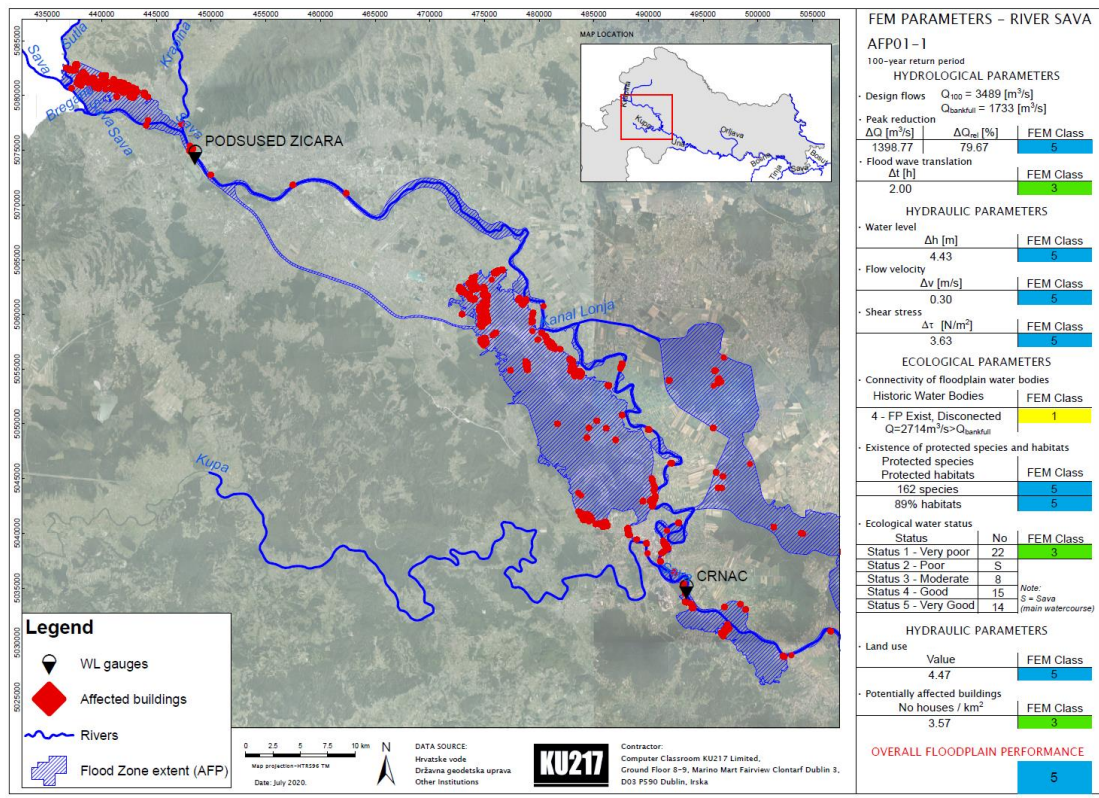




Computer Classroom KU217 Ltd.

# Ocjena utjecaja revitalizacije poplavnih područja kao mjere smanjenja poplavnih rizika (Projekt DANUBE FLOODPLAIN)

## Konačna studija







Zagreb, Kolovoz 2020

### Opći podaci

Naziv Projekta::	Ocjena utjecaja revitalizacije poplavnih područja kao mjere smanjenja poplavnih rizika (Projekt DANUBE FLOODPLAIN)
Naručitelj:	HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb OIB: 28921383001
Evidencijski broj ugovora:	10-012/20
Faza:	Glavni projekt
Broj posla:	HR-2020.01
Autori:	Igor Kerin, mag.ing.aedif Hrvoje Sastić, mag.ing.aedif
Voditelj projekta:	Igor Kerin

### Kontrola

Document title:		HV-2020.01-DanubeFloodplain-1-FEMparametriSavaDunav.pdf		
Date:		10/07/2020		
Revizija	Datum			
Draft	22.07.2020	Naziv dokumenta:	HV-2020.01-DanubeFloodplain-3-KonacnaStudija-draft.pdf	
			Pripremili:	Provjerio-odobrio:
		Inicijali	HS, IK	IK
		Potpis:	 Hrvoje Sastić, mag.ing.aedif.	 Igor Kerin, mag.ing.aedif.
Final	12.08.2020	Naziv dokumenta:	HV-2020.01-DanubeFloodplain-3-KonacnaStudija.pdf	
			Pripremili:	Provjerio-odobrio:
		Inicijali	HS, IK	IK
		Potpis:	 Hrvoje Sastić, mag.ing.aedif.	 Igor Kerin, mag.ing.aedif.

Zagreb, Kolovoz 2020



Computer Classroom KU217 Limited  
Ground Floor, 8-9 Marino Mart, Fairview  
Clontarf Dublin 3, Irska  
email: info@ku217.ie  
Web: www.KU217.ie

## SADRŽAJ

1	UVOD.....	4
1.1	Opis sliva i inundacija Save i Dunava u sklopu DANUBE FLOODPLAIN projekta.....	5
2	ODREĐIVANJE FEM PARAMETARA NA POPLAVNIM PODRUČJIMA RIJEKE SAVE I RIJEKE DUNAV.....	7
2.1	Hidrološko-Hidraulički parametri .....	7
2.1.1	Metodologija.....	7
2.1.2	Smanjenje vrha vodnog vala – protok $\Delta Q_{100}$ .....	9
2.1.3	Translacija vodnog vala – vrijeme $\Delta t_{100}$ .....	10
2.1.4	Učinci (pozitivni/negativni) u slučaju ekstremnih protoka .....	11
2.1.5	Promjena vodostaja $\Delta h$ za protok $Q_{100}$ .....	12
2.1.6	Brzina tečenja $\Delta v$ za protok $Q_{100}$ .....	12
2.1.7	Pridнено posmično naprezanje $\Delta \tau$ za protok $Q_{100}$ .....	13
2.2	Ekološki parametri .....	14
2.2.1	Povezanost vodnih tijela poplavnih područja .....	14
2.2.2	Postojanje zaštićenih vrsta.....	18
2.2.3	Postojanje zaštićenih staništa .....	19
2.2.4	Potencijal tipičnih staništa .....	20
2.2.5	Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda .....	20
2.3	Socio-ekonomski parametri.....	22
2.3.1	Korištenje zemljišta.....	22
2.3.2	Potencijalno ugrožene zgrade.....	25
2.4	Pregled FEM parametara rijeke Save i Dunava.....	26
2.4.1	Hidrološko-hidraulički parametri .....	26
2.4.2	Ekološki parametri .....	26
2.4.3	Socio-ekonomski parametri.....	27
3	KLASIFIKACIJA I PRIORITIZACIJA POPLAVNIH POVRŠINA RIJEKE SAVE I RIJEKE DUNAV NA TEMELJU FEM PARAMETARA.....	28
3.1	Metodologija prioritizacije i klasifikacije poplavnih područja rijeke Save i rijeke Dunav .....	28
3.1.1	Granice parametara za klasificiranje hidrološko-hidrauličkih parametara.....	29
3.1.2	Granice parametara za klasificiranje ekoloških parametara.....	30
3.1.3	Granice parametara za klasificiranje socio-ekonomskih parametara.....	30
3.2	Prioritizacija poplavnih područja s mogućim mjerama očuvanja na temelju FEM pristupa za rijeku Savu i Dunav .....	31
3.2.1	Klasifikacija pojedinih hidrološko-hidrauličkih parametara.....	31
3.2.2	Klasifikacija ekoloških parametara.....	36
3.2.3	Klasifikacija socio-ekonomskih parametara.....	40
3.2.4	Prioritizacija poplavnih područja na rijeci Savi .....	43
3.2.5	Prioritizacija poplavnih područja na rijeci Dunav .....	44
3.3	Moguće mjere očuvanja na temelju FEM pristupa.....	45
3.3.1	Opis predloženih mjera.....	46

4	OCJENA UPOTRJEBLJENIH METODA KLASIFIKACIJA I PRIORITIZACIJA .....	51
	BIBLIOGRAFIJA .....	55
5	PRILOZI .....	56
	Prilog A – Poplavna područja .....	57
	Prilog B – Zabilježeni hidrogrami na Hidrološkim stanicama za definirana poplavna područja .....	58
	HS 3087 Podsused (AFP_01-1) .....	58
	HS 3219 Jasenovac (AFP_01-2) .....	58
	HS 3207 Mačkovac (AFP_02 i AFP_03) .....	59
	HS 3098 Slavonski Brod (AFP_04) .....	59
	HS 3211 Županja (AFP_05) .....	60
	HS 3416 Gunja (AFP_06) .....	60
	Prilog C – Statistička analiza vjerojatnosti pojave vršnih protoka .....	61
	5.1.1 Rijeka Sava .....	61
	5.1.2 Rijeka Dunav .....	67
	Prilog D – Ulazni i izlazni Hidrogrami na poplavnim područjima .....	72
	Ulazni i izlazni hidrogrami za $Q_{100}$ .....	72
	Ulazni i izlazni hidrogrami za $Q_{1000}$ .....	76
	Prilog E – Rezultati na nizvodnim profilima poplavnih područja .....	80
	5.1.3 HEC-RAS rezultati vodostaja na izlaznim profilima AFPova .....	80
	5.1.4 HEC-RAS rezultati brzina vode na izlaznim profilima AFPova .....	84
	5.1.5 HEC-RAS rezultati posmicnih naprezanja dna korita rijeke na izlaznim profilima AFPova .....	88
	Prilog F – Karte ekoloških i socio-ekonomskih parametara .....	92
	5.1.6 Povijesne karte i karte povezanosti vodnih tijela .....	92
	5.1.7 Karte zaštićenih staništa .....	100
	5.1.8 Karte ekološkog i kemijskog stanja voda .....	106
	5.1.9 Karte korištenja zemljišta .....	112
	5.1.10 Karte potencijalno ugroženih zgrada .....	118
	Prilog G – Tablice .....	124
	5.1.11 Korištenje zemljišta .....	124
	5.1.12 Zaštićene vrste .....	125
	Prilog H – Chapter 4 - Evaluation of FEM method, english version .....	131
	Introduction .....	131
	Results of evaluation FEM method and recommendations .....	134
	Prilog I – Karte poplavnih područja s prikazom FEM parametara .....	138

# 1 Uvod

Cilj *Danube Floodplain* projekta je unaprijediti upravljanje vodama te sprečavanje rizika od poplava, a u isto vrijeme u najvećoj mjeri povećati koristi za očuvanje bioraznolikosti. Očuvanje i obnova poplavnih područja bitno je za integrirano upravljanje poplavnim rizicima na području dunavskog sliva. Dakle, važno je identificirati aktivna i bivša poplavna područja, te ocijeniti njihov utjecaj na smanjenje poplavnih rizika, ekološke koristi i socijalno-ekonomske aspekte.

Primijenjen je analitički pristup „Floodplain Evaluation Matrix (FEM)“ [1], koji definira glavne kriterije ocjenjivanja. Glavni kriteriji identificiraju stanje poplavnih područja, kao i njihov potencijalni status slijedeći kriterije koji su im pridodani. Stoga su kriteriji ocjenjivanja referentna točka za rješenje projekta. Iako se zadaci 3.1 i 3.2 projekta *Danube Floodplain* odnose uglavnom na glavnu rijeku sliva - Dunav, već je u fazi pripreme projekta prepoznato da pritoci i poplavna područja duž njih također imaju važnu ulogu.

Pritoci sliva imaju važnu ulogu u analizi, procjeni i upravljanju poplavama, posebno u kontekstu obuhvaćanja vodne cjeline kao takve i upravljanju poplavnim rizicima. Osim obnove poplavnih područja, značajan aspekt upravljanja je očuvanje poplavnih područja kroz prostorne planove koji uzimaju u obzir pitanja zaštite okoliša, ekonomije, društva i zemljišta.

Koncept rijeke Dunav, razrađen u Projektnim zadacima 3.1 i 3.2., primjenjuje se za klasifikaciju i prioritizaciju aktivnih i bivših poplavnih područja te identifikaciju primijenjenih mjera na šest pritoka:

- Krka (Slovenija),
- Morava (Češka),
- Tisa (Mađarska, Srbija),
- Sava (Hrvatska, Srbija),
- Desnățui (Rumunjska), i
- Yantra (Bugarska).

Glavni cilj ove studije je ocjenjivanja aktivnih i prijašnjih (povijesnih) poplava duž promatranog područja (ili njenih riječnih zona) sa višekriterijskim pristupom uzimajući u obzir FEM parametre i rezultate Projektnog zadatka 3.2.

Zadatak 3.3 sastoji se od:

- 1) definiranja poplavnih područja i pridruženih mjera; prikupljanja podataka i analiza nedavnih studija, povijesnih karata i planova ili grubo hidrološko-hidrauličko modeliranje,
- 2) određivanja odgovarajućih parametara i indeksa za očuvanje poplavnog područja i prikladnu obnovu uzimajući u obzir više ciljeva,
- 3) prostorne analize i modeliranja za klasifikaciju poplavnog područja; optimizacije parametara i analize osjetljivosti,
- 4) analize pravnih, ekoloških, ekonomskih i socijalnih uvjeta,
- 5) Preporuke za dodjelu novih pritoka u poplavno područje, na temelju razmjene znanja koje će biti dodano u WP5.

U ovom je izvještaju opisan postupak definiranja poplavnih područja na poplavnim područjima rijeka Save i Dunav s opisom primijenjenih metoda, kriterija klasifikacije i prioritizacije te mjera revitalizacije aktivnih inundacija (AFP).

## 1.1 OPIS SLIVA I INUNDACIJA SAVE I DUNAVA U SKLOPU DANUBE FLOODPLAIN PROJEKTA

Sliv rijeke Dunav, europske druge rijeke po veličini iznosi 801,463 km<sup>2</sup> na kojem je naseljeno oko 80 milijuna stanovnika (izvor: ICPDR), slika dolje. Izvor rijeke Dunav nalazi se u R. Njemačkoj. Rijeka Dunav, duljine od oko 2850 km protječe kroz deset zemalja (Njemačka, Austrija, Slovačka, Mađarska, Hrvatska, Srbija, Bugarska, Rumunjska, Moldavija i Ukrajina) te utječe u Crno more.

Dunav je ujedno i plovni put. Ovo izvješće pokriva dionicu Dunava duljine 137 km, koja protječe kroz R. Hrvatsku (dionica pokriva oko 5% ukupne duljine Dunava). Na spomenutoj dionici u Dunav se ulijeva njegova druga po veličini pritoka – rijeka Drava. Dionica Dunava kroz R. Hrvatsku je većim svojim tokom ujedno i prirodna granica s R. Srbijom, stoga će fokus ove studije biti na desnu inundaciju rijeke Dunav. Finalni rezultati ovog usuglašeni su s Institutom za vodoprivredu Jaroslav Černi sa sjedištem u R. Srbiji.

S administrativnog gledišta, promatrana dionica Dunava protječe kroz dvije županije u R. Hrvatskoj.

Za potrebe Danube Floodplain projekta, identificirano je šest poplavnih područja za analizu FP 30 – FP35 (Prilog A).



Slika 1. Prikaz sliva Dunava i sliva rijeke Save (Izvor: ISRBC, 2010).

Rijeka Sava je treća najdulja i prva pritoka Dunava po količini protoka. Podsliv rijeke Save iznosi oko 97,700 km<sup>2</sup> sa otprilike 8 milijuna stanovnika, prikaz na slici dolje. Rijeka Sava, sa svoja dva izvora u R. Sloveniji ima ukupnu duljinu od oko 945 km [2] sa svojom najvećom duljinom ( oko 560 km) kroz R. Hrvatsku. Značajna dionica rijeke Save predstavlja prirodnu granicu između Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Kroz svoju duljinu od oko 560 km kroz R. Hrvatsku, Sava ima nekoliko pritoka sa Hrvatske strane, odnosno s desne obale od strane Bosne i Hercegovine. Pritoke Save od uzvodne prema nizvodnoj su: Sutla, Krapina, Kupa, Lonja, Ilova, Una, Vrbas, Orjava, Ukrina, Bosna, Tinja, Drina.

Projektnim zadatkom identificirano je šest poplavnih zona AFP\_01 – AFP\_06 (Prilog A).

Za svih šest poplavnih područja dostupan je hidraulički model [3] te je napravljena hidrološka analiza podataka kako bi se na rezultate hidrauličkog modela mogla primijeniti FEM matrica [1].



Slika 2. Prikaz sliva Rijeka Save s pritocima [2].

## 2 Određivanje FEM parametara na poplavnim područjima rijeke Save i rijeke Dunav

### 2.1 HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKI PARAMETRI

#### 2.1.1 Metodologija

Hidrološko-hidraulički parametri izračunati su određivanjem hidrograma kao ulaz u matematički model HEC-RAS [3].

Za svako poplavno područje (Prilog A) identificirane su najbliže hidrološke stanice (Slika 3) za koje su prikupljeni satni podaci i godišnji maksimumi. Satni podaci su iskorišteni kako bi se definirali oblici i trajanja ulaznih hidrograma (Prilog B). Godišnji maksimumi su korišteni kako bi se statističkim analizama izračunali vršni protoci 100-godišnjeg i 1000-godišnjeg povratnog perioda (Prilog C).

Ulazni hidrogrami (Prilog D) za hidraulički HEC-RAS model definirani su na način da su se oblici hidrograma (Prilog B) prilagodili vršnim vrijednostima 100-godišnjeg i 1000-godišnjeg povratnog perioda.

FEM parametri su proračunati korištenjem hidrauličkog HEC-RAS modela [3] u skladu s FEM metodologijom opisanom u priručnicima [1, 4-5].

U tablici dolje prikazana je raspodjela hidroloških stanica po vršnim protocima iz statističke analize (Prilog C) za rijeku Savu. U tablici dolje naznačeni su i HEC-RAS profili za proračunske ulazne i izlazne hidrograme na temelju kojih se vrši proračun hidrološko-hidrauličkih FEM parametara.

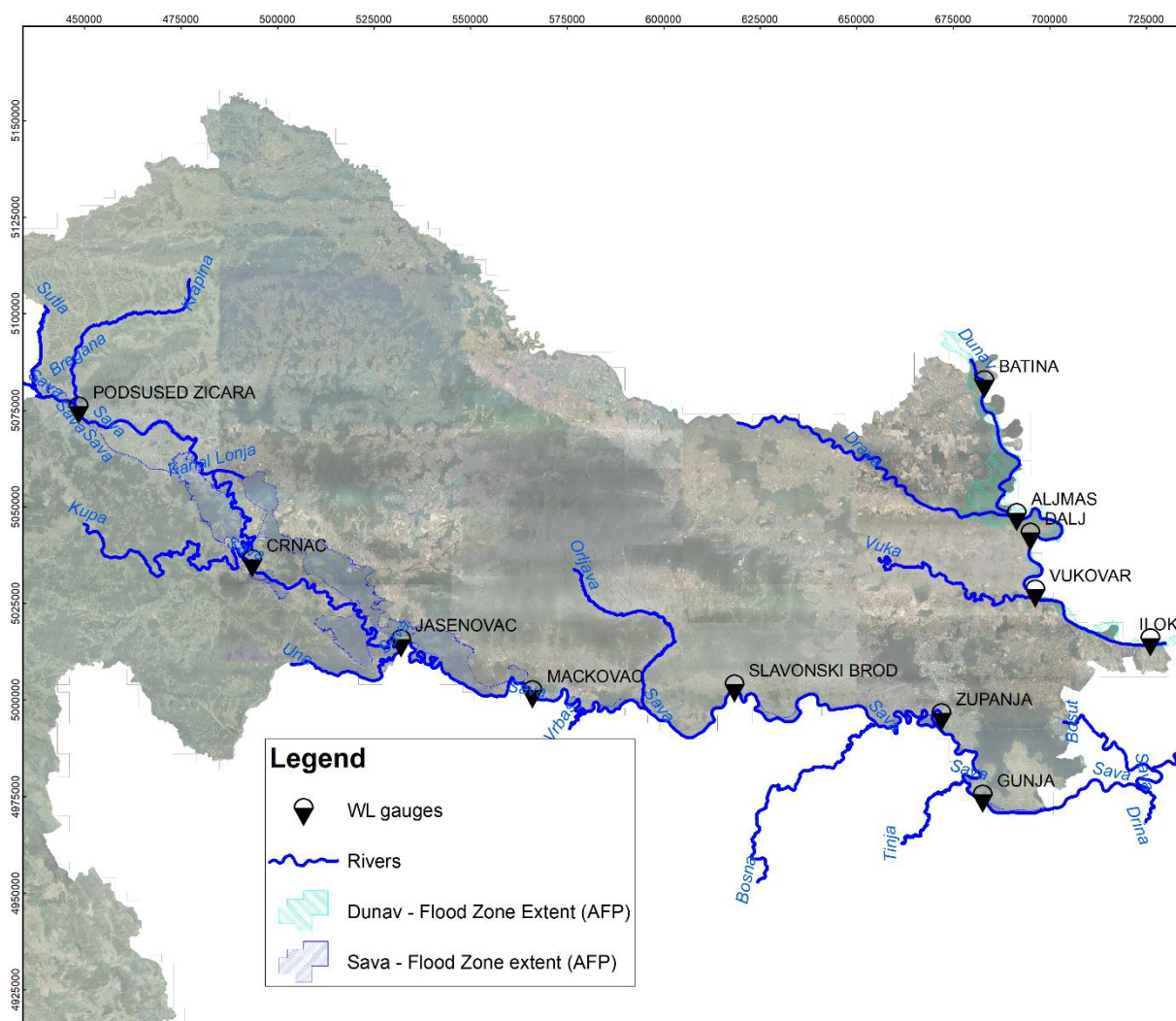
Tablica 1. Ulazni parametri i kontrolni profili HEC-RAS modela poplavnih područja rijeke Save.

Poplavno područje	Hidrološka Stanica	Vršni protoci različitih povratnih perioda [m <sup>3</sup> /s]			HEC-RAS kontrolni profili	
		Q <sub>2</sub> (Q <sub>Bankfull</sub> )	Q <sub>100</sub>	Q <sub>1000</sub>	Ulazni	Izlazni
AFP_01-1	3087 - Podsused	1733	3489	4537	736561.8 HS Catez	602315
AFP_01-2	3219 - Jasenovac	1973	2780	3162	602117	453157
AFP_02	3207 - Mačkovac	2108	3134	3575	447832	435070
AFP_03	3207 - Mačkovac	2108	3134	3575	433724	410120
AFP_04	3098 - Slavonski Brod	2494	3433	3742	367113	348624
AFP_05	3211 - Županja	2877	4613	5566	289002	269544
AFP_06	3416 - Gunja	3285	5346	6266	247676	206158.6 VS Jamena



Tablica 2. Ulazni parametri i kontrolni profili HEC-RAS modela poplavnih područja rijeke Dunav.

Poplavno područje	Ulazni vršni protoci različitih povratnih perioda $Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]				Izlazni vršni protoci različitih povratnih perioda $Q_{OUT}$ [m <sup>3</sup> /s]			
	Hidrološka Stanica	$Q_2$ ( $Q_{Bankfull}$ )	$Q_{100}$	$Q_{1000}$	Hidrološka Stanica	$Q_2$ ( $Q_{Bankfull}$ )	$Q_{100}$	$Q_{1000}$
AFP_30	5170 - Batina	5011.6	9885.4	12541.4	n/a	-	-	-
AFP_31	5170 - Batina	5011.6	9885.4	12541.4	5001 - Aljmaš	5460.7	10037.8	12532.0
AFP_32	5130 - Dalj	5195.7	9105.5	11236.2	5070 - Vukovar	5442.1	9422.0	11590.8
AFP_33	5070 - Vukovar	5442.1	9422.0	11590.8	5024 - Ilok	5269.0	9259.3	11433.8
AFP_34	5070 - Vukovar	5442.1	9422.0	11590.8	5024 - Ilok	5269.0	9259.3	11433.8
AFP_35	5024 - Ilok	5269.0	9259.3	11433.8	n/a	-	-	-



Slika 3. Lokacije hidroloških stanica korištenih u hidrološkoj analizi i statističkoj obradi.

## 2.1.2 Smanjenje vrha vodnog vala – protok $\Delta Q_{100}$

Razmatra učinak poplavnog područja na vrh poplavnog vala. Na početku poplavnog područja utvrđen je ulazni hidrograf  $Q_{IN}$  100-godišnjeg povratnog razdoblja. Na kraju definiranog poplavnog područja na najnižvodnijem profilu izračunat je ukupni izlazni hidrograf  $Q_{tot}$ . Razlika između vrha ulaznog i vrha izlaznog hidrografa predstavlja  $\Delta Q$  promatranog poplavnog područja. Retencijski učinak riječnog korita (RC) uzet je u obzir na način da se za iste ulazne hidrograme definira posebna geometrija s nasipima na samoj obali glavnog korita rijeke te se pomoću HEC-RAS modela za isti ulazni hidrogram  $Q_{IN}$  100-godišnjeg povratnog razdoblja na nizvodnom izlaznom profilu proračuna izlazni hidrogram s nasipima na obalama  $Q_{RC}$ . Konačno smanjenje vodnog vala definirano je jednadžbom:

$$\Delta Q = \Delta Q_{tot} - \Delta Q_{RC} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (1)$$

Za konačnu klasifikaciju proračunava se relativna vrijednost:

$$\Delta Q_{rel} = \Delta Q / (Q_{max} - Q_{bankfull}) * 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

Gdje je,  $\Delta Q$  [m<sup>3</sup>/s] razlika između vrha ulaznog i vrha izlaznog hidrografa uzimajući u obzir retencijski učinak glavnog korita,  $\Delta Q_{tot}$  [m<sup>3</sup>/s] ukupna razlika između vrha ulaznog i vrha izlaznog hidrografa,  $\Delta Q_{RC}$  [m<sup>3</sup>/s] retencijski učinak glavnog korita,  $\Delta Q_{rel}$  [%] relativno smanjenje vrha izlaznog hidrograma uzimajući u obzir retencijski učinak glavnog korita,  $Q_{max}$  [m<sup>3</sup>/s] vršni protok ulaznog hidrograma i  $Q_{bankfull}$  [m<sup>3</sup>/s] protok 2-godišnjeg povratnog perioda pri kojem je glavno korito potpuno ispunjeno, a da izlivanje na inundacijama nema.

Proračunate vrijednosti smanjenja vrha vodnog vala su prikazane u tablici dolje.

**Tablica 3. Parametar Smanjenje vodnog vala  $\Delta Q_{100}$ . za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$\Delta Q_{tot}$ [m <sup>3</sup> /s]	1654.84	290.10	7.11	5.84	13.47	144.88	560.35
$\Delta Q_{RC}$ [m <sup>3</sup> /s]	256.07	202.26	0.81	0.60	1.31	1.84	76.80
$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$Q_{bankfull}$ [m <sup>3</sup> /s]	1733.00	1980.00	2108.00	2108.00	2494.00	2877.00	3285.00
$\Delta Q_{100}$ [m <sup>3</sup> /s]	1398.77	87.84	6.30	5.24	12.16	143.04	483.55
$\Delta Q_{100,rel}$ [%]	79.67%	10.84%	0.61%	0.51%	1.29%	8.24%	23.35%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

**Tablica 4. Parametar Smanjenje vodnog vala  $\Delta Q_{100}$ . za rijeku Dunav.**

Parametar	AFP_30	AFP_31	AFP_32	AFP_33	AFP_34	AFP_35
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	9885.4	9885.4	9105.5	9422.0	9422.0	9259.3
$\Delta Q_{tot}$ [m <sup>3</sup> /s]	9885.4	10037.8	9422.0	9259.3	9259.3	9259.3
$\Delta Q_{RC}$ [m <sup>3</sup> /s]	-	-	-	-	-	-
$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	9885.4	10037.8	9422.0	9259.3	9259.3	9259.3
$Q_{bankfull}$ [m <sup>3</sup> /s]	5011.6	5011.6	5195.7	5442.1	5442.1	5269.0
$\Delta Q_{100}$ [m <sup>3</sup> /s]	912.9	370.9	456.0	468.0	1139.1	971.6
$\Delta Q_{100,rel}$ [%]	18.73%	7.38%	10.79%	12.26%	29.84%	24.35%

\*Poplavna područja za Dunav usklađena su s proračunima provedenim od strane Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Cerni".

### 2.1.3 Translacija vodnog vala – vrijeme $\Delta t_{100}$

Razmatra učinak poplavnog područja na translaciju poplavnog vala. Na početku poplavnog područja utvrđen je ulazni hidrogram 100-godišnjeg povratnog razdoblja. Na kraju definiranog poplavnog područja izračunat je izlazni hidrograf na nizvodnom profilu poplavnog područja. Vrijeme vrha ulaznog hidrograma uspoređeno je s vremenom vrha izlaznog hidrografa. Razlika između te dvije vrijednosti je  $\Delta t_{tot}$  promatranog poplavnog područja. Potrebno je uvažiti i oduzeti translaciju zbog riječnog korita  $\Delta t_{RC}$ . Proračun translacije vodnog vala proračunava se prema jednadžbama dolje:

$$\Delta t = \Delta t_{tot} - \Delta t_{RC} \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (3)$$

Za konačnu klasifikaciju proračunava se relativna vrijednost:

$$\Delta t_{rel} = \Delta t / t_{floodwave} * 100 \text{ [%]} \quad (4)$$

Gdje je,  $t_{floodwave}$  [h] trajanje vodnog vala za protoke veće od  $>Q_{bankfull}$  [ $m^3/s$ ] - protok 2-godišnjeg povratnog perioda pri kojem je glavno korito potpuno ispunjeno, a da izljevanja na inundacijama nema.

**Tablica 5. Parametar translacija vodnog vala  $\Delta t_{100}$ . za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [ $m^3/s$ ]	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$\Delta t_{tot}$ [h]	11	147	28	26	6	23	2
$\Delta t_{RC}$ [h]	9	110	24	24	2	1	2
$t_{floodwave}$ [h]	57	387	414	414	342	361	422
$\Delta t$ [h]	2	37	4	2	4	22	0
$\Delta t_{rel}$ [%]	3.51%	9.56%	0.97%	0.48%	1.17%	6.09%	0%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjaka.

**Tablica 6. Parametar translacija vodnog vala  $\Delta t_{100}$ . za rijeku Dunav.**

Parametar	AFP_30	AFP_31	AFP_22	AFP_33	AFP_34	AFP_35
$Q_{IN}$ [ $m^3/s$ ]	9885.4	9885.4	9105.5	9422.0	9422.0	9259.3
$\Delta t$ [h]	1.50	0.07	0.09	0.13	0.18	0.14

\*Poplavna područja za Dunav usklađena su s proračunima provedenim od strane Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Cerni".

## 2.1.4 Učinci (pozitivni/negativni) u slučaju ekstremnih protoka

Uključuje učinke na hidrološke/hidrauličke parametre za scenarije s protocima HQ1000 (preostali rizik, povećani rizik, npr. klimatske promjene); modeliranjem se mogu istaknuti dodatni kapaciteti poplavnih područja ili povećani rizici za naselja iza nasipa, npr. prelijevanje preko postojećih nasipa. Evaluacijom se razmatraju utjecaji na vršnu redukciju i translaciju poplavnog vala na svakom poplavnom području za viši protok u usporedbi s HQ100. Metodologija je identična kao za proračun smanjenja vrha vodnog vala Q100 i translacije vodnog vala t100, ali u ovom slučaju razmatraju se protoci 1000-godišnjeg povratnog perioda. Oblik ulaznog hidrograma  $Q_{IN}$  je isti kao za  $Q_{IN100}$ , a vršne vrijednosti hidrograma uvećane su da odgovaraju protocima 1000-godišnjeg povratnog perioda. Ovaj FEM parametar je proračunat samo za rijeku Savu jer je hidraulički model za Dunav bio nedostupan za vrijeme pisanja ovog izvješća.

