

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Piltaver, P., 2015. Primerjava pretočnosti Želimejščice med leti 1985 in 2015. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M., somentor Rusjan, S.): 86 str.

Datum arhiviranja: 04-01-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Piltaver, P., 2015. Primerjava pretočnosti Želimejščice med leti 1985 in 2015. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M., co-supervisor Rusjan, S.): 86 pp.

Archiving Date: 04-01-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

POLONA PILTAVER

**PRIMERJAVA PRETOČNOSTI ŽELIMELJŠČICE MED
LETI 1985 IN 2015**

Diplomska naloga št.: 269/VKI

**A COMPARISON OF THE BANKFULL DISCHARGE OF
ŽELIMELJŠČICA 1985 AND 2015**

Graduation thesis No.: 269/VKI

Mentor:

prof. dr. Mitja Brilly

Somentor:

doc. dr. Simon Rusjan

Ljubljana, 23. 12. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana POLONA PILTAVER izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
PRIMERJAVA PRETOČNOSTI ŽELIMELJŠČICE MED LETI 1985 IN 2015.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, _____

Polona Piltaver

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 556.164(497.4Želimejščica)(043.2)
- Avtor:** Polona Piltaver
- Mentor:** prof. dr. Mitja Brilly
- Somentor:** mag. Andrej Vidmar,
doc. dr. Simon Rusjan
- Naslov:** Primerjava pretočnosti Želimejščice med leti 1985 in 2015
- Tip dokumenta:** diplomska naloga-univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 86 str., 38 pregl., 52 sl., 7 pril.
- Ključne besede:** pretočnost, prečni profili, Flo-tracer, Manningov koeficient, metoda razredčenja, Želimejščica

Izvleček

V Sloveniji se v zadnjih letih srečujemo z vedno pogostejšimi poplavami. Eden izmed razlogov je tudi zmanjševanje pretočnosti rek. V diplomski nalogi sem primerjala pretočnost reke Želimejščice med leti 1985 in 2015. Za leto 1985 sem podatke pridobila iz projekta Ureditev Želimejščice podjetja Hidrotehnik d.d., za leto 2015 pa sem izvedla meritve na terenu. Na obravnavanem odseku sem z merilno lato izmerila prečne profile na lokacijah, ki so sovpadale z lokacijami znanih prečnih profilov leta 1985. Izvedla sem meritve z instrumentom Flo-tracer in s pomočjo rezultatov določila Manningov koeficient. Hidrološke izračune sem izvedla za leto 1985 in 2015. Pri tem sem uporabila enodimenzijski matematično hidravlični model računalniškega programa HEC-RAS. Poleg pretočnosti, sem primerjala še spremembo Manningovega koeficienta hrapavosti ter površino prečnega prereza na vseh obravnavanih lokacijah.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDC:** 556.164(497.4Želimejščica)(043.2)**Author:** Polona Piltaver**Supervisor:** Prof. Mitja Brilly, Ph. D.**Cosupervisors:** Andrej Vidmar, M. Sc.
Assoc. Prof. Simon Rusjan, Ph. D.**Title:** A comparison of the bankfull discharge of Želimejščica in 1985 and 2015**Document type:** Graduation Thesis-University studies**Scope and tools:** 86 p., 38 tab., 52 fig., 7 ann.**Keywords:** bankfull discharge, cross profiles, Flo-tracer, Manning coefficient, dilution method, Želimejščica**Abstract:**

In the past few years Slovenia has been facing frequent flooding. One of the main reasons is decreasing the bankfull discharge capacity. The graduation thesis compares the bankfull discharge of the Zelimejščica river in 1985 and 2015. The source of data from 1985 was the project Ureditev Zelimejščice made by the company Hidrotehnik d.d., the data for 2015 were gathered by the author of this thesis herself. Stream cross section profile was measured by using a tape measure and a meter ruler. The measurements of the stream flow were made using the Flo-tracer instruments, followed by the calculation of Mannings roughness coefficient from the acquired data. For hydrological calculations for the years 1985 and 2015 the author used one-dimensional mathematical model of the hydraulic programming environment HEC-RAS. The results of the cross section channel area, values of the Manning's roughness coefficient and bankfull discharge capacity between the years 1985 and 2015 were compared.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. Mitji Brillyu. Iskrena hvala tudi somentorjema doc. dr. Simonu Rusjanu in mag. Andreju Vidmarju.

Hvala tudi zaposlenim na podjetju Hidrotehnik d.d. za dokumentacijo projektov, ki sem jih potrebovala pri izdelavi diplomskega dela. Dr. Alešu Bizjaku hvala za prijaznost in osebni arhiv slik Želimejščice.

Za vso podporo in vzpodbudo v času študija se najlepše zahvaljujem staršem. Hvala tudi prijateljem in sošolcem za soustvarjanje lepih ter nepozabnih študentskih let.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Cilj diplomskega dela	1
2	STRUKTURA REČNEGA KORIDORJA.....	2
2.1	Vzdolžni prerez.....	2
2.1.1	<i>Izvirni del</i>	2
2.1.2	<i>Osrednj del</i>	3
2.1.3	<i>Spodnji del</i>	3
2.2	Prečni prerez.....	4
2.2.1	<i>Rečna struga</i>	4
2.2.2	<i>Poplavna ravnica</i>	4
2.2.3	<i>Prehodni zunanji rob</i>	6
3	HIDRAVLIKA ODPRTIH VODOTOKOV	7
3.1	Pretok v odprtih vodotokih.....	7
3.2	Manningov koeficient	8
3.2.1	<i>Določanje Manningovega koeficienta (n_g) hrapavosti</i>	9
3.3	Metoda razredčenja.....	11
3.3.1	<i>Izbira in priprava sledila</i>	15
3.3.2	<i>Izbira mesta merjenja</i>	15
3.3.3	<i>Flo-tracer</i>	16
3.3.3.1	<i>Opis instrumenta Flo-tracer</i>	16
3.3.3.2	<i>Umerjanje instrumenta Flo-tracer</i>	18
3.3.3.3	<i>Izvedba in potek meritev</i>	19
3.4	Merjenje prečnih profilov.....	21
3.5	Program HEC-RAS.....	21
4	OPIS POTOKA ŽELIMELJŠČICA	24
4.1	Osnovni podatki.....	24
4.2	Podnebje	25
4.3	Topografija.....	27
4.4	Geologija.....	27
4.5	Pedologija	29
4.6	Pokrovnost in raba prostora.....	31
4.7	Ureditev Želimeljščice 1985	32
4.7.1	<i>Razlogi za ureditev</i>	32

4.7.2	<i>Regulacijski ukrepi</i>	32
5	METODE DELA IN MERITVE	33
5.1	Merilno mesto	33
5.2	Merska oprema	35
5.3	Metode dela	36
5.3.1	<i>Merjenje prečnih profilov</i>	36
5.3.2	<i>Flo-Tracer</i>	38
5.3.3	<i>Določitev Manningovega koeficienta</i>	40
5.3.3.1	<i>Določitev Manningovega koeficienta s pomočjo formule Chowan</i>	40
5.3.3.2	<i>Določitev Manningovega koeficienta s pomočjo tabel</i>	44
5.3.3.3	<i>Določitev Manningovega koeficienta na podlagi meritev z instrumentov Flo-Tracer</i> .	45
5.3.4	<i>Uporaba računalniškega programa HEC-HMS</i>	47
5.3.4.1	<i>Začetek novega projekta</i>	47
5.3.4.2	<i>Vnos geometrijskih podatkov</i>	48
5.3.4.3	<i>Vnos podatkov o pretokih voda in robnih pogojih</i>	50
5.3.4.4	<i>Hidravlični izračun</i>	51
5.3.4.5	<i>Izpis in ogled izhodnih rezultatov</i>	52
6	PRIMERJAVA IN ANALIZA REZULTATOV	54
6.1	Rezultati meritev	54
6.1.1	<i>Flo-tracer</i>	54
6.1.2	<i>Merjenje prečnih profilov</i>	54
6.2	Primerjava rezultatov	59
6.2.1	<i>Primerjava površin prečnih prerezov med leti 1985 in 2015</i>	59
	<i>V spodnji tabeli so prikazane vrednosti površine prečnega prereza leta 1985 in površine prečnega prereza leta 2015</i>	59
6.2.2	<i>Primerjava vrednosti Manningovega koeficienta med leti 1985, 1991 in 2015</i>	60
6.2.3	<i>Primerjava pretočnosti</i>	61
6.2.3.1	<i>Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,045$</i>	64
6.2.3.2	<i>Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,080$</i>	65
6.2.3.3	<i>Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,090$</i>	67
6.2.3.4	<i>Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,139$</i>	68
6.2.3.5	<i>Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,140$</i>	69
6.2.3.6	<i>Primerjava pretočnosti v primeru nespremenjenega n_g ali nespremenjene površine prečnega prereza</i>	71

<i>6.2.3.7 Povzetek kritičnih pretokov v kritičnih prečnih profilih struge za leti 1985 in 2015 pri različnih n_g vrednostih</i>	<i>72</i>
<i>6.2.3.8 Izračun gladin pri pretoku $Q_{total}=20\text{ m}^3/\text{s}$ za leti 1985 in 2015 v prerezih št. 4, 5 in 6....</i>	<i>73</i>
<i>6.2.3.9 Višina vode nad brežino za leto 2015 v profilih 4, 5 in 6.....</i>	<i>76</i>
7 ZAKLJUČKI	82
VIRI	84

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za izračun n_g	11
Tabela 2: Tehnični podatki instrumenta Flo-tracer (Flow-Tronic, 2015)	17
Tabela 3: Količina uporabljene kuhinjske soli	38
Tabela 4: Določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za marec 1991	42
Tabela 5: Določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za poletje/jesen 1991	42
Tabela 6: 1. določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za leto 2015.....	43
Tabela 7: 2. določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za leto 2015	43
Tabela 8: 1. določitev Manningovega koeficienta za leto 1991 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a	44
Tabela 9: 2. določitev Manningovega koeficienta za leto 1991 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a	44
Tabela 10: 1. določitev Manningovega koeficienta za leto 2015 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a	45
Tabela 11: 2. določitev Manningovega koeficienta za leto 2015 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a	45
Tabela 12: Prikaz izmerjenih vrednosti pretokov z instrumentom Flo-tracer	45
Tabela 13: Vrednosti Manningovih koeficientov s pomočjo meritev s Flo-Tracerja.....	47
Tabela 14: Rezultati meritev pretoka z instrumentom Flo-Tracer	54
Tabela 15: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 2 do št. 4.....	55
Tabela 16: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 5 do št. 7.....	56
Tabela 17: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 8 do št. 10.....	56
Tabela 18: Primerjava površin prečnega prereza za posamezne profile med leti 1985 in 2015	59
Tabela 19: Vrednosti Manningovega koeficienta za leto 1985, 1991 in 2015	61
Tabela 20: Rezultati maksimalnih pretokov pri prečnih profilih iz leta 1985 in različnih n_g vrednostih	62
Tabela 21: Spreminjanje Q_{krit} pri spremembi n_g v prečnem prerezu št. 4 (1985).....	62
Tabela 22: Rezultati maksimalnih pretokov pri prečnih profilih iz leta 2015 in različnih n_g vrednostih	63
Tabela 23: Spreminjanje Q_{krit} pri spremembi n_g v prečnem prerezu št. 5 (2015).....	64
Tabela 24: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.045$) in 1985	64
Tabela 25: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.080$) in 1985	66
Tabela 26:Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.090$) in 1985	67
Tabela 27: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.139$) in 1985	68
Tabela 28: Primerjava pretočnosti med leti 2015 (pri $n_g=0,140$) in 1985	70

Tabela 29: Primerjava pretočnosti pri nespremenjenem n_g	71
Tabela 30: Primerjava pretočnosti pri nespremenjeni površini prečnega prereza struge	71
Tabela 31: Tabela povzetka kritičnih pretokov v kritičnih prečnih profilih struge za leti 1985 in 2015 pri različnih n_g vrednostih.....	73
Tabela 32: Višina gladin za profile št. 4, 5 in 6 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$	74
Tabela 33: Višine gladin za profil št. 4 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$	75
Tabela 34: Višine gladin za profil št. 5 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$	75
Tabela 35: Višine gladin za profil št. 6 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$	76
Tabela 36: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 4 pri različnih n_g vrednostih.....	77
Tabela 37: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 5 pri različnih n_g vrednostih.....	79
Tabela 38: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 6 pri različnih n_g vrednostih.....	81

KAZALO SLIK

Slika 1: Vzdolžni prerez vodotoka razdeljen na izvirni del, osrednji del in spodnji del (FISRWG, 1998)	2
Slika 2: Prikaz hidrološke in topografske poplavne ravnice (FISRWG, 1998).....	5
Slika 3: Shema prečnega prereza struge vodotoka (USGS, 2014)	8
Slika 4: Prikaz izvajanja meritve z metodo razredčenje (Flow-Tronic, 2001).....	12
Slika 5: Potovanje oblaka sledila (Mejak, 2010).....	13
Slika 6: Instrument Flo-tracer (ČHMÚ, 2003).....	18
Slika 7: Umeritvena premica.....	19
Slika 8: Položajna skica Ljubljanskega barja (Mencej, 1981)	24
Slika 9: Območje Jadranskega in Črnomskega povodja ter lokacija Želimeljskega vršaja (Geopedija, 2013)	25
Slika 10: Lokacija meteorološke postaje Želimlje (Nadbath, 2007)	26
Slika 11: Povprečna letna temperatura zraka na območju Slovenije za obdobje 1971-2000.....	26
Slika 12: Topografija osrednjega in spodnjega dela območja Želimeljščice (Geopedija, 2013)	27
Slika 13: Geološka karta vzhodnega dela Ljubljanskega barja (Pavšič, 2008).....	28
Slika 14: Pedološka karta območja Želimeljščice (Zajc, 2010)	30
Slika 15: Karta pokrovnosti in rabe prostora na območju Želimeljščice (ARSO, 2013)	31
Slika 16: Področje izvajanja meritev na topografski karti (Geopedija, 2013).....	33
Slika 17: Želimeljščica leta 1991 (Bizjak, 2015)	34
Slika 18: Pogled dolvodno z mostu proti sotočju Želimeljščice z Iščico marec 2015	35
Slika 19: Merjenje razdalj med prečnimi profili in označevanje profilov (Piltaver, 2015).....	36
Slika 20: Oprema za merjenje prečnih profilov	37
Slika 21: Potek meritev prečnih profilov	37
Slika 22: Priprava sledila-mešanje soli	38
Slika 23: Prikaz lokacij točke merjenja in točke injiciranja sledila.....	39
Slika 24: Sonda v matici toka.....	40
Slika 25: Obravnavano območje Želimeljščice marca 1991 (Bizjak, 2015)	41
Slika 26: Stanje na obravnavanem območju Želimeljščice oktober 2015 (levo) in julij 2015 (desno). 43	
Slika 27: Okno za začetek novega projekta v HEC-RAS	47
Slika 28: Okno za izbiro matičnega sistema v HEC-RAS	48
Slika 29: Okno za vnos podatkov o prečnih profilih v HEC-HMS.....	48
Slika 30: Razlika interpretiranja prečnih prerezov v Sloveniji in v programu HEC-RAS (Lukavečki, 2010)	49
Slika 31: Okno za urejanje podatkov za pretoke in robne pogoje v HEC-RAS.....	50
Slika 32: Okno za vnos podatkov za robne pogoje za stalni tok.....	51

Slika 33: Pojavno okno po uspešno opravljenih hidravličnih izračunih.....	52
Slika 34: Grafični prikaz prečnega prereza	53
Slika 35: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 2)	57
Slika 36: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 3)	57
Slika 37: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 4)	57
Slika 38: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 5)	57
Slika 39: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 6)	58
Slika 40: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 7)	58
Slika 41: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 8)	58
Slika 42: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 9)	58
Slika 43: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 10)	59
Slika 44: Grafični prikaz primerjave površin prečnih prerezov Želimeljščice leta 1985 in 2015	60
Slika 45: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,045$	65
Slika 46: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,080$	66
Slika 47: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,090$	68
Slika 48: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,139$	69
Slika 49: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,140$	70
Slika 50: Graf višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 4 (2015).....	78
Slika 51: Graf višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 5 (2015).....	79
Slika 52: Graf višine nad brežino v prečnem profilu št. 6 (2015)	81

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

NaCl	natrijev klorid
HMZ	hidrometeorološki zavod Slovenije
const	konstantno/enakomerno
Q	pretok vode
S	površina prečnega prereza, pravokotnega na smer glavnega toka
v	hitrost toka
h	globina toka
t	čas
m	meter
s	sekunda
\bar{v}	povprečna hitrost toka
n_g	Manningov koeficient hrapavosti
R	hidravlični radij
I	naklon dna struge
P	omočen obod
n_0	vpliv materiala, ki sestavlja korito
n_1	vpliv hrapavosti omočenega oboda
n_2	vpliv neprizmatičnost rečnega korita
n_3	relativni vpliv ovir v rečnem koritu
n_4	vpliv zaraslosti z vegetacijo
m	vpliv stopnje meandriranja vodotoka
l	liter

M	količina injiciranega sledila
g	gram
C	izmerjena koncentracija sledila
F	površina diagrama poteka koncentracije sledila skozi točko merjenja
BEP	bazna elektroprevodnost
EP	specifična elektroprevodnost vode
μ S	mikro Siemens
e	umeritveni koeficient
n	število meritev
i	indeks zaporedja podatkov
Δt	časovni interval med vsako meritvijo
EP(i)	izmerjena elektroprevodnost i-tega podatka
EP(začetni)	izmerjena elektroprevodnost v prvi minuti meritve
EP(končni)	izmerjena elektroprevodnost v zadnji minuti meritve
oz.	oziroma
ml	mililiter
V	Volt
AA	baterija velikost 50.5 mm x 14.5mm
RS	Recommended Standard
kg	kilogram
CHMU	Český hydrometeorologický ústav
HEC	Hydrologic Engineering Center
RAS	River Analysis System

US	United States
UL FGG	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
α	Coriollisov koeficient
g	težnostni pospešek
Q	pretok
A	površina prereza
y	globina vode
z_0	kota dna
L_f	trenjske izgube
L_e	izgube zaradi zožitve ali razširitve v prečnem prerezu
C	koeficient zožitve ali razširitve v prečnem profilu
x	stacionaža
\bar{S}_f	povprečen padec energijske črte med profiloma
K	prevodnost
CEIWR	Corps of Engineers - Institute for Water Resources
LOB	left overbank/leva poplavna ravnica
ROB	right overbank/desna poplavna ravnica
WS	water surface/vodna globina
EG	energy grade/energijska črta

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

multimetre	multimeter
calibration	kalibracija
acquisition	zbiranje
end	konec/zaključek
choice of site	merski profil
interval	interval meritve
meteo situation	vremenski pogoji
Sunny	sončno
nice&hot	lepo in vroče
nice&cold	lepo in hladno
cloudy	oblačno
overcast	pretežno oblačno
rainy	deževno
strong rain	močan dež
stormy	nevihtno
rain&wind	deževno in vetrovno
rainf&hail snow	dež in sneg
snow	sneg
cold&frost	zmrzal
water level	višina vodostaja
quantity of salt	količina injicirane soli
injection distance	oddaljenost točke injiciranja sledila do merskega profila

River Analysis System	analitični sistem za reke
file	datoteka
new project	nov projekt
options	možnosti
unit system	merski sistem
edit	uredi
geometric data	geometrični podatki
run	zaženi
view	pogled
river reach	rečni odsek
downstream	dolvodno
channel	glavna struga
left bank	leva poplavna ravnica
right bank	desna poplavna ravnica
contraction coefficient	koeficient zožitve toka
expansion coefficient	koeficient razširitve toka
apply	uporabi
data	podatki
steady flow	enakomerni tok
critical depth	kritična globina
normal depth	normalna pretočna globina
rating curve	pretočna krivulja
subcritical flow	mirni tok

supercritical flow	deroči tok
mixed flow	mešani tok
plan description	opis projekta
save	shrani
compute	izračunaj
ground	dno prečnega prereza

1 UVOD

V Sloveniji in drugod po svetu se intenziteta naravnih katastrof v zadnjem desetletju močno povečuje. Med naravne nesreče spadajo tudi poplave. Poplave so najpogostejša zvrst naravnih nesreč, ki prizadanejo tako razvite države, kot države v razvoju. V zadnjih letih se z vse pogostejšimi poplavami srečujemo tudi v Sloveniji.

Poplave so sicer naraven pojav, ki pa povzroča veliko škodo na območjih, katere je človek v zadnjih desetletjih, ko se je oddaljil od poznavanja naravnih procesov, vzel rečnim koridorjem.

Poplavno ogroženost še povečujejo v preteklosti regulirani vodotoki, ki so v zadnjih letih slabo vzdrževani. Rečne struge se zaplavlajo, s čimer se zmanjšuje pretočni prerez. Poleg zaplavljanja pa na proces upadanja pretočne sposobnosti in povečanje poplavne ogroženosti vpliva še prekomerna zarast.

1.1 Cilj diplomskega dela

Cilj diplomske naloge je predstaviti spremembe, ki se zgodijo na nižinskem reguliranem vodotoku na katerem v zadnjih 30ih letih ni bilo izvedenih večjih posegov in čiščenje struge (odstranjevanja nanosov, odstranjevanje v vodo rastočih dreves in prekomerne zarasti,...). V diplomski nalogi sem obravnavala potok Želimejščica, ki se nahaja na juhozahodnem robu Ljubljanskega barja. Spodnji del potoka je bil leta 1974 reguliran v sklopu projekta osuševanja Ljubljanskega barja za potrebe kmetijstva. Leta 1985 je bil na tem istem delu izveden projekt Ureditev Želimejščice, katerega glavni cilj je bil povečanje pretočnosti potoka. Od leta 1985 niso bili na Želimejščici izvedeni večji ukrepi.

Meritve sem izvedla z merilnikom pretoka vode Flo-Tracer, katerega meritve temeljijo na razredčinski metodi, prečne profile pa sem izmerila z mersko lato. Terenske meritve sem izvedla na odseku Želimejščice od sotočja Želimejščice z Iščico do 935 m gorvodno od sotočja.

Dobljene rezultate sem primerjala s podatki projekta Ureditev Želimejščice iz leta 1985.

2 STRUKTURA REČNEGA KORIDORJA

Reko opredelimo kot vodno telo, ki se zaradi vpliva težnosti premika po rečnem koritu, katerega je v preteklosti voda urezala v podlago. (Skaberne, 1994/1995)

Reko delimo glede na hitrost toka, zgradbo rečnega odseka, toplotne razmere, prezračenosti vode in glede na življenjske združbe na več odsekov. (Tarman, 1999). S prečnim prerezem razdelimo vodotok na rečno strugo, poplavno ravnico in prehodni zunanji rob.

Reka od izvira do izliva, vključno s svojimi pritoki, predstavlja rečje oziroma rečni sistem. Z vzdolžnim prerezem rečni sistem razdelimo na tri cone (izvirni del, osrednji del in spodnji del).

2.1 Vzdolžni prerez

V večini primerov vodotokov lahko vzdolžni prerez struge vodotoka razdelimo na tri dele:

- izvirni del ali krenon,
- osrednji del ali ritron,
- spodnji del ali potamon. (FISRWG, 1998)



Slika 1: Vzdolžni prerez vodotoka razdeljen na izvirni del, osrednji del in spodnji del (FISRWG, 1998)

2.1.1 Izvirni del

Za izvirni del ali krenon so značilni veliki nakloni struge, pogosto se pojavljajo slapovi in brzice, ki se izmenično dopolnjujejo s tolmuni. Rečne doline so v izvirnem delu v obliki črke V. Za krenon je značilna močna erozija, erodirani sedimenti se prenašajo s tokom dolvodno. Življenjske združbe, ki jih najdemo v izvirnem delu, so s specifično oblikovanimi telesi (vrtinčasta oblika ali pa oblika, ki se tesno prilega podlagi) ali pritrjevalnimi organi (peclji, želatinasti peclji) prilagojene visokim hitrostim, da lahko kljubujejo fizičnim silam, ki delujejo na njih. Prevladujejo drobilci (prehranjujejo se z

večjimi organskimi delci in živimi makrofiti) in zbiralci alohtonih organskih snovi (ličinke mladoletnic, ličinke vrbnic, postranice,...katere se prehranjujejo s finim organskim materialom) Zaradi visokih hitrosti in manjših zadrževalnih časov, se hranila hitro prenesejo dolvodno. V izvirnem delu so v primerjavi z ritronom in potamonom delci substrata največji, temperatura voda pa je najnižja. (Buček, 2007)

2.1.2 Osrednj del

V osrednjem delu se odloži del erodiranega materiala (večina se ga odloži v spodnjem delu ali potamonu) z višje ležečih območji. Definiran je s širino poplavne ravnice in stopnjo meandriranja rečne struge. (FISRWG, 1998)

Za osrednji del ali ritron so značilni manjši nakloni struge kot pa v izvirnem delu. Posledično se zmanjša tudi hitrosti vode. Struga se razširi in ponekod se začnejo pojavljati meandri. Zaradi zmanjšanih hitrosti na tem delu vodotoka med življenjskimi združbami makroinvertebratov prevladujejo zbiralci (prehranjujejo se s finimi organskimi delci, ki ga filtrirajo ali pa jih kopljejo iz sedimentov in drugih površin) in strgači (prehranjujejo se s perifitonom), uspeva pa tudi več vodnega rastlinstva kot v izvirnem delu. Na območju osrednjega dela se ob poplavnih ravninah pojavljajo kmetijske površine, ponekod celo urbana področja, ki z onesnažili, ki se spirajo v vodotoke, ogrožajo biotsko raznovrstnost rastlinskih in živalskih vrst. (Buček, 2007)

2.1.3 Spodnji del

Za spodnji del ali potamon so značilni nizki padci dna struge, zaradi česar se rečna dolina razširi. Zaradi nizkih hitrosti vode se na tem delu rečne plavine odlagajo. Posteljico dna struge sestavljajo sedimenti manjših frakcij in dno je ponekod zamuljeno. Izraziti so rečni meandri in mrtvi rokavi. Nizke hitrosti in večja globina omogočajo razvoj mnogih življenjskih združb, med njimi tudi v vodi lebdeče fitoplanktonske in zooplanktonske organizme. Med makroinvertebrati prevladujejo filtratorji organskih snovi (hranijo se s precejanjem organskih delcev v vodi in drobnimi vodnimi mikroorganizmi) in plenilci (prehranjujejo se s plenjenjem drugih živali). (Rusjan, 2003)

Ob spodnjem delu rek se prav tako kot v srednjem delu pogosto pojavljajo urbana središča in kmetijske površine, zato je velik problem onesnaženje voda. Strupene in škodljive snovi se zaradi manjših hitrosti hitreje usedajo in prehajajo v prehranjevalno verigo. Na tem delu so v preteklosti pogosto regulirali rečne struge, tako da so izravnali meandre, reko pa speljali po umetno zgrajenem kanalu, kar zmanjšuje samočistilne sposobnosti.

2.2 Prečni prerez

Širina rečnega koridorja je definirana kot površina ob rečni strugi določena s 100-letno povratno dobo ali pas, katerega minimalna širina je trikrat večja kot je širina rečne struge. (FISRWG, 1998)

Prečni prerez naravnih vodotokov delimo na tri dele:

- rečno strugo (del rečnega koridorja, po katerem teče vodo),
- poplavno ravnico (del koridorja, ki se nahaja na obeh straneh rečne struge in je ob poplavah preplavljen),
- prehodni zunanji rob (del koridorja, ki se nahaja na obeh straneh poplavne ravnice in služi kot prehodno območje med poplavno ravnico in obdajajočo pokrajino).

Vsi trije deli sestavljajo celoto rečnega koridorja. Med seboj so neločljivo povezani v dinamično celoto v času in prostoru. Med njimi potekajo za koridor življenjsko pomembni procesi, kot so kroženje energije, vode in hranljivih snovi.

2.2.1 Rečna struga

Skoraj vse rečne struge so formirane, vzdrževane in se spreminjajo glede na pretok in sedimente, ki jih voda nosi s sabo. Oblika rečne struge se spreminja od vodotoka do vodotoka, vendar je običajno vijugastih parabolčnih oblik. Dimenzije rečne struge določajo, kolikšen je pretok vode, ki jo lahko še prevaja, ne da bi voda prekoračila brežine in se razlila po poplavni ravnici. Prevajanje vode je osnovna naloga rečne struge.

Rečna struga nudi primerne habitate za rastlinske in živalske vrste. Predvsem je pomemben litoralni del struge. To je območje, ki predstavlja povezavo med vodnim in kopenskim ekosistemom.

Hitrost pretoka je mnogokrat omejujoč dejavnik pri razvoju življenjskih združb. Življenjske združbe se najpogosteje razvijejo na dnu struge in usedlinah, voda pa predstavlja medij za hranljive snovi. Na usedlinah uspevajo združbe bakterij, alg, gljiv, praživali in metazojev, ki opravljajo pomembno funkcijo pri samočistilnih procesih. Na tem delu struge najdemo tudi združbe nevretenčarjev, ki predstavljajo bioindikatorske organizme za ocenjevanje kvalitete vodotoka. (Rusjan, 2003)

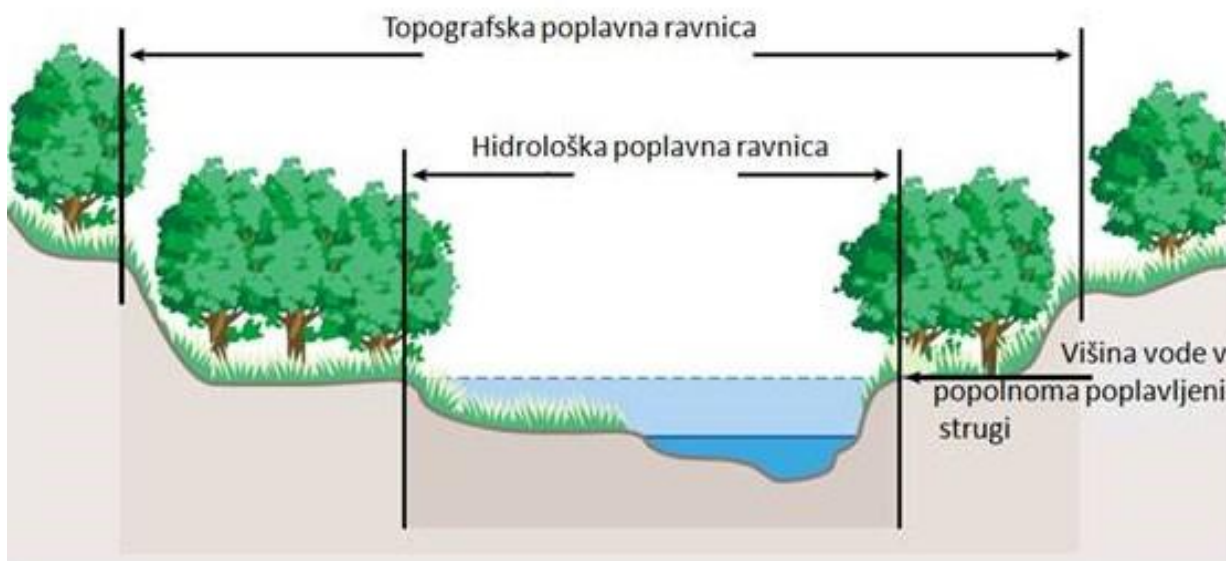
2.2.2 Poplavna ravnica

Poplavna ravnica je raven in nizek, periodično poplavljen del pokrajine, ki meji na reko. V preteklosti so jo izoblikovali hidrološki in geomorfološki procesi. Nastala je kot posledica stranske (lateralne) migracije vode oziroma preplavljanja osnovne struge vodotoka. Ob periodičnem poplavljanju se zaradi zmanjšanih hitrosti na poplavnih ravninah tu odlagajo plavine.

Poplavno ravnico lahko definiramo tudi kot spremenljivo območje na eni ali obeh straneh rečne struge vodotoka, ki je pogosto ali redko preplavljeno s poplavnimi vodami. (FISRWG, 1998)

Ločimo dve vrsti poplavnih ravnici:

- 1.) Hidrološka poplavna ravnica: površina, ki obsega strugo vodotoka in obdajajočo površino, ki ob srednjih pretokih ni poplavljena, poplavljena pa je ob pretokih, ko je z vodo napolnjeno celotno področje struge. Preplavljena naj bi bila z dvoletno do petletno vodo (okoli dvakrat v treh letih), vendar je frekvenca poplavljanj odvisna od hidroloških lastnosti režima. Hidrološka poplavna ravnica se običajno izoblikuje na notranji strani meandrov.
- 2.) Topografska poplavna ravnica: površina, ki obsega širino struge vodotoka, hidrološko ravnico in območje, ki je določeno in omejeno z višino poplavnega vala s 100-letno povratno dobo (višina poplavnega vala, ki se pojavi v povprečju enkrat v 100 letih). Meje poplavne ravnice so določene glede na pogostost poplav. Pri tem inženirji uporabljajo 100-letne in 500-letne poplave.



Slika 2: Prikaz hidrološke in topografske poplavne ravnice (FISRWG, 1998)

Lastnost poplavnih ravnici je, da zadržujejo poplavne vode, s čimer se podaljša čas in se spremenijo lastnosti poplavnega vala. Pri tem se zaradi zmanjšanih hitrosti na teh mestih plavine odlagajo. Poplavne ravnice imajo specifično floro in favno ter značilno sestavo tal, s čimer imajo veliko sposobnost za vezavo in odstranjevanje v vodi raztopljenih hranil (fosforjeve in dušikove spojine).

V preteklosti so dali največji pomen rečnim strugam, obravnavali so jih ločeno od poplavnih ravnici in prehodnih zunanjih robov. Tako so danes na poplavnih ravnicih predvsem kmetijske površine, ponekod pa so celo ljudje začeli graditi stanovanjske objekte. Za zaščito stanovanjskih in drugih objektov pred poplavami, so se gradili protipoplavni nasipi, s tem pa so poplavne ravnice izgubile svoj

prvotni namen. Z gradnjo protipoplavnih nasipov se je znižalo preplavljanje rečnih bregov, s tem pa je na teh območjih posledično tudi manjše polnjenje podtalnice, manjša rodovitnost tal in manjša biotska raznovrstnost ekosistemov, ki so vezana na vodna okolja.

2.2.3 Prehodni zunanji rob

Prehodni zunanji rob je povezovalno območje med poplavnimi ravnici rečnega koridorja in ostalo pokrajino. Z zunanjim prehodnim robom opredelimo vplivno območje vodotoka. Od obdajajoče pokrajine se razlikuje po tesni povezanosti s poplavno ravnico in rečno strugo.

V preteklosti so ga izoblikovali potoki s svojimi hidrološkim in geološkim delovanjem, danes pa so preoblikovan za namene kmetijstva, industrije, prometa,... Zunanji prehodni robovi so lahko strma nagnjena ali ravna območja v obliki hribovja, skalovja, gozda, travnika, odvisno od geološke podlage po kateri teče vodotok.

Obstoj rastlinskih in živalskih vrst katerih habitat je zunanji prehodni rob, je odvisen od ohranitve povezanosti z vodnim telesom, čeprav so v primerjavi z rastlinskimi in živalskimi vrstami, ki se nahajajo na poplavnih ravnicih ali v rečni strugi, veliko bolj odporne na vplive, ki prihajajo iz obdajajoče pokrajine. Življenjski prostori na tem območju so bolj prilagojeni na konstantne spremembe kot so količina padavin, veter, sončna energija,... (FISRWG, 1998)

Prehodni zunanji rob ima veliko pufersko vlogo v okolju. Ocenjuje se, da prehodni rob skupaj s poplavnimi ravnici prispevajo od 60 do 100 % zmanjšanje vnosa dušikovih in fosforjevih spojin v vodotok. (Lavrenčič, 2005)

3 HIDRAVLIKA ODPRTIH VODOTOKOV

3.1 Pretok v odprtih vodotokih

Karakteristike pretoka v odprtih naravnih ali umetnih kanalih so odvisne od mnogih faktorjev, ki vključujejo padavine, površinski odtok, infiltracijo, podzemni tok, velikost prečnih profilov, naklon rečne struge, sestavo posteljice dna in rečnih brežin, meandriranja in transport sedimentov. Majhne in velike vodotoke, vodotoke, ki tečejo po naravnih ali umetnih strugah, uvrščamo med odprte vodotoke, saj je površina toka v neposrednem stiku z vplivi iz atmosfere. Pretoki v odprtih vodotokih so lahko zelo različni. Na strmih pobočjih, kjer so hitrosti vode velike, je malo rastja, posteljica dna pa je ponavadi sestavljena iz večjih in bolj grobih frakcij. Tu prevladuje turbolenten tok. Na nižinskih delih, kjer so padci dna rečne struge manjši, kjer se hitrost vode upočasni pa prevladuje laminaren tok. Pretok v odprtih vodotokih se lahko hitro spremeni ob močnih nalivih in daljših deževjih, v sušnejših mesecih pa je vodostaj nižji in tok vode komaj zaznaven. (Ward in Trimble, 2003)

Za potrebe izdelave te diplomske naloge je predvsem pomembno poznavanje t. i. normalnega toka. Pojem normalni tok uporabljamo za tok s prosto gladino, kjer se hitrost s časom in prostorom (linijsko) ne spreminja. Te lastnosti normalnega toka opisuje njegovo drugo ime, ki je stalni (časovna nespremenljivost) enakomerni (prostorsko-linijska nespremenljivost) tok. (Trček, 2005)

Stalni enakomerni tok je torej tok, pri katerem površina, pretok in hitrost v vsakem prečnem prerezu v daljšem časovnem obdobju na daljšem odseku vodotoka ostanejo nespremenjene.

