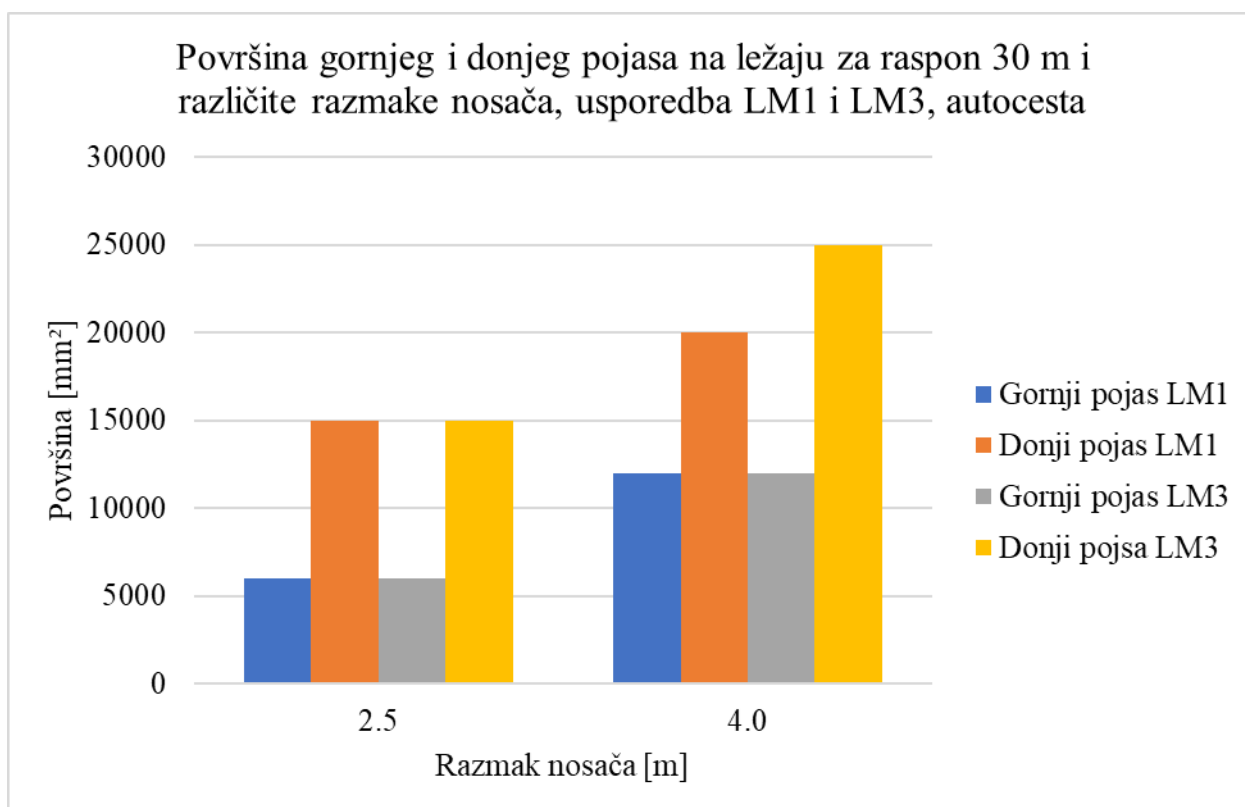
Slika 77. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta



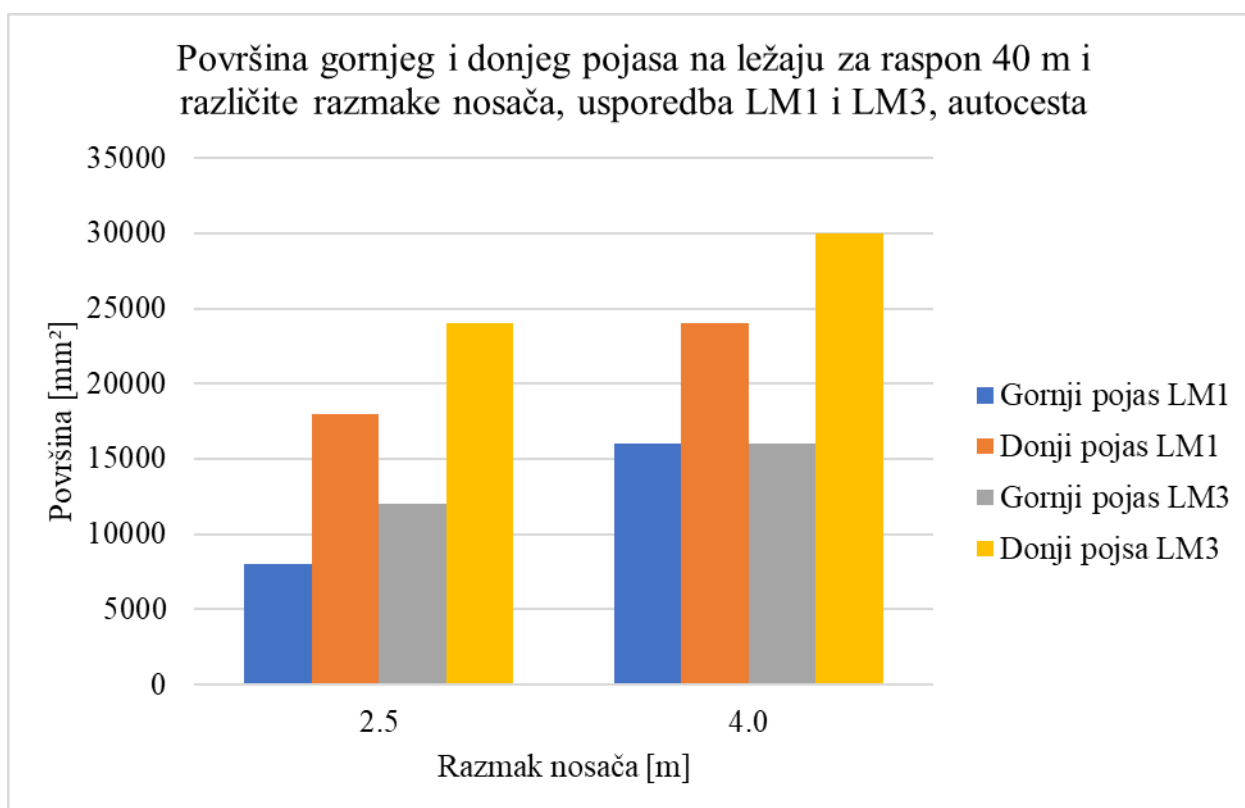
Slika 78. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta



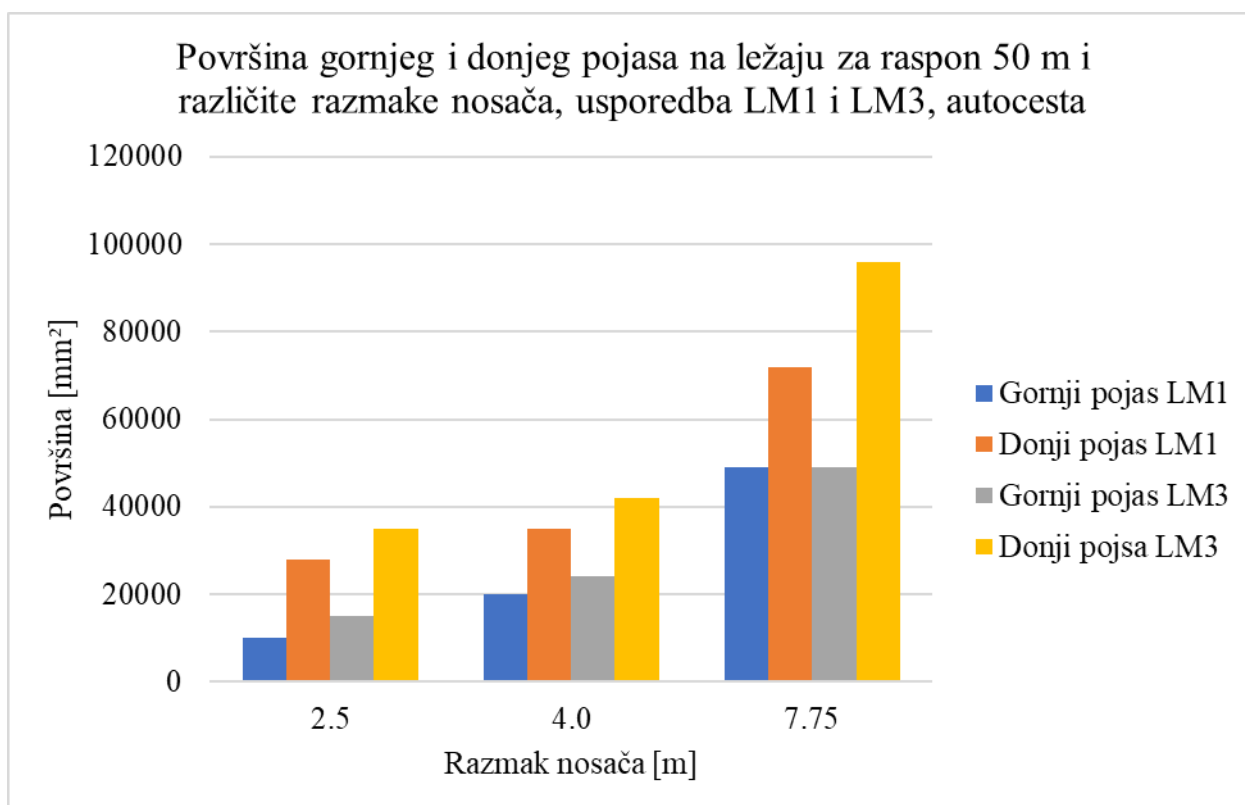
Slika 79. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta



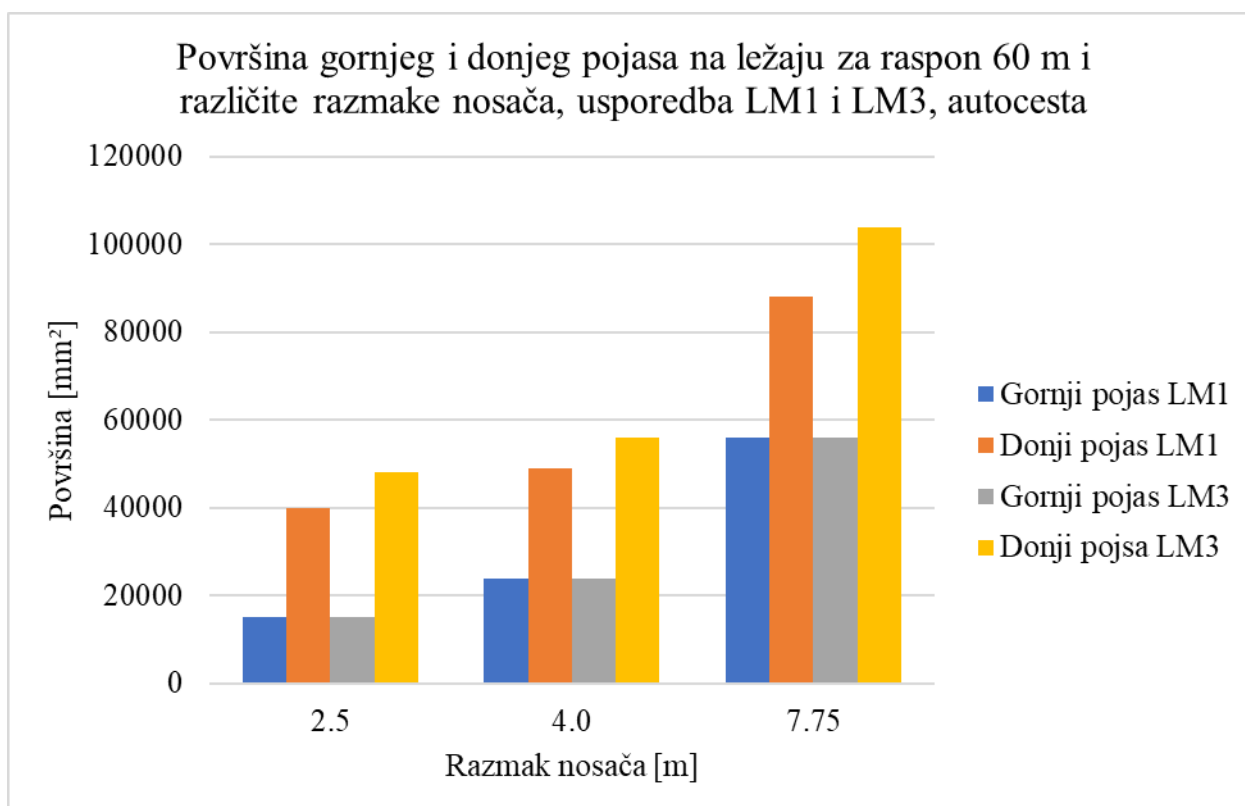
**Slika 80.** Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 30 m, autocesta



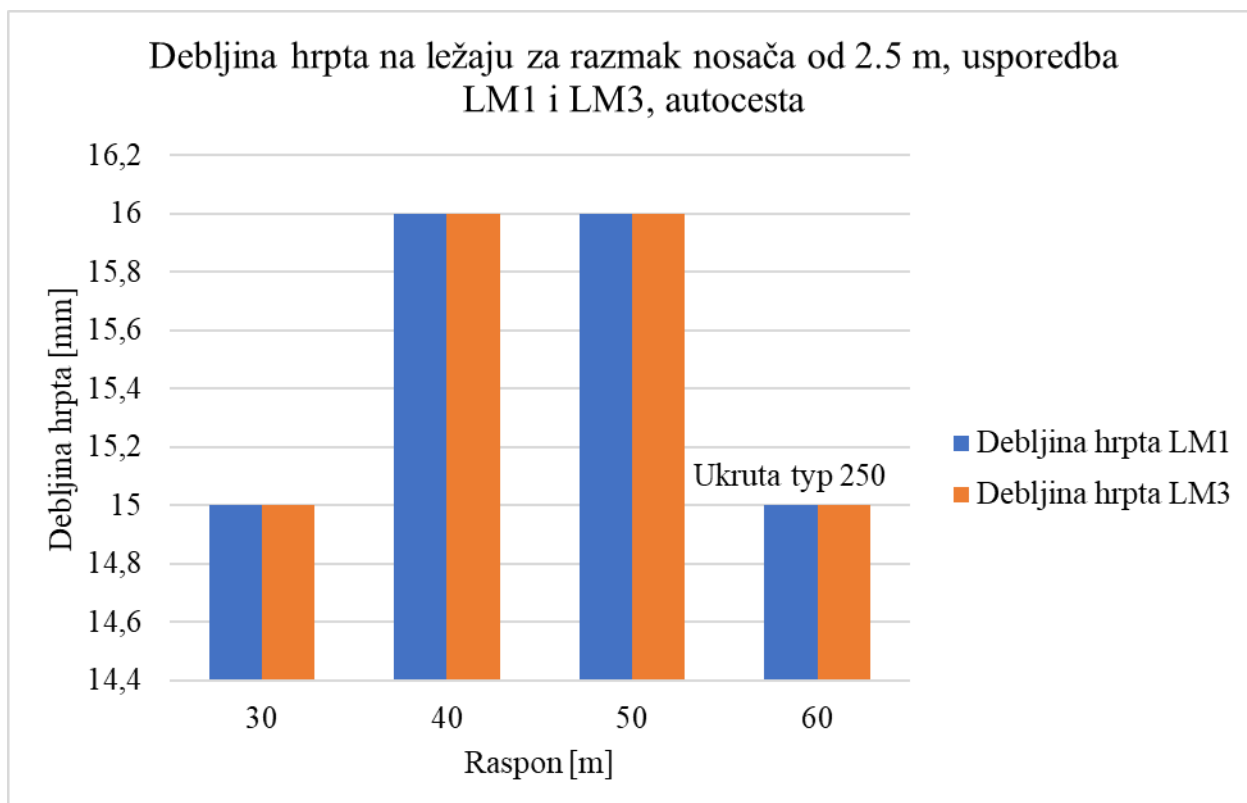
**Slika 81.** Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 40 m, autocesta



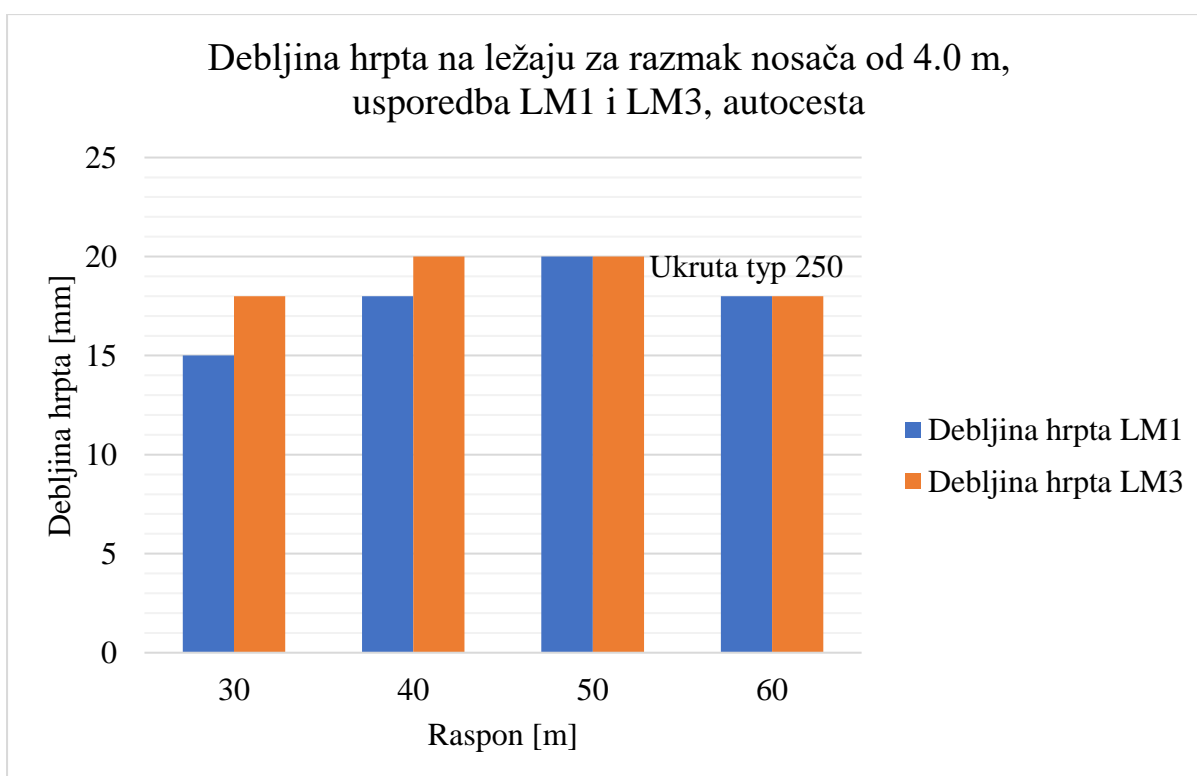
**Slika 82.** Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 50 m, autocesta



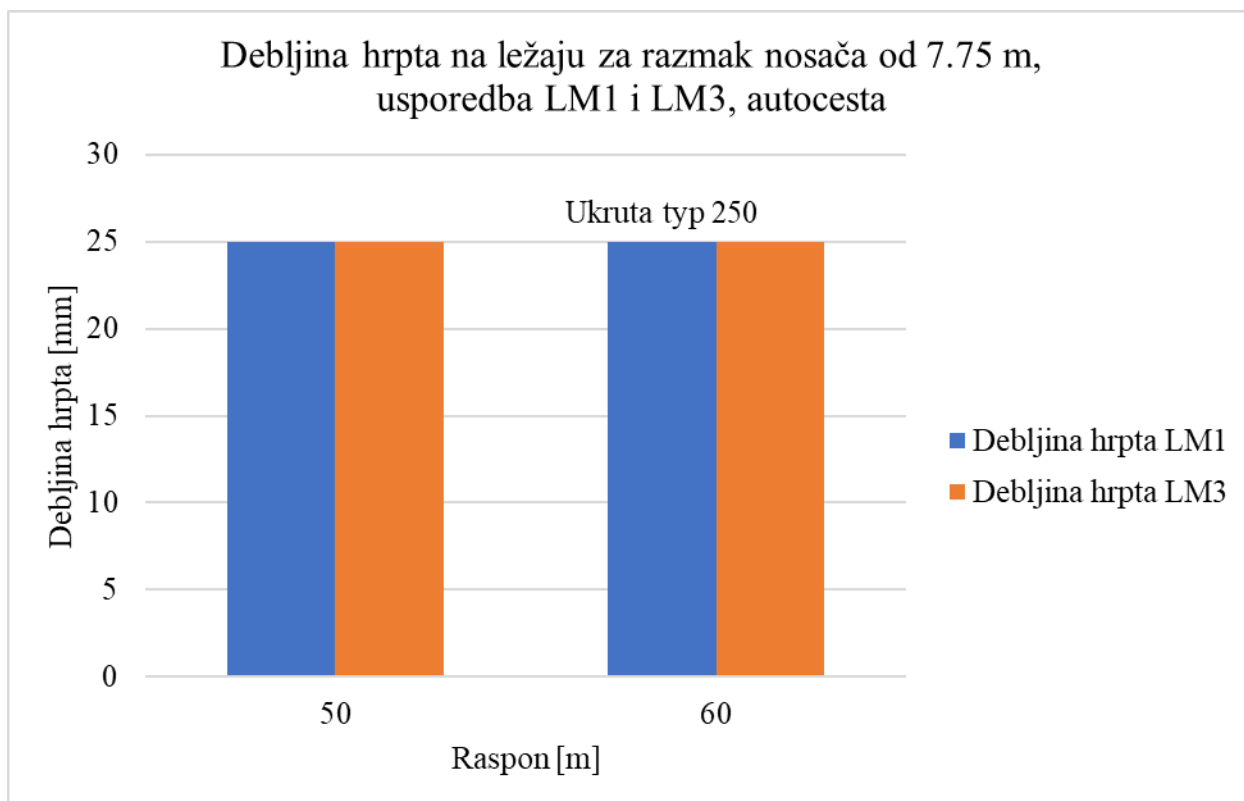
**Slika 83.** Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 60 m, autocesta



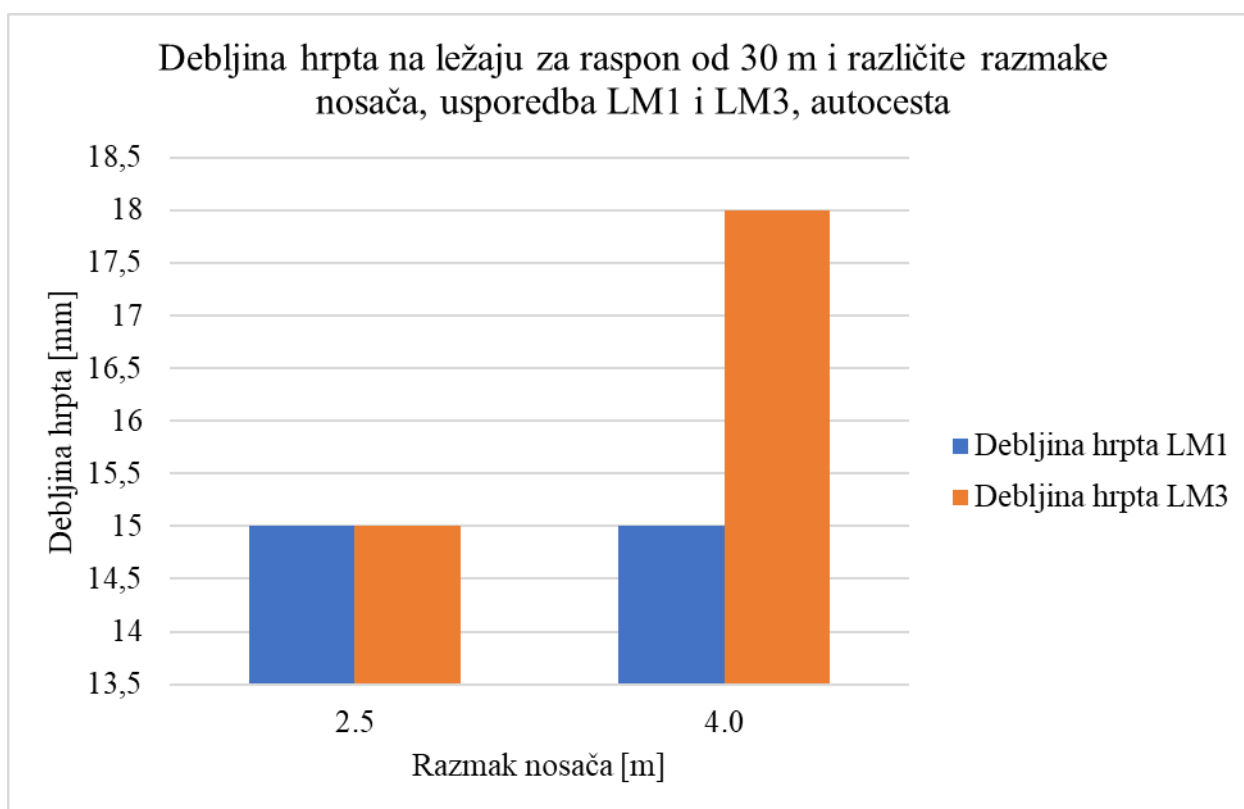
Slika 84. Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta



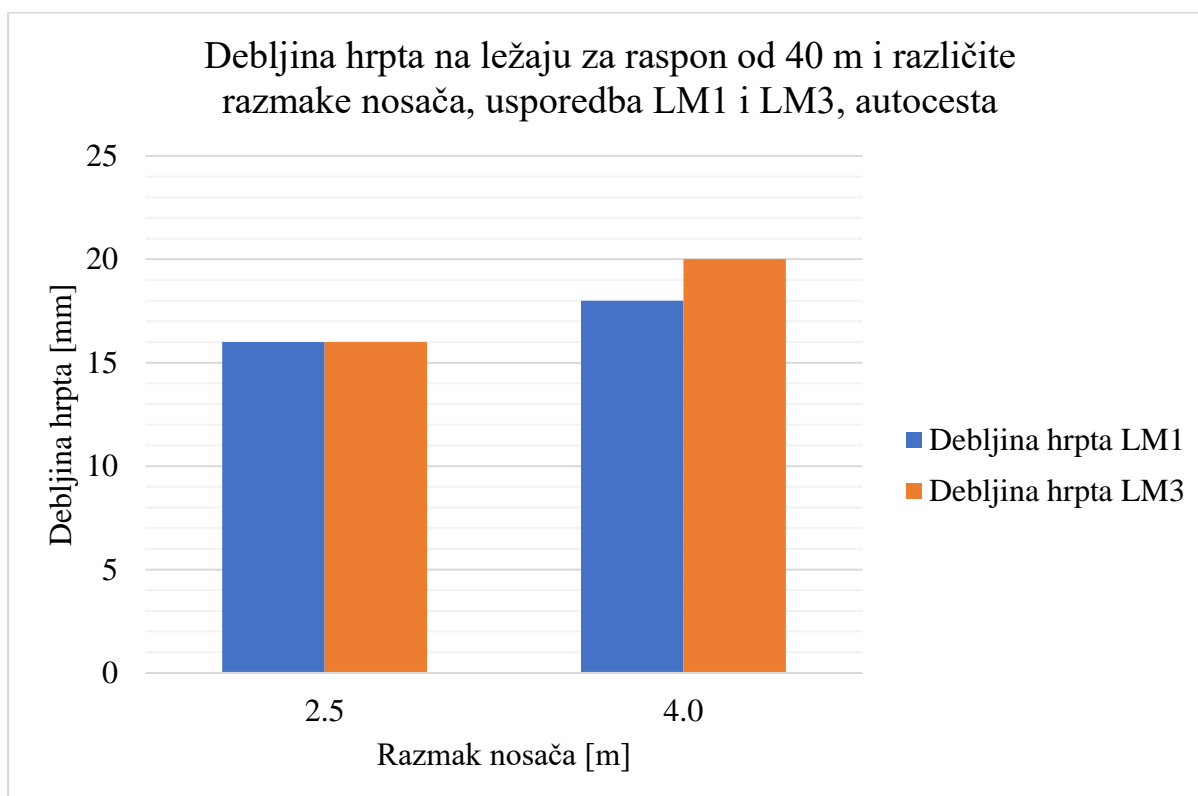
Slika 85. Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta



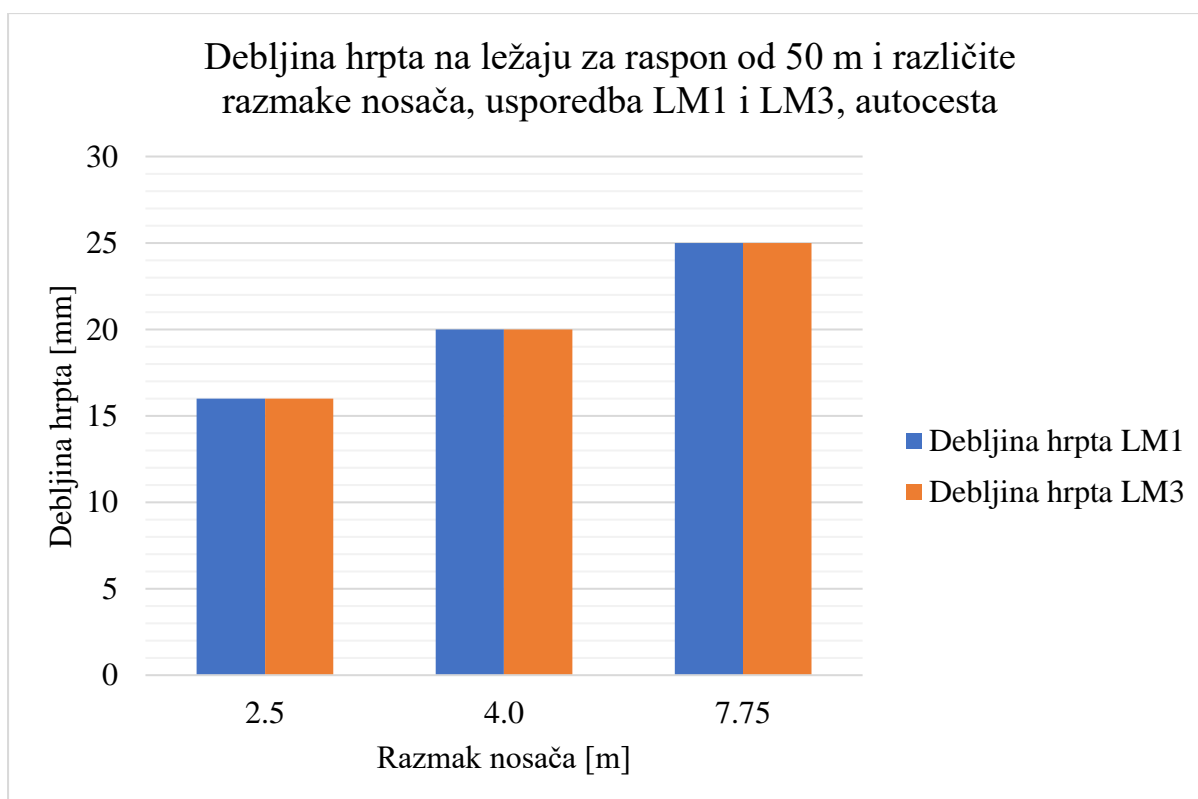
**Slika 86.** Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta



**Slika 87.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 30 m, autocesta

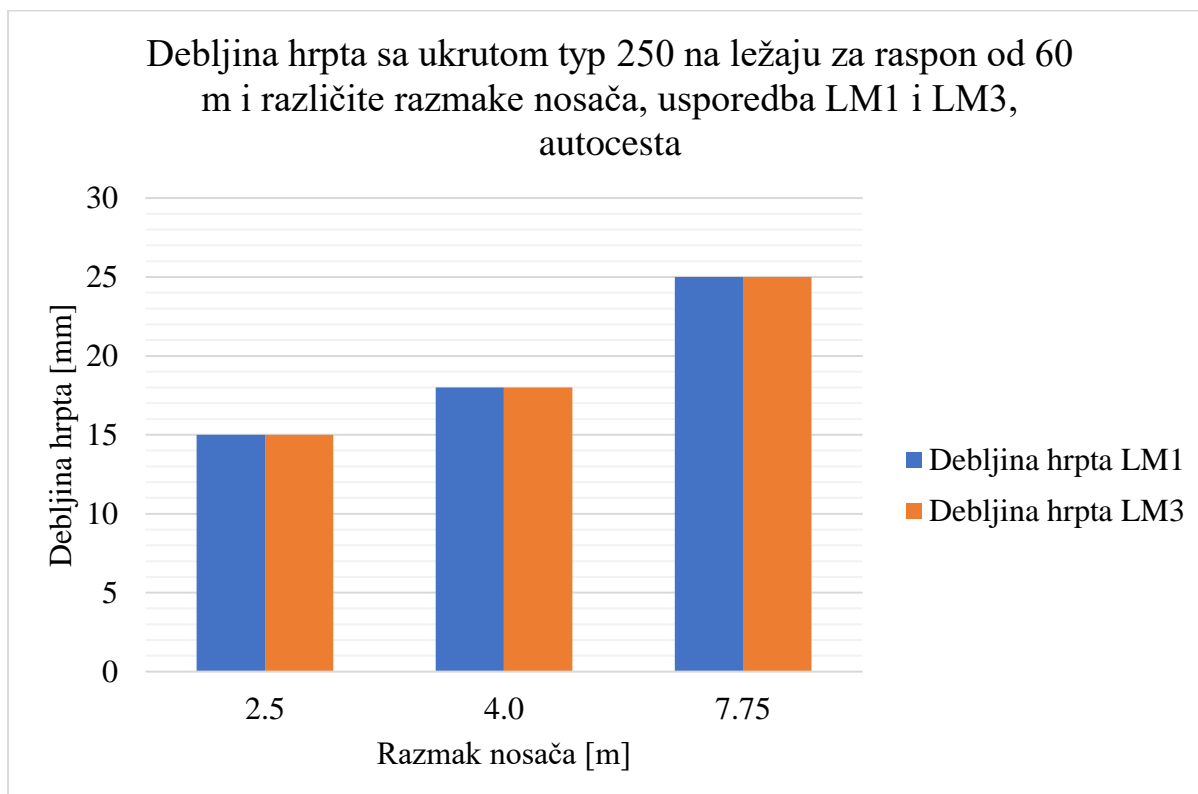


**Slika 88.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 40 m, autocesta



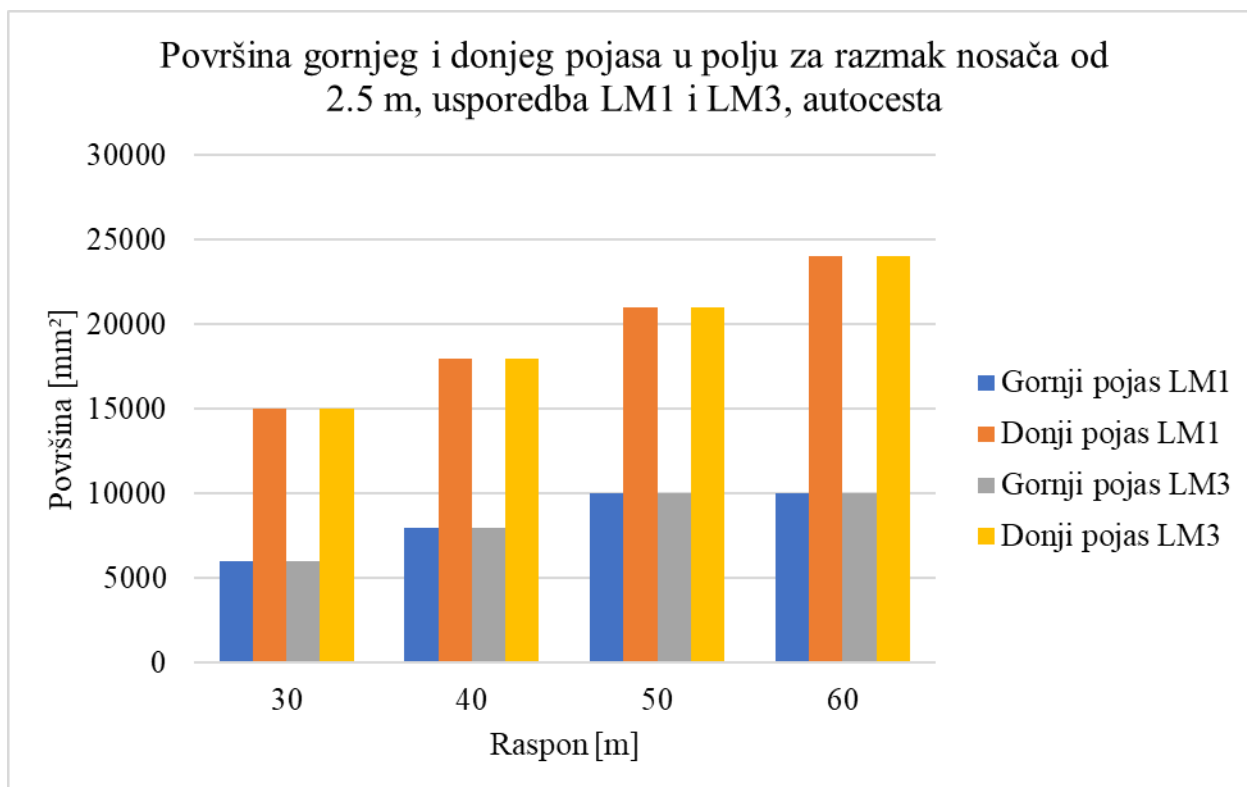
**Slika 89.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 50 m, autocesta