### 2.1.4.1 Smanjenje vrha vodnog vala – protok $\Delta Q_{1000}$

Tablica 7. Parametar Smanjenje vodnog vala  $\Delta Q_{1000}$  za rijeku Savu.

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	4537	3162	3575	3575	3742	5566	6266
$\Delta Q_{tot}$ [m <sup>3</sup> /s]	2694.01	540.37	0	6.46	11.31	71.00	1339.35
$\Delta Q_{RC}$ [m <sup>3</sup> /s]	325.38	246.50	0	0.51	1.37	1.93	88.06
$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	4537	3162	3575	3575	3742	5566	6266
$Q_{bankfull}$ [m <sup>3</sup> /s]	1733	1980	2108	2108	2494	2877	3285
$\Delta Q_{100}$ [m <sup>3</sup> /s]	2368.63	293.87	0	5.95	9.94	69.07	1251.29
$\Delta Q_{100,rel}$ [%]	84.47%	24.65%	0%	0.41%	0.80%	2.57%	41.84%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

### 2.1.4.2 Translacija vodnog vala – vrijeme $\Delta t_{1000}$

Tablica 8. Parametar translacija vodnog vala  $\Delta t_{1000}$  za rijeku Savu.

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	4537	3162	3575	3575	3742	5566	6266
$\Delta t_{tot}$ [h]	11	182	0	4	6	6	75
$\Delta t_{RC}$ [h]	11	113	0	2	2	1	2
$t_{floodwave}$ [h]	75	450	481	482	371	444	489
$\Delta t$ [h]	0	69	0	2	4	5	73
$\Delta t_{rel}$ [%]	0%	15.33%	0%	0.41%	1.08%	1.13%	14.93%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

### 2.1.5 Promjena vodostaja $\Delta h$ za protok $Q_{100}$

Ovaj parametar proračunat je korištenjem hidrodinamičko - numeričkog modeliranja kako bi se utvrdio utjecaj promjene geometrije poplavnog područja (pomicanje nasipa) na vodostaje samog poplavnog područja. Smanjenje ili povećanje širina poplavnih područja modeliranjem virtualnih nasipa pokazuju koliko velike mogu biti promjene kod vodostaja ( $\Delta h$ ). Za potrebe ovog projekta razmatran je slučaj potpunog uklanjanja inundacija rijeke  $h_{RC}$  (nasipi su pomaknuti na samu obalu) i napravljena je usporedba sa postojećim stanjem  $h_{tot}$  na nizvodnom profilu svakog poplavnog područja. Za slučaj kada se postojeća inundacija sužava nasipom (promatrani scenarij u ovom projektu),  $\Delta h$  se proračunava prema jednadžbi (5) dolje:

$$\Delta h = h_{RC} - h_{tot} [m^3/s] \quad (5)$$

Pri čemu je  $h_{tot}$  vodostaj postojećeg stanja na promatranom profilu, a  $h_{RC}$  vodostaj bez inundacija na promatranom profilu. Promatrane vrijednosti izračunate su u profilu na kraju poplavnog područja (Tablica 1). Veći  $\Delta h$  označava veći utjecaj postojeće inundacije na poplavnu sliku poplavnog područja, odnosno manji prioritet za revitalizaciju poplavnog područja; dok manji  $\Delta h$  znači da postojeća inundacija nema značaj na vodostaje implicirajući veći prioritet za revitalizaciju poplavnog područja s hidrauličkog aspekta. Rezultati Izlaznih hidrograma poplavnih područja prikazani su u prilogu (Prilog E).

**Tablica 9. Parametar promjena vodostaja  $\Delta h_{100}$  za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN} [m^3/s]$	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$h_{tot} [m \text{ n.m.}]$	97.80	92.98	92.76	89.75	87.76	86.88	84.37
$h_{RC} [m \text{ n.m.}]$	102.23	93.79	94.29	89.91	87.86	87.88	84.88
$\Delta h [m]$	4.43	0.81	1.53	0.16	0.10	1.00	0.51
$\Delta h_{rel} [\%]$	4.53%	0.87%	1.65%	0.18%	0.11%	1.15%	0.60%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

**Tablica 10. Parametar promjena vodostaja  $\Delta h_{100}$  za rijeku Dunav.**

Parametar	AFP_30	AFP_31	AFP_22	AFP_33	AFP_34	AFP_35
$Q_{IN} [m^3/s]$	9885.4	9885.4	9105.5	9422.0	9422.0	9259.3
$\Delta h [cm]$	70	15	30	16	48	17

\*Poplavna područja za Dunav usklađena su s proračunima Instituta "Jaroslav Cerni".

### 2.1.6 Brzina tečenja $\Delta v$ za protok $Q_{100}$

Procjena ovog parametra vrši se slično procjeni promjena vodostaja ispitivanjem različitih scenarija pomicanja nasipa. Za proračun FEM parametra brzine tečenja razmatra se smanjenje širine postojećih poplavnih područja modeliranjem virtualnih nasipa postavljenim na samim obalama glavnog korita rijeke. Za slučaj kada se postojeća inundacija sužava nasipom (promatrani scenarij u ovom projektu),  $\Delta v$  se proračunava prema jednadžbi (6) dolje:

$$\Delta v = v_{RC} - v_{tot} [m/s] \quad (6)$$

Pri čemu je  $v_{tot}$  brzina tečenja za postojeće stanje inundacija i nasipa na promatranom profilu, a  $v_{RC}$  je brzina tečenja za slučaj bez inundacija na promatranom profilu (nasipi postavljeni na samoj obali korita rijeke). Promatrane vrijednosti izračunate su u profilu na kraju poplavnog područja (Tablica 1). Veći  $\Delta v$  označava veći utjecaj postojeće inundacije na poplavnu sliku poplavnog područja,

odnosno manji prioritet za revitalizaciju poplavnog područja; dok manji  $\Delta h$  znači da postojeća inundacija nema značaj na vodostaje implicirajući veći prioritet za revitalizaciju poplavnog područja s hidrauličkog aspekta. Rezultati Izlaznih hidrograma poplavnih područja prikazani su u prilogu (Prilog E).

Ovaj FEM parametar je proračunat samo za rijeku Savu jer je hidraulički model za Dunav bio nedostupan za vrijeme pisanja ovog izvješća.

**Tablica 11. Parametar promjena brzine tečenja  $\Delta v_{100}$ . za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$v_{tot}$ [m/s.]	1.17	1.17	1.56	1.38	1.38	1.24	1.36
$v_{RC}$ [m/s]	1.47	1.06	1.59	1.37	1.38	1.29	1.41
$\Delta v$ [m/s]	0.30	-0.11	0.03	-0.01	0	0.05	0.05
$\Delta v_{rel}$ [%]	25.64%	-9.40%	1.92%	-0.72%	0%	4.03%	3.68%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

### 2.1.7 Pridнено posmično naprezanje $\Delta\tau$ za protok $Q_{100}$

Parametar promjene pridnenog posmičnog naprezanja  $\Delta\tau$  proračunat je istim principom kao i promjena vodostaja  $\Delta h$  i promjena brzine tečenja  $\Delta v$  koristeći modeliranje scenarija pomicanja nasipa. Promatrane vrijednosti izračunate su u profilu na nizvodnom kraju poplavnog područja. Za slučaj kada se postojeća inundacija sužava nasipom (promatrani scenarij u ovom projektu),  $\Delta\tau$  se proračunava prema jednadžbi (7) dolje:

$$\Delta\tau = \tau_{RC} - \tau_{tot} \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (7)$$

Pri čemu je  $\tau_{tot}$  pridнено posmično naprezanje za postojeće stanje inundacija i nasipa na promatranom profilu, a  $\tau_{RC}$  je pridнено posmično naprezanje za slučaj bez inundacija na promatranom profilu (nasipi postavljeni na samoj obali korita rijeke). Generalno gledajući, niža pridnena posmična naprezanja smatraju se pozitivnim jer smanjuju stope erozije na objektima zaštite od poplava, poput nasipa. Stoga, veći  $\Delta\tau$  označava veći utjecaj postojeće inundacije na poplavnu sliku poplavnog područja, odnosno manji prioritet za revitalizaciju poplavnog područja. Manji  $\Delta\tau$  znači da postojeća inundacija nema značaj na vodostaje implicirajući veći prioritet za revitalizaciju poplavnog područja. Promjena pridnenog posmičnog naprezanja proračunata je na izlaznom poprečnom profilu u skladu s tablicom (Tablica 1). Rezultati Izlaznih hidrograma poplavnih područja prikazani su u prilogu (Prilog E).

Ovaj FEM parametar je proračunat samo za rijeku Savu jer je hidraulički model za Dunav bio nedostupan za vrijeme pisanja ovog izvješća.

**Tablica 12. Parametar promjena pridnenog posmičnog naprezanja  $\Delta\tau_{100}$ . za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01-1*	AFP_01-2*	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
$Q_{IN}$ [m <sup>3</sup> /s]	3488.79	2790.00	3134.00	3134.00	3433.00	4613.00	5356.00
$\tau_{tot}$ [N/m <sup>2</sup> ]	7.72	6.49	10.91	8.24	8.68	5.92	9.50
$\tau_{RC}$ [N/m <sup>2</sup> ]	11.35	5.15	11.26	8.14	8.73	6.19	10.02
$\Delta\tau$ [N/m <sup>2</sup> ]	3.63	-1.34	0.35	-0.10	0.05	0.27	0.52
$\Delta\tau_{rel}$ [%]	47.02%	-20.65%	3.21%	-1.21%	0.58%	4.56%	5.47%

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

## 2.2 EKOLOŠKI PARAMETRI

### 2.2.1 Povezanost vodnih tijela poplavnih područja

Povezanost u bočnom, uzdužnom i vertikalnom smjeru je vitalna za ekološko funkcioniranje poplavnog područja. Važna je za vodne organizme i razmjenu populacija tijekom njihovih razvojnih faza kao i kod odraslih organizama. Uzdužna (longitudinalna) povezanost opisuje povezanost riječnog ekosustava u uzvodno-nizvodnom smjeru, a posebno je važna za razmjenu populacija vodenih organizama i njihovu migraciju tijekom njihovog životnog ciklusa. Bočna (lateralna) povezanost odnosi se na kanale i pritoke uzduž riječnog sustava obuhvaćene poplavnim područjem. Vertikalna povezanost je povezanost same rijeke sa podzemnim vodama na poplavnom području (što bi moglo biti presudno za vodna tijela odvojena od glavnog toka rijeke u poplavnom području, npr. mrtvice, meandri odsječeni od rijeke, jezera itd.). Radi pojednostavljenja ovoga projekta, povezanost vodnih tijela analizirana je u uzdužnom (longitudinalnom) i bočnom (lateralnom) smjeru temeljem 3 scenarija (prema poglavlju 2.1):

1.  $Q_{mean}$  [ $m^3/s$ ] srednji protok (izračunat je statističkim analizama iz satnih podataka).
2.  $Q_{bankfull}$  [ $m^3/s$ ] protok pri kojem je razina vode u koritu jednaka visinskoj koti obale, statističkim analizama izračunat je protok 2-godišnjeg povratnog perioda pri kojem je glavno korito potpuno ispunjeno, a da izlivanja na inundacijama nema.
3.  $Q_{connected}$  [ $m^3/s$ ] protok izračunat u 1D-2D hidro-dinamičkom modelu pri kojem su vodna tijela povezana.

#### 2.2.1.1 Opis metodologije

Parametar "Povezanost vodnih tijela" primjenjiv je u prisutnosti prirodnih (povijesnih) vodnih tijela i procjenjuje njihov stupanj povezanosti sa glavnim riječnim tokom. Stoga je primarni zadatak metodologije identificirati i locirati vodna tijela.

Identifikacijom vodnih tijela definiran je sljedeći status:

1. Nema "prirodnih" vodnih tijela na poplavnom području.
2. Postoje vodna tijela na poplavnom području (trenutni status je kao i povijesni).
3. Na povijesnim kartama postoje "prirodna" (povijesna) vodna tijela ali ih nema u aktivnom poplavnom području, napuštena su ljudskim aktivnostima (izgradnjom gradova, izgradnjom poljoprivrednih površina, regulacijom vodotoka i dr.)
4. Na povijesnim kartama postoje "prirodna" (povijesna) vodna tijela i još uvijek postoje ali su odvojena nasipom ili regulacijskom građevinom.

Stupanj povezanosti vodnih tijela sa glavnim riječnim tokom određen je protokom  $Q_{connected}$  [ $m^3/s$ ] koji je očitao iz hidrauličkog modela usporedbom poplavnih linija različitih povratnih perioda, odnosno različitih protoka s lokacijama povijesnih meandara. Lokacije povijesnih meandara locirane su na temelju povijesnih karata, satelitskih snimaka te GIS analizom na temelju dostupnog digitalnog modela terena unutar isporučenog u sklopu s HEC-RAS hidrauličkim modelom [3].

### 2.2.1.2 Izvor podataka

Za identifikaciju i lociranje "prirodnih (povijesnih)" vodnih tijela korištene su povijesne karte (Prilog F). Povijesne karte osigurane su od strane Hrvatskih voda koje su prethodno dobavljene od strane: Copyright ©[Österreichisches Staatsarchiv] – all rights reserved (survey, z.B. „Josephinische Landesaufnahme“ / „First military survey“). Primijenjena je hidrologija i hidro-dinamički model iz poglavlja 2.1.

### 2.2.1.3 Metoda proračuna povezanosti vodnih tijela za rijeku Savu

#### Korak 1: Identifikacija i lociranje vodnih tijela

Na povijesnim kartama identificirana su sva vodna tijela u zadanim poplavnim područjima unazad 200 godina.

#### Korak 2: Hidraulički proračun

Iz poglavlja 2.1 primijenjeni su sljedeći protoci:

1.  $Q_{bankfull}$  [ $m^3/s$ ] protok 2-godišnjeg povratnog perioda pri kojem je glavno korito potpuno ispunjeno, a da izlivanje na inundacijama nema (Tablica 1).
2.  $Q_{connected}$  [ $m^3/s$ ] protok izračunat u 1D-2D hidro-dinamičkom modelu pri kojem su vodna tijela povezana (Tablica 13).

#### Korak 3: Određivanje statusa povezanosti vodnih tijela

Identifikacijom vodnih tijela definiran je sljedeći status:

1. Nema "prirodnih" vodnih tijela na poplavnom području i nikada nisu postojala.
2. Postoje vodna tijela na poplavnom području i povezana su sa glavnim vodnim tijelom (trenutni status je kao i povijesni).
3. Na povijesnim kartama nema aktivnih vodnih tijela. "Prirodna" (povijesna) vodna tijela postoje ali ih nema u aktivnom poplavnom području, napuštena su ljudskim aktivnostima (izgradnjom gradova, izgradnjom poljoprivrednih površina, regulacijom vodotoka i dr.)
4. Na povijesnim kartama postoje "prirodna" (povijesna) vodna tijela ali su odvojena nasipom ili regulacijskom građevinom.

Za svako poplavno područje i vodna tijela unutar njega analiziran je hidrodinamički model. Rezultati analize su protoci  $Q_{connected}$  [ $m^3/s$ ] pri kojima dolazi do povezanosti vodnih tijela u poplavnom području. Sljedeći korak je određivanje FEM parametara.

#### Korak 4: FEM-Parametri

Ako riječni sustav meandira, povezanost vodnih tijela ostvaruje se pri razini vode jednakoj visini obale. Takav slučaj daje najvišu ocjenu prema FEM parametrima (5 bodova) te ne zahtjeva daljnje korake. Za (povijesne) meandrirajuće riječne tipove i gdje su razine vode povezane pri svakoj periodičnoj (frekventnoj) izmjeni / poplavi dana je najviša ocjena (5 bodova). Najpozitivnija ocjena se daje i u slučaju kada su sve vodene površine (meandri, mrtvice, rukavci, pritoci, jezera i dr.) povezana pri srednjem protoku. Detaljni opis ocjenjivanja dan je u nastavku:

1. Vodna tijela povezana su kod protoka  $Q_{connected} < Q_{bankfull}$  / Nema "prirodnih" vodnih tijela na poplavnom području / meandrirajući riječni tipovi su povezani kod protoka gdje je razina vode u visini obale,  $Q_{connected} = Q_{bankfull}$  (5 bodova - **plavo**)
2. Vodna tijela su povezana tek kad je razina vode iznad visine obale,  $Q_{connected} > Q_{bankfull}$  (3 boda - **zeleno**)
3. Vodna tijela nisu povezana kad je razina vode u koritu veća od visine obale / Na povijesnim kartama "prirodna" (povijesna) vodna tijela postoje ali ih više nema u aktivnom poplavnom području, napuštena su ljudskim aktivnostima (izgradnjom gradova, izgradnjom poljoprivrednih površina, regulacijom vodotoka i dr.) (1 bod - **žuto**)



#### 2.2.1.4 Rezultati povezanosti vodnih tijela za rijeku Savu

Ocjena povezanosti vodnih tijela poplavnih područja rijeke Save prikazana je u tablici (Tablica 13). Ukupna ocjena za AFP\_01 je proračunata kao srednja ocjena između AFP\_01-1 i AFP\_01-2.

Tablica 13. Povezanost vodnih tijela na poplavnom području rijeke Save.

SAVA AFP	Status prirodnih (povijesnih) vodnih tijela	$Q_{\text{bankfull}}$ ( $Q_2$ ) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{connected}}$ - Protok iznad kojeg su vodna tijela povezana [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	FEM ocjena
AFP_01-1	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	1732	2714	1
AFP_01-2	2-Postoje vodna tijela na poplavnom području	1973	1105	5
AFP_02	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	2108	990	1
AFP_03	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	2108	2219	1
AFP_04	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	2494	3312	1
AFP_05	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	2877	4097	1
AFP_06	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	3285	4556	1

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjok.

### 2.2.1.5 Metoda proračuna povezanosti vodnih tijela za rijeku Dunav

U svrhu određivanja povezanosti vodnih tijela rijeke Dunav korištena je GIS analiza, bez hidrološke analize.

Dostupni shapefileovi vodnih tijela (plava ispunjena na slikama u poglavlju 5.1.6.2) preklapljivi su sa povijesnim kartama. Preklapanje ovih podataka potvrdilo je kako shapefile vodnih tijela precizno opisuje vodna tijela pri protocima  $Q_{bankfull}$ , te da povijesna tijela uključuju povijesne meandre. Na temelju GIS analize, bilo je moguće utvrditi postoji li lateralna povezanost sa povijesnim vodnim tijelima. Na temelju povijesnih karata i postojećih poplavnih zona utvrđeno je da postoje ljudski zahvati koji odvajaju povijesna vodna tijela od glavnog korita.

### 2.2.1.6 Rezultati povezanosti vodnih tijela za rijeku Dunav

Ocjena povezanosti vodnih tijela poplavnih područja rijeke Dunav prikazana je u tablici (Tablica 14). Za poplavna područja FP\_30, FP31 i FP35 dodijeljena je najniža ocjena – 1 jer je zaključeno da povijesna vodna tijela postoje, ali da više nisu povezana zbog ljudskih djelovanja. Za poplavna područja FP\_32 i FP\_33 povezanost vodnih tijela evidentna je već pri protocima jednakim ili manjim od  $Q_{bankfull}$  te je dodijeljena najviša ocjena - 5. Za poplavno područje FP\_34 postoji lateralna povezanost povijesnih vodnih tijela, ali do nje dolazi pri protocima većim od  $Q_{bankfull}$ .

Tablica 14. Povezanost vodnih tijela na poplavnom području rijeke Dunav.

DUNAV FP	Status prirodnih (povijesnih) vodnih tijela	$Q_{bankfull}$ ( $Q_2$ ) [ $m^3/s$ ]	$Q_{connected}$ - Protok iznad kojeg su vodna tijela povezana [ $m^3/s$ ]	FEM ocjena
FP_30	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	n/a	$Q_{connected} > Q_{bankfull}$	1
FP_31	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	n/a	$Q_{connected} > Q_{bankfull}$	1
FP_32	2-Postoje vodna tijela na poplavnom području	n/a	$Q_{connected} \leq Q_{bankfull}$	5
FP_33	2-Postoje vodna tijela na poplavnom području	n/a	$Q_{connected} \leq Q_{bankfull}$	5
FP_34	2-Postoje vodna tijela na poplavnom području	n/a	$Q_{connected} > Q_{bankfull}$	3
FP_35	4-Postoje vodna tijela ali nisu povezana	n/a	$Q_{connected} > Q_{bankfull}$	1

## 2.2.2 Postojanje zaštićenih vrsta

### Opis

Poplavna područja su jako vrijedna i treba ih sačuvati ako se na tome području nađu zaštićene vrste s popisa crvene knjige (prepoznala NATURA2000).

### Izvor podataka

Za ovaj parametar korišten su podaci iz ekološke mreže NATURA2000.

### Metodologija

Od Ministarstva zaštite okoliša i energetike dobiveni su prostorni podaci zaštićenih vrsta s popisa crvene knjige. Tablice s prikazom zaštićenih vrsta na poplavnim područjima rijeke Save i Dunava prikazane su u prilogu (Prilog G)

Prostorni podaci zaštićenih vrsta su objedinjeni na razini Republike Hrvatske i preklopljeni s poplavnim površinama te su dobiveni podaci o broju zaštićenih vrsta s crvenog popisa koje se nalaze na predmetnom području.

**Tablica 15. Broj zaštićenih vrsta na aktivnom poplavnom području rijeke Save.**

SAVA AFP	AFP POVRŠINA [ha]	BROJ ZAŠTIĆENIH VRSTA
AFP_01	89850	162
AFP_02	683,7	85
AFP_03	1545	85
AFP_04	1691,1	78
AFP_05	894	82
AFP_06	2193,7	82

**Tablica 16. Broj zaštićenih vrsta na aktivnom poplavnom području rijeke Dunav.**

DUNAV FP	FP POVRŠINA [ha]	BROJ ZAŠTIĆENIH VRSTA
FP_30	4865,6	91
FP_31	27990	125
FP_32	1958,1	80
FP_33	2461,9	80
FP_34	3000,8	78
FP_35	4921,7	70

Prema FEM metodologiji klasifikacije i prioritizacije poplavnih područja formirane su 3 kategorije za određivanje parametara "Postojanje zaštićenih vrsta". Vođeni misijom "ukoliko na poplavnom području postoji bar jedna zaštićena vrsta s crvenog popisa, poplavno područje je vrijedno područje", formirane su sljedeće kategorije FEM klasifikacije. Ukoliko na poplavnom području nema zaštićenih vrsta, poplavno područje je I kategorije (1 bod – žuto), a ako postoji bar jedna zaštićena vrsta poplavno područje je II kategorije (3 boda – zeleno). Ako postoji više od 40 zaštićenih vrsta poplavno područje je najvrjednije u klasifikaciji po FEM parametrima, odnosno III kategorije (5 bodova - plavo). Tablica klasifikacije je prikazana u poglavlju 3.1.2, vidi Tablica 40.

Konačna klasifikacija FEM parametra "Postojanje zaštićenih vrsta" prikazana je u poglavlju 3.2.2.2.

## 2.2.3 Postojanje zaštićenih staništa

### Opis

Poplavna područja su jako vrijedna i treba ih sačuvati ako se na tome području nađu zaštićena staništa (prepoznala NATURA2000).

### Izvora podataka

Za ovaj parametar korišten su podaci iz ekološke mreže NATURA2000.

### Metodologija

Iz skupa podataka ekološke mreže NATURA2000 preuzeti su podaci o zaštićenim staništima te su uspoređeni s površinom aktivnih poplavnih područja. Na temelju usporedbe dobiveni su podaci o postotku pokrivenosti poplavnih površina ekološkom mrežom NATURA2000.

Karte zaštićenih staništa sa preklapljenim poplavnim područjem prikazane su u prilogu (Prilog F), vidi 5.1.7. Na karti su zaštićena staništa označena zelenom bojom, a poplavno područje sivom bojom.

**Tablica 17. Zaštićena područja na aktivnom poplavnom području rijeke Save.**

SAVA AFP	AFP POVRŠINA [ha]	ZAŠTIĆENO PODRUČJE [ha]	POSTOTAK ZAŠTIĆENOG PODRUČJA NA POPLAVNOM PODRUČJU
AFP 01	89850,0	80111,3	89%
AFP 02	683,7	141,9	21%
AFP 03	1545,0	1544,7	100%
AFP 04	1691,1	1690,9	100%
AFP 05	894,0	893,8	100%
AFP 06	2193,7	2019,8	92%

**Tablica 18. Zaštićena područja na aktivnom poplavnom području rijeke Dunav.**

DUNAV_AFP	FP POVRŠINA [ha]	ZAŠTIĆENO PODRUČJE [ha]	POSTOTAK ZAŠTIĆENOG PODRUČJA NA POPLAVNOM PODRUČJU
FP_30	4865,6	2206,1	45%
FP_31	27990,0	22510,8	80%
FP_32	1958,1	1122,5	57%
FP_33	2461,9	1306,9	53%
FP_34	3000,8	1835,7	61%
FP_35	4921,7	211,6	4%

Prema FEM metodologiji klasifikacije i prioritizacije poplavnih područja formirane su 3 kategorije za određivanje parametara "Postojanje zaštićenih staništa". Kategorije su klasificirane prema postotku površine zaštićenog područja na poplavnom području;

- I kategorija (1 bod – žuto), površina zaštićenog područja je manja od 33% ukupne površine poplavnog područja.
- II kategorija (3 boda – zeleno), površina zaštićenog područja je od 33% do 67% ukupne površine poplavnog područja.
- III kategorija (5 bodova – plavo), površina zaštićenog područja je veća od 67% ukupne površine poplavnog područja.

Tablica klasifikacije prikazana je u poglavlju 3.1.2, vidi Tablica 41. Konačna klasifikacija FEM parametra "Postojanje zaštićenih staništa" prikazana je u poglavlju 3.2.2.3.

## 2.2.4 Potencijal tipičnih staništa

U sklopu radnog paketa 4 Projekta Danube Floodplain radi se modeliranje staništa u pilot područjima. Republika Hrvatska nema pilot projekt u tom radnom paketu stoga nije rađena analiza staništa. Na predmetnim područjima Republike Hrvatske do sada nije rađena stručna procjena razvoja potencijalnih staništa. Nadalje, u podacima o postojećim staništima dobivenim od Ministarstva zaštite okoliša i energetike, podjela na staništa nije dovoljno detaljna da bi se mogle odrediti tipovi staništa za potrebe ovog Projekta.

Zbog navedenih razloga i nedovoljno detaljnih podataka odlučeno je da se u sklopu ovog Projekta ne provodi analiza potencijala tipičnih staništa.

## 2.2.5 Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda

Iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. prikupljeni su podaci ekološkog stanja vodotoka na pojedinim poplavnim područjima te je napravljena stručna procjena općenitog ekološkog stanja pojedinih poplavnih površina uzevši u obzir broj pojedinih ekoloških stanja i važnost pojedinog vodotoka.

Karte ekološkog i kemijskog stanja voda prikazane su u prilogu (Prilog F), vidi poglavlje 5.1.8. Na kartama su ekološka stanja prikazana na sljedeći način:

- Status 1: Vrlo loše stanje (crvena boja),
- Status 2: Loše stanje (Narančasta boja),
- Status 3: Umjereno stanje (žuta boja),
- Status 4: Dobro stanje (zeleno boja),
- Status 5: Vrlo dobro stanje (plava boja).

U sljedećim tablicama (Tablica 19 i Tablica 20) prikazan je broj vodnih tijela pripadajućeg ekološkog statusa (stručna procjena ekološkog stanja iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.) na poplavnom području.

Stanja vodnih tijela preuzeta su iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. U tijeku Projekta odlučeno je da će se FEM parametar stanja vodnih tijela temeljiti samo na ekološkom stanju površinskih voda, ne i na kemijskom stanju ili stanju podzemnih voda. Klasifikacija prema FEM metodologiji napravljena je na temelju stručne procjene koja uzima u obzir broj vodnih tijela na poplavnom području s pripadajućim stanjima. Zbog veličine vodotoka vodnim tijelima Save i Dunava dana je veća težina pri klasifikaciji.

U Planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. stanje vodnih tijela klasificirano je u 5 klasa koje su za potrebe FEM klasifikacije razvrstane u 3 kategorije na sljedeći način;

- Ocjena 1 (1 bod – žuto) = Vrlo loše stanje ili Loše stanje.
- Ocjena 2 (3 boda – zeleno) = Umjereno stanje.
- Ocjena 3 (5 bodova – plavo) = Dobro stanje ili Vrlo dobro stanje.

Tablica klasifikacije prikazana je u poglavlju 3.1.2, vidi Tablica 42. Konačna klasifikacija FEM parametra "Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda" prikazana je u poglavlju 3.2.2.4.

**Tablica 19. Ekološko stanje vodnih tijela na aktivnom poplavnom području rijeke Save. Brojevi predstavljaju broj vodnih tijela pojedinog stanja na aktivnom poplavnom području, dok oznaka (Sava) predstavlja oznaku glavnog vodnog tijela, odnosno vodno tijelo rijeke Save tog stanja.**

SAVA AFP	AFP_POVRŠINA_[ha]	Status 5 Vrlo dobro stanje	Status 4 Dobro stanje	Status 3 Umjereno stanje	Status 2 Loše stanje	Status 1 Vrlo loše stanje
AFP 01	89850	22	1 (Sava)	8	15	14
AFP 02	683,7	0	1 (Sava)	0	0	0
AFP 03	1545	1 (Sava)	0	1	0	0
AFP 04	1691,1	0	1 (Sava)	0	0	0
AFP 05	894	1 (Sava)	0	0	0	0
AFP 06	2193,7	0	1 (Sava)	2	0	0

**Tablica 20. Ekološko stanje vodnih tijela na aktivnom poplavnom području rijeke Dunav. Brojevi predstavljaju broj vodnih tijela pojedinog stanja na aktivnom poplavnom području, dok oznaka (Dunav) predstavlja oznaku glavnog vodnog tijela, odnosno vodno tijelo rijeke Dunav tog stanja.**

DUNAV_FP	FP_POVRŠINA_[ha]	Status 5 Vrlo dobro stanje	Status 4 Dobro stanje	Status 3 Umjereno stanje	Status 2 Loše stanje	Status 1 Vrlo loše stanje
FP_30	4865,6	1	1 (Dunav)	0	3	0
FP_31	27990	1 + 1 (Dunav)	2 + 1 (Dunav)	2	4	5
FP_32	1958,1	1 (Dunav)	0	0	1	0
FP_33	2461,9	1 (Dunav)	0	1	1	0
FP_34	3000,8	1 (Dunav)	0	0	1	0
FP_35	4921,7	1 (Dunav)	2	0	1	0

## 2.3 SOCIO-EKONOMSKI PARAMETRI

### 2.3.1 Korištenje zemljišta

#### Opis

Korištenje zemljišta prilagođeno inundaciji smanjit će ekološku štetu biljaka i životinja, stoga korištenje zemljišta prilagođeno poplavama dobiva najvišu ocjenu, a neprilagođeno najnižu (uzgoj poljoprivrednih kultura, naselja). Različiti tipovi korištenja zemljišta se agregiraju proporcionalno njihovim površinama u jednu vrijednost ocjene za čitavo poplavno područje. Stoga su za FEM parametar "Korištenje zemljišta" dodijeljene ocjene prema prilagodljivosti promatranog područja poplavama sa sljedećim vrijednostima:

- 1 bod (žuto) – Nizak stupanj prilagodljivosti poplavama.
- 3 boda (zeleno) – Prosječan stupanj prilagodljivosti poplavama.
- 5 bodova (plavo) – Visok stupanj prilagodljivosti poplavama.

#### Izvor podataka

Za ovaj parametar korišten su podaci iz CORINE 2018.

#### Metodologija

Na temelju podataka CORINE 2018 određena je namjena pojedinih površina unutar poplavnih površina. Različite namjene iz podataka CORINE 2018 grupirani su u 3 grupe prema vodiču za FEM parametre koje su preklapljene s predmetnim poplavnim područjem. Tablica 21 dolje daje prikaz svih kategorija korištenja zemljišta identificiranih na poplavnim područjima rijeka Save i Dunav te je dana njihova poveznica sa FEM klasom.