Torej stalni enakomerni tok ustreza dvema pogojema:

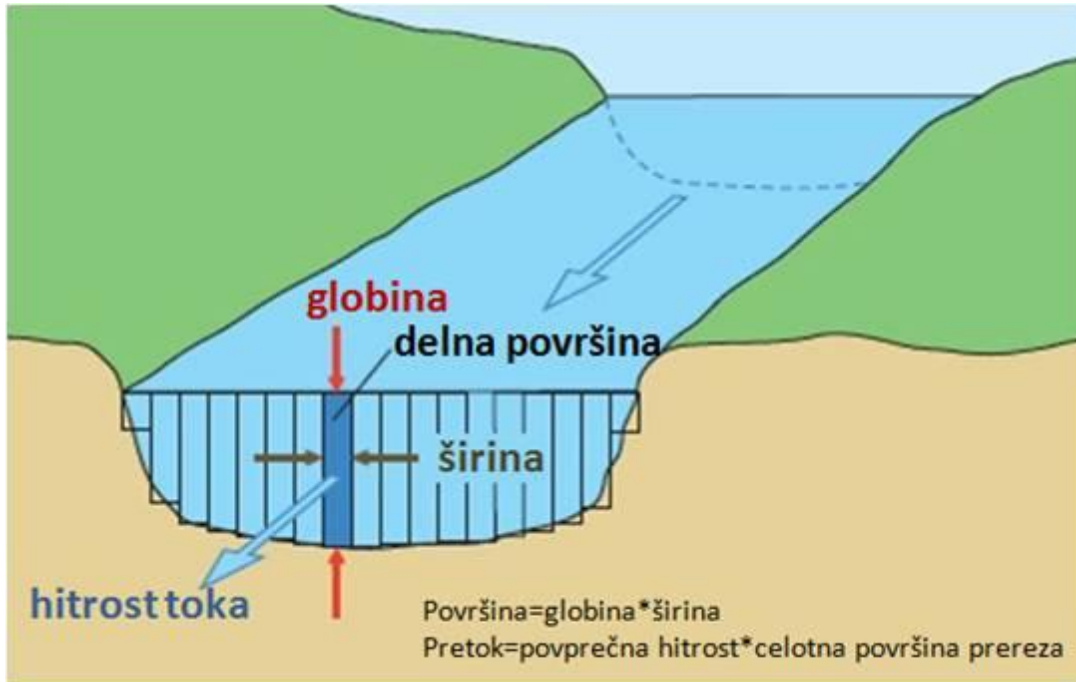
$$Q(t, x) = \text{const. in}$$

$$S(t, x) = \text{const.}$$

Iz teh dveh pogojev sledi, da sta torej hitrost toka ($v = \text{const.}$) in globina toka ($h = \text{const.}$) konstantni.

V naravi so pogoji stalnega enakomernega toka le redko izpolnjeni. V izogib računskim napakam moramo prevzeti ustrezne predpostavke, da rezultat ni obremenjen z napako in je zato napaka znotraj spremenljive tolerance. (Steinman, 1999)

Pretok vode oblikuje rečno strugo. Pretok vodnega toka je definiran kot prostornina vode, ki v enoti časa preteče skozi določen prečni prerez rečne struge. Je ena najpomembnejših hidroloških količin.



Slika 3: Shema prečnega prereza struge vodotoka (USGS, 2014)

Pretok v vodotoku je definiran z enačbo:

$$Q = v \times S$$

Kjer je:

Q pretok [m^3/s]

v hitrost toka [m/s]

S površina prečnega prereza pravokotnega na smer glavnega toka [m^2]

Za izdelavo diplomske naloge me je predvsem zanimal pretok vode, ki zapolnjuje strugo vodotoka do višine, ko se voda začne prelivati iz osnovne struge preko brežin na poplavno ravnico. Ta pretok imenujemo strugotvorni pretok. Za strugotvorni pretok uporabljamo tudi besedo pretočnost (v angleščini bankfull discharge).

Poleg erozijskega procesa in sedimentacije plavin je strugotvorni pretok poglaviti dejavnik, ki vpliva na transporta plavin ter nastajanje in spreminjanja hidromorfoloških oblik struge. Strugotvorni pretok torej oblikuje hidromorfologije struge (Rosgen, 1996)

3.2 Manningov koeficient

V praksi se za izračun povprečne hitrosti vodnega toka največkrat uporabljajo semi-empirične enačbe. Najpogosteje uporabljeni sta de Chézyjeva enačba in Manningova enačba.

Manningovo enačbo je leta 1889 razvil irski inženir Robert Manning (1816-1897).

Manningova enačba ima obliko:

$$\bar{v} = \frac{1}{n_g} \times R^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Kje je:

- \bar{v} povprečna hitrost toka [m/s]
- n_g Manningov koeficient hrapavosti [s/m^3]
- R hidravlični radij [m]
- I naklon dna struge [m/m]

Hidravlični radij R izračunamo po enačbi:

$$R = \frac{S}{P}$$

Kjer je:

- R hidravlični radij [m]
- S površina prečnega prereza, pravokotnega na smer glavnega toka [m^2]
- P omočen obod [m]

Pri hidravličnih analizah in izračunih je poleg zadovoljivo natančnih meritev površine prečnega prereza, omočenega oboda, padca dna struge zelo pomembna pravilna izbira oziroma natančna določitev vrednosti Manningovega koeficienta hrapavosti n_g .

3.2.1 Določanje Manningovega koeficienta (n_g) hrapavosti

Najpomembnejša faktorja, ki vplivata na velikost in določitev Manningovega koeficienta hrapavosti v odprtih vodotokih, sta vrsta in velikost materiala posteljica dna in brežine ter oblika kanala. (Arcement in Schneider, 1989)

Manningov koeficient lahko določimo s povratnim računom v primeru, da imamo znan pretok in višino gladin. Pri idejnih zasnovah pa na največkrat uporabimo tabele, v katerih glede na terenski ogled določimo ustrezne faktorje in jih uporabimo v nadaljnih enačbah. (Jokanović, 2010)

Chowan je leta 1956 razvil formulo za lažjo in bolj natančno določitev vrednosti n_g

$$n_g = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m$$

Kjer je:

- n_g Manningov koeficient hrapavosti
- n_0 vpliv materiala, ki sestavlja korito

- n_1 vpliv hrapavosti omočenega oboda
- n_2 vpliv neprizmatičnost rečnega korita
- n_3 relativni vpliv ovir v rečnem koritu
- n_4 vpliv zaraslosti z vegetacijo
- m vpliv stopnje meandriranja vodotoka

Vplivi na Manningov koeficient n_g so torej:

- a) Hrapavost površine-Hrapavost površine določata velikost ter oblika zrn materiala, ki sestavlja omočen obod struge. Bolj kot je material droben, manjši je njegov vpliv na vrednost n_g in manjši so vplivi spremembe gladine. Pri večjih frakcijah zrn, kot sta gramoz ali prod, pa je vpliv na vrednost n_g večji pri nižjih vodostajih in relativno majhen pri višjih vodostajih.
- b) Vegetacija-Vegetacija zvišuje vrednost koeficienta n_g . Vpliv zarasti je odvisen od porazdelitve, gostote, višine in vrste zarasti. V zgornjem oziroma izvirskem delu vodotokov je zaradi strmih padcev ter večjih hitrosti vode manj zarasti kot v srednjih in nižinskih delih vodotokov.
- c) Nepravilnost korita-Faktor nepravilnosti korita vključuje spreminjanje omočenega oboda ter velikosti in oblike prečnih profilov vzdolž struge. Nepravilnost korita v naravnih vodotokih povzročata predvsem erozija brežin vodotoka ter naplavljanje plavin. Postopne spremembe velikosti prečnih prerezov imajo manjši vpliv na velikost n_g kot nenadne spremembe.
- d) Trasa vodotoka-Pri manjših padcih struge vodotoka, se še posebej pri naravnih vodotokih, pojavljajo meandri. Manjši kot so radiji meandrov, večje so energijske izgube.
- e) Odlaganje plavin in spodjedanje-Odlaganje plavin in spodjedanje brežin vpliva na nepravilnost korita.
- f) Prepreke, ovire- Prepreke v naravnih vodotokih povzročijo padla drevesa, naplavine in zdrsi materiala. Velikost vpliva na povečanje n_g koeficienta je odvisna od oblike, velikosti in števila ovir.
- g) Vodostaj in pretok-Pri manjših pretokih je vpliv hrapavosti dna veliko večji kot pri večjih pretokih. To velja zmeraj, razen v primeru, ko so brežin vodotoka močno zaraščene z gosto in visoko vegetacijo.

Vrednosti za koeficiente n_0 , n_1 , n_2 , n_3 , n_4 in m določimo na podlagi terenskega ogleda s pomočjo tabele.

Tabela 1: Vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za izračun n_g

VPLIV	STANJE KORITA	VREDNOST PARAMETROV
Materila, ki sestavlja korito	Zemlja	0.020
	Izkop v skali	n_0 0.025
	Fini gramoz	0.024
	grobi gramoz	0.028
Stopnja hrapavosti omočenega oboda	Zablateno korito	0.000
	Majhna	n_1 0.005
	Srednja	0.010
	Velika	0.020
Neprizmatičnost	Postopna	0.000
	Občasna	n_2 0.005
	Pogosta	0.010-0.015
Relativni vplivi ovir v koritu	Zanemarljiv	0.000
	Majhen	n_3 0.010-0.015
	Znaten	0.020-0.030
	Velika	0.040-0.060
Zarastlost z vegetacijo	Nizka	n_4 0.005-0.010
	Srednja	0.010-0.025
	Visoka	0.025-0.050
	Ekstremna	0.050-0.100
Stopnja meandriranja	Majhna	m 1.000
	Srednja	1.150
	Velika	1.300

Določitev vrednosti koeficientov je subjektivna ocena ocenjevalca, ki opravlja terenski ogled. V izogib napakam in v pomoč ocenjevalcem z manj izkušnjami je svetovno priznani hidrolog in inženir Ven Te Chow na podlagi več avtorjev zbral vrednosti n_g za različne tipe rečnih korit. Opise različnih tipov rečnih korit in poplavnih ravnin s faktorji n_g je podal v tabelah, ki so priložene v Prilogi A, Prilogi B in Prilogi C.

Poleg tabel je Chow za pomoč določanja n_g priložil tudi slike s podrobnim opisom in vrednostimi n_g različnih kombinacij poplavnih ravnin in rečnih strug.

3.3 Metoda razredčenja

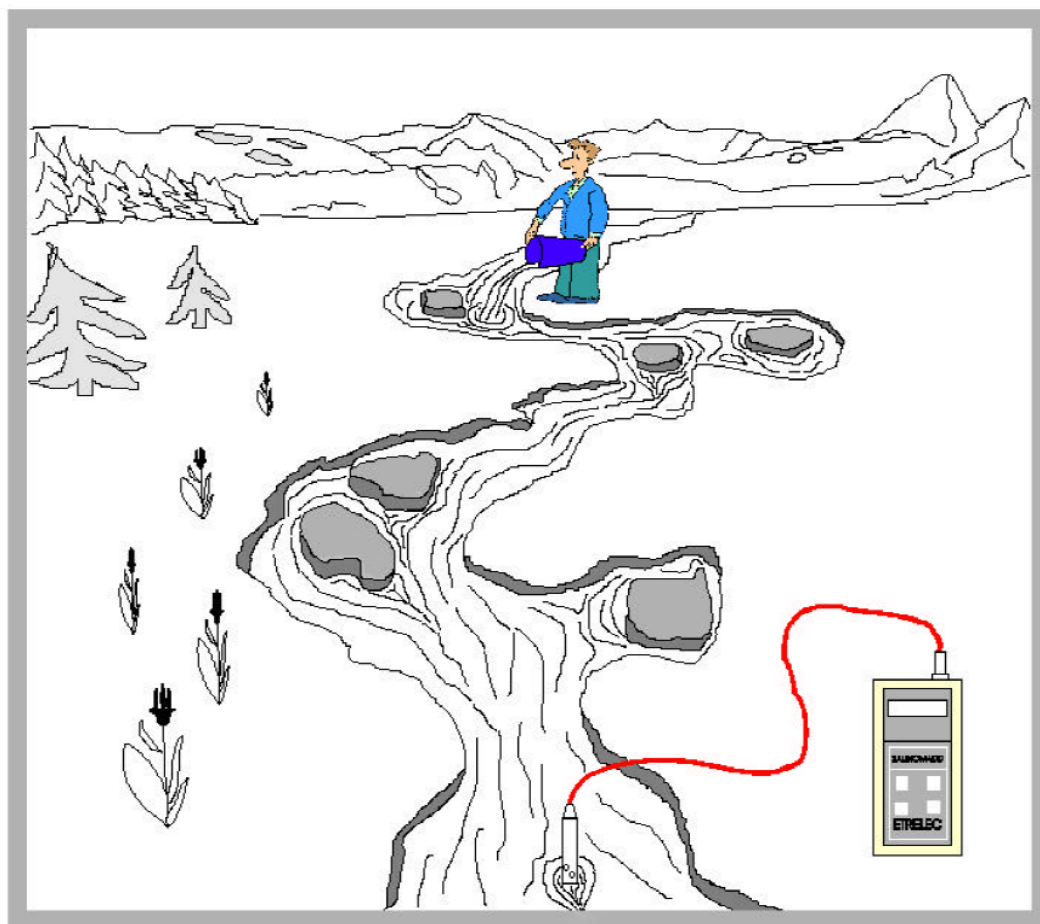
Metoda razredčenja soli (ang. Salt dilution method) je ena izmed najpogosteje uporabljenih metod v inženirski praksi. V kolikor se metoda izvaja v primernih pogojih, je natančnost te metode zelo visoka.

Večinoma se uporablja za merjenje pretoka v odprtih vodotokih, čeprav lahko merimo tudi pretok podzemnih vod, vendar z manjšo natančnostjo. (Radojević in Dević, 2015)

V odprtih vodotokih se metoda uporablja predvsem na manjših vodotokih s strmim padcem, kjer je hiter in neenakomeren tok. Primerena je tudi za močno zaraščene vodotoke, kjer meritev ne moremo izvajati s hidrometričnim krilom. (Mejak, 2010)

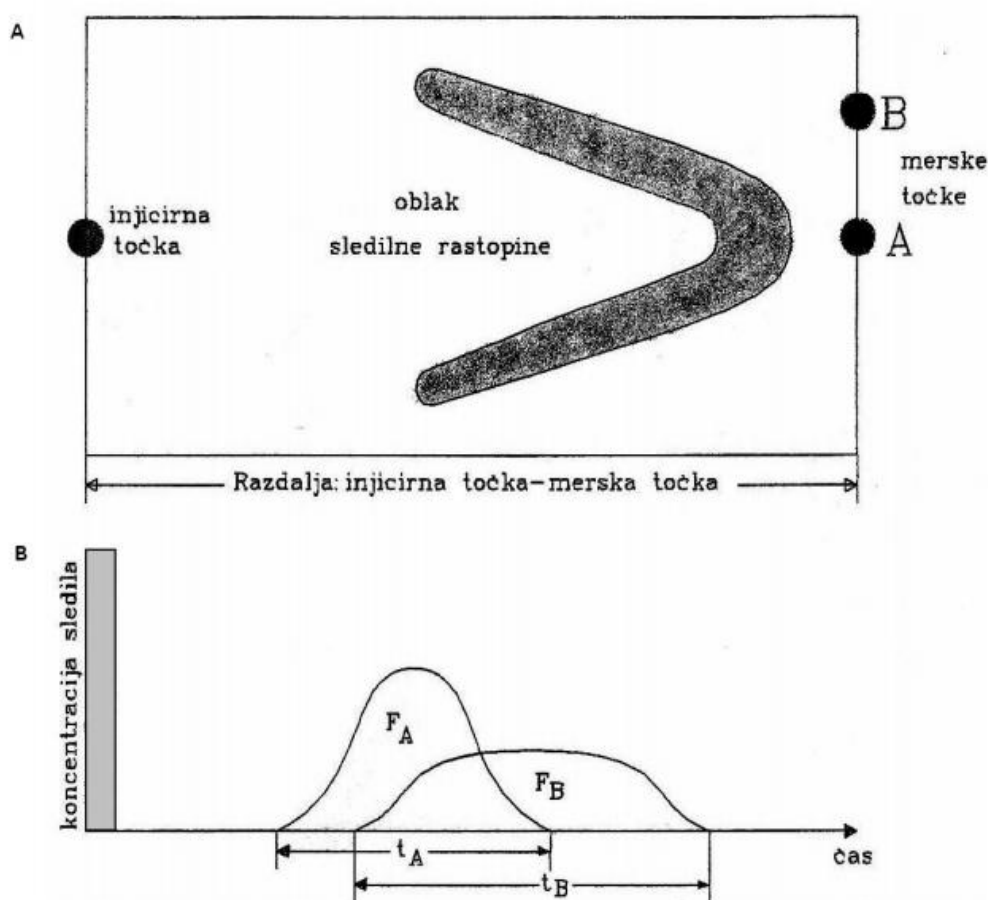
Poznamo dve metodi razredčenja: metoda konstantnega oziroma trajnega iniciranja ter metoda trenutnega iniciranja oz. integracijska metoda. Prva metoda je primerna za uporabo na manjših vodotokih s pretokom manj kot 100 l/s oz. 0.1 m³/s, kot za sledilo pa se največkrat uporablja fluorescein ali uranin. Integracijska metoda oz. metoda trenutnega iniciranja pa je primerna tudi za vodotoke s pretokom do 10 m³/s kot sledilo pa se največkrat uporablja kuhinjska sol (NaCl).

Sledilo iniciramo v vodotok gorvodno od točke merjenja. Razdalja od mesta iniciranja sledila do mesta merjenja elektroprevodnosti mora biti dovolj velika, da se sledilo premeša po celotnem prečnem prerezu vodotoka. Splošno pravilo je, da mora biti ta razdalja 25 krat večja od širine toka, vendar je odvisa tudi od morfologije terena struge.



Slika 4: Prikaz izvajanja meritve z metodo razredčenja (Flow-Tronic, 2001)

Po inicijiranju sledila v vodotok, se le ta hitro premeša v globino, vendar pa počasi doseže celotno širino struge. Ker je v nekaterih delih vodotoka tok vode hitrejši kot v drugih (ponavadi je tok hitrejši v sredini struge, počasnejši ob bregovih), se oblak sledila razporedi dolvodno s procesom vzdolžne disperzije. Proces vzdolžne disperzije se izraža v lastnosti oblaka sledila, ki je prikazan na spodnji sliki. Najvišja koncentracija soli je v območju, kjer je hitrost vode največja v matici struge, nato sledi območje s srednjo koncentracijo, proti koncu oblaka (ob bregovih) pa se koncentracija močno zmanjša. (Moore, 2015)



Slika 5: Potovanje oblaka sledila (Mejak, 2010)

Pretok se izračuna po spodnji enačbi: (HMZ, 1999)

$$Q = \frac{M}{C \times t} = \frac{M}{F}$$

Kjer je:

Q pretok [l/s]

M količina injiciranega sledila [g]

C izmerjena koncentracija sledila [g/l]

t čas [s]

F površina diagrama poteka koncentracije sledila skozi točko merjenja [$\frac{g \times s}{l}$]

Enačbo integriramo, saj graf časovnega poteka koncentracij sledila ni pravokotne oblike, ampak je območje določeno s krivuljo. Z integrirano enačbo tako lahko določimo površino F, ki predstavlja območje pod krivuljo časovnega poteka koncentracij.

Integrirana enačba je torej:

$$Q = \frac{M}{\int_t C(t) dt}$$

Upoštevati moramo tudi umeritveni koeficient, ki omogoča pretvorbo podatkov o elektroprevodnosti v podatke o koncentraciji sledilne raztopine. (Cvetko, 2013)

Iz postopka, ki je opisan v podglavju Flo-tracer dobimo umeritveno premico, naklon le te pa določa umeritveni koeficient.

$$\tan \alpha = \frac{C}{EP} = e$$

Kjer je:

e umeritveni koeficient [$\frac{mg/l}{\mu S/cm}$]

C izmerjena koncentracija sledila [g/l]

EP specifična elektroprevodnost vode [$\mu S/cm$]

Ob upoštevanju bazne elektroprevodnosti (BEP), je enačba za izračun koncentracije sledeča:

$$C(t) = e \times (EP(t) - BEP(t))$$

Enačba za izračun pretoka, pri kateri upoštevamo bazno elektroprevodnost je:

$$Q = \frac{M}{e \times \int_0^1 (EP(t) - BEP(t)) dt}$$

Končna enačba za izračun pretoka, pri kateri upoštevamo bazno elektroprevodnost oziroma elektroprevodnost na začetku (EP (začetna)) in na koncu (EP (končna)) meritve je:

$$Q = \frac{M}{e \times (\sum_{i=1}^n EP(i) - n \times \frac{EP(\text{začetna}) + EP(\text{končna})}{2}) \times \Delta t}$$

Kjer je:

Q pretok [l/s]

M količina injiciranega sledila [mg]

e umeritveni koeficient [$\frac{mg/l}{\mu S/cm}$]

n število meritev [/]

i	indeks zaporedja podatkov [/]
Δt	časovni interval med vsako meritvijo [s]
EP(i)	izmerjena elektroprevodnost i-tega podatka [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
EP(začetni)	izmerjena elektroprevodnost v prvi minuti meritve [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
EP(končni)	izmerjena elektroprevodnost v zadnji minuti meritve [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

3.3.1 Izbira in priprava sledila

Izbrano sledilo, mora ustrezati naslednjim kriterijem:

- mora biti lahko topno v vodi pri povprečni temperaturi vodnega telesa,
- ne sme reagirati z vodo in v vodi prisotnimi naravnimi elementi,
- pri izbranih koncentracijah ne sme biti strupeno in škodljivo okolju,
- ne sme obstajati kot naravni element v vodnem telesu (razen v minimalnih količinah),
- lahko ga enostavno in natančno izmerimo,
- mora biti relativno poceni in lahko dostopno. (Comina et al., 2013)

Kuhinjska sol (NaCl) ustreza vsem zgoraj naštetim kriterijem in je zato tudi najpogosteje uporabljeno sledilo. Običajno se uporabi 2 do 12 g soli na liter na sekundo pretoka. Količina uporabljene soli je odvisna od velikosti pretoka, začetne oz. bazne slanosti vodotoka, širine merjenega profila ter razdalje od točke injiciranja ter točke merjenja elektroprevodnosti, turbolence in izkušenj tistega, ki meritve izvaja. Količina soli mora biti izmerjena na 1 % natančnosti. Sledilo mora dvigniti elektroprevodnost vode za minimalno 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Flow-Tronic, 2001)

Pomembno je, da je sledilo, katerega injiciramo v vodotok med merjenjem elektroprevodnosti enako kot sledilo s katerim smo instrument kalibrirali. (Flow-Tronic, 2001)

3.3.2 Izbira mesta merjenja

Od pravilne izbire profila je odvisna tudi točnost meritve. Rečni odsek, na katerem izvajamo meritev pretoka z razredčinsko metodo, mora ustrezati naslednjim karakteristikam:

- med točko inicijiranja sledila in točko merjenja ne sme biti mrtvih rokavov oziroma območji s stoječo vodo, ki močno podaljšujejo čas potovanja sledila od točke injiciranja do točke merjenja,
- točka merjenja mora biti na mestu, kjer ni pretirane turbolence (ne sme se nahajati tik pod pragovi, drčami,...), saj zračni mehurčki vplivajo na izmerjeno elektroprevodnost,
- v izbranem odseku meritev mora prevladovati turbolentni tok nad laminarnim, da se zagotovi potrebno vertikalno ter longitudinalno mešanje sledila,
- bazna elektroprevodnost reke mora biti konstantna v času izvajanja meritev,
- zagotovljena mora biti primerna razdalja med točko injiciranja in točko merjenja. (Ranz, 1983)

Teoretično je vseeno v kateri točki merimo elektroprevodnost, vendar se v praksi uporablja merjenje v matici struge oziroma na mestu, kjer je hitrost vode najvišja. Med meritvijo moramo preprečiti morebitne premike sonde. To lahko naredimo tako, da na sondo položimo kamen.

3.3.3 Flo-tracer

Merilec pretoka vode Flo-tracer proizvaja belgijsko podjetje Flow-tronic. Instrument Flo-tracer je namenjen izvajanju meritev za merjenje pretoka na vodotokih z velikim padcem in hitrim tokom ter na zaraščenih vodotokih.

Meri elektroprevodnost vode, nato pa z vgrajenim programom z uporabo razredčinske metode izračuna pretok vode.

3.3.3.1 Opis instrumenta Flo-tracer

Instrument Flo-tracer je kljub robustni izdelavi shranjen v odporni torbi z gumijasto-penastimi vložki, ki med transportom ščiti in varuje instrument pred morebitnimi fizičnimi poškodbami.

Glavni sestavni deli merilnega instrumenta Flo-tracer so ročni merilec, ki je sestavljen iz podatkovnega regulatorja in uporabniškega vmesnika ter sonde, s katero merimo temperaturo vode ter elektroprevodnost. Sondo in podatkovni register povezuje kabel, ki prenaša izmerjene podatke.

Poleg osnovnega instrumenta so v torbi priložena še navodila za uporabo, kabel za povezavo merilnega instrumenta z računalnikom ter 5 odmerkov po 20 ml raztopine ter plastično posodo, namenjeno za umerjanje.

Osnovni tehnični podatki instrumenta Flo-tracer so podani v spodnji preglednici.

Tabela 2: Tehnični podatki instrumenta Flo-tracer (Flow-Tronic, 2015)

TEHNIČNI PODATKI INSTRUMENTA FLO-TRACER			
Osnovni tehnični podatki	razpon meritev	0,01 l/s do 999,900 l/s	
	natančnost meritev	< 5 % (z optimalno mešanico sledila)	
	ponovljivost meritev	± 1 %	
	tip sledila	kuhinjska sol (NaCl)	
	količina sledila	1g do 1000g soli	
	idealna mešanica sledila	med 5 in 20g soli na l/s za predpostavljen pretok	
	napajanje	4 alkalne baterije 1.5 V (AA, LR6 tip)	
	čas delovanja	30 ur (v normalnih pogojih)	
	povezava	serijska povezava RS-232	
	dimenzije in teža	celoten kovček: 450×360×106 mm; 2,7 kg	
		naprava s sondo: 250×120×55; 1,6 kg	
zaščita	IP65		
Slanost	razpon meritev	slanost: 0 do 2000 mg/l	
		prevodnost: 0 do 3, 600 μS/m	
	občutljivost	1 mg/l	
	točnost	< 1 %	
Temperatura	razpon meritev	0 do +40°C	
	točnost	± 0,2°C	



Slika 6: Instrument Flo-tracer (ČHMÚ, 2003)

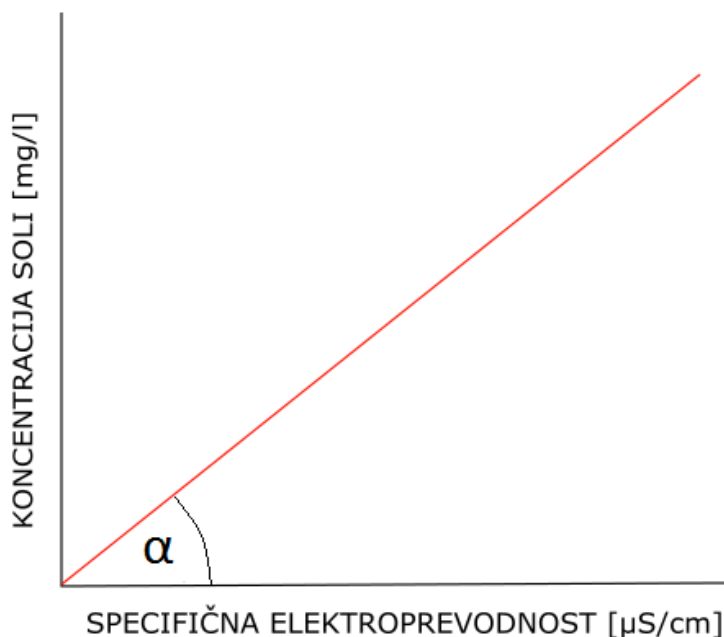
3.3.3.2 Umerjanje instrumenta Flo-tracer

Pred umerjanjem instrumenta moramo preveriti, če je sonda čista. Večkrat se na elektrodah nabere vodni kamen. Karbonatne depozite odstranimo z uporabo čistilnih sredstev (Durgol, čistilni kis). Čistimo tako, da odstranimo zaščitni pokrov, nato pa elektrode za 20 minut potopimo v posodo s čistilnim sredstvom. Sondo temeljito operemo pod tekočo vodo in pustimo, da se posuši.

Po čiščenju sonde, pripravimo izmerjeno količino destilirane vode, ki nam bo služila kot začetni testni vzorec. Nato pripravimo z isto soljo, ki jo bomo uporabljali pri meritvah, pripravimo raztopine enakih količin z znanimi koncentracijami.

Pred začetkom umirjanja, mora imeti sonda enako temperaturo kot temperature vode in raztopin s pomočjo katerih bomo izvajali kalibracijo instrumenta. To lahko preverimo tako, da prižgemo Flo-tracer, izberemo funkcijo MULTIMETRE in počakamo toliko časa, da temperatura, ki se nam izpiše na zaslonu, postane konstantna. Nato na začetnem zaslonu izberemo funkcijo za kalibracijo (CALIBRATION).

V naprej pripravljene kalibracijske raztopine (z znano količino in koncentracijo) postopoma eno za drugo dodajamo začetnemu testnemu vzorcu. Pri vsaki spremenjeni koncentraciji se beležita 2 podatka-podatek o koncentraciji raztopine, ki smo jo dodali začetnemu vzorcu in vrednost elektroprevodnosti novo nastale raztopine. Ti podatki se vnašajo v diagram. Iz oblaka točk v dobljenem diagramu se po principu najmanjših kvadratov in z linearno regresijo določi umeritvena premice.



Slika 7: Umeritvena premica

Glede na naklon dobljene umeritvene premice izračunamo umeritveni koeficient e po spodnji enačbi:

$$\tan \alpha = e$$

Vrednost umeritvenega koeficienta e je odvisna od kvalitete soli in se giblje med 0.4 in 0.6 (mg/l)/(μS/cm).

V primeru, ko za zaporedne meritve uporabljamo isto sol, instrument umerimo na vsakih 20 meritev, drugače pa vsakič, ko zamenjamo vrsto soli, ki jo uporabljamo kot sledilo.

3.3.3.3 Izvedba in potek meritev

Preverimo, da je ročni merilnik izklopljen in ga s povezovalnim kablom povežemo s sondo. Na ročnem merilniku pritisnemo gumb za vklop. Na zaslonu se nam pojavijo štiri možnosti izbire: MULTIMETRE, CALIBRATION, ACQUISITION in END.

Funkcijo MULTIMETRE izberemo takrat, ko želimo, da instrument neprekinjeno meri temperaturo, slanost in elektroprevodnost vode. Pri funkciji "multimeter" je koeficient e tovarniško nastavljen.

Funkcija CALBRATION nas vodi skozi umerjanje instrumenta, katero je bilo opisano v prejšnjem poglavju.

Možnost END izberemo takrat, ko želimo izklopiti instrument.

Za merjenje pretoka izberemo funkcijo ACQUISTION. Instrument nas vodi čez vnose naslednjih parametrov in podatkov o meritvi. Vnesti moramo:

-Merski profil (CHOICE OF SITE): Vpišemo štirimestno številko profila, na katerem izvajamo meritve. V kolikor so bile meritve v tem profilu že uspešno izvedene, se nam na zaslonu izpiše takratni izmerjen pretok vode v l/s. V primeru, da meritve na tem profilu še niso bile izvedene oziroma so bile izvedene neuspešno, se nam izpiše »?« l/s. Če naredimo ponovne meritve na profilu, na katerem je bil že izmerjen pretok, potem se podatki prepisujejo z novo izmerjenimi vrednostmi.

-Interval meritve (INTERVAL): Izbiramo lahko med 1, 2, 4, 8, 16 ali 32 sekund dolgimi intervali. Dolžina intervala je odvisna od časa potovanja oblaka sledila. Flo-tracer lahko hrani do 955 meritev; torej odvisno od dolžine intervala, lahko hrani meritve za časovno obdobje 15minut, 30 minut, 1 uro, 2 uri, 4 ure 15minut ali 8 ur 30 minut. Pomembno je, da dolžino intervala nastavimo glede na karakteristike vodotoka. V hitrih in močno turbulentnih vodotokih se sledilo hitro premeša. V takih primerih izberemo krajše intervale, razdalja od iniciranja sledila do točke meritve pa naj bo krajša. Pri počasi tekočih vodotokih izberemo daljše intervale ter daljšo razdaljo med točko iniciranja sledila in točko merjenja. Pri pravilni izbiri dolžine intervala in razdaljo merjenja nam pomagajo predvsem izkušnje.

-Vremenski pogoji (METEO SITUATION): Izbiramo lahko med 11imi različnimi vremenskimi pogoji (sončno (SUNNY), lepo in vroče (NICE&HOT), lepo in hladno (NICE&COLD), oblačno (CLOUDY), pretežno oblačno (OVERCAST), deževno (RAINY), močan dež (STRONG RAIN), nevihtno (STORMY), deževno in vetrovno (RAIN&WIND), dež in sneg (RAIN&HAIL SNOW), sneg (SNOW), zmrzal (COLD&FROST)). Izbira ne vpliva na meritve.

-Višina vodostaja (WATER LEVEL) Višina vodostaja ne vpliva na meritve, lahko pa z izmerjenim pretokom in več meritvami določimo korelacijo med vodostajem in pretokom. Višino vodostaja lahko vpišemo v milimetrih ali centimetrih.

-Količina inicirane soli (QUANTITY OF SALT) Količina inicirane soli je odvisna od karakteristik vodotoka. Daljša kot je razdalja med mestom merjenja in inicijiranjem sledila, večje je razredčenje sledila in manjše povečanje slanosti v merskem območju. Za dobre rezultate meritev je potrebno, da se slanost vode v območju merjenja poveča za 10 % oziroma za 15 mg/l. Pri merjenju količine inicirane soli moramo biti zelo natančni, saj je to glavni faktor, ki vpliva na rezultate pretoka.

-Oddaljenost točke injiciranja sledila od merskega profila (INJECTION DISTANCE): Oddaljenost točke injiciranja sledila do merskega profila je odvisna od karakteristik vodotoka. Bolj, kot je tok turbulenten, hitreje se sledilo premeša, krajša je razdalja. Pri bolj umirjenem in počasnem toku, sledilo

potrebuje več časa, da se premeša, razdalja med inicjiranjem sledila do merskega profila je daljša in za meritve je potrebno več sledila. Razdalja ne vpliva na rezultate meritve. (Flow-Tronic, 2001)

3.4 Merjenje prečnih profilov

Za merjenje prečnih profilov potrebujemo:

- mersko lato,
- vodoodporen merilni trak, ki je dovolj dolg, da z njim prečno izmerimo strugo vodotoka,
- škornje za v vodo,
- list papirja kamor bomo zapisovali podatke.

