

# Određivanje protočnog profila kod cestovnog mosta na Gornjem potoku

---

**Butković, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:159169>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-21**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 254/GR/2016**

**Određivanje protočnog profila kod cestovnog mosta na  
Gornjem potoku**

**Ivan Butković, 5670/601**

Varaždin, rujan 2017. godine



# Sveučilište Sjever

**Odjel za Graditeljstvo**

**Završni rad br. 254/GR/2016**

## **Određivanje protočnog profila kod cestovnog mosta na Gornjem potoku**

**Student**

Ivan Butković, 5670/601

**Mentor**

mr. sc. Ivica Mustač, mag. ing. aedif.

Grad, lipanj 2015. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Ivan Butković	MATIČNI BROJ	5670/601
DATUM	14.04.2016.	KOLEGIJ	HIDROLOGIJA
NASLOV RADA	ODREĐIVANJE PROTOČNOG PROFILA KOD CESTOVNOG MOSTA NA GORNJEM POTOKU		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	DEFINITION OF THE CROSS SECTION FLOW IN ROAD BRIDGE ON THE UPPER STREAM		
MENTOR	mr.sc. Ivica Mustač, mag.ing.aedif.	ZVANJE	v. predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Božo Soldo 2. mr.sc. Ivica Mustač, v. predavač 3. dr.sc. Matija Orešković, predavač 4. dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović, predavač 5. dr.sc. Aleksej Aniskin, predavač		

## Zadatak završnog rada

BROJ	254/GR/2016
OPIS	<p>U zadatku je potrebno izvršiti hidrološku analizu sliva Gornjeg potoka i odrediti maksimalne protoke za određene povratne periode (1,5,10,25,50,100 godišnji povratni period) pojave velikih voda na slivu. Temeljem hidrološke analize i hidrauličkog proračuna potrebno je odrediti dimenzije protočnog profila mosta. Također je potrebno u radu odrediti i poprečni presjek srednjeg stupa, sa hidrauličkim proračunom optjecanja. Također potrebno je izvršiti tehnički opis konstruktivnih elemenata mosta i izraditi osnovne nacрте mosta.</p> <p>Rad je potrebno sadržajno pripremiti na sljedeći način:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Uvod,</li><li>2. Hidrološko-hidraulički proračun,</li><li>3. Tehnički opis elemenata mosta,</li><li>4. Nacrт mosta,</li><li>5. Zaključak.</li><li>6. Literatura</li></ol>

ZADATAK URUČEN

21.4.2016.



## Predgovor

Veliku zahvalu prije svega dugujem svome mentoru mr. sc. Ivici Mustaču koji mi je uvelike pomogao pri izradi završnog rada, koji me je svojim savjetima i iskustvom vodio kroz problematiku ovog rada.

Isto tako se zahvaljujem svim svojim kolegama i kolegicama koji su bili uz mene tijekom mog trajanja studiranja i bez kojih studiranje ne bi bilo zanimljivo.

Najveću zahvalnost prije svega dugujem svojim roditeljima koji su me uvijek podržavali i vodili na pravi put, te bez čije podrške danas ne bih bio ovdje.

Jedno veliko HVALA!

## **Sažetak**

Tema ovog završnog rada „Određivanje protočnog profila kod cestovnog mosta“ bila je projektiranje, tj. određivanje protočnog profila na mostu koji će se izgraditi u Murskoj ulici u Murskom Središću. Na Gornjem potoku već postoji stari most, ali odlukom nadležnih institucija ići će se ipak na izradu novog mosta nešto uzvodnije od postojećeg mosta. Prilikom projektiranja mosta, tj. protočnog profila važno je voditi računa da se most, odnosno protočni profil isprojektira na način da će zadovoljavati sve uvjete.

Ključne riječi: Gornji potok, Srebrenovićeve formula, Hipsometrijska krivulja, protočni profil, most.

## **Abstract**

The subject of this paper „Definition of the cross section flow in road bridge of the upper stream“ is projecting that is defining cross section flow in the roadbridge, which is meant to build in Murskoj street at the town of Mursko Središće. On the upper pond there is already an old bridge, but because of the decision made by the competent institutions they will going to build a new bridge a little bit up stream. While projecting the bridge that is the cross section, we have to pay attention that the bridge that is cross section meet the proper requirements.

Key words: upper pond, the Srebrenović formula, hipsometric curve, cross section flow, bridge

## Popis korištenih kratica

m - metar

$m^3$  - metar kubni

$m^2$  - metar kvadratni

$km^2$  - kilometar kvadratni

P - povratno razdoblje

F - površina

O - opseg sliva

U - udaljenost težišta sliva do protjecajnog profila

m.n.m - metara nad morem

$m^3/s$  - metar kubni po sekundi

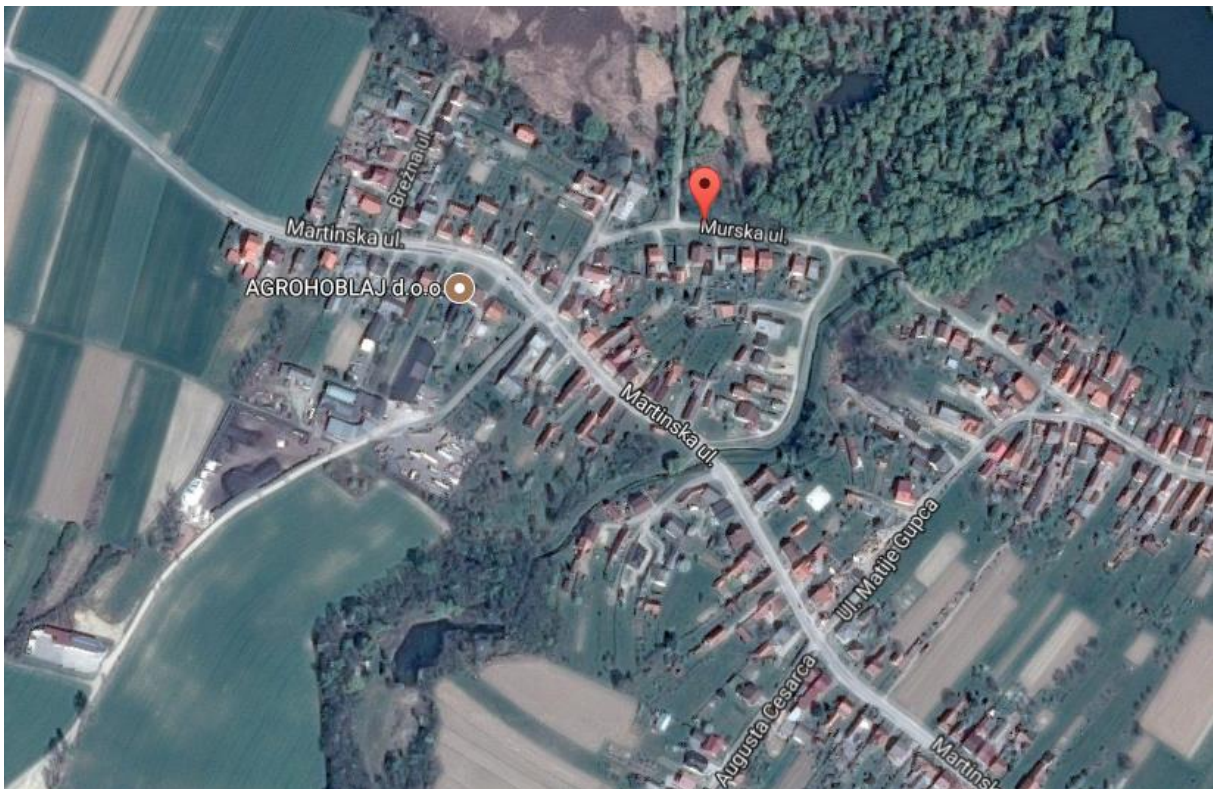
## Sadržaj

1.Uvod.....	1
2.Hidrološki proračun sliva.....	2
2.1. Uvod u hidrološki proračun.....	2-4
2.2. Obrada podataka potrebnih za hidrološki proračun.....	5-8
2.3. Hidrološki proračun sliva.....	9-10
3.Hidraulički proračun sliva.....	11
3.1 Obrada podataka protočnog profila.....	11-15
3.2Određivanje uspora mosta.....	16-20
3.3 Određivanje poprečnog presjeka stupa .....	20-21
4.Tehnički opis mosta.....	22-23
5.Nacrti mosta	
5.1 Uzdužni presjek mosta.....	24
5.2 Poprečni profil mosta.....	25
5.3Situacijski nacrt.....	26
6.Zaključak.....	27
7.Popis slika.....	28
8.Literatura.....	29



## 1. Uvod

Potoku „Gornji potok“ izvorište je u gornjem Međimurju, a kroz općinu Mursko Središće protječe u sjeveroistočnom dijelu i na koncu se ulijeva u rijeku Muru, te zbog toga možemo reći da Gornji potok pripada crnomorskom slivu. Problematika kojom sam se bavio tijekom ovog završnog rada je prijedlog, tj. izrada nacрта mosta te projektiranje protočnog profila na budućem mostu koji se planira izgraditi uzvodno od već postojećeg mosta na potoku. Prilikom projektiranja protočnog profila bilo je potrebno paziti, tj. projektirati takav propust da će moći propustiti maksimalnu količinu vode od stogodišnjeg povratnog perioda. Zašto to naglašavam? Naime, za projektiranje hidrotehničkih građevina u koju spada i most, tj. njegov propust, kao relevantni podatci s kojima se ulazi u proračune smatraju se podatci od stogodišnjeg povratnog perioda, jer se za projektiranje hidrotehničkih građevina radi sa stupnjem sigurnosti od 1%, što odgovara povratnom razdoblju od 100 godina.



Slika 1.1: Satelitska snimka Gornjeg potoka. Izvor: Google maps 2017.

## 2. Hidrološki proračun sliva

### 2.1 Uvod u hidrološki proračun

U ovom poglavlju naglasak će biti na određivanju maksimalnih protoka za određeno povratno razdoblje. U ovom slučaju to će biti povratno razdoblje od 1, 5, 10, 25, 50 te 100 godina.

Za određivanje maksimalnog protoka najbolje je koristiti empirijsku formulu od Srebrenovića, tzv. Srebrenovićevu formulu za male slivove.

Srebrenovićeva formula za male slivove izvedena je na temelju racionalne formule, a zbog dobro određenih odnosa karakterističnih parametara o kojima ovisi otjecanje vode preporučljiva je za praktičnu primjenu. Maksimalni protoci različitih povratnih razdoblja definirani su izrazom:

$$Q = 0.48 * \frac{\alpha}{(\beta * \omega)} * F^{0.96} * \psi * S^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (1)$$

U izrazu za maksimalni protok F predstavlja površinu promatranog sliva te mu je mjerna jedinica (km<sup>2</sup>).