Tablica 21. Kategorije korištenja zemljišta povezane sa FEM ocjenom.

CLC kod	CLC opis	FEM klasa
112	Naselja (<80% izgrađeno)	1
121	Industrijski ili poslovni prostori	1
122	Prometnice s pripadajućim zemljištem	1
132	Odlagališta otpada	1
133	Gradilišta	1
141	Gradsko zelenilo	1
142	Sportski i rekreacijski objekti	1
211	Oranice	3
231	Livade košanice i intenzivni pašnjaci	3
242	Mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja	3
243	Poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije	3
311	Bjelogorična šuma	5
321	Prirodni travnjaci	5
324	Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	5
411	Kopnene močvare	5
511	Vode tekućice	5
512	Vode stajaćice	5
123	Luke s pripadajućim zemljištem	1
221	Vinogradi	3
222	Voćnjaci	3

Karte korištenja zemljišta sa FEM ocjenom prikazane su u prilogu (Prilog F). Kategorije korištenja zemljišta su Save i Dunava klasificirane u tablicama prikazanim u Prilog G.

Nakon što su kategorije korištenja zemljišta razvrstane i agregirane, unutar svakog poplavnog područja izračunata je površina korištenja zemljišta sa pripadajućom kategorijom (FEM ocjenom; 1 - žuto, 3- zeleno, 5 - plavo). Dalje su određeni postoci površine za svaku FEM kategoriju unutar poplavnog područja u odnosu na ukupnu površinu poplavnog područja. Ukupna ocjena je dobivena sljedećom formulom (8):

$$\text{Ukupna ocjena} = \text{FEM ocjena} * \text{POVRŠINA Korištenje zemljišta [ha]} / \text{AFP POVRŠINA [ha]} \quad (8)$$

Ocjena za poplavno područje izračunata je sumom "Ukupna ocjena" sve tri kategorije unutar istog poplavnog područja (Ukupna ocjena FEM1 + Ukupna ocjena FEM3 + Ukupna ocjena FEM5). Konačni rezultat FEM parametara prikazan je u poglavlju 2.4.3, vidi Tablica 30 i Tablica 31.

Prema FEM metodologiji klasifikacije i prioritizacije poplavnih područja, vidi Tablica 43, izračunata je klasifikacija. Konačna klasifikacija parametra "Korištenje zemljišta" prikazana je u poglavlju 3.2.3.

**Tablica 22. Procjena korištenja zemljišta na aktivnom poplavnom području rijeke Save.**

SAVA AFP	AFP_POVRŠINA [ha]	FEM Ocjena	POVRŠINA Korištenje zemljišta [ha]	Površina u postotku	Ukupna Ocjena
AFP 01	89850	1	969,4	1,0%	0,01
AFP 01	89850	3	22344,9	24,9%	0,75
AFP 01	89850	5	66535,7	74,1%	3,71
AFP 02	683,7	1	0	0%	0
AFP 02	683,7	3	288,2	42,2%	1,27
AFP 02	683,7	5	395,5	57,8%	2,89
AFP 03	1545	1	0	0%	0
AFP 03	1545	3	133,3	8,6%	0,26
AFP 03	1545	5	1411,7	91,4%	4,57
AFP 04	1691,1	1	0	0%	0
AFP 04	1691,1	3	876,5	51,8%	1,55
AFP 04	1691,1	5	814,6	48,2%	2,41
AFP 05	894	1	0	0%	0
AFP 05	894	3	467,2	52,2%	1,57
AFP 05	894	5	426,8	47,8%	2,39
AFP 06	2193,7	1	3,8	0,1%	0
AFP 06	2193,7	3	198,9	9,1%	0,27
AFP 06	2193,7	5	1994,8	90,8%	4,54



**Tablica 23. Procjena korištenja zemljišta na aktivnom poplavnom području rijeke Dunav.**

DUNAV FP	FP_POVRŠINA [ha]	FEM Ocjena	SUMA Korištenje Zemljišta [ha]	Površina Postotak	Ukupna Ocjena
FP30	4865,6	1	0,2	0%	0
FP30	4865,6	3	161,8	3,3%	0,10
FP30	4865,6	5	4703,6	96,7%	4,84
FP31	27990	1	84,3	0,3%	0
FP31	27990	3	1277,8	4,6%	0,14
FP31	27990	5	26627,9	95,1%	4,76
FP32	1958,1	1	12,5	0,6%	0
FP32	1958,1	3	168,9	8,6%	0,26
FP32	1958,1	5	1776,7	90,8%	4,54
FP33	2461,9	1	9,0	0,4%	0
FP33	2461,9	3	10,4	0,4%	0,01
FP33	2461,9	5	2442,5	99,2%	4,96
FP34	3000,8	1	3,1	0,1%	0
FP34	3000,8	3	47,6	1,6%	0,05
FP34	3000,8	5	2950,1	98,3%	4,92
FP35	4921,7	1	16,2	0,3%	0
FP35	4921,7	3	0,9	0%	0
FP35	4921,7	5	4904,6	99,7%	4,99

### 2.3.2 Potencijalno ugrožene zgrade

Proračun za ovaj parametar se bazira na utvrđivanju broja zgrada na svakom poplavnom području. Što je više pogođenih zgrada, to je veća potencijalna šteta. Na osnovi slobodno dostupnih prostornih podataka („Open street map“), GIS analizom dobiveni su prostorni podaci o broju zgrada na pojedinim poplavnim površinama prikazani u (Prilog F).

Tablica 24. Potencijalno ugrožene zgrade na aktivnom poplavnom području rijeke Save.

SAVA_AFP	AFP_POVRŠINA [ha]	BROJ KUĆA U AFP	BROJ KUĆA / km <sup>2</sup>
AFP 01	89850	3206	3,57
AFP 02	683,7	2	0,29
AFP 03	1545	7	0,45
AFP 04	1691,1	12	0,71
AFP 05	894	20	2,24
AFP 06	2193,7	8	0,36

Tablica 25. Potencijalno ugrožene zgrade na aktivnom poplavnom području rijeke Dunav.

DUNAV FP	FP_POVRŠINA [ha]	BROJ KUĆA U FP	BROJ KUĆA / km <sup>2</sup>
FP30	4865,6	24	0,49
FP31	27990	498	1,78
FP32	1958,1	17	0,87
FP33	2461,9	13	0,53
FP34	3000,8	36	1,20
FP35	4921,7	73	1,48

Prema FEM metodologiji klasifikacije i prioritizacije poplavnih područja formirane su 3 kategorije za određivanje parametara "Potencijalno ugrožene zgrade". Kategorije su klasificirane prema broju zgrada u poplavnom području, proračunato kao omjer broja zgrada i površine poplavnog područja;

- I kategorija (1 bod – žuto),  $n$  [broj zgrada / km<sup>2</sup>] > 5 [broj zgrada / km<sup>2</sup>].
- II kategorija (3 boda – zeleno),  $1$  [broj zgrada / km<sup>2</sup>] <  $n$  [broj zgrada / km<sup>2</sup>] < 5 [broj zgrada/km<sup>2</sup>].
- III kategorija (5 bodova – plavo),  $n$  [broj zgrada / km<sup>2</sup>] < 1 [broj zgrada / km<sup>2</sup>].

Tablica klasifikacije prikazana je u poglavlju 3.1.3., vidi Tablica 44. Konačna klasifikacija FEM parametra " Potencijalno ugrožene zgrade " prikazana je u poglavlju 3.2.3.2.

## 2.4 PREGLED FEM PARAMETARA RIJEKE SAVE I DUNAVA

### 2.4.1 Hidrološko-hidraulički parametri

Hidrološko-hidraulički parametri za Savu i Dunav prikazani su u tablicama dolje, te grafički (Prilog D i Prilog E).

**Tablica 26. Parametar promjena vodostaja  $\Delta h_{100}$ . za rijeku Savu.**

Parametar	AFP_01	AFP_02	AFP_03	AFP_04	AFP_05	AFP_06
Smanjenje Protoka $\Delta Q_{100rel}$ [%]	45.26%	0.61%	0.51%	1.29%	8.24%	23.35%
Translacija v. vala $\Delta t_{100rel}$ [%]	6.53%	0.97%	0.48%	1.17%	6.09%	0.00%
Smanjenje Protoka $\Delta Q_{1000rel}$ [%]	54.56%	0.00%	0.41%	0.80%	2.57%	41.84%
Translacija v. vala $\Delta t_{1000rel}$ [%]	7.67%	0.00%	0.41%	1.08%	1.13%	14.93%
Promjena vodostaja $\Delta h_{100r}$ [cm]	262	153	16	10	100	51
Promjena brzine $\Delta v_{100}$ [m/s]	0.10	0.03	-0.01	0.00	0.05	0.05
Promjena posmika $\Delta \tau_{100}$ [N/m <sup>2</sup> ]	1.15	0.35	-0.10	0.05	0.27	0.52

\*AFP\_01 je raščlanjen na dva djela (AFP\_01-1 i AFP\_01-2) zbog pritoka (r. Kupa) i retencije sustava Lonjsko Polje koji uključuje ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak.

**Tablica 27. Parametar promjena vodostaja  $\Delta h_{100}$ . za rijeku Dunav.**

Parametar	AFP_30	AFP_31	AFP_22	AFP_33	AFP_34	AFP_35
Smanjenje Protoka $\Delta Q_{100rel}$ [%]	187.30%	7.38%	10.79%	12.26%	29.84%	24.35%
Translacija v. vala $\Delta t_{100rel}$ [%]	1.50	0.07	0.09	0.13	0.18	0.14
Smanjenje Protoka $\Delta Q_{1000rel}$ [%]	-	-	-	-	-	-
Translacija v. vala $\Delta t_{1000rel}$ [%]	-	-	-	-	-	-
Promjena vodostaja $\Delta h_{100r}$ [cm]	70	15	30	16	48	17
Promjena brzine $\Delta v_{100}$ [m/s]	-	-	-	-	-	-
Promjena posmika $\Delta \tau_{100}$ [N/m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-

\*Poplavna područja za Dunav usklađena su s proračunima Instituta "Jaroslav Cerni".

### 2.4.2 Ekološki parametri

Ekološki parametri za Savu i Dunav prikazani su u tablicama dolje i u prilogu (Prilog G). Grafički prikaz karata dan je u prilogu (Prilog F).

**Tablica 28. Ekološki parametri rijeke Save.**

SAVA AFP	FEM Povezanost vodnih tijela	Broj zaštićenih vrsta	Postotak zaštićenih staništa [%]	Potencijal tipičnih staništa	Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda
AFP_01	3	162	89%	-	Dobro
AFP_02	1	85	21%	-	Dobro
AFP_03	1	85	100%	-	Vrlo dobro
AFP_04	1	78	100%	-	Dobro
AFP_05	1	82	100%	-	Vrlo dobro
AFP_06	1	82	92%	-	Dobro

**Tablica 29. Ekološki parametri rijeke Dunav.**

DUNAV FP	FEM Povezanost vodnih tijela	Broj zaštićenih vrsta	Postotak zaštićenih staništa [%]	Potencijal tipičnih staništa	Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda
FP_30	1	91	45%	-	Dobro
FP_31	1	125	80%	-	Dobro
FP_32	5	80	57%	-	Vrlo dobro
FP_33	5	80	53%	-	Vrlo dobro
FP_34	3	78	61%	-	Vrlo dobro
FP_35	1	70	4%	-	Vrlo dobro

### 2.4.3 Socio-ekonomski parametri

Socio-ekonomski parametri za Savu i Dunav prikazani su u tablicama dolje. Grafički prikaz karata dan je u prilogu (Prilog F).

**Tablica 30. Socio-ekonomski parametri rijeke Save.**

SAVA AFP	Korištenje zemljišta	Broj potencijalno ugroženih zgrada po km <sup>2</sup>
AFP_01	4.47	3.57
AFP_02	4.16	0.29
AFP_03	4.83	0.45
AFP_04	3.96	0.71
AFP_05	3.96	2.24
AFP_06	4.81	0.36

**Tablica 31. Socio-ekonomski parametri rijeke Dunav.**

SAVA AFP	Korištenje zemljišta	Broj potencijalno ugroženih zgrada po km <sup>2</sup>
FP_30	4.87	0.49
FP_31	4.61	1.78
FP_32	4.78	0.87
FP_33	4.87	0.53
FP_34	4.77	1.20
FP_35	4.48	1.48

# 3 Klasifikacija i prioritizacija poplavnih površina rijeke Save i rijeke Dunav na temelju FEM parametara

## 3.1 METODOLOGIJA PRIORITIZACIJE I KLASIFIKACIJE POPLAVNIH PODRUČJA RIJEKE SAVE I RIJEKE DUNAV

Klasifikacija poplavnih područja vrši se u dva koraka:

### 1. Korak – Definiranje potrebe za očuvanjem postojećih inundacija

Nakon proračuna FEM parametara, FEM metodologija zahtijeva klasifikaciju poplavnih područja za usporedbu sa ostalim poplavnim područjem. Svakom parametru su dodijeljene ocjene/bodovi 1, 3 i 5. Opis i značenje FEM klasifikacije prikazane su u tablici (Tablica 32). U sljedećim poglavljima (dolje) definirane su granice za klasifikaciju hidrološko-hidrauličkih, ekoloških i socio-ekonomskih parametara.

Tablica 32. Opis i značenje klasifikacije parametara

FEM-Bodovi
nizak učinak = 1 (žuto)
srednji učinak = 3 (zeleno)
visok učinak = 5 (plavo)

Ukoliko bilo koji od FEM parametara iz minimalne klase FEM parametara [4] ima ocjenu (bodovi) 5, preporuča se očuvanje postojećih inundacija.

### 2. Korak – Izrada liste prioriteta za revitalizaciju postojećih inundacija

U svrhu prioritizacije, postojeće inundacije razvrstane su u tri grupe u skladu s tablicom (Tablica 33).

Tablica 33. Grupe za prioritizaciju postojećih inundacija

FEM prioriteti revitalizacije inundacija	Opis	Uvjeti
H - Visok Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najveći prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Ako $\leq 3$ FEM parametara su ocjenjena s 5 bodova & Ako $\geq 4$ FEM parametara su ocjenjeni s 3 boda & $\geq 1$ FEM parametar je ocjenjen s 1 bodom ili $\geq 3$ FEM parametara su ocjenjeni s 1 bodom
M - Srednji Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju srednji prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Inače, Ako su $\leq 3$ FEM parametara ocjenjeni s 5 bodova & Ako je suma FEM parametara koji imaju dodjeljeno bodove 3 ili 1 je $\geq 3$
L - Nizak prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najniži prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Inače, Ako $\geq 4$ FEM parametara imaju ocjenu 5 bodova

### 3.1.1 Granice parametara za klasificiranje hidrološko-hidrauličkih parametara

Granice za klasifikaciju pojedinog hidrološko-hidrauličkog parametra dane su u sljedećim tablicama.

**Tablica 34. Granice za Smanjenje vrha vodnog vala  $\Delta Q$ .**

Granice $\Delta Q_{rel}$ [%]	
1	<1%
3	1-2%
5	>2%

**Tablica 35. Granice za Translacija vodnog vala  $\Delta t$ .**

Granice $\Delta t_{rel}$ [h]	
1	<1h
3	1-5h
5	>5h

**Tablica 36. Granice za Promjena vodostaja  $\Delta h$ .**

Granice $\Delta h$ [cm]	
1	<10 cm
3	10-50 cm
5	>50 cm

**Tablica 37. Granice za Brzina tečenja  $\Delta v$ .**

Granice $\Delta v$ [m/s]	
1	<0.1 m/s
3	0.1-0.2 m/s
5	>0.2 m/s

**Tablica 38. Granice za Pridнено posmično naprežanje  $\Delta \tau$ .**

Granice $\Delta \tau$ [N/m <sup>2</sup> ]	
1	<1.5 N/m <sup>2</sup>
3	1.5-3.0 N/m <sup>2</sup>
5	>3.0 N/m <sup>2</sup>

### 3.1.2 Granice parametara za klasificiranje ekoloških parametara

Granice za klasifikaciju ekoloških parametara dane su u sljedećim tablicama.

**Tablica 39. Granice za Povezanost vodnih tijela.**

Granice za Povezanost vodnih tijela	
1	Vodna tijela više ne postoje
	Vodna tijela postoje - nisu povezana
3	Vodna tijela postoje – povezana su kod $Q > Q_{bankfull}$
5	Vodna tijela ne postoje
	Vodna tijela postoje – povezana su kod $Q < Q_{bankfull}$

**Tablica 40. Granice za Postojanje zaštićenih vrsta.**

Granice za Broj zaštićenih vrsta [n]	
1	nema
3	1-40
5	>40

**Tablica 41. Granice za Postojanje zaštićenih staništa.**

Granice za Postotak zaštićenih staništa [%]	
1	<33%
3	33-67%
5	>67%

**Tablica 42. Granice za Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda.**

Granice za Ekološki status vodnih tijela [-]	
1	Vrlo loše stanje ili loše stanje
3	Umjereno stanje
5	Dobro stanje ili Vrlo dobro stanje

### 3.1.3 Granice parametara za klasificiranje socio-ekonomskih parametara

Granice za klasifikaciju socio-ekonomskih parametara dane su u sljedećim tablicama.

**Tablica 43. Granice za Korištenje zemljišta.**

Granice korištenja zemljišta [-]	
1	<2
3	2-4
5	>4

**Tablica 44. Granice za Potencijalno ugrožene zgrade.**

Granice Broj kuća [n/km <sup>2</sup> ]	
1	>5 n/km <sup>2</sup>
3	1-5 n/km <sup>2</sup>
5	<1 n/km <sup>2</sup>

## 3.2 PRIORITIZACIJA POPLAVNIH PODRUČJA S MOGUĆIM MJERAMA OČUVANJA NA TEMELJU FEM PRISTUPA ZA RIJEKU SAVU I DUNAV

### 3.2.1 Klasifikacija pojedinih hidrološko-hidrauličkih parametara

Na temelju proračuna FEM parametara u Prvom izvješću [6] i klasifikacije parametara iz poglavlja 3.1, određene su konačne ocjene za svaki hidrološko-hidraulički parametar i prikazane su u sljedećim tablicama.

#### 3.2.1.1 Smanjenje vrha vodnog vala – protok $\Delta Q_{100}$

Smanjenje vrha vodnog vala  $\Delta Q$  proračunato je i klasificirano za protoke 100-godišnjeg i 1000-godišnjeg povratnog perioda.

Tablica 45. Klasifikacija za Smanjenje vrha vodnog vala  $\Delta Q_{100}$ . na rijeci Savi.

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m <sup>3</sup> /s]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	1398.77	79.67%	5
AFP_01-2*	87.84	10.84%	5
AFP_01	743.305	45.26%	5
AFP_02	6.3	0.61%	1
AFP_03	5.24	0.51%	1
AFP_04	12.16	1.29%	3
AFP_05	143.04	8.24%	5
AFP_06	483.55	23.35%	5

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

Tablica 46. Klasifikacija za Smanjenje vrha vodnog vala  $\Delta Q_{1000}$ . na rijeci Savi.

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m <sup>3</sup> /s]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	2368.63	84.47%	5
AFP_01-2*	293.87	24.65%	5
AFP_01	1331.25	54.56%	5
AFP_02	0	0.00%	1
AFP_03	5.95	0.41%	1
AFP_04	9.94	0.80%	1
AFP_05	69.07	2.57%	5
AFP_06	1251.29	41.84%	5

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.



**Tablica 47. Klasifikacija za Smanjenje vrha vodnog vala  $\Delta Q_{100}$  na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m <sup>3</sup> /s]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
FP_30	912.9	187.30%	5
FP_31	370.9	7.38%	5
FP_32	456.0	10.79%	5
FP_33	468.0	12.26%	5
FP_34	1139.1	29.84%	5
FP_35	971.6	24.35%	5

### 3.2.1.2 Translacija vodnog vala – vrijeme $\Delta t_{100}$

Translacija vrha vodnog vala  $\Delta t$  proračunata je i klasificirana za protoke 100-godišnjeg i 1000-godišnjeg povratnog perioda.

**Tablica 48. Klasifikacija za Translacija vodnog vala  $\Delta t_{100}$  na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [h]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	2	3.51%	5
AFP_01-2*	37	9.56%	5
AFP_01	19.5	6.53%	5
AFP_02	4	0.97%	3
AFP_03	2	0.48%	3
AFP_04	4	1.17%	3
AFP_05	22	6.09%	5
AFP_06	0	0.00%	1

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

**Tablica 49. Klasifikacija za Translacija vodnog vala  $\Delta t_{1000}$  na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [h]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	0.00	0.00%	1
AFP_01-2*	69	15.33%	5
AFP_01	34.5	7.67%	3
AFP_02	0	0.00%	1
AFP_03	2	0.41%	3
AFP_04	4	1.08%	3
AFP_05	5	1.13%	3
AFP_06	73	14.93%	5

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

**Tablica 50. Klasifikacija za Translacija vodnog vala  $\Delta t_{100}$  na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [h]	Klasifikacija
FP_30	1.50	<b>3</b>
FP_31	0.07	<b>1</b>
FP_32	0.09	<b>1</b>
FP_33	0.13	<b>1</b>
FP_34	0.18	<b>1</b>
FP_35	0.14	<b>1</b>

### 3.2.1.3 Promjena vodostaja $\Delta h$ za protok $Q_{100}$

Hidraulički parametar  $\Delta h$  promjene vodostaja između postojećeg sustava  $Q_{tot}$  i sustava pri kojem su nasipi pomaknuti na samu obalu rijeke  $Q_{RC}$  proračunat je i klasificiran u sljedećim tablicama za protoke 100-godišnjeg povratnog perioda.

**Tablica 51. Klasifikacija za Promjena vodostaja  $\Delta H_{100}$  na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	4.43	4.53%	<b>5</b>
AFP_01-2*	0.81	0.87%	<b>5</b>
AFP_01	2.62	0.03	<b>5</b>
AFP_02	1.53	1.65%	<b>5</b>
AFP_03	0.16	0.18%	<b>3</b>
AFP_04	0.10	0.11%	<b>1</b>
AFP_05	1.00	1.15%	<b>5</b>
AFP_06	0.51	0.60%	<b>5</b>

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

**Tablica 52. Klasifikacija za Promjena vodostaja  $\Delta H_{100}$  na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m]	Klasifikacija
FP_30	0.70	<b>5</b>
FP_31	0.15	<b>3</b>
FP_32	0.30	<b>3</b>
FP_33	0.16	<b>3</b>
FP_34	0.48	<b>3</b>
FP_35	0.17	<b>3</b>

### 3.2.1.4 Brzina tečenja $\Delta v$ za protok $Q_{100}$

Hidraulički parametar  $\Delta v$  promjene brzine toka između postojećeg sustava  $Q_{tot}$  i sustava pri kojem su nasipi pomaknuti na samu obalu rijeke  $Q_{RC}$  proračunat je i klasificiran u sljedećim tablicama za protoke 100-godišnjeg povratnog perioda.

**Tablica 53. Klasifikacija za Brzina tečenja  $\Delta v_{100}$  na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [m/s]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	0.30	25.64%	<b>5</b>
AFP_01-2*	-0.11	-9.40%	<b>1</b>
AFP_01	0.10	0.08	<b>3</b>
AFP_02	0.03	1.92%	<b>1</b>
AFP_03	-0.01	-0.72%	<b>1</b>
AFP_04	0.00	0.00%	<b>1</b>
AFP_05	0.05	0.00%	<b>1</b>
AFP_06	0.05	0.00%	<b>1</b>

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

### 3.2.1.5 Pridнено posmično naprezanje $\Delta \tau$ za protok $Q_{100}$

Hidraulički parametar  $\Delta \tau$  promjene pridnenog posmičnog naprezanja između postojećeg sustava  $Q_{tot}$  i sustava pri kojem su nasipi pomaknuti na samu obalu rijeke  $Q_{RC}$  proračunat je i klasificiran u sljedećim tablicama za protoke 100-godišnjeg povratnog perioda.

**Tablica 54. Klasifikacija za Pridнено posmično naprezanje  $\Delta \tau_{100}$  na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [N/m <sup>2</sup> ]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01-1*	3.63	47.02%	<b>5</b>
AFP_01-2*	-1.34	-20.65%	<b>1</b>
AFP_01	1.15	0.13	<b>3</b>
AFP_02	0.35	3.21%	<b>1</b>
AFP_03	-0.10	-1.21%	<b>1</b>
AFP_04	0.05	0.58%	<b>1</b>
AFP_05	0.27	0.58%	<b>1</b>
AFP_06	0.52	0.58%	<b>1</b>

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

### 3.2.1.6 Finalna objedinjena klasifikacija svih hidrološko-hidrauličkih parametara

Finalna objedinjena klasifikacija određuje se na temelju sljedećih kriterija:

- ako je broj parametara označenih žutom bojom veći od dva, konačna ocjena/bod je 1
- ako je maksimalno jedan parametar označen žutom bojom ili najmanje dva parametra su označena zelenom bojom, konačna ocjena/bod je 3
- ako su minimalno dva parametra označena plavom bojom i nema žuto označenih parametara, konačna ocjena/bod je 5

Konačna klasifikacija hidrološko-hidrauličkih parametara za svaku poplavnu zonu prikazana je u sljedećoj tablici.

**Tablica 55. Finalna klasifikacija hidrološko-hidrauličkih parametara za rijeku Savu.**

Poplavna zona	Klasifikacija
AFP_01	5
AFP_02	1
AFP_03	1
AFP_04	1
AFP_05	1
AFP_06	1

**Tablica 56. Finalna klasifikacija hidrološko-hidrauličkih parametara za rijeku Dunav.**

Poplavna zona	Klasifikacija
FP_30	5
FP_31	3
FP_32	3
FP_33	3
FP_34	3
FP_35	3

### 3.2.2 Klasifikacija ekoloških parametara

Na temelju proračuna FEM parametara prema metodologiji iz poglavlja 2.2 i klasifikacije parametara iz poglavlja 3.1, određene su konačne ocjene za svaki ekološki parametar i prikazane su u sljedećim tablicama.

#### 3.2.2.1 Povezanost vodnih tijela poplavnih područja

Ekološki parametar Povezanost vodnih tijela proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama.

**Tablica 57. Klasifikacija za Povezanost vodnih tijela na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Prirodna (povijesna) vodna tijela	Klasifikacija
AFP_01-1*	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
AFP_01-2*	Vodna tijela postoje – povezana su kod $Q < Q_{bankfull}$	5
AFP_01	Vodna tijela postoje – povezana su kod $Q > Q_{bankfull}$	3
AFP_02	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
AFP_03	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
AFP_04	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
AFP_05	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
AFP_06	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1

\*AFP\_01 podijeljen je na dvije dionice zbog duljine dionice i kompleksnosti sustava rijeke. Konačna ocjena je dodijeljena kao srednja vrijednost obje dionice.

**Tablica 58. Klasifikacija za Povezanost vodnih tijela na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Prirodna (povijesna) vodna tijela	Klasifikacija
FP_30	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
FP_31	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
FP_32	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
FP_33	Vodna tijela postoje – povezana su kod $Q > Q_{bankfull}$	3
FP_34	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1
FP_35	Vodna tijela postoje - nisu povezana	1

### 3.2.2.2 Postojanje zaštićenih vrsta

Ekološki parametar Postojanje zaštićenih vrsta proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama.

**Tablica 59. Klasifikacija za Postojanje zaštićenih vrsta na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [n]	Klasifikacija
AFP_01	162	5
AFP_02	85	5
AFP_03	85	5
AFP_04	78	5
AFP_05	82	5
AFP_06	82	5

**Tablica 60. Klasifikacija za Postojanje zaštićenih vrsta na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [n]	Klasifikacija
FP_30	91	5
FP_31	125	5
FP_32	80	5
FP_33	80	5
FP_34	78	5
FP_35	70	5

### 3.2.2.3 Postojanje zaštićenih staništa

Ekološki parametar Postojanje zaštićenih staništa proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama.

**Tablica 61. Klasifikacija za Postojanje zaštićenih staništa na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [ha]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
AFP_01	80111.3	89%	5
AFP_02	141.9	21%	1
AFP_03	1544.7	100%	5
AFP_04	1690.9	100%	5
AFP_05	893.8	100%	5
AFP_06	2019.8	92%	5

**Tablica 62. Klasifikacija za Postojanje zaštićenih staništa na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [ha]	Relativna vrijednost [%]	Klasifikacija
FP_30	2206.1	45%	<b>3</b>
FP_31	22510.8	80%	<b>5</b>
FP_32	1122.5	57%	<b>3</b>
FP_33	1306.9	53%	<b>3</b>
FP_34	1835.7	61%	<b>3</b>
FP_35	211.6	4%	<b>1</b>

### 3.2.2.4 Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda

Ekološki parametar Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama

**Tablica 63. Klasifikacija za Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda	Klasifikacija
AFP_01	Dobro	<b>5</b>
AFP_02	Dobro	<b>5</b>
AFP_03	Vrlo dobro	<b>5</b>
AFP_04	Dobro	<b>5</b>
AFP_05	Vrlo dobro	<b>5</b>
AFP_06	Dobro	<b>5</b>

**Tablica 64. Klasifikacija za Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda te stanje podzemnih voda na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Ekološko i kemijsko stanje površinskih voda	Klasifikacija
FP_31	Dobro	<b>5</b>
FP_31	Dobro	<b>5</b>
FP_32	Vrlo dobro	<b>5</b>
FP_33	Vrlo dobro	<b>5</b>
FP_34	Vrlo dobro	<b>5</b>
FP_35	Vrlo dobro	<b>5</b>

### 3.2.2.5 Finalna objedinjena klasifikacija svih ekoloških parametara

Finalna objedinjena klasifikacija određuje se na temelju sljedećih kriterija:

- ako je broj parametara označenih žutom bojom veći od dva, konačna ocjena/bod je 1
- ako je maksimalno jedan parametar označen žutom bojom ili najmanje dva parametra su označena zelenom bojom, konačna ocjena/bod je 3
- ako su minimalno dva parametra označena plavom bojom i nema žuto označenih parametara, konačna ocjena/bod je 5

Konačna klasifikacija ekoloških parametara za svaku poplavnu zonu prikazana je u sljedećoj tablici.

**Tablica 65. Finalna klasifikacija ekoloških parametara za rijeku Savu.**

Poplavna zona	Klasifikacija
AFP_01	5
AFP_02	1
AFP_03	3
AFP_04	3
AFP_05	3
AFP_06	3

**Tablica 66. Finalna klasifikacija ekoloških parametara za rijeku Dunav.**

Poplavna zona	Klasifikacija
FP_30	3
FP_31	3
FP_32	3
FP_33	5
FP_34	3
FP_35	1



### 3.2.3 Klasifikacija socio-ekonomskih parametara

Na temelju proračuna FEM parametara u metodologiji iz poglavlja 2.3 i klasifikacije parametara iz poglavlja 3.1, određene su konačne ocjene za svaki socio-ekonomski parametar i prikazane su u sljedećim tablicama.

#### 3.2.3.1 Korištenje zemljišta

Socio-ekonomski parametar Korištenje zemljišta proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama.

Tablica 67. Klasifikacija za Korištenje zemljišta na rijeci Savi.

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [-]	Klasifikacija
AFP_01	4.47	5
AFP_02	4.16	5
AFP_03	4.83	5
AFP_04	3.96	3
AFP_05	3.96	3
AFP_06	4.81	5

Tablica 68. Klasifikacija za Korištenje zemljišta na rijeci Dunav.

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [-]	Klasifikacija
FP_30	4.94	5
FP_31	4.90	5
FP_32	4.80	5
FP_33	4.97	5
FP_34	4.97	5
FP_35	4.99	5

### 3.2.3.2 Potencijalno ugrožene zgrade

Socio-ekonomski parametar Potencijalno ugrožene zgrade proračunat je i klasificirana u sljedećim tablicama.