Potek merjenja prečnih profilov se začne z izbiro in določitvijo merilnega mesta. Nato pravokotna na potek struge napnemo merski trak. Vedno merimo od levega proti desnemu bregu. Prečni profil razdelimo na enako široke odseke, odvisno od skupne širine vodotoka ter razgibanosti terena. Paziti moramo, da v primeru objektov, ki predstavljajo motnjo (mostovi, prepusti,...) določimo prečni profil tik gorvodno in tik dolvodno od objekta. Na vsakem odseku z merilno lato, ki mora biti med meritvami postavljena pravokotno na merilni trak, odčitamo globino rečnega kanala. Rezultate si sproti zapisujemo v vnaprej pripravljeno tabelo.

3.5 Program HEC-RAS

Program HEC-RAS (River Abakysis System (RAS)) je program namenjen za hidravlične izračune. Program je bil razvit pod okriljem ameriške vojske (US Army Corps of Engineers) na ameriškem centru za hidrologijo (Hydrologic Engineering Center (HEC)). Od leta 1995, ko je bil program prvič dostopen za javnost, se stalno posodablja in dopolnjuje z novimi verzijami.

Prva verzija programa je omogočala zgolj hidravlično analizo stalnega neenakomernega toka, kasnejše verzije pa omogočajo tudi izvedbo eno-dimenzijskega (upoštevane so samo komponente v smeri toka) stalnega ter nestalnega toka, spreminjanje temperature vode in računanje transporta sedimentov.

Program za računanje hidravličnih lastnosti v vodotokih uporablja energijsko enačbo: Ker v energijsko enačbo niso vključeni časovno spremenljivi členi, je tok predpostavljen kot stalen. (Mikoš in Mastnak, 1998)

Energijska enačba enačba:

$$\alpha_1 \times \frac{(Q/A_1)^2}{2 \times g} + y_1 + z_{01} = \alpha_2 \times \frac{(Q/A_2)^2}{2 \times g} + y_2 + z_{02} + L_f + L_e$$

Kjer je:

- α Coriolisov koeficient
- g težnostni pospešek [m/s^2]
- Q pretok [m^3/s]
- A površina prereza [m^2]
- y globina vode [m]
- z_0 kota dna [m n.m.v.]
- L_f trenjske izgube
- L_e izgube zaradi zožitve ali razširitve v prečnem prerezu

Indeks 1 ali 2 predstavlja oznako prečnega profila v računskem odseku vodotoka.

Izgube zaradi zožitve ali razširitve v prečnem prerezu L_e program izračuna po naslednji enačbi:

$$L_e = C \times \frac{|v_1^2 - v_2^2|}{2 \times g}$$

Kjer je:

- C koeficient zožitve ali razširitve v prečnem profilu
- v hitrost [m/s]
- g težnostni pospešek [m/s^2]

Trenjske izgube program računa po naslednji formuli:

$$L_f = (x_1 - x_2) \times \bar{S}_f = (x_2 - x_1) \times \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

Kjer je:

- x stacionaža
- \bar{S}_f povprečen padec energijske črte med profiloma [m/m]
- K prevodnost [m^3/s]
- Q pretok [m^3/s]

Prevodnost K se izračuna po enačbi:

$$K = \frac{1}{n_g} \times A \times R^{2/3} = \frac{Q}{\sqrt{S_0}}$$

Kjer je:

- n_g Manningov koeficient hrapavosti
- A površina prečnega prereza [m^2]
- R hidravlični radij [m]
- Q pretok [m^3/s]

S_0 padec dna [m/m]

Za računanje hidravlične analize v programu HEC-RAS pri hidravličnem modelu, moramo slediti 5 glavnim korakom:

- odpreti nov projekt,
- vstaviti geometrijske podatke,
- vstaviti podatke o pretoku ter določiti robne pogoje,
- pognati izračun za hidravlično analizo,
- pregledati in izvoziti oz. natisniti rezultate.

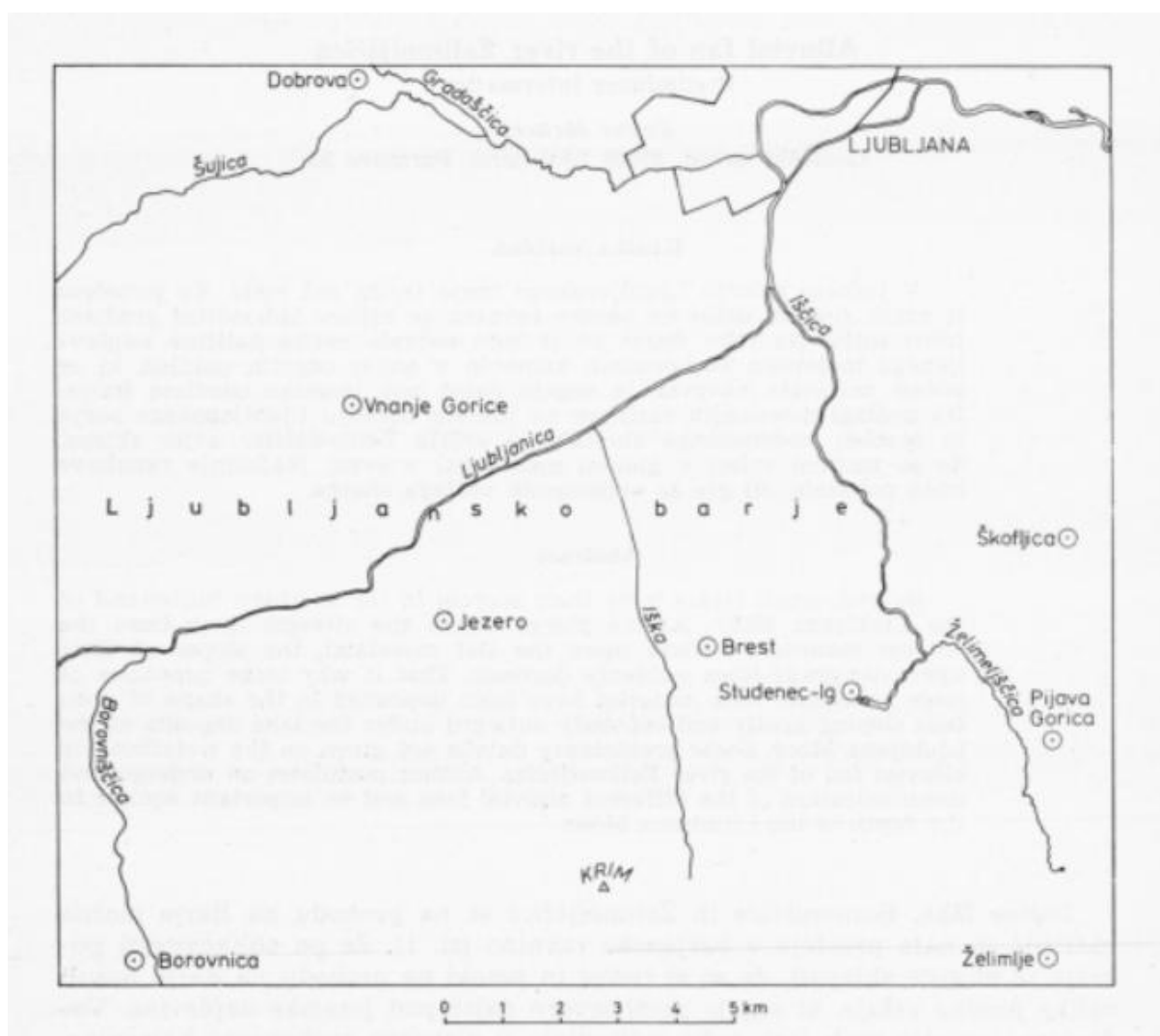
Prvi korak pri računanju hidravlične analize v programu HEC-RAS je da odpremo nov model. Nov projekt začnemo tako, da kliknemo na okno **File** in izberemo **New Project**. Določimo mu ime ter mesto v računalniku, kamor želimo, da se vsi podatki shranjujejo. Pred naslednjim korakom vnosom geometričnih podatkov, moramo določiti, kater sistem merskih enot naj program uporablja. Sistem merskih enot izberemo s klikom na okno **Options**, kjer izberemo **Unit System**. Naslednji korak je vstavljanje geometričnih podatkov. Geometrične podatke vstavimo tako, da v meniju **Edit** izberemo ikono **Geometric Data**. Odpre se nam okno z geometrijskimi podatki, kamor vstavimo shematični prikaz rečnega sistema, podatke o prečnih profilih in podatke o hidravličnih objektih na vodotoku (mostovi, pragovi, prepusti, jezovi,..). Korak zaključimo s shranjevanjem geometrijskih podatkov. Sledi korak vstavljanja podatkov o pretoku in določanje robnih pogojev. Izbiramo lahko med enakomernim in neenakomernim tokom. Vnesti moramo število prečnih profilov, podatke o pretoku ter robne pogoje rečnega sistema. Ko smo zaključili z vnašanjem podatkov o pretoku in robnih pogojih, jih shranimo.

Ko so podatki o geometriji vodotoka ter podatki o pretoku vnešeni, lahko s klikom na ikono **Run** zaženemo hidravlične izračune. Ko program konča izračune, si rezultate lahko ogledamo s klikom na ikono **View**. Rezultati hidravlične analize so prikazani grafično in tabelarično. Posamezne grafe lahko pogledamo za vsak podan prečni prerez. Tabela nam poda rezultate glavnih parametrov. (Brunner in CEIWR-HEC, 2010)

4 OPIS POTOKA ŽELIMELJŠČICA

4.1 Osnovni podatki

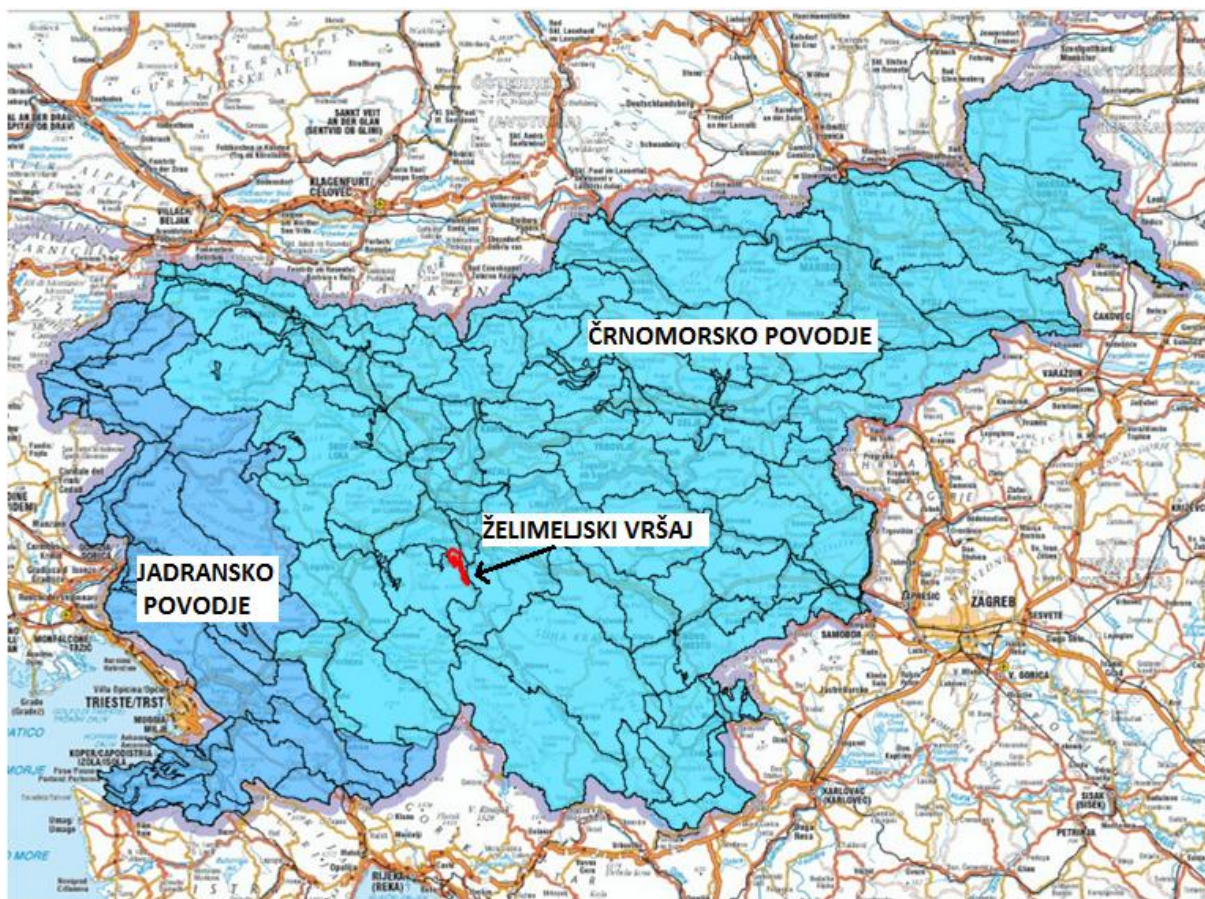
Potok Želimejščica izvira v Želimejški dolini severovzhodno od Turjaškega gradu. Nadmorska višina izvira je 290 metrov. Teče skozi kraj Želimlje, po katerem je potok dobil tudi ime. Znano je, da so ljudje v preteklosti ob Želimejščici in njenih pritokih gradili mlinščice ter tako vodno moč uporabljali za obratovanje pogonskih koles. Ob Želimejščici so gradili tudi žage, vendar so bile le te redkeje od mlinov. Po podatkih, naj bi v preteklosti delovalo 8 žag. Poleg žag in mlinov, so energijo vodnega toka uporabljali tudi za kovačije in manjše elektrarne. (Natek, 1984)



Slika 8: Položajna skica Ljubljanskega barja (Mencej, 1981)

Zaradi gričevnatega zaledja ima zgornji del potoka hudourniški značaj. Celotna površina zaledja Želimejščice znaša 30,87 km². (Frantar et al., 2006)

Struga je od izvira do vstopa na Ljubljansko barje naravno ohranjena, od tam naprej pa je regulirana. Potok ima 10 pritokov (Benšetov graben, Žičev žleb, Bajdinc, Zdravščica, Ščurkov potok, Bršljanovec, Granjevica, Šumnik, Peklenščica in Javorski potok), ki zagotavljajo vodnatost Želimejščice skozi celo leto. Potok se kot desni pritok izliva v reko Iščico (tudi Ižico), ta pa se pri Črni vasi kot desni pritok izliva v Ljubljano. Porečje Želimejščice spada pod Črnomoško povodje.



Slika 9: Območje Jadranskega in Črnomoškega povodja ter lokacija Želimejškega vršaja (Geopedija, 2013)

Ko Želimejščica priteče iz ozke doline na barjansko ravnico, se na prehodu močno razširi in hidravlični gradient struge se hitro zniža. Na robu Barja se so se zato nabrale velike količine naplavljenega materiala karbonatnih kamenin, ki tvorijo vodonosni aluvialni vršaj Želimejščice oziroma Želimejški vršaj. Peščenoprodni zasip Želimejščice sega 1 kilometer severno od Želimlja in se nadaljuje pod glinastimi usedlinami na Barju. (Mencej, 1981)

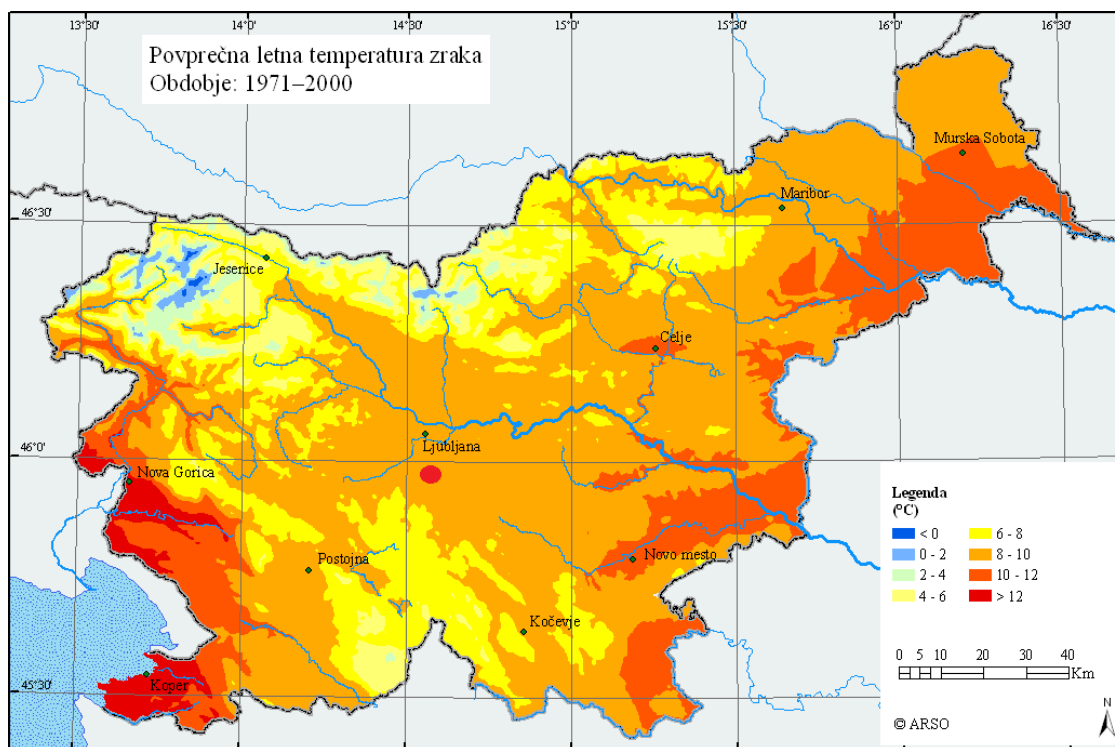
4.2 Podnebje

Želimejščica se nahaja v zmerno celinskem podnebju osrednje Slovenije. Neposredno ob reki se v naselju Podreber nahaja meteorološka postaja Želimlje.



Slika 10: Lokacija meteorološke postaje Želimlje (Nadbath, 2007)

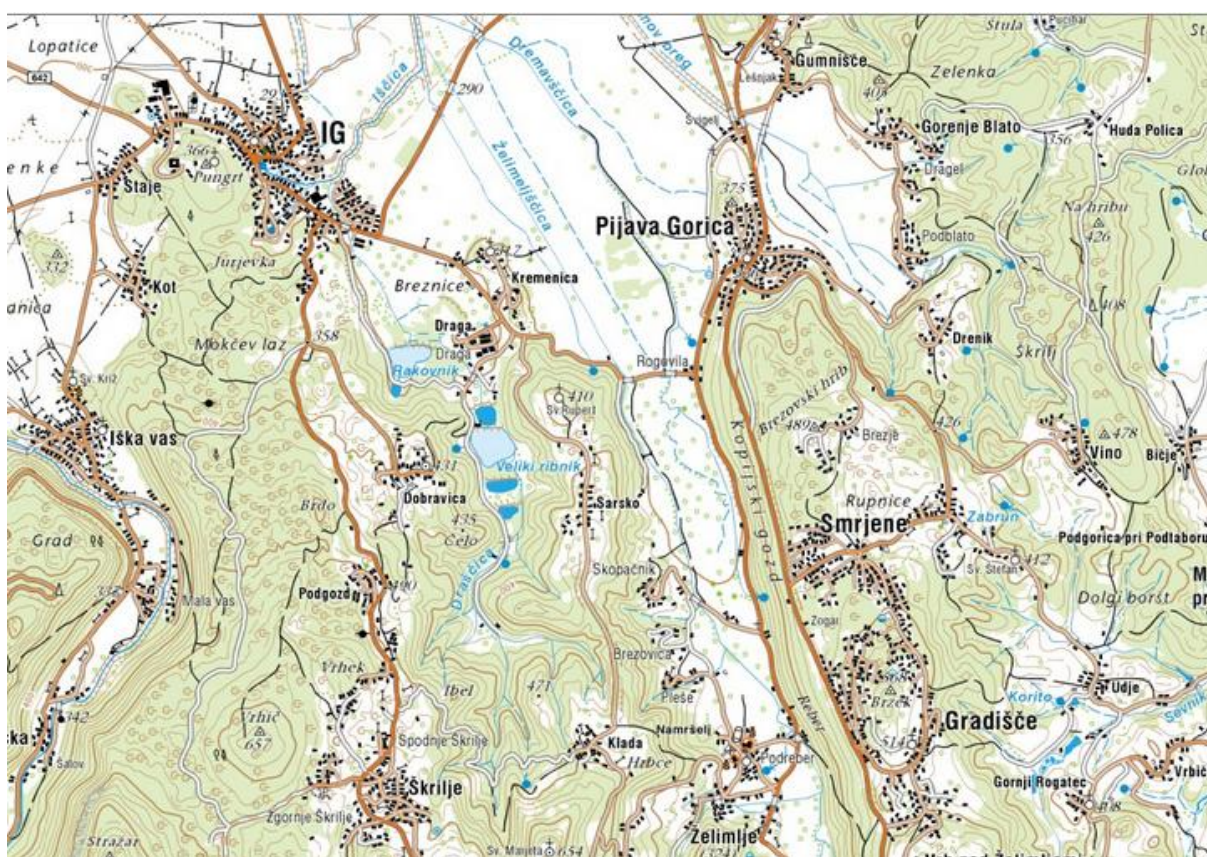
Povprečna letna temperatura zraka izmerjenja v obdobju 1971-2000 je na tem območju znašala 8°C-10°C.



Slika 11: Povprečna letna temperatura zraka na območju Slovenije za obdobje 1971-2000

4.3 Topografija

Izvir potoka Želimeljščica se nahaja v bližini Turjaškega gradu na višini 290 m nadmorske višine. Pot nadaljuje po ozki želimeljski dolini, ki jo je izoblikovala vodna erozija. Dolina je obdana s strmimi pobočji. Na vzhodnem delu jo vzdolžno omejujejo pobočja Reber, na zahodnem pa pobočja Studorja. Dolina se pred vstopom na Ljubljansko barje rahlo razširi, vendar jo še vedno omejujeta pobočji Koprijskega gozda na vzhodu in Sv. Rupreta na zahodu. Pred vasjo Kremenica se želimeljska dolina odpre v Ljubljansko barje. Potok Želimeljščica od tu naprej teče po skoraj popolnoma ravni barjanski ravnici vse do izliva z reko Iščico. Zaradi minimalnega padca terena ter geoloških značilnosti je to območje zamočvirjeno.



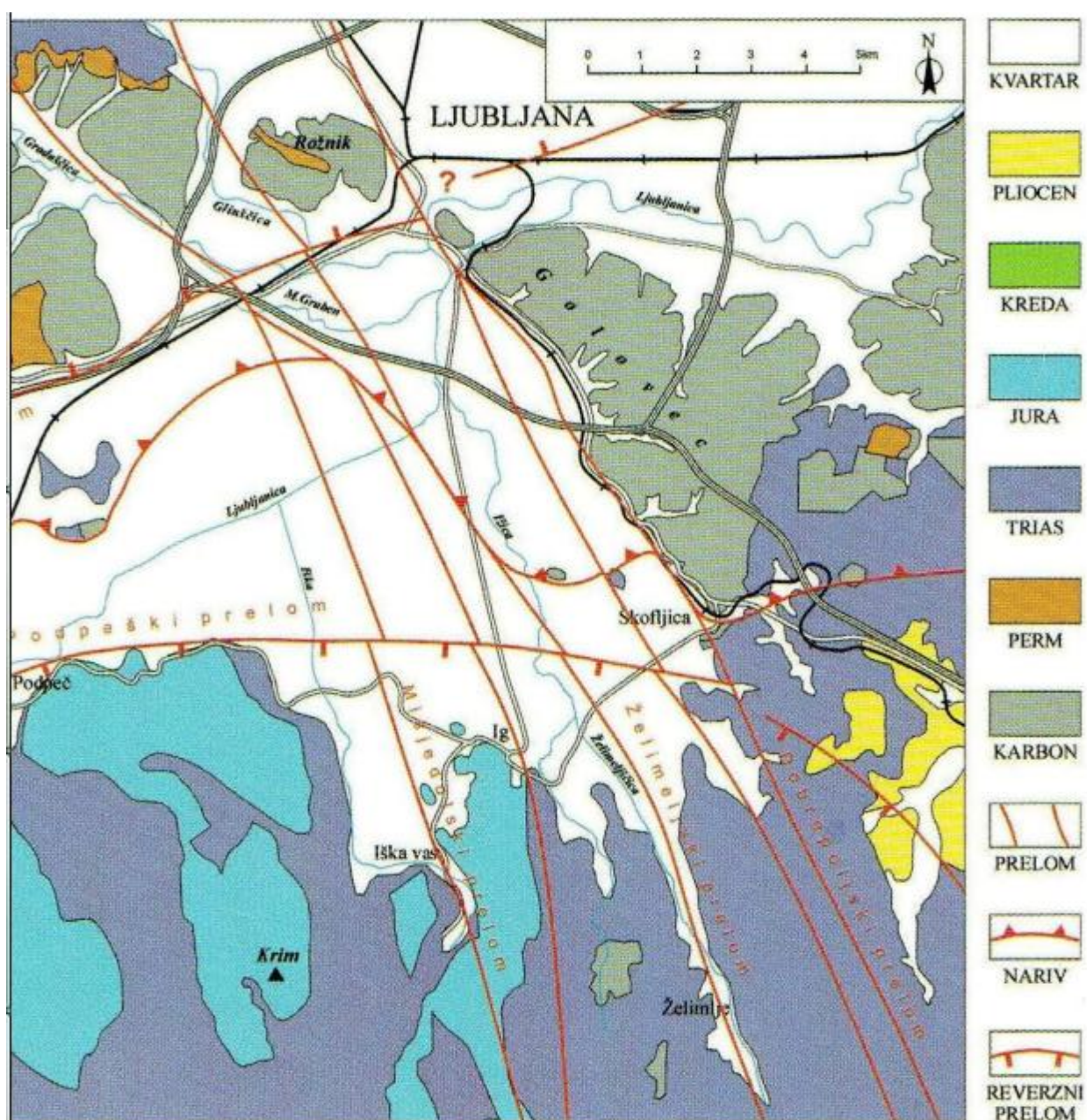
Slika 12: Topografija osrednjega in spodnjega dela območja Želimeljščice (Geopedija, 2013)

4.4 Geologija

Del Ljubljanskega barja, po katerem teče potok Želimeljščica je iz obdobja kvartarja. Kvartar je najmlajše geološko obdobje v zgodovini Zemlje. Kvartar se deli na pleistocen in holocen. Obdobje pleistocena se je začelo pred okoli 1,7 milijoni let. Sledil mu je holocen z začetkom pred 10 000 leti in to obdobje traja še danes.

Večji del sedimentov Ljubljanskega barja na območju potoka Želimejščice je iz pleistocenskega obdobja. Pleistocenski sedimenti so tu razviti v jezersko-barjanskem faciesu (peščena in meljna glina). Pleistocenske plasti tu sestavljajo predvsem siva, sivkasto zelena in rjavkasto siva glina. Plasti gline se menjavajo s plastmi proda, peska in melja.

Meja med površinsko pleistocensko in globjo holocensko podlago je na globini 18 m. Na globini 0, 80 metrov meljna glina preide v temno rjavo šotno blato. V preteklosti je bila šota razširjena po celotnem barju, danes pa je ohranjena le še na nekaterih delih. Želimejščica še danes na ravnino Ljubljanskega barja nanaša prod, pesek in glino. Rečne nanose odlaga na t.i. Želimejški vršaj oziroma vršaj Želimejščice. (Zajc, 2010)



Slika 13: Geološka karta vzhodnega dela Ljubljanskega barja (Pavšič, 2008)

Ljubljansko barje spada v geotekstonsko enoto Dinaridi in njeno podenoto Zunanji Dinaridi. Za to enoto je značilna narivna zgradba in dinarsko usmerjena prelomna tektonika v smeri od severo-zahoda proti juho-vzhodu. Eden izmed mnogih prelomov na Ljubljanskem barju, ki potekajo v dinarski smeri je tudi Želimeljski prelom. Želimeljski prelom poteka pod območjem doline Želimeljščice, nato pa teče po Ljubljanskem barju vzporedno potoku.

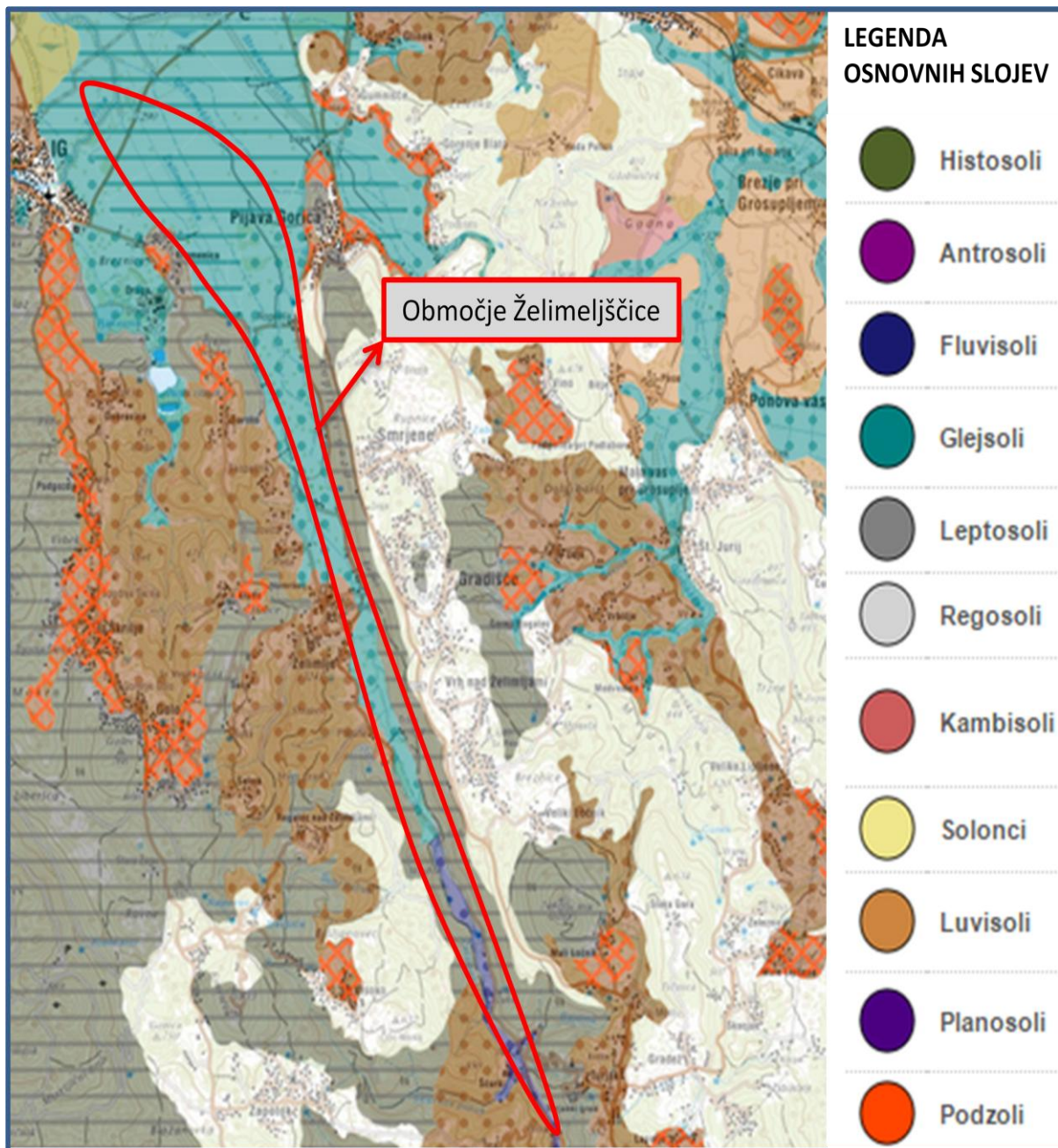
4.5 Pedologija

Območje izvirnega dela (kreon) Želimeljščice spada v pedosistemsko enoto z oznako: obrečna tla, evtrična, zmerno oglejena, razred: obrečna tla, profil: A-C, tip: obrečna tla, podtip: evtrična, varieteta: zmerno oglejena, FAO: Fle, FAO Tip: Eutric Fluvisol. Na spodnji karti je to označeno s temno vijoličasto barvo. Fluvisoli so mlade prsti, ki so se razvile na rečnih naplavinah in kažejo aluvialno stratifikacijo.

Osrednji del (ritron) leži na območju, ki spada v pedografsko enoto z oznako: hipoglej, evt. mineralen srednje močan 80 % in hipoglej, evt. mineralen močan 20 %. Na pedološki karti je to območje označeno s temno zeleno barvo z vmesnimi zelenimi pikami.

Nižinski del (potamon), ki se nahaja na ravninski Barjanski ravnici pa leži na pedografski enoti z oznako: glej na organskem podtalju, hipoglej, srednje močan. Na pedološki karti je to območje označeno s temno zeleno barvo z vmesnimi neprekinjenimi zelenimi črtami.

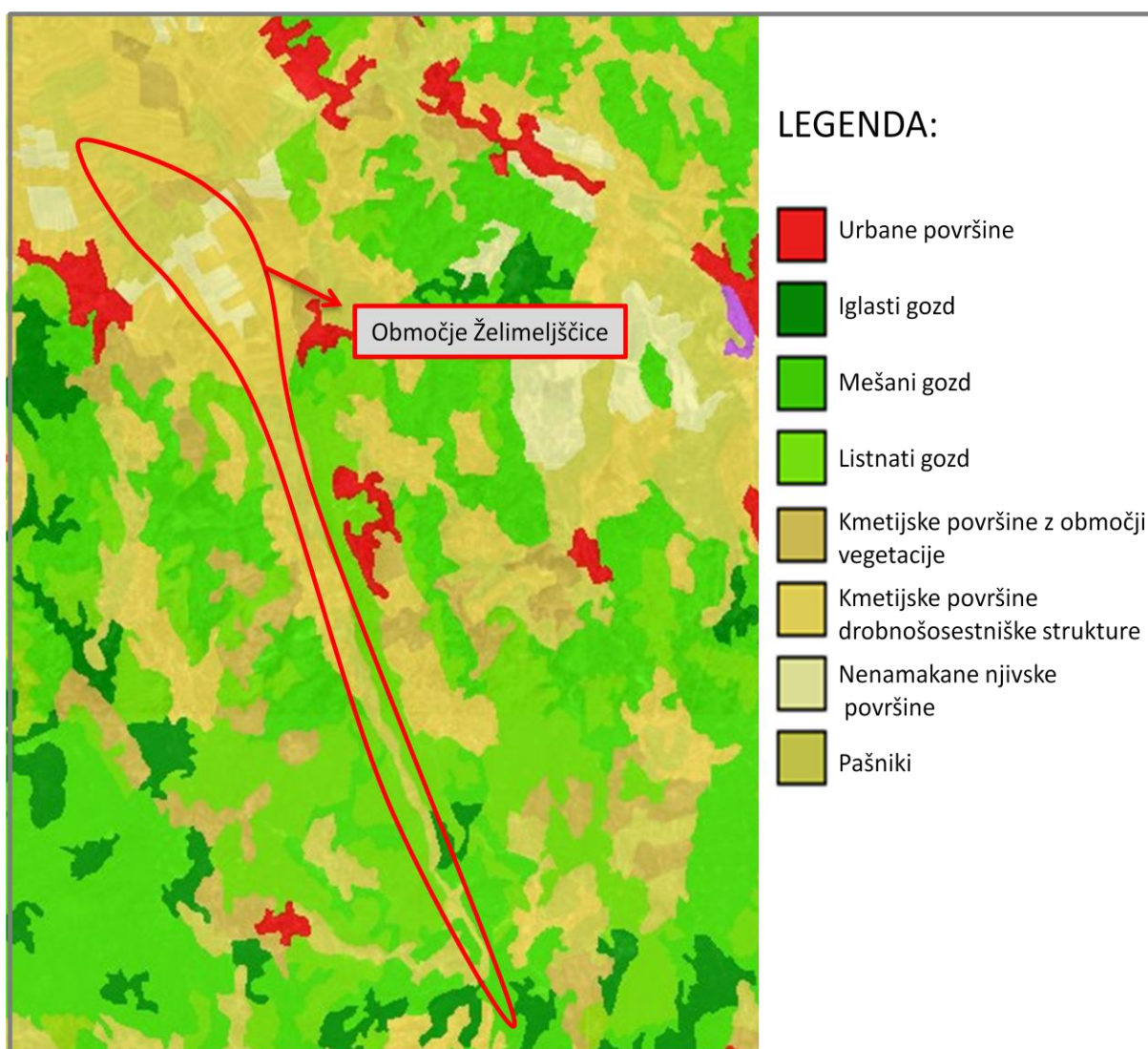
Gleji (glejsoli) so z vodo zasičene prsti, kjer prevladujejo procesi, ki so posledica slabe prepustnosti in anerobnih pogojev.