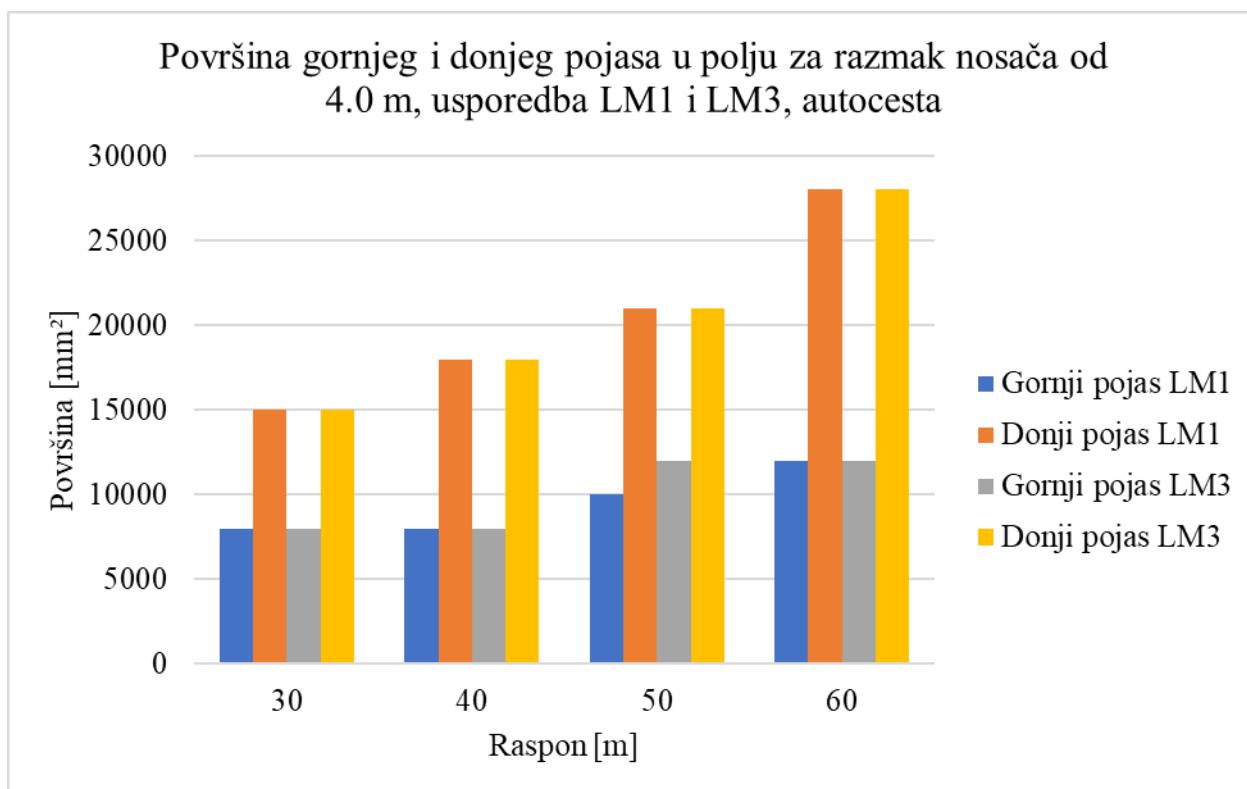


*Slika 90. Debljina hrpta na ležaju za raspon od 60 m, autocesta*

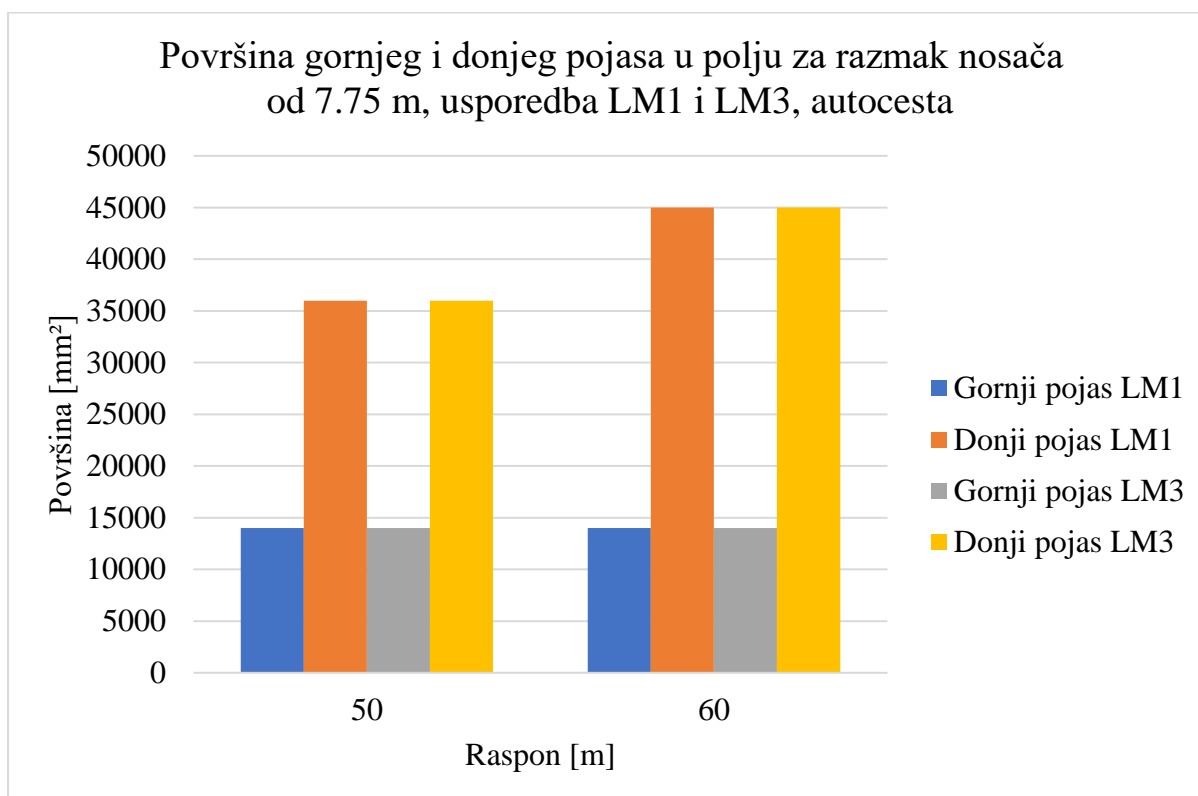
## 10.2 USPOREDBA DIMENZIJA NOSAČA U POLJU ZA AUTOCESTU



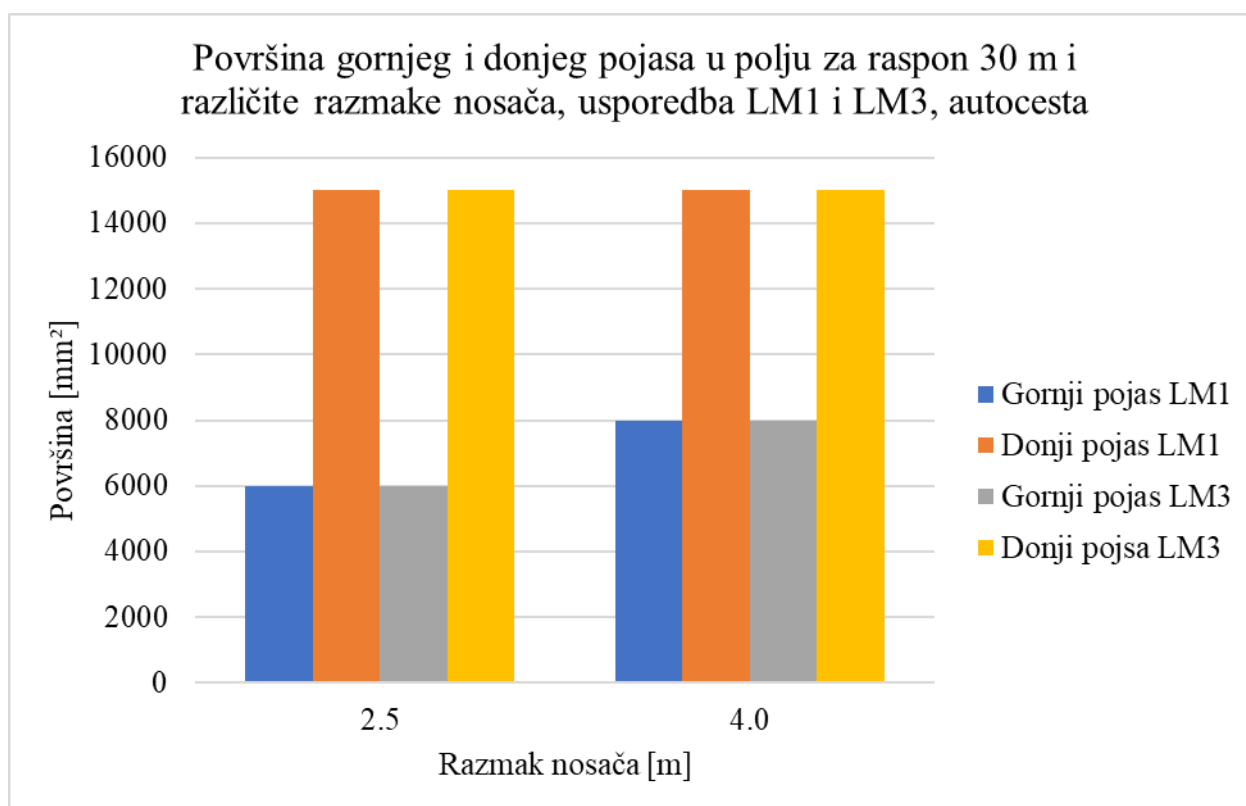
Slika 91. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta



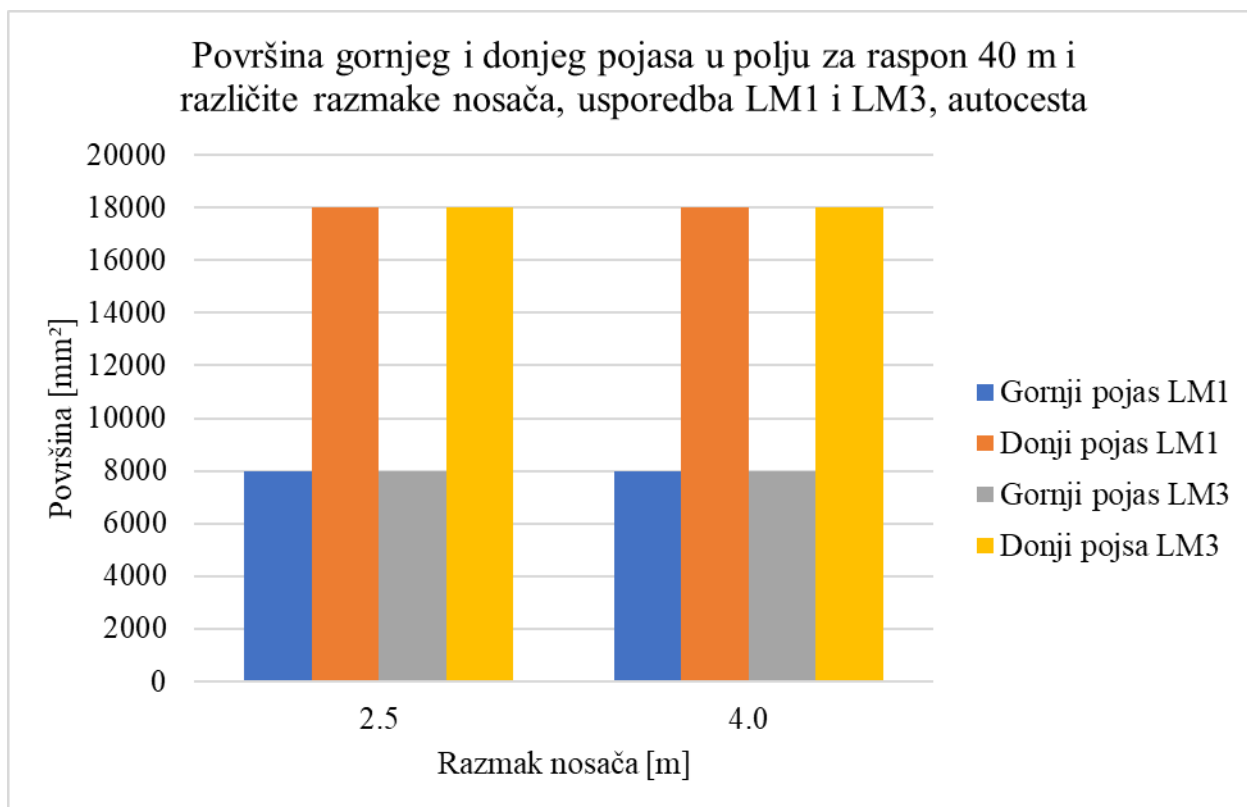
Slika 92. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta



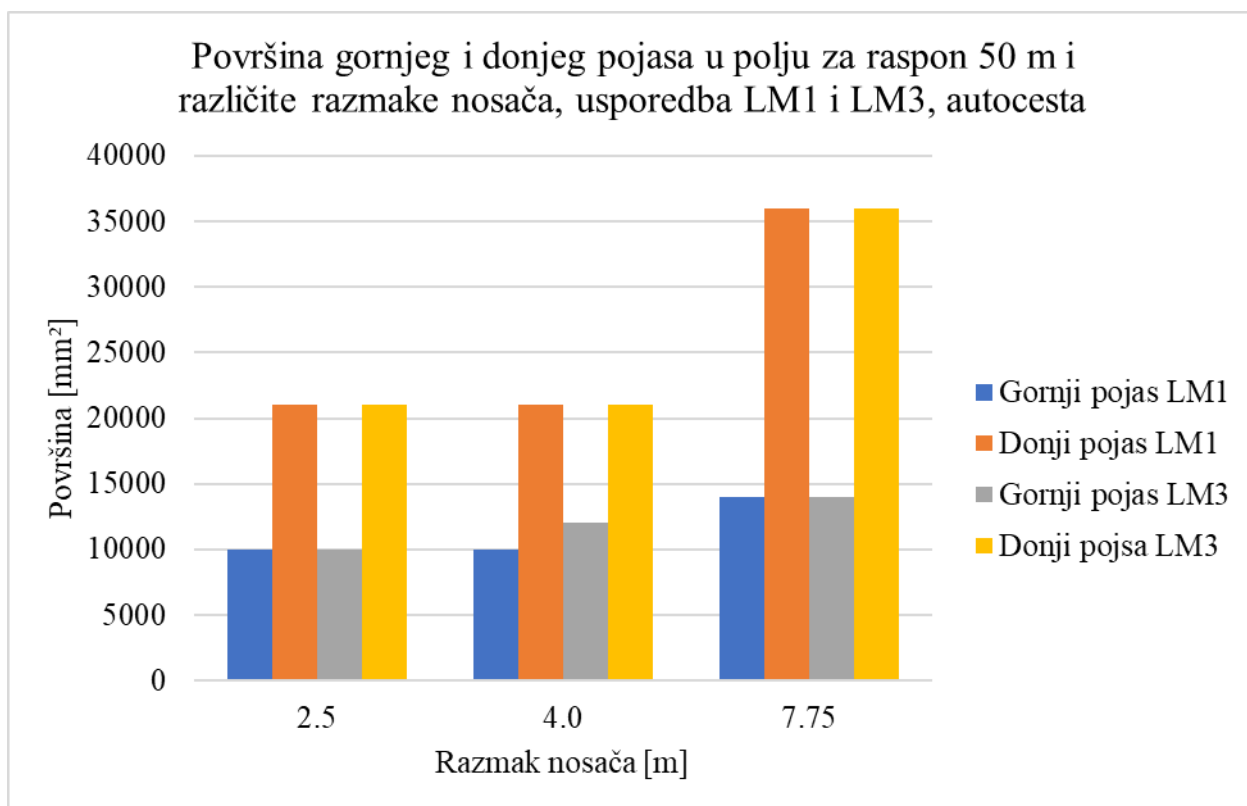
**Slika 93.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta



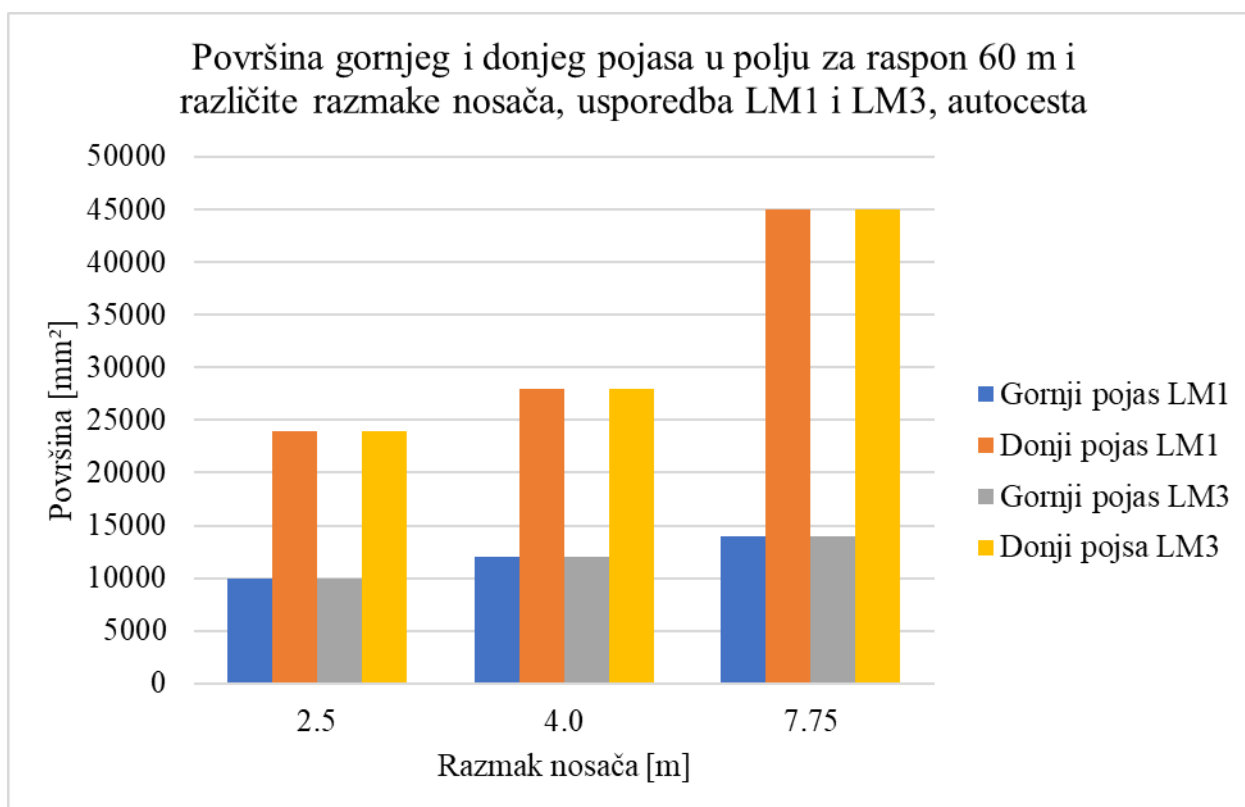
**Slika 94.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 30 m, autocesta



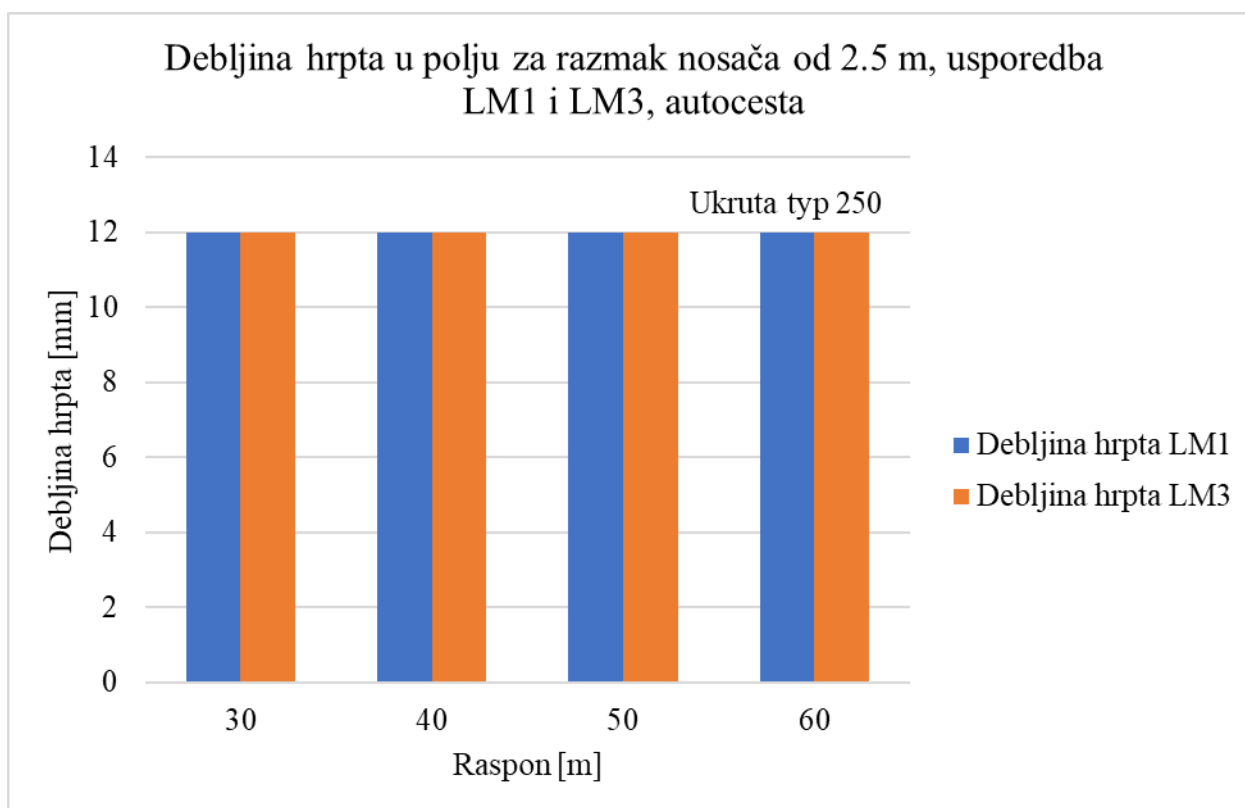
**Slika 95.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 40 m, autocesta



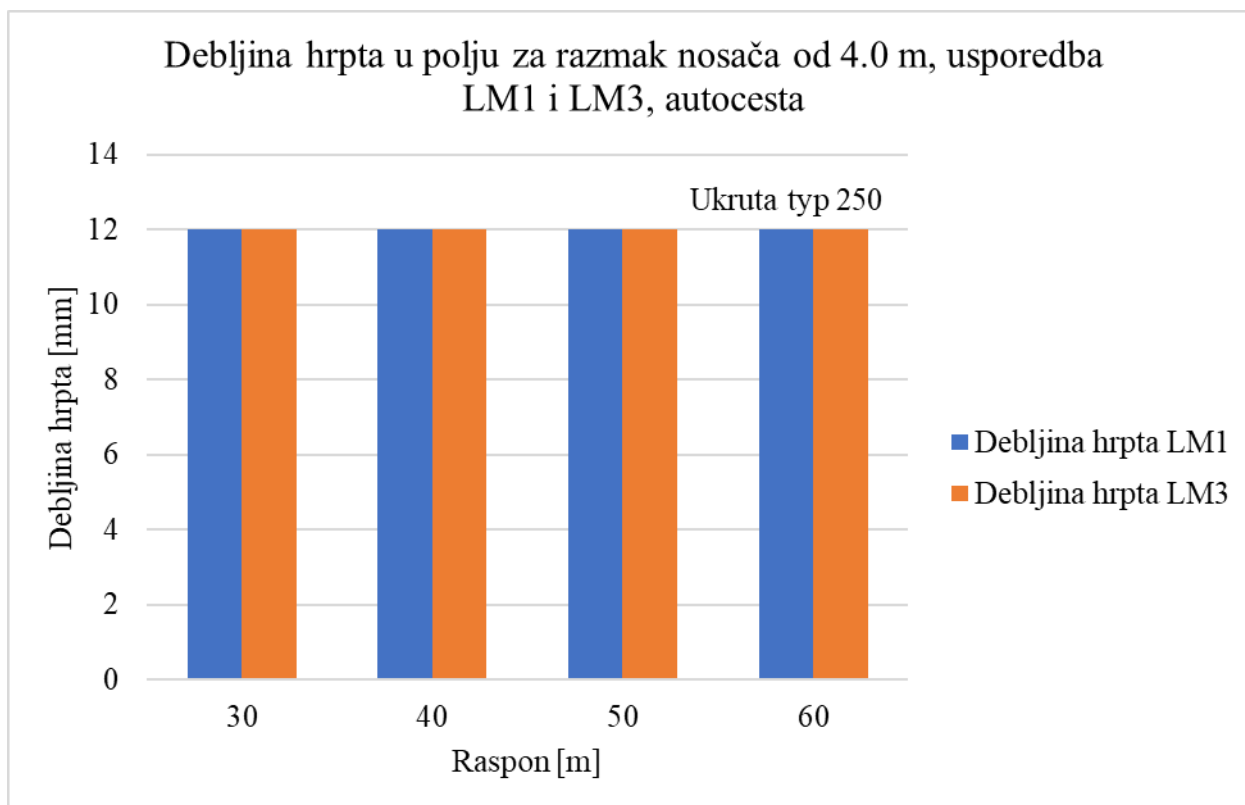
**Slika 96.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, autocesta



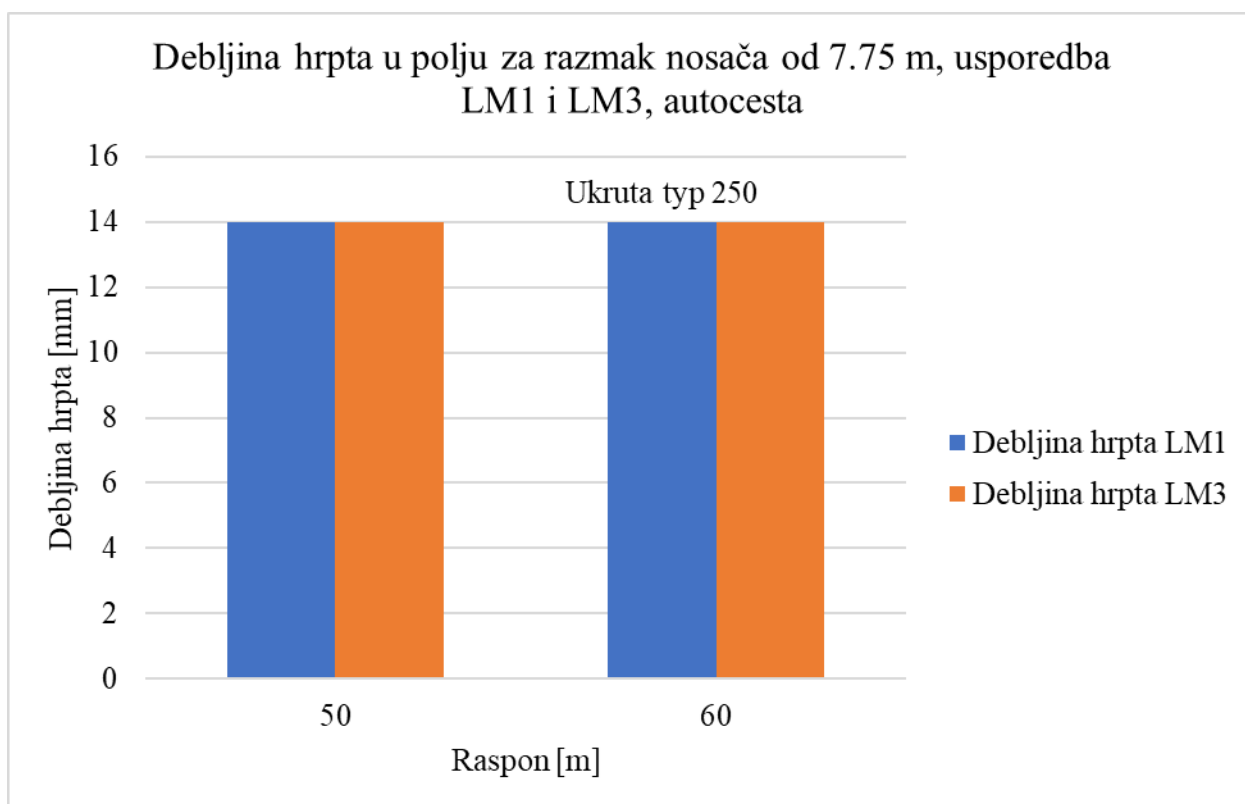
Slika 97. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, autocesta



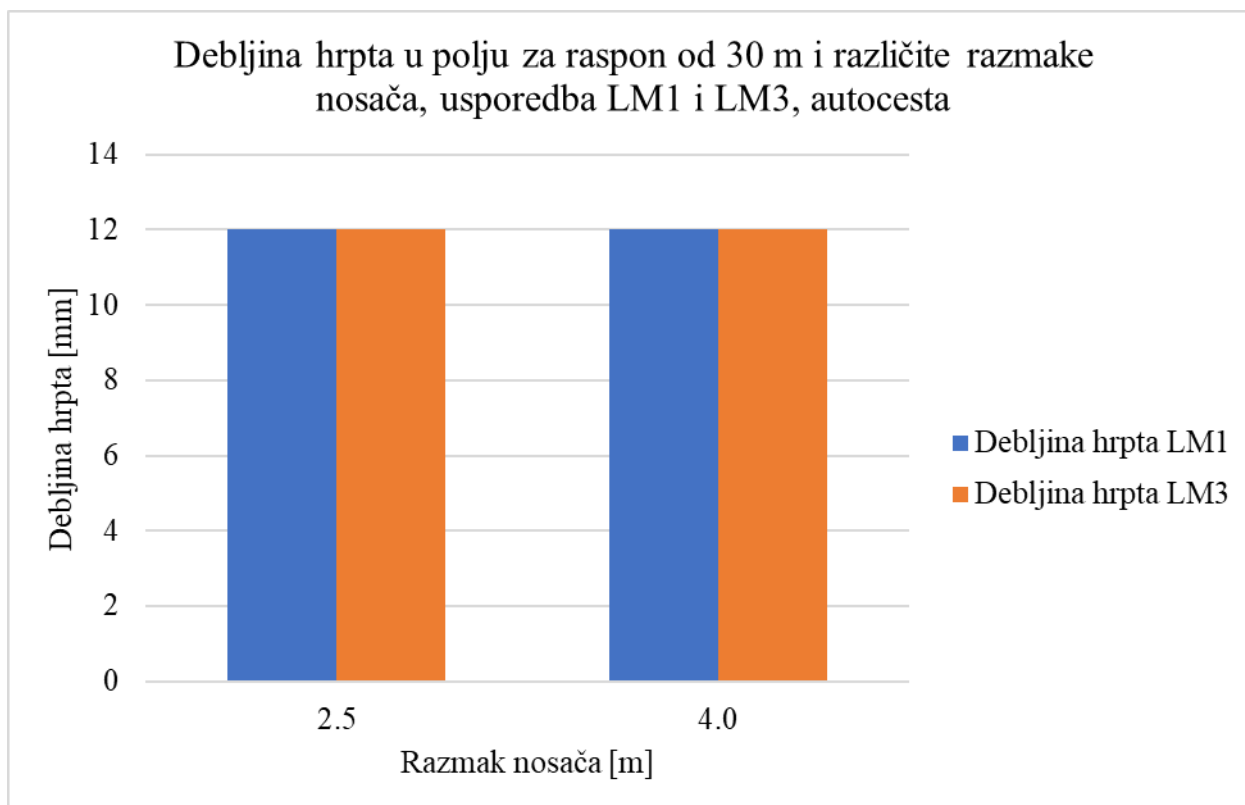
Slika 98. Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta



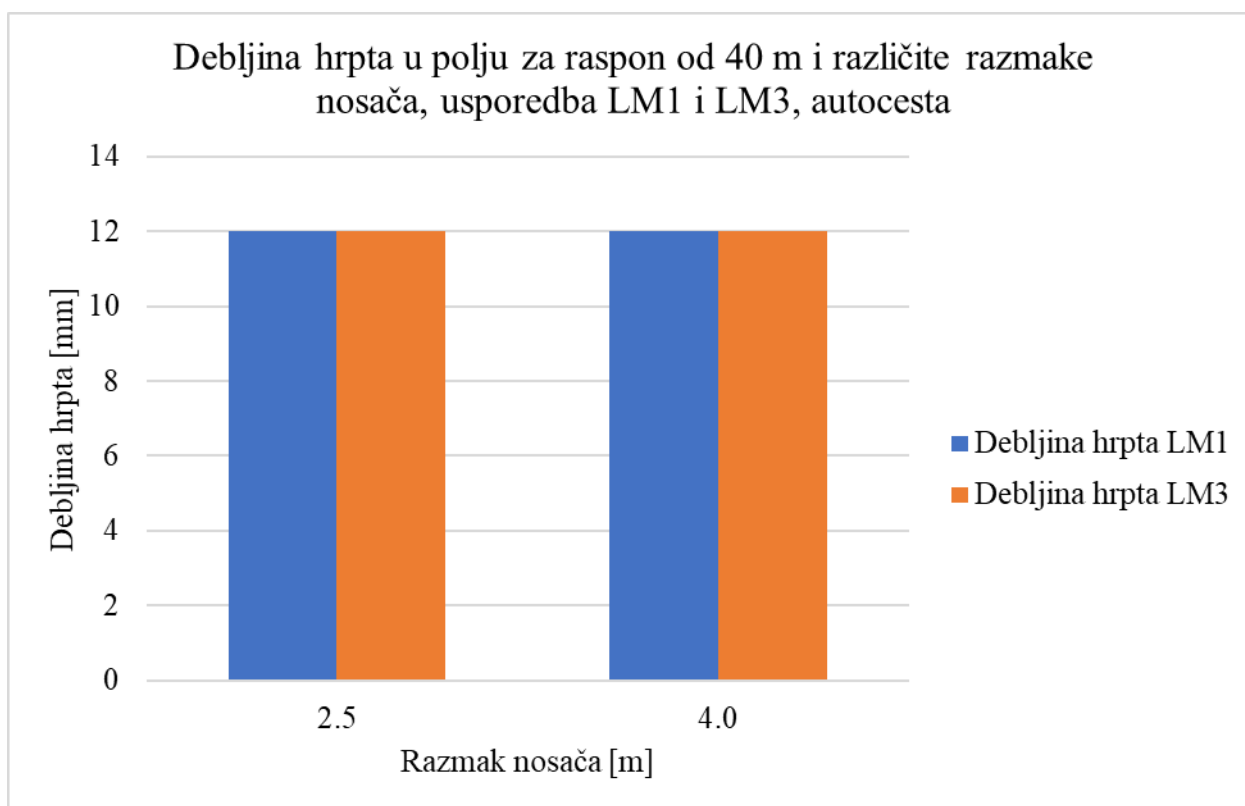
**Slika 99.** Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta



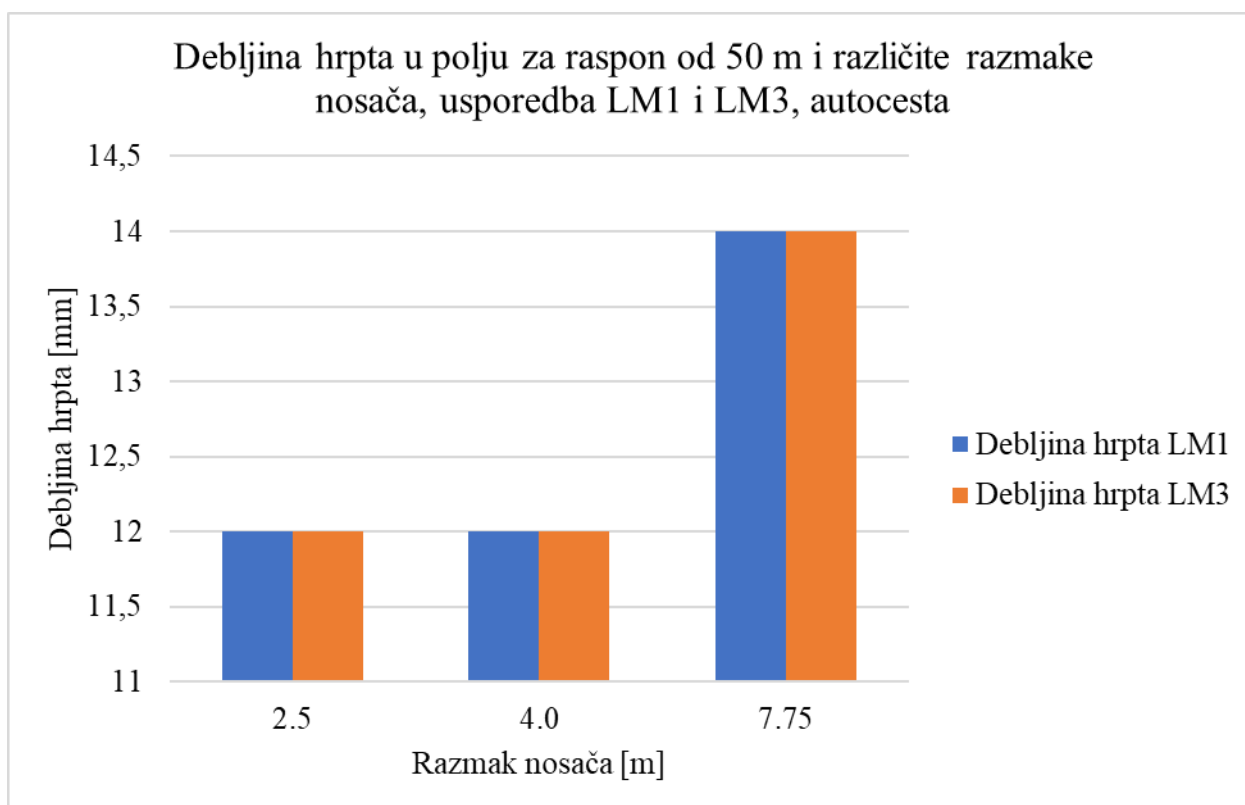
**Slika 100.** Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta



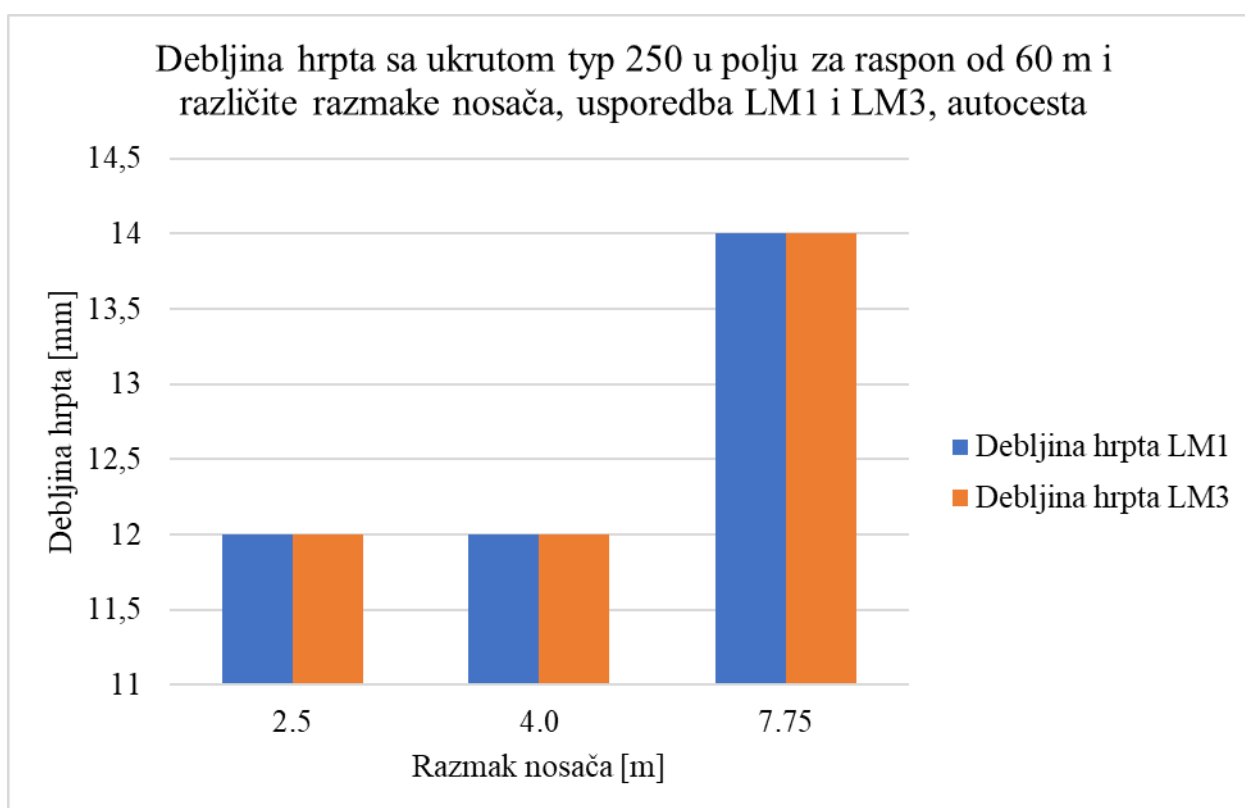
**Slika 101.** Debljina hrpta u polju za raspon od 30 m, autocesta



**Slika 102.** Debljina hrpta u polju za raspon od 40 m, autocesta



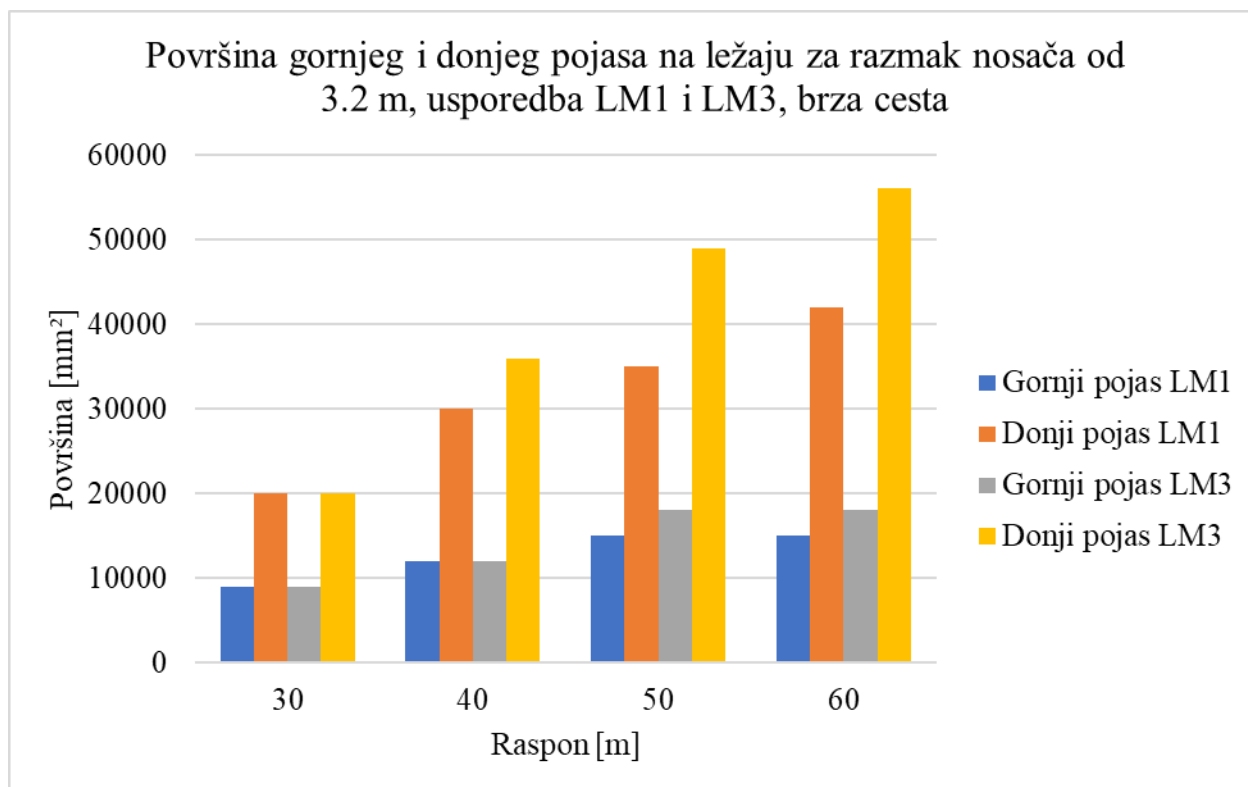
**Slika 103.** Debljina hrpta u polju za raspon od 50 m, autocesta



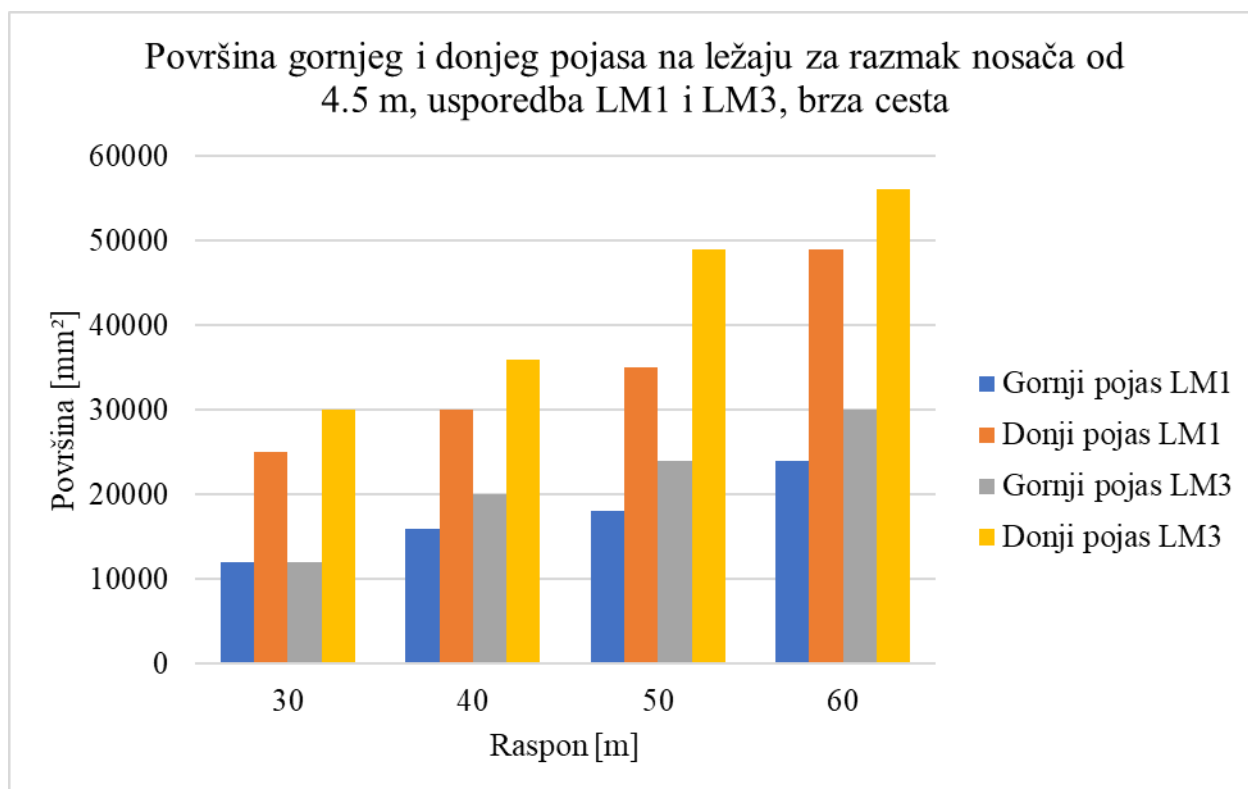
**Slika 104.** Debljina hrpta u polju za raspon od 60 m, autocesta



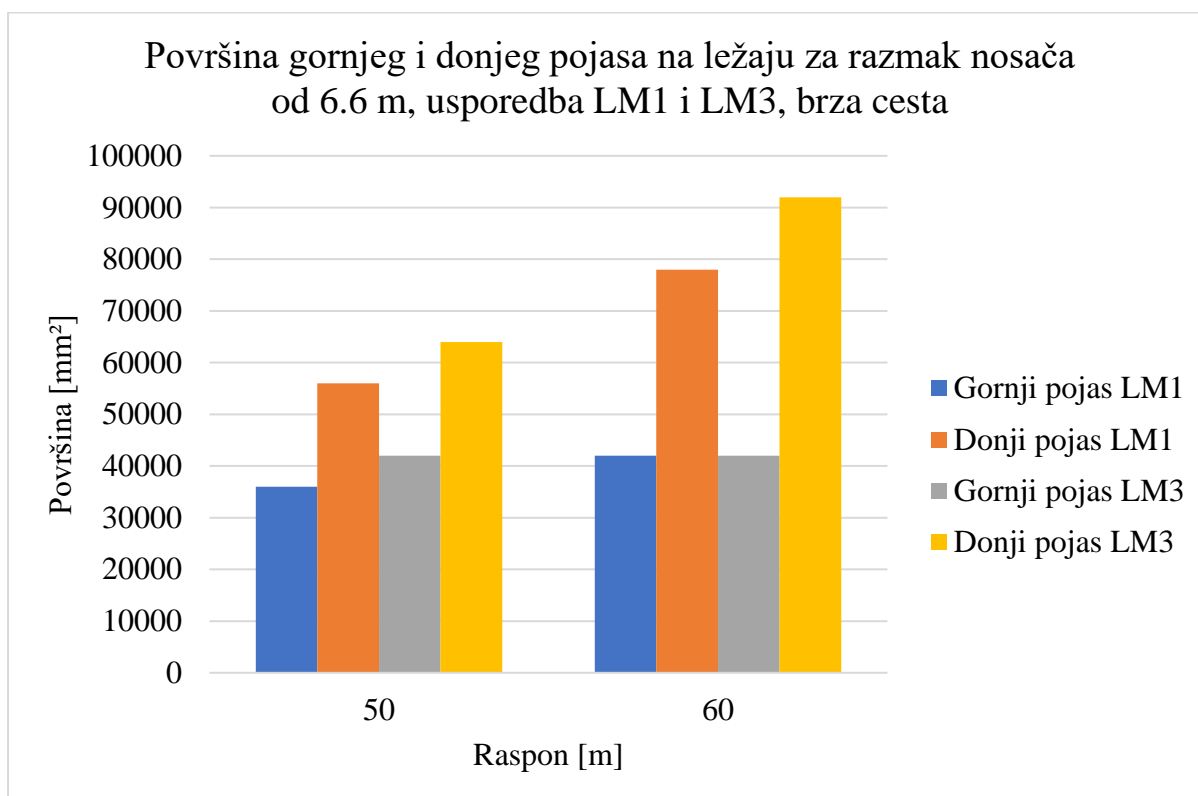
## 10.3 USPOREDBA DIMENZIJA NOSAČA NA LEŽAJU ZA BRZU CESTU



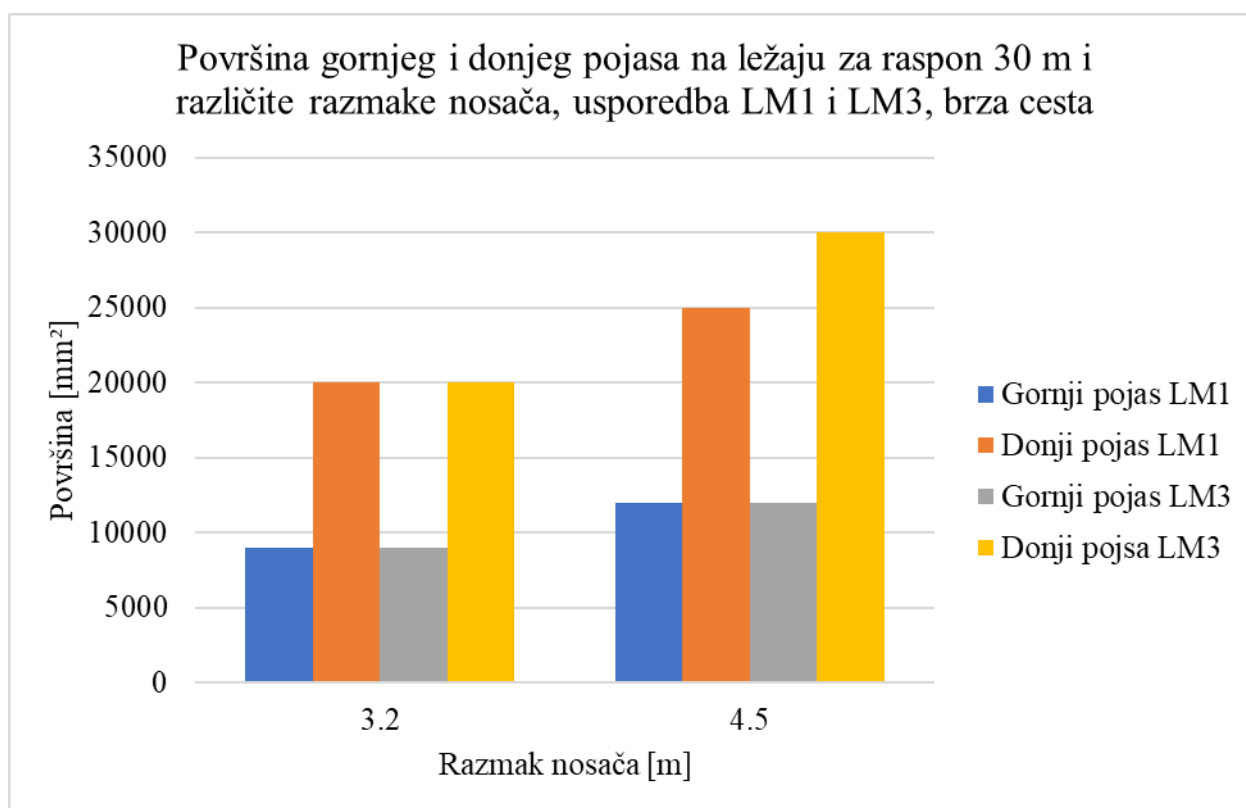
Slika 105. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta



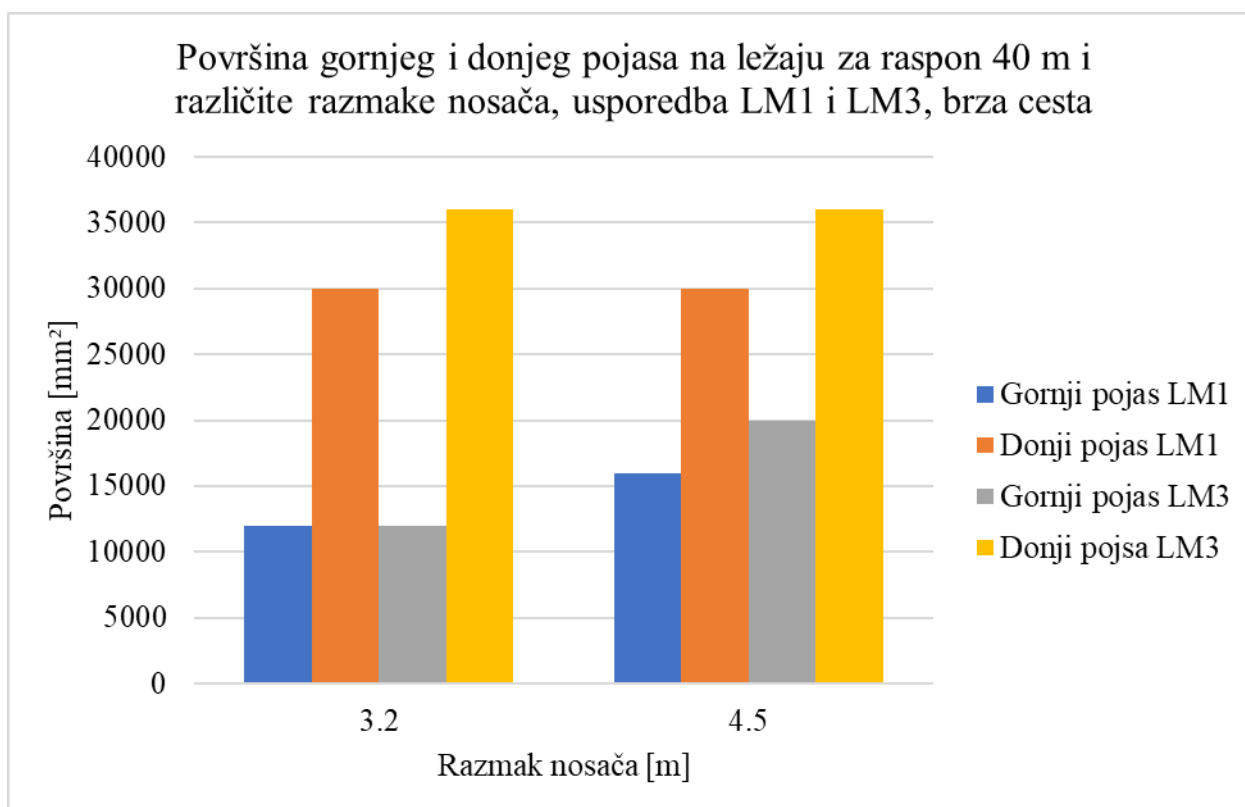
Slika 106. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta



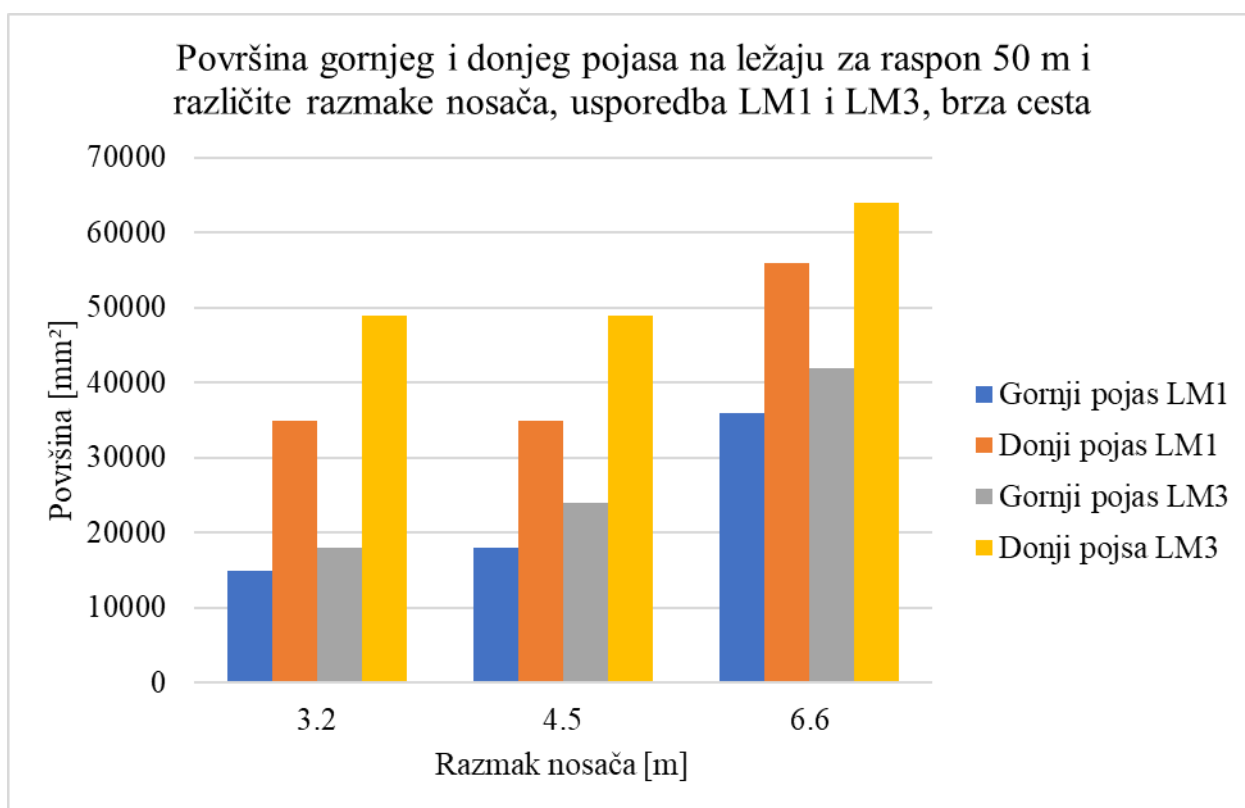
Slika 107. Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta



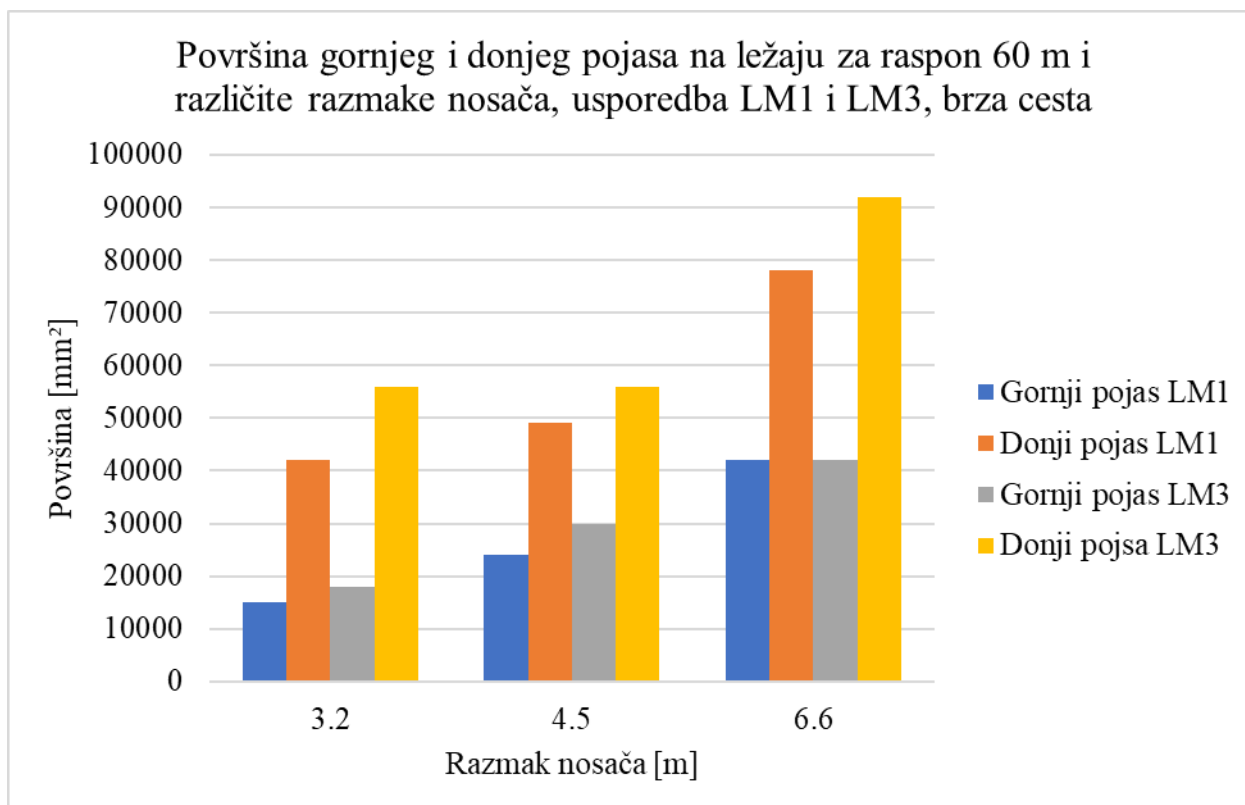
Slika 108. Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 30 m, brza cesta



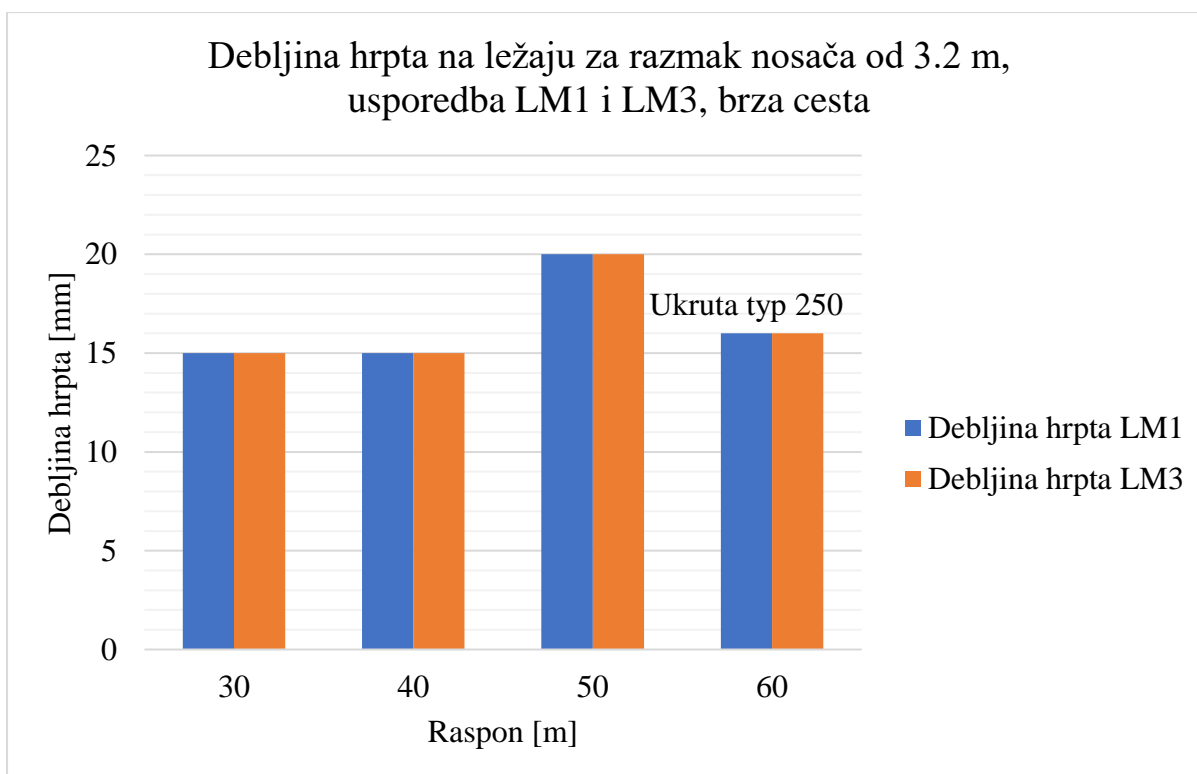
**Slika 109.** Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 40 m, brza cesta



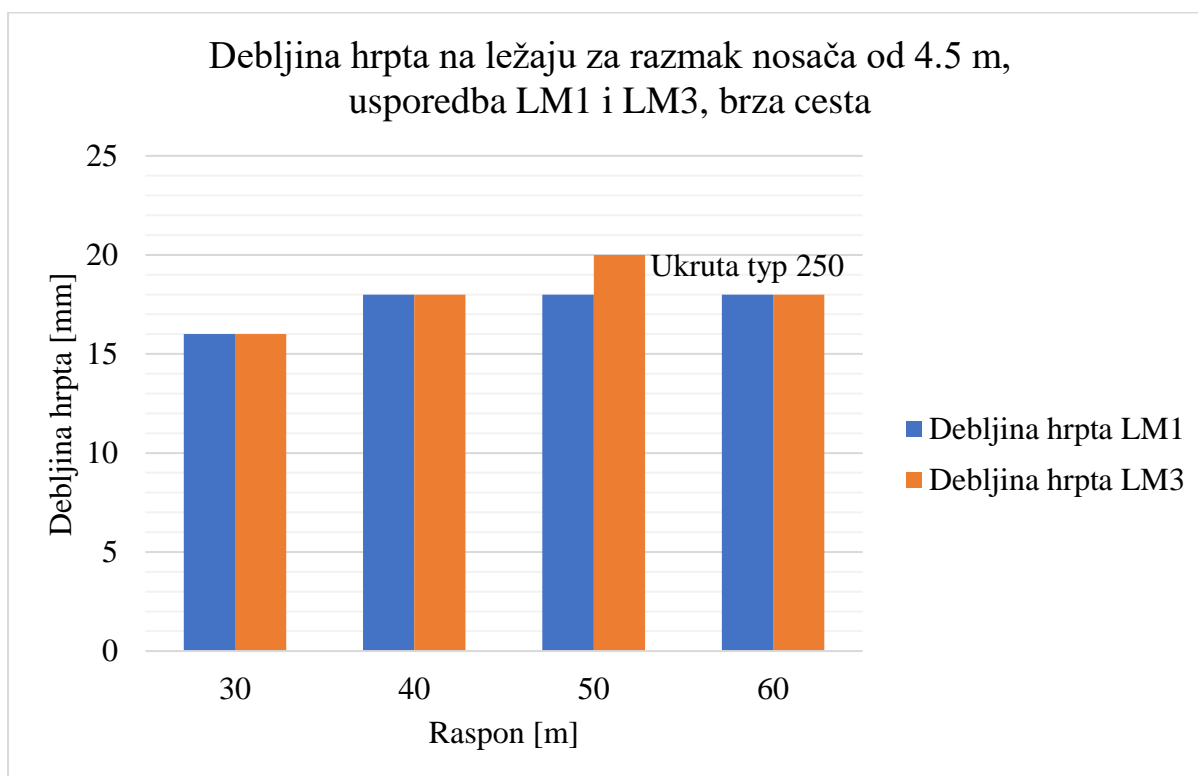
**Slika 110.** Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 50 m, brza cesta