**Tablica 69. Klasifikacija za Potencijalno ugrožene zgrade na rijeci Savi.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [Br. kuća]	Relativna vrijednost [Br.kuća/km <sup>2</sup> ]	Klasifikacija
AFP_01	3206	3.57	3
AFP_02	2	0.29	5
AFP_03	7	0.45	5
AFP_04	12	0.71	5
AFP_05	20	2.24	3
AFP_06	8	0.36	5

**Tablica 70. Klasifikacija za Potencijalno ugrožene zgrade na rijeci Dunav.**

Poplavna zona	Apsolutna vrijednost [Br. kuća]	Relativna vrijednost [Br.kuća/km <sup>2</sup> ]	Klasifikacija
FP_30	24	0.49	5
FP_31	498	1.78	3
FP_32	17	0.87	5
FP_33	13	0.53	5
FP_34	36	1.20	3
FP_35	73	1.48	3

### 3.2.3.3 Finalna objedinjena klasifikacija svih socio-ekonomskih parametara

Finalna objedinjena klasifikacija određuje se na temelju sljedećih kriterija:

- ako je broj parametara označenih žutom bojom veći od dva, konačna ocjena/bod je 1
- ako je maksimalno jedan parametar označen žutom bojom ili najmanje dva parametra su označena zelenom bojom, konačna ocjena/bod je 3
- ako su minimalno dva parametra označena plavom bojom i nema žuto označenih parametara, konačna ocjena/bod je 5

Konačna klasifikacija socio-ekonomskih parametara za svaku poplavnu zonu prikazana je u sljedećoj tablici.

**Tablica 71. Finalna klasifikacija socio-ekonomskih parametara za rijeku Savu.**

Poplavna zona	Klasifikacija
AFP_01	3
AFP_02	5
AFP_03	5
AFP_04	3
AFP_05	3
AFP_06	5

**Tablica 72. Finalna klasifikacija socio-ekonomskih parametara za rijeku Dunav.**

Poplavna zona	Klasifikacija
FP_30	5
FP_31	3
FP_32	5
FP_33	5
FP_34	3
FP_35	3

### 3.2.4 Prioritizacija poplavnih područja na rijeci Savi

Poplavno područje AFP\_02 ima najviši prioritet „H“ za revitalizaciju poplavnog područja zbog niske ocjene hidrološko-hidrauličkih i ekoloških parametara.

Poplavna područja AFP\_03-AFP\_06 imaju srednji prioritet „M“ revitalizacije postojećih inundacija (Tablica 73).

Na temelju FEM parametrizacije inundacija poplavnih područja na rijeci Savi vidljivo je da je najniži prioritet dodijeljen za AFP\_01, prioritet „L“ – nizak prioritet revitalizacije. Glavni razlog ovako pozitivne ocjene očituje se u visokim ocjenama hidrološko-hidrauličkih i ekoloških FEM klasa, odnosno u sinergiji ljudsko-izgrađenog sustava obrane od poplava Lonjsko polje s pripadajućim hidrotehničkim građevinama (retencije sustava Lonjsko Polje, ustave Prevlaka i Trebež te prag Palenjak) te jedinstvenog ekosustava i visokog broja zaštićenih vrsta koje su opstale unatoč, ali i zahvaljujući primijenjenom pristupu ljudskih djelatnosti. Vrijednost sustava Lonjsko polje je općepoznata i priznata kao jedno je od najvećih i najbolje očuvanih prirodnih poplavnih područja u Europi [7]. Prirodna poplavna područja Lonjskog, Mokrog i Poganovog polja imaju ključnu ulogu u sustavu za obranu od poplava te u međunarodnom kontekstu predstavljaju jedan od prvih primjera u svijetu gdje se obrana od poplava temelji na korištenju prirodnih poplavnih površina. FEM metodologija je neovisnom analizom potvrdila vrijednost ovakvog posebnog sustava obrane od poplava. Na temelju primjera za AFP\_01, ocjenjuje se da je FEM metoda adekvatna metoda za ocjenu stanja inundacija.

Za razliku od AFP\_01, sva ostala poplavna područja na rijeci Savi imaju veći prioritet revitalizacije inundacija. To se očitava u činjenici da sva ostala područja kao mjeru zaštite od poplava primjenjuju izradu nasipa. Takvim zahvatom se sužavaju povijesne inundacije te se nepovoljno odražava na propagaciju vodnog vala - povišene vodostaje na branjenom području te negativan utjecaj na nizvodna područja zbog smanjenja vremena dolaska vodnog vala.

Mjere očuvanja i revitalizacije poplavnog područja razmatrat će se za poplavna područja AFP\_02-AFP\_06.

Karte s prikazom poplavnih područja i FEM parametara prikazane su u prilogu Prilog I.

**Tablica 73. Ukupna klasifikacija poplavnih zona na rijeci Savi.**

Poplavno područje	Klasifikacija hidrološko-hidrauličkih parametara	Klasifikacija ekoloških parametara	Klasifikacija socio-ekonomskih parametara	Treba li inundaciju očuvati?	Prioritet revitalizacije postojećih inundacija
AFP_01	5	5	3	DA	L
AFP_02	1	1	5	DA	L
AFP_03	1	3	5	DA	M
AFP_04	1	3	3	DA	H
AFP_05	1	3	3	DA	L
AFP_06	1	3	5	DA	L

### 3.2.5 Prioritizacija poplavnih područja na rijeci Dunav

Inundacije rijeke Dunav imaju neznatno niže prioritete revitalizacije inundacija. Poplavna područja FP\_30 i FP\_33 ocjenjeni imaju nizak prioritet „L“ revitalizacije inundacija zahvaljujući srednjoj ocjeni hidrološko-hidrauličkih parametara te visokoj ocjeni socio-ekonomskih parametara. Ostala poplavna područja imaju srednji prioritet „M“ revitalizacije postojećih inundacija (Tablica 74).

**Tablica 74. Ukupna klasifikacija poplavnih zona na rijeci Dunav.**

Poplavno područje	Klasifikacija hidrološko-hidrauličkih parametara	Klasifikacija ekoloških parametara	Klasifikacija socio-ekonomskih parametara	Treba li inundaciju očuvati?	Ukupna klasifikacija poplavnog područja
FP_30	5	3	5	DA	L
FP_31	3	3	3	DA	H
FP_32	3	3	5	DA	L
FP_33	3	5	5	DA	L
FP_34	3	3	3	DA	H
FP_35	3	1	3	DA	H

### **3.3 MOGUĆE MJERE OČUVANJA NA TEMELJU FEM PRISTUPA**

U skladu s projektom DANUBE FLOODPLAIN, razmatrat će se dva scenarija revitalizacije postojećih inundacija (RS1 i RS2).

#### **1. (RS1) Realistični scenarij revitalizacije**

Ovaj scenarij uključuje niz mjera očuvanja prirodnih inundacija koje su realistične i moguće za implementaciju u bližoj budućnosti. Mjere uključuju izmještanje postojećih nasipa, promjene geometrije rijeke, promjene pokrova (hrapavosti) inundacija, itd.

#### **2. (RS2) Optimistični scenarij revitalizacije**

Ovaj scenarij uključuje niz mjera očuvanja prirodnih inundacija koje su poželjne i svrsishodne za revitalizaciju prirodnog ekološkog stanja inundacije i smanjenja poplavnog rizika na poplavnom području, ali je njihova implementacija manje realistična u skorijoj budućnosti.

Predložene mjere testirat će se hidrauličkim modeliranjem i uspoređene sa postojećim stanjem u budućim fazama projekta DANUBE FLOODPLAIN.

Glavna zadaća predloženih mjera je revitalizacija postojećih inundacija u njihovo izvorno stanje, odnosno sto je moguće bliže njihovom prirodnom stanju kako bi se zadovoljili i ekološki uvjeti očuvanja, ali i osiguralo smanjenje poplavnog rizika promatranog poplavnog područja.

Predložene mjere prikazane su u tablično za rijeku Savu ( Tablica 75) i za rijeku Dunav (Tablica 76). Lokacija predloženih mjera revitalizacije unutar poplavnog područja ovisi o lokalnim uvjetima i mogućnostima poboljšanja stanja.

Kratak opis predloženih mjera očuvanja postojećih inundacija dan je u tekstu koji slijedi.

### **3.3.1 Opis predloženih mjera**

#### **Hidrotehničke građevine**

##### **1.1. Premještanje nasipa**

Ova mjera uključuje izmještanje nasipa, odnosno proširenje ili sužavanje inundacije u svrhu snižavanja vodostaja i smanjenja brzina vode i pridnenog posmičnog naprezanja, odnosno zaštite naselja od plavljenja. S ekološkog stajališta ova mjera omogućuje revitalizaciju prirodnog / povijesnog stanja inundacije.

Premještanje nasipa je realističan scenarij poplavnih područja rijeka Save i Dunava, naročito poplavnog područja AFP\_01 rijeke Save.

##### **1.2. Uklanjanje nasipa**

Ova mjera uključuje potpuno uklanjanje nasipa, odnosno proširenje inundacije u svrhu snižavanja vodostaja i smanjenja brzina vode i pridnenog posmičnog naprezanja. Uz ovu mjeru je neophodno izvesti prenamjenu korištenja zemljišta. S ekološkog stajališta ova mjera omogućuje revitalizaciju prirodnog / povijesnog stanja inundacije.

Mjera uklanjanja nasipa je optimističan scenarij revitalizacije poplavnih područja u Hrvatskoj, da bi se postigla optimalizacija mjere potrebno je postaviti socio-ekonomske parametre kao primarni faktor. Ova mjera primjenjiva je na poplavnom području AFP\_01 rijeke Save kako bi se omogućila izmjena vode između kanala Odra te prirodnih retencija nizvodno od Zagreba i glavnog korita rijeke Save.

##### **1.3. Preljevi/pragovi u nasipu**

Uzdužni pragovi se izvode u svrhu snižavanja vodostaja, a omogućuje revitalizaciju poplavnog područja s ekološkog stajališta jer ostvaruje dotoke u retencijska područja. U Hrvatskoj je ova mjera dosta učestala (na rijeci Savi Jankomirski prag, prag Palanjek i dr.).

Kao optimističan scenarij revitalizacije uzdužni pragovi se mogu smatrati kao zamjena rješenja uklanjanja nasipa.

##### **1.4. Uklanjanje pragova**

Ova mjera uključuje potpuno uklanjanje postojećih pragova u glavnom koritu rijeke. Primjer ljudski izgrađenih poprečnih pragova u Zagrebu su pragovi u neposrednoj blizini zahvata vode Toplane TE-TO Zagreb. Naime, postojeći pragovi izazivaju promjenu režima tečenja i turbulenciju vode te eroziju obala i korita rijeke nizvodno od praga. Promjena tečenja vode u siloviti režim nerijetko izaziva preusmjeravanje toka vode sa inundacija u samo glavno korito rijeke nizvodno od praga. Uklanjanje ili smanjenje broja umjetnih pragova predstavlja realističnu mjeru revitalizacije rijeke i inundacija na Savi.

##### **1.5. Promjena režima ustava**

Implementacija sustava prognoziranja i uzbunjivanja od poplava omogućila bi optimizaciju režima rada ustava na rijeci Savi. Optimalizacijom hidrotehničkih građevina oplemenila bi se poplavna područja rijeke Save i dobila bi se veća razina s aspekta ekološkog stajališta.

##### **1.6. Propusnost pragova**

Ova mjera uključuje perforaciju, odnosno uklanjanje nepropusne membrane praga kako bi se omogućilo procjeđivanje vode kroz sam prag te da se omogući ublažavanje hidrauličkog gradijenta s uzvodne i nizvodne strane praga.

##### **1.7. Uklanjanje propusta**

Ova mjera uključuje uklanjanje postojećih propusta, otvora i cijevi u nasipima na inundacijama i/ili pragovima u koritu rijeke.

## **Korištenje zemljišta i lateralni ogranci**

### **2.1. Prenamjena korištenja zemljišta u prirodno stanje**

Prenamjena korištenja zemljišta je neophodna u slučaju premještanja ili uklanjanja nasipa. Ova mjera je usko povezana s mjerom pošumljavanja postojećih inundacija. Kako bi se postigla optimalizacija mjere potrebno je postaviti socio-ekonomske parametre kao primarni faktor.

### **2.2. Modifikacija razina inundacija**

Ova mjera dolazi u potpunosti do izražaja na poplavnim područjima rijeke Save nizvodno od Siska i poplavnim područjima rijeke Dunav gdje su inundacije relativno široke. U pravilu ova mjera uključuje snižavanje razine inundacija. Nerijetko, u slučaju izgradnje objekata (uglavnom industrijskih, npr. riječnih luka) na inundaciji, mjera može uključivati i podizanje razine inundacija kako bi se umanjio poplavni rizik planiranih građevina na inundaciji.

### **2.3. Pošumljavanje inundacija**

Pošumljavanje inundacija vrši se u svrhu povećanja hrapavosti inundacija radi smanjenja brzina tečenja vode na inundacijama. Ovom mjerom potiče se bioraznolikost na inundaciji na kojoj se vrši pošumljavanje, ali se i brani nizvodno područje od plavljenja usporavanjem otjecanja i smanjenjem vrha hidrograma otjecanja na nizvodnom području.

### **2.4. Stvaranje ili ponovno spajanje novih lateralnih ogranaka i/ili bazena**

Na poplavnim područjima rijeke Save nizvodno od Stare Gradiške i poplavnim područjima rijeke Dunav postoji potreba za ovakvim mjerama, te imaju i potencijal da se takve mjere provedu. Realizacija ove mjere u prethodno navedenim poplavnim područjima spada u optimističan scenarij revitalizacije.

### **2.5. Izrada retencijskih prostora i obilaznih kanala**

Slijedeći primjer Lonjskog polja, izrada novih retencijskih prostora nerijetko predstavlja direktnu djelomičnu revitalizaciju povijesnih inundacija.

### **2.6. Spajanje postojećih starih meandara**

Spajanje postojećih meandara je nužna mjera koja bi uveliko povisila ocjenu ekološkog stanja, oplemenila poplavna područja, snizila vodostaje i smanjila brzinu vode. Ovakva mjera je realan scenarij revitalizacije za sva poplavna područja rijeke Save i Dunav u Hrvatskoj.

### **2.7. Produbljivanje starih meandara**

Poplavna područja rijeke Save nizvodno od Zagreba su bogata starim meandrima odsječenim od aktivnog poplavnog područja. Kroz dugi niz godina takvi meandri su skoro nestali taloženjem mulja. Čišćenje i produbljivanje starih meandara povećava propusnost podzemnih voda, povećava bazno otjecanje te količinu podzemnih voda. Ovakva mjera povisuje ocjenu na ekološki status revitalizaciji poplavnog područja

### **2.8. Spajanje starog meandra**

Spajanje starih meandara može pozitivno utjecati na hidrauličke parametre inundacije (smanjenje vodostaja na dionici rijeke) i na ekološke parametre rijeke. Primjer spajanja starog meandra je na lijevoj obali Dunava oko Batine.

### **2.9. Povećanje protočne površine na inundaciji**

Povećanjem protočne površine na inundaciji u svrhu snižavanja vodostaja i smanjenja brzina vode i pridnenog posmičnog naprezanja.



### **Promjena geometrije glavnog korita rijeke**

#### **3.4. Povećanje raznolikosti hidro-morfoloških elemenata**

Ova mjera uključuje revitalizaciju i prirodno stvaranje povijesnih uvala, pješćanih i šljunčanih obala na unutarnjoj strani zavoja, podlokavanja obale na vanjskoj strani zavoja rijeke, klizišta i odrona obala (omogućavanje prirodnog meandriranja). Ovakva raznolikost poprečnih profila rijeke doprinosi bioraznolikosti i ekološkom stanju voda.

#### **3.5. Prilagodba obaloutvrda**

Obaloutvrde je potrebno izvesti na način da se ne naruši hidro-morfološki profil rijeke, ne povećaju lokalne brzine i pridneno posmično naprezanje, te sa ekološke strane da se ne napravi povoljna staništa za invazivne vrste riba.

#### **3.6. Vegetacija na obalama rijeke**

Obalna vegetacija povećava hidrauličku hrapavost, stabilizira korito, odnosno obale rijeke (ujedno i alternativa za obaloutvrdu), smanjuje prinos hranjivih tvari i doprinosi samopročišćavanju rijeke.

#### **3.7. Izrada pera i nanosa u svrhu poticanja meandriranja**

Ova mjera uključuje poticanje meandriranja rijeke izradom „točkastih“ zahvata poput pera. Kao mjera je jeftinija od izrada obaloutvrda, ali zahtjeva dulje vremensko razdoblje kako bi se postiglo projektno stanje i položaj glavnog korita rijeke. Ovisno o položaju, pera se nerijetko koriste i za poticanje lokalnog produbljanje glavnog korita rijeke i stabilizaciju obala u svrhu osiguranja plovnih puteva. Ovakve zahvate možemo vidjeti uzduž rijeke Save od Siska do ušća u Dunav (plovni put).

#### **3.8. Promjena rute rijeke – meandriranje**

Promjenom rute rijeke, odnosno meandriranjem inače izravnatih dionica smanjuje se gradijent korita rijeke, smanjuju se brzine tečenja i sile pridnenog posmičnog naprezanja dna korita rijeke.

#### **3.9. Uklanjanje prirodnih pragova**

Mjera uključuje uklanjanje prirodnih pragova (prirodnih padova, stepenica) u glavnom koritu rijeke. Ova mjera mijenja lokalni gradijent rijeke.

#### **3.10. Konstrukcija ribljih mrjestilišta**

Retencije Lonjsko polje i Kopački rit su pozitivni primjeri ribljeg mrjestilišta. Osim što su prirodne retencije ujedno su i mrjestilišta riba i tako u potpunosti doprinose revitalizaciji rijeke.

#### **3.11. Uklanjanje nanosa**

Mjera uklanjanja nanosa neizbježna je na poplavnim područjima rijeke Save nizvodno od ušća pritoka (rijeke Una, Vrbas, Bosna). Nedostatak ove mjere ukazao je na veliki problem plovidbe na rijeci Savi, pogotovo na prethodno spomenutim lokacijama.

### **Druge mjere**

#### **4.1. Sustav ranog uzbunjivanja od poplava**

Sustav ranog uzbunjivanja od poplava, kao indirektna mjera koja daje pravovremenu informaciju te omogućuje koordinaciju resursa, ima dvojaku funkciju. U prvom redu izbjegava se konstrukcija zahtjevnih i skupih hidrotehničkih građevina, a u drugom redu štede se resursi (koordinacija ljudstva i materijalne opreme javnih službi je poboljšana) te se smanjuje nastala šteta koju trpi lokalno stanovništvo u slučaju poplave. Ovom mjerom poboljšavaju se socijalno-ekonomski uvjeti poplavnog područja bez da se narušavaju ekološki i hidrološko-hidraulički uvjeti poplavnog područja.

Tablica 75. Mjere revitalizacije inundacija za poplavna područja rijeke Save.

Poplavno Područje	AFP_01		AFP_02		AFP_03		AFP_04		AFP_05		AFP_06	
	DA		DA		DA		DA		DA		DA	
Postoji li potreba za očuvanjem inundacije?	L - Nizak		L - Nizak		M - srednji		H - visok		L - Nizak		L - Nizak	
Prioritet za revitalizaciju	L - Nizak		L - Nizak		M - srednji		H - visok		L - Nizak		L - Nizak	
Scenarij očuvanja	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2
Restauration Scenario												
<b>1. Hidrotehničke građevine (Constructions)</b>												
1.1. Premještanje nasipa (dike relocation)		X				X		X		X	X	X
1.2. Uklanjanje nasipa (dike removal)		X										
1.3. Preljevi / uzdužni pragovi u nasipu (gaps in dike)	X	X			X	X		X	X	X	X	X
1.4. Uklanjanje pragova (removal of weirs)	X	X										
1.5. Promjena režima ustava (change operation of weirs)		X										
1.6. Propusnost pragova (migration permeability at weirs)		X										
1.7. Uklanjanje propusta (removal of culverts)												
<b>2. Korištenje zemljišta i lateralni ogranci (Land cover and lateral branches)</b>												
2.1. Prenamjena korištenja zemljišta u prirodno stanje (convert land cover towards natural conditions)		X						X	X		X	X
2.2. Modifikacija razina inundacija (modify floodplain DEM)		X		X		X		X		X		X
2.3. Pošumljavanje inundacija u svrhu povećanja hrapavosti (increasing the roughness of floodplain – Afforestation)	X	X		X				X	X		X	X
2.4. Stvaranje ili ponovno spajanje novih lateralnih ograna i/ili bazena (Create and connect new lateral branches or pools / new water regime)		X						X	X	X	X	X
2.5. Izrada retencijskih prostora i obilaznih kanala (Create retention areas / flood channels)						X		X		X	X	X
2.6. Spajanje postojećih starih meandara (connection of lateral branches / oxbows)		X	X			X	X	X		X		X
2.7. Produblivanje starih meandara (Deepening lateral branches / oxbows)		X						X				X
2.8. Spajanje starog meandra (reconnect old oxbow)		X			X	X						X
2.9. Povećanje protočne površine na inundaciji (increase floodplain area)		X		X		X		X		X	X	X
<b>3. Promjena geometrije glavnog korita rijeke (River channel geometry alteration)</b>												
3.1. Povećanje hrapavosti korita rijeke korištenjem prirodnog kamenog nabačaja (Increasing the roughness in the river channel according to natural bedrock)												
3.2. Proširenje glavnog korita rijeke (widening of river channel)												
3.3. Povećanje razine korita rijeke / smanjenje dubine vode (Increase of the river bed / decrease of water depth)												
3.4. Povećanje raznolikosti hidro-morfoloških elemenata (increase the diversity of the river morphology (riffles, pools, potholes, sand or gravel banks, cut banks and slip-off-slope, broather and narrower passages of the river, diversity of the cross profiles of the river)		X						X				
3.5. Prilagodba obaloutvrda (removing of bank stabilisations / embankments)		X										
3.6. Vegetacija na obalama rijeke (riparian vegetation – increase the roughness, stabilises the riverbank, decreases nutrient inflow)				X				X			X	X
3.7. Izrada pera i nanosa u svrhu poticanja meandriranja (implementing groynes, boulders or dead wood to initiate meandering)												
3.8. Promjena rute rijeke – meandriranje (change course of the river – meandering)												
3.9. Uklanjanje prirodnih pragova (Removing ground sills, plunges)												
3.10. Konstrukcija ribljih mrjestilišta (create fish spawning areas)		X						X			X	X
3.11. Uklanjanje nanosa (Removing of sandbars)		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>4. Druge mjere (Other measures)</b>												
4.1. Sustav ranog uzbunjivanja od poplava	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RS1 – Realistični scenarij revitalizacije (Realistic implementation scenario)

RS2 – Optimistični scenarij revitalizacije (Realistic implementation scenario)

Tablica 76. Mjere revitalizacije inundacija za poplavna područja rijeke Dunav.

Poplavno Područje	FP_30		FP_31		FP_32		FP_33		FP_34		FP_35	
	DA		DA		DA		DA		DA		DA	
Postoji li potreba za očuvanjem inundacije?	L - Nizak		H - visok		L - Nizak		L - Nizak		H - visok		H - visok	
Prioritet za revitalizaciju	L - Nizak		H - visok		L - Nizak		L - Nizak		H - visok		H - visok	
Scenarij očuvanja	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2	RS1	RS2
Restauration Scenario												
<b>1. Hidrotehničke građevine (Constructions)</b>												
1.1. Premještanje nasipa (dike relocation)		X	X	X		X		X		X		X
1.2. Uklanjanje nasipa (dike removal)												
1.3. Preljevi / uzdužni pragovi u nasipu (gaps in dike)	X	X	X	X		X		X		X		X
1.4. Uklanjanje pragova (removal of weirs)												
1.5. Promjena režima ustava (change operation of weirs)												
1.6. Propusnost pragova (migration permeability at weirs)												
1.7. Uklanjanje propusta (removal of culverts)												
<b>2. Korištenje zemljišta i lateralni ogranci (Land cover and lateral branches)</b>												
2.1. Prenamjena korištenja zemljišta u prirodno stanje (convert land cover towards natural conditions)		X		X		X		X		X		X
2.2. Modifikacija razina inundacija (modify floodplain DEM)						X						
2.3. Pošumljavanje inundacija u svrhu povećanja hrapavosti (increasing the roughness of floodplain – Afforestation)					X				X	X		
2.4. Stvaranje ili ponovno spajanje novih lateralnih ograna i/ili bazena (Create and connect new lateral branches or pools / new water regime)		X	X	X								
2.5. Izrada retencijskih prostora i obilaznih kanala (Create retention areas / flood channels)		X	X	X								
2.6. Spajanje postojećih starih meandara (connection of lateral branches / oxbows)		X	X	X					X	X	X	X
2.7. Produblivanje starih meandara (Deepening lateral branches / oxbows)		X	X	X								
2.8. Spajanje starog meandra (reconnect old oxbow)	X	X	X	X					X	X		
2.9. Povećanje protočne površine na inundaciji (increase floodplain area)										X		
<b>3. Promjena geometrije glavnog korita rijeke (River channel geometry alteration)</b>												
3.1. Povećanje hrapavosti korita rijeke korištenjem prirodnog kamenog nabačaja (Increasing the roughness in the river channel according to natural bedrock)												
3.2. Proširenje glavnog korita rijeke (widening of river channel)												
3.3. Povećanje razine korita rijeke / smanjenje dubine vode (Increase of the river bed / decrease of water depth)												
3.4. Povećanje raznolikosti hidro-morfoloških elemenata (increase the diversity of the river morphology (riffles, pools, potholes, sand or gravel banks, cut banks and slip-off-slope, broather and narrower passages of the river, diversity of the cross profiles of the river)					X			X				
3.5. Prilagodba obaloutvrda (removing of bank stabilisations / embankments)												
3.6. Vegetacija na obalama rijeke (riparian vegetation – increase the roughness, stabilises the riverbank, decreases nutrient inflow)												
3.7. Izrada pera i nanosa u svrhu poticanja meandriranja (implementing groynes, boulders or dead wood to initiate meandering)												
3.8. Promjena rute rijeke – meandriranje (change course of the river – meandering)												
3.9. Uklanjanje prirodnih pragova (Removing ground sills, plunges)												
3.10. Konstrukcija ribljih mrjestilišta (create fish spawning areas)	X		X	X				X	X	X	X	X
3.11. Uklanjanje nanosa (Removing of sandbars)												
<b>4. Druge mjere (Other measures)</b>												
4.1. Sustav ranog uzbunjivanja od poplava	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RS1 – Realistični scenarij revitalizacije (Realistic implementation scenario)

RS2 – Optimistični scenarij revitalizacije (Realistic implementation scenario)

## 4 Ocjena upotrjebljenih metoda klasifikacija i prioritizacija

Engleska verzija poglavlja 4 nalazi se u prilogu (Prilog H).

Konačni rezultat "Flood Evolution Matrix" (FEM) metode koja je primijenjena na poplavnim zonama rijeke Save i Dunav je pozitivan. FEM metoda je detaljna, ali je primjenjiva na širokom rasponu rijeka i pritoka. Prednost metode je što uz smanjenje rizika od poplava obuhvaća i probleme ekologije i socio-ekonomske čimbenike.

Glavna zapažanja i preporuke opisane su u sljedećim poglavljima temeljena na iskustvu prikupljenom iz praktične primjene FEM metodologije poplavnih područja Save i Dunav u Hrvatskoj.

### 1. Matematička formulacija parametara $\Delta h$ , $\Delta v$ i $\Delta \tau$

Preporuča se definiranje dva slučaja za testiranje promjena hidrauličkih parametara ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  i  $\Delta \tau$ ) kako bi se sačuvale predložene granice za klasifikaciju parametara i omogućila matematička automatizacija.

*Slučaj 1: Kada se postojeća inundacija sužava*

Za slučaj 1 preporuča se korištenje sljedećih jednadžbi za proračun parametara ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  i  $\Delta \tau$ ):

Promjena vodostaja:

$$\Delta h = h_{RC} - h_{tot} [m^3/s] \quad (1.1)$$

Promjena brzine tečenja:

$$\Delta v = v_{RC} - v_{tot} [m/s] \quad (1.2)$$

Promjena pridnenog posmičnog naprezanja:

$$\Delta \tau = \tau_{RC} - \tau_{tot} [N/m^2] \quad (1.3)$$

*Slučaj 2: Kada se postojeća inundacija proširuje*

Za slučaj 2 preporuča se zadržavanje postojećih jednadžbi, kao što je to definirano u priručnicima [4,5] za proračun parametara ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  i  $\Delta \tau$ ):

Promjena vodostaja:

$$\Delta h = h_{tot} - h_{RC} [m^3/s] \quad (2.1)$$

Promjena brzine tečenja:

$$\Delta v = v_{tot} - v_{RC} [m/s] \quad (2.2)$$

Promjena pridnenog posmičnog naprezanja:

$$\Delta \tau = \tau_{tot} - \tau_{RC} [N/m^2] \quad (2.3)$$

Kada se primjenjuje slučaj 2, granice parametara za klasifikaciju trebaju biti definirane obrnuto u odnosu na slučaj 1:

	$\Delta h$ [cm]	$\Delta v$ [m/s]	$\Delta \tau$ [N/m <sup>2</sup> ]
1	>50 cm	>0.2 m/s	>3.0 N/m <sup>2</sup>
3	10-50 cm	0.1-0.2 m/s	1.5-3.0 N/m <sup>2</sup>
5	<10 cm	<0.1 m/s	<1.5 N/m <sup>2</sup>

## 2. Grupe Prioriteta Revitalizacije

Definirati jasniju klasifikaciju, odnosno opis prioriteta za definiranje liste za prioritizaciju inundacija. Slažemo se da bi moglo biti zbunjujuće korištenje brojeva (1, 3 i 5) prilikom prioritizacije inundacija za revitalizaciju jer bi bili takve ocjene bile slične ocjeni FEM parametara. Stoga, su u ovome izvješću korištene sljedeće ocjene prioritizacije, u skladu sa tablicom (Tablica 33):

- H – Visok prioritet
- M – Srednji prioritet
- L – Nizak prioritet

Bez obzira na formu klasifikacije (brojevi ili slova), klasifikacija bi se trebala standardizirati za sve AFP-ove.

Klasifikacija definirana u prezentaciji Power Point-a "WP3\_tresholds.pptx" predstavljena 03. i 04. ožujka 2020. u Bratislavi, Slovačka, pod naslovom "FEM-rezultati i rangiranje aktivnih poplavnih područja uz rijeku Dunav" čini se nepotpuna. U tablici ispod definirani su stari uvjeti:

FEM prioriteta revitalizacije inundacija	Opis	Uvjeti
H - Visok Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najveći prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Sve ostalo
M - Srednji Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju srednji prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Max tri FEM parametra imaju ocjenu 3 & dva FEM parametra imaju ocjenu 1 ili Max tri FEM parametra imaju ocjenu 1 & jedan FEM parametar ima ocjenu 3
L - Nizak prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najniži prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Max jedan FEM parametar ima ocjenu 3 & dva FEM parametra ocjenu 1 ili Tri FEM parametra imaju ocjenu 3 i jedan FEM parametar 1

Na primjeru analize AFP-a rijeke Save primijećeno je da su za AFP\_01, AFP\_02, AFP\_05 i AFP\_06 ispunjena oba uvjeta, M - Srednji Prioritet i L - Nizak Prioritet opisani u gornjoj tablici. Ovakva matematika je nepotpuna i zahtijeva iskustvenu odluku. Za automatizaciju odluke/ocjene, matematiku je potrebno prilagoditi i proširiti. U nastavku je predložena tablica, u kojoj su prikazani i opisani uvjeti prioritizacije. Dorađeni uvjeti prikazani su u tablici dolje.