Slika 14: Pedološka karta območja Želimejščice (Zajc, 2010)

4.6 Pokrovnost in raba prostora

Izvir Želimeljščice se nahaja na obronkih iglastega gozdu, kjer le ta prehaja v mešani gozd in se nadaljuje v listnati gozd. V zgornjem delu toka je tik ob reki ozek pas kmetijskih površin. Rečno dolino omejujejo strma pobočja, ki so v nižjih delih porastla z listnatim gozdom, nato pa prehajajo v mešani gozd. S prehodom Želimeljščice iz ozke rečne doline na Ljubljansko barje prevladujejo kmetijske površine ter kmetijske površine z območji vegetacije. Ob Želimeljščici se od sotočja z Iško gorvodno do mostu pojavljajo pašniki. Večja naselja Ig, Škofljica in Pijava gorica se nahajajo na razdalji več kot 1 200m od same struge. Nad strmim pobočjem, ki omejuje Želimeljško dolino s severo vzhoda, pa se nahaja naselje Gradišče nad Pijavo Gorico.



Slika 15: Karta pokrovnosti in rabe prostora na območju Želimeljščice (ARSO, 2013)

4.7 Ureditev Želimeljščice 1985

4.7.1 Razlogi za ureditev

V sklopu melioracije Dobravico so regulirali del potoka Želimeljščice od sotočja Želimeljščice z Iščico do praga pri mlinu Smoligenj, ki se nahaja 2 740 m gorvodno od sotočja.

Obravnavan odsek je bil že reguliran leta 1974, ko je bil izkopan normalni profil s širino dna 5,0 m in naklonom brežin 1:3. Takratna niveleta je bila izpeljana v padcu 1, 55 %, za kompenzacijo naravnega padca pa sta bili zgrajeni dve stopnji višine 0, 60 m.

Po letu 1974 je ribiška družina Barje na tem istem odseku nekontrolirano in nestrokovno zgradila 7 pragov višine 0, 50 do 1, 0 m, s čimer je bila v celoti izničena regulacija iz leta 1974: dno je bilo umetno dvignjeno, pretočni prerez je bil prenizek, visoke vode so preplavljale bregove ob vsakem močnejšem deževju. Z oziroma na melioracijo Dobravica so posodobili 320 ha kmetijskih zemljišč, tako stanje glavnega odvodnika Želimeljščice ni bilo spremenljivo, zato je bila regulacija nujno potrebna.

4.7.2 Regulacijski ukrepi

V celoti so odstranili vseh sedem pragov, v celoti so obdržali le prag št. 8 pti mlinu Smoligenj, dodatno so ga okrepili z nametom iz lomljenca v podslapje. Odstranili so tudi stopnje zgrajene leta 1974, ki pa so bile leta 1985 že v celoti zasute.

Kot podloga za pri izdelavi dokumentaciji so služili podatki iz projekta Hidroiženiranja iz leta 1978. Normalni profil s širino dna 5, 0 m in naklonom brežin 1:3 se je obdržal, saj je bil v naravi zgornji del tega profila povsod dobro ohranjen, medtem ko so dno na projektirano niveletno znatno poglobili.

Za osnovo dimenzioniranja je bil prevzet pretok $Q=20 \text{ m}^3/\text{s}$, kar pa je komaj 3-letni pretok. Visoka voda Želimeljščice na izlivu je ocenjena na $Q_{100}= 69, 80 \text{ m}^3/\text{s}$. Ker so želeli na melioracijskem področju zagotoviti 10-letno varnost s privzetim pretokom $Q=20 \text{ m}^3/\text{s}$, so zgradili akumulacijo z zmogljivostjo $2.000.000 \text{ m}^3$ volumna, ki se nahaja nad izlivom Suhega potoka. Zgrajena pregrada dolžine 200 m in višine 15 m deluje po principu suhega zadrževalnika. (Tratnik, 1985)

5 METODE DELA IN MERITVE

5.1 Merilno mesto



Slika 16: Področje izvajanja meritev na topografski karti (Geopedija, 2013)

Merjenje prečnih profilov je potekalo na potoku Želimeljščica, ki izvira v Želimeljski dolini severovzhodno od Turjaškega gradu in se kot desni pritok izliva v Iščico.

Lokacije prečnih profilov, kjer sem izvajala meritve, so se ujemale z lokacijami prečnih profilov, ki jih je v okviru projekta regulacije potoke Želimeljščice leta 1973 izvedlo vodno gospodarsko podjetje Hidrotehnik. Te iste lokacije prečnih profilov so uporabili tudi v projektu Ureditvev Želimeljščice leta 1985.



Slika 17: Želimejščica leta 1991 (Bizjak, 2015)

Lokacija profila št. 1 se je nahajala na sotočju Želimejščice z Išcico. Širina struge je na tem mestu 24 m, globina vode pa je bila pregloboka za izvajanje meritev z metodo merjenja prečnih profilov, ki sem jo uporabila za namen diplomske naloge. Zaradi tega razloga, sem profil št. 1 izpustila in meritve začela s profilom št. 2. Prečni profil št. 2 se nahaja 100 m gorvodno od sotočja. Sledi mu profil št. 3, ki je od profila št. 2 oddaljen 100 metrov. Prav tako je profil št. 4 od profila št. 3. oddaljen 100 m. Razdalja med profilom št. 4 in profilom št. 5 je 135 m. Profil št. se se nahaja tik ob mostu na cesti Škofljica-Ig. Sledijo profili št. 6, 7, 8, 9 in 10, ki so med seboj oddaljeni 100 m. Skupna razdalja od sotočja do profila št. 10 je 935m, razdalja od profila št. 2 ter do profila št. 10 pa 835 m.

Mertitev z razredčinsko metodo sem izvajala pri mostu čez Želimejščico, na cesti Škofljica-Ig. Sledilo sem injicirala 20 metrov gorvodno od mostu, mesto merjenja s sondo pa je bila 50 metrov dolvodno od mesta injiciranja.



Slika 18: Pogled dolvodno z mostu proti sotočju Želimeljščice z Iščico marec 2015

5.2 Merska oprema

Na potoku Želimeljščica sem izvajala meritve pretoka in meritve prečnih profilov. Meritev pretoka sem izvajala po principu razredčinske metode s pomočjo instrumenta Flo-Tracer. Meritev prečnih profilov pa sem izvajala z mersko lato in merskim metrom.

Za merjenje prečnih profilov sem potrebovala merski trak dolžine 60 metrov, mersko lato in ribiške škornje. Za zakoličbo profilov sem uporabila lesene količke, ki sem jih označila z oranžno barvo za les.

Merilec pretoka vode Flo-tracer proizvaja belgijsko podjetje Flow-tronic. Instrument Flo-tracer je namenjen izvajanju meritev za merjenje pretoka na vodotokih z velikim padcem in hitrim tokom ter na zaraščenih vodotokih. Instrument Flo-tracer proizvaja belgijsko podjetje Flow-tronic. Glavni sestavni deli merilnega instrumenta Flo-tracer so ročni merilec, ki je sestavljen iz podatkovnega regulatorja in uporabniškega vmesnika ter sonde, s katero merimo temperaturo vode ter elektroprevodnost. Sondo in podatkovni register povezuje kabel, ki prenaša izmerjene podatke. Meri elektroprevodnost vode, nato pa z vgrajenim programom z uporabo razredčinske metode izračuna pretok vode.

5.3 Metode dela

5.3.1 Merjenje prečnih profilov

Potek merjenja prečnih profilov sem začela z določitvijo in zakoličbo prečnih profilov. Lokacije zakoličenih mest so se ujemale z lokacijami merjenih prečnih profilov leta 1985. Prečne profile sem označevala od sotočja Iščice in Želimeljščice gorvodno proti mostu. Lokacije sem označila z lesenimi količki, ki sem jih za lažjo vidljivost pobarvala z oranžno barvo. Z merilnim trakom sem odmerila razdalje med profili. Za kontrolno točko za točnost meritev, sem si izbrala most čez Želimeljščico na cesti Škofljica-Ig.



Slika 19: Merjenje razdalj med prečnimi profili in označevanje profilov (Piltaver, 2015)

Sledilo je merjenje prečnih profilov na vseh s količki označenih lokacijah. Za merjenje sem potrebovala mersko lato, vodoodporen merilni trak, škornje za v vodo ter list papirja, kamor sem si zapisovala podatke.



Slika 20: Oprema za merjenje prečnih profilov

Pravokotno na potek struge sem napela merski trak, ki je bil dovolj dolg, da sem z njim prečno izmerila strugo vodotoka. Merila sem od levega proti desnemu bregu. Prečne profila sem razdelila na 1 m široke odseke, kjer pa se je teren hitreje spreminjal, sem dodala še vmesne meritve. Nato sem merilno lato postavila pravokotno na merilni trak in na vsakem odseku odčitala globino rečnega kanala. Rezultate sem si zapisovala sproti v naprej pripravljeno tabelo.



Slika 21: Potek meritev prečnih profilov

5.3.2 Flo-Tracer

Flo-tracer meri pretok vode glede na spremembo elektroprevodnosti po metodi razredčenja. Pri metodi razredčenja sem za sledilo izbrali kuhinjsko sol (NaCl), saj ustreza vsem zahtevam, ki jih imora imeti injicirano sledilo za merjenje v naravnih okoljih. Običajno se uporabi od 2 do 12 g soli na liter na sekundo pretoka. Ocenili smo, da bomo za merjenje pretoka za vsako meritev potrebovali približno 1 kg soli. Uporabljeno količino kuhinjske soli smo pred raztapljanjem natančno izmerili, saj mora biti količina injicirane soli izmerjena na 1 % natančno.

V spodnji tabeli je prikazano koliko gramov NaCl smo uporabili pri vsaki meritvi.

Tabela 3: Količina uporabljene kuhinjske soli

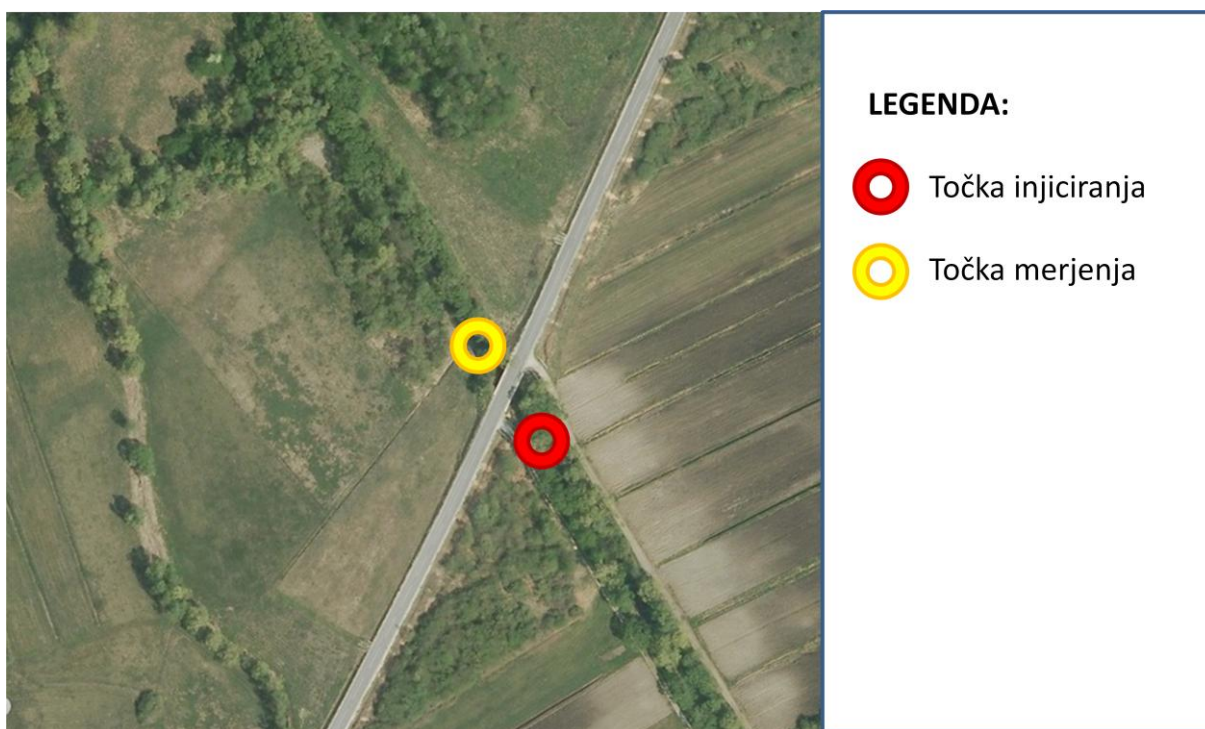
Št. meritve	Količina soli [g]
1	1017
2	1014
3	1015
4	1019

V 10 litrsko plastično vedro sem zajela vodo iz potoka. V vedro sem vsula prej odmerjeno količino soli. Sol in vodo sem s pomočjo lesene palice mešala toliko časa, dokler niso bili vsi kristali NaCl popolnoma raztopljeni v vodi.



Slika 22: Priprava sledila-mešanje soli

Ročni merilnik sem s povezovalnim kablom povezala s sondo in s pritiskom na gumb za vklop prižgala. Na začetnem zaslonu sem izbrala možnost ACQUISITION. Instrument nas je vodil čez vnose parametrov in podatkov o meritvi. Vpisala sem štirimestno številko merskega profila. Dolžina intervala meritve je odvisna od karakteristik vodotoka. Pri meritvah smo izbrali 1 sekundi interval. Sledil je vnos vremenskih pogojev (METEO SITUATION). Bilo je oblačno, zato sem izbrala možnost CLOUDY. Izbira vremena ne vpliva na meritve. Višino vodostaja (WATER LEVEL) sem izmerila z merilno lato. Višina vodostaja ne vpliva na meritve, lahko pa z izmerjenim pretokom in več meritvami določimo korelacijo med vodostajem in vodotokom. Sledil je vnos količine injicirane soli (QUANTITY OF SALT). Pri vnosu količine injicirane soli moramo biti natančni, saj je to glavni faktor, ki vpliva na rezultate meritev. Pri prvi meritvi sem vnesla 1017 g, pri drugi 1014 g, tretji 1015 g, pri četrti pa 1019 g. Zadnji podatek o meritvah, ki sem ga vnesla v instrument je bil oddaljenost točke injiciranja sledila do merskega profila (INJECTION DISTANCE). Razdalja je znašala 70 metrov.



Slika 23: Prikaz lokacij točke merjenja in točke injiciranja sledila

Po vnosu vseh podatkov v instrument, sem merilno sondo postavila v matico toka. Preverili sem, da je bila potopljena in pri miru. V nasprotnem primeru, bi jo morala obtežiti.



Slika 24: Sonda v matici toka

Počakala sem, da je bila temperatura sonde enaka temperaturi vode. Začela sem z merjenjem elektroprevodnosti. Gorvodno sem po celotni dolžini struge injicirala sledilo. Na zaslonu instrumenta sem spremljala spremembe elektroprevodnosti. Ko je celotni oblak sledila stekel čez profil merjenja, sem zaključila z merjenjem.

5.3.3 Določitev Manningovega koeficienta

Za potrebe diplomske naloge sta morali biti znani vrednosti Manningovega koeficienta tako iz leta 1985 kot leta 2015. Vrednost Manningovega koeficienta, ki so jo uporabili za hidrološke izračune v projektu Ureditev Želimejščice leta 1985 na obravnavanem območju je znašala 0.029.

S pomočjo fotografij, ki jih je leta 1991 na obravnavanem področju Želimejščice posnel dr. Aleš Bizjak, sem s pomočjo tabel Chowan in Ven te Chow določila vrednost Manningovega koeficienta.

Za leto 2015 sem Manningov koeficient določila na tri različne načine; s pomočjo formule Chowan in tabel, s pomočjo tabel Ven te Chow ter na podlagi meritev pretoka izvedenih z instrumentom Flo-Tracer.

5.3.3.1 Določitev Manningovega koeficienta s pomočjo formule Chowan

Najprej sem vrednost določila s pomočjo formule, ki jo je z namenom bolj natančne določitve n_g razvil Chowan.

Formula za bolj natančno določitev vrednosti n_g po, ki jo je razvil Chowan se glasi:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m$$

Kjer je:

- n_g Manningov koeficient hrapavosti
- n_0 vpliv materiala, ki sestavlja korito
- n_1 vpliv hrapavosti omočenega oboda
- n_2 vpliv neprizmatičnost rečnega korita
- n_3 relativni vpliv ovir v rečnem koritu
- n_4 vpliv zaraslosti z vegetacijo
- m vpliv stopnje meandriranja vodotoka

Določitev n_g za leto 1991

Posamezne vrednosti koeficientov sem določila na podlagi fotografij, ki so bile na obravnavanem območju posnete leta 1991.



Slika 25: Obravnavano območje Želimeljščice marca 1991 (Bizjak, 2015)

Na zgornji fotografiji je prikazano obravnavano območje Želimeljščice marca 1991. Zgodaj spomladi so brežine strug bistveno manj poraščene kot v poletnem in zgodnje jesenskem času. V spodnji tabeli so prikazani vplivi in stanje korita ter določene vrednosti parametrov v primeru, ko je zarastlost z vegetacijo "srednja".

Tabela 4: Določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za marec 1991

VPLIV	STANJE KORITA	PARAMETER	VREDNOST PARAMETRA
Material, ki sestavlja korito	fini gramoz	n_0	0.024
Stopnja hrapavosti omočenega oboda	srednja	n_1	0.010
Neprizmatičnost	postopna	n_2	0.000
Relativni vplivi ovir v koritu	majhna	n_3	0.010
Zarastlost z vegetacijo	srednja	n_4	0.025
Stopnja meandriranja	majhna	m	1.000
Vrednost n_g			0.069

V poletnih mesecih se zarastlost struge z vegetacijo poveča, kar vpliva na vrednost parametra n_g , kot je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 5: Določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za poletje/jesen 1991

VPLIV	STANJE KORITA	PARAMETER	VREDNOST PARAMETRA
Material, ki sestavlja korito	fini gramoz	n_0	0.024
Stopnja hrapavosti omočenega oboda	srednja	n_1	0.010
Neprizmatičnost	postopna	n_2	0.000
Relativni vplivi ovir v koritu	majhna	n_3	0.010
Zarastlost z vegetacijo	visoka	n_4	0.045
Stopnja meandriranja	majhna	m	1.000
Vrednost n_g			0.089

Določitev n_g za leto 2015

Posamezne vrednosti koeficientov sem določila na podlagi terenskega ogleda s pomočjo tabele z naslovom Tabela 1: Vrednost parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za izračun n_g , ki je predstavljena v poglavju 3.

2. 1 Določanje Manningovega koeficienta (n_g) hrapavosti.

Spodnja slika prikazuje zaraščenost struge leta 2015 na obravnavanem območju.



Slika 26: Stanje na obravnavanem območju Želimeljščice oktober 2015 (levo) in julij 2015 (desno)

Določene vrednosti vseh parametrov in končni izračun n_g so predstavljeni v spodnji tabeli.

Tabela 6: 1. določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za leto 2015

VPLIV	STANJE KORITA	PARAMETER	VREDNOST PARAMETRA
Material, ki sestavlja korito	zemlja	n_0	0.020
Stopnja hrapavosti omočenega oboda	srednja	n_1	0.010
Neprizmatičnost	postopna	n_2	0.000
Relativni vplivi ovir v koritu	majhen	n_3	0.010
Zarastlost z vegetacijo	visoka	n_4	0.050
Stopnja meandriranja	majhna	m	1.000
Vrednost n_g			0.090

Ker se vrednost Manningovega koeficienta na določen odseku spreminja s časom in prostorom in ker je določanje stanja korita s pomočjo tabel subjektivne narave ter povezano z izkušnjami, sem za izračune pretoka uporabila tudi vrednost n_g , ki sem jo določila kot je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 7: 2. določitev vrednosti parametrov $n_{0,1,2,3,4}$ in m za Želimeljščico za leto 2015

VPLIV	STANJE KORITA	PARAMETER	VREDNOST PARAMETRA
Material, ki sestavlja korito	fini gramoz	n_0	0.024
Stopnja hrapavosti omočenega oboda	velika	n_1	0.020
Neprizmatičnost	postopna	n_2	0.000
Relativni vplivi ovir v koritu	znaten	n_3	0.025
Zarastlost z vegetacijo	ekstremna	n_4	0.070
Stopnja meandriranja	majhna	m	1.000
Vrednost n_g			0.139

5.3.3.2 Določitev Manningovega koeficienta s pomočjo tabel

Nato sem vrednost Manningovega koeficienta določila še s pomočjo tabel, ki jih je s pomočjo večih avtorjev razvil hidrolog in inženir Ven Te Chow. Tabele z opisi različnih tipi korit in poplavnih ravníc s faktorji n_g so priložene v Prilogi A, Prilogi B in Prilogi C.

Določanje n_g za leto 1991

V prilogi C so podane vrednosti Manningovih koeficientov hrapavosti za izkopana in očiščena rečna korita. Na podlagi slik, ki so bile posnete marca 1991, sem v tabeli izbrala sklop Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem. Med možnostmi a, b, c in d, katere so opisane v spodnji tabeli, sem izbrala možnost a; čisto dno, grmičevje na brežinah-običajno.

Tabela 8: 1. določitev Manningovega koeficienta za leto 1991 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a

IZKOPANA IN OČIŠČENA NARAVNA KORITA			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.040	0.050	0.080
b. Enako kot a, grmičevje do gladine vode	0.045	0.070	0.110
c. Gost plevel do gladine vode	0.050	0.080	0.120
d gosto grmičevje, visok nivo vode	0.080	0.100	0.140

Ker pa se v poletnih mesecih vpliv zarasast poveča in se posledično poveča tudi n_g , sem pri 2. določitvi vrednosti n_g v tabeli izbrala možnost a; čisto dno, grmičevje na brežinah-maksimalno.

Tabela 9: 2. določitev Manningovega koeficienta za leto 1991 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a

IZKOPANA IN OČIŠČENA NARAVNA KORITA			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.040	0.050	0.080
b. Enako kot a, grmičevje do gladine vode	0.045	0.070	0.110
c. Gost plevel do gladine vode	0.050	0.080	0.120
d gosto grmičevje, visok nivo vode	0.080	0.100	0.140

Določanje n_g za leto 2015

V tabeli sem izbrala sklop Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem. Med možnostmi a, b, c in d, katere so opisane v spodnji tabeli, sem izbrala možnost c; gost plevel do gladine vode-običajno. Vrednost Manningovega koeficienta v tem primeru znaša $n_g=0.080$.

Tabela 10: 1. določitev Manningovega koeficienta za leto 2015 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a

IZKOPANA IN OČIŠČENA NARAVNA KORITA			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.040	0.050	0.080
b. Enako kot a, grmičevje do gladine vode	0.045	0.070	0.110
c. Gost plevel do gladine vode	0.050	0.080	0.120
d. Gosto grmičevje, visok nivo vode	0.080	0.100	0.140

S pomočjo tabel lahko lažje določimo vrednost Manningovega koeficienta, vendar je opredelitev vrste in opisa kanala odvisna predvsem od predhodnjih izkušenj. Hkrati pa se pri visokem nivoju vode vpliv zarasti na brežinah poveča. V spodnji tabeli je prikazana izbira koeficienta vrednosti n_g v primeru, ko predpostavimo, da je struga kanala zarastla z gostim grmičevjem, nivo vode pa je visok.

Tabela 11: 2. določitev Manningovega koeficienta za leto 2015 s pomočjo tabel hidrologa Ven Te Chow-a

IZKOPANA IN OČIŠČENA NARAVNA KORITA			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.040	0.050	0.080
b. Enako kot a, grmičevje do gladine vode	0.045	0.070	0.110
c. Gost plevel do gladine vode	0.050	0.080	0.120
d. Gosto grmičevje, visok nivo vode	0.080	0.100	0.140

5.3.3.3 Določitev Manningovega koeficienta na podlagi meritev z instrumentov Flo-Tracer

Manningov koeficient za leto 2015 sem izračunala tudi s pomočjo izmerjenih pretokov, ki sem jih dobila s štirimi ponovitvami meritev z instrumentom Flo-Tracer. Izmerjene vrednosti pretokov so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 12: Prikaz izmerjenih vrednosti pretokov z instrumentom Flo-tracer

Št. meritve	Pretok [l/s]
1	1390
2	1410
3	1360
4	1430

Povprečna vrednost izmerjenega pretoka znaša 1397,5 l/s oziroma 1,397 m³/s.

Nato sem iz spodnje formule:

$$K = \frac{1}{n_g} \times A \times R^{2/3} = \frac{Q}{\sqrt{S_0}}$$

izrazila n_g :

$$n_g = \frac{A \times R^{2/3} \times \sqrt{S_0}}{Q}$$

Kjer je:

- n_g Manningov koeficient hrapavosti
- A površina prečnega prereza [m²]
- R hidravlični radij [m]
- Q pretok [m³/s]
- S_0 padec dna [m/m]

Za padec dna sem uporabila vrednost 0,8 ‰ oziroma 0,0008 m/m. Višina vode je bila v času merjenja pretoka 55 cm. S pomočjo izmerjene višine gladine, sem nato določila površino prečnega prereza na mestu merjenja in omočenega oboda. Površina prečnega prereza je znašala 3,576 m², vrednost omočenega oboda pa 7,23 m.

Nato sem izračunala hidravlični radij s pomočjo enačbe:

$$R = \frac{A}{P}$$

Kjer je:

- R hidravlični radij [m]
- A površina prečnega prereza [m²]
- P omočen obod [m]

Izračunana vrednost hidravličnega radija je bila 0,495 m.

Dobljene vrednosti sem vstavila v zgornjo formulo za vsak izmerjen pretok posebj in dobila rezultate, ki so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 13: Vrednosti Manningovih koeficientov s pomočjo meritev s Flo-Tracerja

n_g za posamezno meritev	Vrednost n_g
n_{g1}	0.046
n_{g2}	0.045
n_{g3}	0.047
n_{g4}	0.044

Povprečna vrednost Manningovega koeficienta vseh štirih meritev znaša 0,045.

5.3.4 Uporaba računalniškega programa HEC-HMS

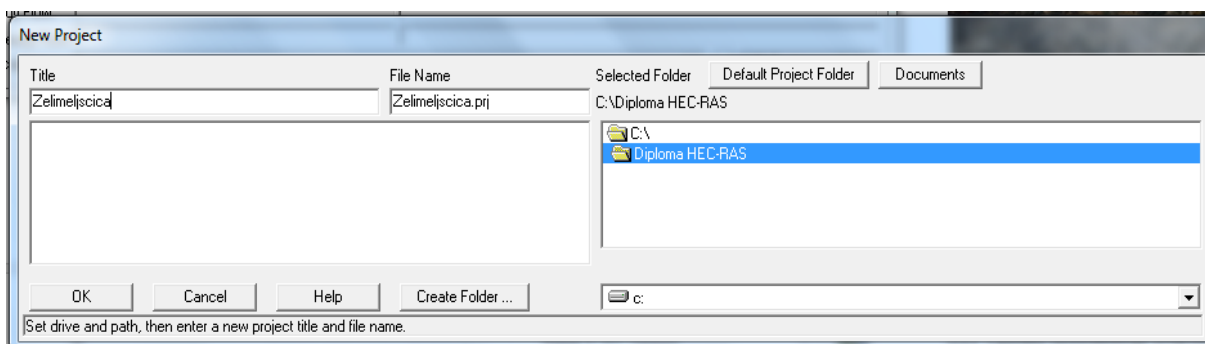
Program HEC-RAS je program namenjen za izvajanje hidravličnih izračunov.

Za računanje hidravlične analize v HEC-RASu pri hidravličnem modelu, sem sledila osnovnim korakom. Najprej sem začela nov projekt, nato sem vnesla geometrijske podatke, podatke o pretokih voda in robne pogoje, izvedla hidravlične izračune in rezultate izvozila.

Za izračune diplomske naloge sem uporabljala verzijo HEC-RAS 4.1.0.

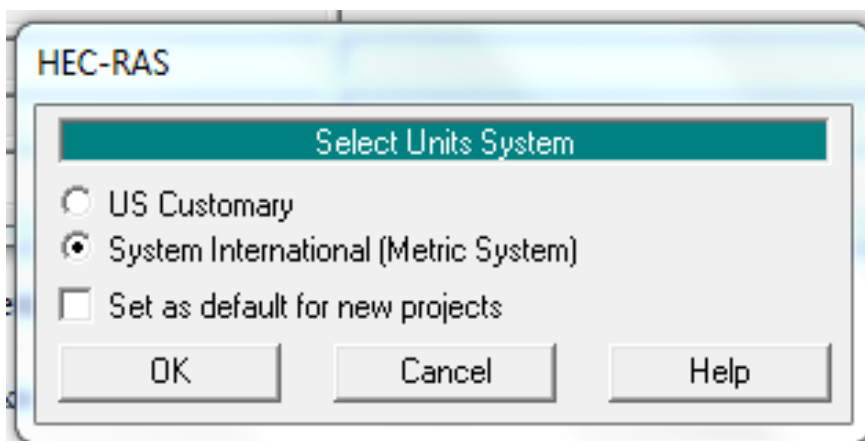
5.3.4.1 Začetek novega projekta

V glavnem oknu v orodni vrstici sem izbrala **File**, nato pa **New Project**. Določila sem ime projekta (Zelimeljčica) in ime datoteke (zelimeljscica.prj). Izbrala sem delovno območje in direktorij, nato pa pritisnila **OK**.



Slika 27: Okno za začetek novega projekta v HEC-RAS

Nato sem s klikom na **Options-Unit System** izbrala metrični merski sistem.

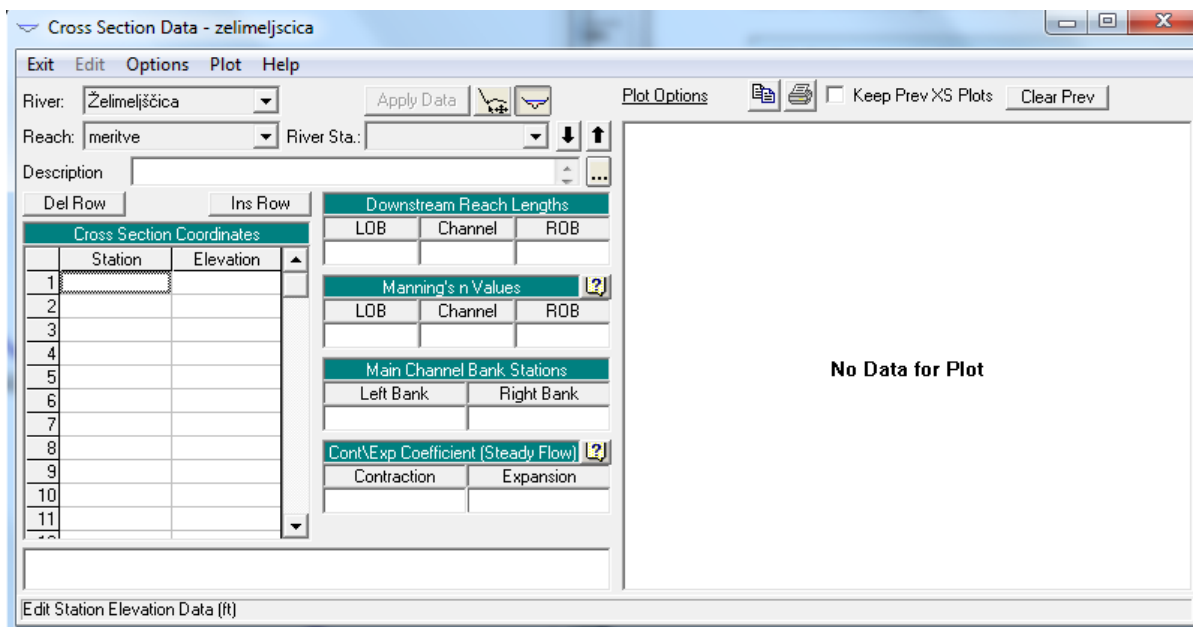


Slika 28: Okno za izbiro matičnega sistema v HEC-RAS

5.3.4.2 Vnos geometrijskih podatkov

Za začetek vnosa geometrijskih podatkov sem v oknu **Edit** izbrala možnost **Geometric Data**. Kliknila sem ikono **River Reach** in narisala tlorisno situacijo obravnavanega dela Želimejščice. Del struge, na katerem sem opravljala meritve je reguliran in popolnoma raven.

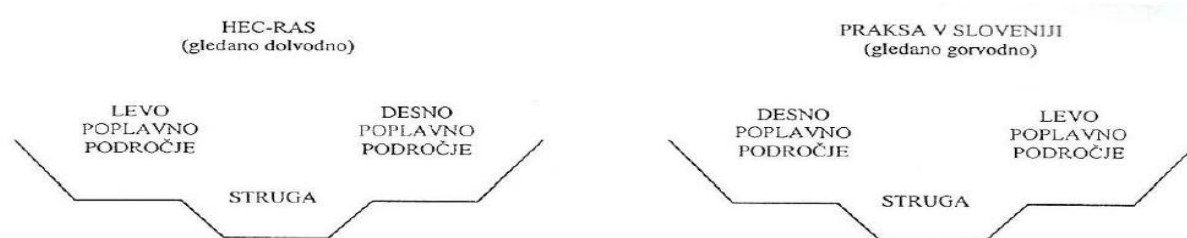
Po izrisani tlorisni situaciji sem začela vnašati podatke o prečnih prerezih in hidravličnih objektih. Pritisnila sem ikono **Cross Section**, ki se nahaja v levi vrsti v glavnem oknu.



Slika 29: Okno za vnos podatkov o prečnih profilih v HEC-HMS

Prečne prereze sem vnašala od najvišje proti najnižji stacionaži gledano dolvodno v smeri toka.

V Sloveniji je praksa risanja prečnih prereзов takšna, da na levi strani rišemo desni breg in na desni levi, v HEC-RASu pa je to ravno obratno. Prečni prerezi se v HEC-RASu vnašajo od leve proti desni gledano dolvo. Opredelitev strani je prikazana na spodnji sliki.



Slika 30: Razlika interpretiranja prečnih prereзов v Sloveniji in v programu HEC-RAS (Lukavečki, 2010)

V oknu **Cross Section Data** sem s klikom na **Options** izbrala **Add a new Cross Section**. V pojavno okno za vnašanje stacionaž sem vnesla koordinate v X-Y sistemu, ki določajo prečni prerez. Koordinate v prečni smeri, merjene o levega proti desnemu bregu predstavljajo X smer, koordinate v Y smeri pa predstavljajo absolutno nadmorsko višino, ki pripada točkam v X smeri.

Po vnosu koordinat za prečne prereze, sem vnesla razdalje do prečnega prereza dolvodno (downstream reach lengths). Vnesti moramo razdaljo med prečnimi prerezi za levo poplavno ravnico (left overbank-LOB), glavno strugo (Channel) in desno poplavno ravnico (right overbank-ROB). Obravnavan odsek Želimeljščice je popolnoma ravna premica, zato so bile razdalje med levi poplavno ravnico, glavno strugo desno poplavno ravnico v vsakem prečnem prerezu med seboj enake.

V naslednjem sklopu sem vnesla vrednost Manningovega koeficienta (Manning's n Values) za levi poplavni rob, glavno strugo in desni poplavni rob. Manningov koeficient za hidravlične izračune za leto 1985 sem vzela 0,029. Ta vrednost Manningovega koeficienta je bila uporabljena tudi pri hidravličnih izračunih v projektu Ureditev Želimeljščice leta 1985. Za leto 2015 sem za vrednost Manningovega koeficienta vnesla tri različne vrednosti. Z vsako vrednostjo sem ponovila izračune. Za prvo vrednost sem uporabila Manningov koeficient, ki je znašala 0,050 in sem jo določila s pomočjo tabel Ven te Chow. Druga vrednost za Manningov koeficient je znašala 0,055 in je bila vrednost, ki sem jo določila s pomočjo tabel Chowan. Za tretjo vrednost sem uporabila vrednost, ki sem jo izračunala na podlagi meritev, ki sem jih opravila s Flo-Tracerjem. Podrobna določitev in izračun vseh treh vrednosti za Manningov koeficient je opisana opisana v poglavju 5. 3. 3. Določitev Manningovega koeficienta.