$\alpha$  je otjecajni koeficijent koji se za prosječne godišnje oborine do 1000 mm u sjeverozapadnoj Hrvatskoj može odrediti prema formuli:

$$\alpha = 0,895 - \frac{405}{H} \dots \dots \dots (2)$$

gdje H predstavlja godišnju količinu oborina za to područje.

$\beta$  faktor ovisan je o propusnosti, pošumljenosti i sl., a njegove se vrijednosti kreću u granicama:  $\beta = 1 - 3$ . Za slabo propusna i slabo obraštena tla  $\beta$  je bliže jedinici, a za propusna i obraštena tla  $\beta$  teži prema vrijednosti 3.

Veličina  $\psi$  iz izraza definirana je izrazom:

$$\psi = [H * (1 + 1.5 * \log P)]^{0.57} * S^{0.43} \dots \dots \dots (3)$$

gdje je P (godina) povratno razdoblje.

S (m/km) iz izraza (3) je pad sliva određen izrazom:

$$S = \frac{2\Delta A}{L} \dots\dots\dots(4)$$

$\Delta A$  je razlika između srednje nadmorske visine sliva  $A_0$  koja se određuje iz hipsometrijske krivulje i kote protjecajnog profila A.

$$\Delta A = A_0 - A \dots\dots\dots(5)$$

Za određivanje pada sliva potrebno je izraditi hipsometrijsku krivulju, a to će biti prikazano u daljnjem dijelu rada.

$\omega$  je veličina određena izrazom:

$$\omega = 1 + \frac{\tau_2}{\tau_1} \dots\dots\dots(6)$$

gdje je:

$\tau_1$  vrijeme površinskoga sabiranja:

$$\tau_1 = \frac{20 \cdot \beta}{[H(1 + 1,5 \log p)]^{0,57} S^{0,43}} \dots\dots\dots(7)$$

$\tau_2$  vrijeme tečenja duž vodotoka:

$$\tau_2 = 2,6 \left( \frac{F}{S} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(8)$$

Spomenuta hipsometrijska krivulja prikazuje odnos površina smještenih između pojedinih izohipsa.

$L_1$  (km) je dulja stranica zamjenjujućeg pravokutnika, čija je površina jednaka površini sliva:

$$L_1 = \sqrt{\frac{F(2-K)}{K}} \dots\dots\dots(9)$$

Kraća stranica zamjenjujućega pravokutnika  $L_2$  (km) je:

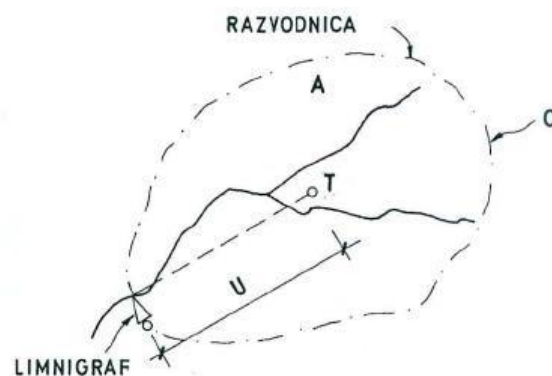
$$L_2 = \sqrt{\frac{F \cdot K}{2-K}} \dots\dots\dots(10)$$

K je koeficijent koncentriranosti sliva definiran Srebrenovićevim izrazom:

$$K = \frac{2 \cdot F}{O \cdot U} \dots\dots\dots(11)$$

U gornjim izrazima O (km) je opseg sliva, a U (km) je udaljenost težišta sliva od protjecajnog profila.

Oblik sliva utječe na veličinu i trajanje hidrograma vodnih valova. Tako o obliku sliva ovisi koncentracija vode, pa se zbog toga utjecaj oblika sliva opisuje koeficijentom koncentriranosti sliva.

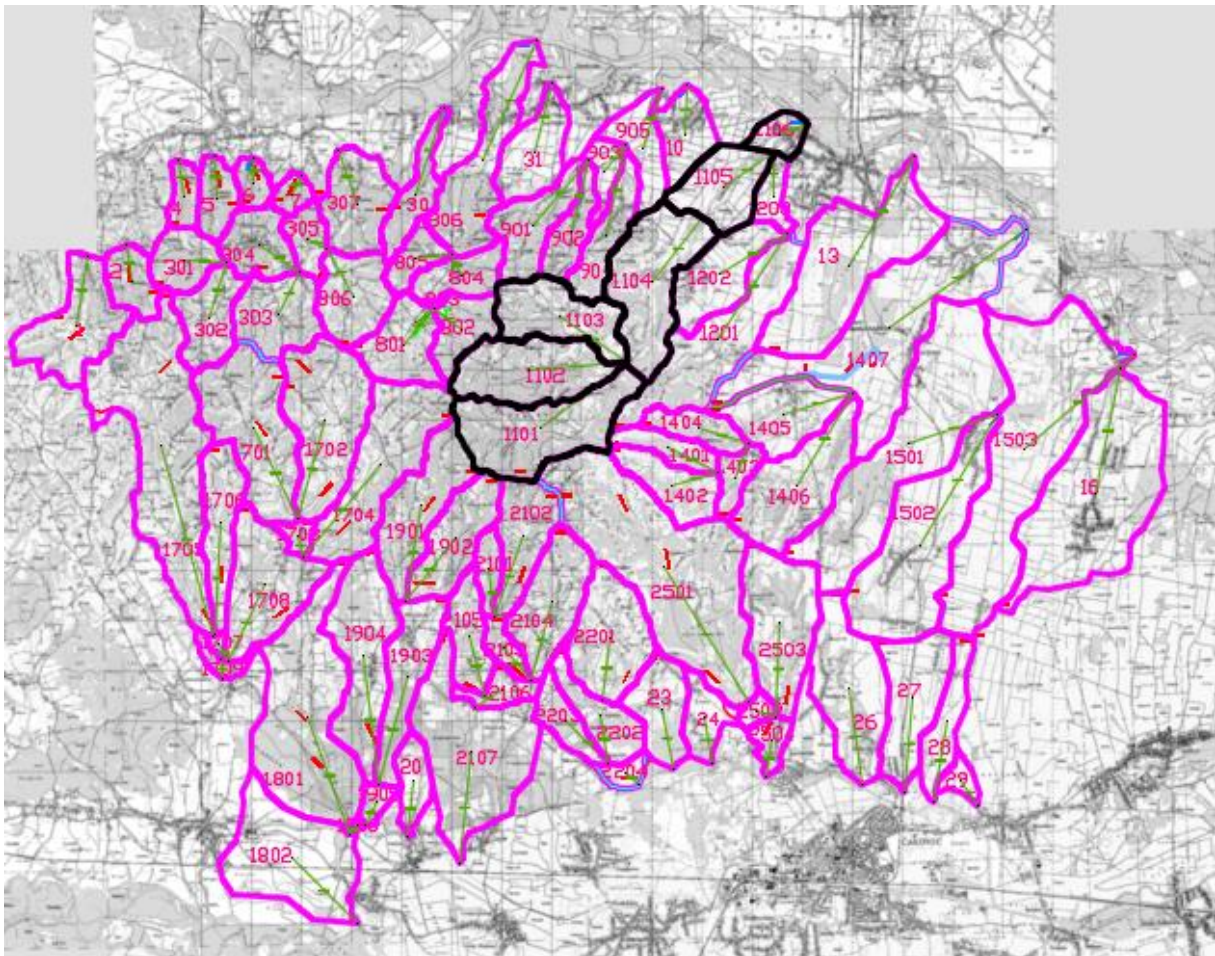


Slika 1.2: Osnovni primjer sliva; izvor: Srebrenović: Primjenjiva hidrologija

Na slici 1. razvodnica je granična linija koja dijeli susjedne slivove, dok je limnigraf područje na kojem se iščitava visina vode, O je već spomenuti opseg sliva, a U udaljenost težišta sliva do protjecajnog profila, točnije do limnigrafa.

## 2.2 Obrada podataka potrebnih za hidrološki proračun

### Sliv gornji potok



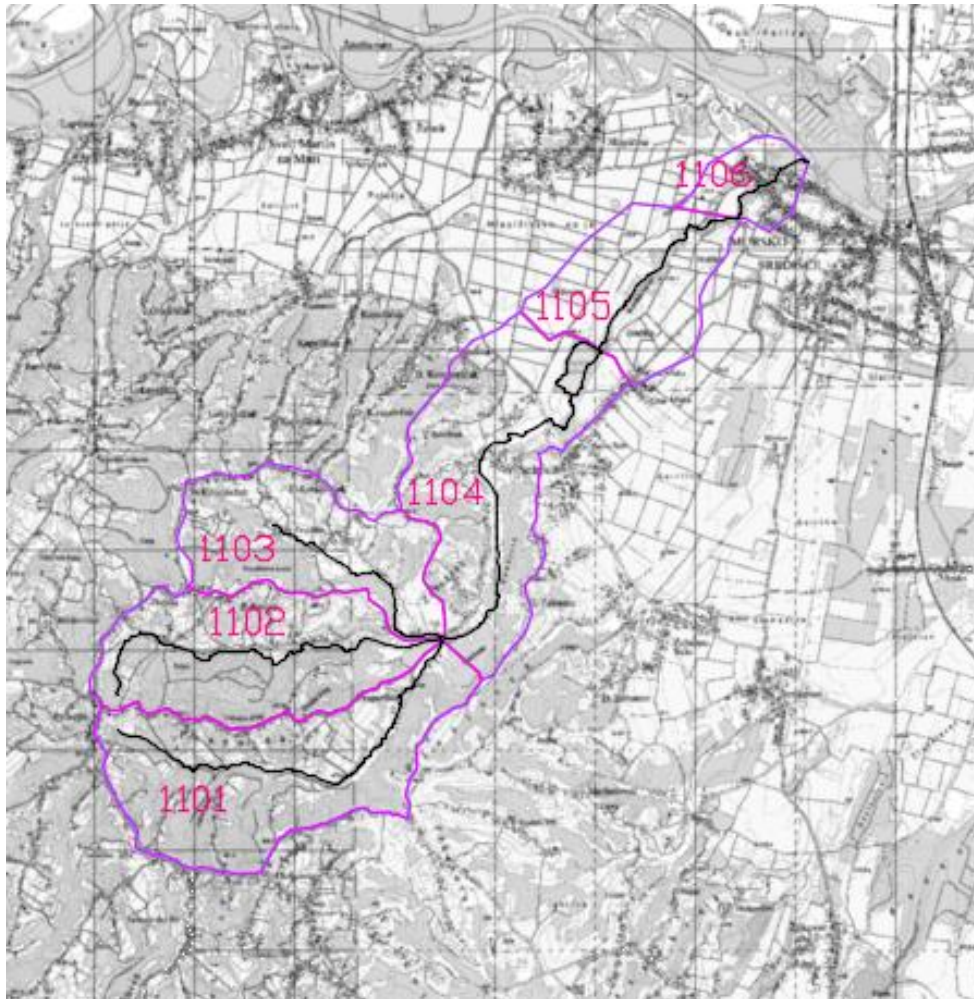
Slika 2.1: Sliv Gornji potok; izvor: autor

Sliv je područje čije površinsko otjecanje ima odljev vode. U širem smislu sliv predstavlja sve one komponente površine s kojih voda ulazi u jezera ili mora. Ako bi se išlo sužavati pojam sliva, došlo bi se do zaključka da je sliv površina s koje se voda slijeva prema nekom sabiraču (recipijentu), tj. u sam vodotok. Vodne količine koje dođu do vodotoka, tj. koje se saliju u vodotok, promatraju se u točki protjecajnog profila proučavanog vodotoka.