Nova predložena matematika za prioritizaciju revitalizacije inundacija:

FEM prioriteta revitalizacije inundacija	Opis	Uvjeti
H - Visok Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najveći prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Ako $\leq 3$ FEM parametra su ocjenjena s 5 bodova & Ako $\geq 4$ FEM parametra su ocjenjeni s 3 boda & $\geq 1$ FEM parametar je ocjenjen s 1 bodom ili $\geq 3$ FEM parametra su ocjenjeni s 1 bodom
M - Srednji Prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju srednji prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Inače, Ako su $\leq 3$ FEM parametra ocjenjeni s 5 bodova & Ako je suma FEM parametara koji imaju dodjeljeno bodove 3 ili 1 je $\geq 3$
L - Nizak prioritet revitalizacije	Poplavna područja u ovoj grupi imaju najniži prioritet za implementacijom mjera očuvanja prirodnih inundacija	Inače, Ako $\geq 4$ FEM parametra imaju ocjenu 5 bodova

### 3. Povezanost vodnih tijela

U nedostatku hidroloških podataka i hidrauličkih modela, povezanost vodnih tijela se može utvrditi pomoću GIS-a. Preduvjeti za ovu procjenu su sljedeći:

- shapefile ili raster sa prikazom postojećih vodnih tijela, uključujući stare meandre i jezera ili
- DTM i kote obale (može se očitati iz geometrije rijeke), i
- povijesne karte.

Shapefile sa postojećim vodnim tijelima može se izraditi obradom DTM-a i interpolacijom površine koju tvori obale rijeke. Raster s prikazom vodnih tijela u plavom tonu obično je dostupan na topografskim mapama. Plavi ton boja moguće je izolirati i prezentiran, odnosno preklopljen s povijesnim kartama. Stvoreni shapefile/raster sa prikazom vodnih tijela pokazat će postoji li povezanost između vodnih tijela kod protoka kad je glavno korito potpuno ispunjeno ili kod većih protoka. Konačno, shapefile s prikazom vodnih tijela trebao bi biti preklopljen sa povijesnim kartama kako bi se vidjelo jesu li neka od povijesnih vodnih tijela odvojena / presječena ili povezana.

### 4. Ekstremni scenarij Q1000

Kad je niz prikupljenih hidroloških podataka prekratak, teško je i nepouzdana primijeniti statističke analize učestalosti poplava za 1000 godišnja povratna razdoblja.

Za ekstremne protoke, i u slučaju klimatskih promjena, može se primijeniti scenariji Q100 uvećan sa dodatnim faktorom sigurnosti od 1,2 (povećanje protoka za 20%) umjesto pokušaja proračuna 1000 godišnjih protoka.

### 5. Protok pri vodostajima pri kojima je korito rijeke potpuno ispunjeno, ali ne dolazi do plavljenja inundacija

U Velikoj Britaniji i R. Irskoj je uobičajena praksa za protok kad je glavno korito potpuno ispunjeno koristiti 2 godišnje protoke. Ovu tvrdnju trebalo bi provjeriti statističkim proračunom na većem broju rijeka u R. Hrvatskoj. U slučaju da se tvrdnja pokazuje istinitom, preporuča se korištenje 2-godišnjeg povratnog perioda kao protok pri kojem je glavno korito potpuno ispunjeno, a da ne dolazi do plavljenja inundacija.

### 6. Sustav obrane od poplave grada Zagreba i retencije Lonjsko Polje

Rezultati FEM metodologije dobiveni na rijeci Savi za AFP\_01 uspoređeni su sa projektiranim sustavom obrane od poplava grada Zagreba i ekološkom vrijednosti nacionalnog parka prirode Lonjsko polje. Poplavno područje AFP\_01 je zbog svoje složenosti podijeljeno na dva manja područja - AFP\_01-1 (šire područje Zagreba) i AFP\_01-2 (područje Lonjskog polja).

Poplavno područje Zagreba (AFP\_01-1) je površina sa visokim socio-ekonomskim vrijednostima i optimalnom zaštitom od poplava. Međutim, zbog znatne hidrotehničke gradnje (nasipi, lateralni i oteretni kanali) žrtvovana je ekološka komponenta. Autori ovoga izvješća smatraju da je takva situacija dobro evidentirana primjenom FEM metode.

Na temelju primjera za AFP\_01, ocjenjuje se da je FEM metoda adekvatna metoda za ocjenu stanja inundacija.

Vrijednost sustava Lonjsko polje (AFP\_01-2) je općepoznata i priznata kao jedno je od najvećih i najbolje očuvanih prirodnih poplavnih područja u Europi [7]. Prirodna poplavna područja Lonjskog, Mokrog i Poganovog polja imaju ključnu ulogu u sustavu za obranu od poplava te u međunarodnom kontekstu predstavljaju jedan od prvih primjera u svijetu gdje se obrana od poplava temelji na korištenju prirodnih poplavnih površina. FEM metodologija je neovisnom analizom potvrdila vrijednost ovakvog posebnog sustava obrane od poplava. FEM metoda smatra se neovisnim

pristupom koji je potvrdio tu tvrdnju dodjeljivanjem najviših ocjena hidrološko-hidrauličkih i ekoloških parametara (5 bodova). Poplavno područje AFP\_01 opisano je sa visokom potrebom za očuvanje i malim prioritetom revitalizacije.

#### **7. Potencijal tipičnih staništa**

Tijekom proračuna FEM parametara za rijeku Savu i Dunav u Hrvatskoj ustanovljeno je da za ovaj parametar nije moguće izvršiti proračune. Razlog tome je što se modeliranje tipičnih staništa radi u projektu "WP4 Danube Floodplain Project", a Hrvatska nema pilot projekt WP4. Nadalje, klasifikacija staništa za jedini dostupni skup podataka o postojećim staništima u Hrvatskoj (baza podataka od Ministarstva zaštite okoliša i energetike) nije dovoljno detaljna, pa potencijal tipičnih staništa nije moguće odrediti za potrebe ovog projekta.

#### **8. Korištenje zemljišta prebaciti u "Minimalne klase"**

Preporučuje se prebacivanje parametra Korištenje zemljišta u iz srednje u minimalnu klasifikaciju budući da je za svaku europsku državu omogućen otvoren i besplatan pristup podacima preko Corina Land Cover (CLC).

#### **9. Standardizirati "Minimum FEM class"**

FEM metodologija je opisana u priručnicima za Minimum FEM classes [4] i Medium and Extended FEM classes [5]. Za standardizaciju i pravilnu usporedbu bilo koje dvije rijeke preporučuje se definiranje konačnog broja minimalne klasifikacije (po potrebi se može proširiti s trenutnog popisa) i koristiti za prioritizaciju. Dopunjena FEM klasifikacija ne bi se smjela koristiti za prioritizaciju jer sve rijeke/poplavna područja neće uvijek koristiti dopunjenu klasifikaciju.

#### **10. Općenite preporuke**

Preporučuje se daljnji razvoj FEM metode automatizacijom procesa klasifikacije i prioritizacije FEM parametara. U sklopu završne studije definirana je Excel datoteka u kojoj je izvršena određena razina automatizacije klasifikacije i priritizacije FEM parametara. Na temelju iskustva primjene FEM metode na Savi i Dunavu preporuča se upotreba FEM metode kao standard za procjenu vrijednosti poplavnih područja i kao početni temelj prilikom odlučivanja o izgradnji nasipa ili bilo kojeg drugog zahvata, odnosno sustava obrane od poplava na aktivnim poplavnim područjima u Europi ili u svijetu.

## Bibliografija

- 1] Helmut Habersack, Bernhard Schober and Christopher Hauer, Floodplain evaluation matrix (FEM): An interdisciplinary method for evaluating river floodplains in the context of integrated flood risk management, *Nat Hazards*, 2015., DOI: 10.1007/s11069-013-0842-4
- 2] International Sava River Basin Commission, 2nd Sava River Basin Alaysis Report, 2016, <http://savacommission.org/publication>.
- 3] US Army Corps of Engineers, Sava River Basin Flood Study: HEC-RAS Technical Documentation Report
- 4] Interreg Danube Floodplain FEM Handbook, Minimum Class.
- 5] Interreg Danube Floodplain FEM Handbook, Medium and Extended Class.
- 6] Kerin, I., Sastic, H., Ocjena utjecaja revitalizacije poplavnih područja kao mjere smanjenja poplavnih rizika (Projekt DANUBE FLOODPLAIN), Prvo izvješće: Određivanje FEM parametara na poplavnim područjima rijeke Save i rijeke Dunav, Svibanj 2020.
- 7] Poschlod, Peter, Martin Schneider-Jacoby, Heiko Köstermeyer, Benjamin Tobias Hill, and Burkhard Beinlich. "Does large-scale, multi-species pasturing maintain high biodiversity with rare and endangered species?—The Sava floodplain case study." In *Pasture landscapes and nature conservation*, pp. 367-378. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002.

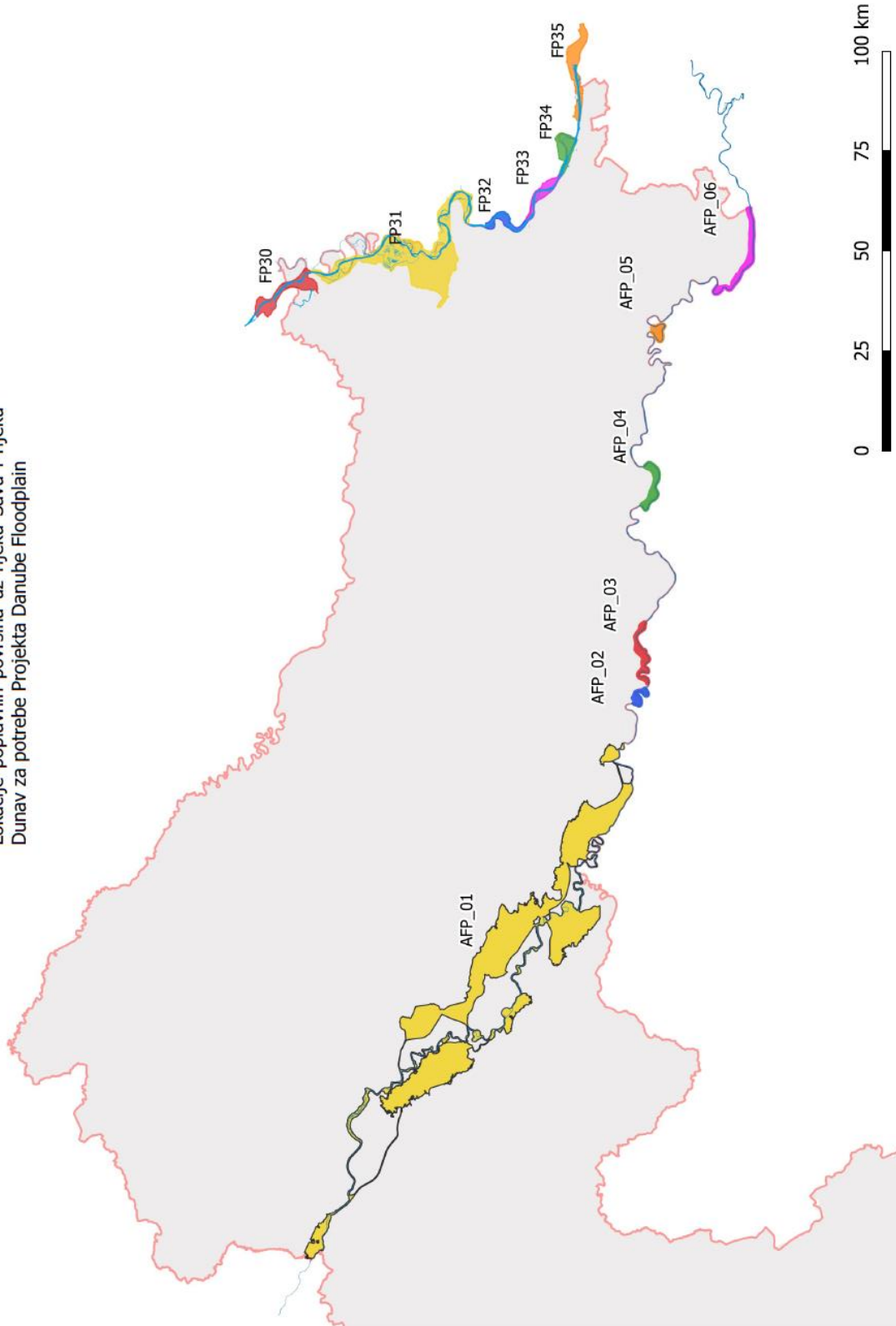


## **5 Prilozi**

Prilog A – Poplavna područja .....	57
Prilog B – Zabilježeni hidrogrami na Hidrološkim stanicama za definirana poplavna područja.....	58
Prilog C – Statistička analiza vjerojatnosti pojave vršnih protoka .....	61
Prilog D – Ulazni i izlazni Hidrogrami na poplavnim područjima.....	72
Prilog E – Rezultati na nizvodnim profilima poplavnih područja.....	80
Prilog F – Karte ekoloških i socio-ekonomskih parametara .....	92
Prilog G – Tablice.....	124
Prilog H – Chapter 4 - Evaluation of FEM method, english version.....	131
Prilog I – Karte poplavnih područja s prikazom FEM parametara .....	138

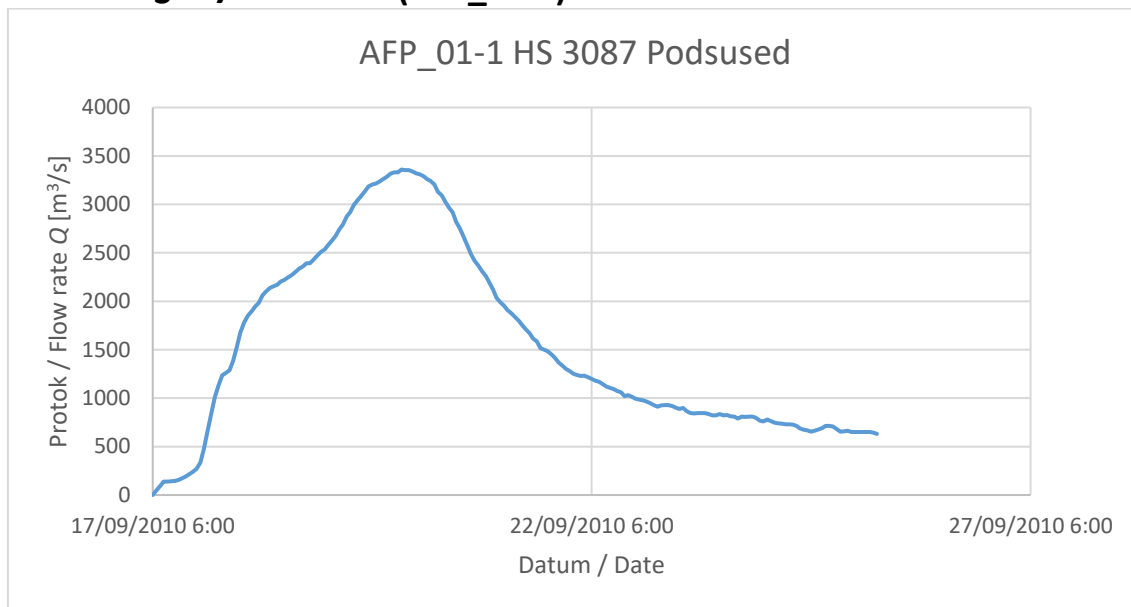
## PRILOG A – POPLAVNA PODRUČJA

Lokacije poplavnih površina uz rijeku Savu i rijeku Dunav za potrebe Projekta Danube Floodplain

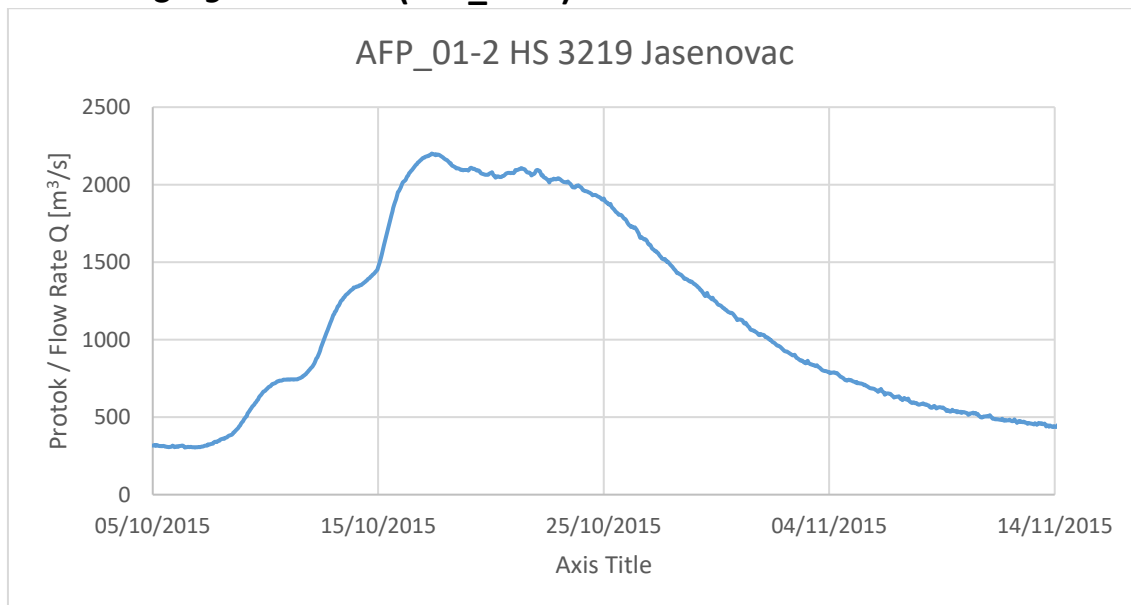


## PRILOG B – ZABILJEŽENI HIDROGRAMI NA HIDROLOŠKIM STANICAMA ZA DEFINIRANA POPLAVNA PODRUČJA

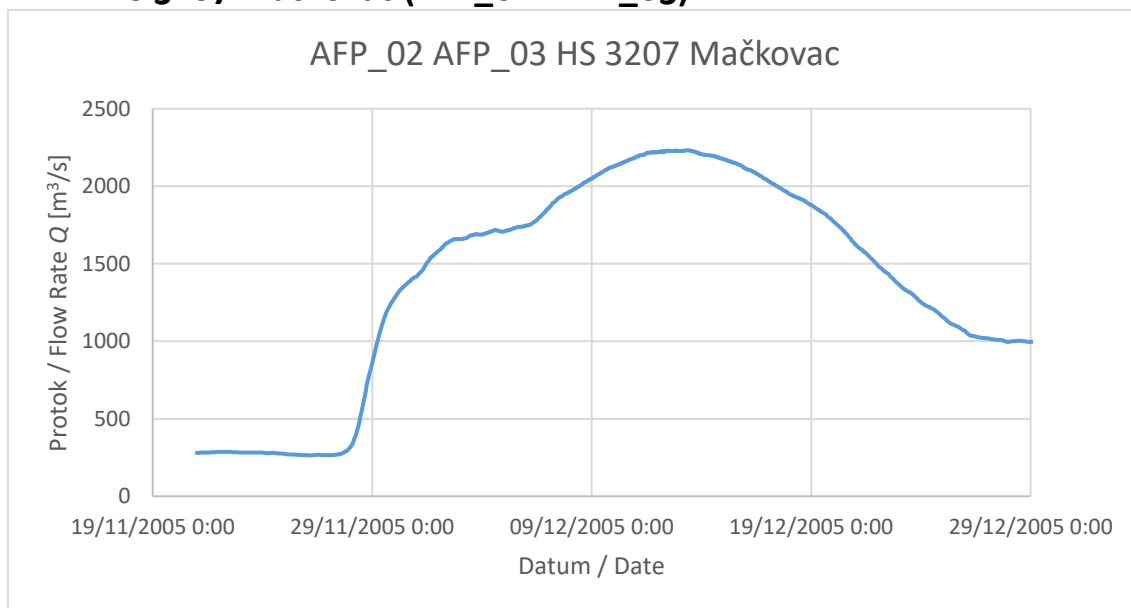
### HS 3087 Podsused (AFP\_01-1)



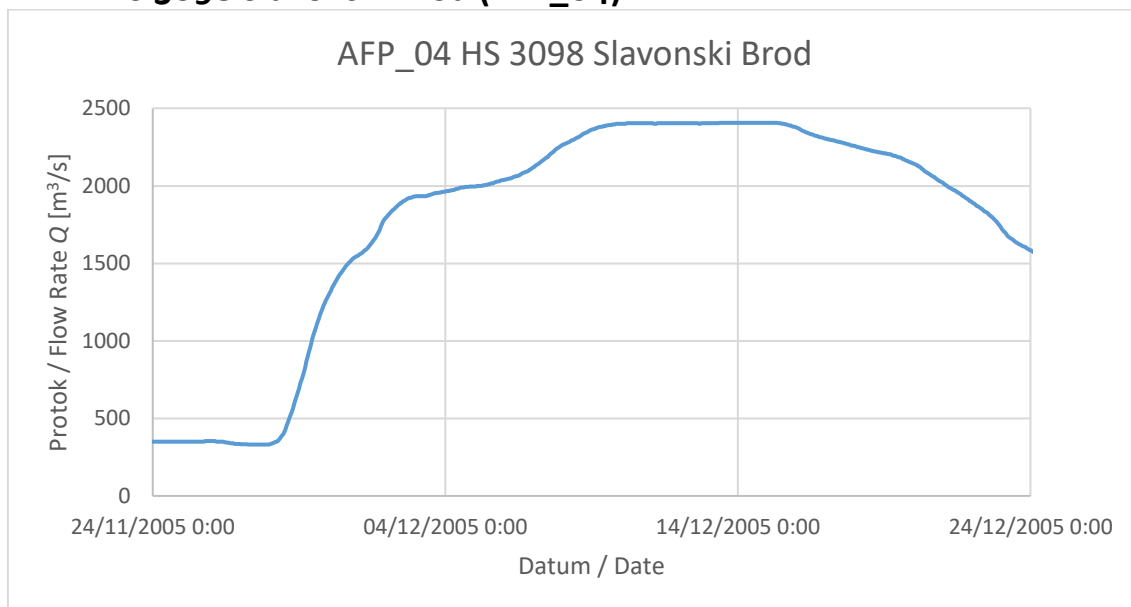
### HS 3219 Jasenovac (AFP\_01-2)



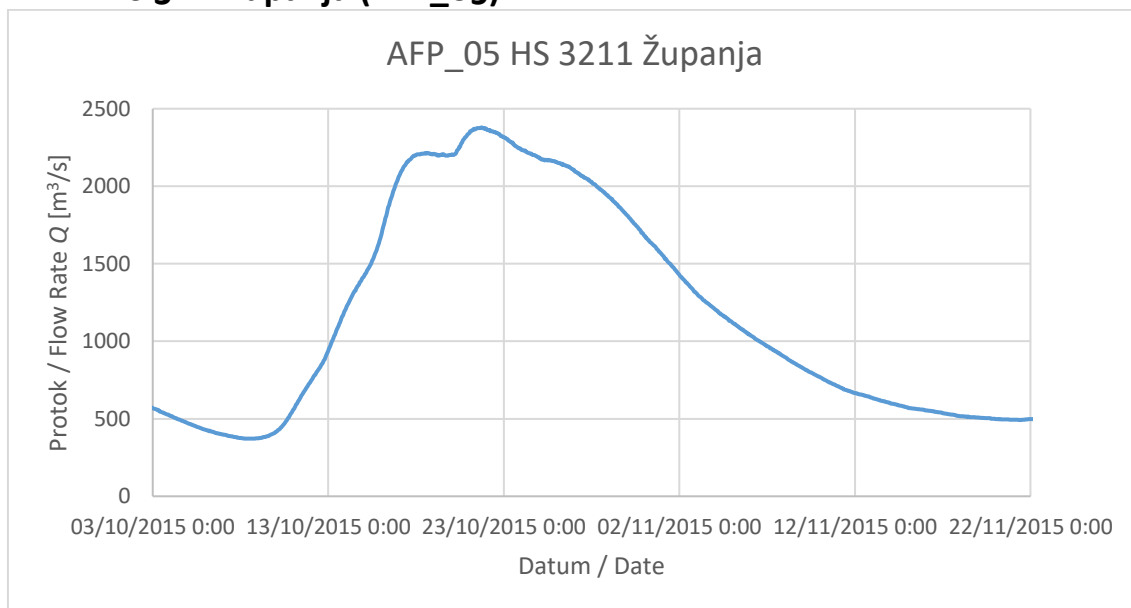
### HS 3207 Mačkovac (AFP\_02 i AFP\_03)



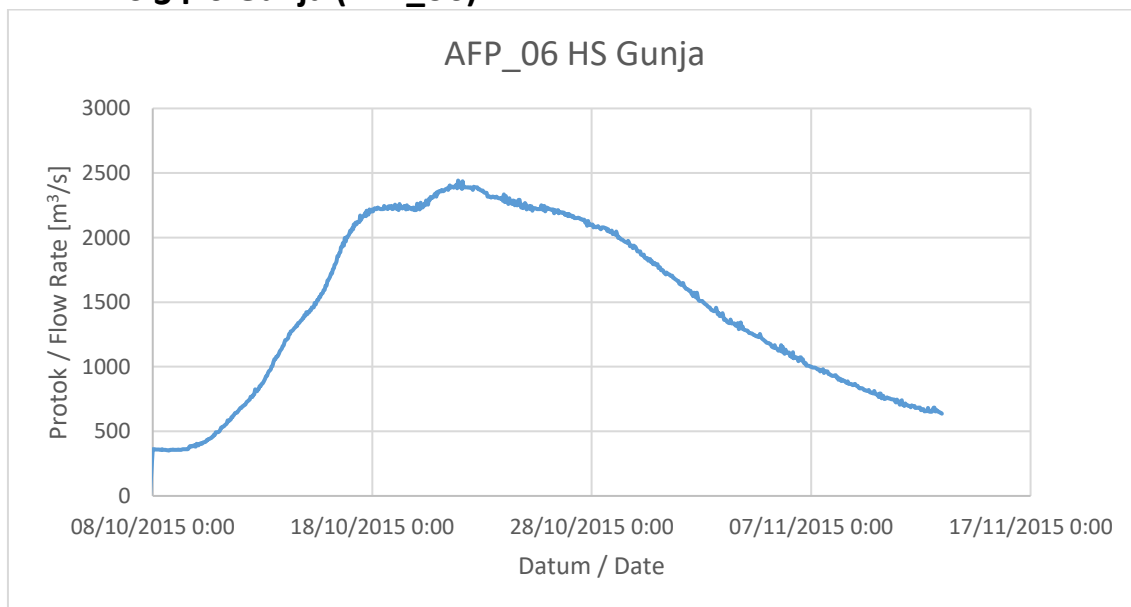
### HS 3098 Slavonski Brod (AFP\_04)



### HS 3211 Županja (AFP\_05)



### HS 3416 Gunja (AFP\_06)

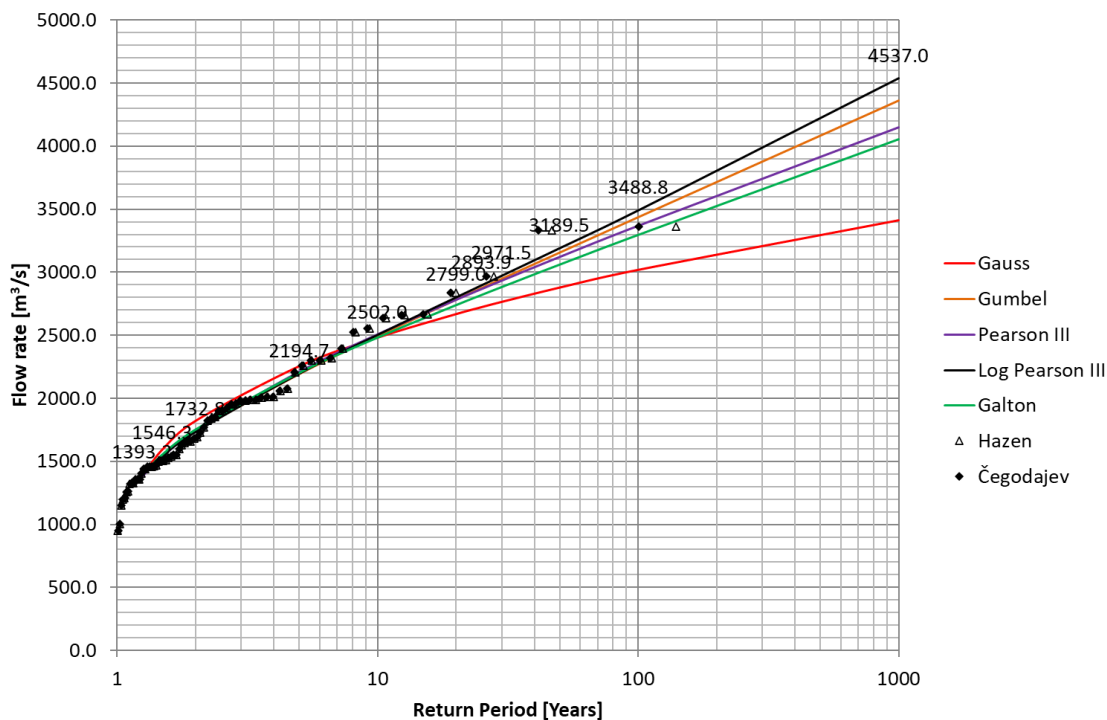


## PRILOG C – STATISTIČKA ANALIZA VJEROJATNOSTI POJAVE VRŠNIH PROTOKA

### 5.1.1 Rijeka Sava

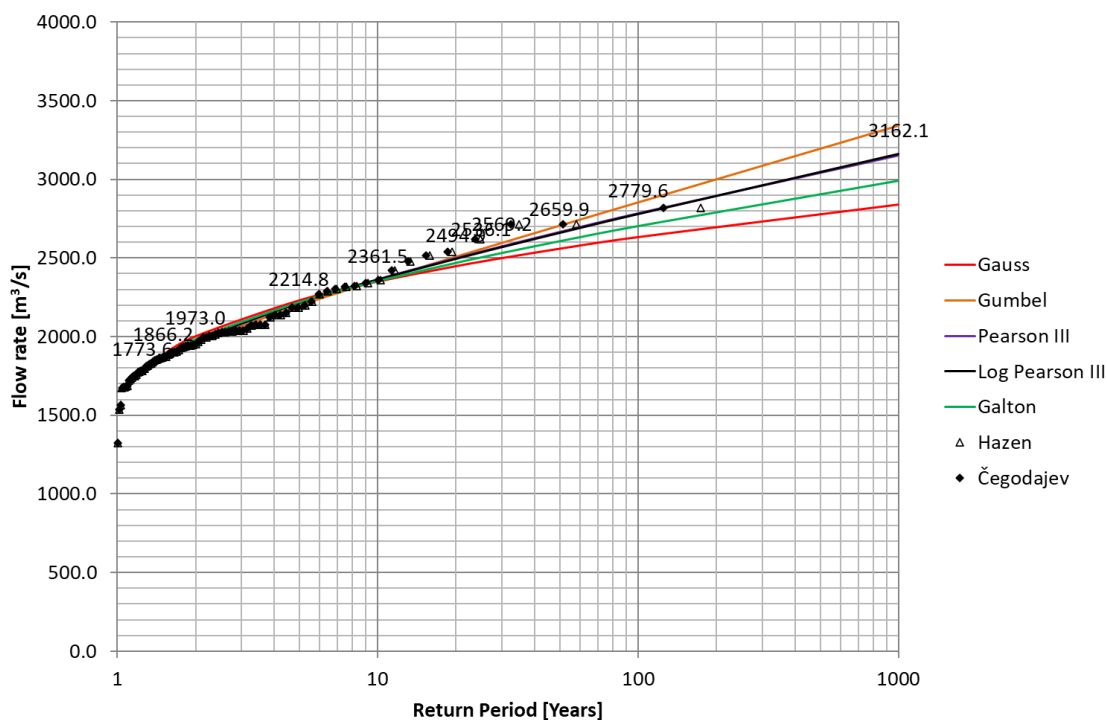
#### HS 3087 – Podsused

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	3413.4	4364.0	4150.9	<b>4537.0</b>	4056.3
100	1.000%	3019.9	3437.4	3369.7	<b>3488.8</b>	3297.6
50	2.000%	2879.5	3156.9	3123.0	<b>3189.5</b>	3062.7
30	3.333%	2766.2	2949.0	2935.7	<b>2971.5</b>	2885.5
25	4.000%	2723.3	2874.4	2867.4	<b>2893.9</b>	2821.2
20	5.000%	2668.8	2782.7	2782.7	<b>2799.0</b>	2741.4
10	10.000%	2481.7	2493.6	2509.2	<b>2502.0</b>	2484.3
5	20.000%	2255.0	2192.2	2212.2	<b>2194.7</b>	2205.0
2	50.000%	1821.5	1737.0	1741.0	<b>1732.8</b>	1755.2
1.5	66.667%	1599.6	1552.0	1545.0	<b>1546.3</b>	1561.7
1.25	80.000%	1388.0	1398.6	1383.9	<b>1393.2</b>	1397.1