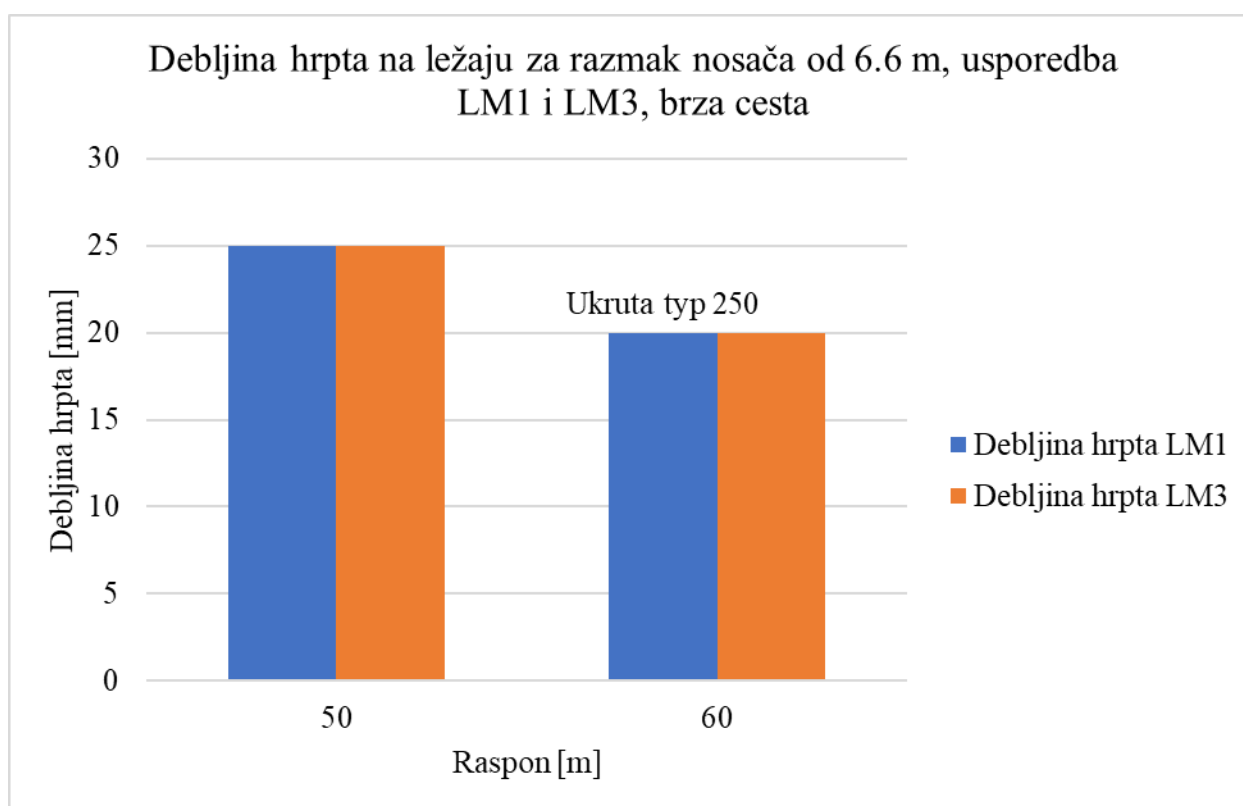
Slika 111. Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 60 m, brza cesta



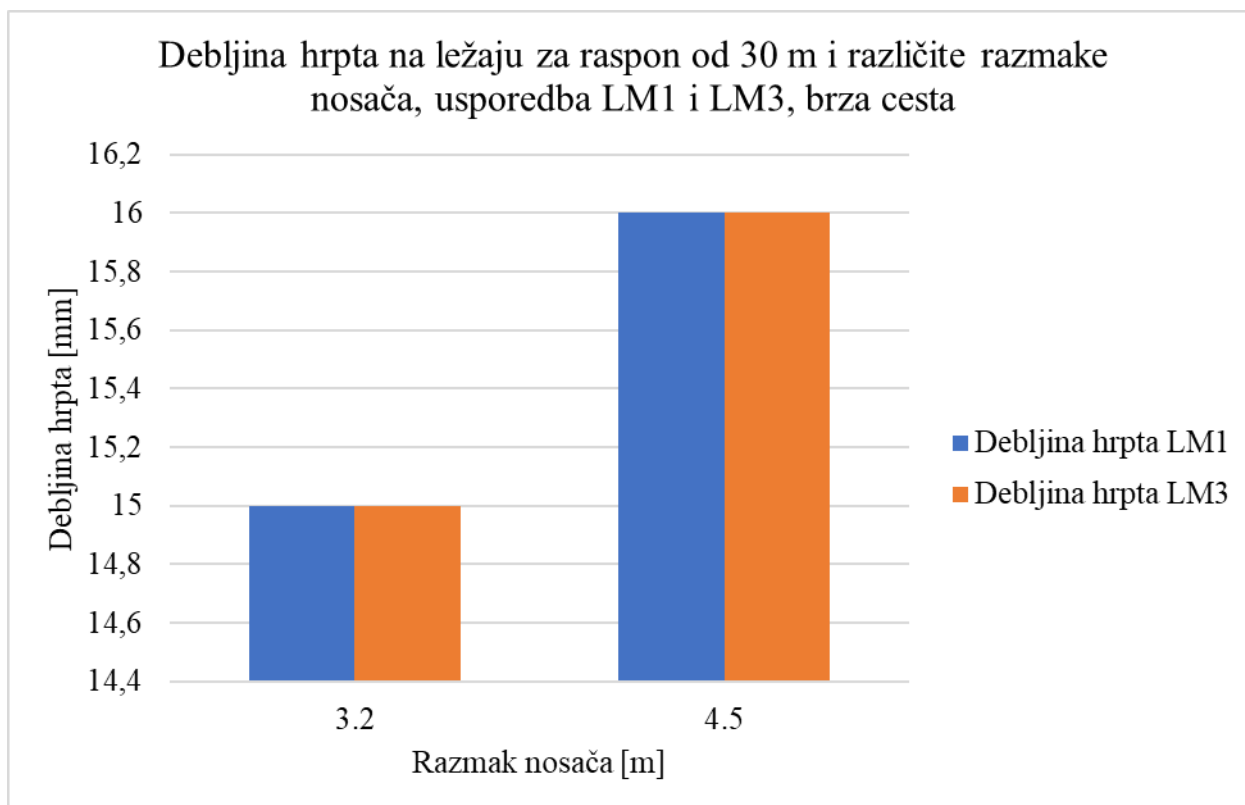
Slika 112. Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta



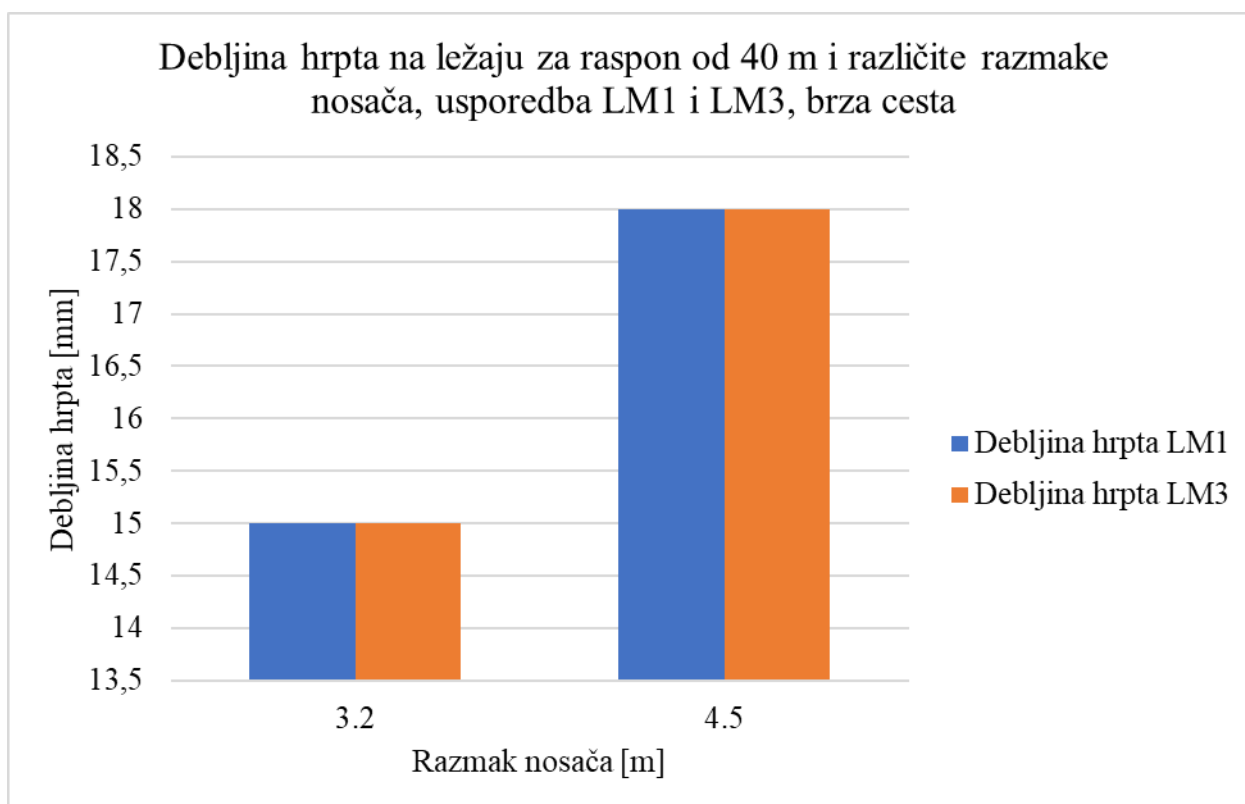
Slika 113. Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta



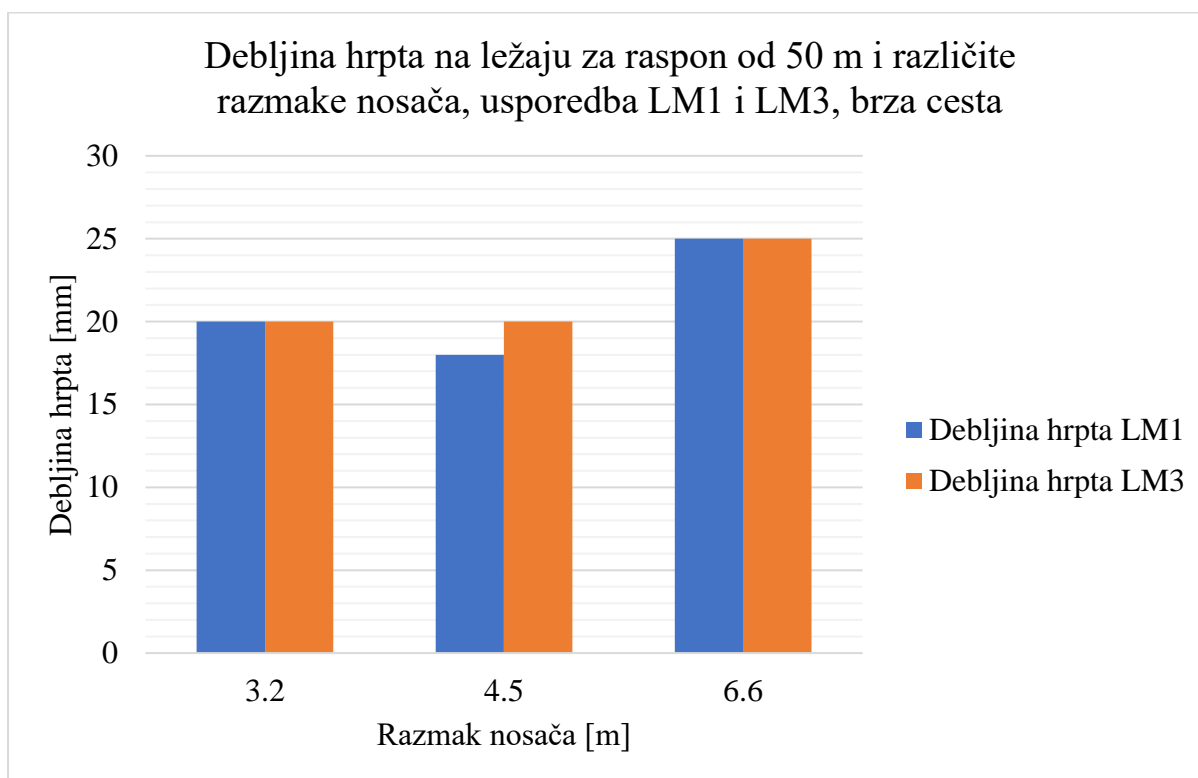
Slika 114. Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta



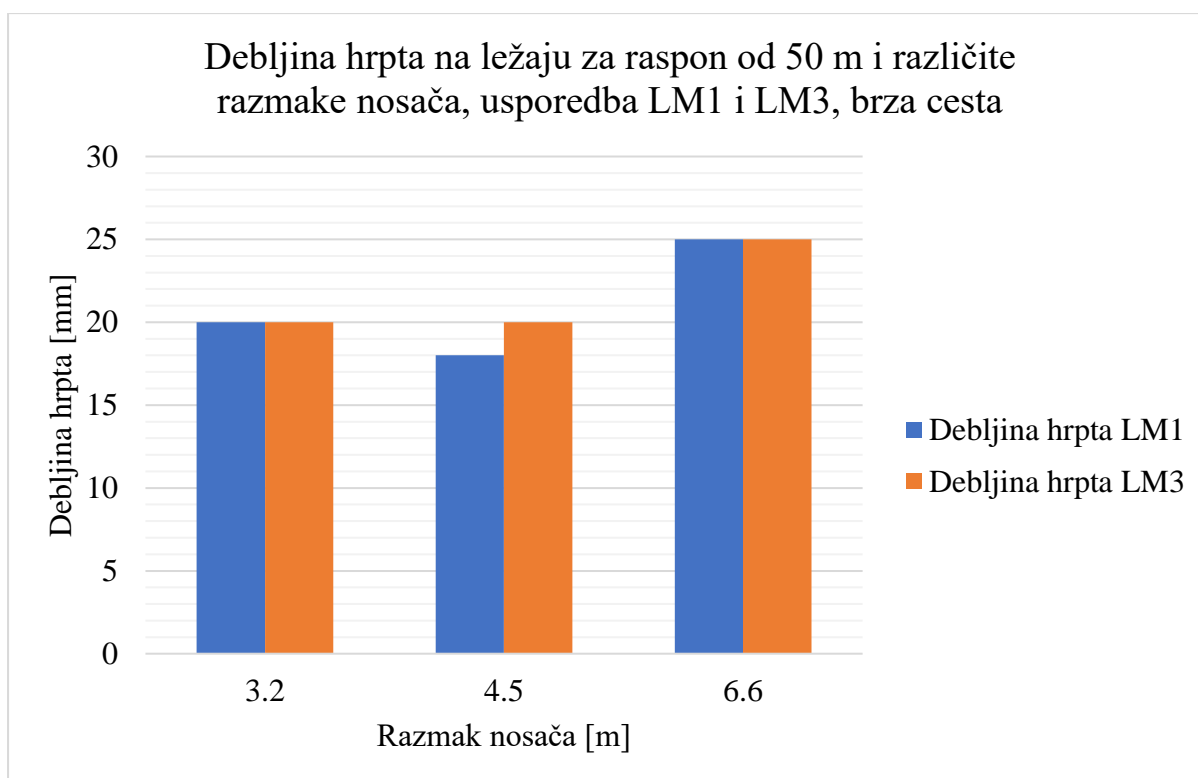
**Slika 115.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 30 m, brza cesta



**Slika 116.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 40 m, brza cesta

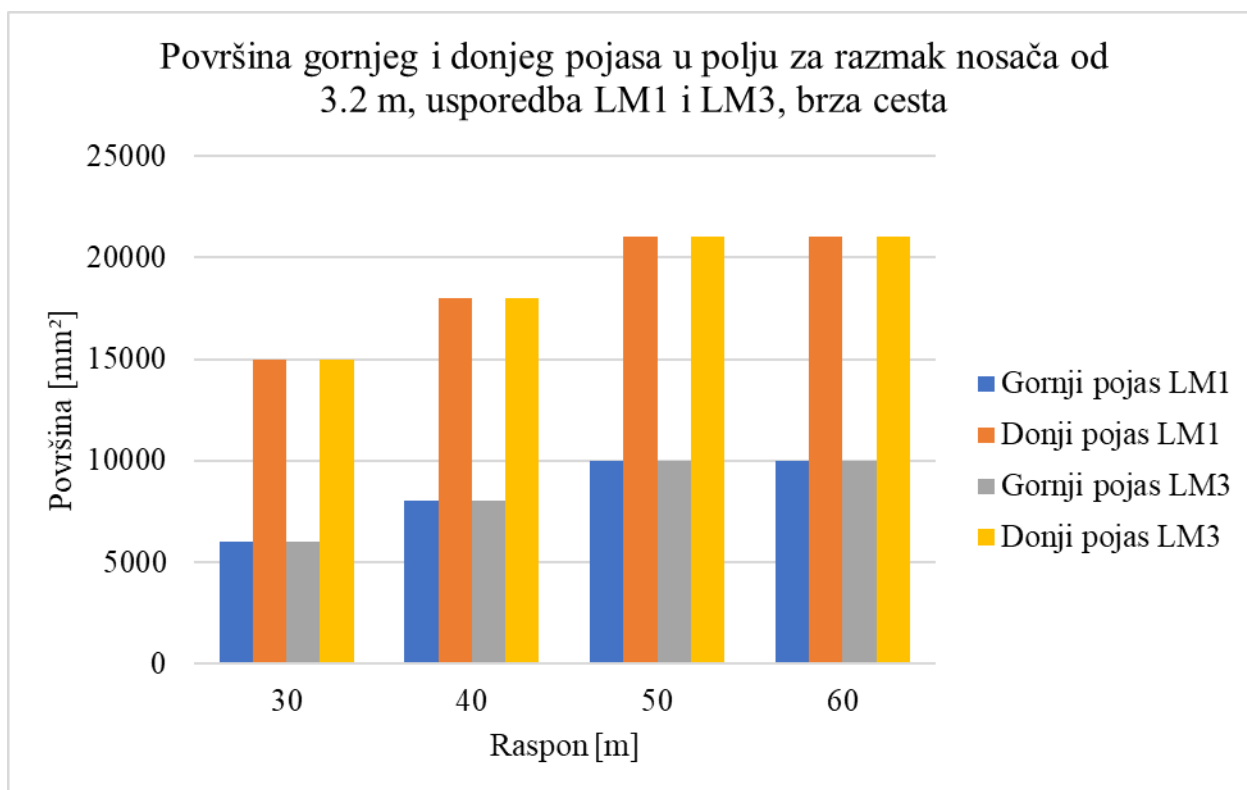


**Slika 117.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 50 m, brza cesta



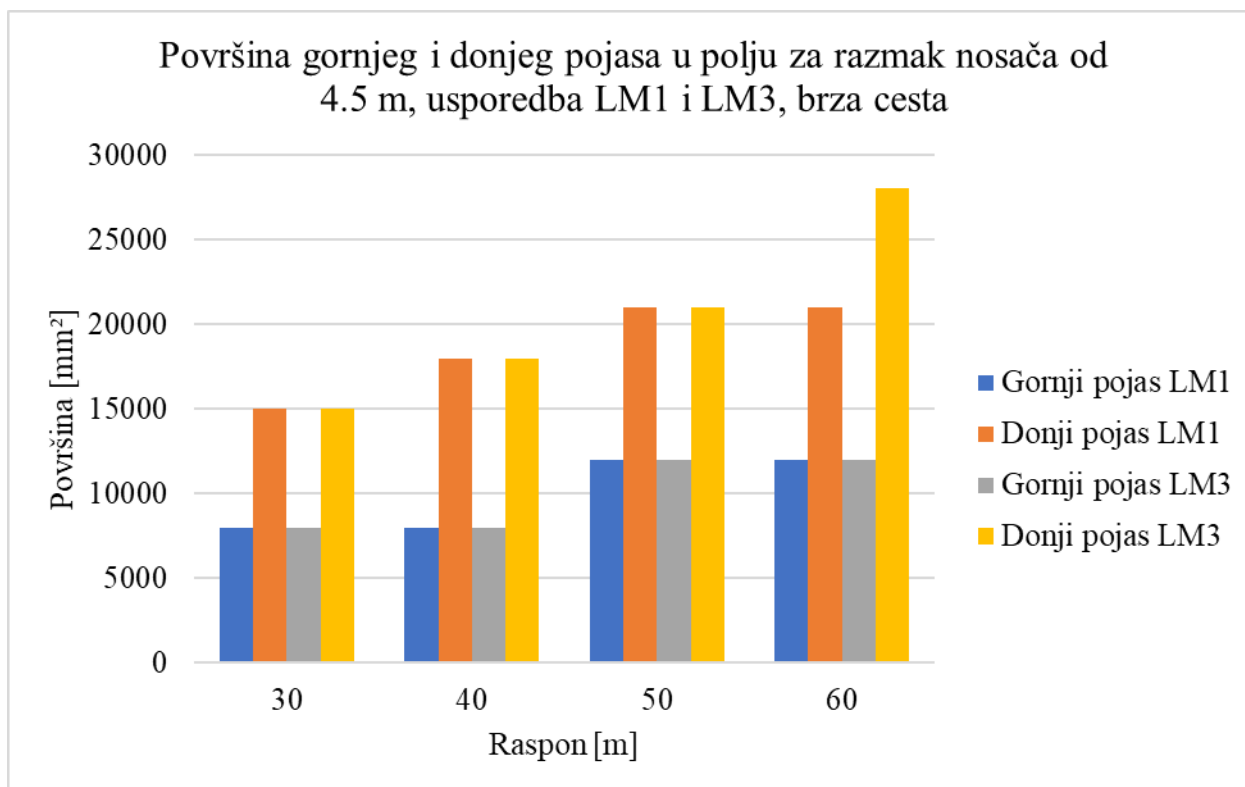
**Slika 118.** Debljina hrpta na ležaju za raspon od 60 m, brza cesta

## 10.4 USPOREDBA DIMENZIJA NOSAČA U POLJU ZA BRZU CESTU

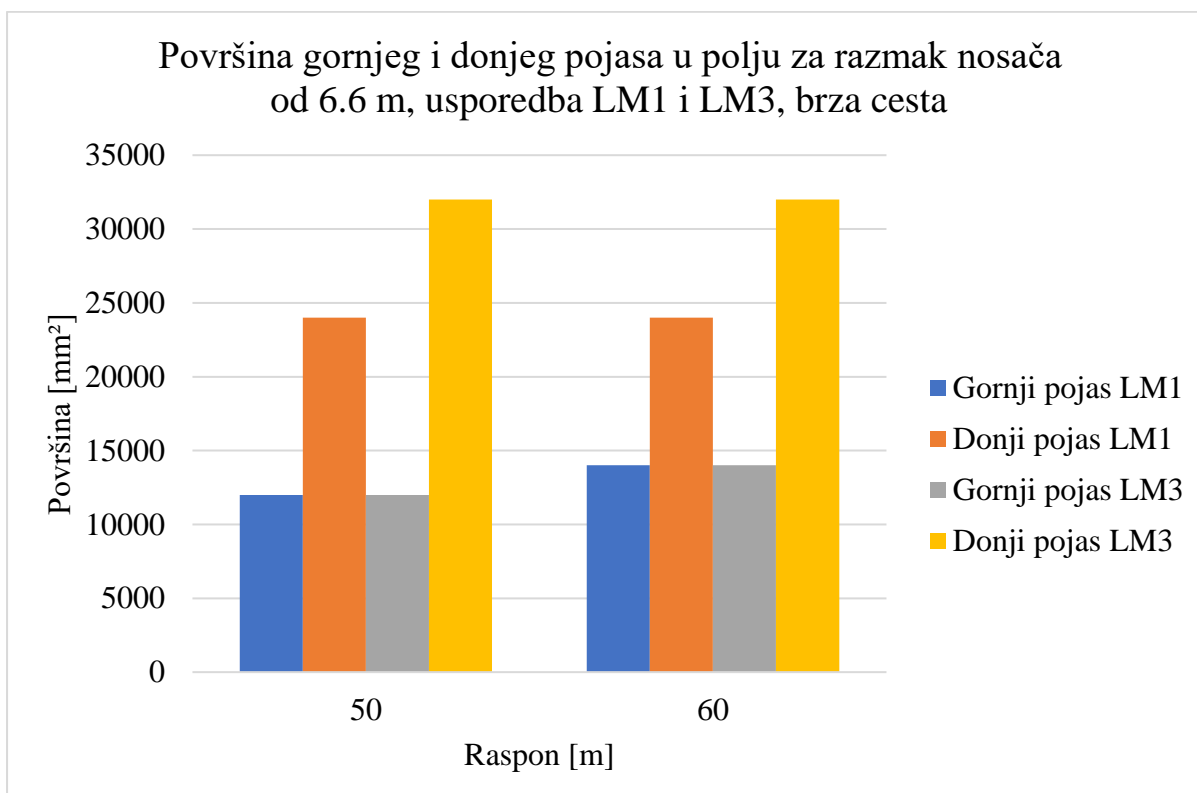


Slika 119. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta

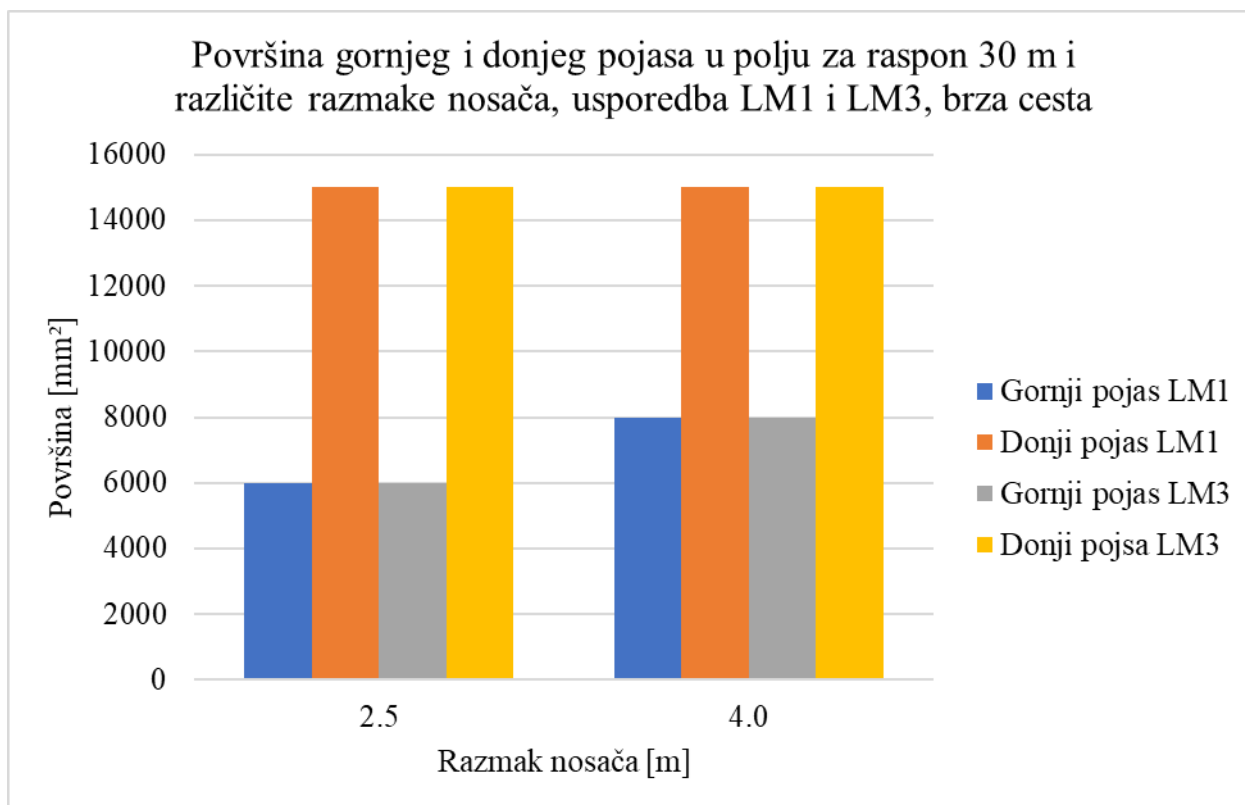




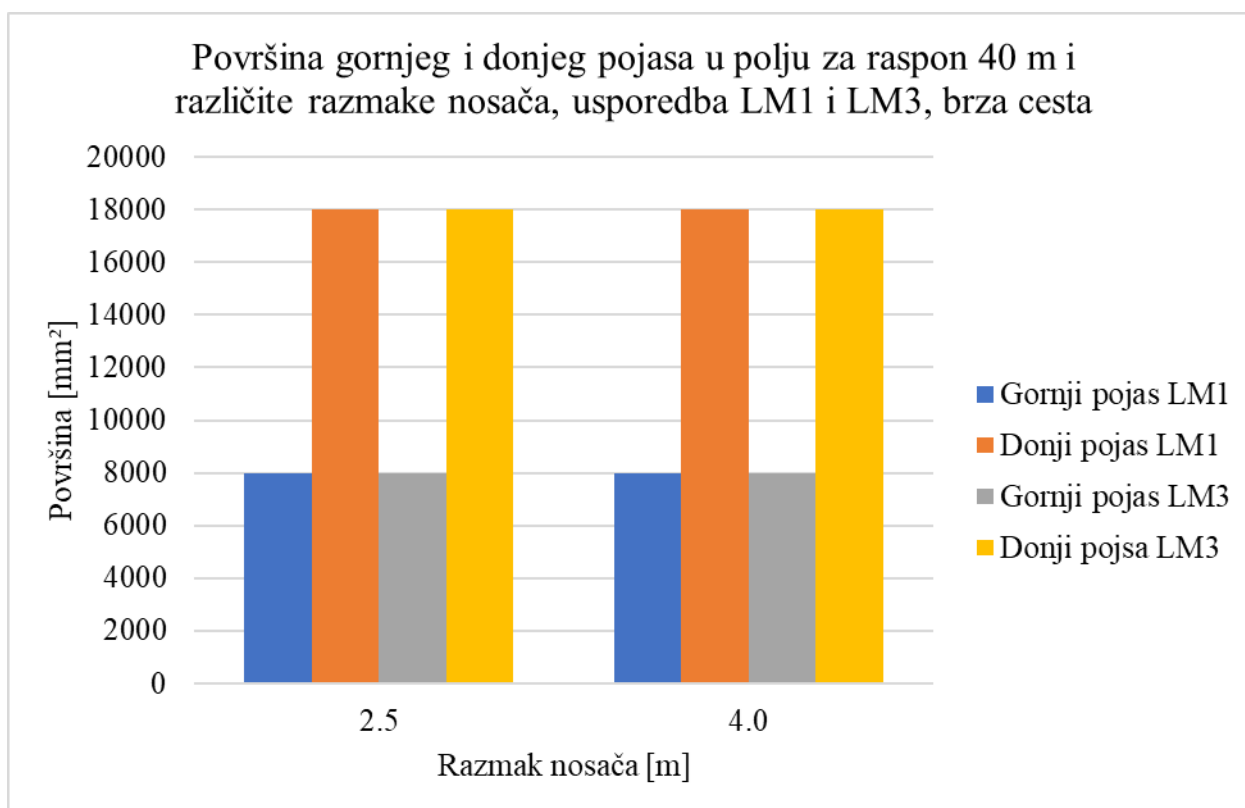
**Slika 120.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta



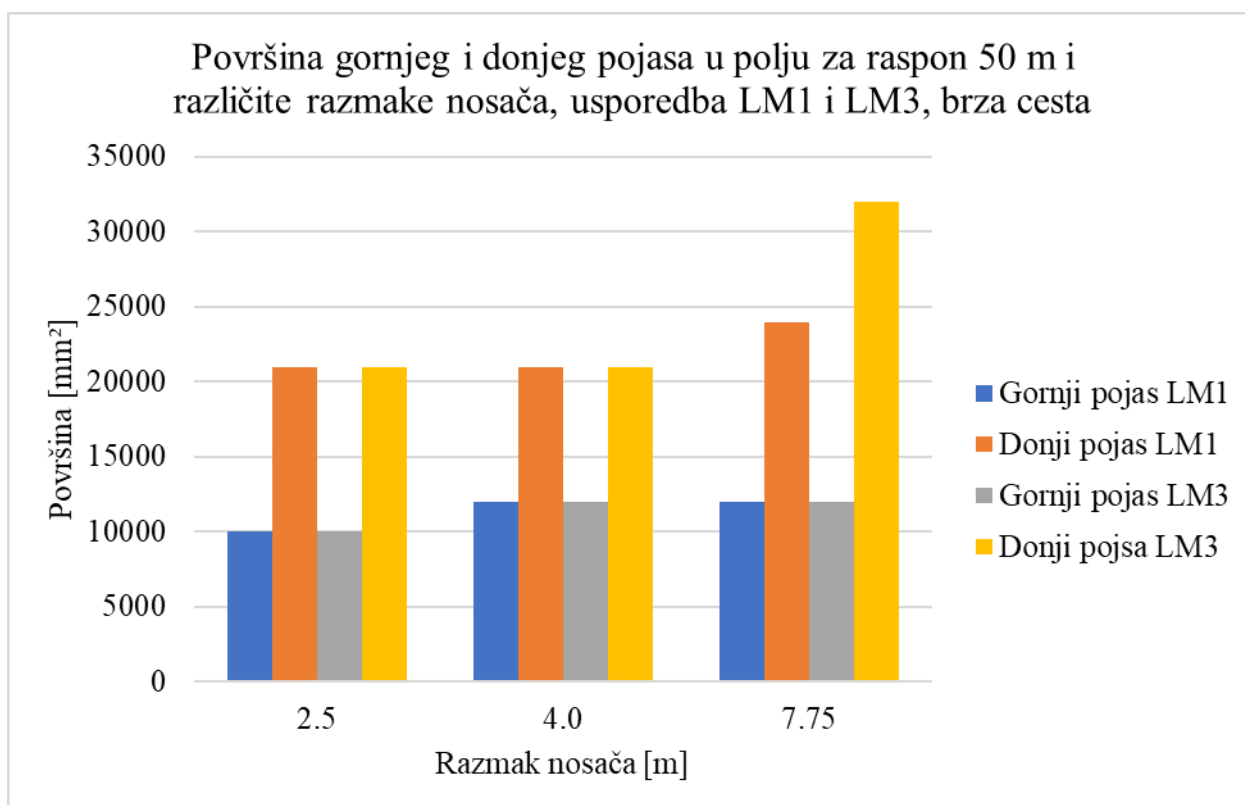
**Slika 121.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta



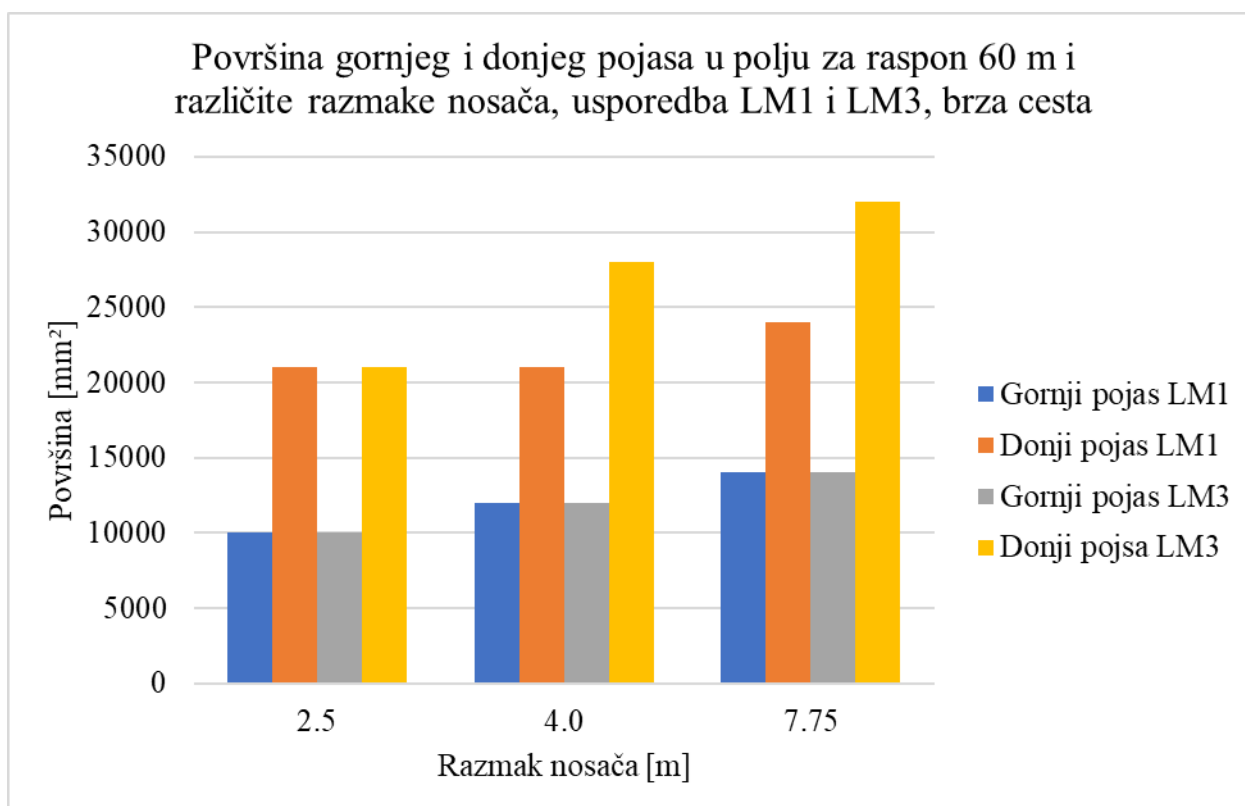
Slika 122. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 30 m, brza cesta