Povratno razdoblje je dugoročan interval vremena ili broj godina u kojem će se jedna pojava (oborina) dogoditi, s tim da se može očekivati da se dogodi odstupanje od predviđenog za to razdoblje. Koje će se razdoblje primijeniti ovisi o stupnju sigurnosti koje se želi ostvariti za



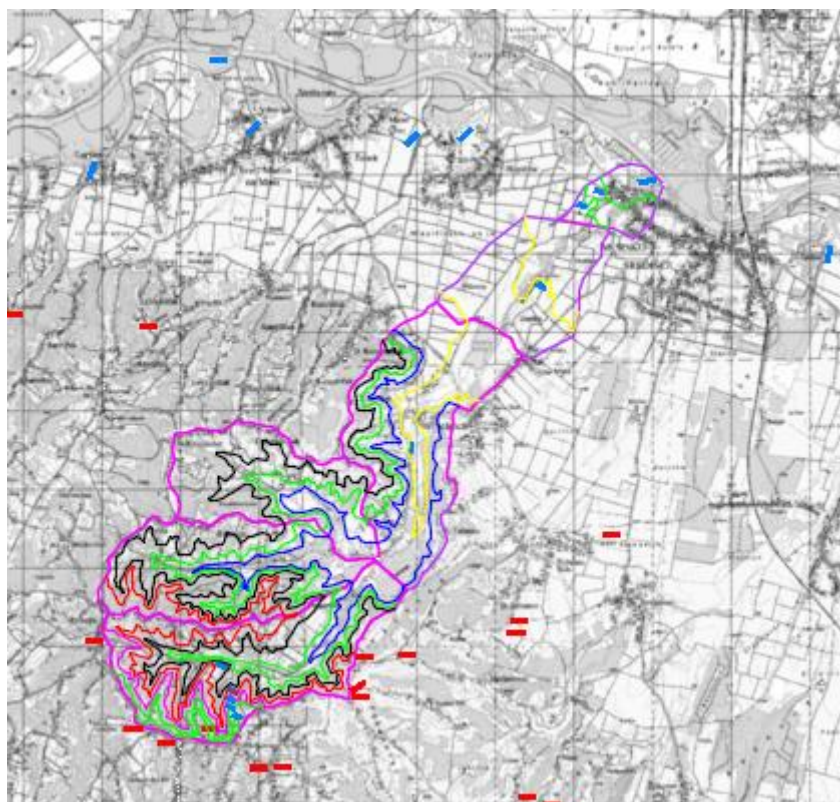
neki objekt ili zahvat u slivu. Hidrotehničke građevine najčešće se proračunaju sa stupnjem sigurnosti od 1% što odgovara povratnom periodu, tj. razdoblju od 100 godina.



Slika 2.2: Sliv u granicama promatranja; izvor: autor

Povšina sliva koji se sastoji od područja 1101-1106 iznosi  $17.88 \text{ km}^2$ , dok opseg sliva iznosi 25.52 km. Za potrebe određivanja koeficijenta koncentriranosti sliva potrebno je odrediti težište sliva te očitati udaljenost od težišta do protjecajnog profila. U ovom slučaju to je samo ušće Gornjeg potoka u rijeku Muru. U spomenutom primjeru udaljenost težišta od promatrane točke (ušća) iznosi 5.73 km.

## Izrada hipsometrijske krivulje

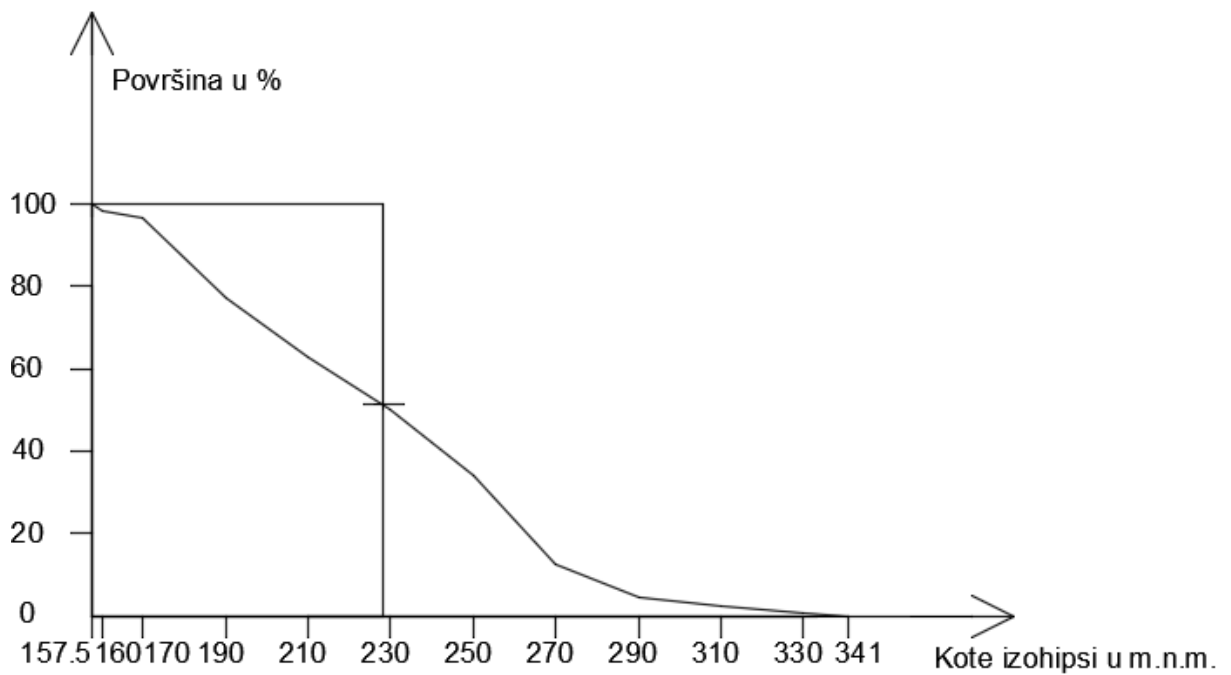


Slika 2.3: Promatrani sliv s naglašenim izohipsama; izvor: autor

Za izradu hipsometrijske krivulje potrebne su dvije stvari, a to su površine između izohipsi te nadmorske visine tih istih izohipsa. Kad se pretpostave ta dva podatka, može se pristupiti izradi krivulje.

KOTE IZOHIPSI m.n.m	POVRŠINA IZMEĐU IZOHIPSI km2	UDIO U UKUPNOJ POVRŠINI %
341-330	0.11	0.63
330-310	0.32	1.79
310-290	0.39	2.18
290-270	1.44	8.05
270-250	3.85	21.53
250-230	2.89	16.16
230-210	2.20	12.30
210-190	2.59	14.49
190-170	3.46	19.35
170-160	0.34	1.90
160-157.50	0.29	1.62

Tablica 1: određivanje površina između izohipsi



Slika 2.4: Hipsometrijska krivulja; izvor: Autocad

#### Postupak:

Na horizontalnu os nanosi se nadmorska visina izohipsi, dok se na vertikalnu os nanosi udio u površini cjelokupnog sliva. Nakon toga se odredi površina ispod krivulje te se izrađuje tzv. fiktivni pravokutnik čija površina mora biti identična površini koja se nalazi ispod same krivulje. Točka u kojoj se sijeku fiktivni pravokutnik i krivulja je točka koju očitavamo na grafu te s kojom ulazimo u proračun u Srebrenovićevu formulu. U ovom slučaju za sliv Gornji potok srednja visina sliva nakon očitavanja s grafa iznosi 228,28 m.n.n.



### 2.3 Hidrološki proračun sliva Gornji potok

Da bi se krenulo u izračun protoka za neko povratno razdoblje, potrebno je znati sljedeće stvari:

A - površina sliva ( $km^2$ )

O - opseg sliva (km)

U - udaljenost težišta od promatrane točke (km)

H - prosječna količina godišnjih oborina (m)

k - koeficijent koncentriranosti sliva

L - duljina fiktivnog pravokutnika (iščitavanje prilikom izrade hipsometrijske krivulje) (km)

l - širina fiktivnog pravokutnika (iščitavanje prilikom izrade hipsometrijske krivulje) (km)

A - apsolutna visina sliva (m.n.m)

As - apsolutna srednja visina sliva (m.n.m)

$\Delta A$  - visinska razlika između apsolutne visine sliva i srednje apsolutne visine sliva (m.n.m)

S - pad sliva

P - povratni period

Određivanje protoka za povratni period od jedne godine:

F	O	U	H	k	L	l	A	AS	$\Delta A$	S
$km^2$	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48
P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q			
godina			sati	sati			$m^3/s$			
1	3	0.445	21.52	2.93	1.14	2.79	8,76			

Određivanje protoka za povratni period od pet godina:

F	O	U	H	k	L	l	A	AS	$\Delta A$	S
$km^2$	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48
P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q			
godina			sati	sati			$m^3/s$			
5	3	0.445	14.30	2.93	1.20	4.19	12.68			

Određivanje protoka za povratni period od deset godina:

F	O	U	H	k	L	I	A	AS	$\Delta A$	S
km <sup>2</sup>	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48

P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q
godina			sati	sati			m <sup>3</sup> /s
10	3	0.445	12.77	2.93	1.23	4.70	13.95

Određivanje protoka za povratni period od dvadeset i pet godina:

F	O	U	H	k	L	I	A	AS	$\Delta A$	S
km <sup>2</sup>	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48