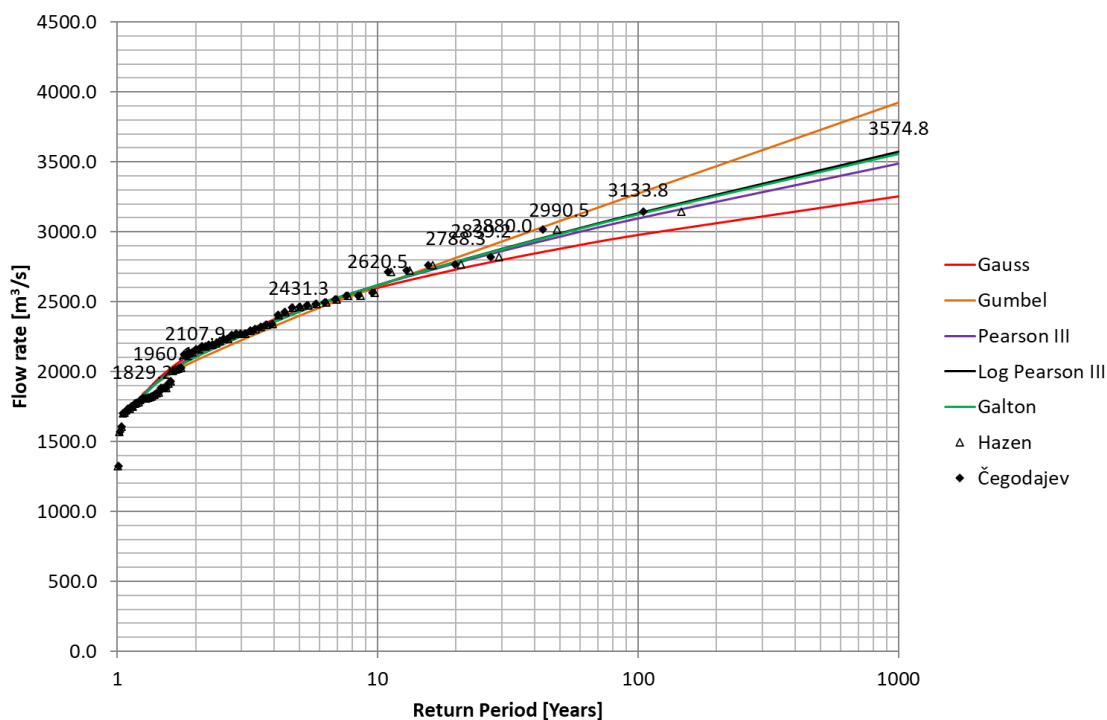
**HS 3219 – Jasenovac**

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	2840.5	3340.6	3150.3	<b>3162.1</b>	2990.6
100	1.000%	2633.5	2853.2	2783.0	<b>2779.6</b>	2702.7
50	2.000%	2559.7	2705.6	2664.7	<b>2659.9</b>	2606.8
30	3.333%	2500.1	2596.3	2574.1	<b>2569.2</b>	2531.9
25	4.000%	2477.6	2557.0	2540.8	<b>2536.1</b>	2504.2
20	5.000%	2448.9	2508.8	2499.4	<b>2494.9</b>	2469.3
10	10.000%	2350.4	2356.7	2364.2	<b>2361.5</b>	2353.2
5	20.000%	2231.2	2198.2	2214.6	<b>2214.8</b>	2219.9
2	50.000%	2003.2	1958.7	1968.9	<b>1973.0</b>	1985.6
1.5	66.667%	1886.5	1861.4	1862.3	<b>1866.2</b>	1875.5
1.25	80.000%	1775.1	1780.7	1771.7	<b>1773.6</b>	1776.1



**HS 3207 – Mačkovac**

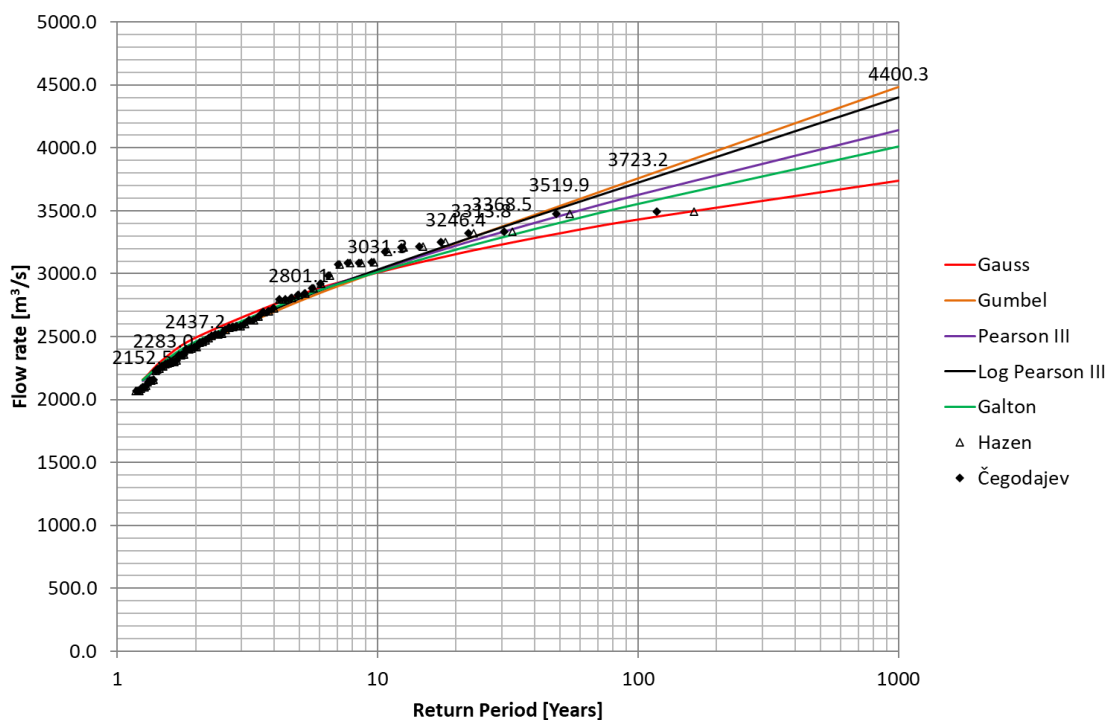
Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	3255.8	3922.6	3485.6	<b>3574.8</b>	3556.4
100	1.000%	2979.8	3272.6	3093.9	<b>3133.8</b>	3125.5
50	2.000%	2881.3	3075.9	2962.8	<b>2990.5</b>	2984.8
30	3.333%	2801.8	2930.1	2860.4	<b>2880.0</b>	2875.9
25	4.000%	2771.7	2877.7	2822.3	<b>2839.2</b>	2835.7
20	5.000%	2733.5	2813.4	2774.5	<b>2788.3</b>	2785.4
10	10.000%	2602.2	2610.6	2615.5	<b>2620.5</b>	2619.5
5	20.000%	2443.3	2399.2	2432.9	<b>2431.3</b>	2431.7
2	50.000%	2139.2	2079.9	2113.1	<b>2107.9</b>	2109.2
1.5	66.667%	1983.5	1950.1	1963.9	<b>1960.1</b>	1961.1
1.25	80.000%	1835.1	1842.5	1830.3	<b>1829.2</b>	1829.5





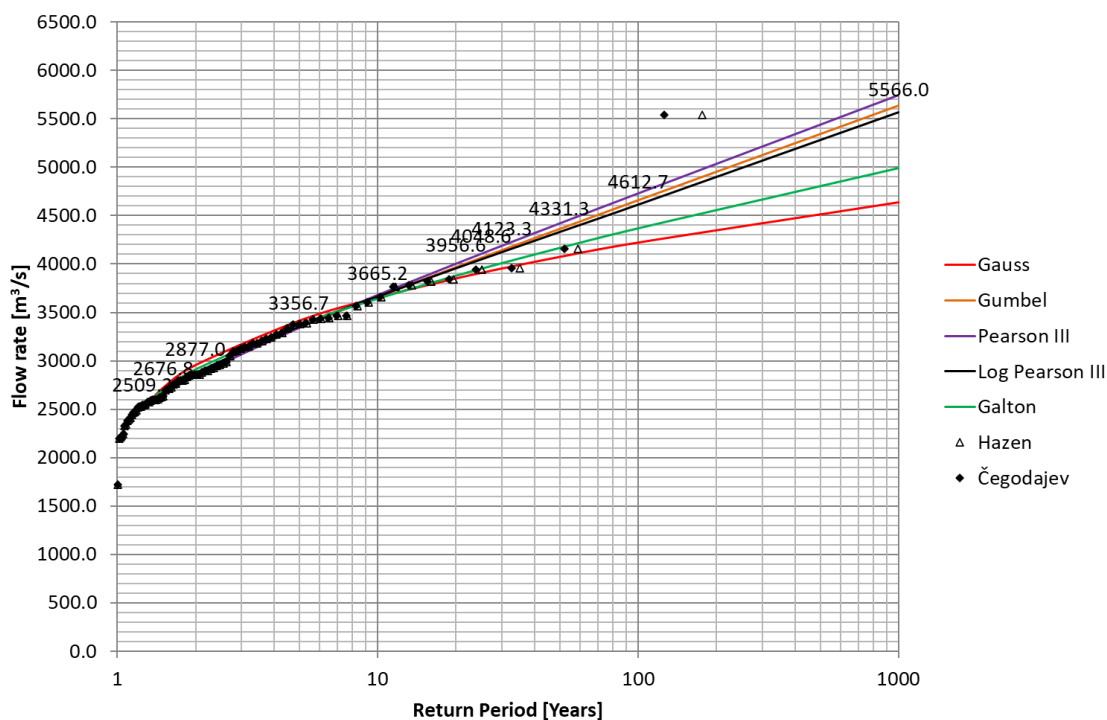
**HS 3098 – Slavonski Brod**

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	<b>3741.5</b>	4486.5	4143.7	4400.3	4010.0
100	1.000%	<b>3433.2</b>	3760.4	3628.8	3723.2	3554.9
50	2.000%	<b>3323.2</b>	3540.6	3461.3	3519.9	3405.3
30	3.333%	<b>3234.4</b>	3377.7	3332.2	3368.5	3289.2
25	4.000%	<b>3200.8</b>	3319.2	3284.8	3313.8	3246.3
20	5.000%	<b>3158.1</b>	3247.4	3225.4	3246.4	3192.6
10	10.000%	<b>3011.5</b>	3020.8	3030.8	3031.3	3014.8
5	20.000%	<b>2833.9</b>	2784.6	2813.3	2801.1	2812.7
2	50.000%	<b>2494.1</b>	2427.9	2449.3	2437.2	2463.1
1.5	66.667%	<b>2320.3</b>	2282.9	2288.0	2283.0	2301.3
1.25	80.000%	<b>2154.4</b>	2162.8	2148.9	2152.5	2156.9



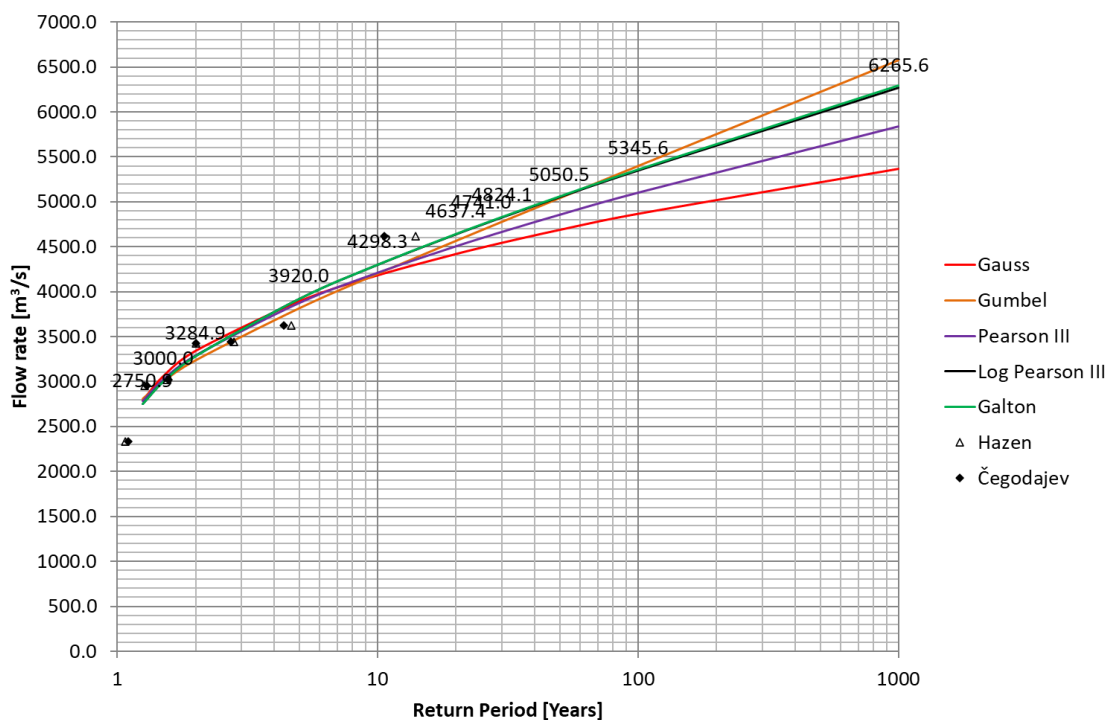
## HS 3211 – Županja

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	4636.3	5638.4	5742.1	<b>5566.0</b>	4993.1
100	1.000%	4221.4	4661.6	4727.7	<b>4612.7</b>	4370.2
50	2.000%	4073.4	4365.9	4418.4	<b>4331.3</b>	4167.3
30	3.333%	3954.0	4146.7	4187.9	<b>4123.3</b>	4010.5
25	4.000%	3908.8	4068.1	4104.9	<b>4048.6</b>	3952.7
20	5.000%	3851.3	3971.4	4002.6	<b>3956.6</b>	3880.4
10	10.000%	3654.0	3666.6	3679.0	<b>3665.2</b>	3642.2
5	20.000%	3415.1	3348.9	3340.9	<b>3356.7</b>	3373.2
2	50.000%	2958.1	2868.9	2841.3	<b>2877.0</b>	2912.6
1.5	66.667%	2724.1	2673.9	2651.8	<b>2676.8</b>	2701.9
1.25	80.000%	2501.0	2512.2	2507.3	<b>2509.2</b>	2515.0



**HS 3416 –Gunja**

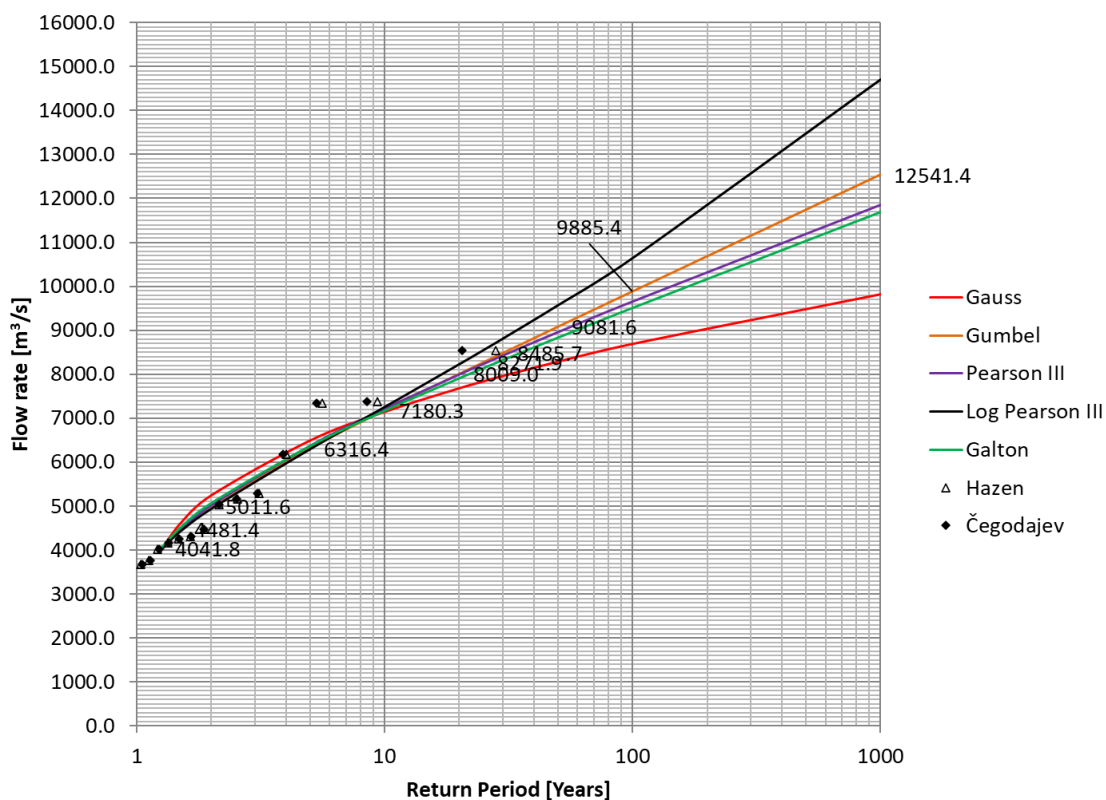
Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	5370.3	6579.2	5836.6	<b>6265.6</b>	6290.7
100	1.000%	4870.0	5400.9	5100.5	<b>5345.6</b>	5356.7
50	2.000%	4691.4	5044.3	4855.8	<b>5050.5</b>	5058.1
30	3.333%	4547.4	4779.9	4665.1	<b>4824.1</b>	4829.5
25	4.000%	4492.9	4685.0	4594.4	<b>4741.0</b>	4745.6
20	5.000%	4423.6	4568.4	4505.7	<b>4637.4</b>	4641.1
10	10.000%	4185.6	4200.8	4211.5	<b>4298.3</b>	4299.6
5	20.000%	3897.4	3817.5	3875.7	<b>3920.0</b>	3919.5
2	50.000%	3346.1	3238.6	3293.5	<b>3284.9</b>	3283.4
1.5	66.667%	3064.0	3003.4	3024.7	<b>3000.0</b>	2998.9
1.25	80.000%	2794.9	2808.4	2785.8	<b>2750.9</b>	2750.5



## 5.1.2 Rijeka Dunav

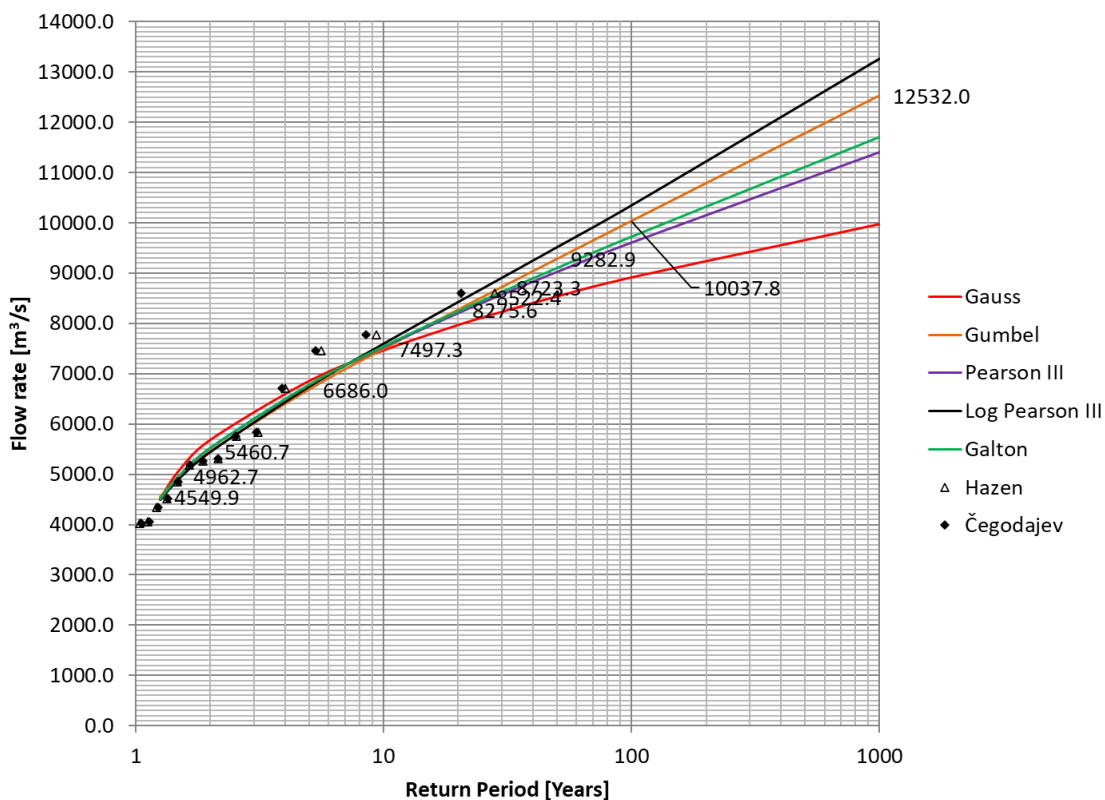
### HS 5170 - Batina

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	9816.6	<b>12541.4</b>	11852.5	14703.3	11696.3
100	1.000%	8688.8	<b>9885.4</b>	9657.4	10642.9	9512.7
50	2.000%	8286.3	<b>9081.6</b>	8961.7	9569.4	8836.4
30	3.333%	7961.7	<b>8485.7</b>	8432.8	8812.4	8326.3
25	4.000%	7838.8	<b>8271.9</b>	8239.8	8548.3	8140.9
20	5.000%	7682.5	<b>8009.0</b>	8000.1	8228.8	7911.1
10	10.000%	7146.1	<b>7180.3</b>	7224.7	7256.5	7170.6
5	20.000%	6496.6	<b>6316.4</b>	6380.0	6295.4	6366.0
2	50.000%	5253.9	<b>5011.6</b>	5031.2	4941.2	5069.8
1.5	66.667%	4618.0	<b>4481.4</b>	4465.7	4427.9	4512.2
1.25	80.000%	4011.3	<b>4041.8</b>	3998.0	4022.1	4037.5



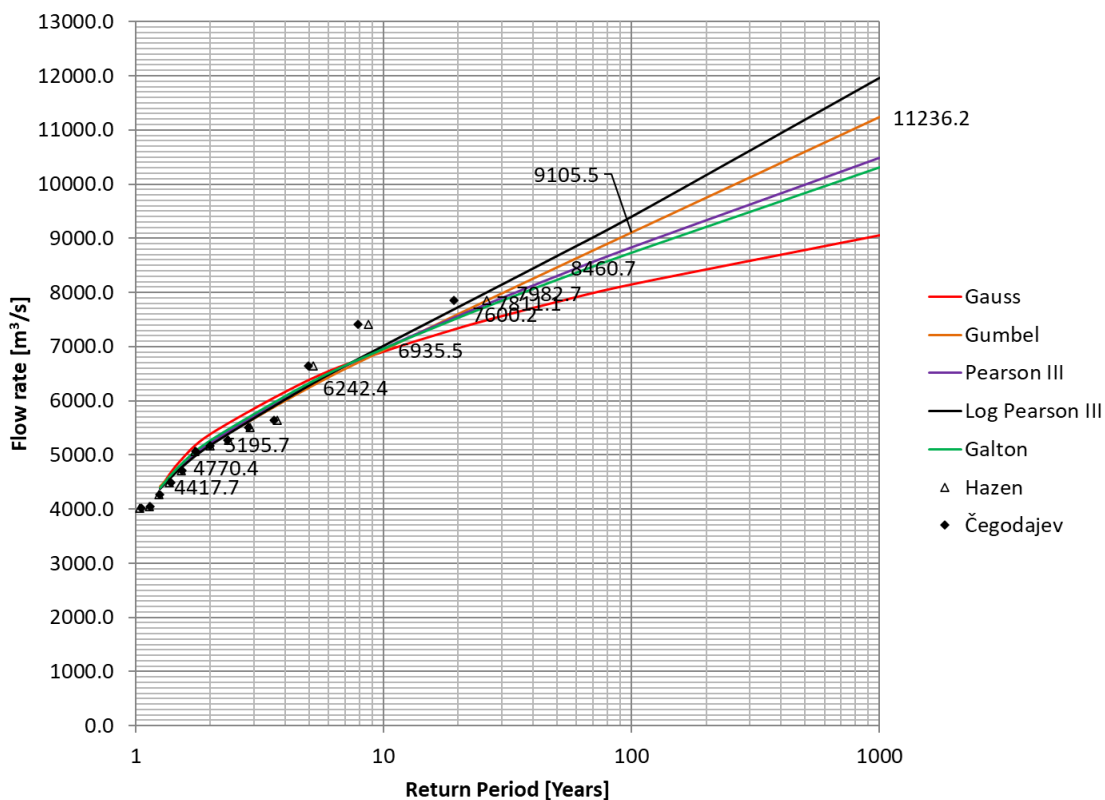
**HS 5001 - Aljmaš**

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	9973.1	<b>12532.0</b>	11412.1	13268.3	11705.4
100	1.000%	8913.9	<b>10037.8</b>	9612.2	10354.5	9725.3
50	2.000%	8535.9	<b>9282.9</b>	9028.4	9521.7	9102.9
30	3.333%	8231.1	<b>8723.3</b>	8579.3	8914.6	8630.2
25	4.000%	8115.7	<b>8522.4</b>	8414.2	8698.4	8457.7
20	5.000%	7969.0	<b>8275.6</b>	8208.1	8433.8	8243.3
10	10.000%	7465.2	<b>7497.3</b>	7533.0	7605.5	7547.8
5	20.000%	6855.2	<b>6686.0</b>	6780.5	6747.1	6783.8
2	50.000%	5688.2	<b>5460.7</b>	5528.1	5452.4	5530.9
1.5	66.667%	5091.0	<b>4962.7</b>	4976.3	4928.0	4982.2
1.25	80.000%	4521.2	<b>4549.9</b>	4502.5	4496.4	4509.5



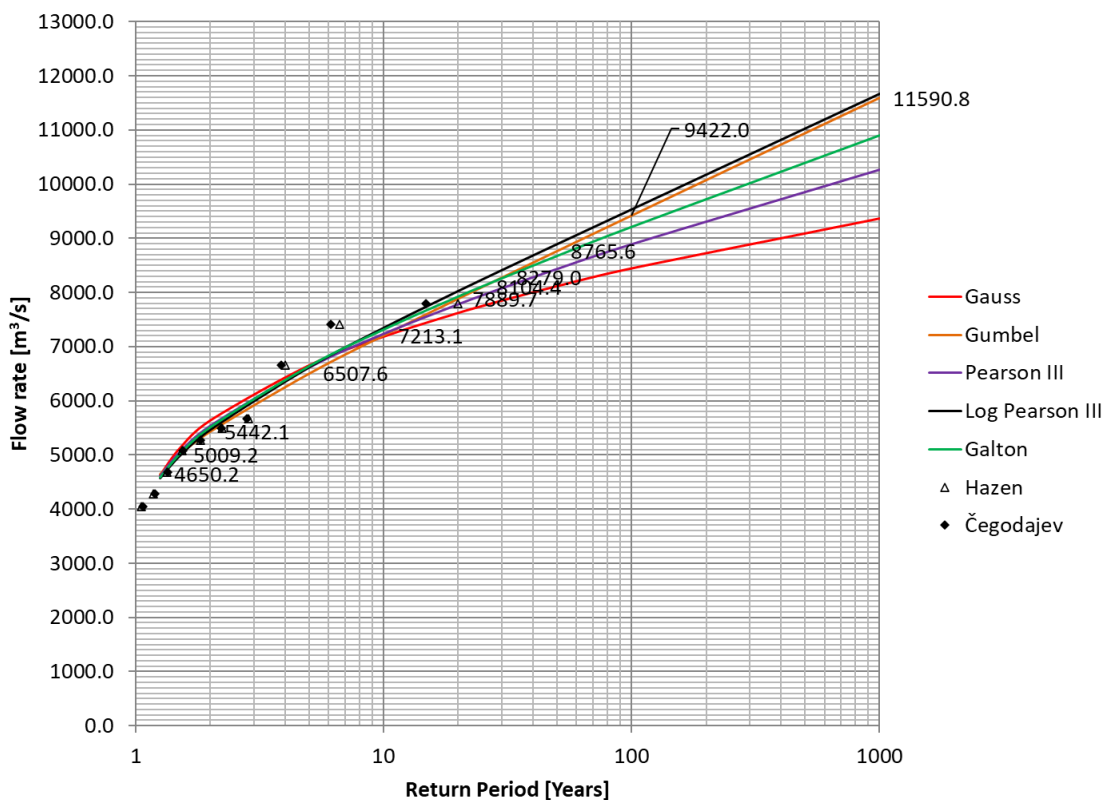
**HS 5130 - Dalj**

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	9050.3	<b>11236.2</b>	10488.9	11962.6	10306.6
100	1.000%	8145.5	<b>9105.5</b>	8836.5	9400.7	8732.0
50	2.000%	7822.6	<b>8460.7</b>	8307.2	8675.3	8230.3
30	3.333%	7562.3	<b>7982.7</b>	7902.5	8148.5	7846.9
25	4.000%	7463.7	<b>7811.1</b>	7754.3	7961.4	7706.4
20	5.000%	7338.3	<b>7600.2</b>	7569.8	7732.7	7531.4
10	10.000%	6908.0	<b>6935.5</b>	6969.4	7018.9	6960.4
5	20.000%	6386.9	<b>6242.4</b>	6308.3	6283.2	6326.5
2	50.000%	5390.1	<b>5195.7</b>	5231.4	5182.2	5270.3
1.5	66.667%	4879.9	<b>4770.4</b>	4768.9	4739.7	4800.0
1.25	80.000%	4393.2	<b>4417.7</b>	4379.4	4377.5	4390.4