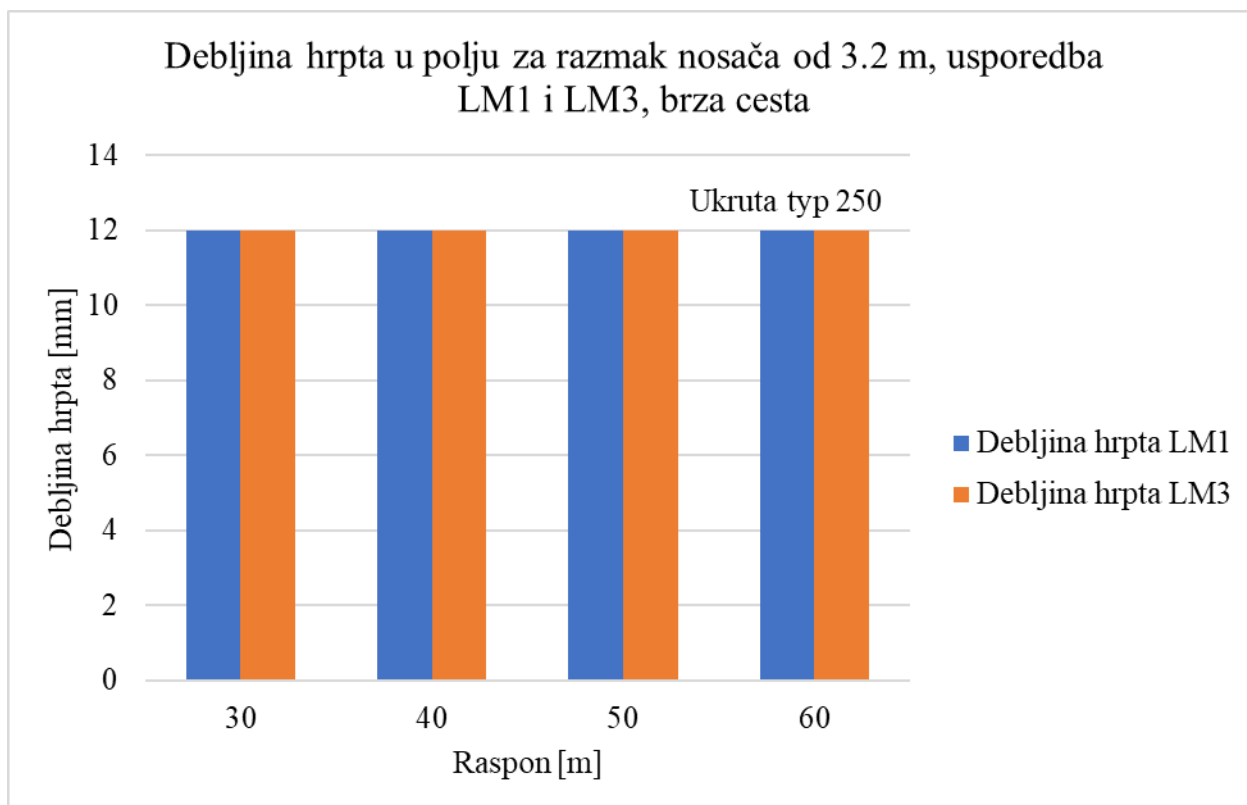
Slika 123. Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 40 m, brza cesta



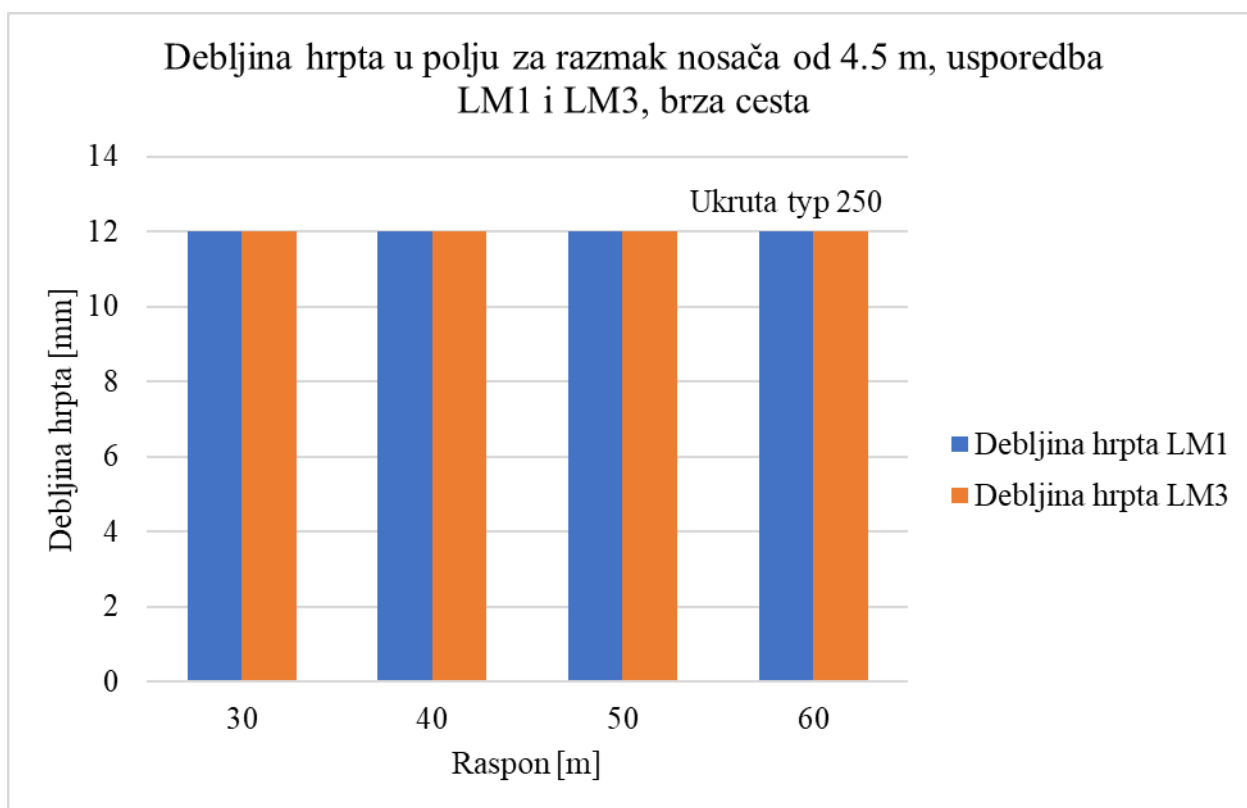
**Slika 124.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, brza cesta



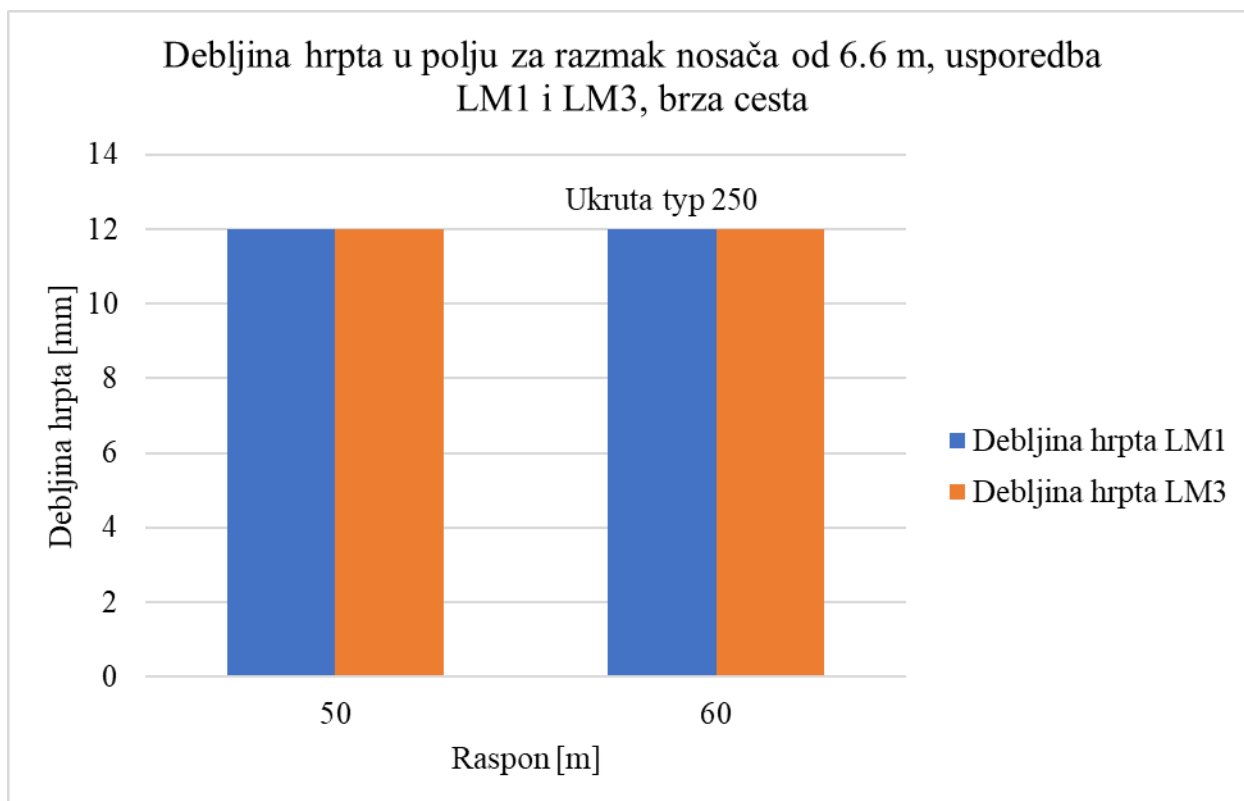
**Slika 125.** Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 60 m, brza cesta



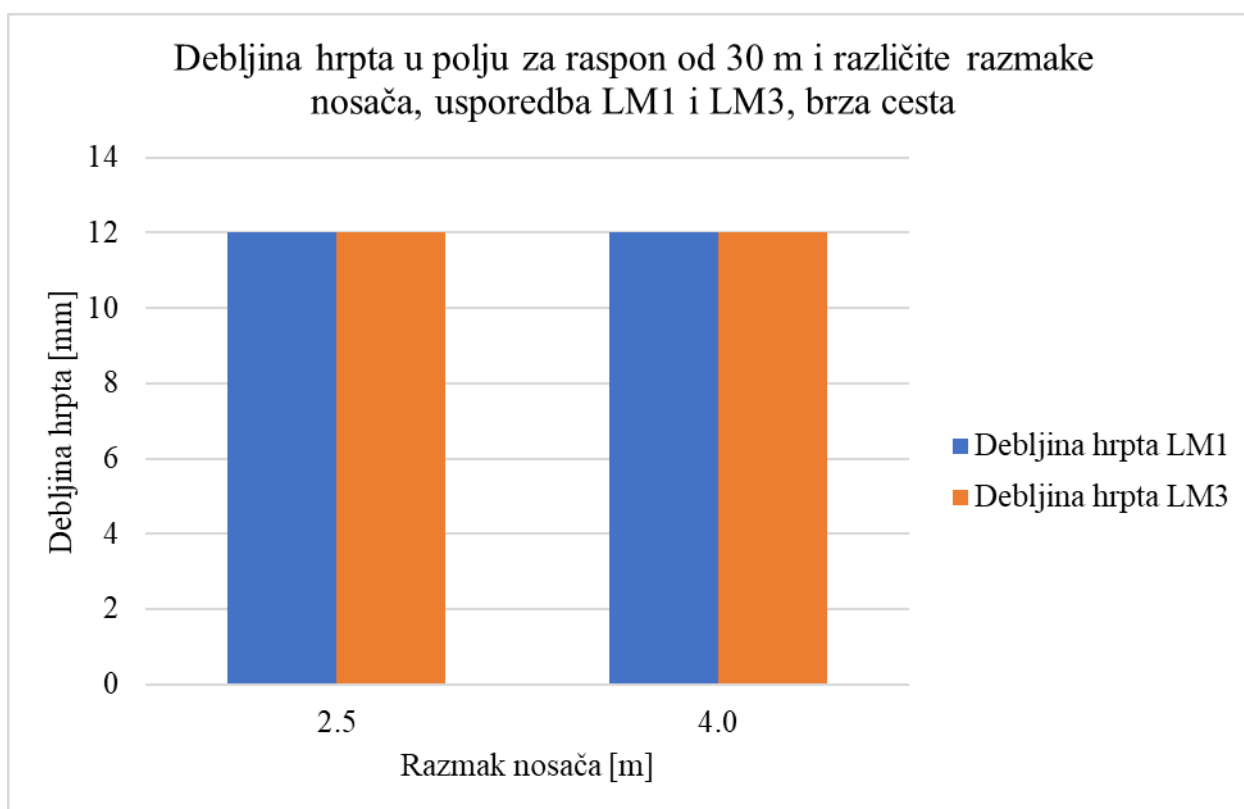
Slika 126. Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta



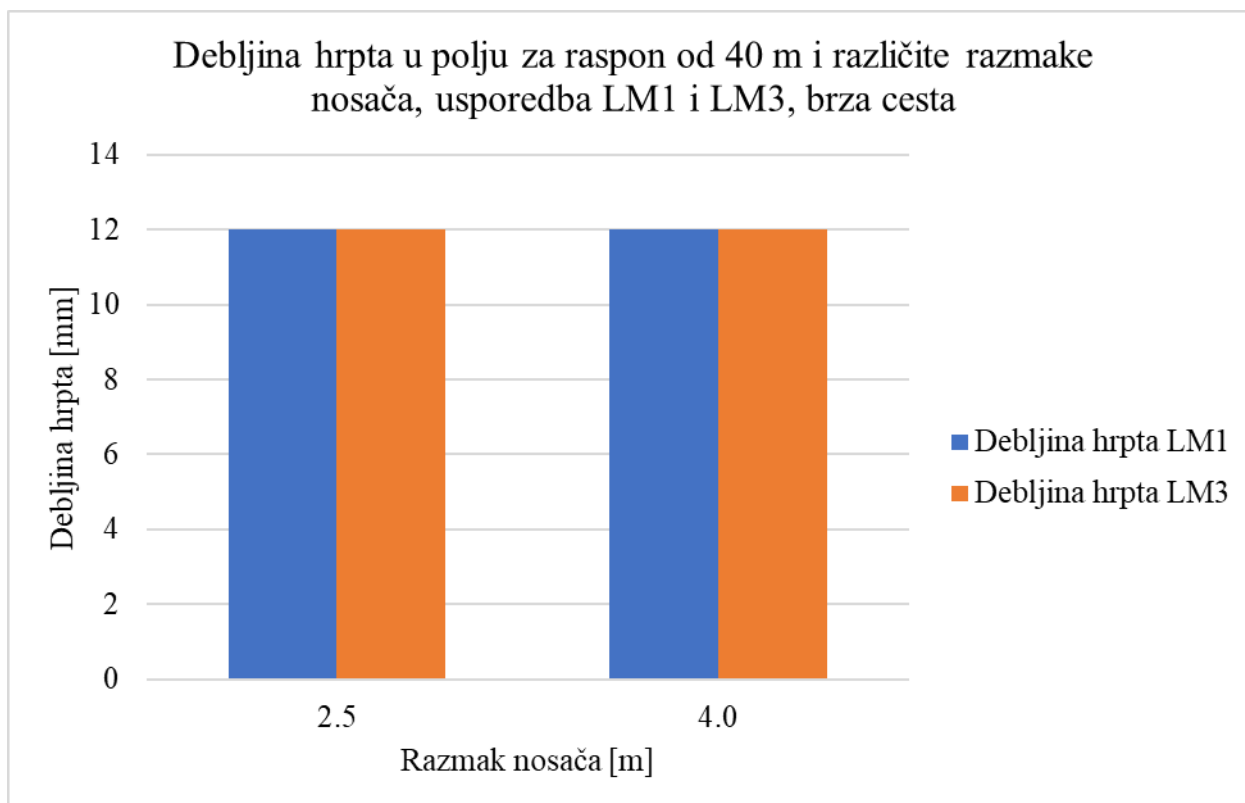
Slika 127. Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta



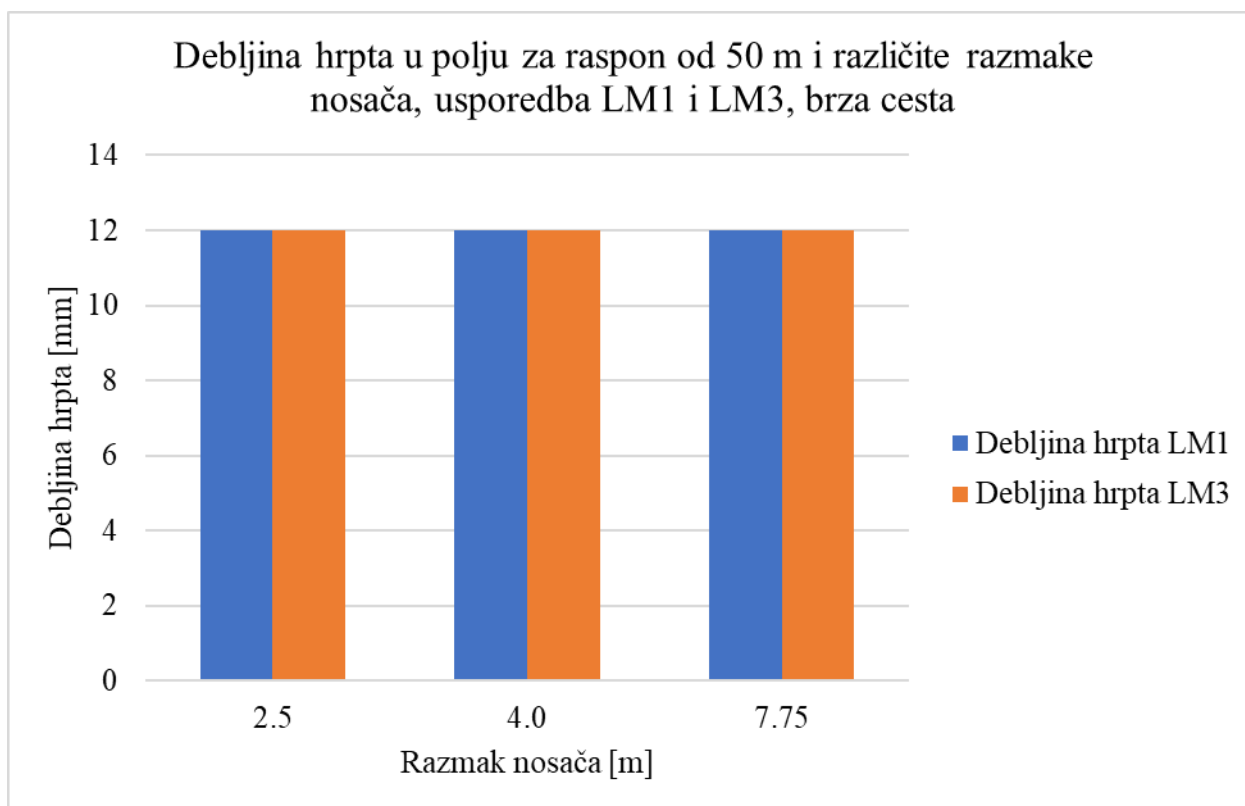
Slika 128. Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta



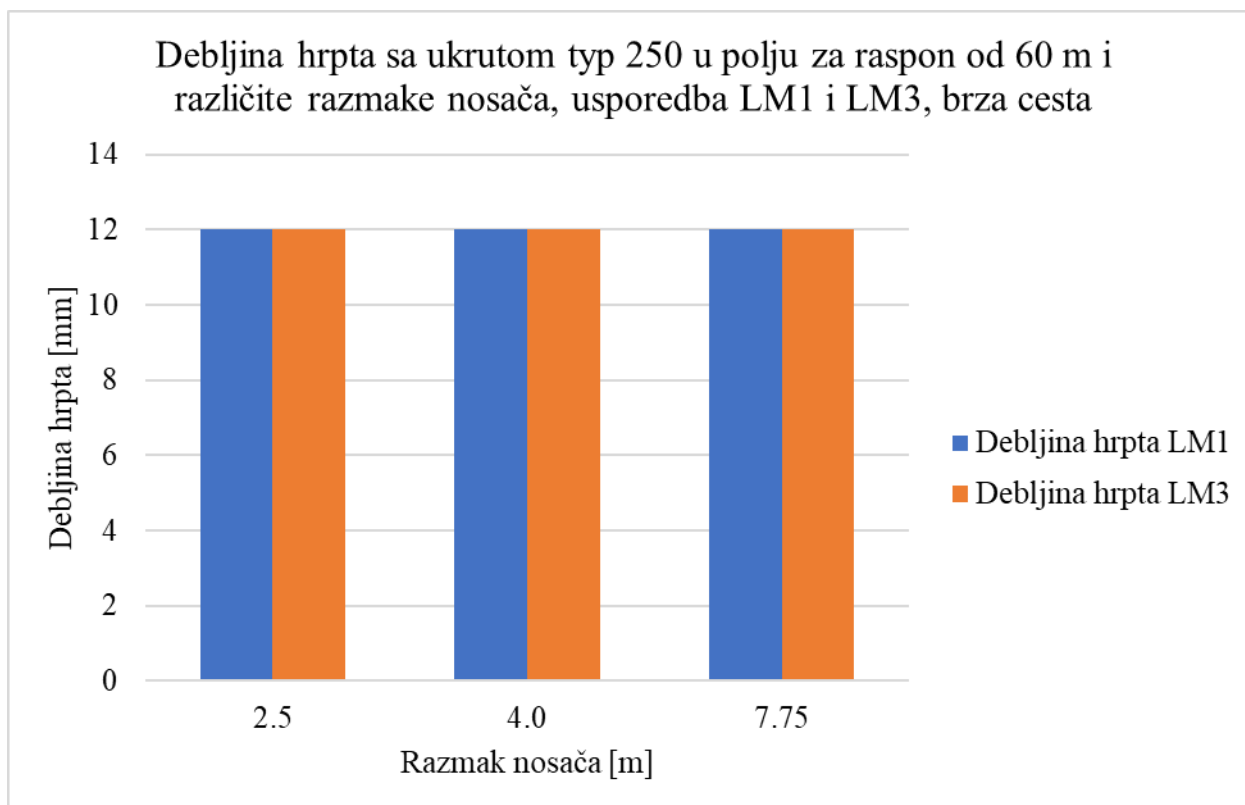
Slika 129. Debljina hrpta u polju za raspon od 30 m, brza cesta



**Slika 130.** Debljina hrpta u polju za raspon od 40 m, brza cesta



**Slika 131.** Debljina hrpta u polju za raspon od 50 m, brza cesta



**Slika 132.** Debljina hrpta u polju za raspon od 60 m, brza cesta

## 11. KOLIČINA MATERIJALA

Količina korištenog čelika je prikazana kao omjer ukupne mase čelika i korisne površine mosta. Korisna površina mosta se dobije tako da se duljina mosta pomnoži sa korisnom širinom mosta. U ukupnu količinu čelika ubrojani su glavni čelični nosači, poprečni nosači i ukrućenja. Motivacija za usporedbu količine čelika kad je most opterećen sa LM1 i LM3 opterećenjem je pružiti informacije za bolju procjenu koštanja spregnutih mostova pošto je čelik veliki faktor u ukupnoj cijeni mostova dijelom zbog svoje cijene, a dijelom zbog veće količine rada koji je potreban za proizvodnju čeličnih nosača u uspoređi sa betonskim nosačima.

### 11.1 USPOREDBA KOLIČINE ČELIKA ZA MOST NA AUTOCESTI

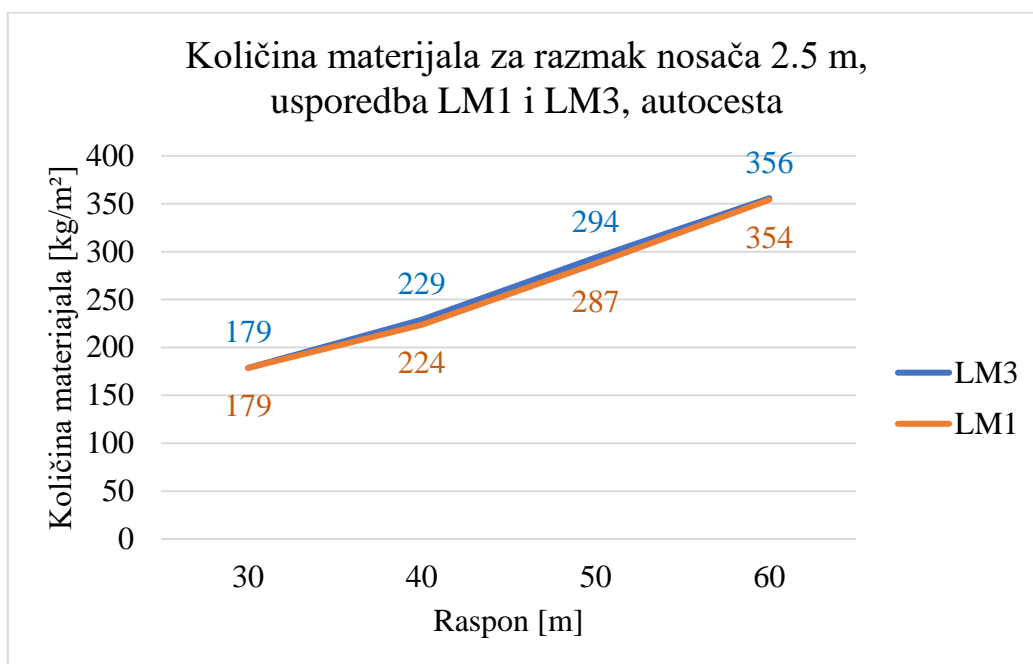
**Tablica 11.** *Količina čelika za most na autocesti uz primjenu opterećenja LM1*

| Razmak nosača_raspon | Ukupna vertikalna reakcija čelika [kN] | Masa čelika [kg] | Korisna površina mosta [m <sup>2</sup> ] | Količina materijala [kg/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--|------------------|--|--|
| AC_PL2.5_L30         | 2687,25                                | 273930           | 1534                                     | 179                                      |
| AC_PL2.5_L40         | 4489,69                                | 457665           | 2045                                     | 224                                      |
| AC_PL2.5_L50         | 7207,79                                | 734739           | 2556                                     | 287                                      |
| AC_PL2.5_L60         | 10656,43                               | 1086282          | 3067                                     | 354                                      |
| AC_PL4.0_L30         | 2046,79                                | 208643           | 1534                                     | 136                                      |
| AC_PL4.0_L40         | 3361,46                                | 342656           | 2045                                     | 168                                      |
| AC_PL4.0_L50         | 5187,13                                | 528759           | 2556                                     | 207                                      |
| AC_PL4.0_L60         | 7385,57                                | 752861           | 3067                                     | 245                                      |
| AC_PL7.75_L50        | 3513,92                                | 358198           | 2556                                     | 140                                      |
| AC_PL7.75_L60        | 5020,11                                | 511734           | 3067                                     | 167                                      |

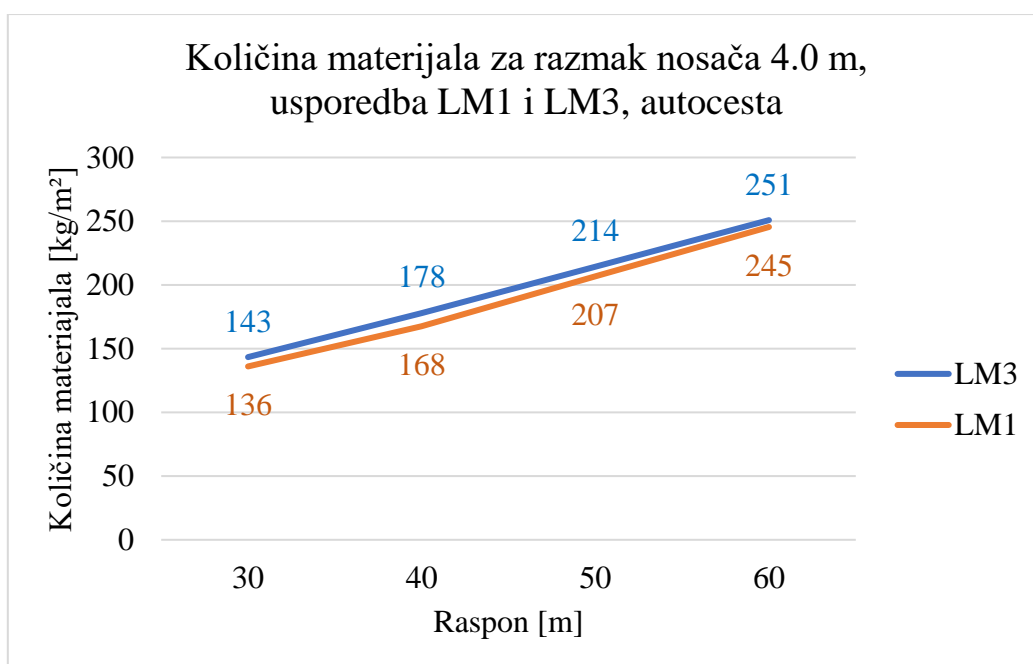
**Tablica 12.** *Količina čelika za most na autocesti uz primjenu opterećenja LM3*

| Razmak nosača_raspon | Ukupna vertikalna reakcija čelika [kN] | Masa čelika [kg] | Korisna površina mosta [m <sup>2</sup> ] | Količina materijala [kg/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--|------------------|--|--|
| AC_PL2.5_L30         | 2687,25                                | 273930           | 1534                                     | 179                                      |
| AC_PL2.5_L40         | 4597,65                                | 468670           | 2045                                     | 229                                      |
| AC_PL2.5_L50         | 7370,46                                | 751321           | 2556                                     | 294                                      |
| AC_PL2.5_L60         | 10703,92                               | 1091123          | 3067                                     | 356                                      |
| AC_PL4.0_L30         | 2156,92                                | 219870           | 1534                                     | 143                                      |
| AC_PL4.0_L40         | 3569,65                                | 363879           | 2045                                     | 178                                      |
| AC_PL4.0_L50         | 5370,74                                | 547476           | 2556                                     | 214                                      |
| AC_PL4.0_L60         | 7547,17                                | 769334           | 3067                                     | 251                                      |
| AC_PL7.75_L50        | 3649,19                                | 371987           | 2556                                     | 146                                      |
| AC_PL7.75_L60        | 5262,10                                | 536402           | 3067                                     | 175                                      |

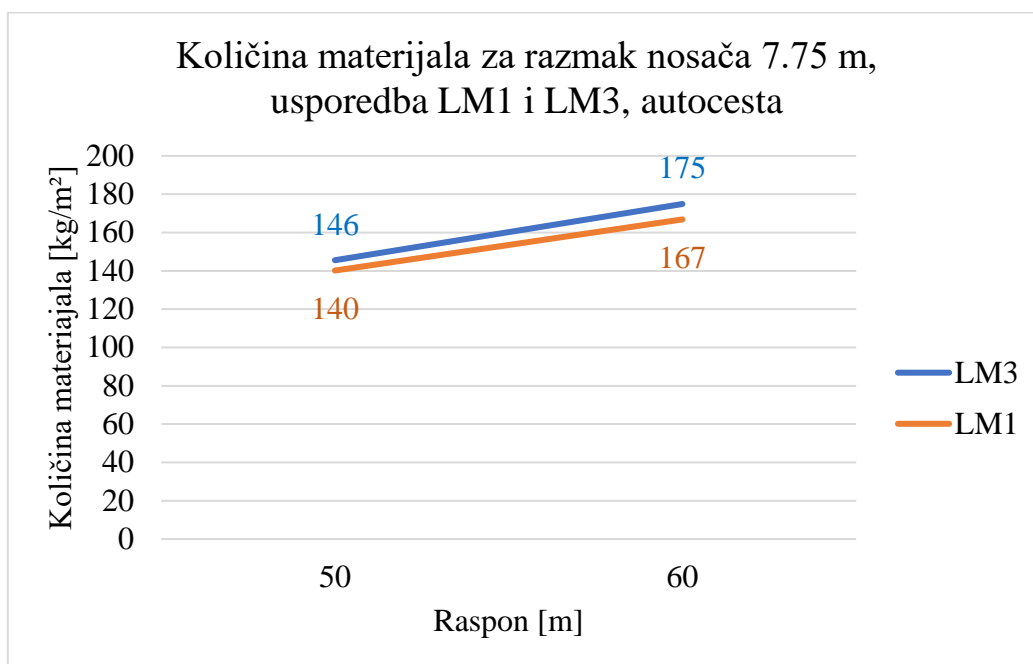




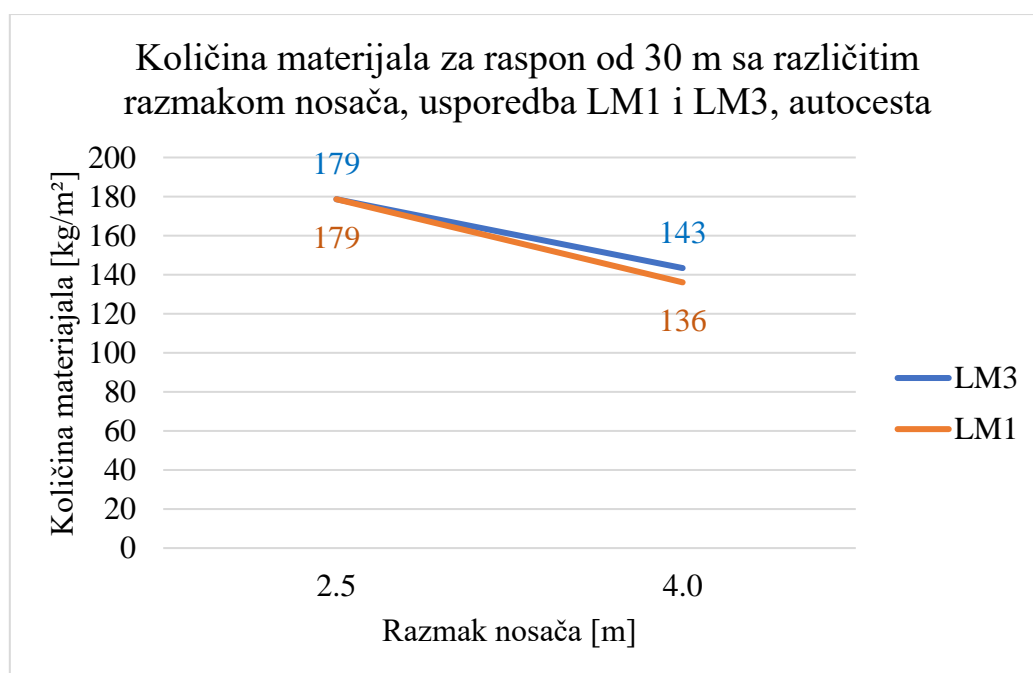
**Slika 133.** Usporedba količine materijala za razmak nosača od 2.5 m, autocesta



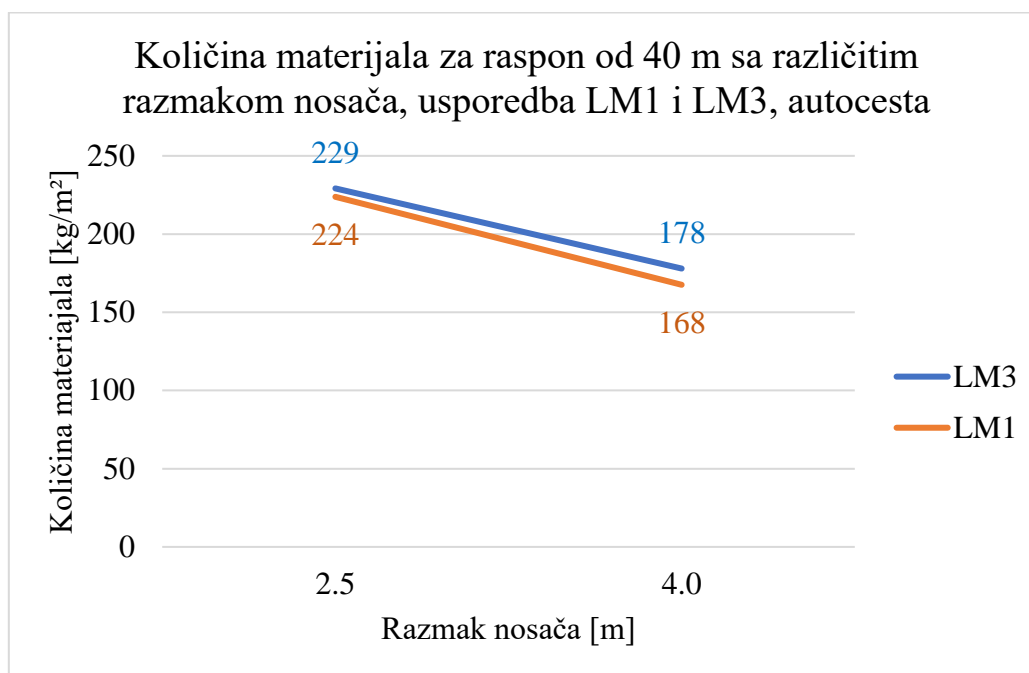
**Slika 134.** Usporedba količine materijala za razmak nosača od 4.0 m, autocesta