P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q
godina			sati	sati			m <sup>3</sup> /s
25	3	0.445	11.29	2.93	1.23	4.20	15.04

Određivanje protoka za povratni period od pedeset godina:

F	O	U	H	k	L	I	A	AS	$\Delta A$	S
km <sup>2</sup>	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48

P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q
godina			sati	sati			m <sup>3</sup> /s
50	3	0.445	9.85	2.93	1.29	6.09	17.37

Određivanje protoka za povratni period od sto godina:

F	O	U	H	k	L	I	A	AS	$\Delta A$	S
km <sup>2</sup>	km	km	m		km	km	m.n.j.m.	m.n.j.m.	m	m/km
17.88	25.52	5.73	0.90	0.25	11.34	1.56	228.28	157.50	70.78	12.48

P	$\beta$	$\alpha$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\omega$	$\psi$	Q
godina			sati	sati			m <sup>3</sup> /s
100	3	0.445	9.76	2.93	1,3	6.14	17.49

### 3. Hidraulički proračun sliva Gornji potok

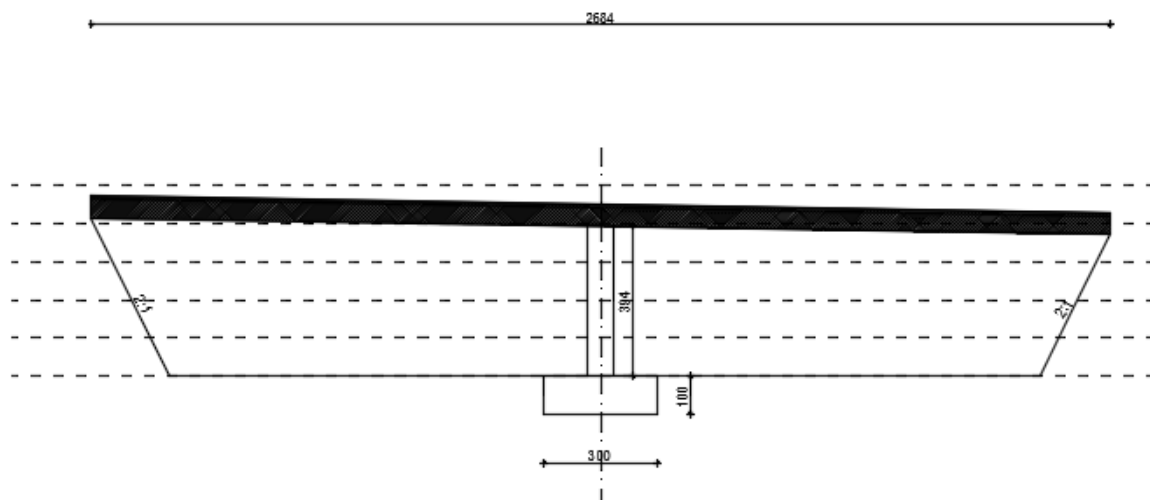
#### 3.1 Obrada podataka protočnog profila

Nakon određivanja maksimalnog protoka za određene povratne periode, na red je došao drugi dio hidrološkog proračuna, a to je dokazivanje da projektirani protočni propust može podnijeti maksimalni protok od stogodišnjeg povratnog perioda. Kako je već naglašeno, sve hidrotehničke građevine projektiraju se sa stupnjem sigurnosti od 1%, što odgovara povratnom periodu od 100 godina.

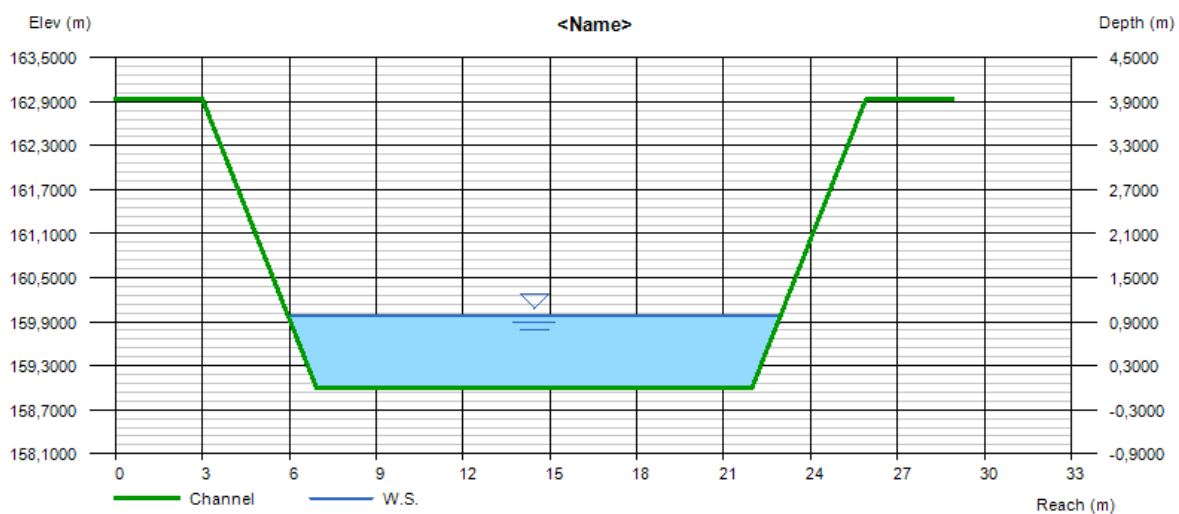
Za drugi dio proračuna upotrijebljen je program koji je sastavni dio Autocada, a zove se Hydraflow express. Program se bazira na Manningovoj formuli.

Za ulazak u proračun potrebno je znati dimenzije protočnog profila:

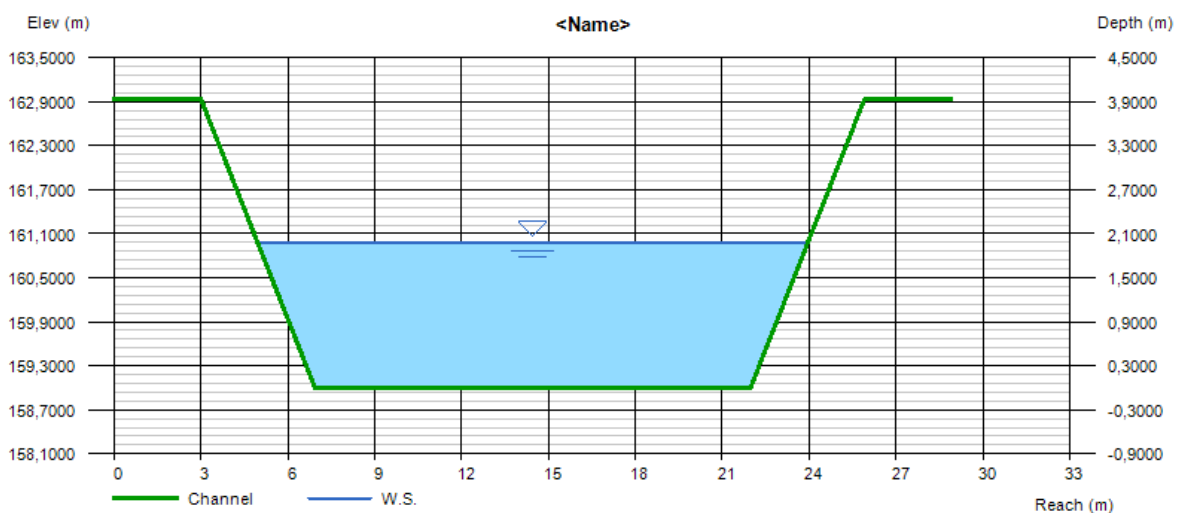
- širinu dna profila koja u ovom slučaju iznosi 15.04 m
- najveću dubinu profila 3.94 m
- nagib profila
- Manningov koeficijent koji ovisi o karakteristikama terena, u ovom slučaju  $n=0.15$
- kotu terena dna profila
- nagib pokosa profila 1.5:1.0



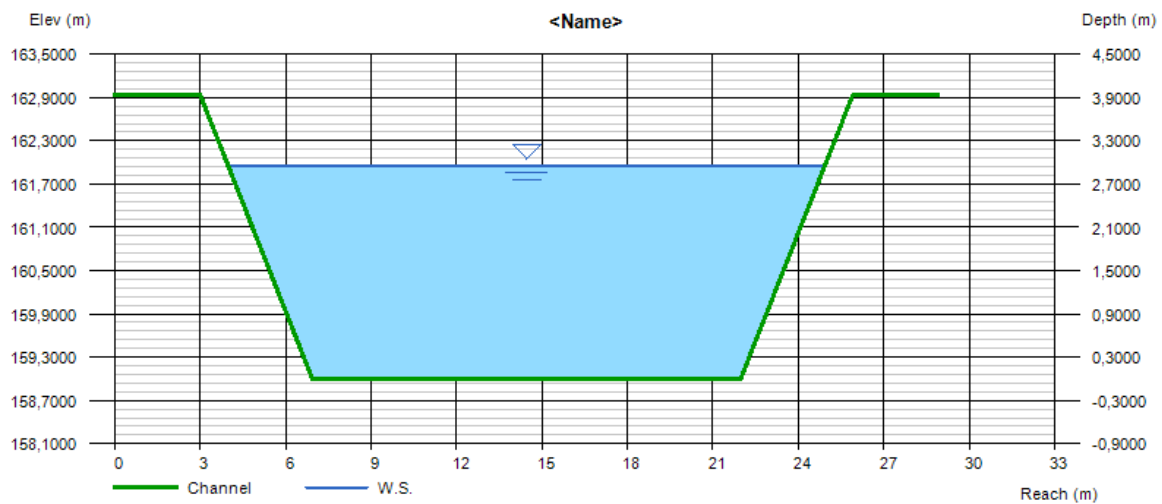
Slika 3.1: Presjek protočnog profila; izvor: Autor



Slika 3.2: Protok koji profil može propustiti na 0.98m dubine, a to je  $Q=15.35 \text{ m}^3/\text{s}$ ; izvor: Hydraflow express



Slika 3.3: Protok koji profil može propustiti na 1.97m dubine, a to je  $Q=48.87 \text{ m}^3/\text{s}$ ; izvor: Hydraflow express