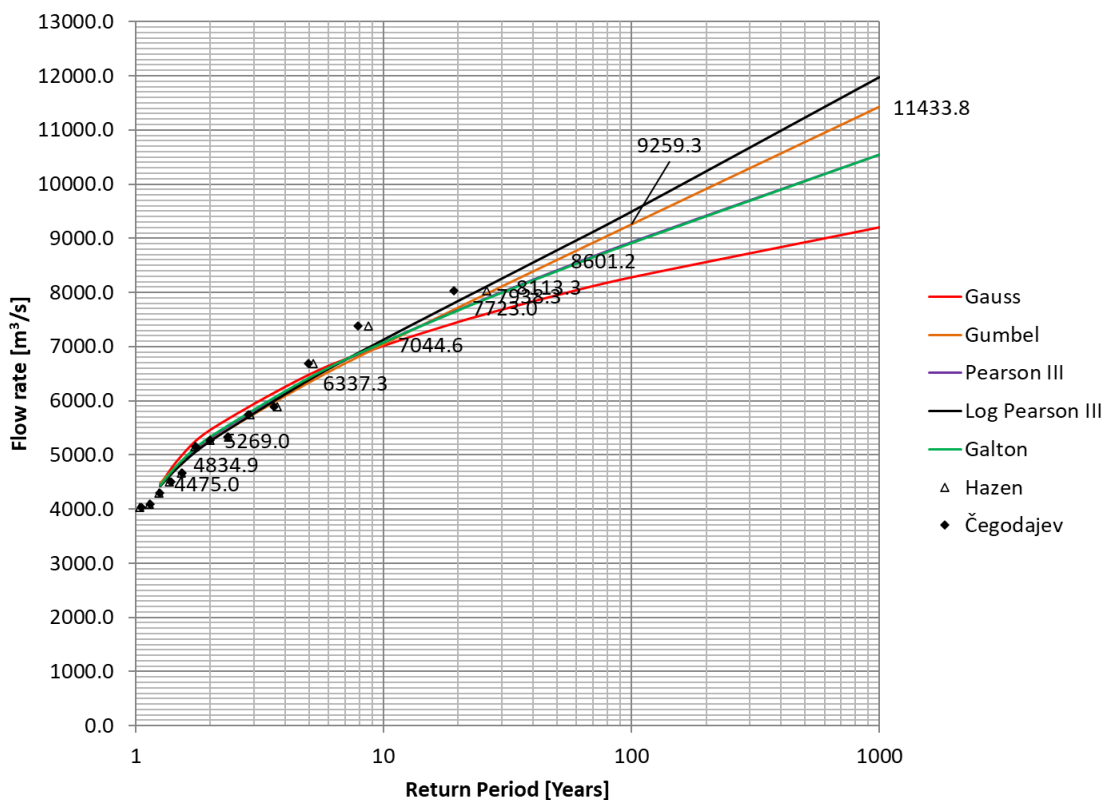
**HS 5070 - Vukovar**

Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	9365.8	<b>11590.8</b>	10264.1	11662.7	10901.3
100	1.000%	8444.8	<b>9422.0</b>	8888.1	9532.4	9212.0
50	2.000%	8116.1	<b>8765.6</b>	8431.8	8891.7	8674.8
30	3.333%	7851.1	<b>8279.0</b>	8076.8	8414.1	8264.5
25	4.000%	7750.7	<b>8104.4</b>	7945.3	8241.7	8114.2
20	5.000%	7623.1	<b>7889.7</b>	7780.5	8029.0	7927.1
10	10.000%	7185.1	<b>7213.1</b>	7234.2	7350.0	7317.1
5	20.000%	6654.7	<b>6507.6</b>	6612.4	6623.1	6640.9
2	50.000%	5640.0	<b>5442.1</b>	5538.7	5473.7	5516.4
1.5	66.667%	5120.7	<b>5009.2</b>	5045.3	4986.3	5016.8
1.25	80.000%	4625.3	<b>4650.2</b>	4608.5	4573.9	4582.4



**HS 5024 - Ilok**

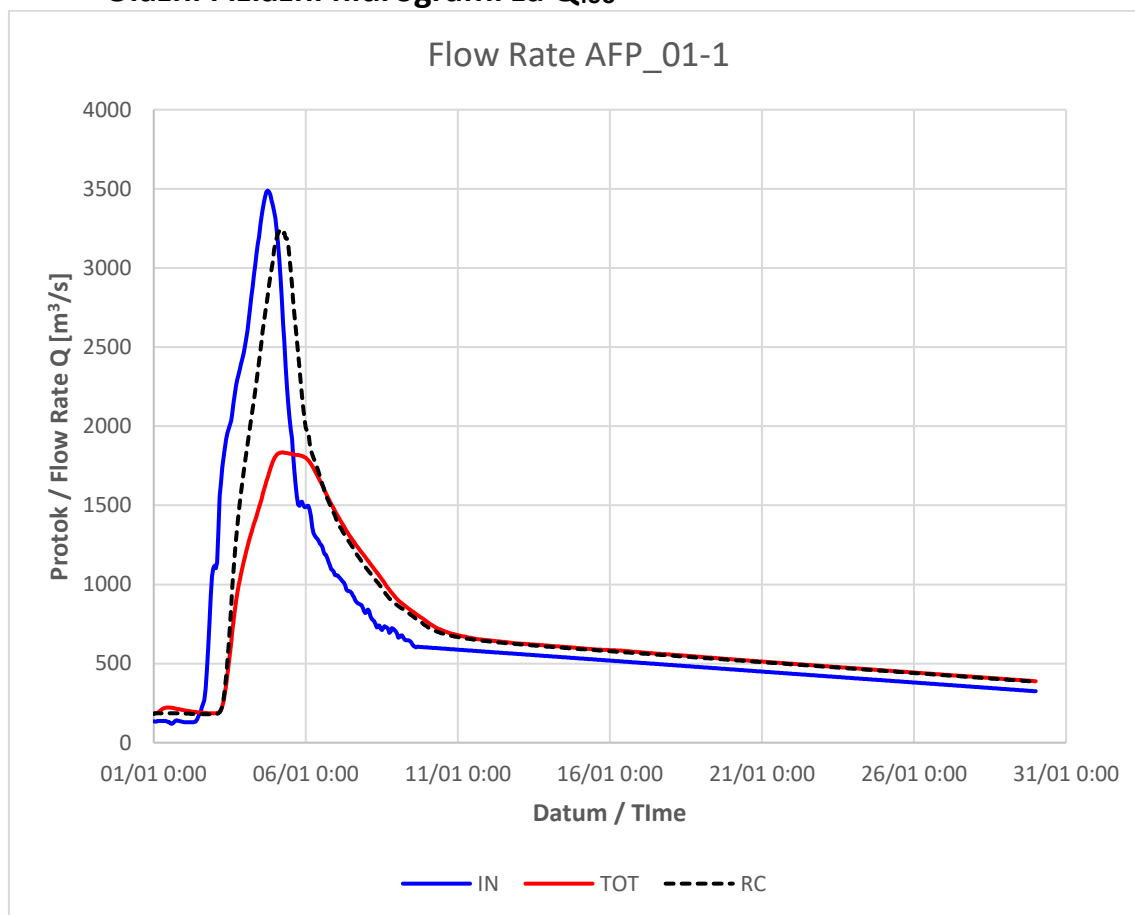
Vršni protoci za niz povratnih perioda i različite distribucije vjerojatnosti Q [m <sup>3</sup> /s]						
Povratni Period [godine]	Vjerojatnosti pojave [%]	Gauss	Gumbel	Pearson III	Log Pearson III	Galton
1000	0.100%	9203.0	<b>11433.8</b>	10540.6	11984.9	10548.0
100	1.000%	8279.6	<b>9259.3</b>	8926.1	9501.6	8915.7
50	2.000%	7950.0	<b>8601.2</b>	8405.0	8788.0	8396.6
30	3.333%	7684.3	<b>8113.3</b>	8005.1	8266.5	8000.0
25	4.000%	7583.7	<b>7938.3</b>	7858.3	8080.6	7854.8
20	5.000%	7455.8	<b>7723.0</b>	7675.3	7852.7	7673.9
10	10.000%	7016.6	<b>7044.6</b>	7077.3	7137.8	7084.2
5	20.000%	6484.8	<b>6337.3</b>	6413.9	6394.1	6430.5
2	50.000%	5467.4	<b>5269.0</b>	5319.1	5266.1	5343.2
1.5	66.667%	4946.7	<b>4834.9</b>	4841.5	4806.6	4859.9
1.25	80.000%	4450.0	<b>4475.0</b>	4434.4	4427.3	4439.7

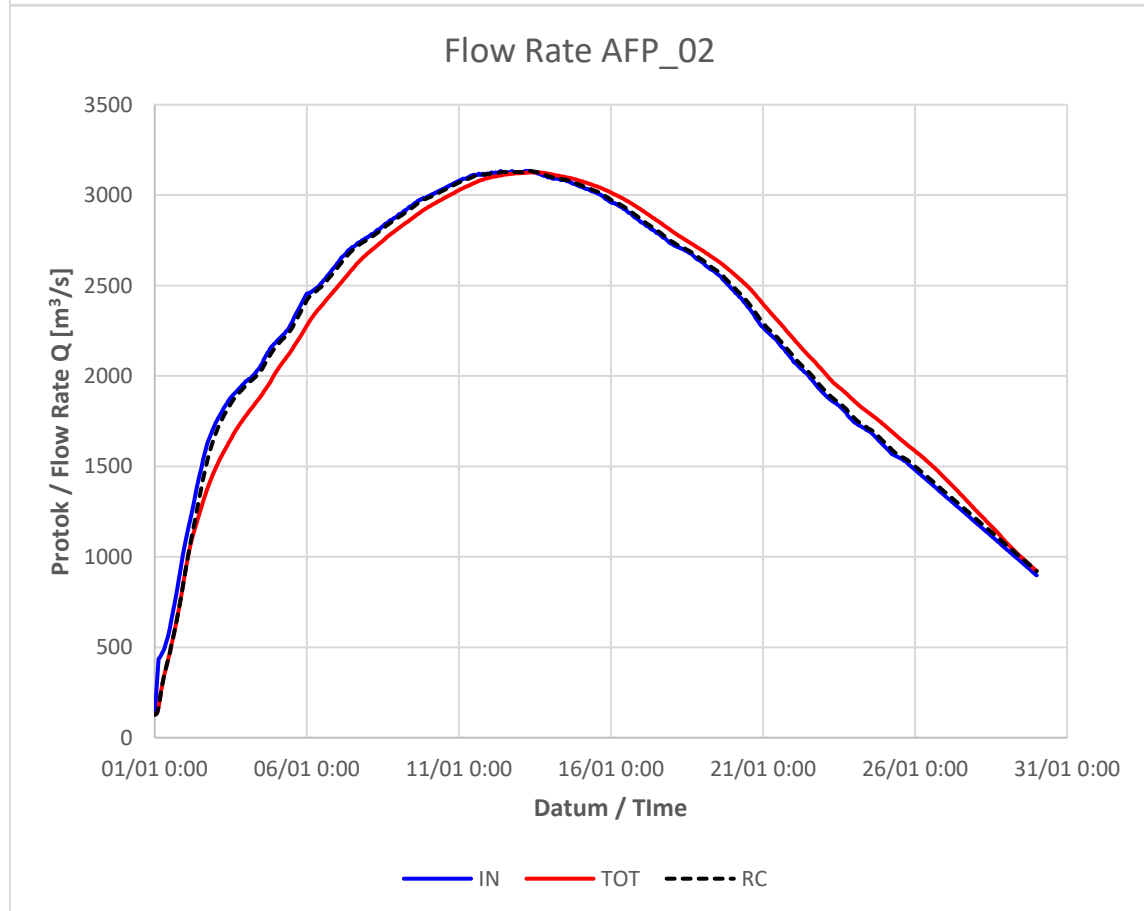
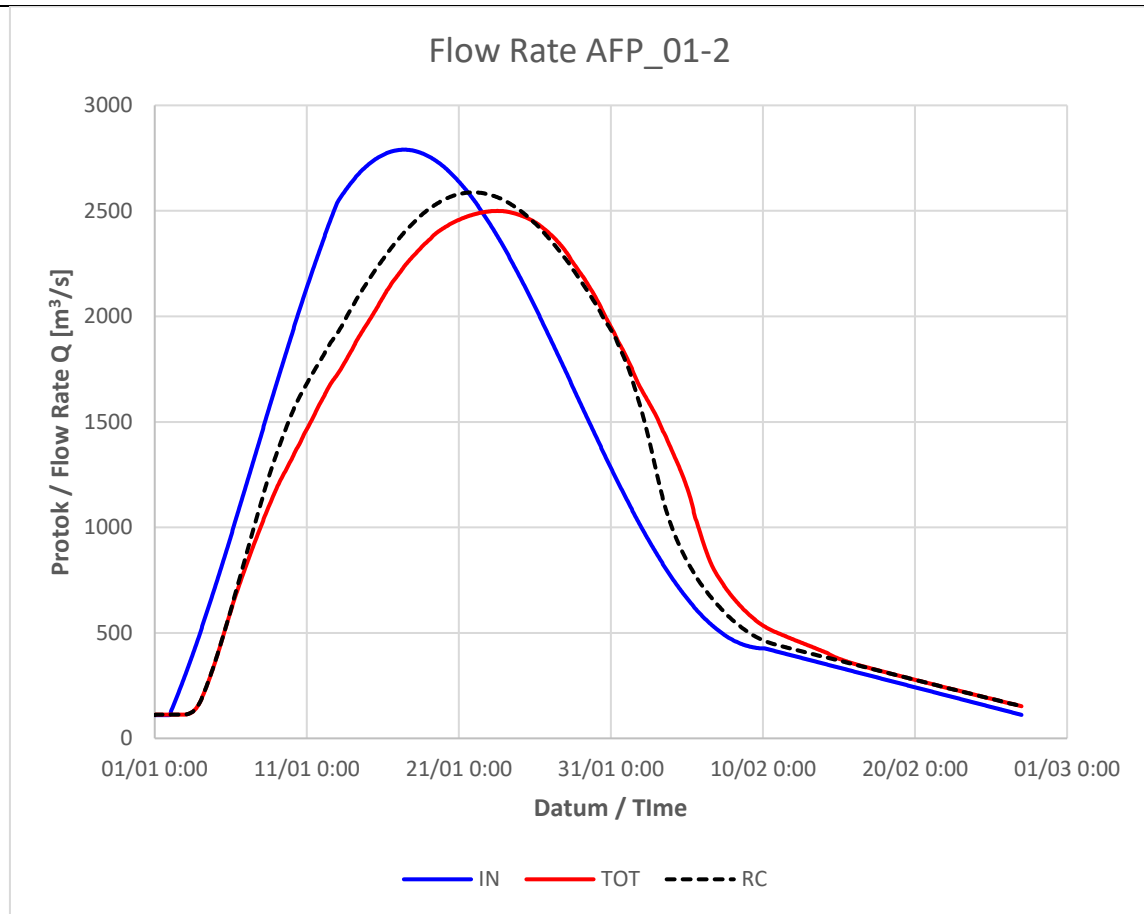


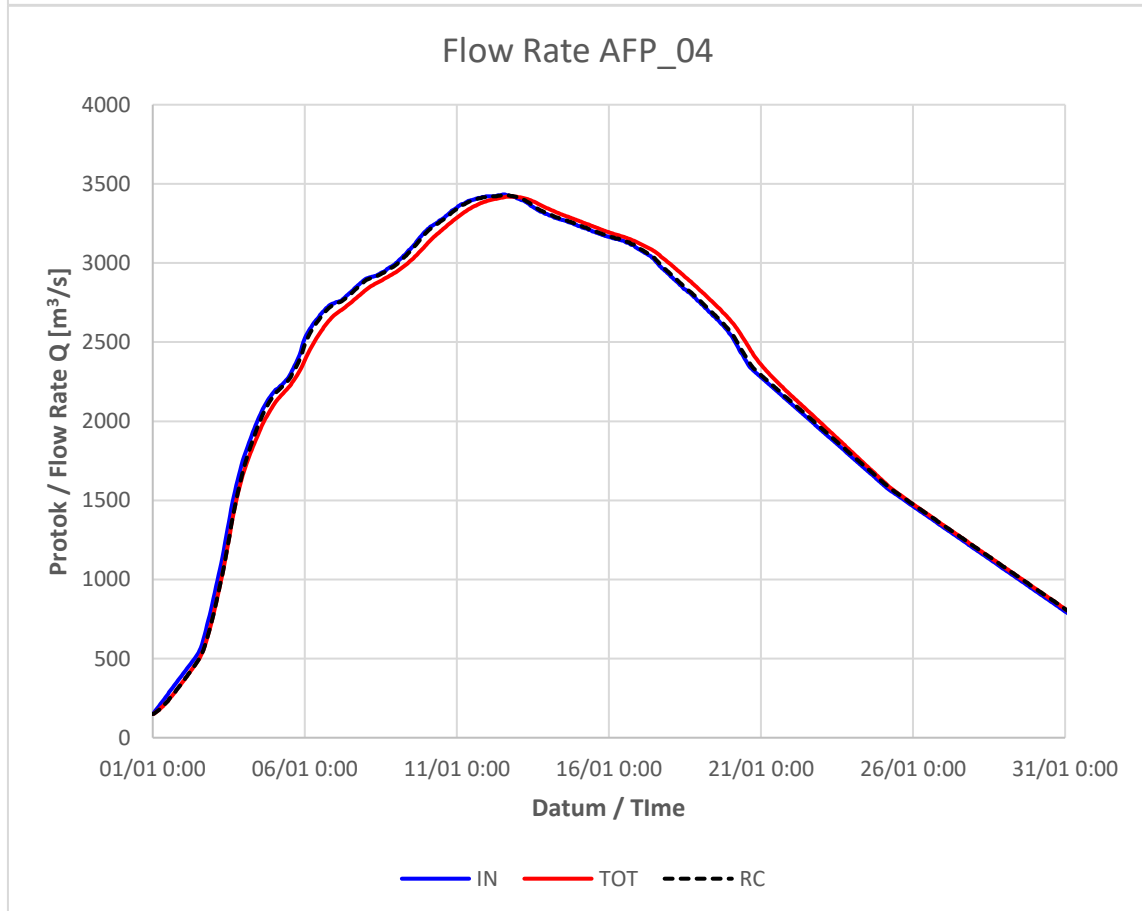
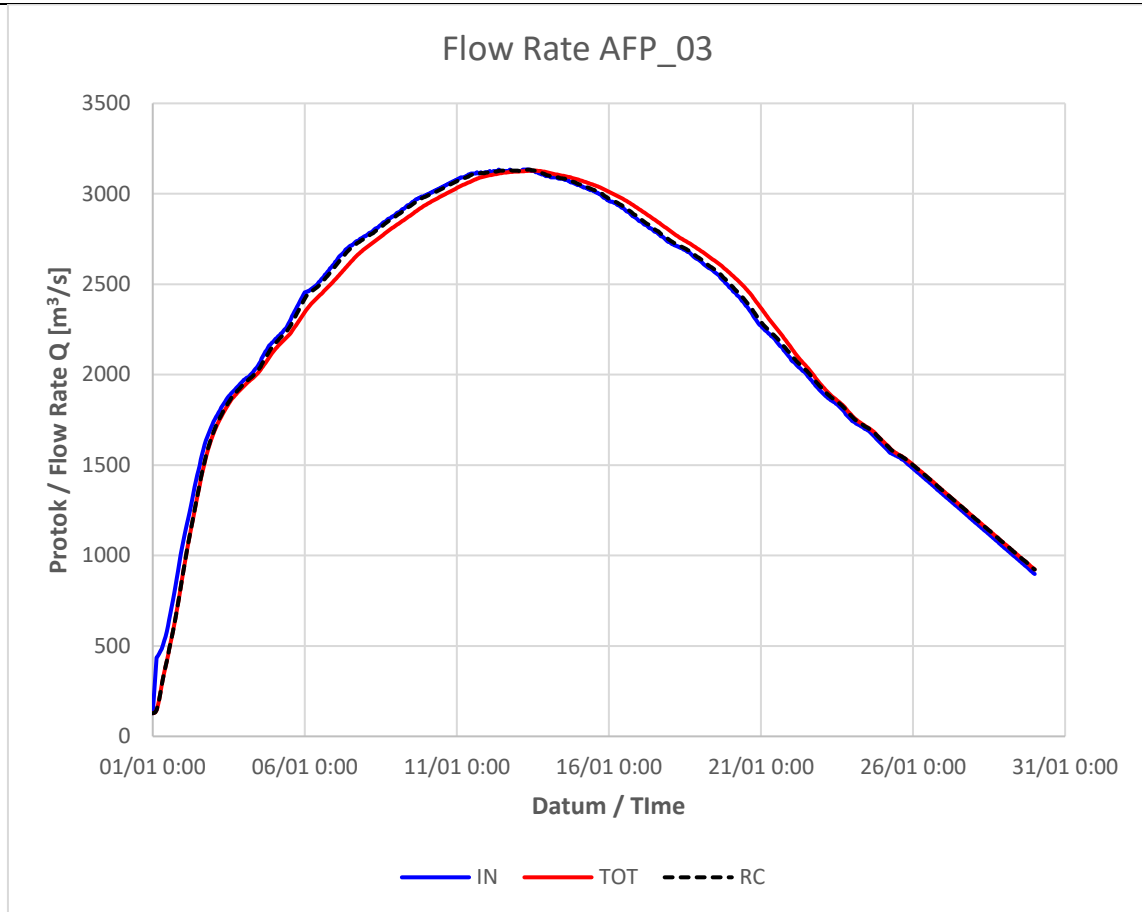


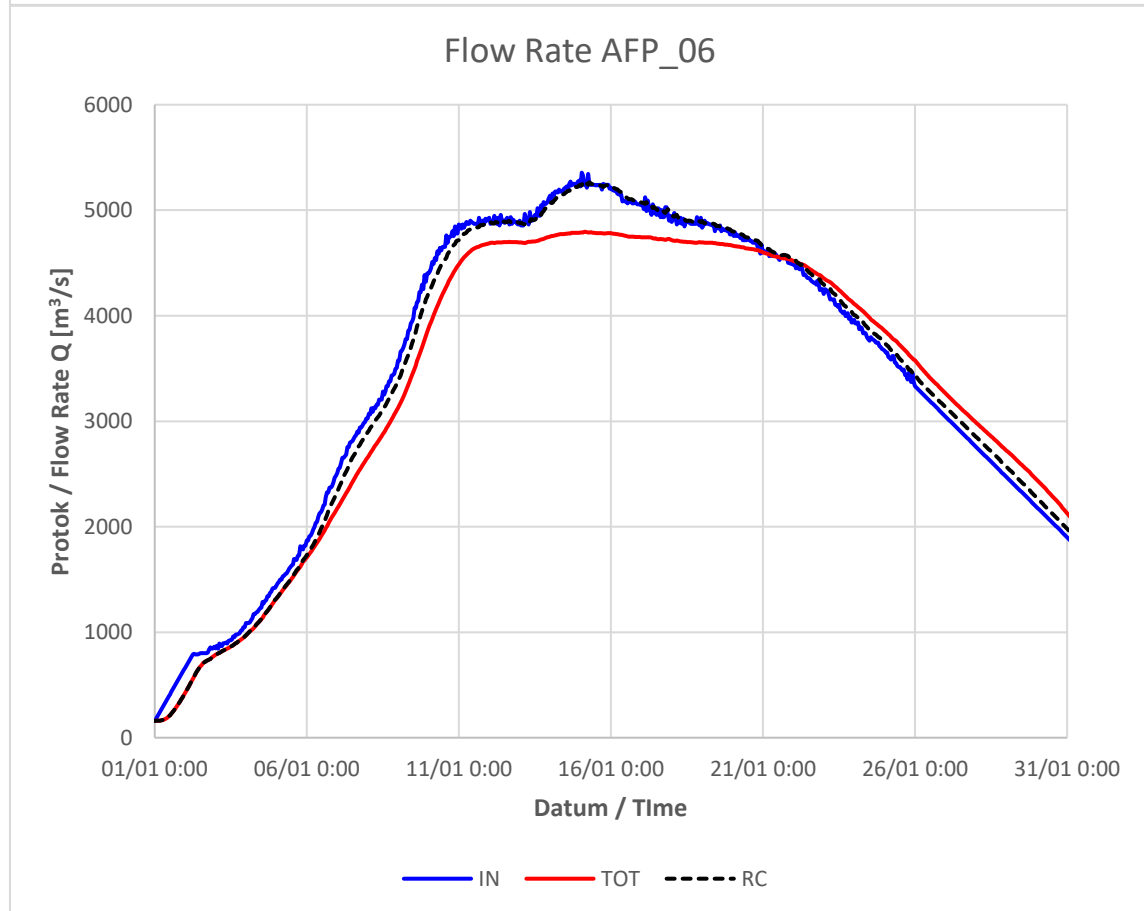
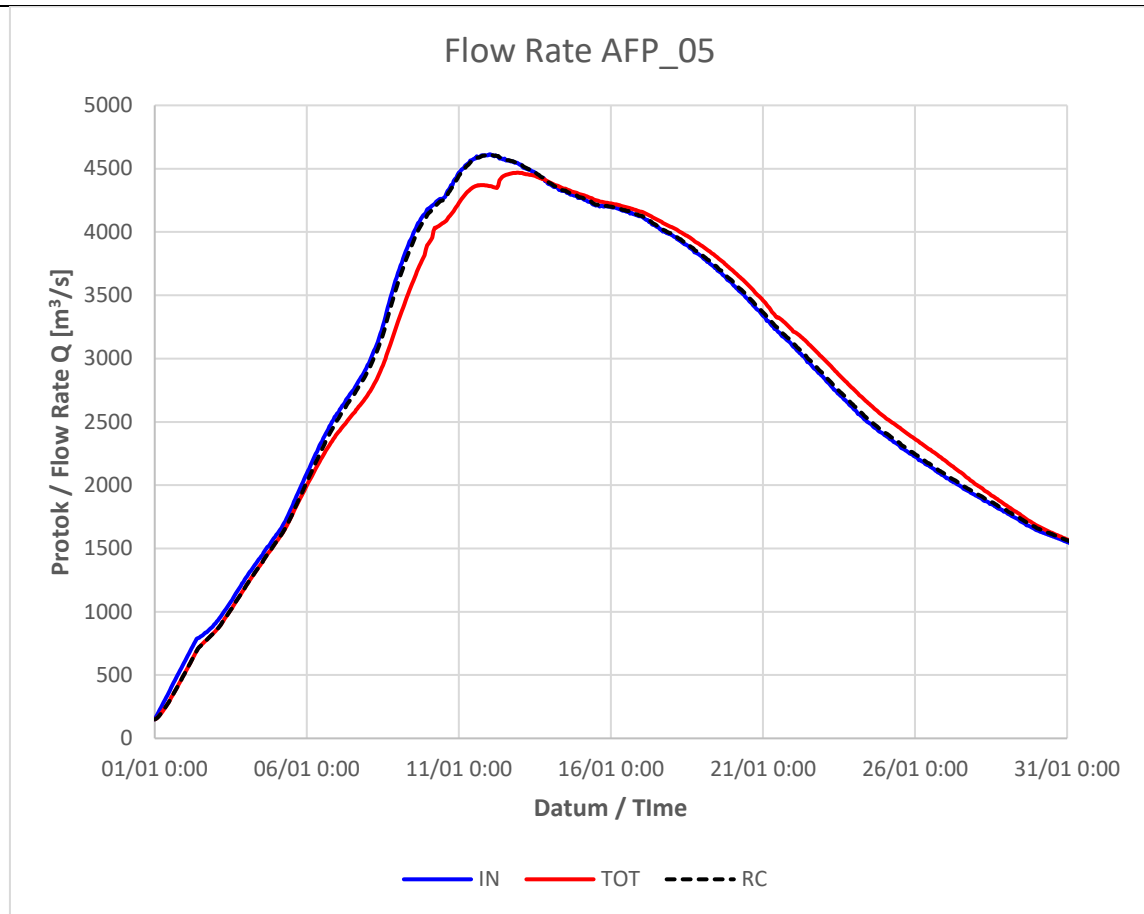
## PRIOLOG D – ULAZNI I IZLAZNI HIDROGRAMI NA POPLAVNIM PODRUČJIMA