Nato sem vnesla meje glavne struge (Main Chanel bank Station) oziroma točki, ki v vsakem prečnem prerezu določata mejo med levim poplavnim področjem in strugo (Left Bank) in desnim poplavnim področjem in glavno strugo (Right Bank).

Za vrednosti koeficientov zožitve in razširitve sem (Contraction/Expansion Coefficient) sem pustila vrenosti 0, 1 za koeficient zožitve in 0, 3 za koeficient razširitve toka.

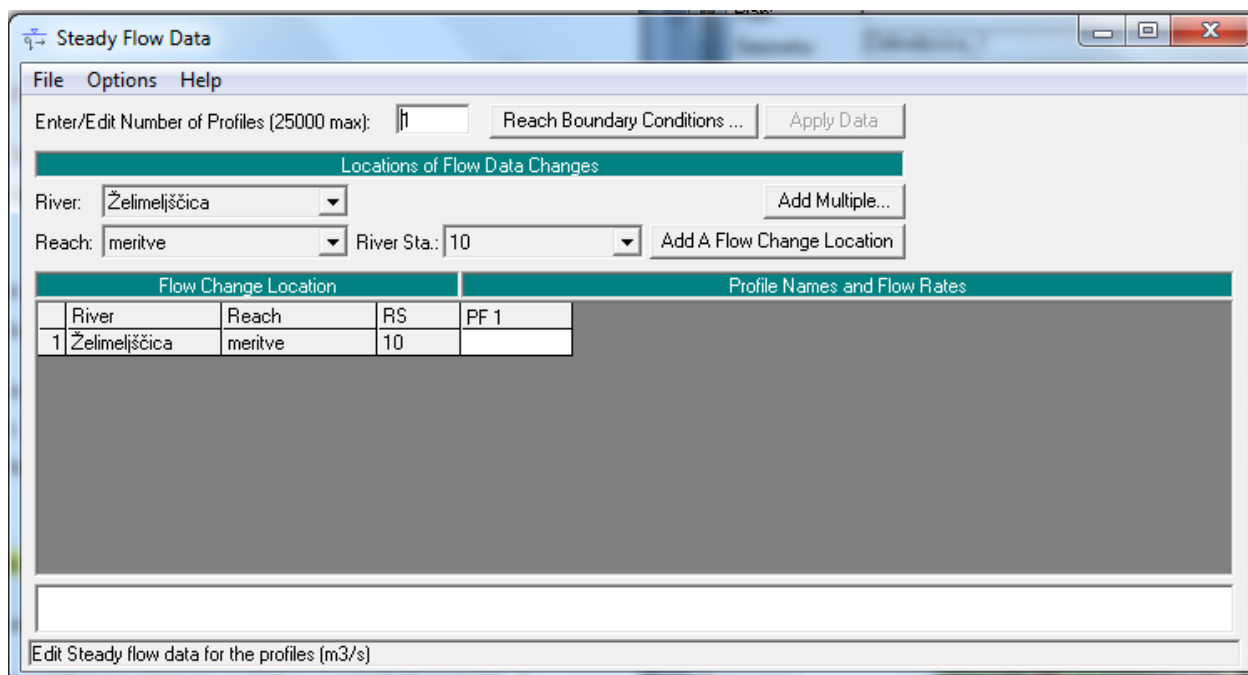
Po vseh vnešenih zahtevanih podatkih za prečni profil, sem pritisnila na **Apply Data** ter tako posamezne prečne prereze vnesla v situacijo. Zgoraj opisane korake sem ponovila za vseh 10 prečnih prerezov. Geometrijski podatki se ne shranjujejo samodejno, zato sem po končanem vnosu pritisnila tipko **Save**.

Po vnešenih podatkih za prečne profile, sem v model vnesla še podatke o mostu, ki se nahaja 435 metrov gorvodno od sotočja Želimejščice z Iško. Most je zgrajen na cesti, ki povezuje Škofljico z Igom.

Most je škatlaste oblike. Svetli profil oziroma odprtina je dimenzij 6,5 metrov krat 2 metra.

5.3.4.3 Vnos podatkov o pretokih voda in robnih pogojih

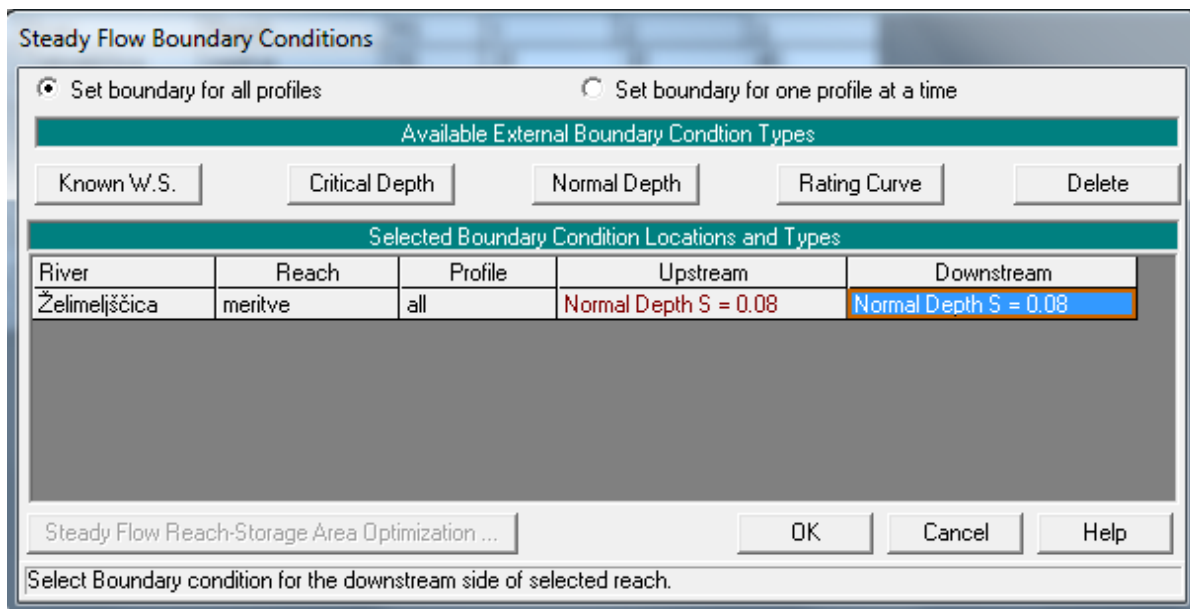
Ko sem vnesla geometrijske podatke, sem začela z vnašanjem podatkov o potrebnih pretokih. S priskomom na **Edit** in izbiro **Steady Flow Data** se je odprlo okno za urejanje podatkov o preokih in robnih pogojih.



Slika 31: Okno za urejanje podatkov za pretoke in robne pogoje v HEC-RAS

Najprej sem vnesla število pretokov voda (Enter/Edit Number of Profiles) za vsak prečni profil posebjn, nato pa sem z izbiro ikone Reach boundary Conditions določila robne pogoje. Robne pogoje sem določila za vse prečne profile na enkrat. To sem naredila tako, da sem kliknila na **Set boundary for all profiles**. Pri izbiri določitve robnih pogojev, sem 4imi različnimi možnostmi (znana

vodna gladina (**Known W.S.**), kritična globina (**Critical Depth**), normalna pretočna globina (**Normal Depth**) in pretočna krivulja (**Rating Curve**)) izbrala normalno pretočno globino. Nadaljne sem vnesl padec dna struge. Padec dna struge sem odčitala iz dokumentov o vzdolžnem prerezu iz dokumentacije iz leta 1985 in znaša 0,8 ‰ oziroma $S=0.0008$.



Slika 32: Okno za vnos podatkov za robne pogoje za stalni tok

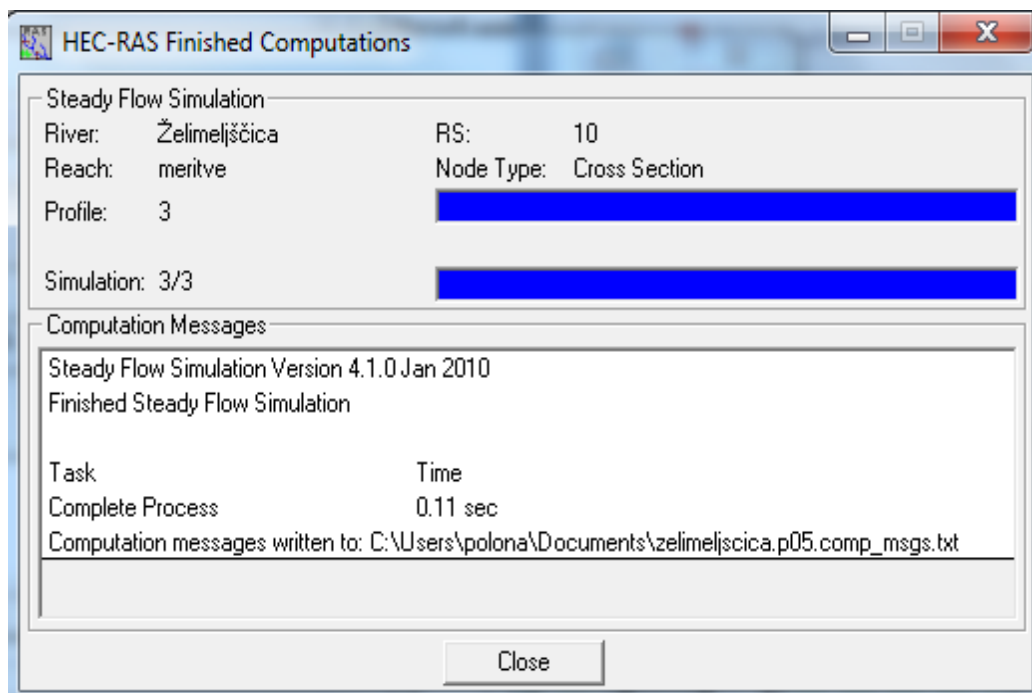
Po vnosu vseh podatkov sem kliknila **OK** in **Apply Data**.

5.3.4.4 Hidravlični izračun

Za hidravlični izračun sem v glavnem oknu programa HEC-RAS izbrala **Run** in **Steady Flow Analysis**. Najprej sem izbrala pripradajoče geometrijske podatke (**Geometry File**) ter podatke o pretoku (**Steady Flow File**). Za izbiro geometrijskih podatkov sem najprej uporabila podatke o prečnih profilih iz leta 1985, v novem izračunu pa podatke, ki sem jih pridobila z meritvami na terenu.

Nato sem med tremi možnostmi režima toka, med mirnim tokom (**Subcritical**), deročim tokom (**Supercritical**) in mešanim tokom (**Mixed**) izbrala mirni tok. V naslednjem koraku sem ustvarila datoteko, ki je vsebovala podatke za hidravlični izračun. To sem storila tako, da sem s klikom na ikono **File** izbrala **New Plan**. Vsaki datoteki sem dodala kratek opis (**Plan Description**) in nato s klikom na **Save** shranila podatke.

S klikom na ikono za izračun (**Compute**) sem zagnala izračune. V kolikor so bili vsi podatki pravilno vnešeni, se nam pokaže spodnje pojavno okno, v nasprotnem primeru pa nas program opozori na napake.



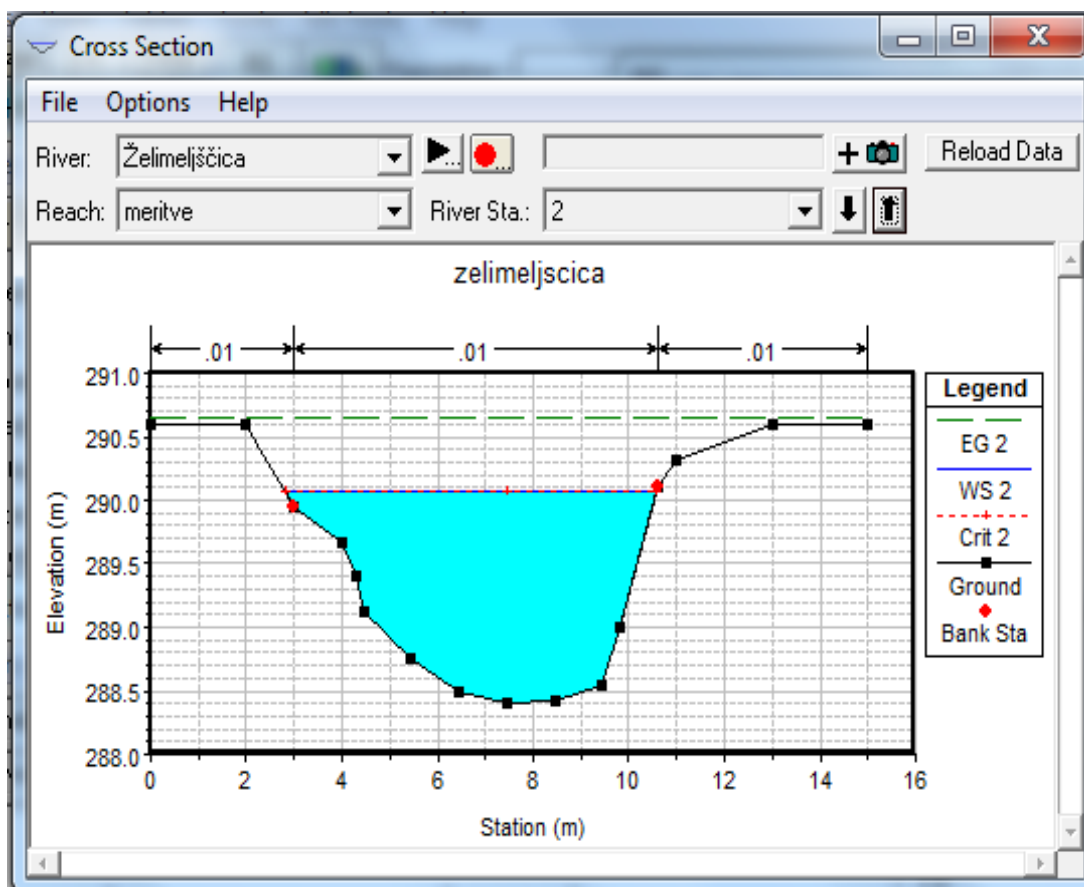
Slika 33: Pojavno okno po uspešno opravljenih hidravličnih izračunih

5.3.4.5 Izpis in ogled izhodnih rezultatov

Po uspešno opravljenih izračunih sem si ogledala rezultate.

Program HEC-HMS nam omogoča pregled podatkov za prečni prerez, vzdolžni prerez, pretočne krivulje, 3D pogled, tabelarične izpise za posamezne prečne prereze, splošne tabelarične izpise za celotne odseke vodotoka, lahko pa tudi sami oblikujemo tabelo s podatki, ki jih potrebujemo. Podatke in rezultate si lahko pogledamo v tabelarični ali grafični obliki.

Najprej sem si ogledala grafične izrise posameznih prečnih prerezov. Primer je prikazan na spodnji sliki.



Slika 34: Grafični prikaz prečnega prereza

V grafičnem prikazu je z zeleno črtkano črto prikazana energijska črta (EG), z modro neprekinjeno črto je prikazana vodna gladina (WS), z rdečo črtkano črto kritična globina (Crit), s črno neprekinjeno črto je označeno dno prečnega prereza (Ground) in z rdečimi pravokotniki sta označeni meji med strugo in poplavnimi območji (Bank Sta).

6 PRIMERJAVA IN ANALIZA REZULTATOV

6.1 Rezultati meritev

Meritve prečnih profilov sem izvedla marca 2015 na lokacijah, ki so sovpadale z lokacijami merjenih prečnih profilov za projekt Ureditev Želimejščice leta 1985. Meritve pretoka z instrumentom Flo-tracer pa sem izvedla oktobra 2015.

6.1.1 Flo-tracer

Po končanih meritvah prenesemo rezultate na računalnik. To naredimo s pomočjo povezovalnega kabla ter računalniškega program, ki je priložen instrumentu, lahko pa si ga na računalnik naložimo preko uradne spletne strani podjetja Flow Tronic. Na spletu je trenutno na voljo različica 2.7. Program nam izpiše rezultate merjenja in podatke, ki smo jih vnesli pred izvajanjem meritev. Poda nam tudi graf, ki prikazuje potovanje oblaka sledila. Na abscisi grafa je prikazan čas v minutah, na ordinati pa slanost v mg/l.

V spodnji tabeli so podani rezultati meritev pretoka izvedenih z instrumentom Flo-Tracer.

Tabela 14: Rezultati meritev pretoka z instrumentom Flo-Tracer

Št. meritve	Pretok [l/s]	Količina injicirane soli [g]
1	1390	1017
2	1410	1014
3	1360	1015
4	1430	1019

6.1.2 Merjenje prečnih profilov

Meritve sem izvajala marca 2015. Podatke o merjenju prečnih profilov sem si sproti zapisovala v naprej pripravljeno tabelo že na terenu. V tabelo sem opisovala razdaljo merjenja od začetne točke do točke na kateri sem merila globino struge. Nato sem v program Excel za boljšo preglednost vnesla na terenu izpolnjeno tabelo.

V spodnjih tabelah so grafično podane izmerjeni prečni profili.

Tabela 15: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 2 do št. 4

Profil št. 2		Profil št. 3		Profil št. 4	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.00	290.60	0.00	290.70	0.00	290.70
3.00	290.60	2.50	290.70	0.50	290.70
5.00	290.60	5.50	290.70	1.50	290.60
6.00	289.95	7.50	290.50	2.50	290.50
7.00	289.67	8.50	290.15	3.50	290.45
7.30	289.40	9.50	289.62	4.50	290.40
7.45	289.13	9.80	289.04	5.50	290.40
8.45	288.75	9.95	289.03	6.40	290.25
9.45	288.49	10.95	289.00	6.50	290.10
10.45	288.40	11.95	288.92	6.95	289.70
11.45	288.42	12.95	289.00	7.30	289.52
12.45	288.55	13.95	289.52	8.30	289.52
12.80	289.00	14.95	290.55	9.30	289.45
13.60	290.10	15.30	290.70	10.30	289.17
14.00	290.32	16.10	290.70	11.30	288.84
16.00	290.60	21.00	290.70	12.30	288.77
18.00	290.60			12.85	289.00
				13.00	289.60
				13.50	290.45
				14.00	290.70
				17.50	290.70

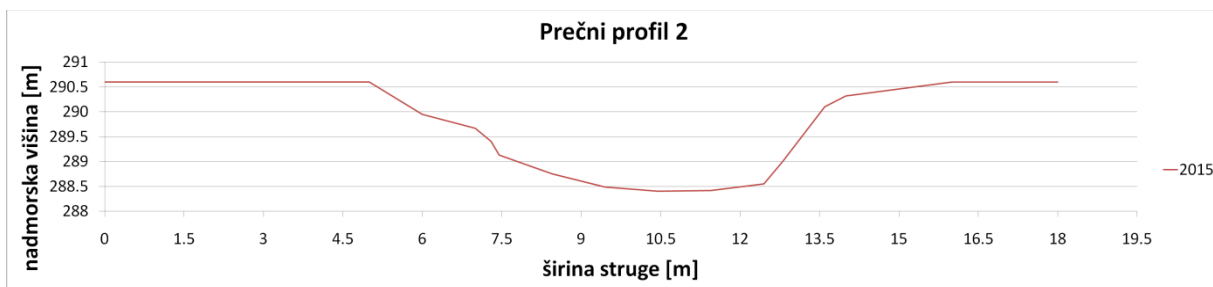
Tabela 16: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 5 do št. 7

Profil št. 5		Profil št. 6		Profil št. 7	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.00	290.70	0.00	290.70	0.00	290.70
3.50	290.70	2.20	290.70	2.00	290.70
5.60	290.70	4.20	290.70	7.30	290.28
6.80	289.80	5.70	290.25	7.55	289.25
7.20	289.70	6.30	289.62	8.55	289.12
8.00	289.50	6.40	289.15	9.55	289.10
9.50	289.20	7.40	288.80	10.55	289.00
10.00	289.20	8.40	288.80	11.55	288.99
11.00	289.30	9.40	288.75	12.55	288.95
12.00	289.40	10.40	288.67	13.55	288.95
14.00	290.50	11.40	288.90	13.85	289.65
16.00	290.70	11.50	289.00	14.30	290.10
18.00	290.70	11.70	289.57	19.20	290.70
		12.00	290.30	21.20	290.70
		15.90	290.60		
		17.70	290.70		
		19.70	290.70		

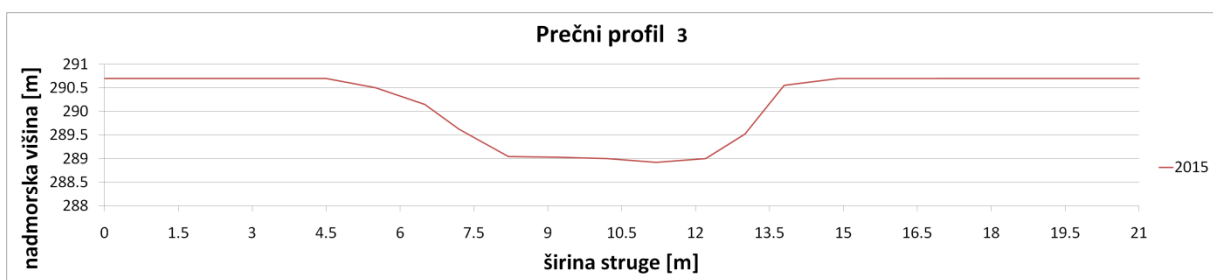
Tabela 17: Grafični prikaz vrednosti prečnih profilov od št. 8 do št. 10

Profil št. 8		Profil št. 9		Profil št. 10	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.00	290.70	0.00	290.70	0.00	290.70
2.00	290.70	1.00	290.70	0.25	290.70
6.90	290.18	5.50	290.37	6.25	290.16
7.40	289.03	6.50	289.00	6.85	289.36
8.40	288.78	7.50	288.98	7.75	289.15
9.40	288.75	8.50	289.02	8.75	289.20
10.40	288.79	9.50	289.00	9.75	289.11
11.40	288.86	10.50	288.95	10.75	289.10
12.40	288.85	11.50	288.93	11.75	289.00
13.40	288.95	12.20	289.21	12.75	289.05
13.70	289.25	12.50	289.85	13.25	289.00
14.40	290.35	13.00	290.25	13.65	290.25
15.40	290.60	15.50	290.40	18.65	290.70
16.50	290.70	18.00	290.50	20.65	290.70
18.50	290.70	19.80	290.70		
20.50	290.70	21.80	290.70		

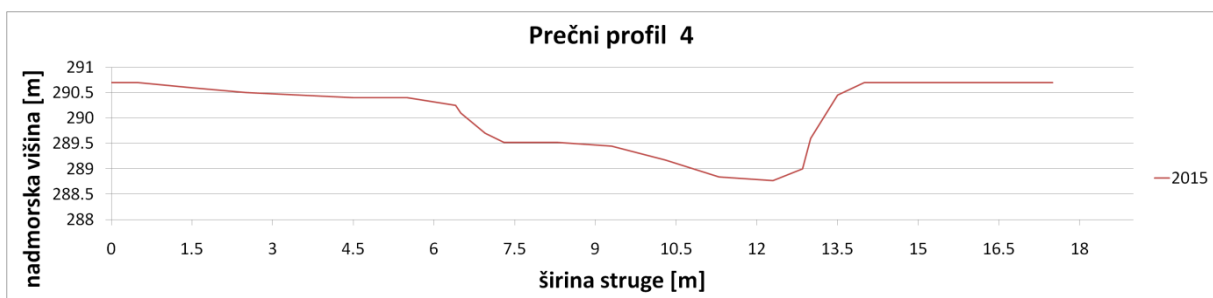
Na spodnjih slikah je prikazan potek dna oziroma za vsak prečni prerez posebaj.



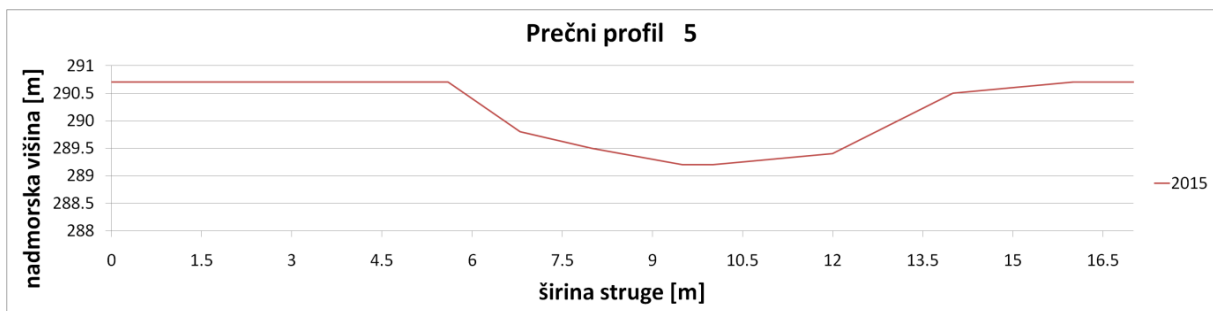
Slika 35: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 2)



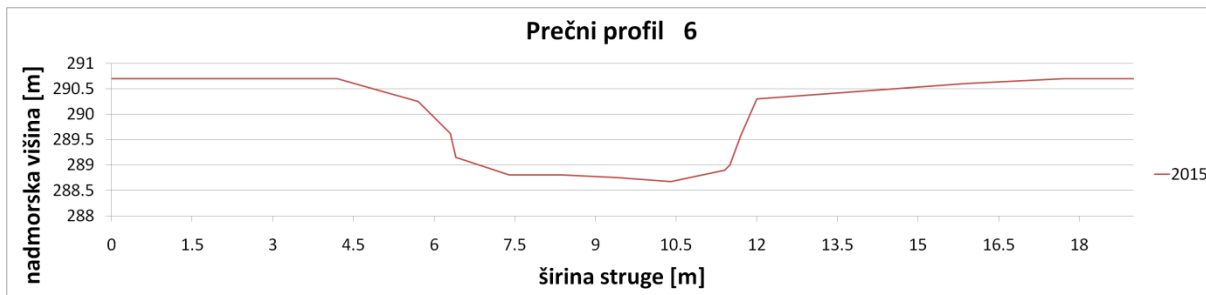
Slika 36: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 3)



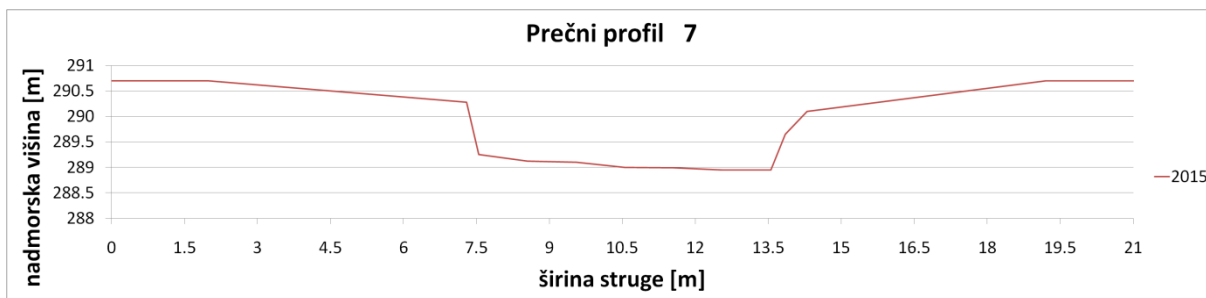
Slika 37: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 4)



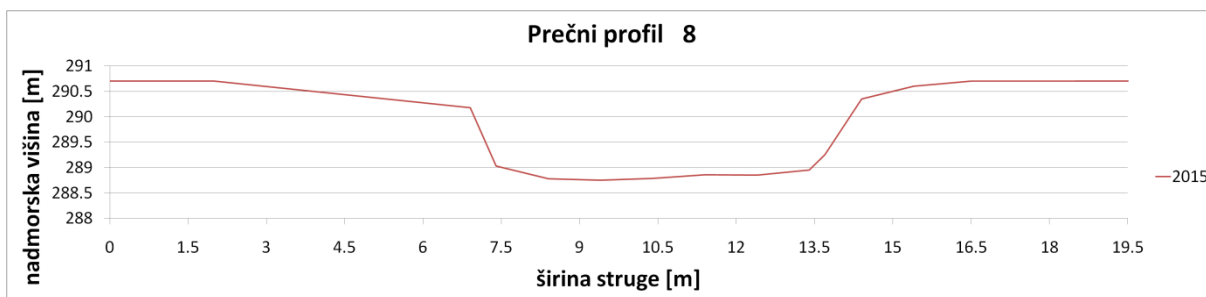
Slika 38: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 5)



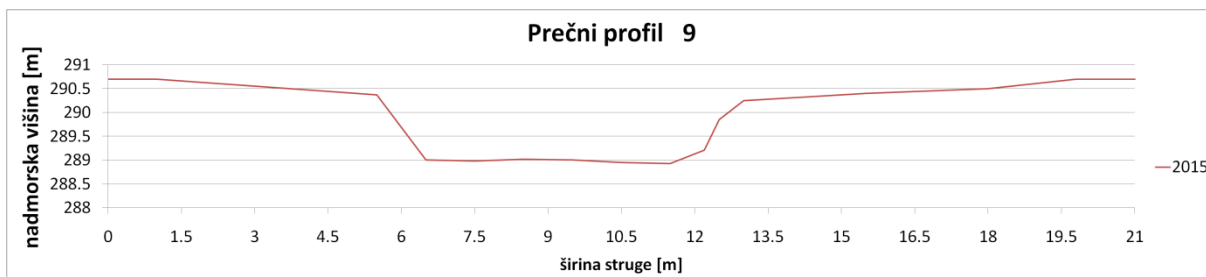
Slika 39: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 6)



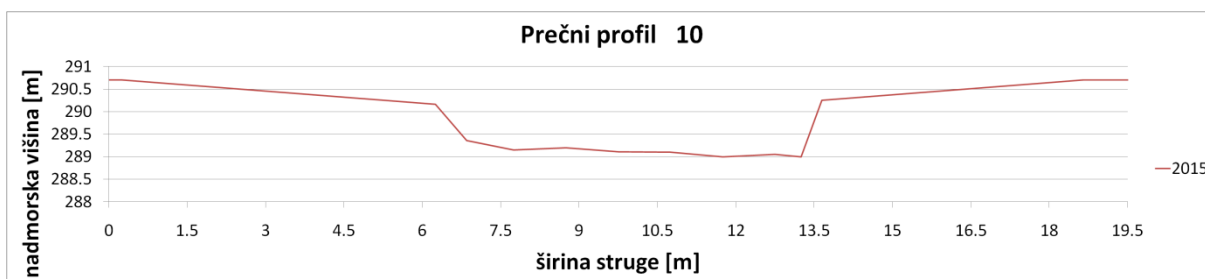
Slika 40: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 7)



Slika 41: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 8)



Slika 42: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 9)



Slika 43: Grafični prikaz prečnega prereza leta 2015 (profil 10)

6.2 Primerjava rezultatov

Teoretično se regulirane struge z nizkim padcem, v primeru ko strug ne vzdržujemo, le te zarastejo. Zarast povzroči zmanjšanje površine prečnega prereza strugein hkrati poveča vrednost Manningovega koeficienta. Povečanje vrednosti Manningovega koeficienta in zmanjšanje vrednosti prečnega prereza struge povzroči zmanjšanje pretočnosti.

6.2.1 Primerjava površin prečnih prerezov med leti 1985 in 2015

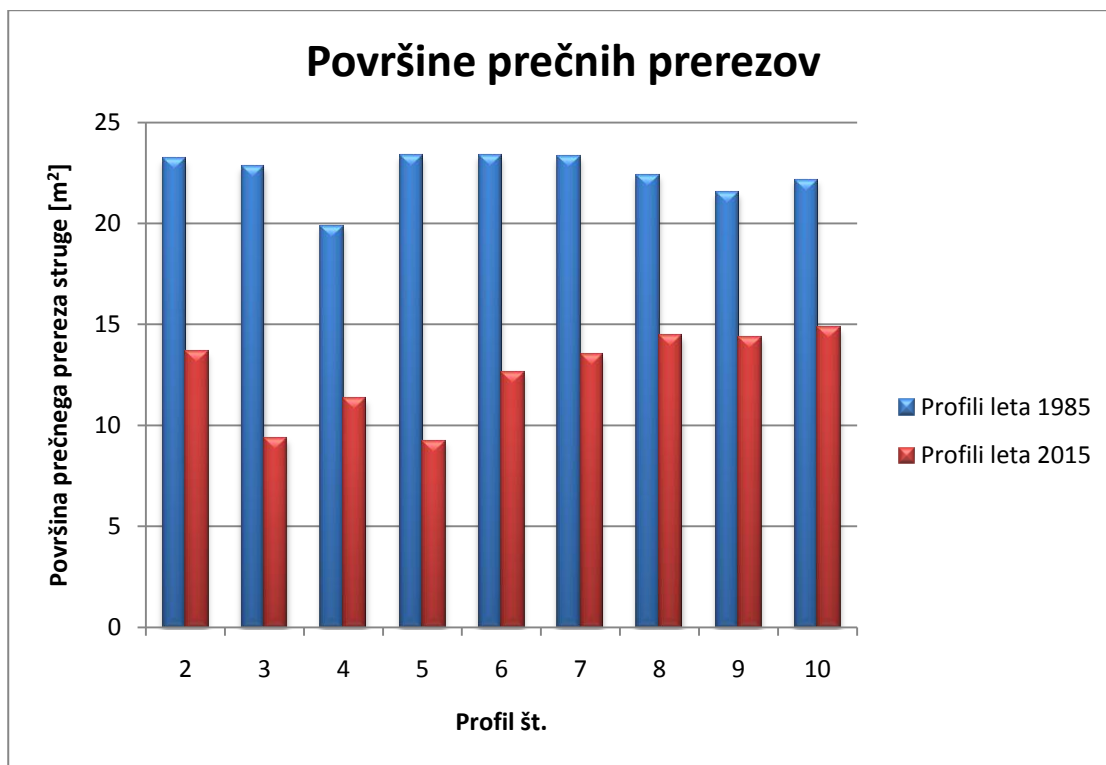
V spodnji tabeli so prikazane vrednosti površine prečnega prereza leta 1985 in površine prečnega prereza leta 2015.

Tabela 18: Primerjava površin prečnega prereza za posamezne profile med leti 1985 in 2015

Profil	Površina prečnega prereza leta 1985 (m ²)	Površina prečnega prereza leta 2015 (m ²)	Razlika (m ²)	Razlika (%)
2	23.18	13.64	9.54	41.16
3	22.82	9.37	13.45	58.94
4	19.87	11.34	8.53	42.93
5	23.38	9.24	14.14	60.48
6	23.37	12.64	10.73	45.91
7	23.29	13.52	9.77	41.95
8	22.39	14.44	7.95	35.51
9	21.54	14.38	7.16	33.24
10	22.18	14.85	7.33	33.05
povprečna vrednost	22.45	12.60	9.84	43.68

Ugotovimo, da se je na obravnavanem odseku povprečna površina prečnega prereza v obdobju med letom 1985 in letom 2015 zmanjšala za 43,68 %. Maximalno zmanjšanje vrednosti površine prečnega prereza se je pojavilo na lokaciji profila 5, kjer je razlika znašala 14, 14 m² oziroma se je prerez

zmanjšal za 60,48 %. Minimalno zmanjšanje površine prečnega prereza se je pojavilo na lokaciji profila 10, kjer je razlika znašala 7,33 m², kar znaša 33,05 % površine prečnega prereza iz leta 1985. Primerjava posameznih vrednosti površin prečnih prerezov med letom 1985 in letom 2015 je prikazana na spodnji sliki.



Slika 44: Grafični prikaz primerjave površin prečnih prerezov Želimejščice leta 1985 in 2015

6.2.2 Primerjava vrednosti Manningovega koeficienta med leti 1985, 1991 in 2015

Zaradi nevzdrževanja regulirane struge, se je povečala zarast brežin in struge, kar vpliva na povečanje Manningovega koeficienta. Uporabljen Manningov koeficient za leto 1985 v projektu Ureditev Želimejščice je bil 0,029. Za leto 1991 sem na podlagi slik obravnavanega dela Želimejščice, ki so bile posnete marca 1991 določila vrednost Manningovega koeficienta. Pri določitvi sem si pomagala s tabelami Ven te Chow in tabelami, ki jih je razvil Chowan. Za leto 2015 sem vrednost Manningovega koeficienta določila na tri načine. Glede na terenski ogled in s pomočjo tabel Ven te Chow ter s pomočjo tabel Chowan. Manningov koeficient sem ga izračunala s pomočjo rezultatov meritev pretoka z instrumentom Flo-Tracer.