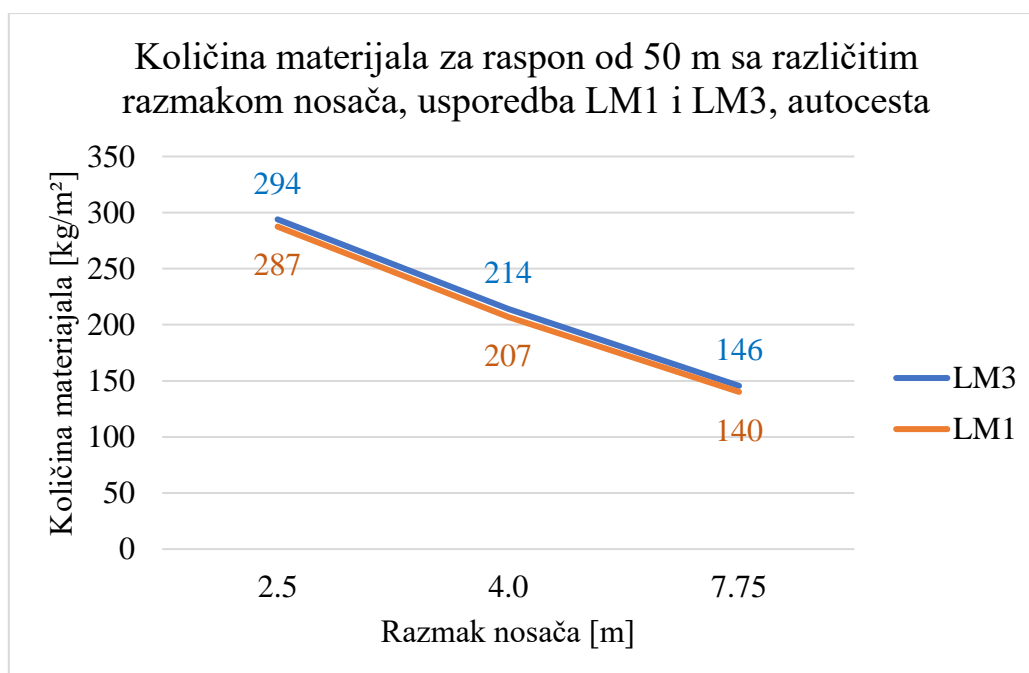
Slika 135. Usporedba količine materijala za razmak nosača od 7.75 m, autocesta



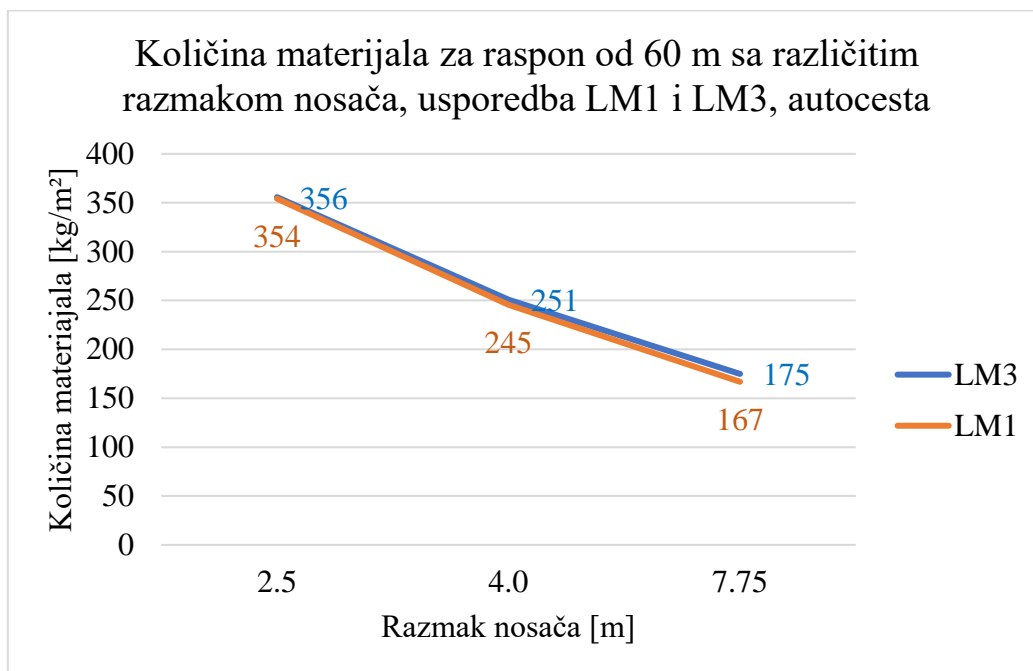
Slika 136. Usporedba količine materijala za raspon od 30 m, autocesta



Slika 137. Usporedba količine materijala za raspon od 40 m, autocesta



Slika 138. Usporedba količine materijala za raspon od 50 m, autocesta



Slika 139. Usporedba količine materijala za raspon od 60 m, autocesta

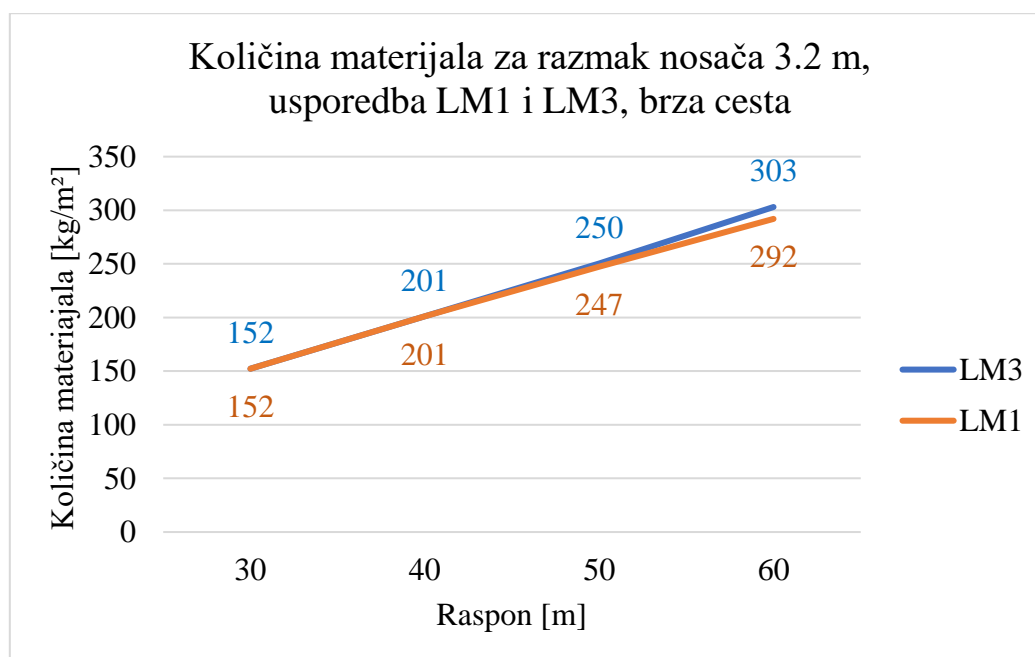
## 11.2 USPOREDBA KOLIČINE ČELIKA ZA MOST NA BRZOJ CESTI

**Tablica 13.** Količina čelika za most na brzjoj cesti uz primjenu opterećenja LM1

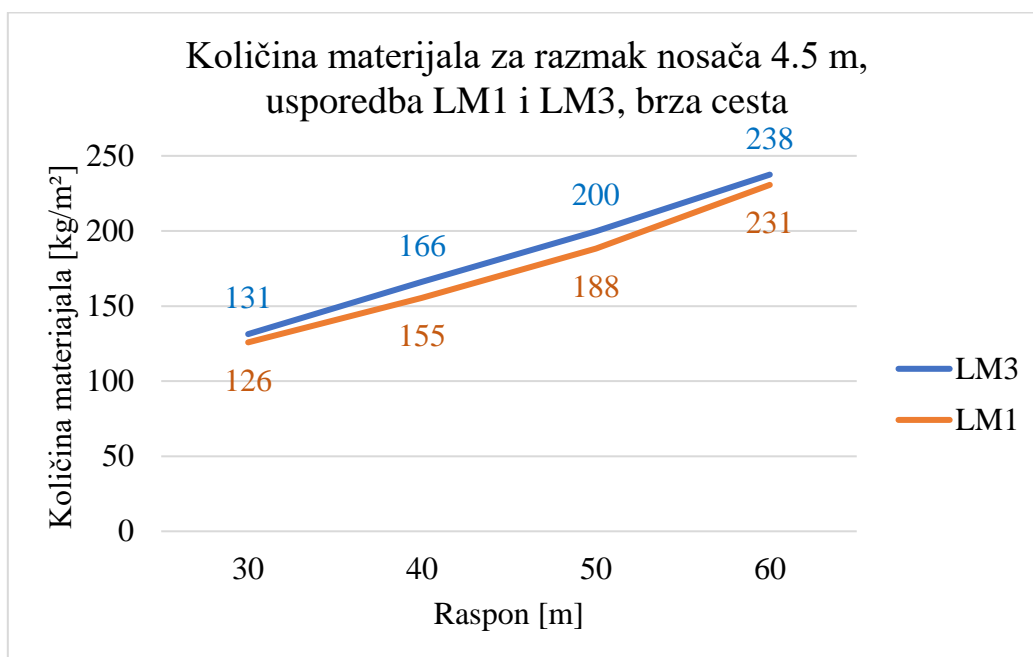
| Razmak nosača_raspon | Ukupna vertikalna reakcija čelika [kN] | Masa čelika [kg] | Korisna površina mosta [m <sup>2</sup> ] | Količina materijala [kg/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--|------------------|--|--|
| BC_PL3.2_L30         | 1855,65                                | 189159           | 1242                                     | 152                                      |
| BC_PL3.2_L40         | 3270,13                                | 333347           | 1656                                     | 201                                      |
| BC_PL3.2_L50         | 5025,34                                | 512267           | 2070                                     | 247                                      |
| BC_PL3.2_L60         | 7114,59                                | 725239           | 2484                                     | 292                                      |
| BC_PL4.5_L30         | 1532,83                                | 156252           | 1242                                     | 126                                      |
| BC_PL4.5_L40         | 2524,39                                | 257328           | 1656                                     | 155                                      |
| BC_PL4.5_L50         | 3825,05                                | 389913           | 2070                                     | 188                                      |
| BC_PL4.5_L60         | 5621,55                                | 573043           | 2484                                     | 231                                      |
| BC_PL6.6_L50         | 2866,90                                | 292243           | 2070                                     | 141                                      |
| BC_PL6.6_L60         | 4174,13                                | 425497           | 2484                                     | 171                                      |

**Tablica 14.** Količina čelika za most na brzjoj cesti uz primjenu opterećenja LM3

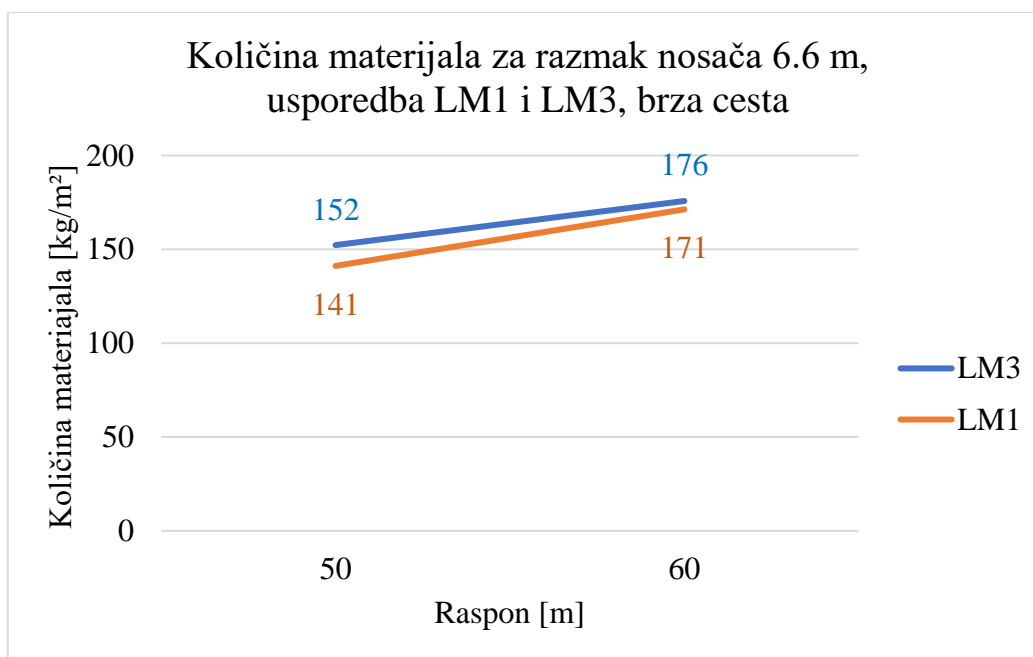
| Razmak nosača_raspon | Ukupna vertikalna reakcija čelika [kN] | Masa čelika [kg] | Korisna površina mosta [m <sup>2</sup> ] | Količina materijala [kg/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--|------------------|--|--|
| BC_PL3.2_L30         | 1855,65                                | 189159           | 1242                                     | 152                                      |
| BC_PL3.2_L40         | 3270,13                                | 333347           | 1656                                     | 201                                      |
| BC_PL3.2_L50         | 5083,61                                | 518207           | 2070                                     | 250                                      |
| BC_PL3.2_L60         | 7384,58                                | 752760           | 2484                                     | 303                                      |
| BC_PL4.5_L30         | 1600,01                                | 163100           | 1242                                     | 131                                      |
| BC_PL4.5_L40         | 2697,27                                | 274951           | 1656                                     | 166                                      |
| BC_PL4.5_L50         | 4058,60                                | 413721           | 2070                                     | 200                                      |
| BC_PL4.5_L60         | 5787,91                                | 590001           | 2484                                     | 238                                      |
| BC_PL6.6_L50         | 3091,67                                | 315155           | 2070                                     | 152                                      |
| BC_PL6.6_L60         | 4282,44                                | 436538           | 2484                                     | 176                                      |



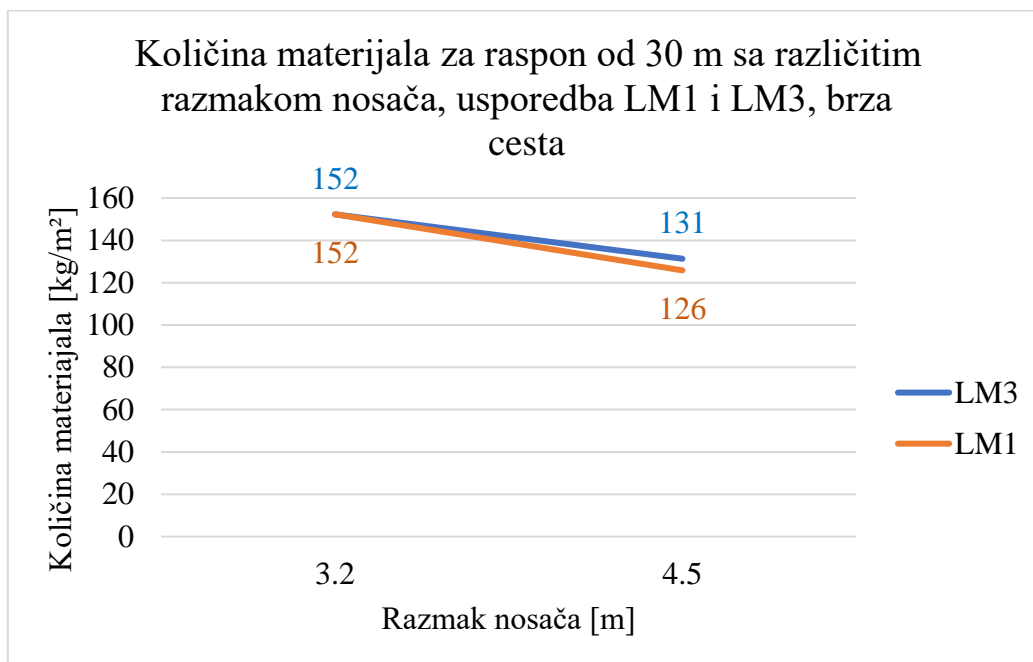
**Slika 140.** Usporedba količine materijala za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta



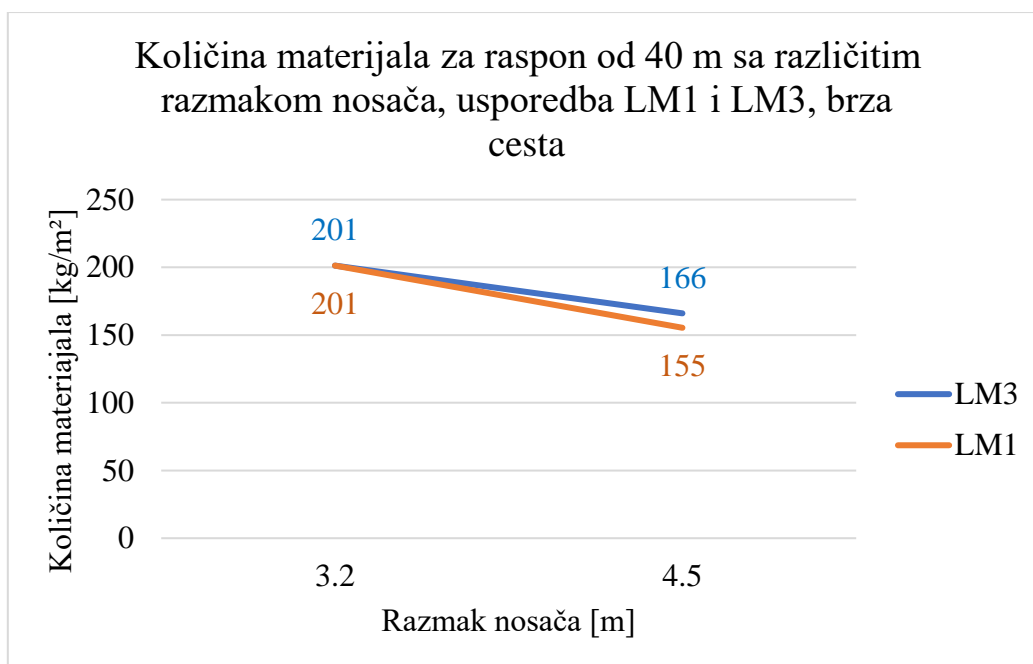
Slika 141. Usporedba količine materijala za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta



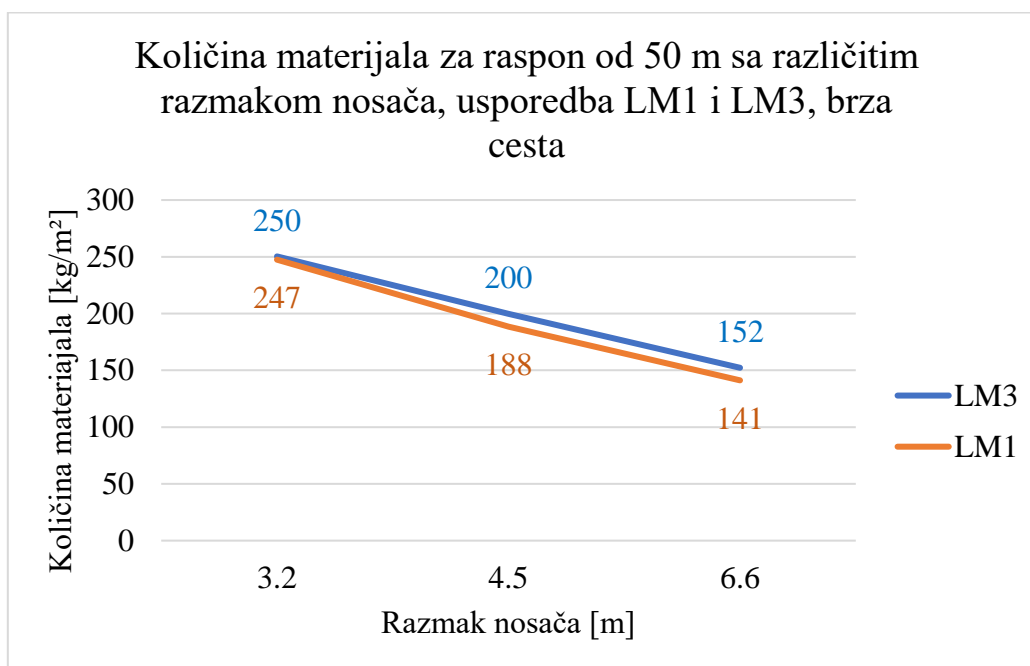
Slika 142. Usporedba količine materijala za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta



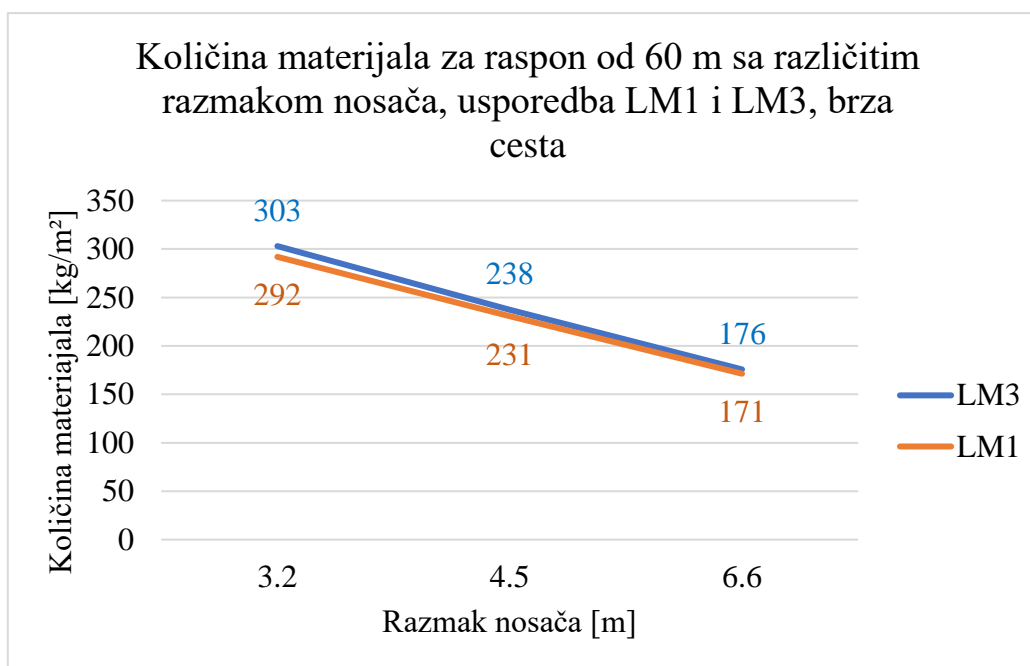
Slika 143. Usporedba količine materijala za raspon od 30 m, brza cesta



Slika 144. Usporedba količine materijala za raspon od 40 m, brza cesta



Slika 145. Usporedba količine materijala za raspon od 50 m, brza cesta

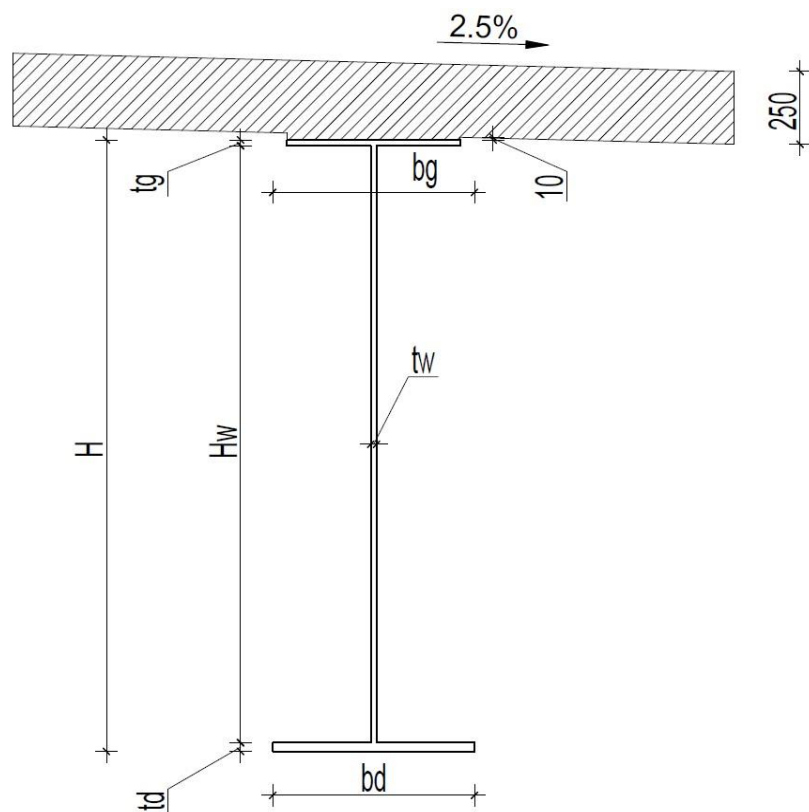


Slika 146. Usporedba količine materijala za raspon od 60 m, brza cesta

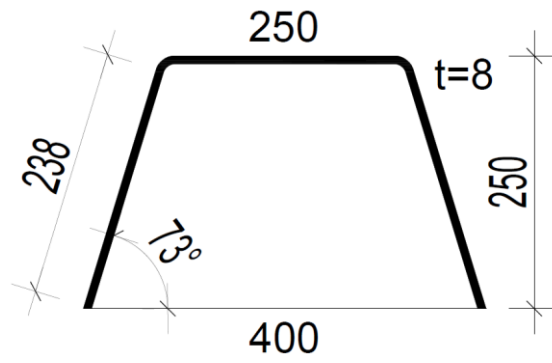


## 12. PRIJEDLOG DIMENZIJA "I" NOSAČA

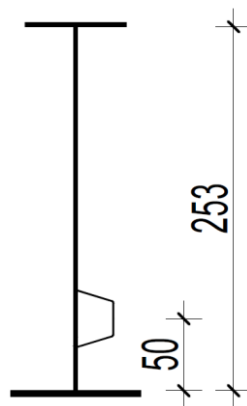
U sljedećim poglavljima, prikazane su tablice u kojima se nalaze preliminarne dimenzije čeličnih nosača za presjeke na ležaju i u polju. Tablice su razvrstane po rasponu ploče, odnosno razmaku glavnih nosača i po rasponu mosta. Dane su dimenzije nosača za most opterećen Modelom opterećenja 1 (LM1) i za most opterećen kombinacijom Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 (LM3). U Prilogu su prikazane skice svih poprečnih presjeka.



Slika 147. Preliminarne dimenzije nosača



Slika 148. Ukrućenje TYP 250



Slika 149. Položaj ukrućenja TYP 250 u odnosu na visinu hrpta

## 12.1 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK NA LEŽAJU, MOST NA AUTOCESTI, OPTEREĆENJE LMI

**Tablica 15.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LMI

| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 300 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 30 [mm]   |                 |
| Hw   | 1150 [mm] |                 | Hw   | 1650 [mm] |                 |
| tw   | 15 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 500 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 30 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 800 [mm]  |                 |
| td   | 40 [mm]   |                 | td   | 50 [mm]   |                 |
| Hw   | 2040 [mm] |                 | Hw   | 2520 [mm] |                 |
| tw   | 16 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 16.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LMI

| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 400 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 30 [mm]   |                 | tg   | 40 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 40 [mm]   |                 | td   | 40 [mm]   |                 |
| Hw   | 1130 [mm] |                 | Hw   | 1620 [mm] |                 |
| tw   | 15 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 600 [mm]  |                 |
| tg   | 40 [mm]   |                 | tg   | 40 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 700 [mm]  |                 |
| td   | 50 [mm]   |                 | td   | 70 [mm]   |                 |
| Hw   | 2010 [mm] |                 | Hw   | 2490 [mm] |                 |
| tw   | 20 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 17.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM1

| Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 60 m |              | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|--------------|-----------------|
| bg  | 700 [mm]  |                 | bg  | 700 [mm]     |                 |
| tg  | 70 [mm]   |                 | tg  | 80 [mm]      |                 |
| bd  | 900 [mm]  |                 | bd  | 900+800 [mm] |                 |
| td  | 80 [mm]   |                 | td  | 80+20 [mm]   |                 |
| Hw  | 1950 [mm] |                 | Hw  | 2420 [mm]    |                 |
| tw  | 25 [mm]   | -               | tw  | 25 [mm]      | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm]    |                 |

## 12.2 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK NA LEŽAJU, MOST NA AUTOCESTI, OPTEREĆENJE LM3

**Tablica 18.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 300 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 30 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 40 [mm]   |                 |
| Hw   | 1150 [mm] |                 | Hw   | 1630 [mm] |                 |
| tw   | 15 [mm]   | -               | tw   | 16 [mm]   | -               |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 500 [mm]  |                 |
| tg   | 30 [mm]   |                 | tg   | 30 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 800 [mm]  |                 |
| td   | 50 [mm]   |                 | td   | 60 [mm]   |                 |
| Hw   | 2020 [mm] |                 | Hw   | 2450 [mm] |                 |
| tw   | 16 [mm]   | -               | tw   | 15 [mm]   | TYP 250         |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 19.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 400 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 30 [mm]   |                 | tg   | 40 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 50 [mm]   |                 | td   | 50 [mm]   |                 |
| Hw   | 1120 [mm] |                 | Hw   | 1610 [mm] |                 |
| tw   | 18 [mm]   | -               | tw   | 20 [mm]   | -               |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 600 [mm]  |                 | bg   | 600 [mm]  |                 |
| tg   | 40 [mm]   |                 | tg   | 40 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 70 [mm]   |                 |
| td   | 60 [mm]   |                 | td   | 80 [mm]   |                 |
| Hw   | 2000 [mm] |                 | Hw   | 2380 [mm] |                 |
| tw   | 20 [mm]   | -               | tw   | 18 [mm]   | TYP 250         |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 20.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 50 m |              | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 60 m |              | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|--------------|-----------------|---|--------------|-----------------|
| bg  | 700 [mm]     |                 | bg  | 700 [mm]     |                 |
| tg  | 70 [mm]      |                 | tg  | 80 [mm]      |                 |
| bd  | 900+800 [mm] |                 | bd  | 900+800 [mm] |                 |
| td  | 80+30 [mm]   |                 | td  | 80+40 [mm]   |                 |
| Hw  | 1920 [mm]    |                 | Hw  | 2400 [mm]    |                 |
| tw  | 25 [mm]      | -               | tw  | 25 [mm]      | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm]    |                 | H   | 2600 [mm]    |                 |

## 12.3 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK U POLJU, MOST NA AUTOCESTI, OPTEREĆENJE LMI

**Tablica 21.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LMI

| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 300 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 30 [mm]   |                 |
| Hw   | 1150 [mm] |                 | Hw   | 1650 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 500 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 800 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 30 [mm]   |                 |
| Hw   | 2050 [mm] |                 | Hw   | 2550 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 22.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LMI

| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 400 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 30 [mm]   |                 |
| Hw   | 1150 [mm] |                 | Hw   | 1650 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 600 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 700 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 40 [mm]   |                 |
| Hw   | 2050 [mm] |                 | Hw   | 2540 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   |                 | -  | tw        |                 |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 23.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LMI

| Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 700 [mm]  |                 | bg  | 700 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 900 [mm]  |                 | bd  | 900 [mm]  |                 |
| td  | 40 [mm]   |                 | td  | 50 [mm]   |                 |
| Hw  | 2040 [mm] |                 | Hw  | 2530 [mm] |                 |
| tw  | 14 [mm]   | -               | tw  | 14 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

## 12.4 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK U POLJU, MOST NA AUTOCESTI, OPTEREĆENJE LM3

**Tablica 24.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|--|-----------|-----------------|--|-----------|-----------------|
| bg   | 300 [mm]  |                 | bg   | 400 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 500 [mm]  |                 | bd   | 600 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 30 [mm]   |                 |
| Hw   | 1150 [mm] |                 | Hw   | 1650 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   | -               | tw   | 12 [mm]   | -               |
| H  | 1200 [mm] |                 | H  | 1700 [mm] |                 |
| Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Autocesta, raspon ploče 2.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg   | 500 [mm]  |                 | bg   | 500 [mm]  |                 |
| tg   | 20 [mm]   |                 | tg   | 20 [mm]   |                 |
| bd   | 700 [mm]  |                 | bd   | 800 [mm]  |                 |
| td   | 30 [mm]   |                 | td   | 60 [mm]   |                 |
| Hw   | 2050 [mm] |                 | Hw   | 2550 [mm] |                 |
| tw   | 12 [mm]   | -               | tw   | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H  | 2100 [mm] |                 | H  | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 25.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
|--|-----------|--------------------|--|-----------|--------------------|
| bg   | 400 [mm]  |                    | bg   | 400 [mm]  |                    |
| tg   | 20 [mm]   |                    | tg   | 20 [mm]   |                    |
| bd   | 500 [mm]  |                    | bd   | 600 [mm]  |                    |
| td   | 30 [mm]   |                    | td   | 30 [mm]   |                    |
| Hw   | 1150 [mm] |                    | Hw   | 1650 [mm] |                    |
| tw   | 12 [mm]   | -                  | tw   | 12 [mm]   | TYP 250            |
| H  | 1200 [mm] |                    | H  | 1700 [mm] |                    |
| Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Autocesta, raspon ploče 4.0 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
| bg   | 600 [mm]  |                    | bg   | 600 [mm]  |                    |
| tg   | 20 [mm]   |                    | tg   | 20 [mm]   |                    |
| bd   | 700 [mm]  |                    | bd   | 70 [mm]   |                    |
| td   | 30 [mm]   |                    | td   | 40 [mm]   |                    |
| Hw   | 2050 [mm] |                    | Hw   | 2540 [mm] |                    |
| tw   | 12 [mm]   | -                  | tw   | 12 [mm]   | -                  |
| H  | 2100 [mm] |                    | H  | 2600 [mm] |                    |

**Tablica 26.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM3

| Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Autocesta, raspon ploče 7.75 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
|---|-----------|--------------------|---|-----------|--------------------|
| bg  | 700 [mm]  |                    | bg  | 700 [mm]  |                    |
| tg  | 20 [mm]   |                    | tg  | 20 [mm]   |                    |
| bd  | 900 [mm]  |                    | bd  | 900 [mm]  |                    |
| td  | 40 [mm]   |                    | td  | 50 [mm]   |                    |
| Hw  | 2040 [mm] |                    | Hw  | 2530 [mm] |                    |
| tw  | 14 [mm]   | -                  | tw  | 14 [mm]   | TYP 250            |
| H   | 2100 [mm] |                    | H   | 2600 [mm] |                    |