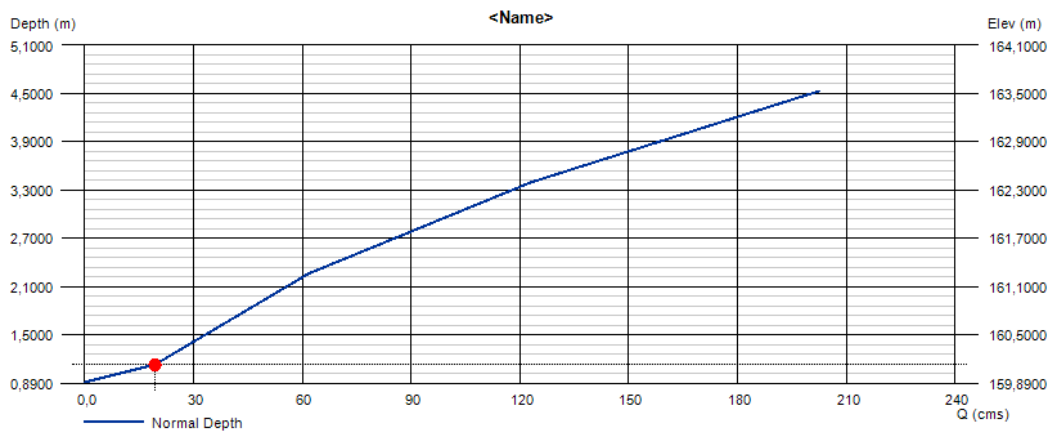


Slika 3.4: Protok koji profil može propustiti na 2.96 m dubine, a to je  $Q=96.96 \text{ m}^3/\text{s}$  ; izvor: Hydraflow express

Depth (m)	Q (cms)	Area (sqm)	Veloc (m/s)	Wp (m)	Yc (m)	TopWidth (m)	Energy (m)
0,9850	15,35	15,78	0,9724	17,8260	0,4694	17,0100	1,0332
1,9700	48,87	33,51	1,4583	20,6120	1,0028	18,9800	2,0785
2,9550	96,96	53,18	1,8234	23,3980	1,5636	20,9500	3,1246
3,9400	158,8	74,78	2,1236	26,1840	2,1428	22,9200	4,1700

Slika 3.5: Proračun; izvor: Hydraflow express

Prilikom proračuna maksimalnog protoka za povratno razdoblje od 100 godina i dobivanja iznosa od  $17.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , drugi dio proračuna nije ništa drugo nego dokazivanje da kroz profil datih dimenzija može proći maksimalni protok od povratnog perioda od 100 godina. Ako profil može provesti protok od 100-godišnjeg povratnog razdoblja znači da profil zadovoljava uvjete, a ako ne, onda je potrebno ponovno projektirati veći propusni profil koji će zadovoljavati potrebe 100-godišnjeg povratnog perioda.



Slika 3.6: P-krivulja; izvor: Hydraflow express

#### Zaključak:

Kako je proračun u kojem je korištena Srebrenovićeva formula dao rezultate, koji govore da je maksimalni protok za povratni period od 100 godina  $Q=17.49 \text{ m}^3/\text{s}$ , a protočni profil projektiran na visinu od 3.94 m, iz P-krivulje se jasno vidi da već visina od 1.97 m može provesti  $Q=48.87 \text{ m}^3/\text{s}$ , dakle može se zaključiti da protočni profil zadovoljava sve uvjete.

### 3.2 Određivanje uspora mosta

Objekt se obično projektira da bude funkcionalan u uvjetima određenog protoka, ali on također mora biti siguran u širem pogledu mogućih hidroloških pojava. Podatci o protoku se dobivaju mjerenjem ili računanjem. Najčešće se analiza zasniva na podacima mjerenja na hidrauličnoj mjernoj postaji, ili simulacijama pomoću hidroloških modela, kao i podacima iz povijesti, a koji se tiču poplava za promatrani teren.

Proračun uspora mosta je neophodna komponenta u projektu mosta, jer se na osnovu njega određuje visinski položaj konstrukcije. Osim hidrauličkog proračuna, kojim se definiraju i parametri potrebni za dimenzioniranje mjera zaštite, u okviru projekta ulazi i proračun deformacije korita.

Proračun uspora mosta radi se korištenjem Bernulijeve jednadžbe. Da bi se izbjeglo iterativno rješavanje, u praksi se koriste jednostavni postupci uz korištenje pomoćnih dijagrama koji se odnose na:

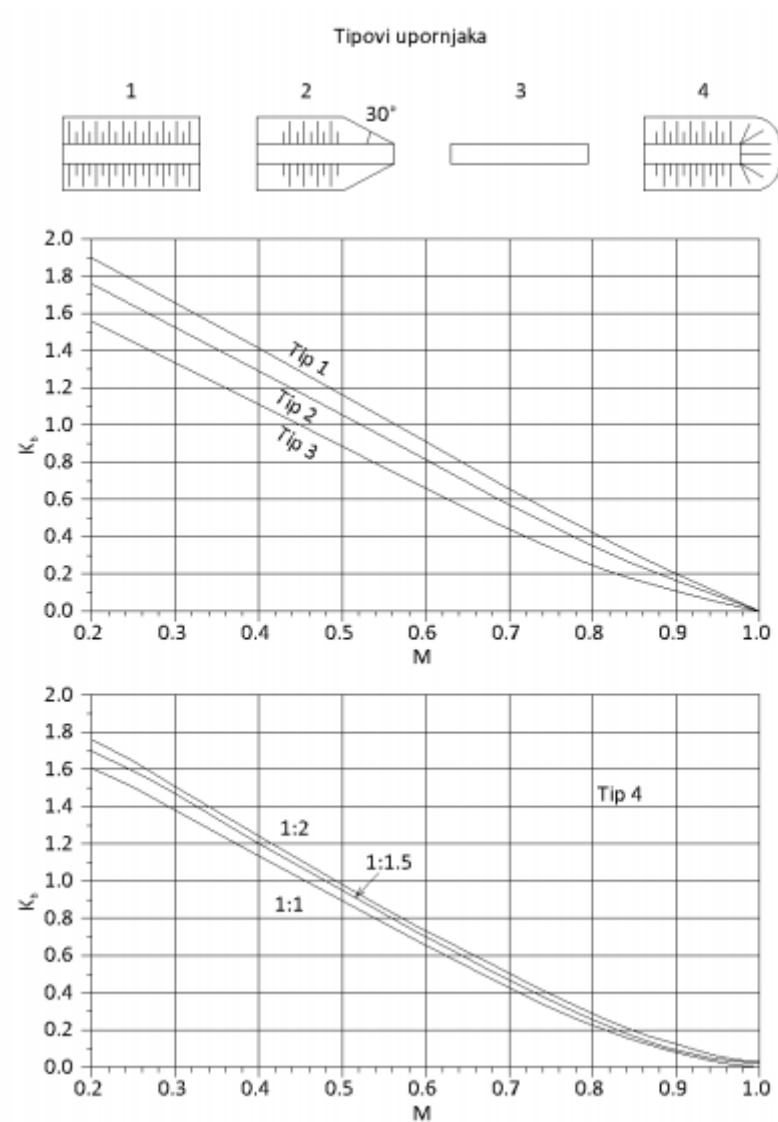
- stupanj suženja mosta koji se izražava kao

$$M = A_m / A \dots \dots \dots (1)$$

gdje  $A$  predstavlja površinu otjecajnog profila, a  $A_m$  predstavlja površinu otjecajnog profila ispod mosta

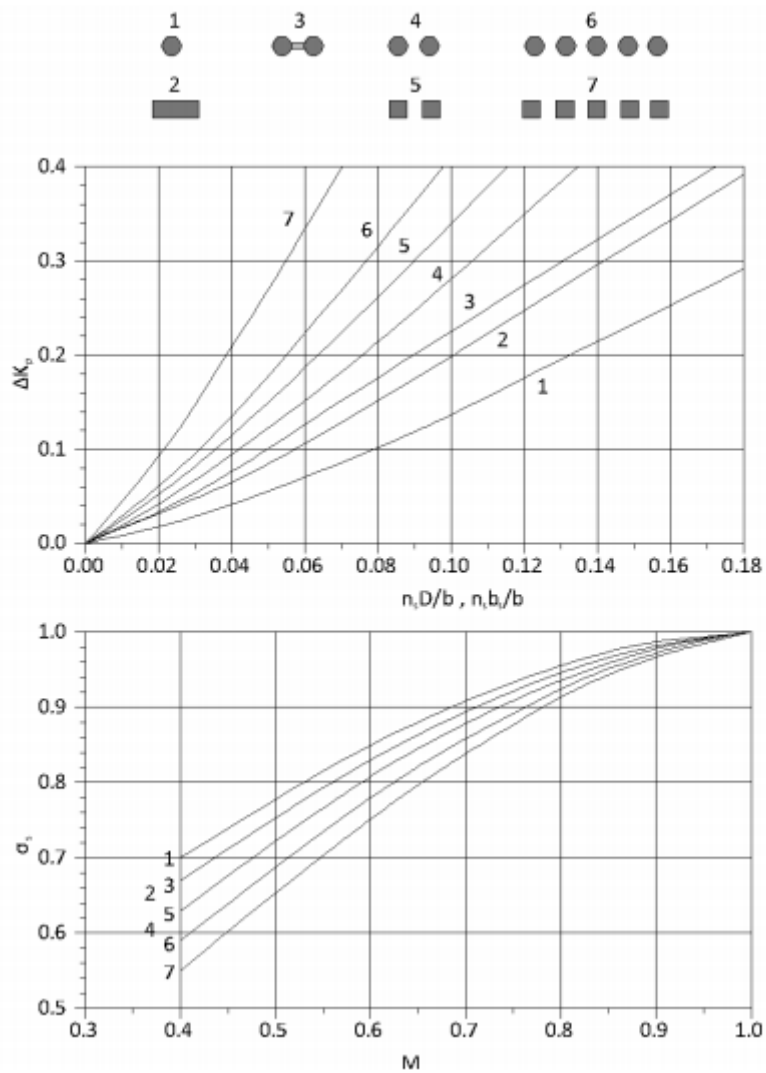
- karakteristike mosta (dužina, nagib kosine, oblik, hrapavost dna)
- broja, oblika i dimenzije stupova u koritu mosta
- kut koju os mosta zatvara s osi vodotoka

Dijagrami:



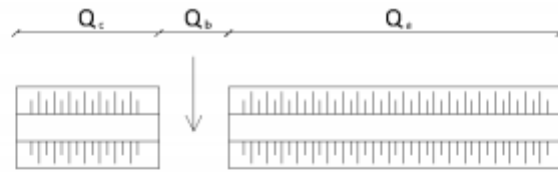
Slika 3.7: Pomodni dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka energije na suženju mosta, u ovisnosti o obliku upornjaka; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka



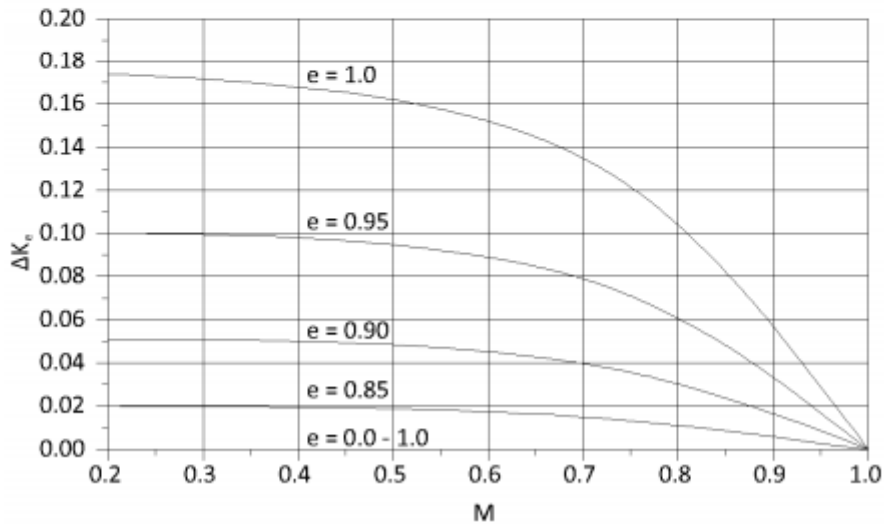


Slika 3.8: Dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka zbog stupova; dijagram daje vrijednosti  $\Delta K_p = \Delta K_p$  za  $M = 1$  (nema suženja) u funkciji parametara  $n_s D/b$  i  $n_s bs/b$ , gdje je  $n_s$  broj stupova,  $D$  promjer cilindričnih stupova,  $bs$  širina stupa pravokutnog presjeka,  $b$  širina korita u dnu; za  $M \neq 1$  vrijednosti  $\Delta K_p$  se množe faktorom  $\sigma$

Izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka



$$e = \begin{cases} 1 - (Q_c / Q_s) & \text{za } Q \leq Q_s \\ 1 - (Q_b / Q_c) & \text{za } Q_c \leq Q \leq Q_s \end{cases}$$



Slika 3.9: Pomodni dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka energije zbog ekscentrično postavljenog otvora mosta u odnosu na os korita; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka

Za određivanje maksimalnog uspora jedna od poznatijih direktnih metoda potječe od američkog Biroa za javne puteve (engl. Bureau of Public Roads). Prema toj metodi se maksimalni uspor  $\Delta h$  računa prema izrazu

$$\Delta h = K_m * \frac{V_a^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

$V_a$  predstavlja fiktivnu brzinu jednolikog tečenja u koritu čija je širina jednaka širini mostovnog otvora  $b_m$ .  $V_a$  je data formulom:

$$V_a = \frac{Q}{b_m * h_n} \dots\dots\dots(3)$$

$K_m$  je empirijski koeficijent koji obuhvaća utjecaj stupova ( $K_b$  –graf 2), utjecaj stupova ( $\Delta K_p$  – graf 1) , i utjecaj položaja mostovnog otvora u odnosu na os riječnog korita ( $\Delta K_e$  –graf 3)

$$K_m = K_b + \Delta K_p + \Delta K_e \dots\dots\dots (4)$$

Podatci za protočni profil te proračun uspora mosta:

$$Q = 17.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b_m = 15.04 \text{ m}$$

$$h_n = 4.53 \text{ m}$$

$$V_a = 0.25 \text{ m/s} \dots\dots\dots(3)$$

$$A_m = 95.22 \text{ m}^2$$

$$A = 97.98 \text{ m}^2$$

$$M = A_m/A$$

$$M = 0.97 \dots\dots\dots (1)$$

Iščitavanjem iz dijagrama određeni su sljedeći koeficijenti:

$$K_b = 0.15$$

$$\Delta K_p = 0.98$$

$$\Delta K_e = 0.01$$

$$K_m = 1.14 \dots\dots\dots(4)$$

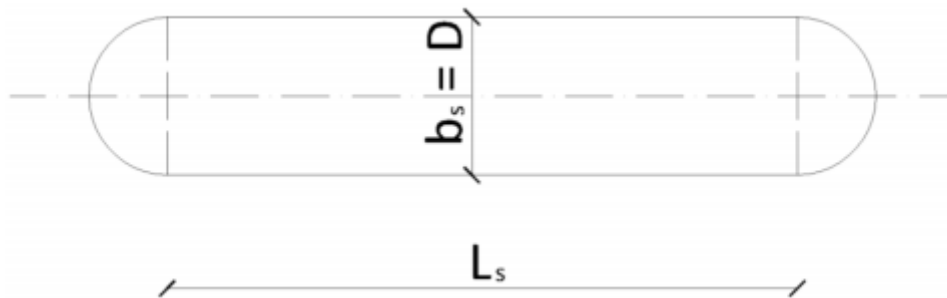
Poznavajući sve stavke iz formule (2). lako se izračuna uspor, tj.  $\Delta h$

$$\Delta h = K_m * \frac{V_a^2}{2g}$$

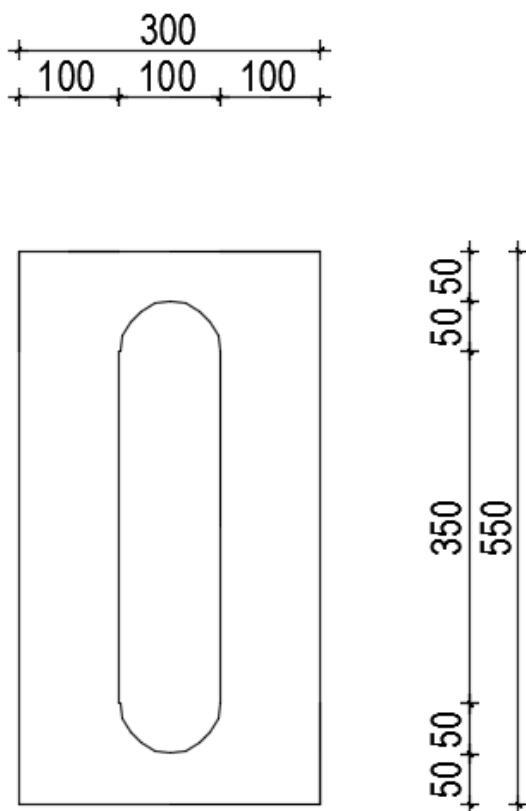
$$\Delta h = 0.003 \text{ m} \dots\dots\dots(2)$$

### 3.3 Određivanje poprečnog presjeka stupa mosta

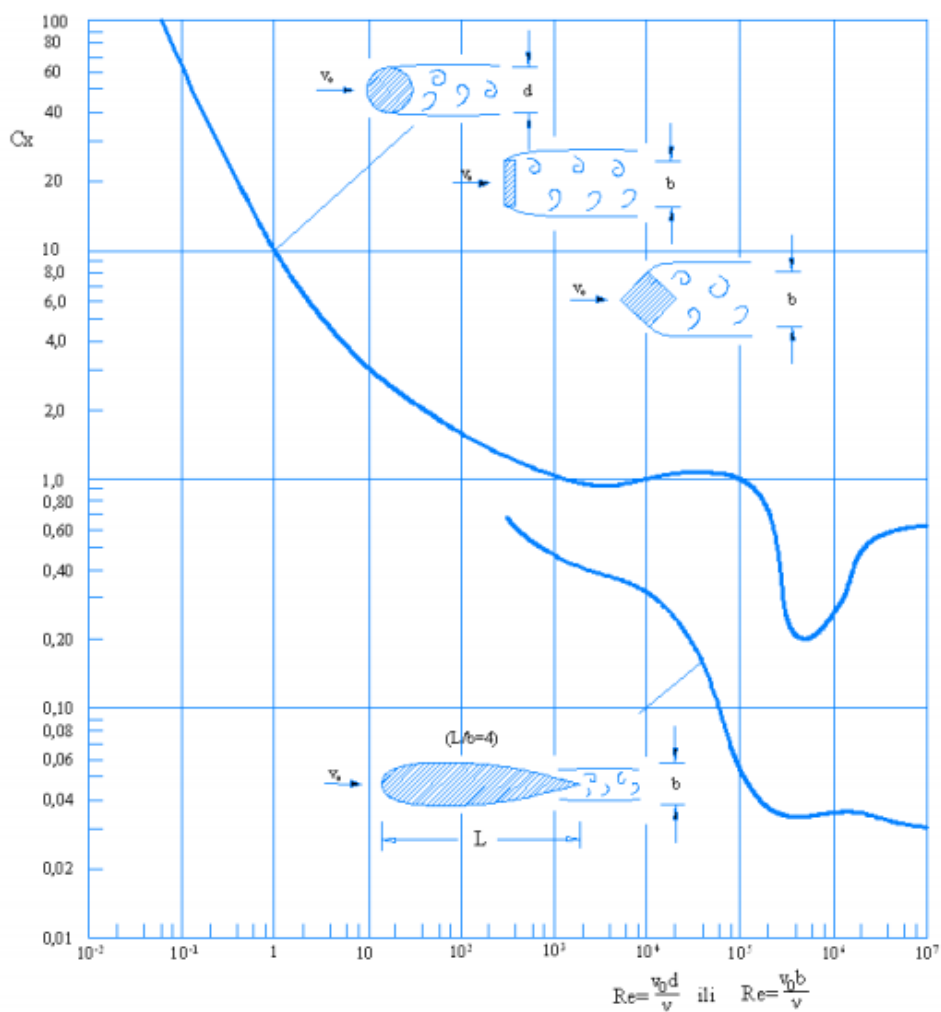
Horizontalni presjek stupova mosta može biti različitih oblika, a stupovi se često hidrodinamički oblikuju zbog lakšeg propuštanja velikih voda, leda i ostalih nanosa. Najbolji primjer takvog oblikovanog stupa je paralelopipedni stup s dodanim polucilindričnim dijelovima na uzvodnoj i nizvodnoj strani mosta.