Na spodnji tabeli so različne vrednosti Manningovega koeficienta n_g prikazane tabelarično.

Tabela 19: Vrednosti Manningovega koeficienta za leto 1985, 1991 in 2015

Leto	Metoda		Vrednost n_g	sprememba vrednosti n_g v primerjavi z $n_g=0.029$	
				[/]	[%]
1985	Iz projekta ureditev Želimeljščice		0.029	/	/
1991	tabela Ven te Chow	1. določitev	0.069	0.040	137.93%
		2. določitev	0.089	0.060	206.90%
	tabela Chowan	1. določitev	0.050	0.021	72.41%
		2. določitev	0.080	0.051	175.86%
2015	tabela Ven te Chow	1. določitev	0.090	0.061	210.34%
		2. določitev	0.139	0.110	379.31%
	tabela Chowan	1. določitev	0.080	0.051	175.86%
		2. določitev	0.140	0.111	382.76%
	Flo-tracer	/	0.045	0.016	55.17%

Najnižja vrednost za Manningov koeficient za leto 2015 je bila 0,045. Določena je bila s preračunom s pomočjo podatkov iz Flo-Tracerja. Vrednosti določene s pomočjo tabel Ven te Chow in Chowan so se gibale od 0,080 do 0,140, kar predstavlja od 175, 86 % povečanje do 382, 76 % povečanje vrednosti n_g .

Za leto 1991 so se vrednosti n_g gibale od 0,050 do 0,089.

6.2.3 Primerjava pretočnosti

Za izračune pretočnosti sem za podatke o površini prečnih prereзов uporabila podatke iz projekta Ureditev Želimeljščice iz leta 1985, za leto 2015 pa podatke, ki sem jih dobila s pomočjo terenskih meritev.

Za leto 1991 sem predpostavila, da so površine prečnih profilov ostale enake kot leta 1985. V spodnji tabeli so prikazani izračuni pretokov, ki jih prevajajo posamezni prečni profili pri različnih n_g vrednostih.

Tabela 20: Rezultati maksimalnih pretokov pri prečnih profilih iz leta 1985 in različnih n_g vrednostih

Profil	Površina prečnega prereza leta 1985 (m ²)	Q _{krit} (m ³ /s)				
		pri $n_g=0.029$	pri $n_g=0.050$	pri $n_g=0.069$	pri $n_g=0.080$	pri $n_g=0.089$
2	23.18	27.66	16.04	11.62	10.03	9.01
3	22.82	25.03	14.52	10.52	9.07	8.16
4	19.87	22.06	12.80	9.27	8.00	7.19
5	23.38	27.60	16.01	11.60	10.00	8.99
6	23.37	27.94	16.21	11.74	10.13	9.10
7	23.29	27.73	16.08	11.65	10.05	9.03
8	22.39	26.47	15.35	11.12	9.59	8.62
9	21.54	25.04	14.53	10.53	9.08	8.16
10	22.18	26.19	15.19	11.01	9.49	8.53

Za leto 1985 sem izračunala kritične pretoke pri različnih n_g vrednostih, ki jih prevajajo posamezni profili. Za površino prečnega prereza za leto 1985 sem vzela površine prečnih prerezov, ki so bile uporabljene v projektu Ureditev Želimejščice leta 1985. Za vrednost Manningovega koeficienta sem vzela 5 različnih vrednosti. Opis izbire vrednosti je opisan v poglavju 5. 3. 3. Določitev Manningovega koeficienta. Rezultati izračunov so prikazani v spodnji tabeli.

Kritični prerez je bil prerez na profilu št. 4. Površina prečnega prereza je leta 1985 na tem mestu znašala 19, 87 m². V spodnji tabeli je prikazano, kako različne vrednosti n_g vplivajo na spremembo kritičnega pretoka. Različne vrednosti in pretoke sem primerjala z vrednostjo n_g , ki je bila uporabljena pri izračunih za potrebe projekta Ureditev Želimejščice leta 1985.

Tabela 21: Spreminjanje Q_{krit} pri spremembi n_g v prečnem prerezu št. 4 (1985)

n_g	sprememba n_g	sprememba n_g	Q _{krit} (m ³ /s)	sprememba Q _{krit} (m ³ /s)	sprememba Q _{krit} (%)
0.029	/	/	22.06	/	/
0.050	0.021	72.41%	12.80	-9.27	-42.00%
0.069	0.040	137.93%	9.27	-12.79	-57.97%
0.080	0.051	175.86%	8.00	-14.06	-63.75%
0.089	0.060	206.90%	7.19	-14.87	-67.42%

Iz zgornje tabele razberemo, da če se pri istem prečnem prerezu vrednost n_g poveča z 0,029 na 0,050, torej za 0,021 kar v tem primeru predstavlja 72, 41 %, to vpliva zmanjšanje pretočne sposobnosti za

42 %. V kolikor se vrednost n_g poveča z 0,029 na 0,089 torej je sprememba 0,060 oziroma 206,90 %, to vpliva na zmanjšanje pretočnosti za 67,42 %.

Nato sem ponovila izračune še s podatki površin prečnih prerezov za leto 2015 pri različnih n_g vrednostih.

Tabela 22: Rezultati maksimalnih pretokov pri prečnih profilih iz leta 2015 in različnih n_g vrednostih

Profil	Površina prečnega prereza leta 2015 (m ²)	Q _{krit} (m ³ /s)				
		pri $n_g=0.045$	pri $n_g=0.080$	pri $n_g=0.090$	pri $n_g=0.139$	pri $n_g=0.140$
2	13.64	9.11	5.12	4.55	2.95	2.93
3	9.37	5.31	2.99	2.65	1.72	1.71
4	11.34	5.95	3.35	2.98	1.93	1.91
5	9.24	5.23	2.94	2.62	1.69	1.68
6	12.64	7.33	4.12	3.66	2.37	2.36
7	13.52	6.84	3.85	3.42	2.21	2.20
8	14.44	8.45	4.75	4.22	2.73	2.72
9	14.38	7.22	4.06	3.61	2.34	2.32
10	14.85	8.55	4.81	4.28	2.77	2.75

Za leto 2015 sem izračunala kritične pretoke, ki jih prevajajo posamezni profili. Za površino prečnega prereza za leto 2015 sem vzela površine, ki sem jih izračunala s pomočjo terenskih meritev prečnih profilov. Za vrednost Manningovega koeficienta sem vzela 5 različnih vrednosti. Opis izbire vrednosti je opisan v poglavju 5. 3. 3. Določitev Manningovega koeficienta. Rezultati izračunov so prikazani v spodnji tabeli.

Kritični prerez je bil prerez na profilu št. 5. Površina prečnega prereza je leta 2015 na tem mestu znašala 9, 24 m². V spodnji tabeli je prikazano, kako različne vrednosti n_g vplivajo na spremembo kritičnega pretoka.

Tabela 23: Spreminjanje Q_{krit} pri spremembi n_g v prečnem prerezu št. 5 (2015)

n_g	sprememba n_g	sprememba n_g	Q_{krit} (m^3/s)	sprememba Q_{krit} (m^3/s)	sprememba Q_{krit} (%)
0.045	/	/	5.23	/	/
0.080	0.035	77.78%	2.94	-2.29	-43.79%
0.090	0.045	100.00%	2.62	-2.61	-49.90%
0.139	0.094	208.89%	1.69	-3.54	-67.69%
0.140	0.095	211.11%	1.68	-3.55	-67.88%

Iz zgornje tabele razberemo, da če se pri istem prečnem prerezu vrednost n_g poveča z 0,045 na 0,090, torej za 0,045 kar v tem primeru predstavlja 100 %, to vpliva zmanjšanje pretočne sposobnosti za 49,90 %. V kolikor se vrednost n_g poveča z 0,045 na 0,140 torej je sprememba 0,095 oziroma 211,11 %, to vpliva na zmanjšanje pretočnosti za 67,88 %.

6.2.3.1 Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,045$

Najprej sem izvedla izračune z vrednostjo Manningovega koeficienta 0,045. Vrednost Manningovega koeficienta sem dobila s pomočjo preračuna rezultatov meritev izvedenih z instrumentom Flo-Tracer. Rezultati izračuna in primerjava z letom 1985 je grafična prikazana v spodnji tabeli.

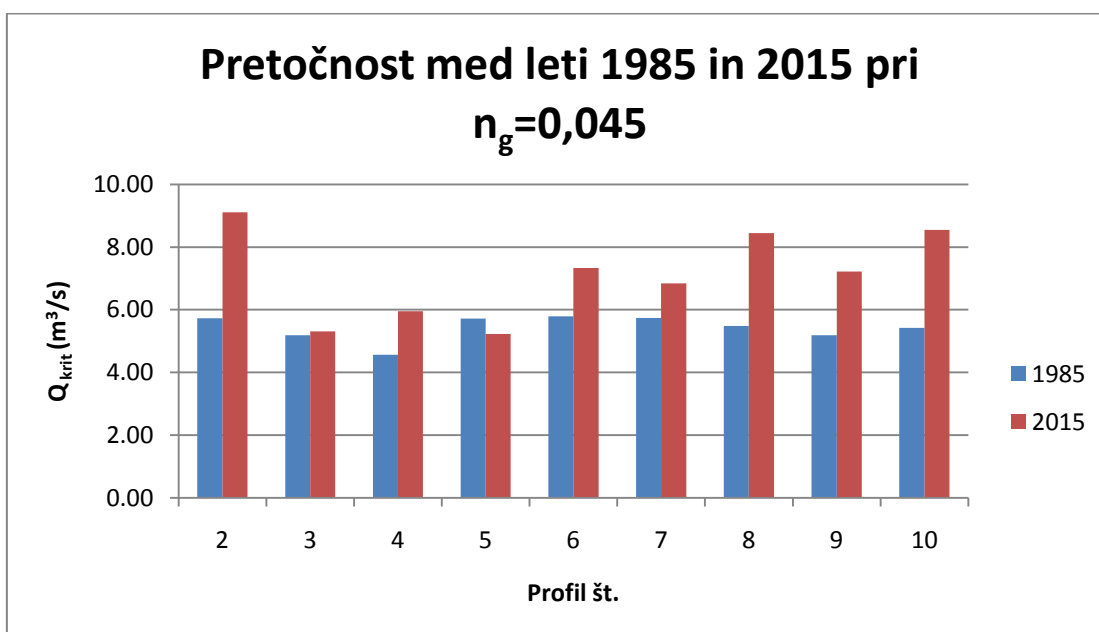
Tabela 24: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0,045$) in 1985

Profil	$Q_{krit.}$ (m^3/s)		Razlika (m^3/s)	Razlika (%)
	1985 ($n_g=0,029$)	2015 ($n_g=0,045$)		
2	27.66	9.11	18.55	67.08
3	25.03	5.31	19.73	78.80
4	22.06	5.95	16.11	73.02
5	27.60	5.23	22.37	81.05
6	27.94	7.33	20.61	73.77
7	27.73	6.84	20.89	75.33
8	26.47	8.45	18.02	68.08
9	25.04	7.22	17.82	71.16
10	26.19	8.55	17.64	67.34

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je kritični prerez struge leta 1985 nahajal na profilu št. 4. Tu je bila leta 1985 pretočnost 22,06 m^3/s . Danes je kritični prerez prerez št. 5, ki prevaja 5,23 m^3/s . Če vzamemo te dva podatka za kritični pretok obravnavanega dela struge, se je pretočnost struge v

obdobju 30 let zmanjšala za 16,83 m³/s oziroma za 76,29 %. To pomeni, da pri upoštevanju vrednosti Manningovega koeficienta 0,045, struga prevaja le 23,71 % pretoka, ki ga je prevajala leta 1985.

Za boljšo vizualno predstavitev primerjave sem naredila graf, ki prikazuje pretočnost med leti 1985, ki sem jo izračunala glede na podatke iz projekta Ureditve Želimeljščice 1985 in pretočnost leta 2015. Vrednost Manningovega koeficienta je bila leta 1985 0,029, prečni profili struge pa znatno večji. Pri izračunih za leto 2015 sem uporabila vrednosti izmerjenih prečnih prereзов, vrednost Manningovega koeficienta pa je znašala 0,045.



Slika 45: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,045$

6.2.3.2 Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,080$

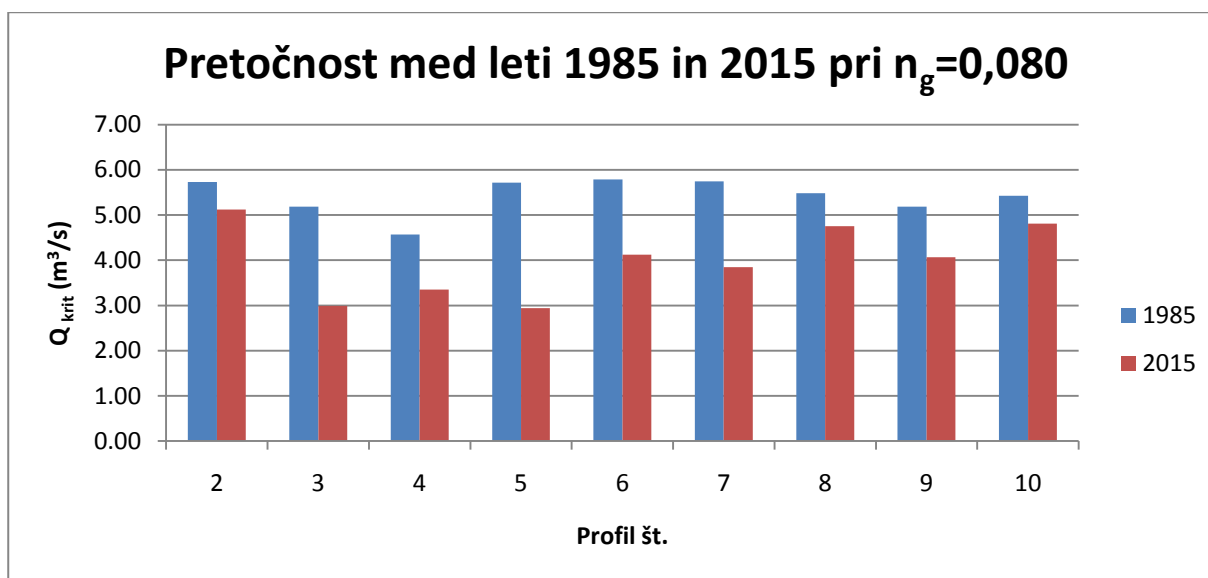
Nato sem za izračun pretočnosti vzela vrednost $n_g=0,080$. Rezultati izračuna in primerjava pretočnosti z letom 1985 so podani v spodnji tabeli.

Tabela 25: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.080$) in 1985

Profil	$Q_{krit} (m^3/s)$		Razlika (m^3/s)	Razlika (%)
	1985 ($n_g=0.029$)	2015 ($n_g=0.080$)		
2	27.66	5.12	22.54	81.48
3	25.03	2.99	22.05	88.07
4	22.06	3.35	18.71	84.82
5	27.60	2.94	24.66	89.34
6	27.94	4.12	23.82	85.25
7	27.73	3.85	23.88	86.12
8	26.47	4.75	21.72	82.05
9	25.04	4.06	20.98	83.78
10	26.19	4.81	21.38	81.63

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je kritični prerez struge leta 1985 nahajal na profilu št. 4. Tu je bila leta 1985 pretočnost 22, 06 m^3/s . Danes je kritični prerez prerez št. 5, ki prevaja 2, 94 m^3/s . Če vzamemo te dva podatka za kritični pretok obravnavanega dela struge, se je pretočnost struge v obdobju 30 let zmanjšala za 19, 12 m^3/s oziroma za 86, 67 %. To pomeni, da pri upoštevanju vrednosti Manningovega koeficienta 0,080, struga prevaja le 13, 33 % pretoka, ki ga je prevajala leta 1985.

Spodnji graf prikazuje primerjavo pretočnosti med leti 1985, ki sem jo izračunala glede na podatke iz projekta Ureditev Želimeljščice 1985, kjer je bila vrednost Manningovega koeficienta 0, 029, in pretočnost leta 2015, kjer sem pri izračunih uporabila izmerjene prečne prereze, vrednost Manningovega koeficienta pa je znašala 0, 080.

Slika 46: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,080$

6.2.3.3 Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,090$

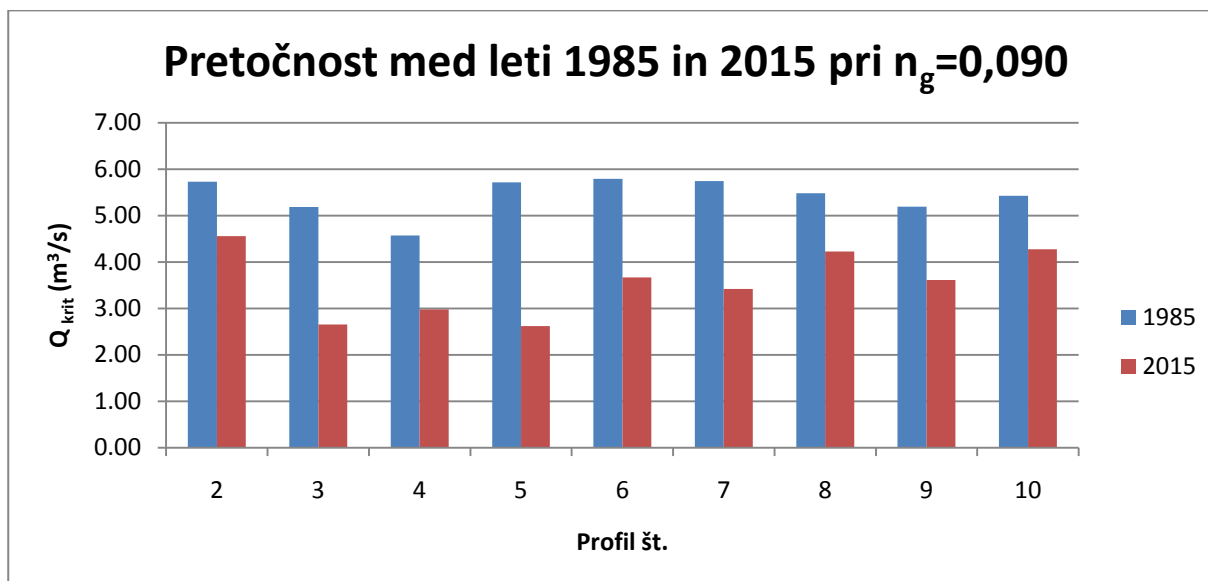
Pri tretjem izračunu in primerjavi sem vzela vrednost $n_g=0,090$. Rezultati in primerjava so podani v spodnji tabeli.

Tabela 26:Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0.090$) in 1985

Profil	$Q_{krit} (m^3/s)$		Razlika (m^3/s)	Razlika (%)
	1985 ($n_g=0.029$)	2015 ($n_g=0.090$)		
2	27.66	4.55	23.11	83.54
3	25.03	2.65	22.38	89.40
4	22.06	2.98	19.08	86.51
5	27.60	2.62	24.98	90.52
6	27.94	3.66	24.28	86.89
7	27.73	3.42	24.31	87.66
8	26.47	4.22	22.24	84.04
9	25.04	3.61	21.43	85.58
10	26.19	4.28	21.91	83.67

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je kritični prerez struge nahajal na profilu št. 4. Tu je bila leta 1985 pretočnost $22,06 m^3/s$. Danes je kritični prerez prerez št. 5, ki prevaja $2,62 m^3/s$. Če vzamemo te dva podatka za kritični pretok obravnavanega dela struge, se je pretočnost struge v obdobju 30 let zmanjšala za $19,44 m^3/s$ oziroma za $88,12\%$. To pomeni, da pri upoštevanju vrednosti Manningovega koeficienta $0,090$, struga prevaja le $11,88\%$ pretoka, ki ga je prevajala leta 1985.

Spodnji graf prikazuje primerjavo pretočnosti med leti 1985, ki sem jo izračunala glede na podatke iz projekta Ureditev Želimejščice 1985, kjer je bila vrednost Manningovega koeficienta $0,029$, in pretočnost leta 2015, kjer sem pri izračunih uporabila izmerjene prečne prereze, vrednost Manningovega koeficienta pa je znašala $0,090$.

Slika 47: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,090$

6.2.3.4 Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,139$

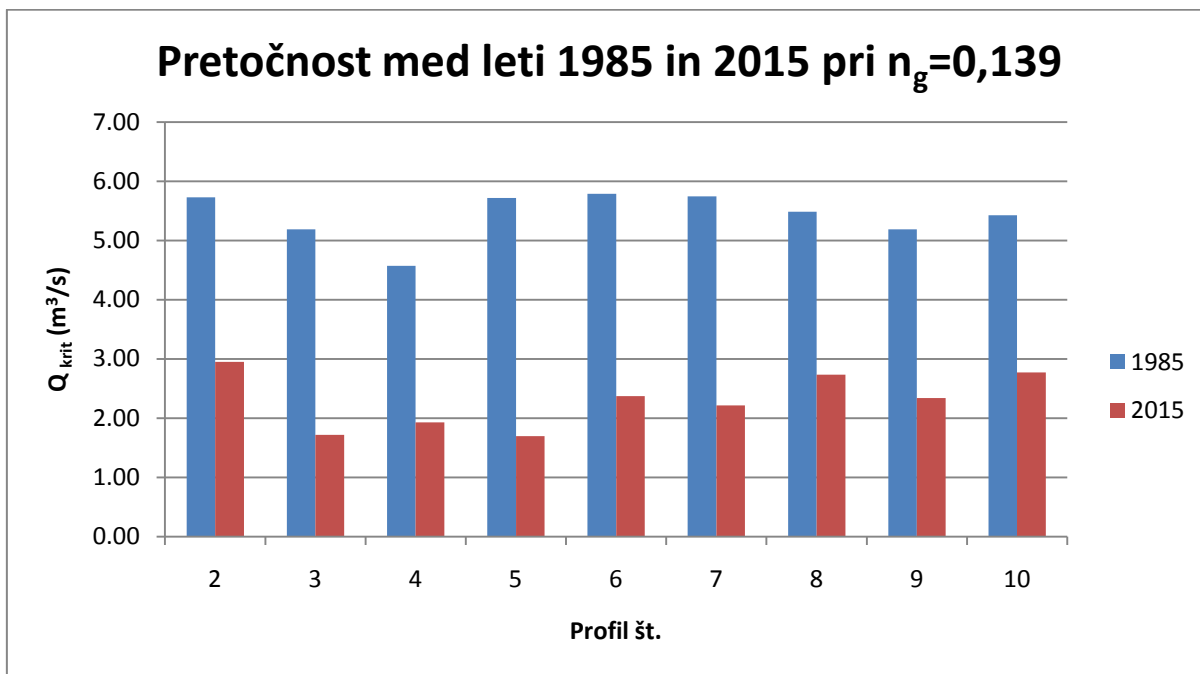
Pri četrtem izračunu in primerjavi sem vzela vrednost $n_g=0,139$. Rezultati in primerjava so podani v spodnji tabeli.

Tabela 27: Primerjava pretočnosti med letom 2015 (pri $n_g=0,139$) in 1985

Profil	Q_{krit} (m^3/s)		Razlika (m^3/s)	Razlika (%)
	1985 ($n_g=0,029$)	2015 ($n_g=0,139$)		
2	27.66	2.95	24.71	89.34
3	25.03	1.72	23.32	93.14
4	22.06	1.93	20.13	91.27
5	27.60	1.69	25.90	93.86
6	27.94	2.37	25.57	91.51
7	27.73	2.21	25.51	92.01
8	26.47	2.73	23.73	89.67
9	25.04	2.34	22.70	90.66
10	26.19	2.77	23.42	89.43

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je kritični prerez struge nahajal na profilu št. 4. Tu je bila leta 1985 pretočnost 22,06 m^3/s . Danes je kritični prerez prerez št. 5, ki prevaja 1,69 m^3/s . Če vzamemo te dva podatka za kritični pretok obravnavanega dela struge, se je pretočnost struge v obdobju 30 let zmanjšala za 20,37 m^3/s oziroma za 92,34 %. To pomeni, da pri upoštevanju vrednosti Manningovega koeficienta 0,139, struga prevaja le 7,66 % pretoka, ki ga je prevajala leta 1985.

Spodnji graf prikazuje primerjavo pretočnosti med leti 1985, ki sem jo izračunala glede na podatke iz projekta Ureditev Želimeljščice 1985, kjer je bila vrednost Manningovega koeficienta 0,029, in pretočnost leta 2015, kjer sem pri izračunih uporabila izmerjene prečne prereze, vrednost Manningovega koeficienta pa je znašala 0,139.



Slika 48: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,139$

6.2.3.5 Primerjava pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,140$

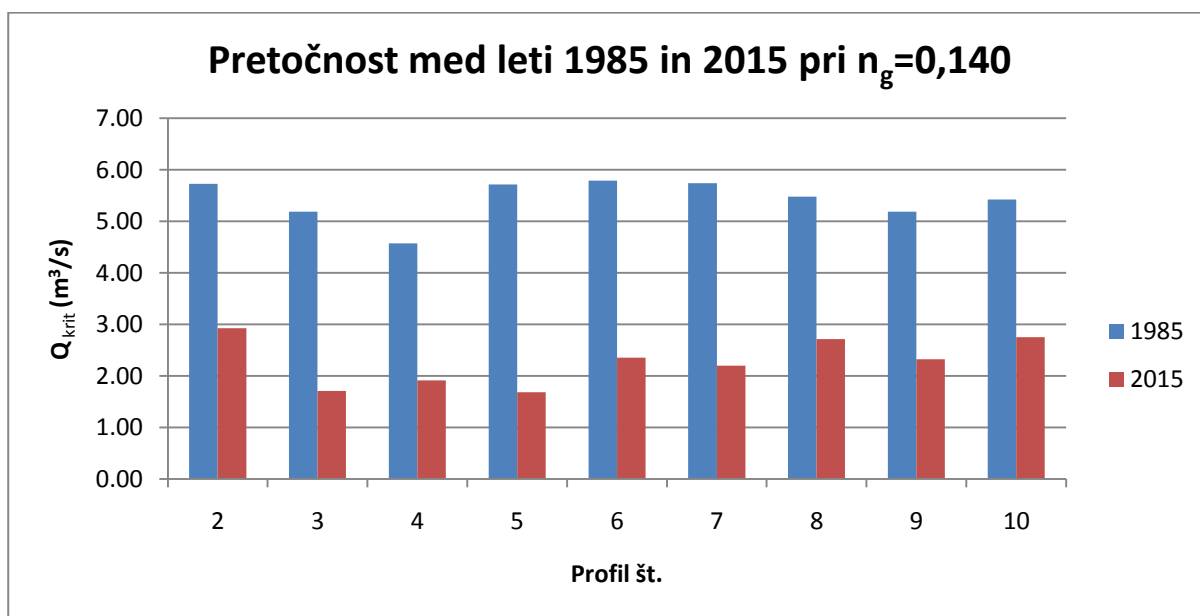
Pri petem izračunu in primerjavi sem vzela vrednost $n_g=0,140$. Rezultati in primerjava so podani v spodnji tabeli.

Tabela 28: Primerjava pretočnosti med leti 2015 (pri $n_g=0,140$) in 1985

Profil	$Q_{krit} (m^3/s)$		Razlika (m^3/s)	Razlika (%)
	1985 ($n_g=0.029$)	2015 ($n_g=0.140$)		
2	27.66	2.93	24.73	89.42
3	25.03	1.71	23.33	93.18
4	22.06	1.91	20.15	91.33
5	27.60	1.68	25.92	93.91
6	27.94	2.36	25.58	91.57
7	27.73	2.20	25.53	92.07
8	26.47	2.72	23.75	89.74
9	25.04	2.32	22.72	90.73
10	26.19	2.75	23.44	89.50

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je kritični prerez struge nahajal na profilu št. 4. Tu je bila leta 1985 pretočnost 22,06 m^3/s . Danes je kritični prerez prerez št. 5, ki prevaja 1,68 m^3/s . Če vzamemo te dva podatka za kritični pretok obravnavanega dela struge, se je pretočnost struge v obdobju 30 let zmanjšala za 20,38 m^3/s oziroma za 92,38 %. To pomeni, da pri upoštevanju vrednosti Manningovega koeficienta 0,140, struga prevaja le 7,62 % pretoka, ki ga je prevajala leta 1985.

Spodnji graf prikazuje primerjavo pretočnosti med leti 1985, ki sem jo izračunala glede na podatke iz projekta Ureditev Želimeljščice 1985, kjer je bila vrednost Manningovega koeficienta 0,029, in pretočnost leta 2015, kjer sem pri izračunih uporabila izmerjene prečne prereze, vrednost Manningovega koeficienta pa je znašala 0,140.

Slika 49: Grafični prikaz pretočnosti med leti 1985 in 2015 pri $n_g=0,140$

6.2.3.6 Primerjava pretočnosti v primeru nespremenjenega n_g ali nespremenjene površine prečnega prereza

Na zmanjšanje pretočnosti vplivata tako zmanjšanje površine prečnega profila struge, kot povečanje Manningovega koeficienta hrapavosti.

V primeru, da bi vrednost Manningovega koeficienta struge ostala enaka vrednosti, ki so jo uporabili za izračune projekta Ureditev Želimejščice (vrednost n_g je bila 0,029), spremenila pa bi se le površina prečnega prereza kritičnega profila (leta 1985 je bila površina prečnega prereza na kritičnem profilu 19,87 m², danes pa ta vrednost znaša 9,27 m², bi se vrednost kritičnega pretoka spremnila z 22,06 m³/s na 8,12 m³/s oziroma bi se zmanjšala za 13,94 m³/s kar predstavlja zmanjšanje za 63,19 %. Vrednosti so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 29: Primerjava pretočnosti pri nespremenjenem n_g

Vrednost Manningovega koeficienta n_g	Površina prečnega prereza struge (m ²)	Sprememba površine struge (m ²)	Sprememba površine struge (%)	Q_{krit} (m ³ /s)	Sprememba Q_{krit} (m ³ /s)	Sprememba Q_{krit} (%)
0.029	19.87	-10.6	-53.35%	22.06	-13.94	-63.19%
0.029	9.27			8.12		

V primeru, da bi se spremenil le Manningov koeficient, površina prečnega prereza na kritičnem delu pa bi ostala nespremenjena, torej 19,87 m², bi sprememba Manningovega koeficienta vplivala na spremembo kritičnega pretoka, kot je prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 30: Primerjava pretočnosti pri nespremenjeni površini prečnega prereza struge

Površina prečnega prereza struge (m ²)	Vrednost Manningovega koeficienta n_g	Sprememba Manningovega koeficienta n_g glede na 1985	Sprememba Manningovega koeficienta n_g glede na 1985 (%)	Q_{krit} (m ³ /s)	Sprememba Q_{krit} glede na Q_{krit} leta 1985 (m ³ /s)	Sprememba Q_{krit} glede na Q_{krit} leta 1985 (%)
19.87	0.029	/	/	22.061	/	/
19.87	0.045	0.016	55.17%	14.217	-7.844	-35.56%
19.87	0.080	0.051	175.86%	7.997	-14.064	-63.75%
19.87	0.090	0.061	210.34%	7.109	-14.952	-67.78%
19.87	0.139	0.110	379.31%	4.603	-17.458	-79.14%
19.87	0.140	0.111	382.76%	4.570	-17.491	-79.28%

Iz tabele je razvidno, da v kolikor površina prečnega prereza ostane nespremenjena, vrednost Manningovega koeficienta pa se poveča z 0,029 na 0,045, to povzroči zmanjšanje pretočnosti s 22,061 m³/s na 14, 217 m³/s oziroma za 35,56 %.

6.2.3.7 Povzetek kritičnih pretokov v kritičnih prečnih profilih struge za leti 1985 in 2015 pri različnih n_g vrednostih

V spodnji tabeli je podan povzetek kritičnih pretokov v kritičnih prečnih progilih za leti 1985 in 2015 pri različnih n_g vrednostih. V prvih petih vrsticah so podani izračunani kritični pretoki na profilu št. 4., ki je bil leta 1985 kritičnih prerez. Površina profila št. 4 je leta 1985 znašala 19,87 m², medtem ko je bila vrednost Manningovega koeficienta, ki je bila uporabljena pri izračunih za potrebe projekta Ureditev Želimejščice 1985, $n_g=0.029$. Pretok, na katerega je bil projekt projektiran, je znašal 20 m³/s. Pri preračunu pretokov s temi podatki, je izračunan pretok znašal 22.06 m³/s. Pri različnih n_g vrednostih, ki sem jih določila s pomočje slikovnega gradiva iz leta 1991, so izračunane vrednosti kritičnega pretoka. V 4. stolpcu tabele je prikazano kolikšen del pretoka na katerega je bila struga dimenzionirana oziroma glede na izračunan kritični pretok leta 1985, predstavlja izračunan pretok pri različnih n_g vrednostih.

V zadnjih petih vrsticah so podani izračunani kritični pretoki na profilu št. 5., ki je bil leta 2015 kritičnih prerez. Površina profila št. 5 je leta 2015 znašala 9.24 m², kar predstavlja 46, 5 % površine prečnega prereza v primerjeavi s površino kritičnega prereza leta 1985 (znašala je 19,87 m²). V 4. stolpcu tabele je prikazano kolikšen del pretoka na katerega je bila struga dimenzionirana oziroma glede na izračunan kritični pretok leta 1985, predstavlja izračunan pretok pri različnih n_g vrednostih določenih za leto 2015 in pri površini prečnega prereza struge 9,24 m².

Tabela 31: Tabela povzetka kritičnih pretokov v kritičnih prečnih profilih struge za leti 1985 in 2015 pri različnih n_g vrednostih

	Površina kritičnega prečnega prereza (m^2)	Manningov koeficient n_g	Q_{krit} (m^3/s)	Q_{krit} (%) za leto 2015 glede na dimenzioniran $Q_{krit}=20 m^3/s$ za leto 1985	Q_{krit} (%) za leto 2015 glede na izračunan $Q_{krit}=22.06 m^3/s$ za leto 1985
1985, profil št. 4	19.87	0.029	22.06	100.00%	100.00%
	19.87	0.050	12.80	64.00%	58.02%
	19.87	0.069	9.27	46.35%	42.02%
	19.87	0.080	8.00	40.00%	36.26%
	19.87	0.089	7.19	35.95%	32.59%
2015, profil št. 5	9.24	0.045	5.23	26.15%	23.71%
	9.24	0.080	2.94	14.70%	13.33%
	9.24	0.090	2.62	13.10%	11.88%
	9.24	0.139	1.69	8.45%	7.66%
	9.24	0.140	1.68	8.40%	7.62%

Iz zgornje tabele je razvidno, da se je pretočnost struge zaradi zmanjšanja prečnega profila struge pri upoštevanju n_g vrednosti=0,045, zmanjšala za 73,85 % oziroma znaša 26,15 % pretoka na katerega je bila struga leta 1985 dimenzionirana. Pri upoštevanja vrednosti n_g koeficienta 0,140 pa je pretočnost struge znaša 8,40 % pretočnosti pretoka na katerega je bila struga dimenzionirana leta 1985 oziroma se je pretočnost struge glede na dimenzioniran pretok zmanjšala za 91,6 %.

6.2.3.8 Izračun gladin pri pretoku $Q_{total}=20 m^3/s$ za leti 1985 in 2015 v prerezi št. 4, 5 in 6

V spodnji tabeli so za prereze št. 4, 5 in 6 podani rezultati poteka gladin s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20 m^3/s$. Kritični prerez leta 1985 je bil prerez št. 4, medtem ko je bil leta 2015 kritični prerez št 5.

Iz spodnje tabele je razvidno, da povečanje Manningovega koeficienta zmanjša hitrosti pretoka in posledično povzroči dvig gladine vode. Voda se v pri vseh izračunanih vrednostih n_g pri površinah prečnih prerezov iz let 2015 preliva čez robove rečne struge.

Tabela 32: Višina gladin za profile št. 4, 5 in 6 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$.