## 12.5 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK NA LEŽAJU, MOST NA BRZOJ CESTI, OPTEREĆENJE LM1

**Tablica 27.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 3.2 m, most na brznoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 300 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 30 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 40 [mm]   |                 | td  | 50 [mm]   |                 |
| Hw  | 1130 [mm] |                 | Hw  | 1620 [mm] |                 |
| tw  | 15 [mm]   |                 | tw  | 15 [mm]   |                 |
| H   | 1200 [mm] | -               | H   | 1700 [mm] | -               |
| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 500 [mm]  |                 | bg  | 500 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 30 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 50 [mm]   |                 | td  | 60 [mm]   |                 |
| Hw  | 2020 [mm] |                 | Hw  | 2510 [mm] |                 |
| tw  | 20 [mm]   |                 | tw  | 16 [mm]   |                 |
| H   | 2100 [mm] | -               | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 28.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.5 m, most na brznoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 400 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 40 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 50 [mm]   |                 | td  | 50 [mm]   |                 |
| Hw  | 1120 [mm] |                 | Hw  | 1610 [mm] |                 |
| tw  | 16 [mm]   |                 | tw  | 18 [mm]   |                 |
| H   | 1200 [mm] | -               | H   | 1700 [mm] | -               |
| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 600 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 40 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 50 [mm]   |                 | td  | 70 [mm]   |                 |
| Hw  | 2020 [mm] |                 | Hw  | 2470 [mm] |                 |
| tw  | 18 [mm]   |                 | tw  | 18 [mm]   |                 |
| H   | 2100 [mm] | -               | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 29.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 6.6 m, most na brznoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 60 m |              | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|--------------|-----------------|
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 700 [mm]     |                 |
| tg  | 60 [mm]   |                 | tg  | 60 [mm]      |                 |
| bd  | 800 [mm]  |                 | bd  | 800+700 [mm] |                 |
| td  | 70 [mm]   |                 | td  | 80+20 [mm]   |                 |
| Hw  | 1970 [mm] |                 | Hw  | 2440 [mm]    |                 |
| tw  | 25 [mm]   | -               | tw  | 20 [mm]      | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm]    |                 |

## 12.6 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK NA LEŽAJU, MOST NA BRZOJ CESTI, OPTEREĆENJE LM3

**Tablica 30.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 3.2 m, most na brznoj cesti, LM3

| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 300 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 30 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 40 [mm]   |                 | td  | 60 [mm]   |                 |
| Hw  | 1130 [mm] |                 | Hw  | 1610 [mm] |                 |
| tw  | 15 [mm]   | -               | tw  | 15 [mm]   | -               |
| H   | 1200 [mm] |                 | H   | 1700 [mm] |                 |
| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 600 [mm]  |                 |
| tg  | 30 [mm]   |                 | tg  | 30 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 800 [mm]  |                 |
| td  | 70 [mm]   |                 | td  | 70 [mm]   |                 |
| Hw  | 2000 [mm] |                 | Hw  | 2500 [mm] |                 |
| tw  | 20 [mm]   | -               | tw  | 16 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 31.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.5 m, most na brznoj cesti, LM3

| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
|---|-----------|--------------------|---|-----------|--------------------|
| bg  | 400 [mm]  |                    | bg  | 400 [mm]  |                    |
| tg  | 30 [mm]   |                    | tg  | 50 [mm]   |                    |
| bd  | 500 [mm]  |                    | bd  | 600 [mm]  |                    |
| td  | 60 [mm]   |                    | td  | 60 [mm]   |                    |
| Hw  | 1110 [mm] |                    | Hw  | 1590 [mm] |                    |
| tw  | 16 [mm]   |                    | -   | tw        |                    |
| H   | 1200 [mm] |                    | H   | 1700 [mm] |                    |
| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
| bg  | 600 [mm]  |                    | bg  | 600 [mm]  |                    |
| tg  | 40 [mm]   |                    | tg  | 50 [mm]   |                    |
| bd  | 700 [mm]  |                    | bd  | 700 [mm]  |                    |
| td  | 70 [mm]   |                    | td  | 80 [mm]   |                    |
| Hw  | 1990 [mm] |                    | Hw  | 2470 [mm] |                    |
| tw  | 20 [mm]   |                    | -   | tw        |                    |
| H   | 2100 [mm] |                    | H   | 2600 [mm] |                    |

**Tablica 32.** Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 6.6 m, most na brznoj cesti, LM3

| Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE<br>HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 60 m |              | UKRUĆENJE<br>HRPTA |
|---|-----------|--------------------|---|--------------|--------------------|
| bg  | 600 [mm]  |                    | bg  | 700 [mm]     |                    |
| tg  | 70 [mm]   |                    | tg  | 60 [mm]      |                    |
| bd  | 800 [mm]  |                    | bd  | 800+700 [mm] |                    |
| td  | 80 [mm]   |                    | td  | 80+40 [mm]   |                    |
| Hw  | 1950 [mm] |                    | Hw  | 2420 [mm]    |                    |
| tw  | 25 [mm]   |                    | -   | tw           |                    |
| H   | 2100 [mm] |                    | H   | 2600 [mm]    |                    |

## 12.7 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK U POLJU, MOST NA BRZOJ CESTI, OPTEREĆENJE LM1

**Tablica 33.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 300 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 1150 [mm] |                 | Hw  | 1650 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | -               |
| H   | 1200 [mm] |                 | H   | 1700 [mm] |                 |
| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 500 [mm]  |                 | bg  | 500 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 2050 [mm] |                 | Hw  | 2550 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 34.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 400 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 1150 [mm] |                 | Hw  | 1650 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | -               |
| H   | 1200 [mm] |                 | H   | 1700 [mm] |                 |
| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 600 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 2050 [mm] |                 | Hw  | 2550 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 35.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM1

| Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 700 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 800 [mm]  |                 | bd  | 800 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 2050 [mm] |                 | Hw  | 2550 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

## 12.8 DIMENZIJE "I" NOSAČA ZA PRESJEK U POLJU, MOST NA BRZOJ CESTI, OPTEREĆENJE LM3

**Tablica 36.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM3

| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 300 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 1150 [mm] |                 | Hw  | 1650 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | -               |
| H   | 1200 [mm] |                 | H   | 1700 [mm] |                 |
| Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 3.2 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 500 [mm]  |                 | bg  | 500 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 2050 [mm] |                 | Hw  | 2550 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 37.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM3

| Braz cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 30 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Braz cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 40 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 400 [mm]  |                 | bg  | 400 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 500 [mm]  |                 | bd  | 600 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 30 [mm]   |                 |
| Hw  | 1150 [mm] |                 | Hw  | 1650 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | -               |
| H   | 1200 [mm] |                 | H   | 1700 [mm] |                 |
| Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 4.5 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 600 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 700 [mm]  |                 | bd  | 700 [mm]  |                 |
| td  | 30 [mm]   |                 | td  | 40 [mm]   |                 |
| Hw  | 2050 [mm] |                 | Hw  | 2540 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

**Tablica 38.** Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM3

| Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 50 m |           | UKRUĆENJE HRPTA | Brza cesta, raspon ploče 6.6 m, raspon 60 m |           | UKRUĆENJE HRPTA |
|---|-----------|-----------------|---|-----------|-----------------|
| bg  | 600 [mm]  |                 | bg  | 700 [mm]  |                 |
| tg  | 20 [mm]   |                 | tg  | 20 [mm]   |                 |
| bd  | 800 [mm]  |                 | bd  | 800 [mm]  |                 |
| td  | 40 [mm]   |                 | td  | 40 [mm]   |                 |
| Hw  | 2040 [mm] |                 | Hw  | 2540 [mm] |                 |
| tw  | 12 [mm]   | -               | tw  | 12 [mm]   | TYP 250         |
| H   | 2100 [mm] |                 | H   | 2600 [mm] |                 |

### 13. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih proračuna dolazi se do zaključka da je Model opterećenja 3 odnosno kombinacija Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 mjerodavna za dimenzioniranje spregnutih grednih mostova sa "I" nosačima na autocestama i brzim cestama za raspone od 30 do 60 metara. Opterećenje LM3 daje 30 do 50 posto veće vrijednosti pozitivnih momenata i 10 do 40 posto veće vrijednosti negativnih momenata savijanja za sve raspone i za sve tipove poprečnih presjeka koji su analizirani u ovom radu.

Dimenzioniranjem glavnih čeličnih nosača može se zaključiti da opterećenje LM3 u usporedbi sa opterećenjem LM1 najviše utječe na presjeke na ležaju. Na grafovima danim u 9. poglavlju jasno se vidi skok u potrebnoj površini presjeka pojasnica nosača. Taj skok u količini materijala je izraženiji u donjim nego u gornjim pojasnicama. Što se tiče hrptova glavnih nosača, njihova se debljina nije značajno promijenila prilikom dimenzioniranja mostova pod LM3 opterećenjem.

U 10. poglavlju ovog rada prikazana je usporedba količine materijal za mostove različitih raspona i različitih razmaka glavnih nosača. Grafovi pokazuju kako mostovi sa dva glavna nosača imaju puno manju količinu čelika u usporedbi sa mostovima sa više od dva glavna nosača na istom rasponu. Iz tog razloga, primjena mostova sa dva glavna nosača je isplativija za raspone od 50 do 60 metara. Širina samog mosta je također bitan faktor za količinu materijala pošto je kod širih mostova potreban i veći broj glavnih nosača u poprečnom presjeku sa više od dva nosača. Za raspone od 30 do 40 metara razlika u količina materijala ovisno o broju glavnih nosača nije značajna. Zbog toga, ali i zbog ostalih prednosti, poprečni presjeci sa više od dva glavna nosača mogu biti poželjniji za manje raspone mostova. U tablici 38. dani su optimalni presjeci ovisno o širini mosta i rasponu.

**Tablica 39.** *Optimalni presjeci ovisno o širini mosta i rasponu*

| Mostovi na autocesti |                     |                           | Mostovi na brzjoj cesti |                     |                           |
|----------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Raspon               | Broj glavnih nosača | Razmak glavnih nosača [m] | Raspon                  | Broj glavnih nosača | Razmak glavnih nosača [m] |
| 30                   | 4                   | 4.0                       | 30                      | 3                   | 4.5                       |
| 40                   | 4                   | 4.0                       | 40                      | 3                   | 4.5                       |
| 50                   | 2                   | 7.75                      | 50                      | 2                   | 6.6                       |
| 60                   | 2                   | 7.75                      | 60                      | 2                   | 6.6                       |

## LITERATURA

- [1] B. Androić, M. Čaušević, D. Dujmović, I. Džeba, D. Markulak and B. Peroš, Čelični i spregnuti mostovi, Zagreb: IA PROJEKTIRANJE, 2006.
- [2] Universitat Stuttgart, COMBRI Designe Manual, Stuttgart: Universitat Stuttgart, 2008.
- [3] I. Vayas and A. Iliopoulos, Designe of Steel-Concrete Composite Bridges to Eurocode, CRC Press, 2013.
- [4] Setra, Steel-Concrete Composite Bridges, Sustainable Designe Guide, 2010.
- [5] D. Colings, Steel-Concrete Composite Bridges, ICE Publishing, 2013.
- [6] E. Ellobody, Finite Element Analysys and Designe of Steel-Concrete Composite Bridges, Butterworth-Heinemann, 2014.
- [7] J.-P. Lebet and M. A. Hirt, Steel Bridges, EPFL Press, 2013.
- [8] Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – 2. dio: Prometna opterećenja mostova, HZN, 2012.
- [9] A. Vlašić, M. Srbić, Z. Šavor and A. Mandić, Impact od Eurocode Load Model 3 on the designe of highway and expressway bridges, 2022.
- [10] Eurokod 1: Djelovanja na konstrukciju – 2. dio: Prometna opterećenja mostova – Nacionalni dodatak, HZN, 2012.
- [11] Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija, HZN, 2011.
- [12] Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije, HZN, 2012.
- [13] Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija, HZN, 2008.
- [14] Eurokod 4: Projektiranje spregnutih čelično-betonskih konstrukcija – 2. dio: Opća pravila i pravila za mostove, HZN, 2012.
- [15] Separati i prezentacije iz kolegija Mostovi 2, Građevinski fakultet u Zagrebu



## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Poprečni presjek s I nosačima [2] .....   | 2  |
| <b>Slika 2.</b> Poprečni presjek sa vutama [2] .....  | 3  |
| <b>Slika 3.</b> Poprečni presjek sa zatvorenim trapeznim nosačem [3] .....  | 4  |
| <b>Slika 4.</b> Poprečni presjek s više zatvorenih trapeznih nosača [3].....  | 4  |
| <b>Slika 5.</b> Poprečni presjek sa poluotvorenim trapeznim nosačima [3] .....  | 5  |
| <b>Slika 6.</b> Varijacije poprečnih presjeka [3] .....   | 6  |
| <b>Slika 7.</b> Spregnuti most sa montažno betonskom pločom [3] .....   | 7  |
| <b>Slika 8.</b> Podizanje dizalicom sa razine zemlje [7] .....  | 11 |
| <b>Slika 9.</b> Nesimetrična konzolna gradnja [7] .....   | 12 |
| <b>Slika 10.</b> Simetrična konzolna gradnja [7] .....  | 12 |
| <b>Slika 11.</b> Progib konzole uzrokovan vlastitom težinom [7] .....   | 13 |
| <b>Slika 12.</b> Slobodna konzolna gradnja sa privremenim zategama [7] .....  | 13 |
| <b>Slika 13.</b> Metoda uzdužnog potiskivanja [7] .....   | 14 |
| <b>Slika 14.</b> Poništavanje utjecaja progib konzole [7] .....   | 15 |
| <b>Slika 15.</b> Karakteristični poprečni presjek cestovnog mosta.....  | 16 |
| <b>Slika 16.</b> Poprečni presjek s dva glavna nosača [3].....  | 16 |
| <b>Slika 17.</b> Parametri za određivanje dimenzija poprečnog presjeka sa dva I nosača [4].....                         | 19 |
| <b>Slika 18.</b> Parametri za određivanje dimenzija poprečnog presjeka sa zatvorenim nosačem [4] .....                  | 20 |
| <b>Slika 19.</b> Parametri za određivanje dimenzija I nosača [15] .....   | 21 |
| <b>Slika 20.</b> Raspodjela prometnog opterećenja za Model opterećenja 1 [6] .....                                      | 24 |
| <b>Slika 21.</b> Primjena Modela opterećenja 1 .....  | 25 |
| <b>Slika 22.</b> Tandem vozila, Model opterećenja 1, Sofistik.....  | 25 |
| <b>Slika 23.</b> Kontinuirano opterećenje, Model opterećenja 1, Sofistik.....   | 25 |
| <b>Slika 24.</b> Kontinuirano opterećenje hodnika, Model opterećenja 1, Sofistik.....                                   | 26 |
| <b>Slika 25.</b> Model opterećenja 2 [8] .....  | 27 |
| <b>Slika 26.</b> Model opterećenja 3, model oznake 3000/200.....  | 29 |
| <b>Slika 27.</b> Kombinacija Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3 .....  | 30 |
| <b>Slika 28.</b> Kombinacija Modela opterećenja 1 i Modela opterećenja 3, Sofistik .....                                | 31 |
| <b>Slika 29.</b> Prometne širine mosta na autocesti za jedan smjer vožnje .....   | 33 |
| <b>Slika 30.</b> Prometne širine mosta na brzjoj cesti za jedan smjer vožnje .....                                      | 33 |
| <b>Slika 31.</b> Karakteristični 3D model mosta na autocesti i brzjoj cesti .....                                       | 35 |
| <b>Slika 32.</b> Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 30 m..... | 36 |
| <b>Slika 33.</b> Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 40 m..... | 36 |
| <b>Slika 34.</b> Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 50 m..... | 37 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 35.</b> Karakteristični poprečni presjek spregnutog nosača mosta na autocesti i brzjoj cesti raspona 60 m .....                            | 37 |
| <b>Slika 36.</b> Prikaz posmičnih napreznja i V.Mises napreznja u hrptu .....   | 39 |
| <b>Slika 37.</b> Prikaz najvećeg tlačnog napreznja gornjeg pojasa i najvećeg vlačnog napreznja donjeg pojasa .....                                  | 39 |
| <b>Slika 38.</b> Prikaz najvećeg tlačnog napreznja gornjeg pojasa i najvećeg tlačnog napreznja donjeg pojasa .....                                  | 40 |
| <b>Slika 39.</b> Najveći negativni moment savijanja i pripadajuća poprečna sila .....   | 40 |
| <b>Slika 40.</b> Najveća poprečna sila i pripadajući moment savijanja .....   | 41 |
| <b>Slika 41.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 52 |
| <b>Slika 42.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 53 |
| <b>Slika 43.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 53 |
| <b>Slika 44.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 54 |
| <b>Slika 45.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 54 |
| <b>Slika 46.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 55 |
| <b>Slika 47.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 55 |
| <b>Slika 48.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 2.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 56 |
| <b>Slika 49.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 56 |
| <b>Slika 50.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 57 |
| <b>Slika 51.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 57 |
| <b>Slika 52.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 58 |
| <b>Slika 53.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 58 |
| <b>Slika 54.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 59 |
| <b>Slika 55.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, autocesta .....  | 59 |
| <b>Slika 56.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.0 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, autocesta .....  | 60 |
| <b>Slika 57.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 60 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 58.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 61 |
| <b>Slika 59.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 61 |
| <b>Slika 60.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 62 |
| <b>Slika 61.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 62 |
| <b>Slika 62.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 63 |
| <b>Slika 63.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 63 |
| <b>Slika 64.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 3.2 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 64 |
| <b>Slika 65.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 64 |
| <b>Slika 66.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 30 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 65 |
| <b>Slika 67.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 65 |
| <b>Slika 68.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 40 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 66 |
| <b>Slika 69.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 66 |
| <b>Slika 70.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 50 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 67 |
| <b>Slika 71.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM1, brza cesta ..... | 67 |
| <b>Slika 72.</b> Mjerodavni glavni nosač u presjeku sa rasponom ploče od 4.5 m i rasponom mosta od 60 m za slučaj opterećenja LM3, brza cesta ..... | 68 |
| <b>Slika 73.</b> LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti .....  | 69 |
| <b>Slika 74.</b> Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti .....                          | 70 |
| <b>Slika 75.</b> LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na brznoj cesti .....   | 70 |
| <b>Slika 76.</b> Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za .....   | 71 |
| <b>Slika 77.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta.   | 72 |
| <b>Slika 78.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta.   | 73 |
| <b>Slika 79.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta .....   | 73 |
| <b>Slika 80.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 30 m, autocesta.....   | 74 |

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 81.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 40 m, autocesta.....            | 74 |
| <b>Slika 82.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 50 m, autocesta.....            | 75 |
| <b>Slika 83.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za raspon od 60 m, autocesta.....            | 75 |
| <b>Slika 84.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta .....                     | 76 |
| <b>Slika 85.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta .....                     | 76 |
| <b>Slika 86.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta .....                    | 77 |
| <b>Slika 87.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 30 m, autocesta .....                             | 77 |
| <b>Slika 88.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 40 m, autocesta .....                             | 78 |
| <b>Slika 89.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 50 m, autocesta .....                             | 78 |
| <b>Slika 90.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 60 m, autocesta .....                             | 79 |
| <b>Slika 91.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta ....      | 80 |
| <b>Slika 92.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta ....      | 80 |
| <b>Slika 93.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta ..       | 81 |
| <b>Slika 94.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 30 m, autocesta.....              | 81 |
| <b>Slika 95.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 40 m, autocesta .....             | 82 |
| <b>Slika 96.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, autocesta .....             | 82 |
| <b>Slika 97.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, autocesta.....              | 83 |
| <b>Slika 98.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 2.5 m, autocesta .....                       | 83 |
| <b>Slika 99.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 4.0 m, autocesta .....                       | 84 |
| <b>Slika 100.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 7.75 m, autocesta .....                     | 84 |
| <b>Slika 101.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 30 m, autocesta .....                              | 85 |
| <b>Slika 102.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 40 m, autocesta .....                              | 85 |
| <b>Slika 103.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 50 m, autocesta .....                              | 86 |
| <b>Slika 104.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 60 m, autocesta .....                              | 86 |
| <b>Slika 105.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta ..... | 87 |
| <b>Slika 106.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta ..... | 87 |
| <b>Slika 107.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa na ležaju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta ..... | 88 |
| <b>Slika 108.</b> Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 30 m, brza cesta.....          | 88 |
| <b>Slika 109.</b> Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 40 m, brza cesta.....          | 89 |
| <b>Slika 110.</b> Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 50 m, brza cesta.....          | 89 |
| <b>Slika 111.</b> Površina gornjeg i donjeg na ležaju pojasa za raspon od 60 m, brza cesta.....          | 90 |
| <b>Slika 112.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta .....                   | 90 |
| <b>Slika 113.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta .....                   | 91 |
| <b>Slika 114.</b> Debljina hrpta na ležaju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta .....                   | 91 |
| <b>Slika 115.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 30 m, brza cesta .....                           | 92 |
| <b>Slika 116.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 40 m, brza cesta .....                           | 92 |
| <b>Slika 117.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 50 m, brza cesta .....                           | 93 |
| <b>Slika 118.</b> Debljina hrpta na ležaju za raspon od 60 m, brza cesta .....                           | 93 |
| <b>Slika 119.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta.        | 94 |
| <b>Slika 120.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta.        | 95 |

---

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Slika 121.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta | 95  |
| <b>Slika 122.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 30 m, brza cesta         | 96  |
| <b>Slika 123.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 40 m, brza cesta         | 96  |
| <b>Slika 124.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 50 m, brza cesta         | 97  |
| <b>Slika 125.</b> Površina gornjeg i donjeg pojasa u polju za raspon od 60 m, brza cesta         | 97  |
| <b>Slika 126.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta                   | 98  |
| <b>Slika 127.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta                   | 98  |
| <b>Slika 128.</b> Debljina hrpta u polju za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta                   | 99  |
| <b>Slika 129.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 30 m, brza cesta                           | 99  |
| <b>Slika 130.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 40 m, brza cesta                           | 100 |
| <b>Slika 131.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 50 m, brza cesta                           | 100 |
| <b>Slika 132.</b> Debljina hrpta u polju za raspon od 60 m, brza cesta                           | 101 |
| <b>Slika 133.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 2.5 m, autocesta             | 103 |
| <b>Slika 134.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 4.0 m, autocesta             | 103 |
| <b>Slika 135.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 7.75 m, autocesta            | 104 |
| <b>Slika 136.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 30 m, autocesta                     | 104 |
| <b>Slika 137.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 40 m, autocesta                     | 105 |
| <b>Slika 138.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 50 m, autocesta                     | 105 |
| <b>Slika 139.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 60 m, autocesta                     | 106 |
| <b>Slika 140.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 3.2 m, brza cesta            | 107 |
| <b>Slika 141.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 4.5 m, brza cesta            | 108 |
| <b>Slika 142.</b> Usporedba količine materijala za razmak nosača od 6.6 m, brza cesta            | 108 |
| <b>Slika 143.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 30 m, brza cesta                    | 109 |
| <b>Slika 144.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 40 m, brza cesta                    | 109 |
| <b>Slika 145.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 50 m, brza cesta                    | 110 |
| <b>Slika 146.</b> Usporedba količine materijala za raspon od 60 m, brza cesta                    | 110 |
| <b>Slika 147.</b> Preliminarne dimenzije nosača  | 111 |
| <b>Slika 148.</b> Ukrućenje TYP 250  | 112 |
| <b>Slika 149.</b> Položaj ukrućenja TYP 250 u odnosu na visinu hrpta                             | 112 |

## POPIS TABLICA

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tablica 1.</b> Tip poprečnog presjeka ovisno o razmaku glavnih nosača.....                                  | 3   |
| <b>Tablica 2.</b> Preporuka za oblikovanje presjeka sa dva I nosača [4] .....                                  | 19  |
| <b>Tablica 3.</b> Preporuka za oblikovanje presjeka sa zatvorenim nosačem [4] .....                            | 20  |
| <b>Tablica 4.</b> Širine pojasnica prema rasponu ploče [15] .....  | 21  |
| <b>Tablica 5.</b> Širine pojasnica prema broju nosača [15] .....   | 21  |
| <b>Tablica 6.</b> Debljina pojasnica [15] .....  | 22  |
| <b>Tablica 7.</b> Model opterećenja 1: karakteristične vrijednosti [8] .....                                   | 24  |
| <b>Tablica 8.</b> Rasporedi posebnih vozila [10].....  | 28  |
| <b>Tablica 9.</b> Dinamički faktor za specijalno vozilo .....  | 31  |
| <b>Tablica 10.</b> Preporučene vrijednosti faktora psi za cestovne mostove [11].....                           | 31  |
| <b>Tablica 11.</b> Količina čelika za most na autocesti uz primjenu opterećenja LM1 .....                      | 102 |
| <b>Tablica 12.</b> Količina čelika za most na autocesti uz primjenu opterećenja LM3 .....                      | 102 |
| <b>Tablica 13.</b> Količina čelika za most na brzjoj cesti uz primjenu opterećenja LM1 .....                   | 107 |
| <b>Tablica 14.</b> Količina čelika za most na brzjoj cesti uz primjenu opterećenja LM3 .....                   | 107 |
| <b>Tablica 15.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM1.....  | 113 |
| <b>Tablica 16.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM1.....  | 113 |
| <b>Tablica 17.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM1..... | 114 |
| <b>Tablica 18.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM3.....  | 114 |
| <b>Tablica 19.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM3.....  | 115 |
| <b>Tablica 20.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM3..... | 115 |
| <b>Tablica 21.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM1.....    | 116 |
| <b>Tablica 22.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM1.....    | 116 |
| <b>Tablica 23.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM1.....   | 117 |
| <b>Tablica 24.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 2.5 m, most na autocesti, LM3.....    | 117 |
| <b>Tablica 25.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.0 m, most na autocesti, LM3.....    | 118 |
| <b>Tablica 26.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 7.75 m, most na autocesti, LM3.....   | 118 |

---

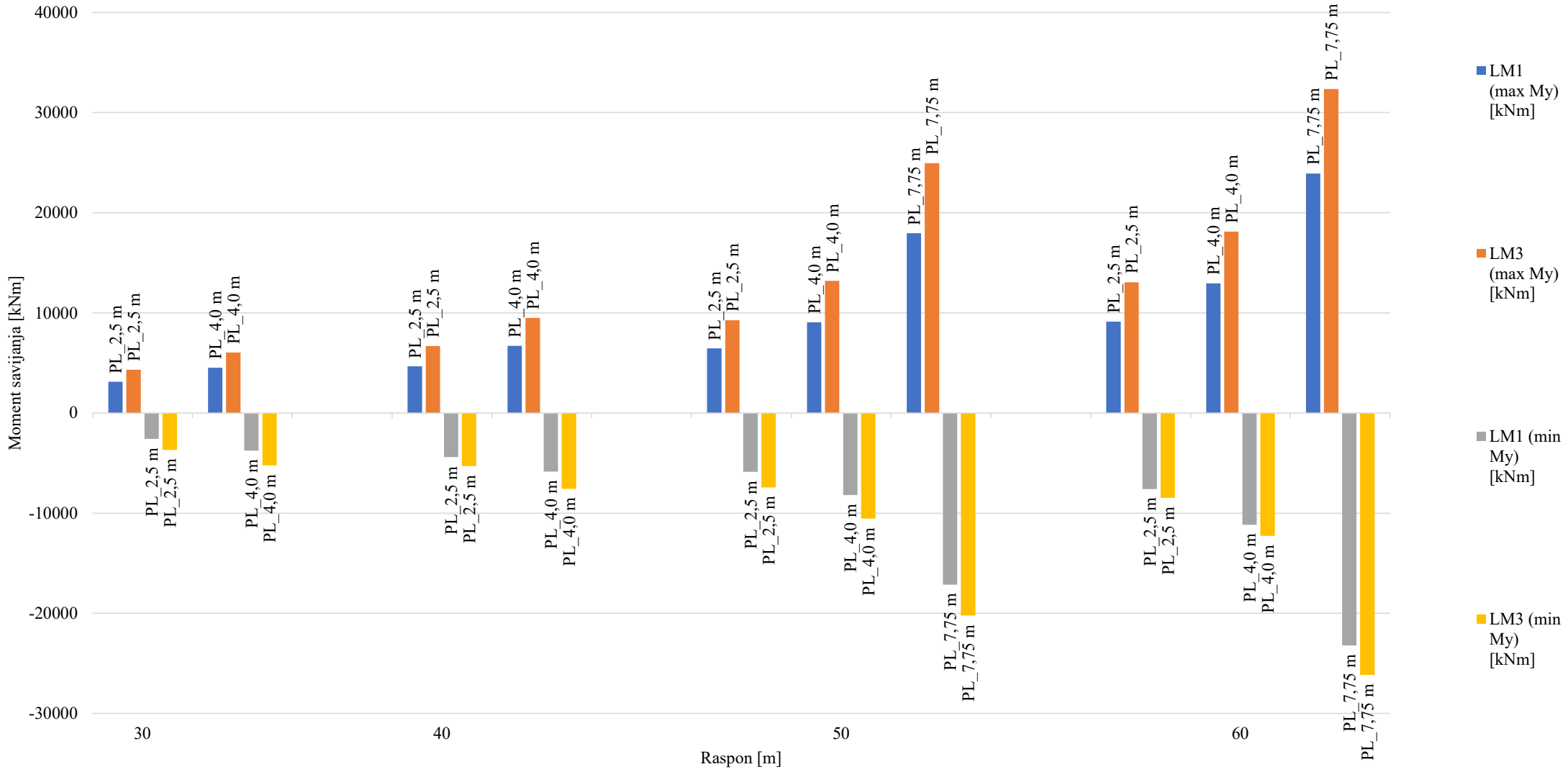
|  |     |
|--|-----|
| <b>Tablica 27.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM1..... | 119 |
| <b>Tablica 28.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM1..... | 119 |
| <b>Tablica 29.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM1..... | 120 |
| <b>Tablica 30.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM3..... | 120 |
| <b>Tablica 31.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM3..... | 121 |
| <b>Tablica 32.</b> Preliminarne dimenzije I nosača na ležaju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM3..... | 121 |
| <b>Tablica 33.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM1.....   | 122 |
| <b>Tablica 34.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM1.....   | 122 |
| <b>Tablica 35.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM1.....   | 123 |
| <b>Tablica 36.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 3.2 m, most na brzjoj cesti, LM3.....   | 123 |
| <b>Tablica 37.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 4.5 m, most na brzjoj cesti, LM3.....   | 124 |
| <b>Tablica 38.</b> Preliminarne dimenzije I nosača u polju, raspon ploče 6.6 m, most na brzjoj cesti, LM3.....   | 124 |
| <b>Tablica 39.</b> Optimalni presjeci ovisno o širini mosta i rasponu.....                                       | 125 |

## PRILOG

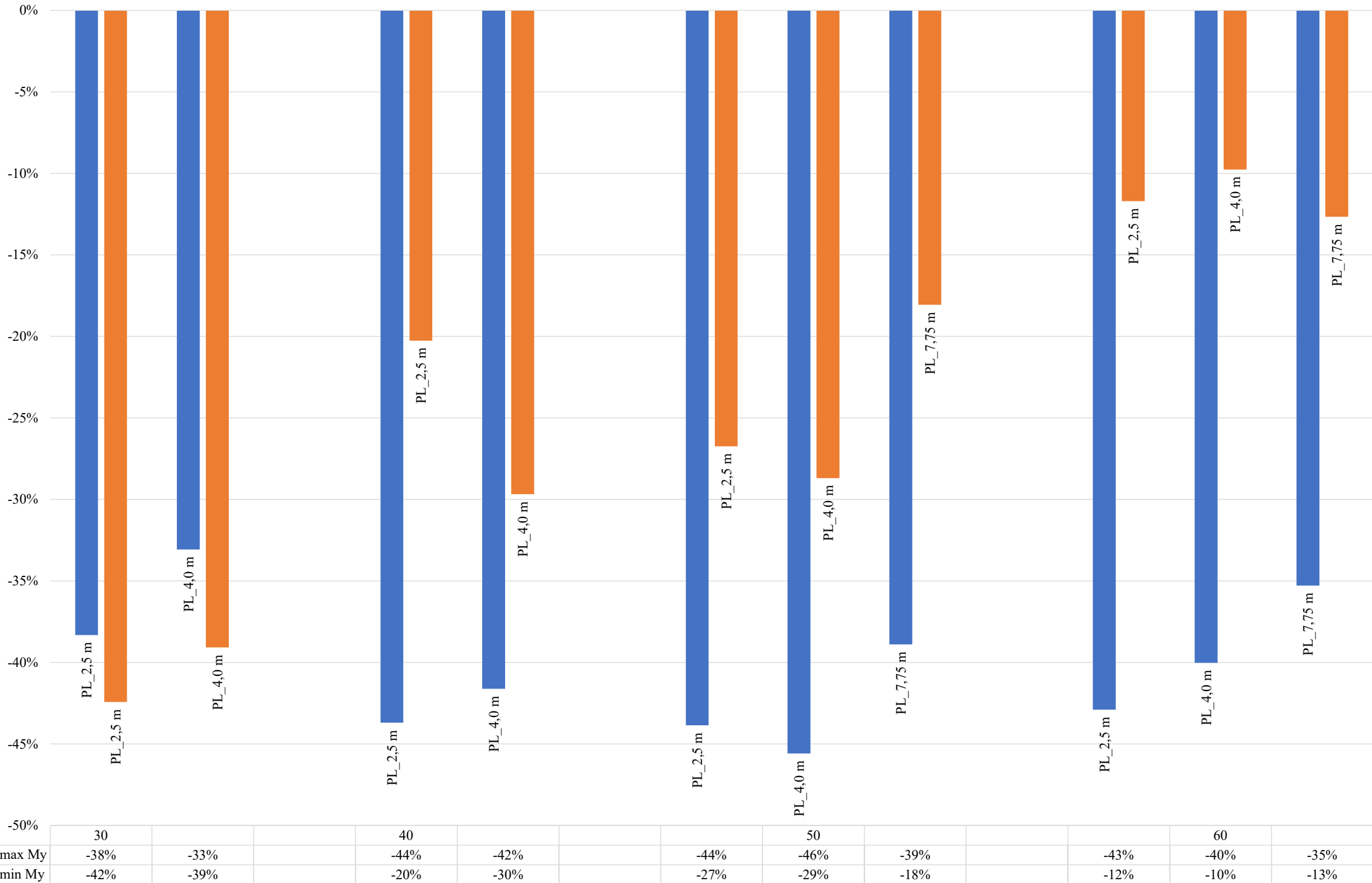
1. LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti
2. Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na autocesti
3. LM1 i LM3 momenti savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na brzoj cesti
4. Postotna razlika LM1 i LM3 momenata savijanja za raspone od 30 do 60 metara za mostove na brzoj cesti
5. Poprečni presjeci na autocesti
6. Poprečni presjeci na brzoj cesti



### Autocesta

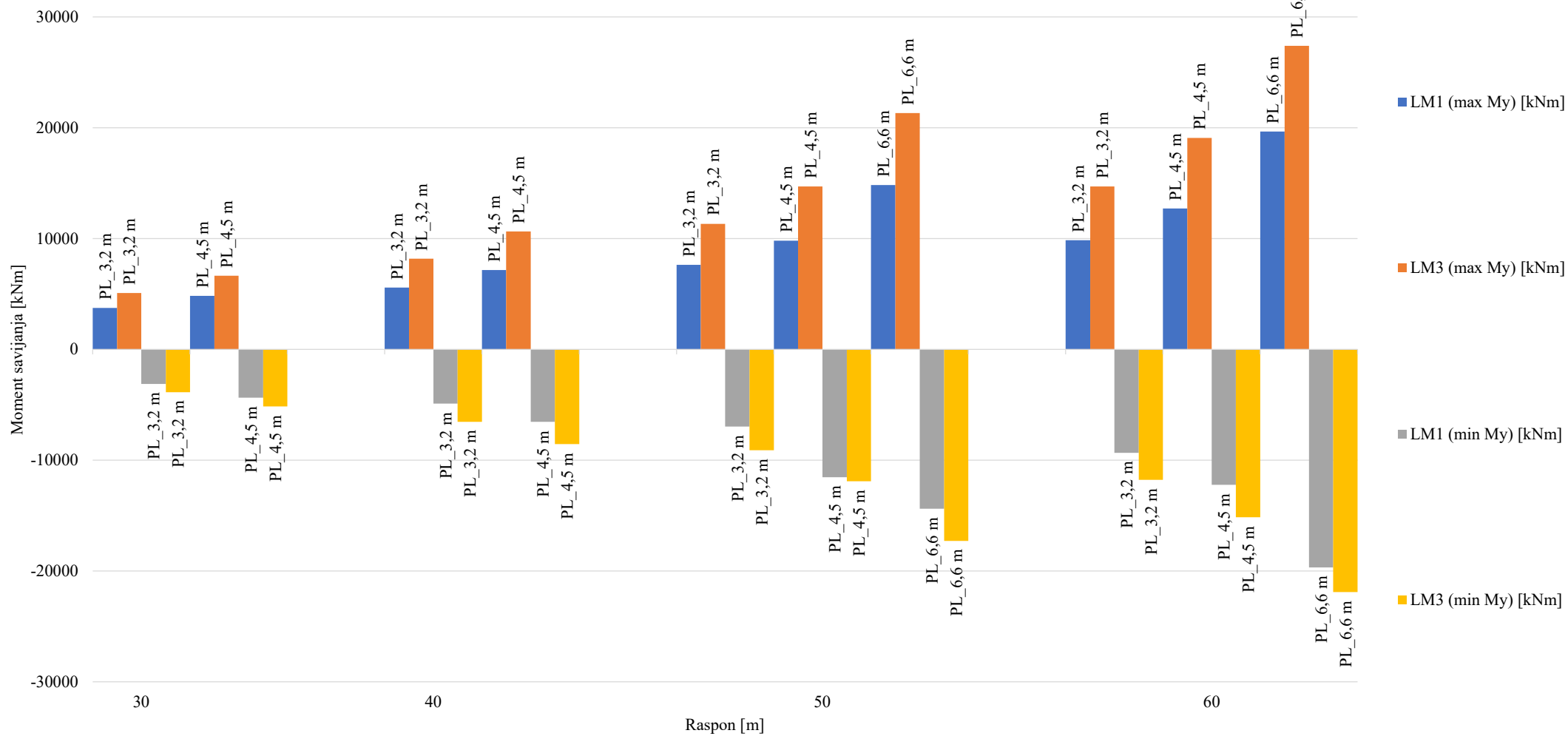


Autocesta, razlika max i min My:  
(LM1-LM3)/LM1 [%]