Slika 3.10: Hidrodinamički oblikovani stup; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka



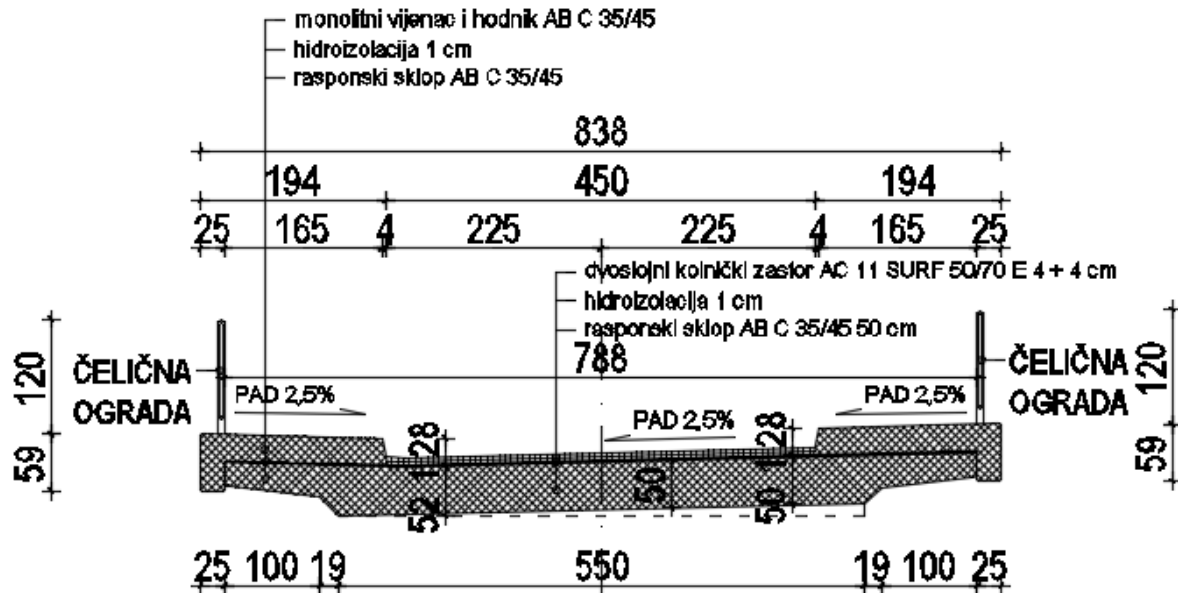
Slika 3.11: Presjek stupa na mostu Gornji potok



Slika 3.12 Vrijednost koeficijenta otpora  $C_x$  u funkciji Reynoldsovog broja

Prilikom odabira stupa za nosivi most na Gornjem potoku važno je bilo voditi računa da koeficijent otpora bude što povoljniji, tj. da raspodjela tlaka na samu stijenku stupa bude što povoljnija. Idealan oblik za to je stup paralelopipednog oblika.

#### 4. Tehnički opisi elemenata mosta

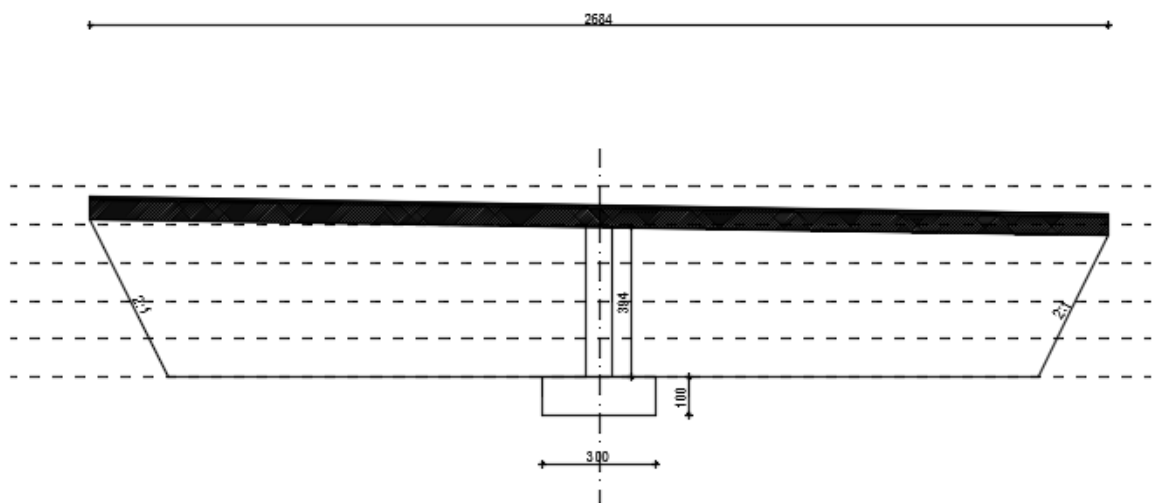


Slika 4.1: poprečni presjek mosta

Most koji se planira izgraditi na Gornjem potoku, koji svojim dimenzijama i karakteristikama u potpunosti odgovara hidrološkim i hidrauličkim zahtjevima dat je u sljedećim dimenzijama. Most će biti širok 8,38 m, te će se sastojati od dva vozna traka od kojih će svaki biti širok po 2,25 m. Također će sa svake strane imati po jednu traku namijenjenu pješacima, a širina pješačko-biciklističke trake iznositi će 1,65 m. Prilikom projektiranja mosta vodilo se računa da budu zadovoljeni svi prometni, ali i sigurnosni uvjeti za sve sudionike u prometu, kao i za okolinu.

Most će se sastojati od dvoslojnog kolničkog zastora. Kolnički zastor je završni gornji dio kolničke konstrukcije izravno izložen prometnom opterećenju i habanju. Njegova površina stoga treba biti ravna, otporna na trošenje i vremenske utjecaje te pružiti otpor klizanju. U današnje vrijeme tim uvjetima udovoljavaju asfaltni i betonski zastori, a izvode se još i kameni zastori. Na mostu na Gornjem potoku kolnički zastor će biti asfaltni s bitumenom kao vezivom. Predviđeni rok trajanja same kolničke konstrukcije iznosi oko 20 godina.

Za hidroizolacijski sloj korištena je dvoslojna bitumenska traka. Hidroizolacijska bitumenska traka je najčešće i najpraktičnije rješenje prilikom izrade mostova i vijadukata. To su trake na bazi elastomera ili plastomera s uloškom od poliesterskog filca koje moraju imati sposobnost preuzimanja svih deformacija podloge. Bitumenska traka vari se plamenikom koja osigurava ravnomjerno zagrijavanje trake po cijeloj širini. Prilikom slaganja traka potrebno je voditi računa o preklopima za iste te se držati predviđenih pravila, tj. normi.

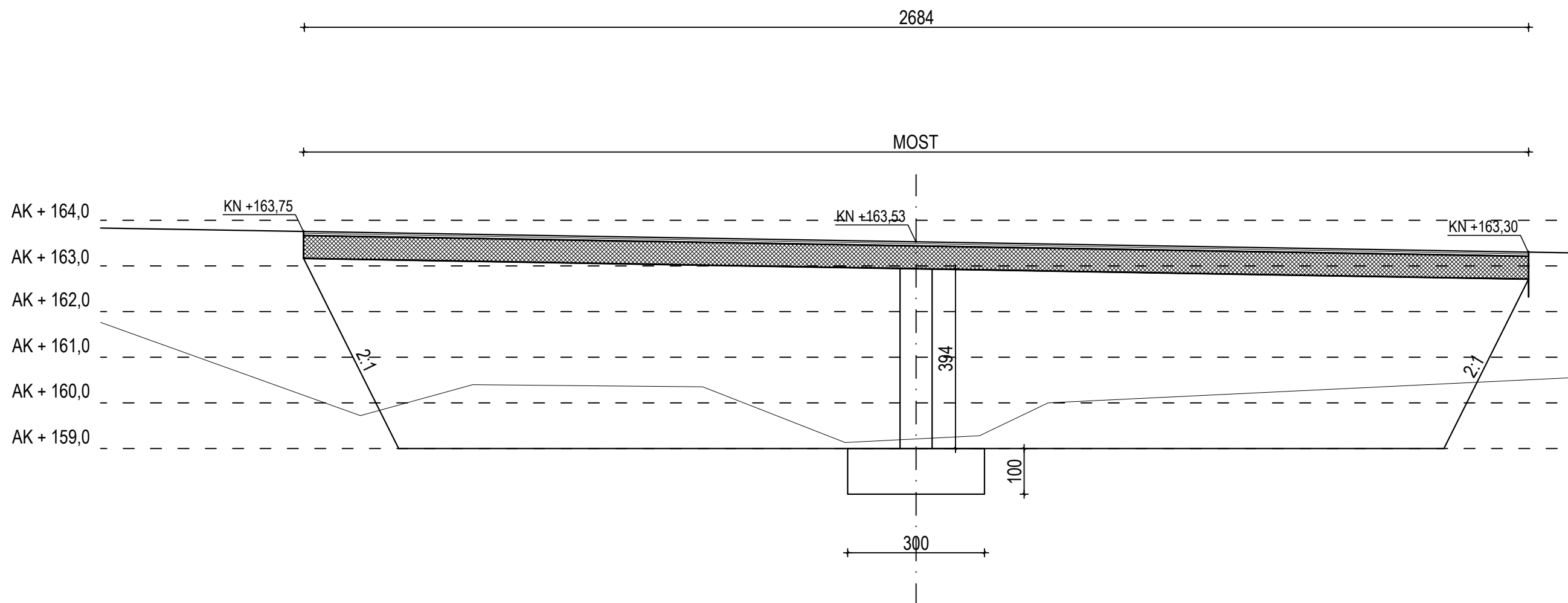


Slika 4.2 : Uzdužni presjek mosta

Dužina spomenutog mosta iznosit će 26.84 m. Most će na sredini imati nosivi stup visine 3.93 m. Stup će se nalaziti na armirano-betonskom temelju čije će dimenzije iznositi: širina 3 m, duljina 5.5 m, dok mu je visina 1 m. Obala ispod mosta bit će obložena kamenom zaštitom te će biti pod nagibom od 2:1. Stup će biti paralelopipednog oblika zbog što lakšeg propuštanja vode.