	Površina prečnega prereza (m^2)	Profil št.	Q_{total} (m^3/s)	n_g	Min. Ch. El. (m)	W.S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel. Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Top Width (m)	Max Chl Dpth (m)
1985	19.87	4	20	0.029	289.10	289.98	290.31	290.06	1.21	16.92	20.2	1.62
	23.38	5	20	0.029	289.20	289.84	290.49	289.91	1.22	17.58	19.7	1.43
	23.37	6	20	0.029	288.80	289.82	290.02	291.92	1.13	18.46	20.1	1.78
2015	11.34	4	20	0.029	288.77	291.07	290.26	291.14	1.19	17.65	17.5	2.30
	9.24	5	20	0.029	289.20	291.21	290.46	291.28	1.23	18.18	18.0	2.01
	12.64	6	20	0.029	288.67	290.98	289.97	291.04	0.95	22.67	19.7	2.56
	11.34	4	20	0.045	288.77	291.27	290.26	291.32	1.00	21.11	17.5	2.80
	9.24	5	20	0.045	289.20	291.45	290.46	291.50	1.00	22.60	18.0	2.25
	12.64	6	20	0.045	291.18	289.97	291.23	291.50	0.79	27.29	19.7	2.50
	11.34	4	20	0.080	288.77	291.64	290.26	291.67	0.77	27.56	17.5	2.87
	9.24	5	20	0.080	289.20	291.88	290.46	291.90	0.75	30.28	18.0	2.68
	12.64	6	20	0.080	288.67	291.55	289.97	291.57	0.61	35.54	19.7	3.22
	11.34	4	20	0.090	288.77	291.72	290.26	291.75	0.71	29.03	17.5	2.95
	9.24	5	20	0.090	289.20	291.98	290.46	292.00	0.73	32.08	18.0	2.78
	12.64	6	20	0.090	288.67	291.63	289.97	291.65	0.58	37.49	19.7	3.32
	11.34	4	20	0.139	288.77	292.09	290.26	292.11	0.60	35.50	17.5	3.32
	9.24	5	20	0.139	289.20	292.41	290.46	292.42	0.57	39.82	18.0	3.21
	12.64	6	20	0.139	288.67	292.00	289.97	292.01	0.48	45.90	19.7	3.74
11.34	4	20	0.140	288.77	292.10	290.26	292.12	0.60	35.62	17.5	3.33	
9.24	5	20	0.140	289.20	292.42	290.46	292.43	0.57	39.96	18.0	3.22	
12.64	6	20	0.140	288.67	292.01	289.97	292.02	0.48	46.06	19.7	3.75	

V zgornji tabeli so v stolpcu **Min Ch. El** (*minimum channel elevation*) podane vrednosti za minimalno nadmorsko višino rečne struge. Okrajšava **W. S. Elev** (*calculated water surface from energy equation*) predstavlja vrednost izračunane višine vodne gladine s pomočjo energijske enačbe. Okrajšava **Crit W.S.** (*critical water surface elevation*) promeni višino kritične vodne gladine, **E. G. Elev** (*energy elevation for given WSEL-water surface elevation*) predstavlja energijsko črto za pripadajočo izračunano vrednost višine vodne gladine s pomočjo energijske enačbe. V stolpcu **Vel. Chnl** (*average velocity of flow in main channel*) so podane izračunane povprečne hitrosti toka v rečni strugi. V stolpcu **Flow Area** je podana prečna površina pretoka, stolpec **Top Width** pa predstavlja največjo širino struge v posameznem prečnem profilu. V zadnjem stolpcu **Max Chl Dpth** (*Maximum main channel depth*) so podane vrednosti za maksimalne globine rečne struge.

Tabelo višine gladin za profile št. 4, 5 in 6 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20$ m^3/s sem zaradi boljše preglednosti razdelila v 3 različne preglednice. Vsaka izmed spodnjih preglednic združuje podatke za vsak prečni profil posebej.

Profil št. 4

Tabela 33: Višine gladin za profil št. 4 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20$ m^3/s .

Profil št. 4, $Q_{total}=20$ m^3/s									
Površina prečnega prereza (m^2)	Top Width (m)	n_g	Min. Ch. El. (m)	W.S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel. Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Max Chl Dpth (m)
19.87	20.2	0.029	289.10	289.98	290.31	290.06	1.21	16.92	1.62
11.34	17.5	0.029	288.77	291.07	290.26	291.14	1.19	17.65	2.30
		0.045	288.77	291.27	290.26	291.32	1.00	21.11	2.80
		0.080	288.77	291.64	290.26	291.67	0.77	27.56	2.87
		0.090	288.77	291.72	290.26	291.75	0.71	29.03	2.95
		0.139	288.77	292.09	290.26	292.11	0.60	35.50	3.32
		0.140	288.77	292.10	290.26	292.12	0.60	35.62	3.33

Površina prečnega prereza v profilu št. 4 je leta 1985 znašala 19,87 m^2 , medtem ko je bila površina prečnega prereza leta 2015 11,34 m^2 . Širina struge se je zmanjšala za 2,7 m.

Profil št. 5

Tabela 34: Višine gladin za profil št. 5 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20$ m^3/s .

Profil št. 5, $Q_{total}=20$ m^3/s									
Površina prečnega prereza (m^2)	Top Width (m)	n_g	Min. Ch. El. (m)	W.S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel. Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Max Chl Dpth (m)
23.38	19.7	0.029	289.20	289.84	290.49	289.91	1.22	17.58	1.43
9.24	18.0	0.029	289.20	291.21	290.46	291.28	1.23	18.18	2.01
		0.045	289.20	291.45	290.46	291.50	1.00	22.60	2.25
		0.080	289.20	291.88	290.46	291.90	0.75	30.28	2.68
		0.090	289.20	291.98	290.46	292.00	0.73	32.08	2.78
		0.139	289.20	292.41	290.46	292.42	0.57	39.82	3.21
		0.140	289.20	292.42	290.46	292.43	0.57	39.96	3.22

Površina prečnega prereza v profilu št. 5 je leta 1985 znašala 23,38 m^2 , medtem ko je bila površina prečnega prereza leta 2015 9,24 m^2 . Širina struge se je zmanjšala za 1,7 m.

Profil št. 6**Tabela 35: Višine gladin za profil št. 6 izračunane s programom HEC-RAS pri pretoku $Q_{total}=20\text{ m}^3/\text{s}$.**

Profil št. 6, $Q_{total}=20\text{ m}^3/\text{s}$									
Površina prečnega prereza (m^2)	Top Width (m)	n_g	Min. Ch. El. (m)	W.S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel. Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Max Chl Dpth (m)
23.37	20.1	0.029	288.80	289.82	290.02	291.92	1.13	18.46	1.78
12.64	19.7	0.029	288.67	290.98	289.97	291.04	0.95	22.67	2.56
		0.045	288.67	291.18	289.97	291.23	0.79	27.29	2.50
		0.080	288.67	291.55	289.97	291.57	0.61	35.54	3.22
		0.090	288.67	291.63	289.97	291.65	0.58	37.49	3.32
		0.139	288.67	292.00	289.97	292.01	0.48	45.90	3.74
		0.140	288.67	292.01	289.97	292.02	0.48	46.06	3.75

Površina prečnega prereza v profilu št. 6 je leta 1985 znašala $23,37\text{ m}^2$, medtem ko je bila površina prečnega prereza leta 2015 $12,64\text{ m}^2$. Širina struge se je zmanjšala za $0,4\text{ m}$.

6.2.3.9 Višina vode nad brežino za leto 2015 v profilih 4, 5 in 6

Za lažjo predstavo posameznih vrednosti višine gladine vode, sem izračunala višino vode nad brežino oziroma razliko med višinsko koto gladine vode izračunano pri različnih n_g vrednostih in višinsko koto brežine. Višina brežine je leta 1985 in leta 2015 znašala $290,70\text{ m}$. Izračune sem izvedla za profile št. 4, 5 in 6 in jih prikazala tabelarično in grafično.

Višina vode nad brežino je tudi ključno merilo pri določanju in razvrščanju območji v razrede nevarnosti, kateri določajo pogoje in omejitve za izvajanje posegov v prostor kot je to opisano v Uredbi o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Ta uredba v skladu z Direktivo 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (UL L št. 288 z dne 6. 11. 2007, str. 27) določa pogoje in omejitve za posege v prostor in izvajanje dejavnosti na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, za posege v okolje, ki v primeru poplav in z njimi povezane erozije lahko ogrožajo vodno okolje ter za načrtovanje rabe prostora in preventivnih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti. (Uredba, 2008)

Na območjih pomembnega vpliva poplav so pogoji in omejitve za izvajanje posegov v prostor navedeni v Prilogi E, pogoji in omejitve za izvajanje dejavnosti pa navedeni v Prilogi F. Pogoji in omejitve se določijo na podlagi podatkov o globinah poplavne vode pri vrednosti pretoka vode s

povratno dobo 100 let (Q_{100}). Pretok, pri katerem sem izvedla račune je bil $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$, kar glede na projekt Ureditev Želimejščice iz leta 1985 predstavlja pretok s povratno dobo 3 let (Q_3).

Kot merila se pri globini vode nad gladino manjše od 0,5 m uporabijo pogoji in omejitve srednjega razreda nevarnosti, pri globini večje ali je enako 0,5 m pa pogoji in omejitve velikega razreda nevarnosti.

Profil št. 4

Leta 1985 je znašala površina prečnega prereza v profilu št. 4 $19,87 \text{ m}^2$. Za potrebe izračunov projekta Ureditev Želimejščice 1985 je uporabljena vrednost Manningovega koeficienta znašala 0,029. Višina gladine pri hidravličnih izračunih za $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$ programom HEC-RAS je znašala 289,98 m, kar znaša 0,72 m pod višinsko koto brežine (290,7 m n.m.v.).

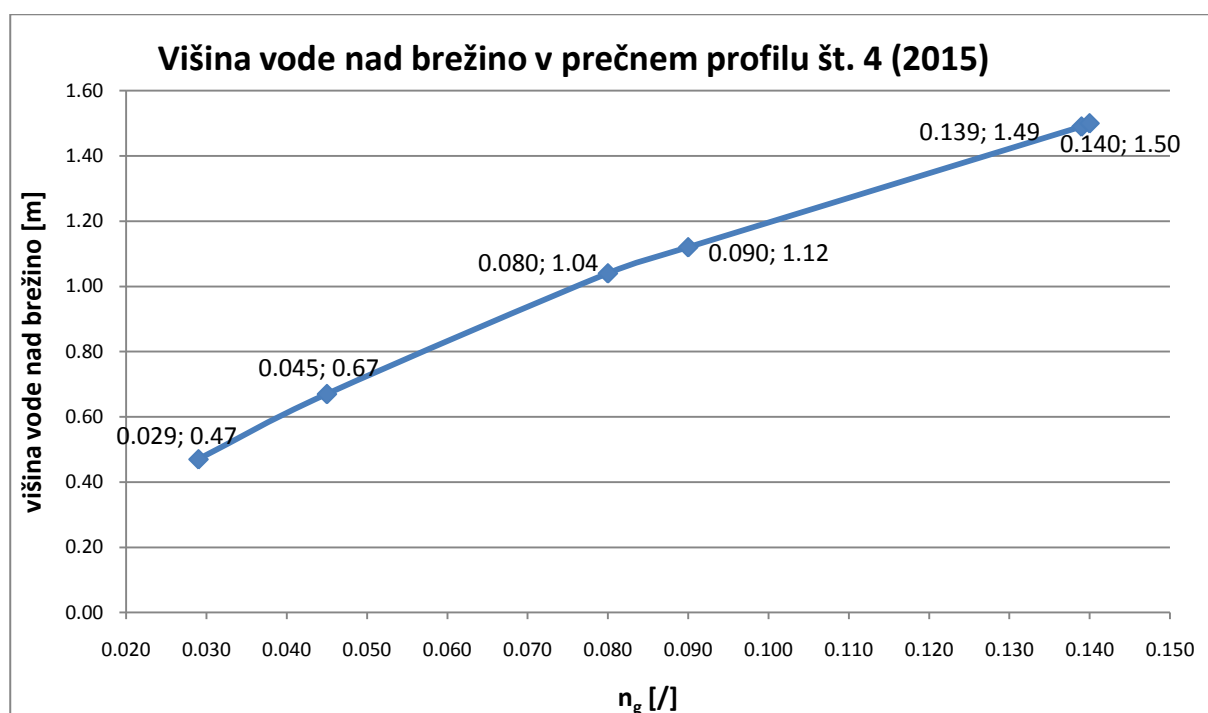
V letu 2015 je površina prečnega prereza v profilu št. 4. znašala $11,34 \text{ m}^2$. Višinska kota brežine je bila leta 2015 enaka višinski koti brežine leta 1985, torej 190,70. Za vrednost n_g sem pri hidravličnih izračunih gladin uporabila 6 različnih vrednosti. V primeru, ko je bila uporabljena vrednost n_g enaka vrednosti leta 1985 ($n_g=0,029$) je višina gladine vode znašala 191,07 m n.m.v. Višina vode nad brežino je znašala 37 cm. Pri vrednosti Manningovega koeficienta 0,045, znaša gladina vode 291,27 m n.m.v., oziroma se gladina vode nahaja 57 cm nad brežino. S povečevanjem vrednosti Manningovega koeficienta se višina vode nad brežino povečuje in v primeru, ko je vrednost n_g 0,140, znaša višina vode nad gladino 1,40 m.

Tabela 36: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 4 pri različnih n_g vrednostih

Profil. št. 4, $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$					
Višina brežine	Površina prečnega prereza (m^2)	n_g	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Višina vode nad brežino (m)
290.70	19.87	0.029	289.98	1.62	-0.72
	11.34	0.029	291.07	2.30	0.37
		0.045	291.27	2.80	0.57
		0.080	291.64	2.87	0.94
		0.090	291.72	2.95	1.02
		0.139	292.09	3.32	1.39
		0.140	292.10	3.33	1.40

Na spodnji sliki so grafično prikazane višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 4. pri površini prečnega prereza izmerjenih v letu 2015.

V primeru, ko vrednost Manningovega koeficienta znaša 0,029 je višina vode nad brežino 37 cm. Pri povečanju n_g vrednosti z 0,029 na 0,045 se gladina vode nad brežino zviša za 20 cm oziroma z 0,37m na 0,57 m. Glede na Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, bi v primeru ko je vrednost Manningovega koeficienta 0,029 in gladina vode nad brežino 0,37 cm to območje spadalo v območje s pogoji in omejitvami srednjega razreda nevarnosti, ko pa je Manningov koeficient 0,045 in je višina vode nad brežino 0,57 pa v območje z omejitvami in pogoji srednjega razreda nevarnosti. Vendar pa moramo pri razvrščanju območji v različne razrede poplavne ogroženosti gledati kritični prerez. Kritični prerez je bil leta 2015 v prečnem profilu št. 5.



Slika 50: Graf višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 4 (2015)

Profil št. 5

Leta 1985 je znašala površina prečnega prereza v profilu št. 5 23,38 m². Za potrebe izračunov projekta Ureditev Želimejščice 1985 je uporabljena vrednost Manningovega koeficienta znašala 0,029. Višina gladine pri hidravličnih izračunih za $Q_{total}=20$ m³/s programom HEC-RAS je znašala 289,84 m, kar znaša 0,86 m pod višinsko koto brežine (290,7 m n.m.v.).

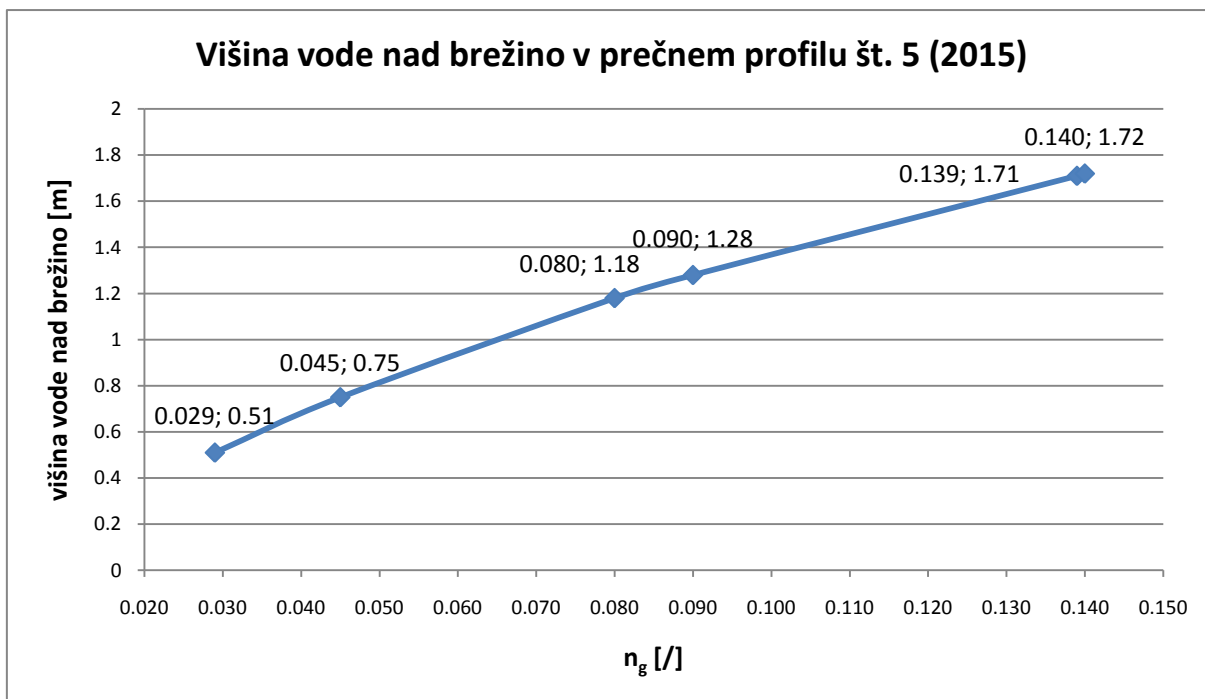
V letu 2015 je bil kritičen prerez prerez št. 5. Površina prečnega prereza v profilu št. 5. je znašala 9,24 m². Višinska kota brežine je bila leta 2015 enaka višinski koti brežine leta 1985, torej 190,70. Za vrednost n_g sem pri hidravličnih izračunih gladin uporabila 6 različnih vrednosti. V primeru, ko je bila uporabljena vrednost n_g enaka vrednosti leta 1985 ($n_g=0,029$) je višina gladine vode znašala 291,21 m n.m.v. Višina vode nad brežino je znašala 51 cm. Pri vrednosti Manningovega koeficienta 0,045, znaša

gladina vode 291,45 m n.m.v., oziroma se gladina vode nahaja 75 cm nad brežino. S povečevanjem vrednosti Manningovega koeficienta se višina vode nad brežino povečuje in v primeru, ko je vrednost n_g 0,140, znaša višina vode nad gladino 1,72 m.

Tabela 37: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 5 pri različnih n_g vrednostih

Profil št. 5, $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$					
Višina brežine	Površina prečnega prereza (m^2)	n_g	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Višina vode nad brežino (m)
290.70	23.38	0.029	289.84	1.43	-0.86
	9.24	0.029	291.21	2.01	0.51
		0.045	291.45	2.25	0.75
		0.080	291.88	2.68	1.18
		0.090	291.98	2.78	1.28
		0.139	292.41	3.21	1.71
		0.140	292.42	3.22	1.72

Na spodnji sliki so grafično prikazane višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 5. pri površini prečnega prereza izmerjenih v letu 2015.



Slika 51: Graf višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 5 (2015)

Glede na Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, bi v primeru ko je

vrednost Manningovega koeficienta 0,029 in gladina vode nad brežino 0,51 cm to območje spadalo v območje s pogoji in omejitvami velikega razreda nevarnosti.

Na območjih poplav, so glede na pogoje in omejitve določene v razredu velike nevarnosti, z upoštevanjem pogojev iz vodnega soglasja, dovoljeni le posegi v prostor za namen objektov za varstvo pred škodljivim delovanjem voda in športna igrišča. Gradnja stanovanjskih in nestanovanjskih stavb je prepovedana. Izjemoma so dovoljeni posegi v prostor za namen nekaterih objektov, vendar le v primeru, če ugotovitve celotne presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje niso ocenjene kot uničujoče ali bistvene in je mogoče s predhodno izvedbo omilitvenih ukrepov v skladu z okoljevarstvenim dovoljenjem ali vodnim soglasjem zagotoviti, da njihov vpliv ni bistven. Podroben seznam s posegi v prostor v skladu z enotno klasifikacijo vrst objektov (CC-SI) je priložen v Prilogi E.

Profil št. 6

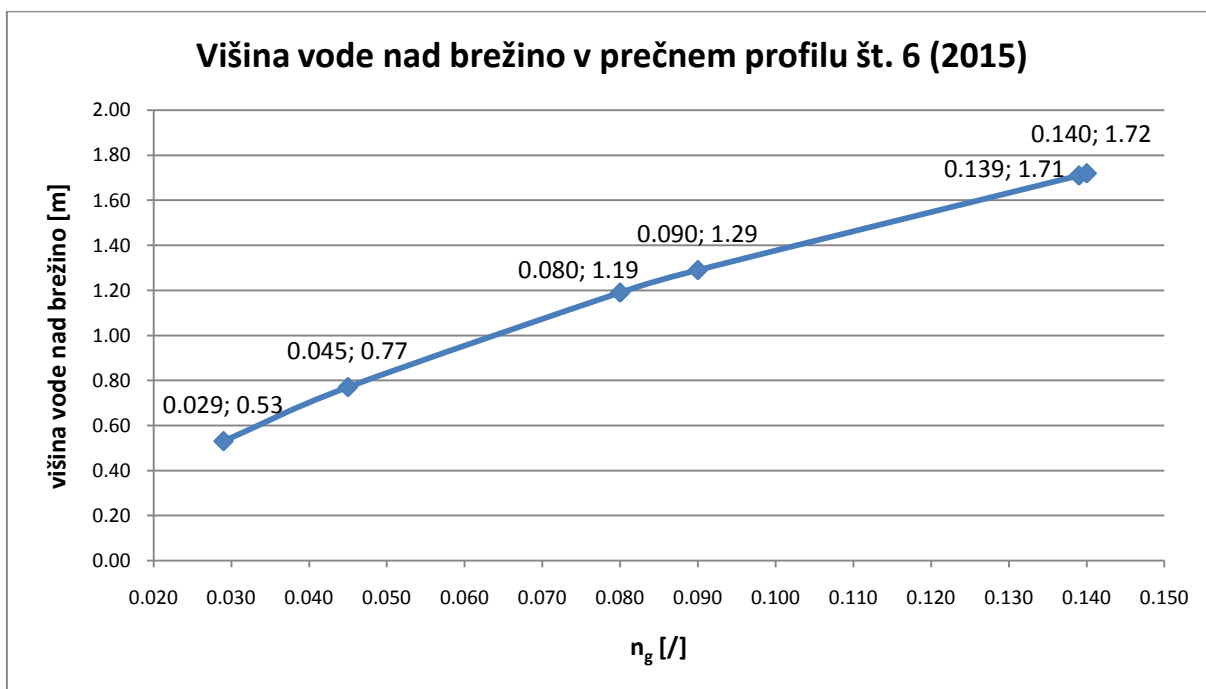
Leta 1985 je znašala površina prečnega prereza v profilu št. 6 19,87 m². Za potrebe izračunov projekta Ureditev Želimeljščice 1985 je uporabljena vrednost Manningovega koeficienta znašala 0,029. Višina gladine pri hidravličnih izračunih za $Q_{total}=20$ m³/s programom HEC-RAS je znašala 289,98 m, kar znaša 0,72 m pod višinsko koto brežine (290,7 m n.m.v.).

V letu 2015 je površina prečnega prereza v profilu št. 6 znašala 12,64 m². Višinska kota brežine je bila leta 2015 enaka višinski koti brežine leta 1985, torej 190,70. Za vrednost n_g sem pri hidravličnih izračunih gladin uporabila 6 različnih vrednosti. V primeru, ko je bila uporabljena vrednost n_g enaka vrednosti leta 1985 ($n_g=0,029$) je višina gladine vode znašala 190,98 m n.m.v. Višina vode nad brežino je znašala 28 cm. Pri vrednosti Manningovega koeficienta 0,045, znaša gladina vode 291,18 m n.m.v., oziroma se gladina vode nahaja 48 cm nad brežino. S povečevanjem vrednosti Manningovega koeficienta se višina vode nad brežino povečuje in v primeru, ko je vrednost n_g 0,140, znaša višina vode nad gladino 1,31 m.

Tabela 38: Višina vode nad brežino v prečnem profilu št. 6 pri različnih n_g vrednostih

Profil št. 6, $Q_{total}=20 \text{ m}^3/\text{s}$					
Višina brežine	Površina prečnega prereza (m^2)	n_g	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Višina vode nad brežino (m)
290.70	23.37	0.029	289.82	1.78	-0.88
	12.64	0.029	290.98	2.56	0.28
		0.045	291.18	2.50	0.48
		0.080	291.55	3.22	0.85
		0.090	291.63	3.32	0.93
		0.139	292.00	3.74	1.30
		0.140	292.01	3.75	1.31

Na spodnji sliki so grafično prikazane višine vode nad brežino v prečnem profilu št. 6 pri površini prečnega prereza izmerjenih v letu 2015.



Slika 52: Graf višine nad brežino v prečnem profilu št. 6 (2015)

7 ZAKLJUČKI

Pretočnost strug zmanjšuje vse večja zaraščenost v preteklosti reguliranih in vzdrževanih vodotokov, kar posledično zmanjšuje pretočnost.

Spodnji del vodotoka Želimejščica je bil leta 1974 reguliran v sklopu projekta osuševanja Ljubljanskega barja za potrebe kmetijstva. Leta 1985 je bil na tem istem delu izveden projekt Ureditev Želimejščice, katerega glavni cilj je bil povečanje pretočnosti potoka. Od leta 1985 do leta 2015 na obravnavanem vodotoku ni bilo izvedenih večjih ukrepov.

Za predstavitev sprememb pretočnosti Želimejščice sem izvedla meritve pretoka vode z instrumentom Flo-tracer, prečne profile pa sem izmerila z mersko lato. Terenske meritve sem izvedla na odseku Želimejščice od sotočja Želimejščice z Iščico do 935 m gorvodno od sotočja.

Ugotovila sem, da so se površine prečnih profilov struge zaradi vpliva sedimentacije, zmanjšale za 33,05 % do 58,94 % oziroma za povprečno 43,68 %. Na celotnem obravnavanem odseku dolžine 935 m to znese 11 781 m³ zadržanih sedimentov.

Z instrumentom Flo-Tracer sem merila v času nizkih pretokov, ko je bila voda v strugi. Iz meritev izračunana vrednost Manningovega koeficienta je znašala 0,045, kar je za 55,2 % večje od uporabljene vrednosti iz laborata leta 1985. Pri vrednosti $n_g=0,045$ in pri upoštevanju trenutne površine kritičnega prečnega profila, se je pretočnost v 30. letih zmanjšala za 76,29 %.

Manningov koeficient sem, poleg preračuna iz meritev s Flo-tracerjem, določila še na dva različna načina: s pomočjo tabel Ven Te Chow in z uporabo tabel Chowan. Glede na koeficient zaraščenosti sem iz tabel dobila vrednost n_g od 0,080 do 0,140.

Po podatkih v projektne dokumentaciji, je bila struga regulirana na vrednost $n_g=0,029$ in pretok s triletno povratno dobo $Q_3=20\text{m}^3/\text{s}$.

V tem trenutku ocenjujem, da je vrednost n_g pri visokih vodah 0,090. To pomeni, da je voda ob pretoku s triletno povratno dobo ($Q=20\text{m}^3/\text{s}$) 128 cm nad nivojem brežine. Glede na Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, to pomeni, da spada to območje v območje s pogoji in omejitvami velikega razreda. Na obravnavanem območju, se z upoštevanjem pogojev iz vodnega soglasja, dovoljeni izključno posegi v prostor za namen objektov za varstvo pred škodljivim delovanjem voda in športna igrišča. Gradnja stanovanjskih in nestanovanjskih stavb je prepovedana. Izjemoma so dovoljeni posegi v prostor za namen nekaterih objektov, vendar le v primeru, če ugotovitve celotne presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje niso ocenjene kot uničujoče

ali bistvene in je mogoče s predhodno izvedbo omilitvenih ukrepov v skladu z okoljevarstvenim dovoljenjem ali vodnim soglasjem zagotoviti, da njihov vpliv ni bistven.

V kolikor se pri trenutnem kritičnem prečnem prerezu struge, n_g poveča na 0,140, to povzroči dvig gladine vode še dodatnih 44 cm oziroma predstavlja skupno 172 cm vode nad brežino struge.

Pretočnost struge se je v obdobju 30. letih zmanjšala za več kot 76 %, kar predstavlja v povprečju 2, 5 % zmanjšanje pretočnosti na leto. V kolikor se bo trend zaraščanja in zaplavljanja struge nadaljeval, bo pretočnost Želimeljščice na tem odseku čez 10 let znašala le še 9 % pretočnosti iz leta 1985.

VIRI

- Arcement, G., Schneider, V. 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. Colorado, U.S. Geological Survey: 38 str.
- ARSO 2013. Atlas okolja. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 21. 9. 2015.)
- Bizjak, A. 2015. Osebna komunikacija z dr. Alešem Bizjakom. Osebna komunikacija. (10. 03. 2015.)
- Brunner, G., CEIWR-HEC. 2010. HEC-RAS River Analysis System User's Manual. Version 4.1. Davis, US Army Corps of Engineers: 766 str.
- Buček, P. 2007. Urejanje rečnih koridorjev. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Buček): 117 str.
- Comina, C., Lasagna, M., De Luca, D. A. S., L 2013. Discharge measurement with salt dilution method in irrigation canals: direct sampling and geophysical controls. Hydrology and Earth System Sciences. doi:10.5194/hessd-10-10035-2013 <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/10/10035/2013/hessd-10-10035-2013.pdf> (Pridobljeno 8. 8. 2015.)
- Cvetko, P. 2013. Meritve pretokov vodotoka z dvema različnima instrumentoma. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Cvetko): 62 str.
- ČHMÚ, Č. h. ú. 2003. Na stopě stopovači. <http://www.chmuul.org/aktuality/2012-09-tracer/> (Pridobljeno 17. 8. 2015.)
- FISRWG, F. I. S. R. W. G. 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. USDA-Natural Resources Conservation Service: 637 str.
- Flow-Tronic. 2001. FLO-TRACER. Easy&Rapid Gauging. Belgium, Flow-Tronic: 26 str. <http://www.flow-tronic.com/> (Pridobljeno 15.7.2015.)
- Flow-Tronic 2015. Flo-Tracer Technical Specifications. <http://www.flow-tronic.com/en/downloads/technical-specifications/technical-specifications-flo-tracer-rev-05-2015> (Pridobljeno 14. 5. 2015.)
- Frantar, P., Gale, U., Andjelov, M., Trišič, N. 2006. Ocena količinskega stanja podzemne vode telo Kraške Ljubljanice. 15. Mišičev vodarski dan, Maribor, December 10, 2004. Maribor, Vodnogospodarski biro: p. 204-210.
- Geopedija 2013. <http://www.geopedia.si/> (Pridobljeno 29. 8. 2015.)
- HMZ, H. z. R. S. 1999. Meritve pretokov vode z metodo razredčenja. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 33 str.
- Jokanović, S. 2010. Predlog ureditve reke Bolske v Brodeh na Vranskem. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba S. Jokanović): 70 str.
- Lavrenčič, U. 2005. Ekomorfološko vrednotenje vodotokov z metodo SVAP. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Lavrenčič): 96 str.

- Lukavečki, B. 2010. Analiza reke Save s programom HEC-RAS na odseku od HE Vrhovo do Sevnice. Diplomatska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba B. Lukavečki): 103 str.
- Mejak, A. 2010. Primerjava meritev pretokov na manjšem vodotoku z Dopplerjevim merilnikom in metodo razredčenja. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Mejak): 104 str.
- Mencej, Z. 1981. Aluvialni vršaj Želimejščice. Geologija 24: 169-171.
- Mikoš, M., Mastnak, M. 1998. Navodila za program HEC-RAS: verzija 2.1. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 97 str.
- Moore, D. 2015. Slug Injection Using Salt in Solution. Streamline 8, 2: 1-6.
- Nadbath, M. 2007. Meteorološka postaja Želimej. Mesečni bilten 12, 14: 55-58.
- Natek, M. 1984. Izraba pogonskih moči pritokov Ljubljanice na območju Ljubljanskega barja. V: Gams, I., (ur.), Meze, D., (ur.). Seja razreda za naravoslovne vede Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Slovenija, Ljubljana, december 6, 1984. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika: p. 133-156.
- Pavšič, J. 2008. Geologija Barja in njegovega obrobja. Ljubljansko barje: 6.
- Radojević, D., Dević, N. 2015. Discharge Calculation of the Spring Using Salt Dilution Method- Application site Bolje Sestre spring (Montenegro). research Gate. http://www.researchgate.net/publication/267961809_DISCHARGE_CALCULATION_OF_THE_SPRING_USING_SALT_DILUTION_METHOD_APPLICATION_SITE_BOLJE_SESTRE_SPRING_%28MONTENEGRO%29 (Pridobljeno 15. 8. 2015.)
- Ranz, S. E. 1983. Measurement and computation of streamflow. Washington, Library of Congress Cataloging in Publication Data: 310 str.
- Rosgen, D. 1996. Applied river morphology. Colorado, Pagosa Springs: 390 str.
- Rusjan, S. 2003. Urejanje rečnih koridorjev. Seminarjska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Rusjan): 75 str.
- Skaberne, D. 1994/1995. Rečni sistemi in njihovi sedimentacijski modeli. Geologija 37/38: 251-269. doi:10.1016/j.geomorph.2008.04.028
- Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 295 str.
- Tarman, K. 1999. Ekologija: učbenik za strokovne in tehniške gimnazije. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 130 str.
- Tratnik, B. 1985. Ureditev Želimejščice 1985. Projektna zasnova. Ljubljana, Hidrotehnik.
- Trček, R. 2005. Uporaba horizontalnega merilnika hitrosti (H-ADCP) za določitev pretoka rek. Acta hydrotechnica 20, 32. http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/H_ADACP_ARSO.pdf (Pridobljeno 27. 8. 2015.)

Uredba. 2008. UREDBA o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Uradni list RS: 1-7 str.

USGS 2014. How streamflow is measured: The discharge measurement. <http://water.usgs.gov/edu/streamflow2.html> (Pridobljeno 15. 10. 2014.)

Ward, A. D., Trimble, S. W. 2003. Environmental hydrology. Boca Raton, Lewis Publishers: 475 str.