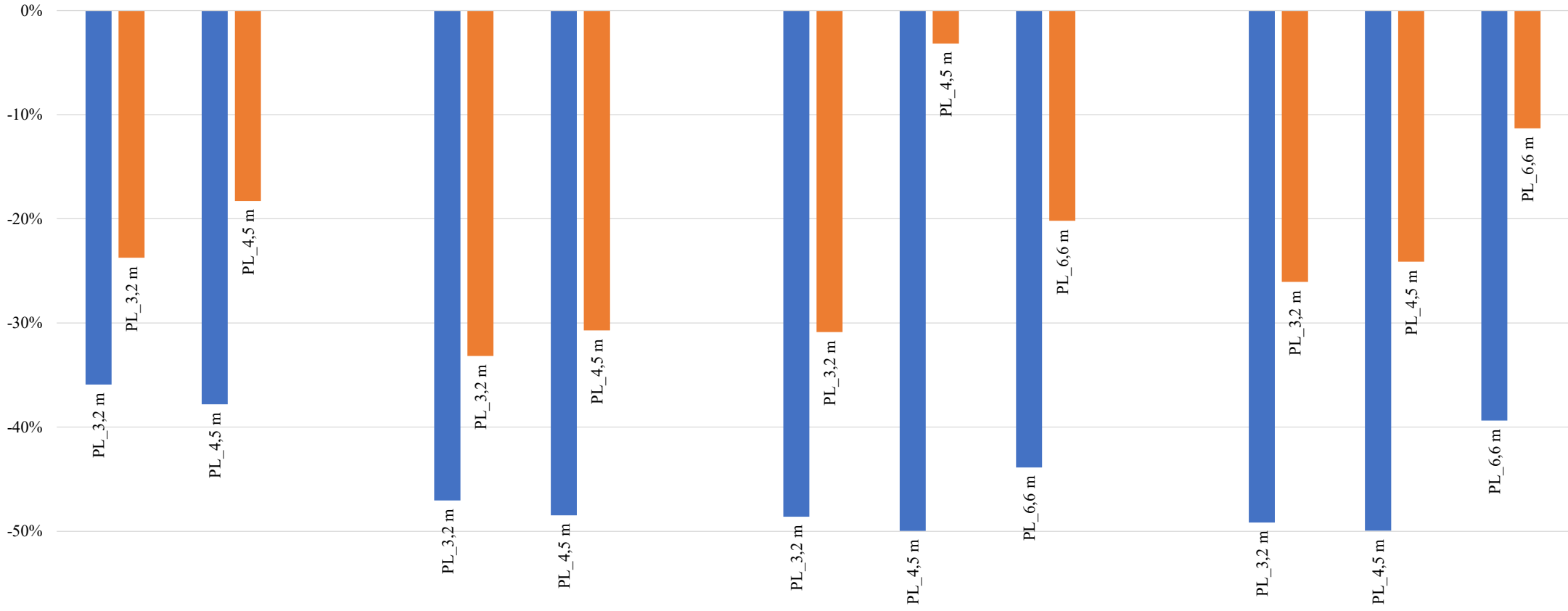


Raspon [m]

### Brza cesta



Brza cesta, razlika max i min My:  
(LM1-LM3)/LM1 [%]



|          | 30   |      |  | 40   |      |  | 50   |      |      | 60   |      |      |
|----------|------|------|--|------|------|--|------|------|------|------|------|------|
| ■ max My | -36% | -38% |  | -47% | -48% |  | -49% | -50% | -44% | -49% | -50% | -39% |
| ■ min My | -24% | -18% |  | -33% | -31% |  | -31% | -3%  | -20% | -26% | -24% | -11% |

Raspon [m]

Poprečni presjeci za autocestu

Raspon = 30 m

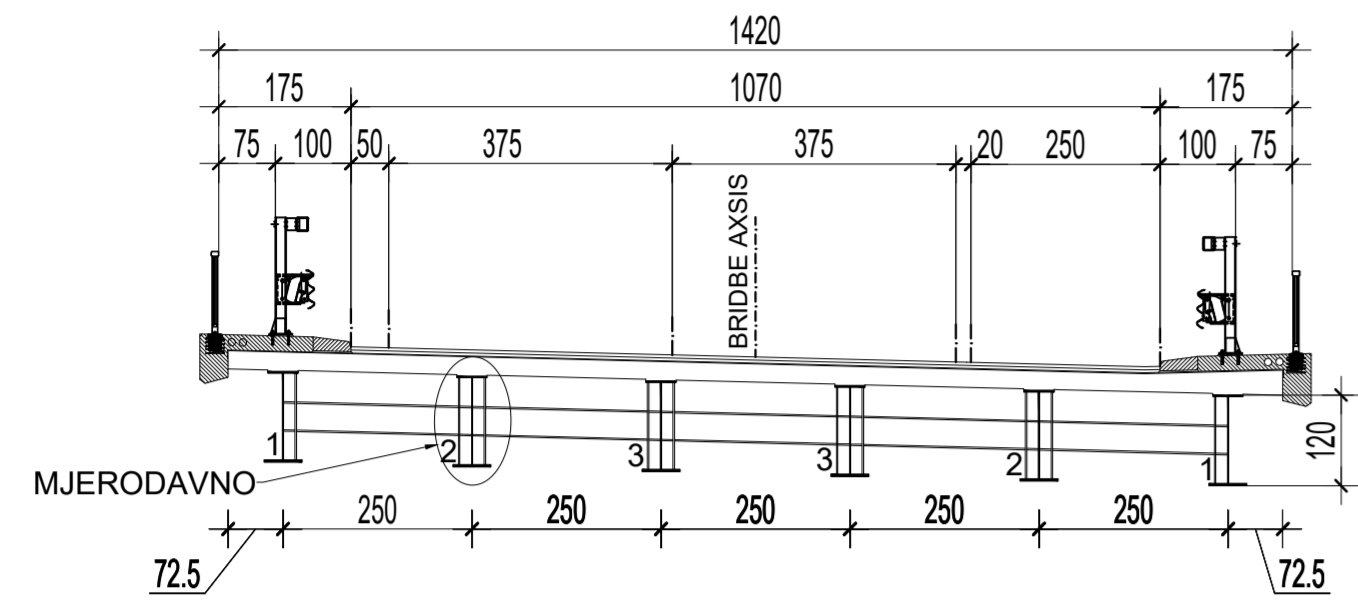
Raspon = 40 m

Raspon = 50 m

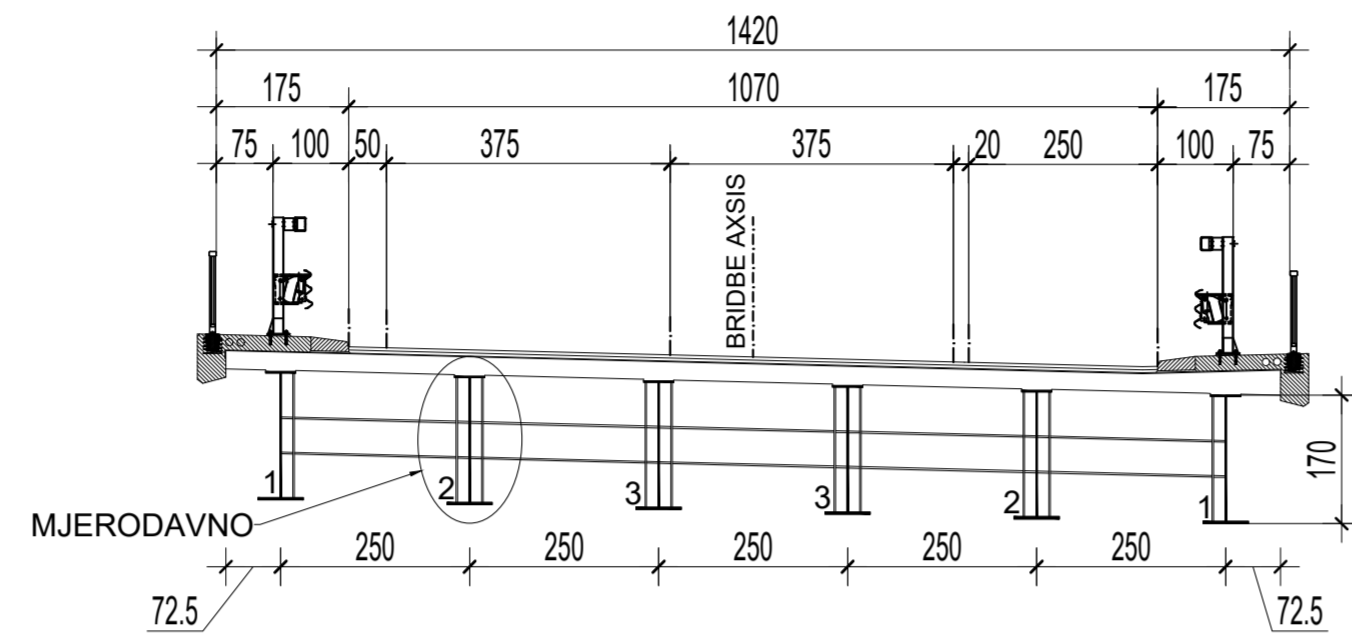
Raspon = 60 m

Razmak glavnih nosača = 2.5 m

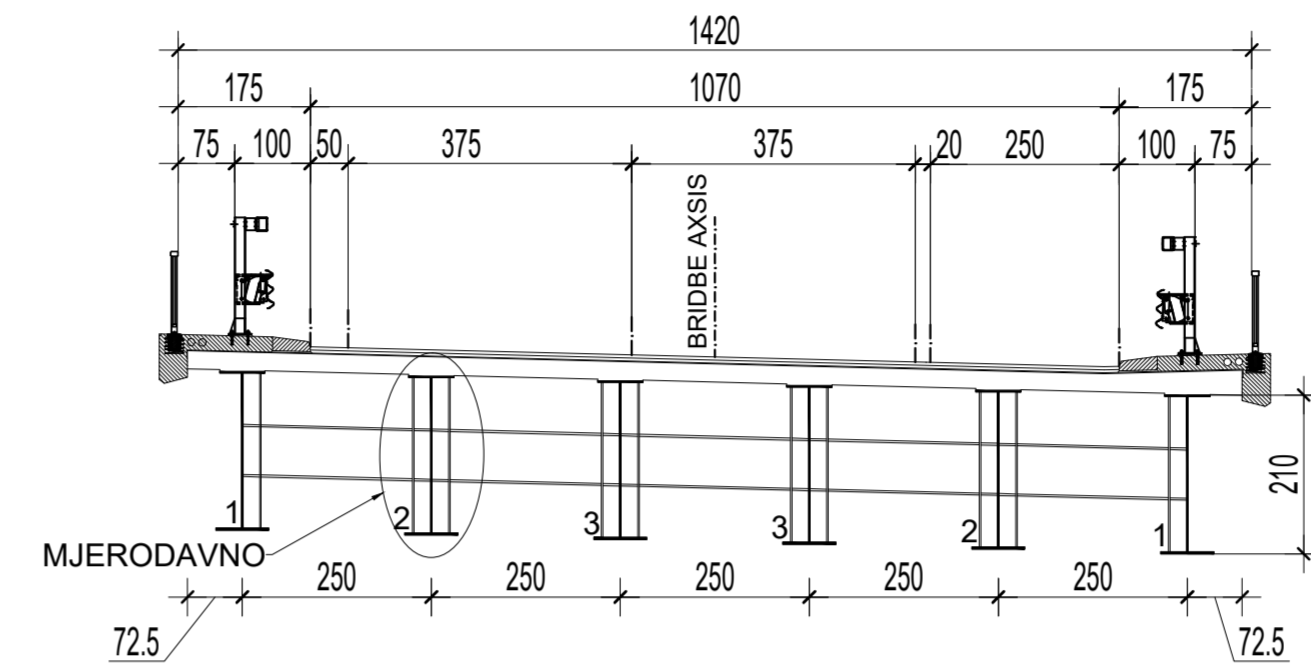
$l_{pl}=2.5$  m, raspon  $L=30$  m,  $b_g=300$  mm,  $b_a=500$  mm, poprečni HEA 400



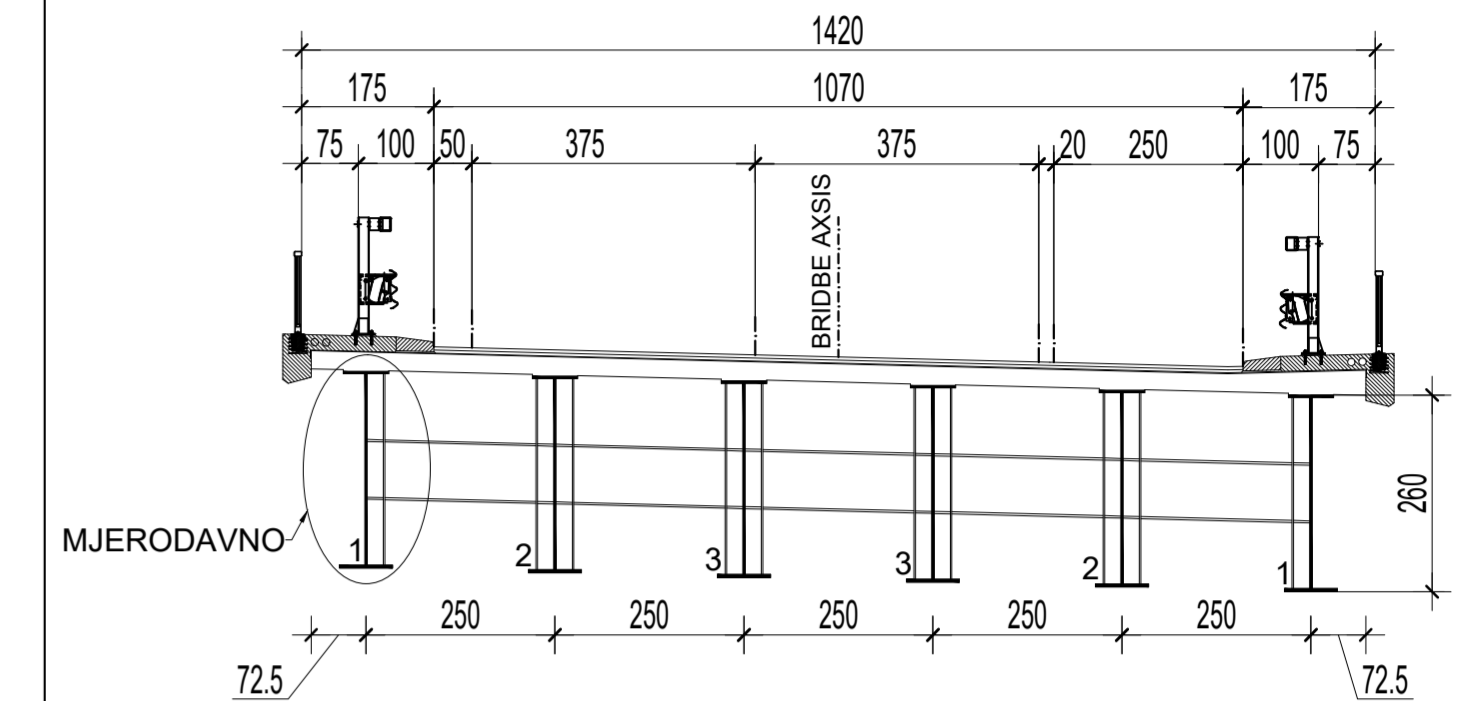
$l_{pl}=2.5$  m, raspon  $L=40$  m,  $b_g=400$  mm,  $b_a=600$  mm, poprečni HEA 500



$l_{pl}=2.5$  m, raspon  $L=50$  m,  $b_g=500$  mm,  $b_a=700$  mm, poprečni HEA 700

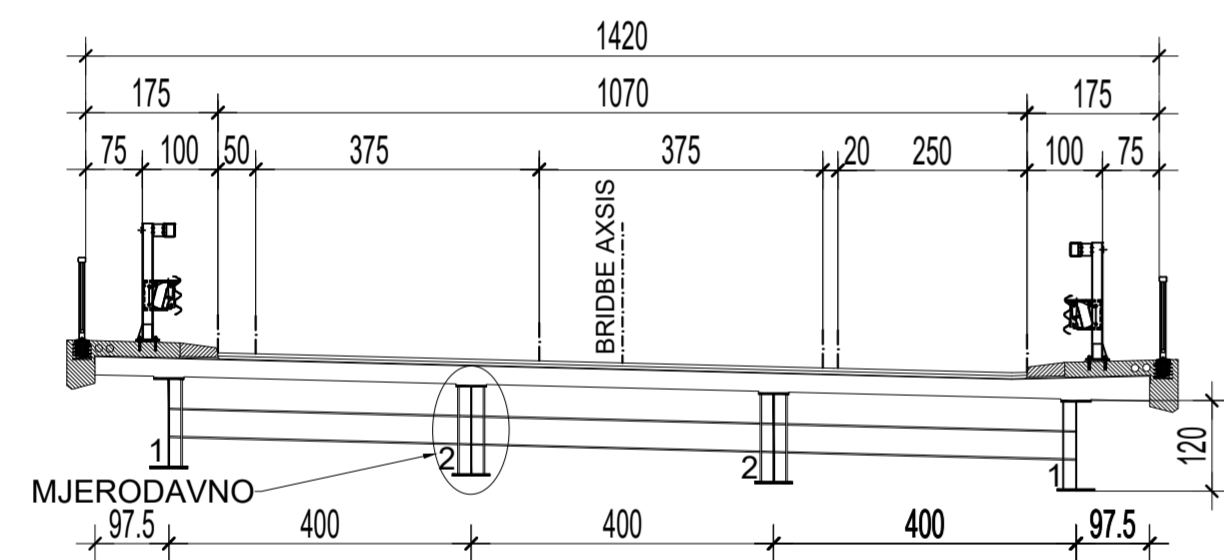


$l_{pl}=2.5$  m, raspon  $L=60$  m,  $b_g=500$  mm,  $b_a=800$  mm, poprečni HEA 800

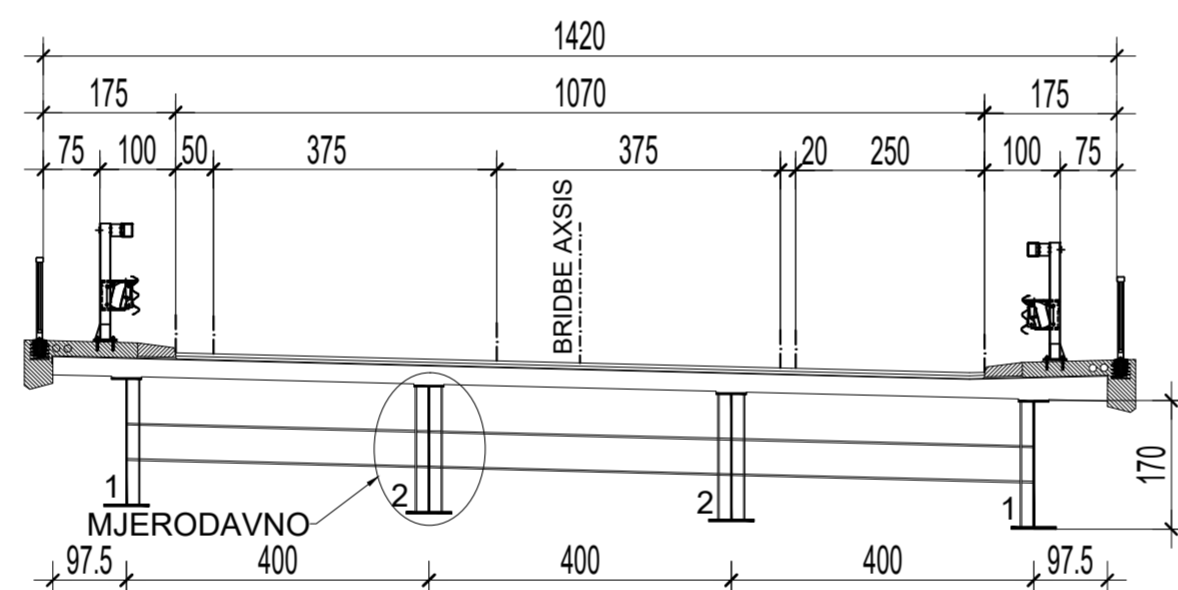


Razmak glavnih nosača = 4.0 m

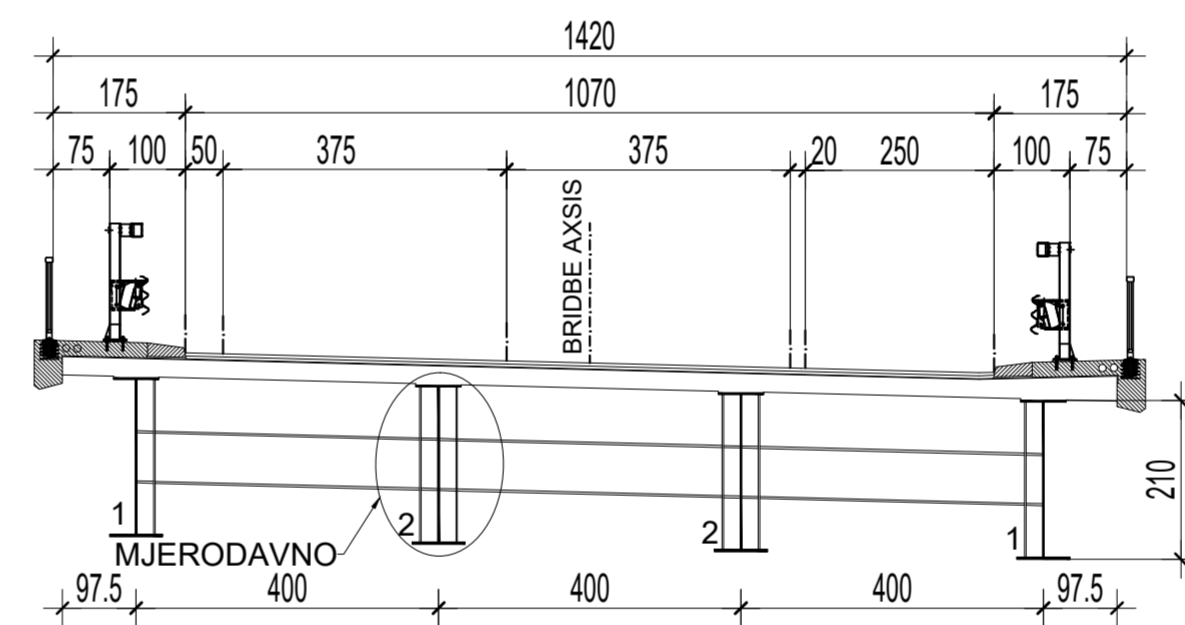
$l_{pl}=4.0$  m, raspon  $L=30$  m,  $b_g=400$  mm,  $b_a=500$  mm, poprečni HEA 400



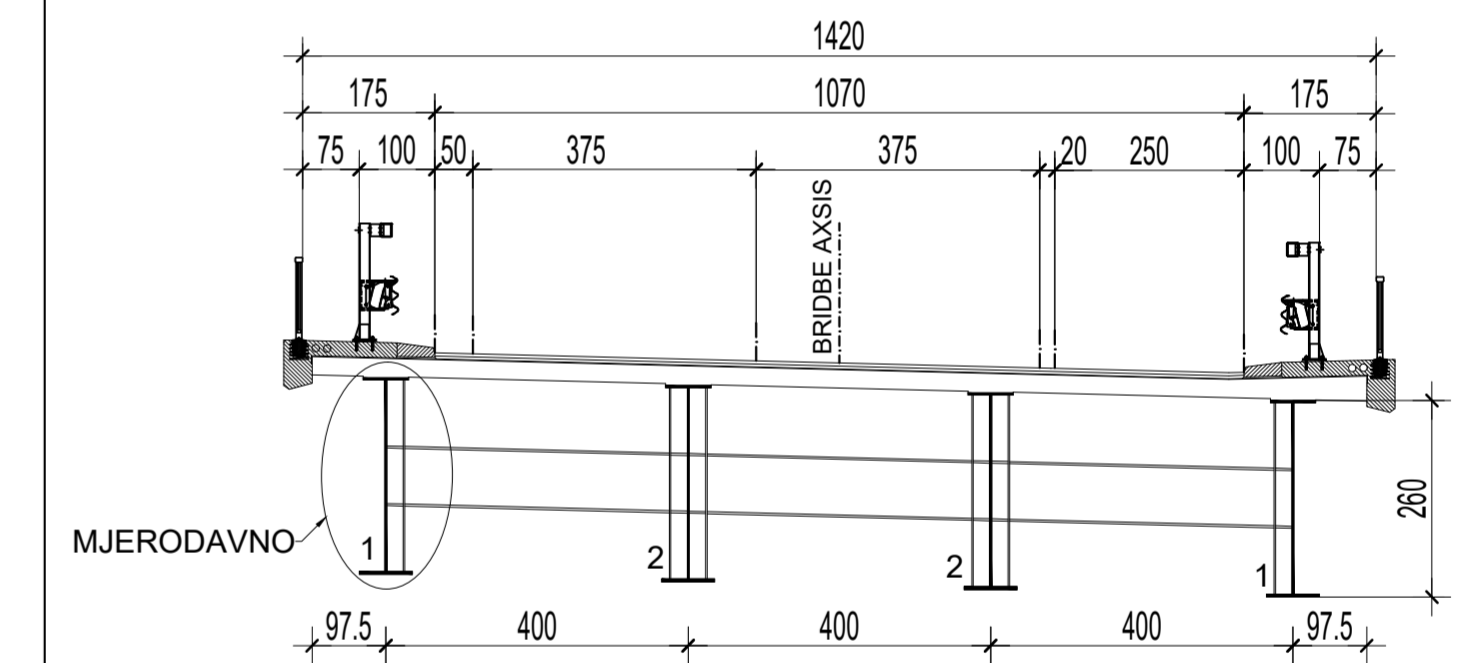
$l_{pl}=4.0$  m, raspon  $L=40$  m,  $b_g=400$  mm,  $b_a=600$  mm, poprečni HEA 500



$l_{pl}=4.0$  m, raspon  $L=50$  m,  $b_g=500$  mm,  $b_a=700$  mm, poprečni HEA 700

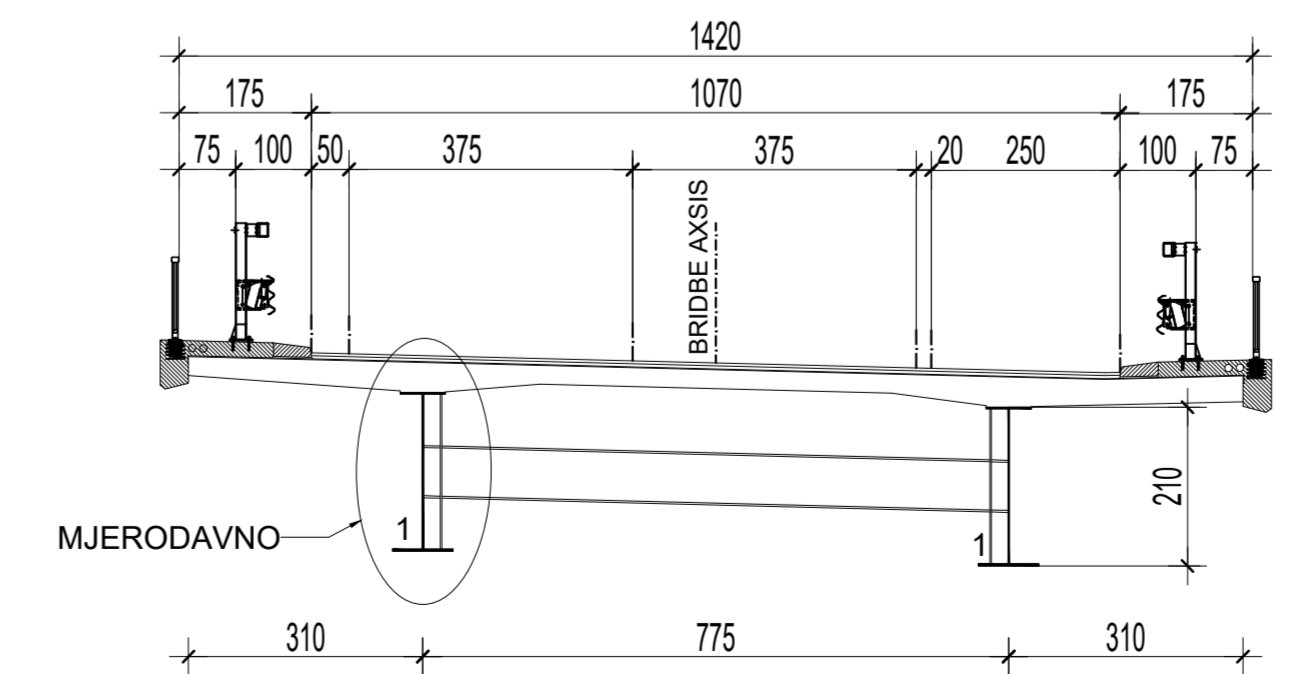


$l_{pl}=4.0$  m, raspon  $L=60$  m,  $b_g=600$  mm,  $b_a=700$  mm, poprečni HEA 800

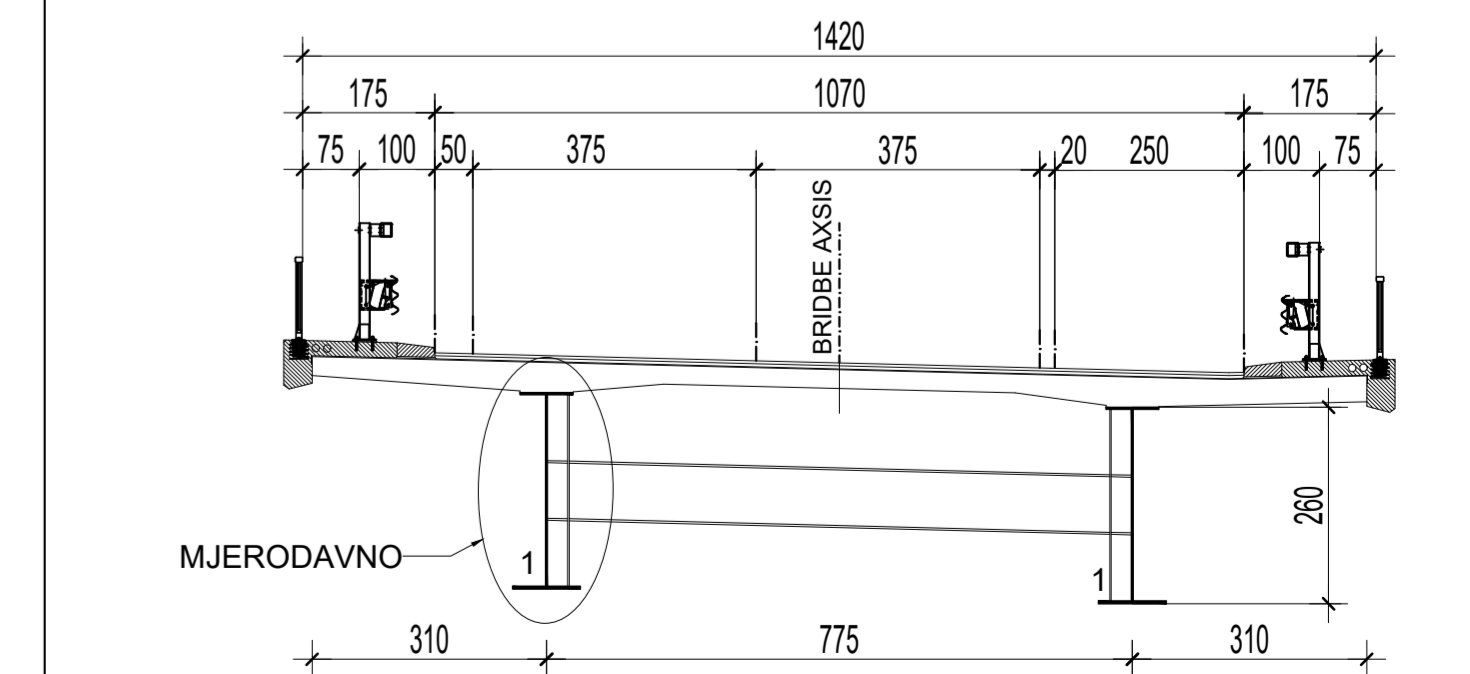


Razmak glavnih nosača = 7.75 m

$l_{pl}=7.75$  m, raspon  $L=50$  m,  $b_g=700$  mm,  $b_a=900$  mm, poprečni HEA 700



$l_{pl}=7.75$  m, raspon  $L=60$  m,  $b_g=700$  mm,  $b_a=900$  mm, poprečni HEA 800



Poprečni presjeci za brzu cestu

|                               | Raspon = 30 m   | Raspon = 40 m   | Raspon = 50 m   | Raspon = 60 m   |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Razmak glavnih nosača = 3.2 m | <p><math>l_{pi}=3.2</math> m, raspon L=30 m, <math>b_g=300</math> mm, <math>b_a=500</math> mm, poprečni HEA 400</p> | <p><math>l_{pi}=3.2</math> m, raspon L=40 m, <math>b_g=400</math> mm, <math>b_a=600</math> mm, poprečni HEA 500</p> | <p><math>l_{pi}=3.2</math> m, raspon L=50 m, <math>b_g=500</math> mm, <math>b_a=700</math> mm, poprečni HEA 700</p> | <p><math>l_{pi}=3.2</math> m, raspon L=60 m, <math>b_g=500</math> mm, <math>b_a=700</math> mm, poprečni HEA 800</p> |
| Razmak glavnih nosača = 4.5 m | <p><math>l_{pi}=4.5</math> m, raspon L=30 m, <math>b_g=400</math> mm, <math>b_a=500</math> mm, poprečni HEA 400</p> | <p><math>l_{pi}=4.5</math> m, raspon L=40 m, <math>b_g=400</math> mm, <math>b_a=600</math> mm, poprečni HEA 500</p> | <p><math>l_{pi}=4.5</math> m, raspon L=50 m, <math>b_g=600</math> mm, <math>b_a=700</math> mm, poprečni HEA 700</p> | <p><math>l_{pi}=4.5</math> m, raspon L=60 m, <math>b_g=600</math> mm, <math>b_a=700</math> mm, poprečni HEA 800</p> |
| Razmak glavnih nosača = 6.6 m |   |   | <p><math>l_{pi}=6.6</math> m, raspon L=50 m, <math>b_g=600</math> mm, <math>b_a=800</math> mm, poprečni HEA 700</p> | <p><math>l_{pi}=6.6</math> m, raspon L=60 m, <math>b_g=700</math> mm, <math>b_a=800</math> mm, poprečni HEA 800</p> |