# MOST PREKO GORNJEG POTOKA U MURSKOJ ULICI U MURSKOM SREDIŠĆU

## UZDUŽNI PRESJEK



Most na Gornjem potoku

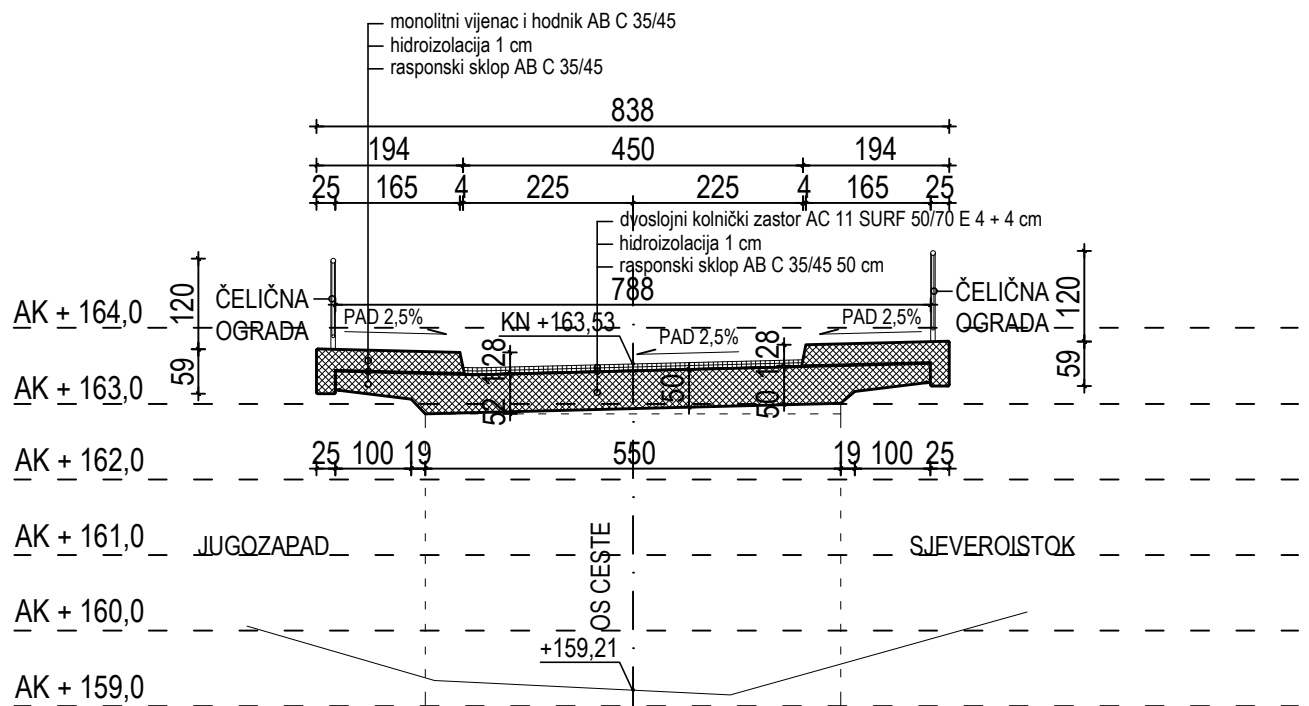
Student: Ivan Butković

Uzdužni prijesek mosta

Mentor: Ivica Mustać



# MOST PREKO GORNJEG POTOKA U MURSKOJ ULICI U MURSKOM SREDIŠĆU



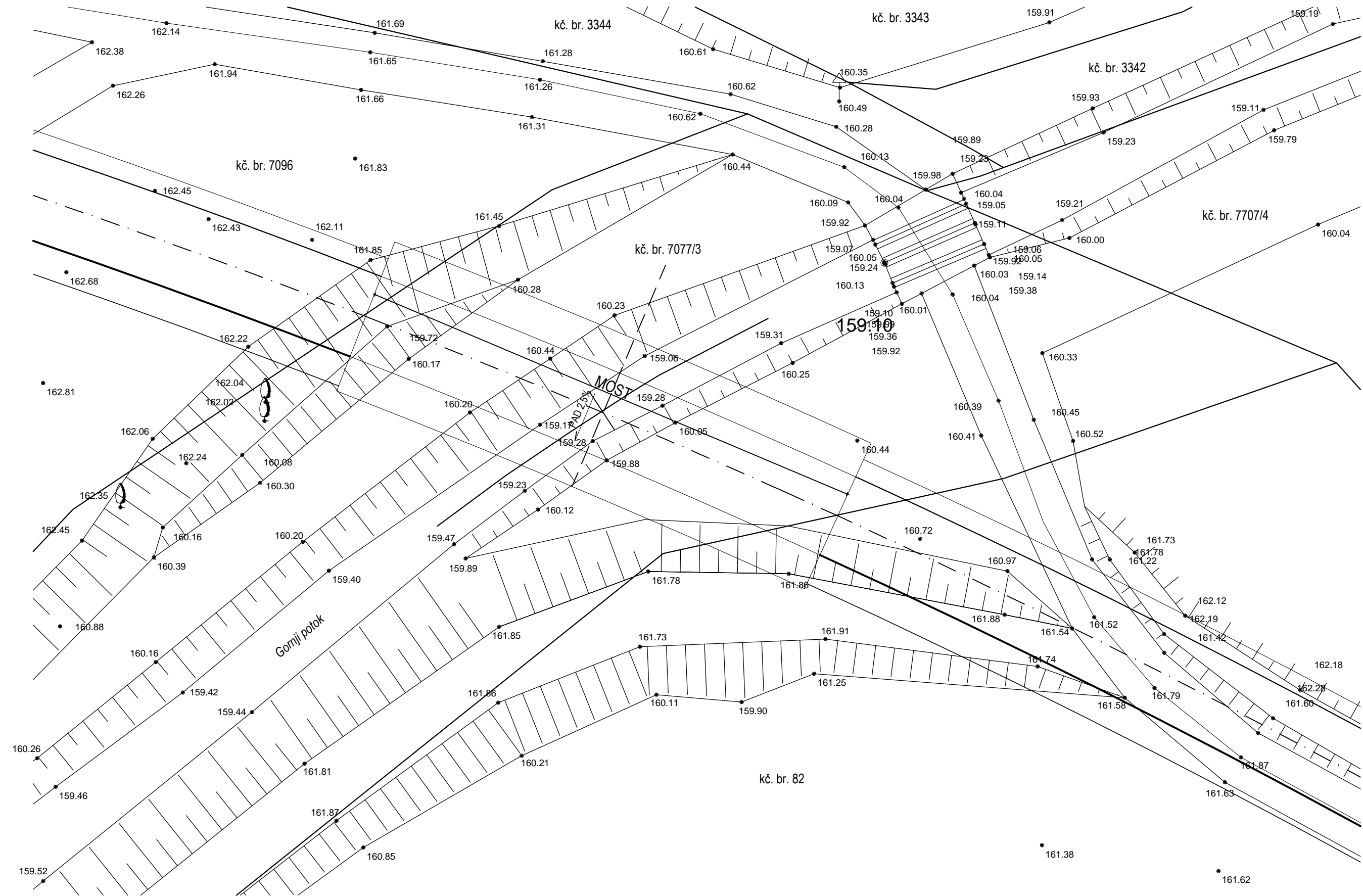
Most na Gornjem potoku

Student: Ivan Butković

Poprečni presjek mosta

Mentor: Ivica Mustač

**MOST PREKO GORNJEG POTOKA U  
MURSKOJ ULICI U MURSKOM SREDIŠĆU**



Most na Gornjem potoku	Student: Ivan Butković
Situacijski nacrt mosta	Mentor: Ivica Mustač

## **6. Zaključak**

Cilj mog rada bio je projektirati most na Gornjem potoku u općini Mursko Središće. Prilikom izrade nacrt (pritom mislim na situacijski nacrt te na presjeke mosta) bilo je potrebno voditi računa o tome da most koji će se izgraditi mora zadovoljavati hidrološko-hidrauličke elemente koji će utjecati na njega. Analizom sliva Gornjeg potoka i proračuna maksimalnih protoka za povratno razdoblje od 1-100 godina, te hidrološkim proračunom mosta došao sam do zaključka da projektirani most u potpunosti zadovoljava postavljene uvjete, a jedan od glavnih je bio taj da most, odnosno protočni profil, može podnijeti, tj. propustiti količinu vode za povratno razdoblje od 100-godišnjeg povratnog perioda. Sve hidrotehničke građevine se projektiraju sa stupnjem sigurnosti od 1%, što odgovara 100-godišnjem povratnom razdoblju, te se on uzima kao relevantan podatak za sve hidrološke proračune.

U Varaždinu, 18.10.2017. \_\_\_\_\_

## 7. Popis slika

Slika 1.1: Satelitska snimka Gornjeg potoka. Izvor:Google maps 2017.....	1
Slika 1.2: Osnovni primjer sliva; izvor:Srebreновиć:Primjenjiva hidrologija.....	4
Slika 2.1: Sliv Gornji potok; izvor: autor.....	5
Slika 2.2: Sliv u granicama promatranja; izvor:autor.....	6
Slika 2.3: Promatrani sliv s naglašenim izohipsama; izvor: autor.....	7
Slika 2.4: Hipsometrijska krivulja;izvor:Autocad.....	8
Slika 3.1: Presjek protočnog profila;izvor:Autocad, projekt izgradnje novog mosta.....	11
Slika 3.2: Protok koji profil može propustiti na 0.98m dubine, a to je $Q=15.35 \text{ m}^3/\text{s}$ ; izvor: Hydraflow express .....	12
Slika 3.3: Protok koji profil može propustiti na 1.97m dubine, a to je $Q=48.87 \text{ m}^3/\text{s}$ ; izvor: Hydraflow express.....	12
Slika 3.4: Protok koji profil može propustiti na 2.96 m dubine, a to je $Q=96.96 \text{ m}^3/\text{s}$ ; izvor: Hydraflow express.....	13
Slika 3.5: Proračun; izvor: Hydraflow express.....	13
Slika 3.6: P-krivulja; izvor: Hydraflow express.....	14
Slika3.7: Pomodni dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka energije na suženju mosta, u ovisnosti o obliku upornjaka; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka.....	16
Slika 3.8: Dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka zbog stupova; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka.....	17
Slika 3.9 :Pomodni dijagram za određivanje vrijednosti lokalnog gubitka energije zbog ekscentrično postavljenog otvora mosta u odnosu na os korita; izvor: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka.....	18
Slika 3.10: Hidrodinamički oblikovani stup; izvor: Jovanović Miodrag: Regulacija reka.....	20
Slika 3.11: Presjek stupa na mostu Gornji potok .....	20
Slika 3.12: Vrijednost koeficijenta otpora $C_x$ u funkciji Reynoldsovog broja.....	21
Slika 4.1: Poprečni presjek mosta.....	22
Slika 4.2: Uzdužni presjek mosta.....	23

## **8. Literatura:**

Skripta: Regulacija rijeka autorice Dr. Marine Babić Mladenović

Stručni rad: Određivanje srednje visine sliva autora Milana Zupara

Skripta: Jovanović, Miodrag (2002.): Regulacija reka

Diplomski rad: Dražen Kovač, Utjecaj stupova mosta na riječno korito

Knjiga: Srebrenović, D. (1986.): Primijenjena hidrologija



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, IVAN BUTKović (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/jea završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODREĐIVANJE PROTOČNOG PROFILA KOD CESTOVNOG MOSTA NA G.P. (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Ivan Butković  
(vlastoručni potpis)

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

Ja, IVAN BUTKović (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODREĐIVANJE PROTOČNOG PROFILA KOD CESTOVNOG MOSTA NA GORNJEM POTOKU (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Ivan Butković  
(vlastoručni potpis)