Zajc, T. 2010. Odnos med posedki in poplavami na Ljubljanskem barju v luči klimatskih sprememb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta (samozaložba T. Zajc): 126 str.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA NARAVNE VODOTOKE

PRILOGA B: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA UMETNO PREOBLIKOVANA REČNA KORITA

PRILOGA C: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA IZKOPANA IN OČIŠČENA REČNA KORITA

PRILOGA Č: GRAFIČNI PRIKAZ PRIMERJAVE PREČNIH PROFILOV IZ LETA 1985 IN 2015

PRILOGA D: TABELARIČNI PRIKAZ PREČNIH PROFILOV IZ LETA 1985

PRILOGA E: PRILOGA 1 K UREDBI O POGOJIH IN OMEJITVAH ZA IZVAJANJE DEJAVNOSTI IN POSEGOV V PROSTOR NA OBMOČJIH OGROŽENIH ZARADI POPLAV IN Z NJIMI POVEZANE EROZIJE CELINSKIH VODA IN MORJA

PRILOGA F: PRILOGA 2 K UREDBI O POGOJIH IN OMEJITVAH ZA IZVAJANJE DEJAVNOSTI IN POSEGOV V PROSTOR NA OBMOČJIH OGROŽENIH ZARADI POPLAV IN Z NJIMI POVEZANE EROZIJE CELINSKIH VODA IN MORJA

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA NARAVNE VODOTOKE

NARAVNI VODOTOKI			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Rečno korito			
a. Čisto, ravno, polno in brez tolmunov	0.025	0.030	0.033
b. Enako kot "a", vendar s kamenjem in zarastjo	0.030	0.035	0.040
c. Vijugast, čist kanal s tolmoni in prodrom	0.033	0.040	0.045
d. Enako kot "c", vendar s kamenjem in zarastjo	0.035	0.045	0.050
e. Enako kot "d", vendar z manjšim padcem in nižjo gladino	0.040	0.048	0.055
f. Enako kot "d", vendar z večjo količino kamenja	0.045	0.050	0.060
g. Počasni ravni del, z večjo količino zarasti in tolmunov	0.050	0.070	0.080
h. Korito je močneje preraščeno z zarastji in ima globoke tolmane oziroma gosto zaraščene poplavne poti	0.075	0.100	0.150
i. Gorski vodotok s strmimi brežinami, brez zarasti, s peščenim ali prodnatim dno,	0.030	0.040	0.050
j. Enako kot i, vendar z večjimi skalami v koritu	0.040	0.050	0.070
Poplavne površine			
Travniki brez grmičevja			
a. Nizka pokošena traa	0.025	0.030	0.035
b. Visoka trava	0.030	0.035	0.050
Obdelovalne površine			
a. Brez rastlinja	0.020	0.030	0.040
b. Zreli, v vrstah gojeni pridelki	0.025	0.035	0.450
c. Zreli, po vsej površini gojeni pridelki	0.030	0.040	0.050
Grmičevje			
a. Posamezni grmi, gosti pleveli	0.035	0.050	0.070
b. Redko grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.035	0.050	0.060
c. Redko grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.040	0.060	0.080
d. Srednje gosto grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.045	0.070	0.110
e. Srednje gosto grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.070	0.100	0.160
Drevje			
a. Čistina z drevesnimi štori in brez mladik	0.030	0.040	0.050
b. Čistina z drevesnimi štori in gostimi mladikami	0.050	0.060	0.080
c. Gostejši gozdovi z malo podrtimi drevesi, podrasti z gladino pod krošnjami dreves	0.080	0.100	0.120
e. Enako kot "c", le da nivo vode sega do krošenj	0.100	0.120	0.160
f. Gost gozd z listjem (poleti)	0.110	0.150	0.200

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA UMETNO PREOBLIKOVANA REČNA KORITA

OBLOŽENA ALI GRAJENA REČNA KORITA (DELITEV FLEDE NA VRSTO UPORABLJENEGA MATERIALA)			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Beton			
a. Zglajen i ometan beton	0.011	0.013	0.015
b. Ometano	0.013	0.015	0.016
c. Ometan s peskom na dnu	0.015	0.017	0.020
d. Nedokončano	0.014	0.017	0.020
e. Brizgan beton, gladek	0.016	0.019	0.023
f. Brizgan beton, valovit	0.018	0.022	0.025
g. Beton na izkopani dobri skali	0.017	0.020	
h. Beton na izkopani slabi skali	0.022	0.027	
Dno iz betona, brežine...			
a. Prevečene z obdelanim kamnom v malti	0.015	0.017	0.020
b. Prevečene z neobdelanim kamnom v malti	0.017	0.020	0.024
c. Zidane z gruščem v cementu in malti	0.016	0.020	0.024
d. Zidane z gruščem v ccementu	0.020	0.025	0.030
e. Zidane s suhim gruščem ali odpadnim kamenjem	0.020	0.030	0.350
Prodnato dno, brežine...			
a. Iz opažnega betona	0.017	0.021	0.025
b. Iz neobdelanega kamna v malti	0.020	0.230	0.026
c. Suhega grušča ali odpadnega kamenja	0.023	0.033	0.036
Opeka..			
a. Glajena	0.011	0.013	0.015
b. Glajena v cementni malti	0.012	0.015	0.018
Kovina			
a. Gladka kovinska površina	0.110	0.013	0.015
b. Valovita pločevina	0.210	0.025	0.030
Asfalt			
a. Gladek	0.013	0.013	
b. Grob	0.016	0.016	
rastlinska obloga	0.030		0.050
tesan kamen	0.013	0.015	0.017
Cement			
a. Čista površina	0.010	0.012	0.013
b. Ometana površina	0.011	0.013	0.015
Les			
a. Raven, nevzdrževan	0.010	0.120	0.014
b. Ravenm snoljen	0.011	0.013	0.015
c. Opaž z deskami	0.012	0.015	0.018
d. Opaž z deskami, prekrit	0.010	0.014	0.017

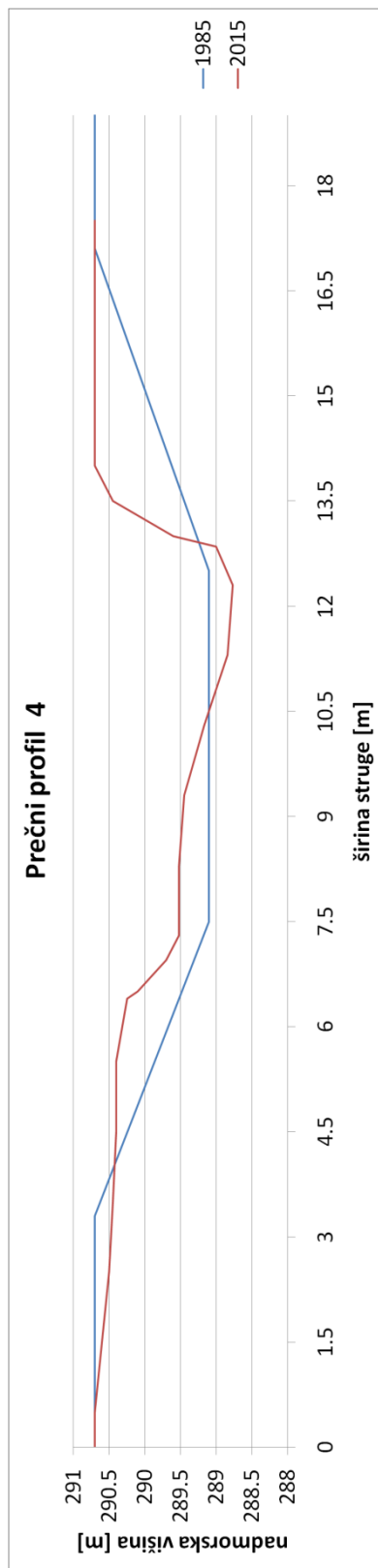
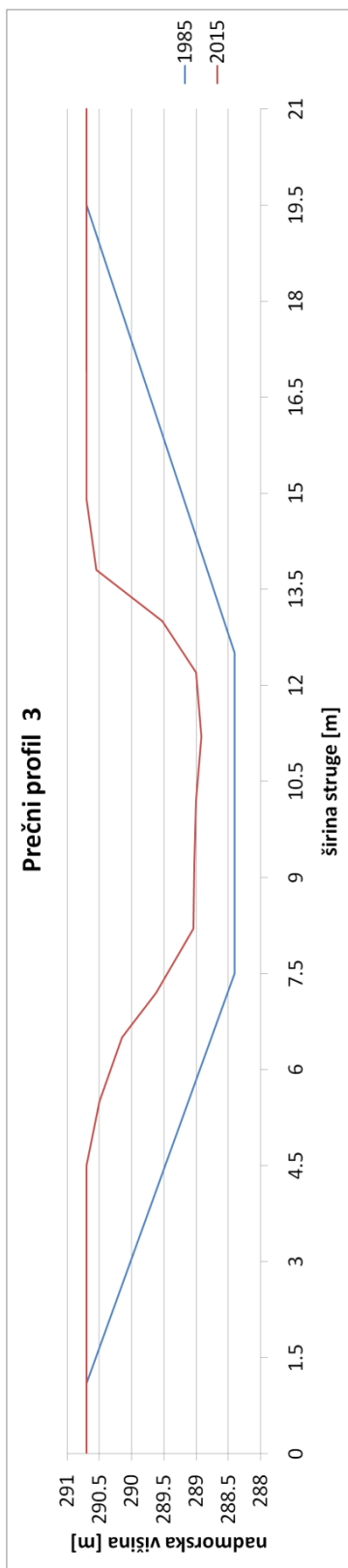
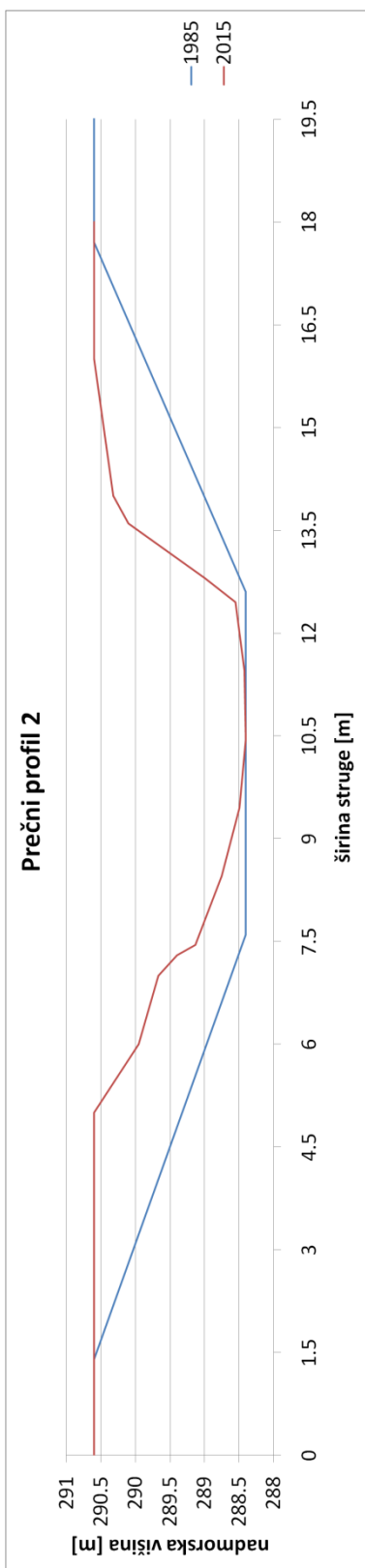
Ta stran je namenoma prazna.

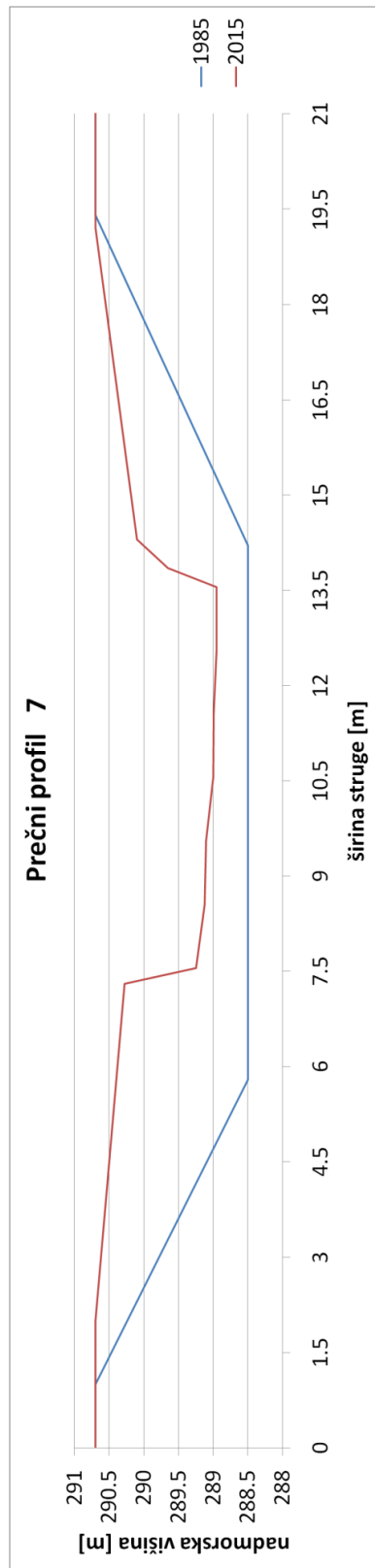
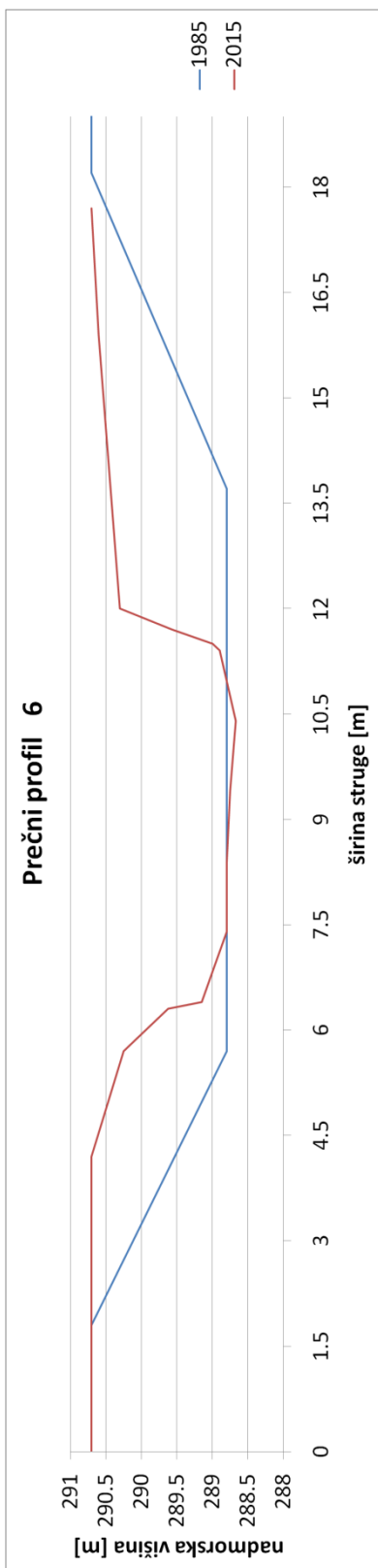
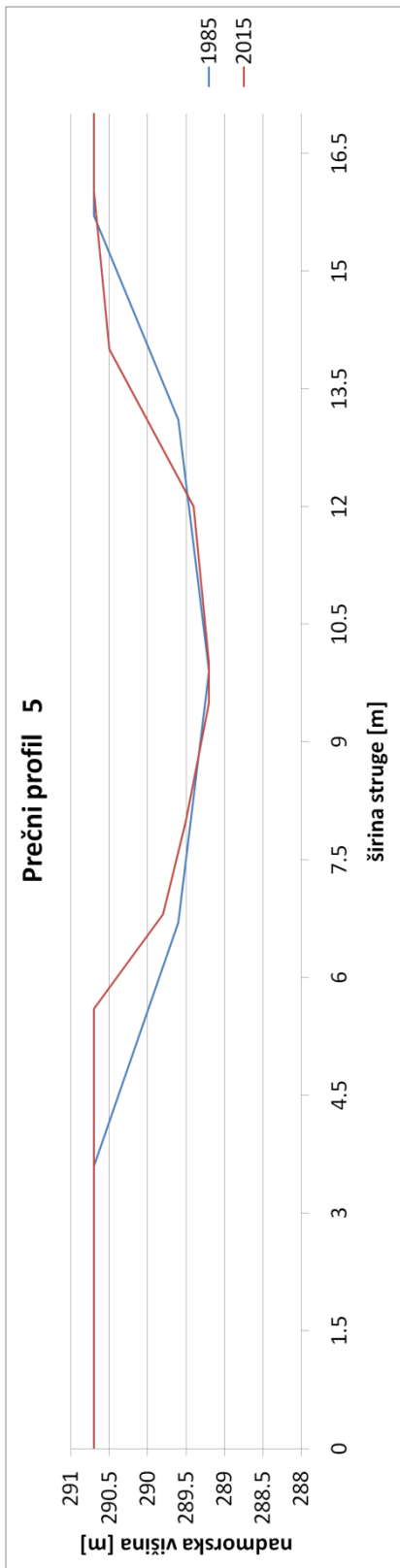
PRILOGA C: VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRPAVOSTI ZA IZKOPANA IN OČIŠČENA REČNA KORITA

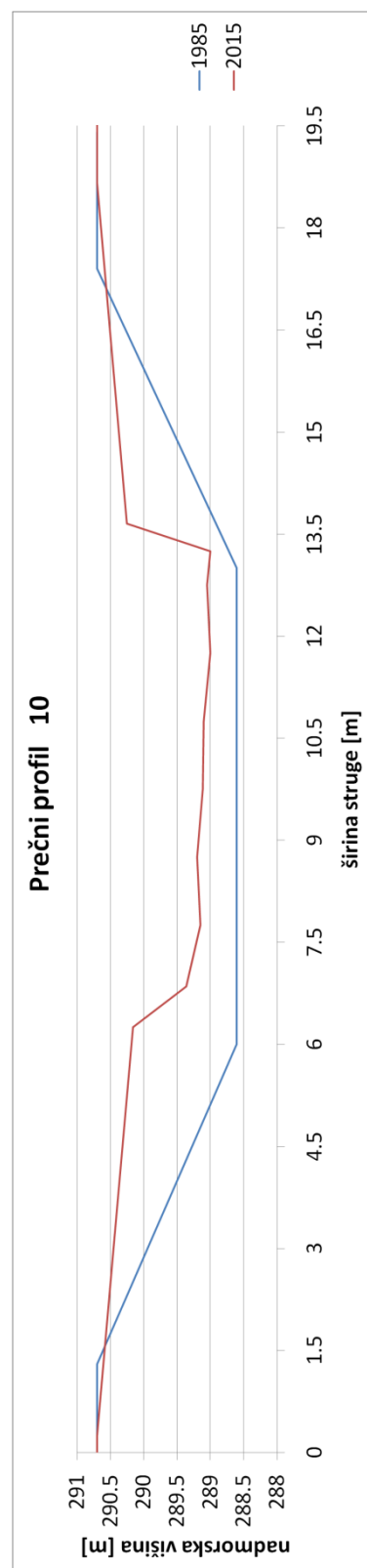
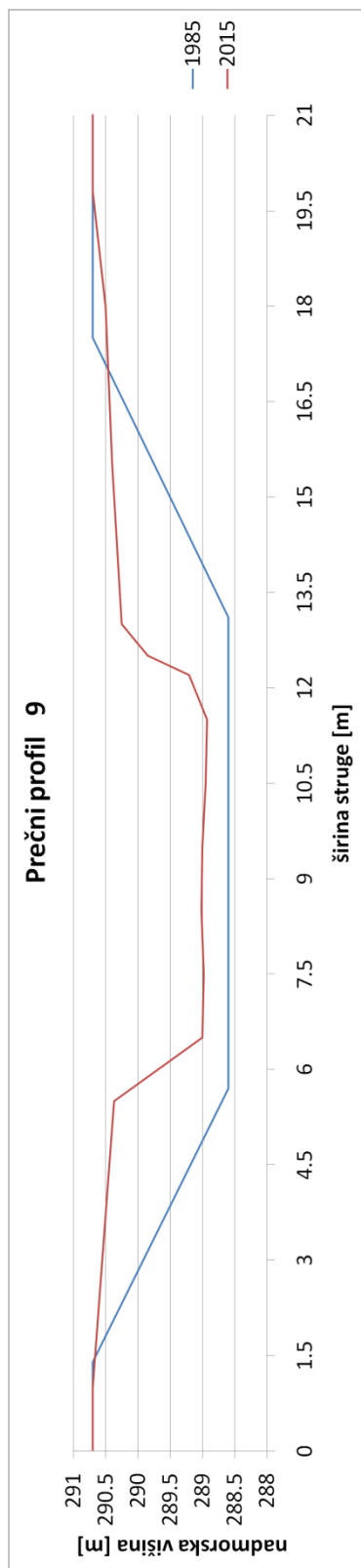
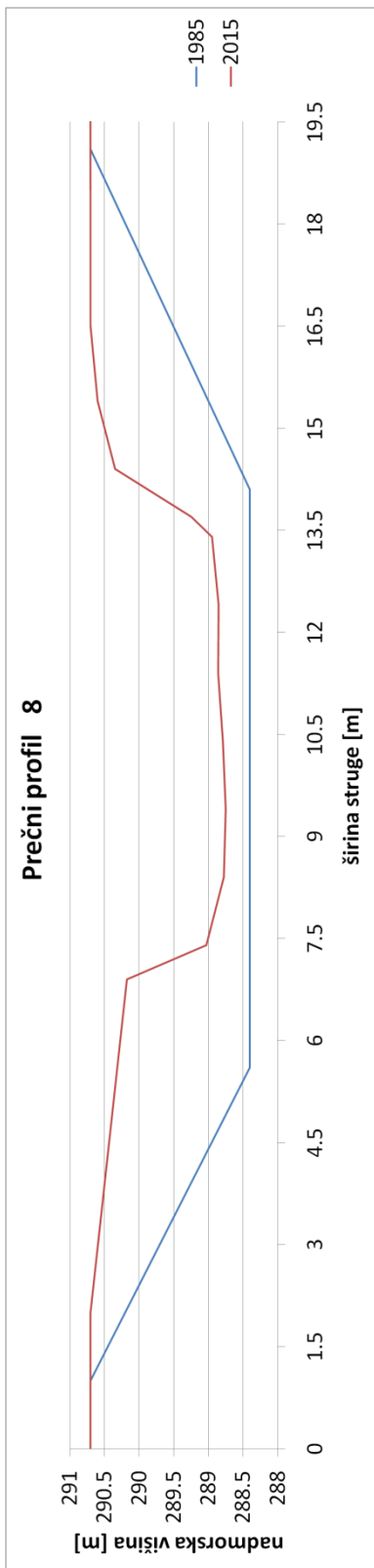
IZKOPANA IN OČIŠČENA NARAVNA KORITA			
VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimalno	Običajno	Maksimum
Zbita poravnana zemljiva			
a. Čista, pred kratkim končana	0.016	0.018	0.020
b. Čista, po preperevanju	0.018	0.022	0.025
c. Prod, zbita področja, čist	0.022	0.025	0.030
d. Nizka trava, malo rasti	0.022	0.027	0.033
Vijugast in iz zemljine			
a. Brez rastlinja	0.023	0.025	0.030
b, trava, nekaj plevela	0.025	0.030	0.033
c. Gosti plevel ali gosto vodno rastje v globokih kanalih	0.030	0.035	0.040
d. Zemeljsko dno in kamnite brežine	0.028	0.030	0.035
e. Kamnito dno in s plevelom tarastle brežine	0.025	0.035	0.040
f. Tlakovano dno in čiste brežine	0.030	0.040	0.050
Izkopana ali očiščena korita			
a. Brez vegetacije	0.025	0.028	0.033
b. Redko grmičevje na brežinah	0.035	0.050	0.060
Skalnato korito			
a. Gladko in nespremenljivo ostenje	0.025	0.035	0.040
b. Nazobčano in nepravilno ostenje	0.035	0.040	0.050
Nevzdrževani kanali, poraščeni s plevelom in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.040	0.050	0.080
b. Enako kot "a", grmičevje do gladine vode	0.045	0.070	0.110
c. Gost plevel do gladine vode	0.050	0.080	0.120
d. Gosto grmičevje, visok nivo vode	0.080	0.100	0.140

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA Č: GRAFIČNI PRIKAZ PRIMERJAVE PREČNIH PROFILOV IZ LETA 1985 IN 2015







Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA D: TABELARIČNI PRIKAZ PREČNIH PROFILOV IZ LETA 1985

Profil št. 2		Profil št. 3		Profil št. 4	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.0	290.6	0.0	290.7	0.0	290.7
1.4	290.6	1.1	290.7	3.3	290.7
7.6	288.4	7.5	288.4	7.5	289.1
12.6	288.4	12.5	288.4	12.5	289.1
17.7	290.6	19.5	290.7	17.1	290.7
19.7	290.6	21.5	290.7	20.1	290.7

Profil št. 5		Profil št. 6		Profil št. 7	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.0	290.7	0.0	290.7	0.0	290.7
3.6	290.7	1.8	290.7	1.0	290.7
6.7	289.6	5.7	288.8	5.8	288.5
9.9	289.2	13.7	288.8	14.2	288.5
13.1	289.6	18.2	290.7	19.4	290.7
15.7	290.7	20.2	290.7	21.4	290.7
18.7	290.7				

Profil št. 8		Profil št. 9		Profil št. 10	
x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
0.0	290.7	0.0	290.7	0.0	290.7
1.0	290.7	1.4	290.7	1.3	290.7
5.6	288.4	5.7	288.6	6	288.6
14.1	288.4	13.1	288.6	13	288.6
19.1	290.7	17.5	290.7	17.4	290.7
21.1	290.7	19.5	290.7	19.4	290.7

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA E: PRILOGA 1 K UREDBI O POGOJIH IN OMEJITVAH ZA IZVAJANJE DEJAVNOSTI IN POSEGOV V PROSTOR NA OBMOČJIH OGROŽENIH ZARADI POPLAV IN Z NJIMI POVEZANE EROZIJE CELINSKIH VODA IN MORJA

1. Na območjih poplav in erozije so posegi v prostor iz priloge 1 te uredbe, označeni z oznako »+«, dovoljeni, z upoštevanjem pogojev iz vodnega soglasja.
2. Na območjih poplav in z njimi povezane erozije so posegi v prostor iz priloge 1 te uredbe, označeni z oznako »-«, prepovedani.
3. Na območjih poplav in z njimi povezane erozije so posegi v prostor iz priloge 1 te uredbe, označeni z oznako »-1«, prepovedani. Dovoljeni so le na območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih, kadar je mogoče s predhodno izvedenimi omilitvenimi ukrepi in v skladu s smernicami ali pogoji vodnega soglasja zagotoviti, da vpliv načrtovanega posega v prostor ni bistven.
4. Na območjih poplav in erozije so posegi v prostor iz priloge 1 te uredbe, označeni z oznako »-2«, prepovedani. Dovoljeni so le če, ugotovitve celovite presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje niso ocenjene kot uničujoče ali bistvene in je mogoče s predhodno izvedbo omilitvenih ukrepov v skladu z okoljevarstvenim dovoljenjem ali vodnim soglasjem zagotoviti, da njihov vpliv ni bistven.

Posegi v prostor v skladu z enotno klasifikacijo vrst objektov (CC-SI)	Pogoji in omejitve		
	Razred nevarnosti		
	Velika	Srednja	Majhna
1 STAVBE			
11 Stanovanjske stavbe			
111 Enostanovanjske stavbe			
1110 Enostanovanjske stavbe	-	- ¹	+
11100 Enostanovanjske stavbe			
112 Večstanovanjske stavbe			
1121 Dvostanovanjske stavbe			
11210 Dvostanovanjske stavbe	-	- ¹	+
1122 Tri- in večstanovanjske stavbe			
11221 Tri- in večstanovanjske stavbe	-	- ¹	+
11222 Stanovanjske stavbe z oskrbovanimi stanovanji	-	- ¹	+
113 Stanovanjske stavbe za posebne namene			
1130 Stanovanjske stavbe za posebne namene			
11300 Stanovanjske stavbe za posebne namene	-	-	+

12 Nestanovanjske stavbe			
121 Gostinske stavbe			
1211 Hotelske in podobne gostinske stavbe			
12111 Hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev	-	-	+
12112 Gostilne, restavracije in točilnice	-	- ¹	+
1212 Druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev			
12120 Druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev	-	-	+
122 Upravne in pisarniške stavbe			
1220 Upravne in pisarniške stavbe			
12201 Stavbe javne uprave	-	- ¹	+
12202 Stavbe bank, pošt, zavarovalnic	-	- ¹	+
12203 Druge upravne in pisarniške stavbe	-	- ¹	+
123 Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti			
1230 Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti			
12301 Trgovske stavbe	-	- ¹	+
12302 Sejemske dvorane, razstavišča	-	- ¹	+
12303 Bencinski servisi	-	-	+
12304 Stavbe za druge storitvene dejavnosti	-	- ¹	+
124 Stavbe za promet in stavbe za izvajanje elektronskih komunikacij			
1241 Postaje, terminali, stavbe za izvajanje elektronskih komunikacij in z njimi povezane stavbe			
12410 Postaje, terminali, stavbe za izvajanje elektronskih komunikacij in z njimi povezane stavbe	-	- ¹	+
1242 Garažne stavbe			
12420 Garažne stavbe	-	-	+
125 Industrijske stavbe in skladišča			
1251 Industrijske stavbe			
12510 Industrijske stavbe	-	- ¹	+
1252 Rezervoarji, silosi in skladišča			
12520 Rezervoarji, silosi in skladišča	-	- ¹	+
126 Stavbe splošnega družbenega pomena			
1261 Stavbe za kulturo in razvedrilo			
12610 Stavbe za kulturo in razvedrilo	-	- ¹	+
1262 Muzeji in knjižnice			
12620 Muzeji in knjižnice	-	-	+

1263 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo			
12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	-	- ¹	+
1264 Stavbe za zdravstvo			
12640 Stavbe za zdravstvo	-	-	+
1265 Športne dvorane			
12650 Športne dvorane	-	- ¹	+
127 Druge nestanovanjske stavbe			
1271 Nestanovanjske kmetijske stavbe			
12711 Stavbe za rastlinsko pridelavo	-	- ¹	+
12712 Stavbe za rejo živali	-	-	+
12713 Stavbe za spravilo pridelka	-	- ¹	+
12714 Druge nestanovanjske kmetijske stavbe	-	- ¹	+
1272 Stavbe za opravljanje verskih obredov, pokopališke stavbe			
12721 Stavbe za opravljanje verskih obredov	-	- ¹	+
12722 Pokopališke stavbe in spremljajoči objekti	-	- ¹	+
1273 Kulturni spomeniki			
12730 Kulturni spomeniki	- ²	- ²	+
1274 Druge nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje			
12740 Druge nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje	-	-	+
2 GRADBENI INŽENIRSKI OBJEKTI			
21 Objekti transportne infrastrukture			
211 Ceste			
2111 Avtoceste, hitre ceste, glavne ceste in regionalne ceste			
21110 Avtoceste, hitre ceste, glavne ceste in regionalne ceste	- ²	- ²	+
2112 Lokalne ceste in javne poti, ne kategorizirane ceste in gozdne ceste			
21120 Lokalne ceste in javne poti, ne kategorizirane ceste in gozdne ceste	- ²	- ²	+
212 Železnice			
2121 Glavne in regionalne železnice			
21210 Glavne in regionalne železnice	- ²	- ²	+
2122 Mestne železnice			
21220 Mestne železnice	- ²	- ²	+

213 Letališke steze, ploščadi in radionavigacijski objekti			
2130 Letališke steze, ploščadi in radionavigacijski objekti			
21311 Letališke steze in ploščadi	- ²	- ²	+
21312 Letalski radionavigacijski objekti	- ²	- ²	+
214 Mostovi, viadukti, predori in podhodi			
2141 Mostovi in viadukti			
21410 Mostovi in viadukti	- ²	- ²	+
2142 Predori in podhodi			
21420 Predori in podhodi	-	- ²	+
215 Pristanišča, plovne poti, pregrade in jezovi ter drugi vodni objekti			
2151 Pristanišča in plovne poti			
21510 Pristanišča in plovne poti	- ²	- ²	+
2152 Pregrade in jezovi			
21520 Pregrade in jezovi	+	+	+
2153 Dovodni in odvodni kanali, namakalni in osuševalni sistemi			
21530 Dovodni in odvodni kanali, namakalni in osuševalni sistemi	- ²	- ²	+
22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi			
221 Prenosni (transportni) cevovodi, prenosna komunikacijska omrežja in prenosni elektroenergetski vodi			
2211 Naftovodi in prenosni plinovodi			
22110 Naftovodi in prenosni plinovodi	- ²	- ²	+
2212 Prenosni vodovodi in pripadajoči objekti			
22121 Prenosni vodovodi	- ²	- ²	+
22122 Objekti za črpanje, filtriranje in zajem vode	-	- ²	+
2213 Prenosna komunikacijska omrežja			
22130 Prenosna komunikacijska omrežja	-	- ²	+
2214 Prenosni elektroenergetski vodi			
22140 Prenosni elektroenergetski vodi	- ²	- ²	+
222 Distribucijski cevovodi, distribucijski elektroenergetski vodi in distribucijska komunikacijska omrežja			
2221 Distribucijski plinovodi			
22210 Distribucijski plinovodi	- ²	- ²	+
2222 Distribucijski cevovodi za vodo in pripadajoči objekti			
22221 Distribucijski cevovodi za pitno in tehnološko vodo	- ²	- ²	+

22222 Distribucijski cevovodi za toplo vodo, paro in stisnjeni zrak	-2	-2	+
22223 Vodni stolpi, vodnjaki in hidranti	-2	-2	+
2223 Cevovodi za odpadno vodo, čistilne naprave			
22231 Cevovodi za odpadno vodo	-2	-2	+
22232 Čistilne naprave	-	-2	+
2224 Distribucijski elektroenergetski vodi in distribucijska komunikacijska omrežja			
22240 Distribucijski elektroenergetski vodi in distribucijska komunikacijska omrežja	-2	-2	+
23 Kompleksni industrijski objekti			
230 Kompleksni industrijski objekti			
2301 Rudarski objekti			
23010 Rudarski objekti	-2	-2	+
2302 Energetski objekti	-2	-2	+
23020 Energetski objekti	-2	-2	+
2303 Objekti kemične industrije			
23030 Objekti kemične industrije	-	-	+
2304 Drugi kompleksni industrijski objekti, ki niso uvrščeni drugje			
23040 Drugi kompleksni industrijski objekti, ki niso uvrščeni drugje	-	-1	+
24 Drugi gradbeni inženirski objekti			
241 Objekti za šport, rekreacijo in drugi objekti za prosti čas			
2411 Športna igrišča			
24110 Športna igrišča	+	+	+
2412 Drugi gradbeni inženirski objekti za šport, rekreacijo in prosti čas			
24121 Marine s pripadajočimi pristaniškimi napravami	-2	-2	+
24122 Drugi gradbeni inženirski objekti za šport, rekreacijo in prosti čas	-2	-2	+
242 Drugi gradbeni inženirski objekti			
2420 Drugi gradbeni inženirski objekti			
24201 Vojaški objekti	-2	-2	+
24202 Objekti za varstvo pred škodljivim delovanjem voda	+	+	+
24203 Odlagališča odpadkov	-	-	+
24204 Pokopališča	-	-1	+
24205 Drugi gradbeni inženirski objekti, ki niso uvrščeni drugje	-	-2	+

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA F: PRILOGA 2 K UREDBI O POGOJIH IN OMEJITVAH ZA IZVAJANJE DEJAVNOSTI IN POSEGOV V PROSTOR NA OBMOČJIH OGROŽENIH ZARADI POPLAV IN Z NJIMI POVEZANE EROZIJE CELINSKIH VODA IN MORJA

Pogoji in omejitve za izvajanje dejavnosti:

1. Izvajanje dejavnosti, označenih z »✓«, je dovoljeno v skladu s pogoji okoljevarstvenega dovoljenja oziroma vodnega soglasja, ker je v postopku celovite presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje vpliv dejavnosti ocenjen kot nebistven oziroma ga ni ali pa je pozitiven.

2. Izvajanje dejavnosti, označenih z »×«, je prepovedano, ker je v postopku celovite presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje vpliv dejavnosti ocenjen kot uničujoč glede na okoljske cilje po predpisih o varstvu okolja in lahko ogrozi dobro stanje voda po predpisih o vodah ali cilje zmanjševanja škodljivega delovanja voda po predpisih o vodah in varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami.

3. Izvajanje dejavnosti, označenih z »?«, je prepovedano. Dovoljeno je le, kadar ugotovitve celovite presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje, po predpisih o varstvu okolja niso ocenjene kot uničujoče ali bistvene in je mogoče s poprejšnjo izvedbo omilitvenih ukrepov v skladu z okoljevarstvenim dovoljenjem po predpisih o varstvu okolja alivodnim soglasjem po predpisih o vodah zagotoviti, da njihov vpliv ni bistven

Dejavnosti iz 7. člena te uredbe	Pogoji in omejitve			
	Razred nevarnosti			
	Velika	Srednja	Majhna	Preostalo
1. Dejavnosti v obratih in napravah, zaradi katerih lahko nastane onesnaženje večjega obsega, ali/in dejavnosti, ki pomenijo nevarnost za nastanek nesreč po predpisih o naravnih in drugih nesrečah	×	×	×	?
2. Dejavnosti, ki zaradi občasnega ali stalnega zadrževanja večjega števila ljudi lahko škodljivo vplivajo na človekovo zdravje (na primer: bolnišnice, zdravilišča, šole, vrtci, domovi za starejše občane, podzemne garaže)	×	×	×	?
3. Dejavnosti, povezane z varovanjem in hranjenjem premične kulturne dediščine ter dokumentarnega in arhivskega gradiva (na primer: knjižnice, arhivi, muzeji in druge podobne dejavnosti)	×	×	?	✓
4. Dejavnosti, povezane s skladiščenjem za vodno okolje nevarnih snovi, določenih s predpisi o varstvu okolja	×	×	?	✓
5. Dejavnosti, namenjene zaščiti in reševanju ob naravnih in drugih nesrečah (gasilci, enote CZ, zdravstvene interventne enote)	×	×	×	×

Ta stran je namenoma prazna.