Ulazni i izlazni hidrogrami za  $Q_{100}$

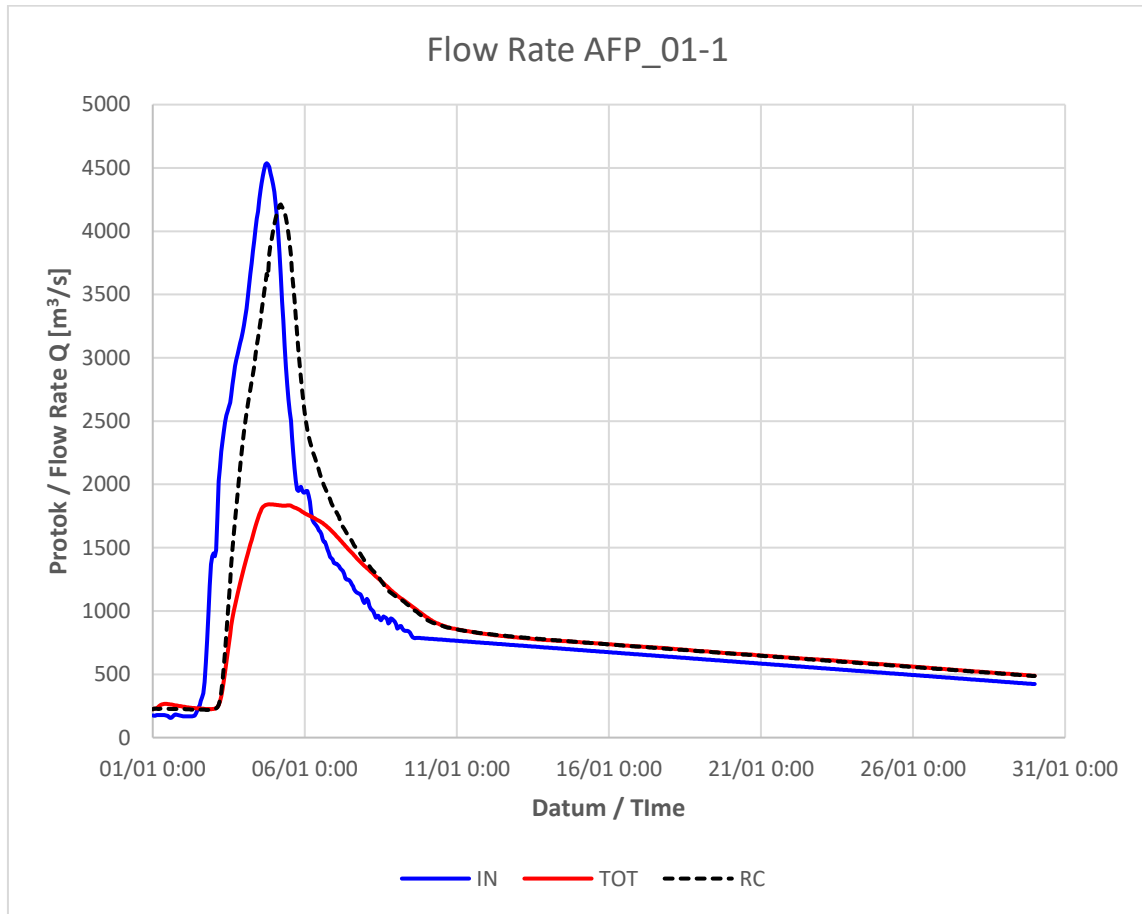


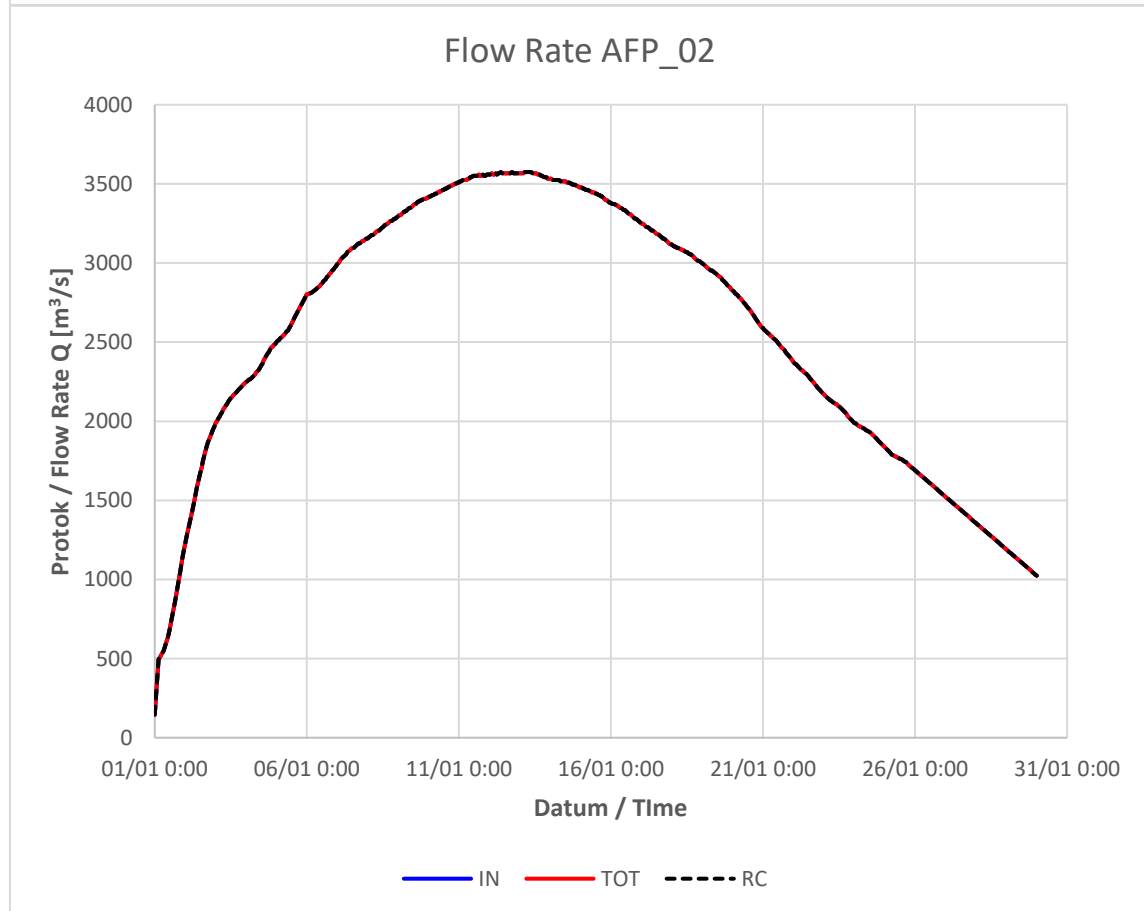
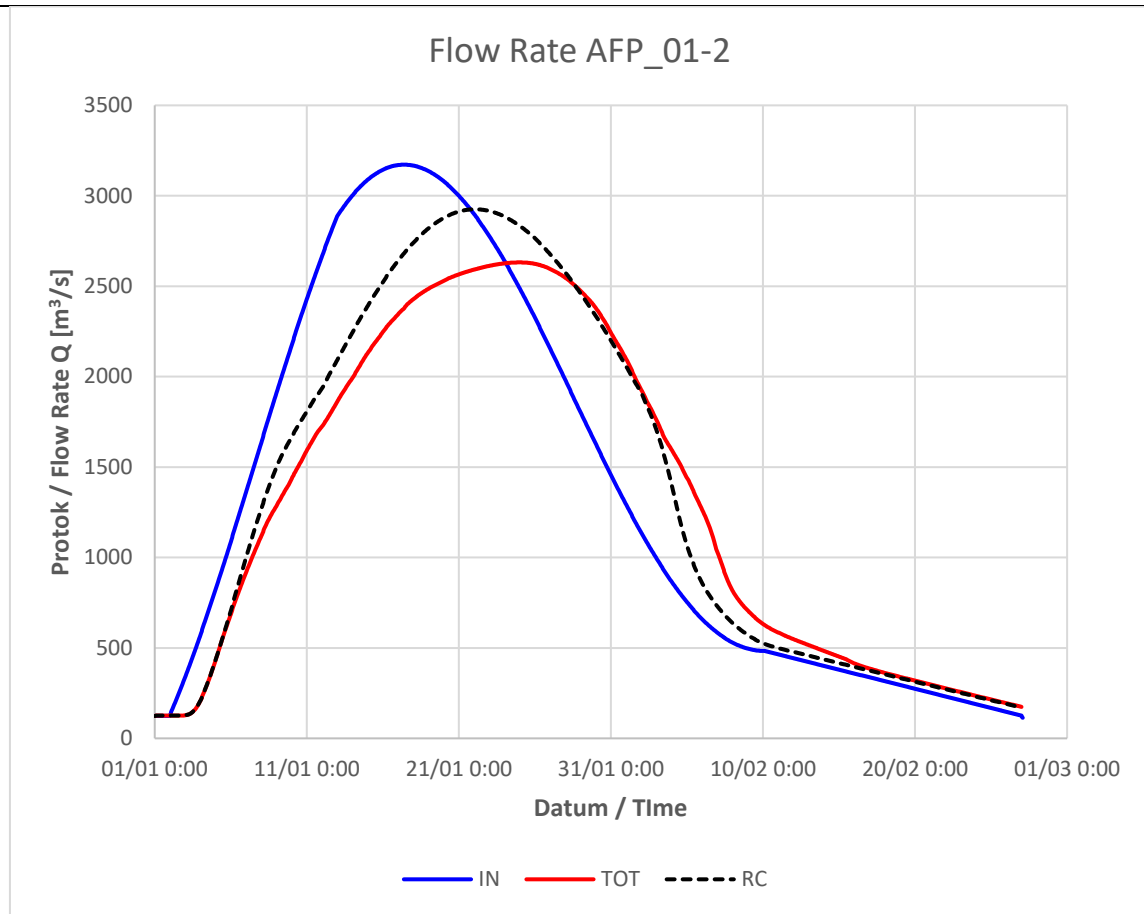


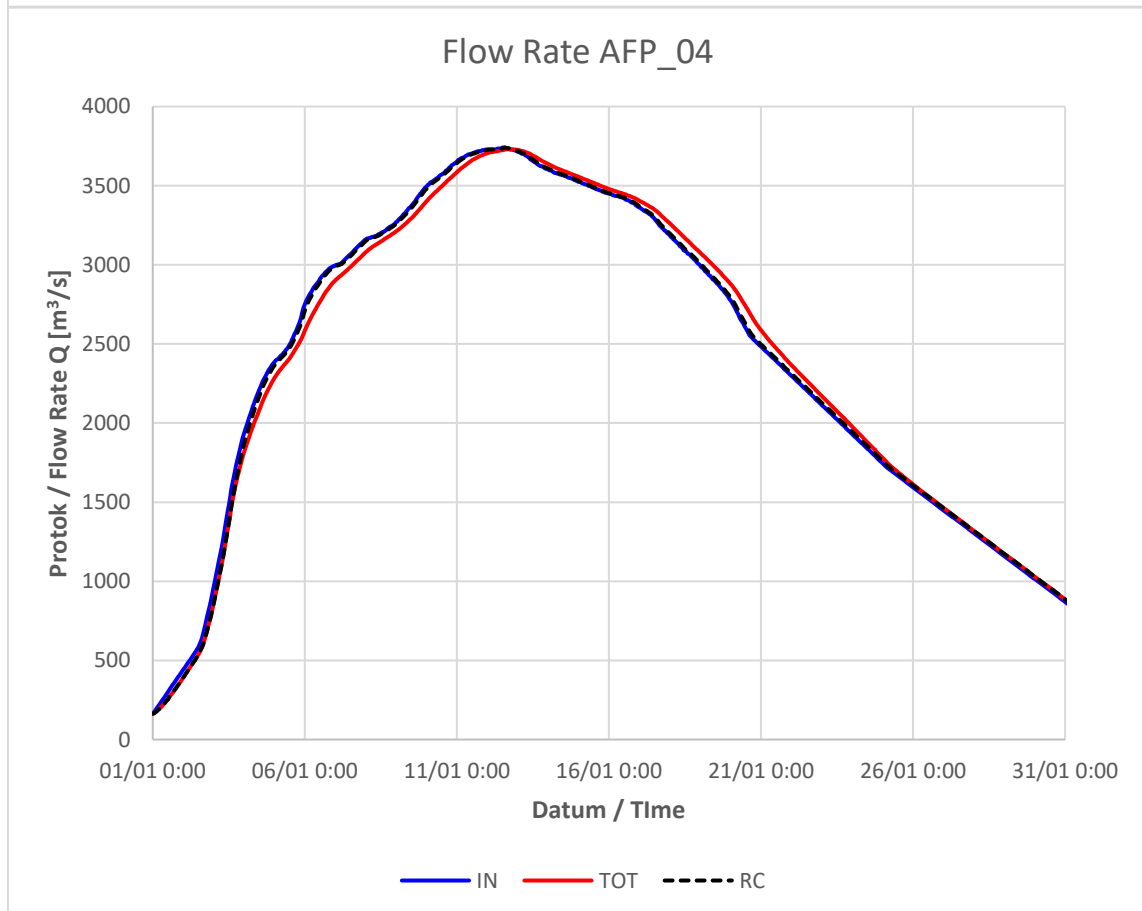
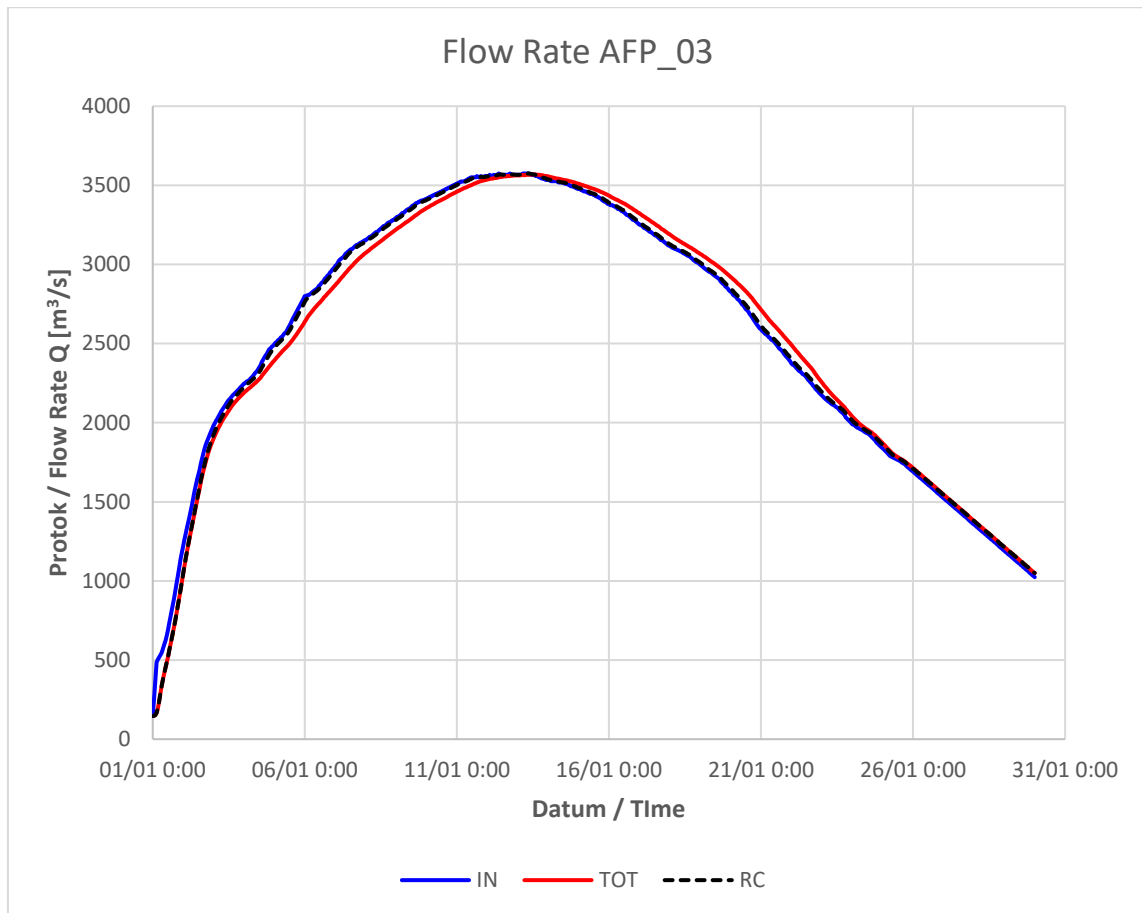


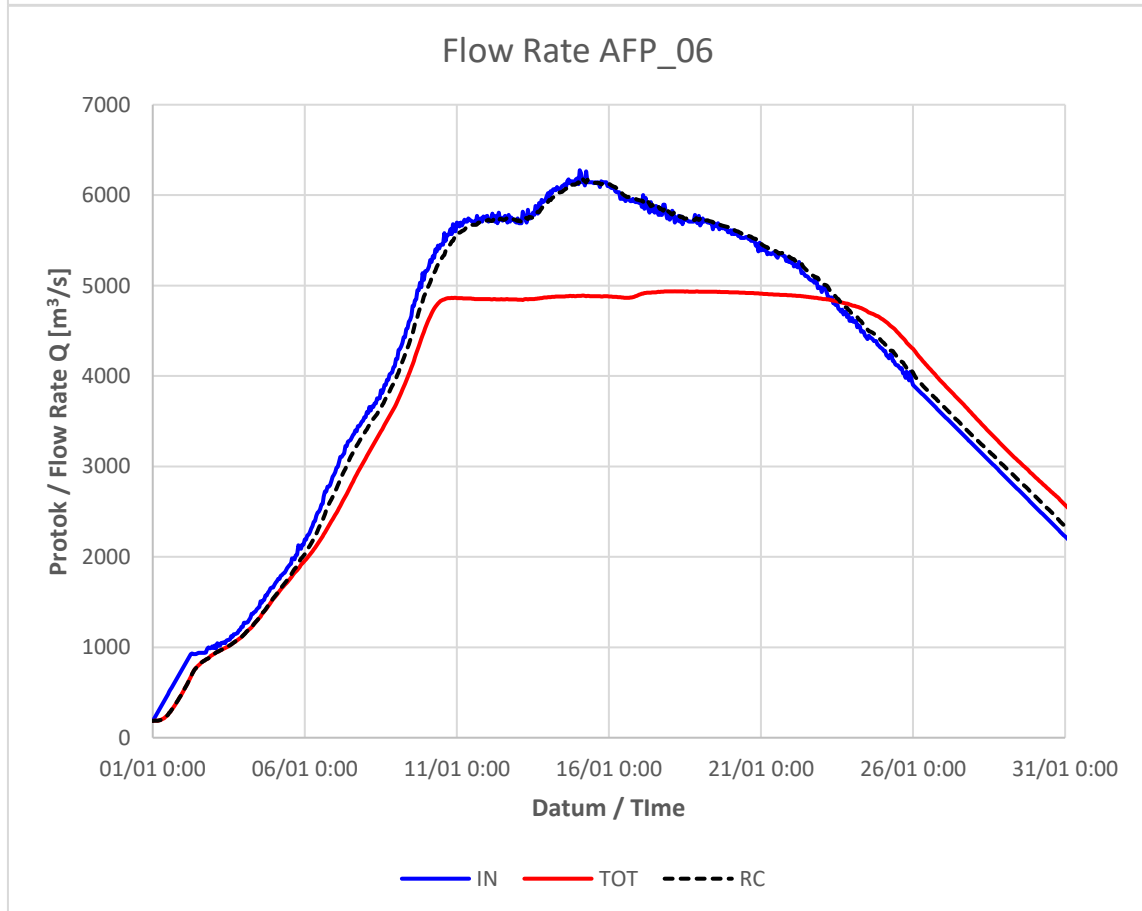
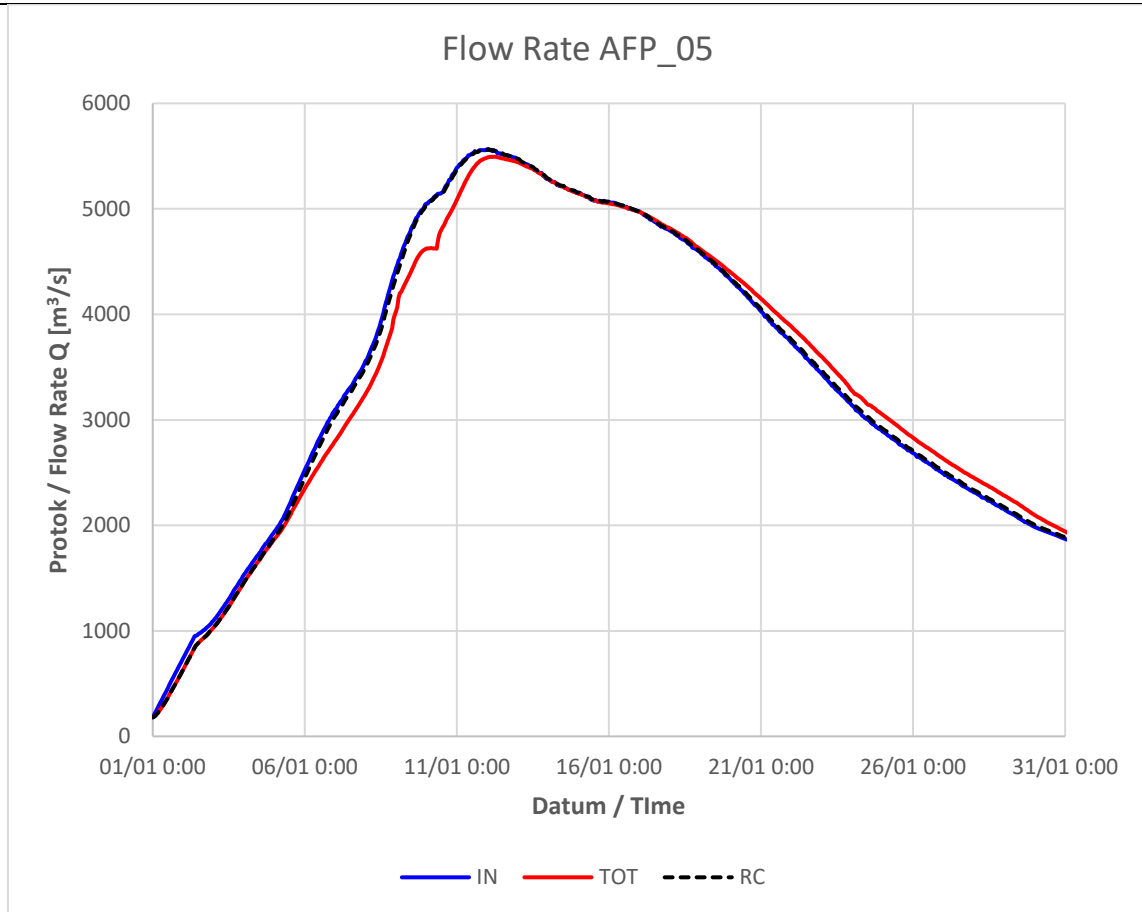


### Ulazni i izlazni hidrogrami za $Q_{1000}$





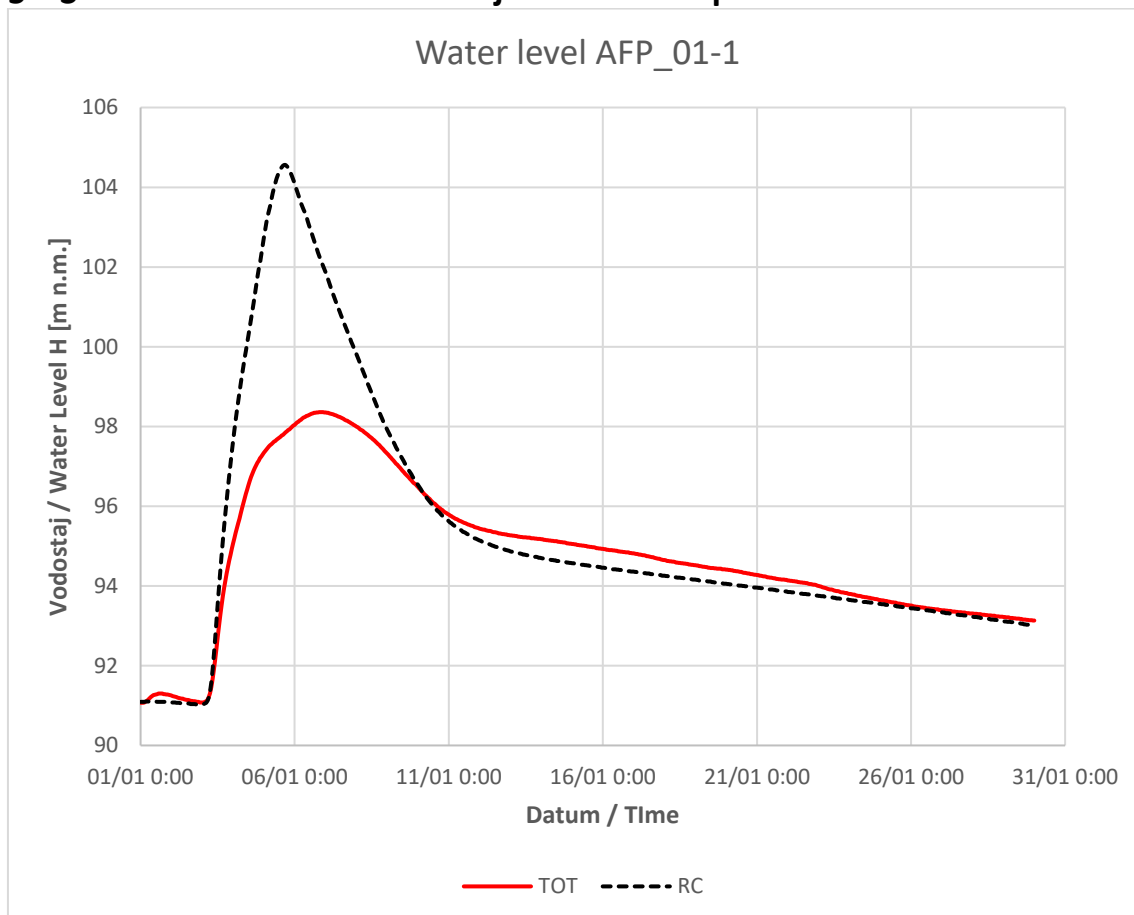


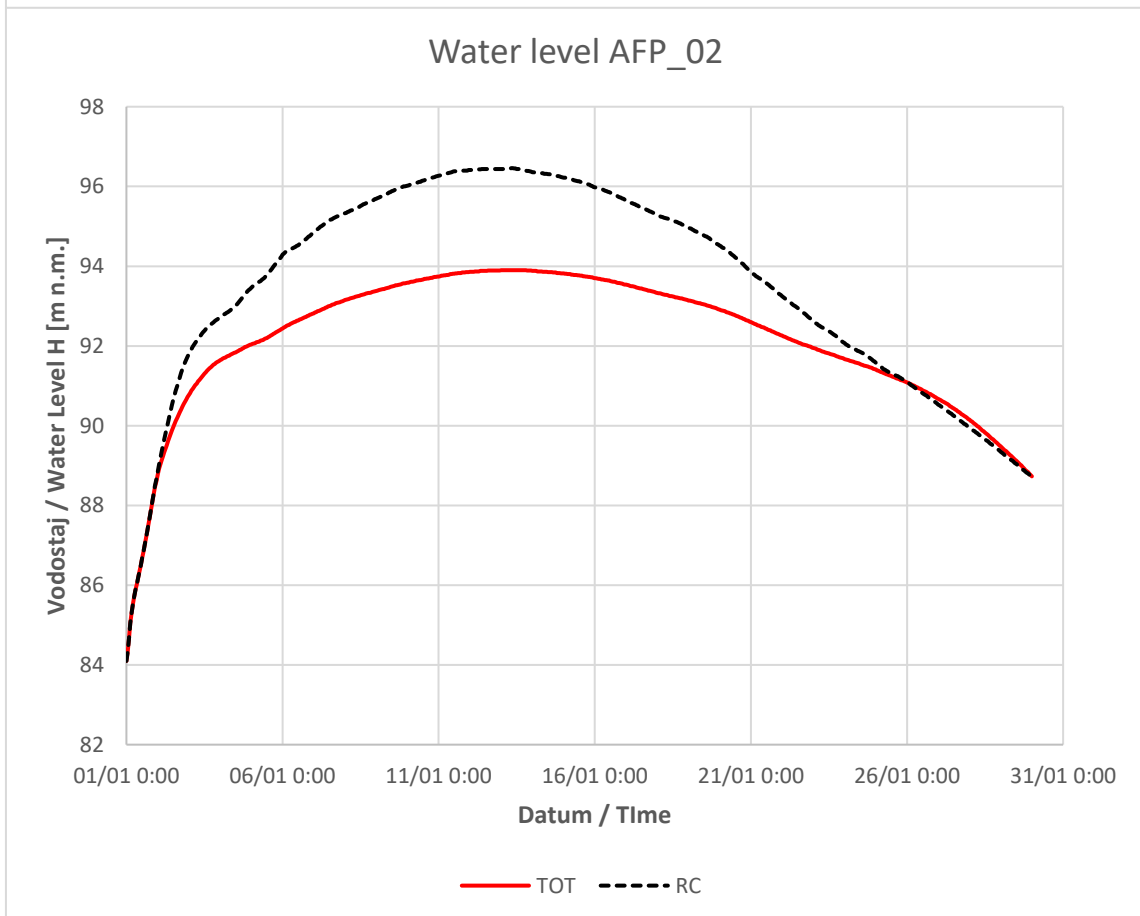
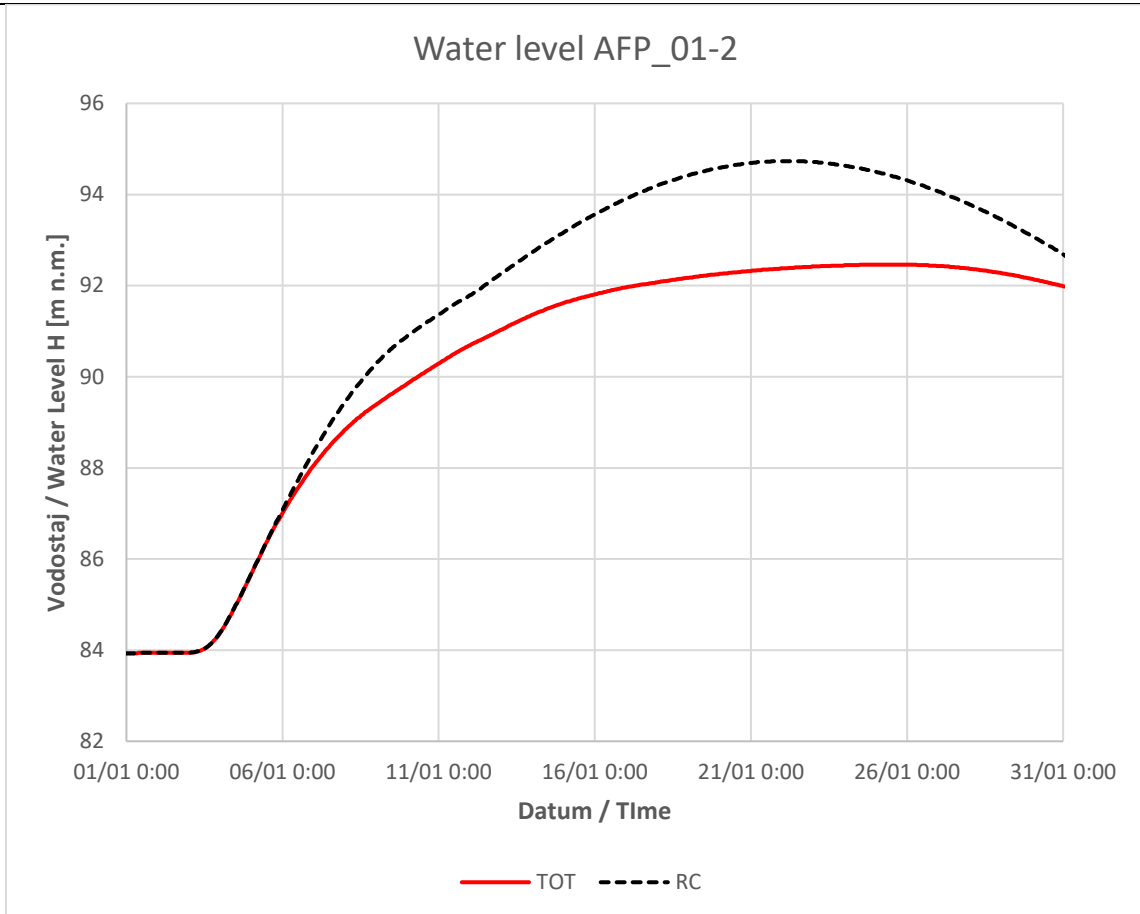


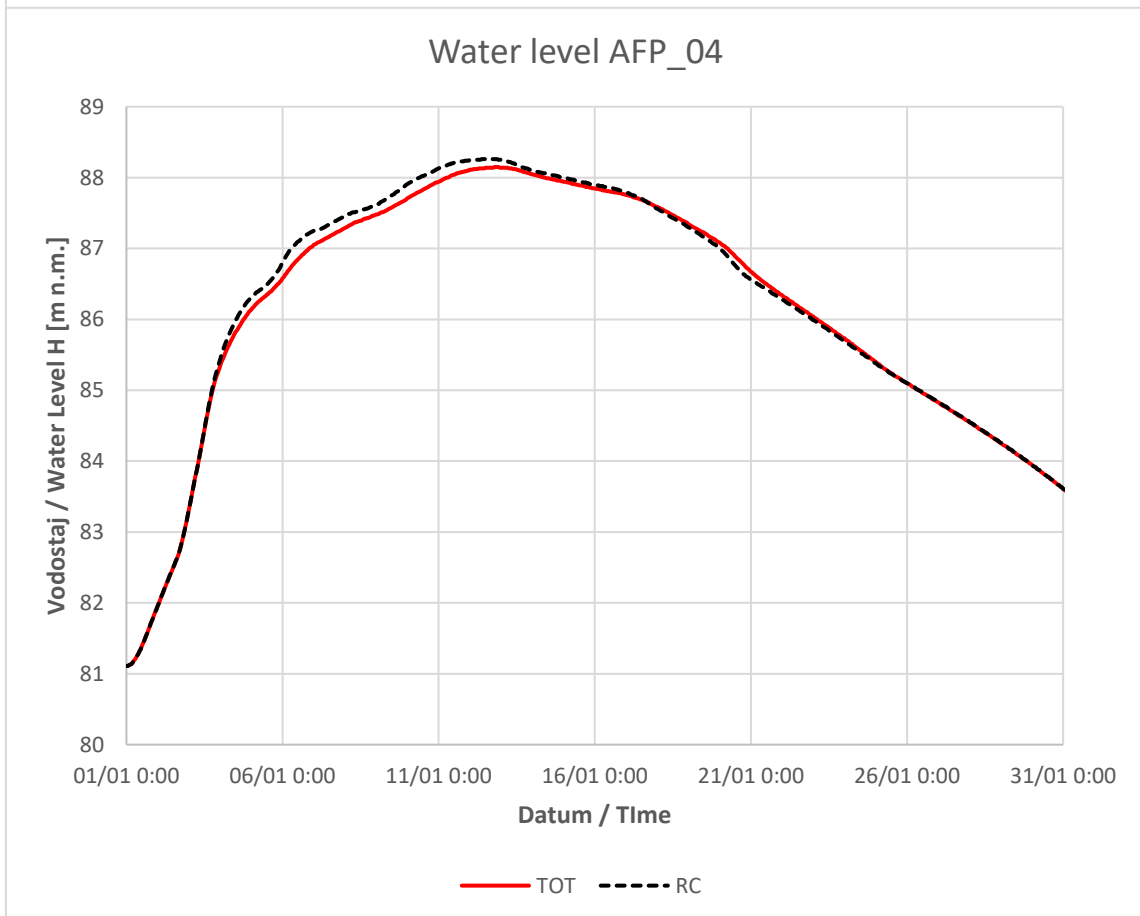
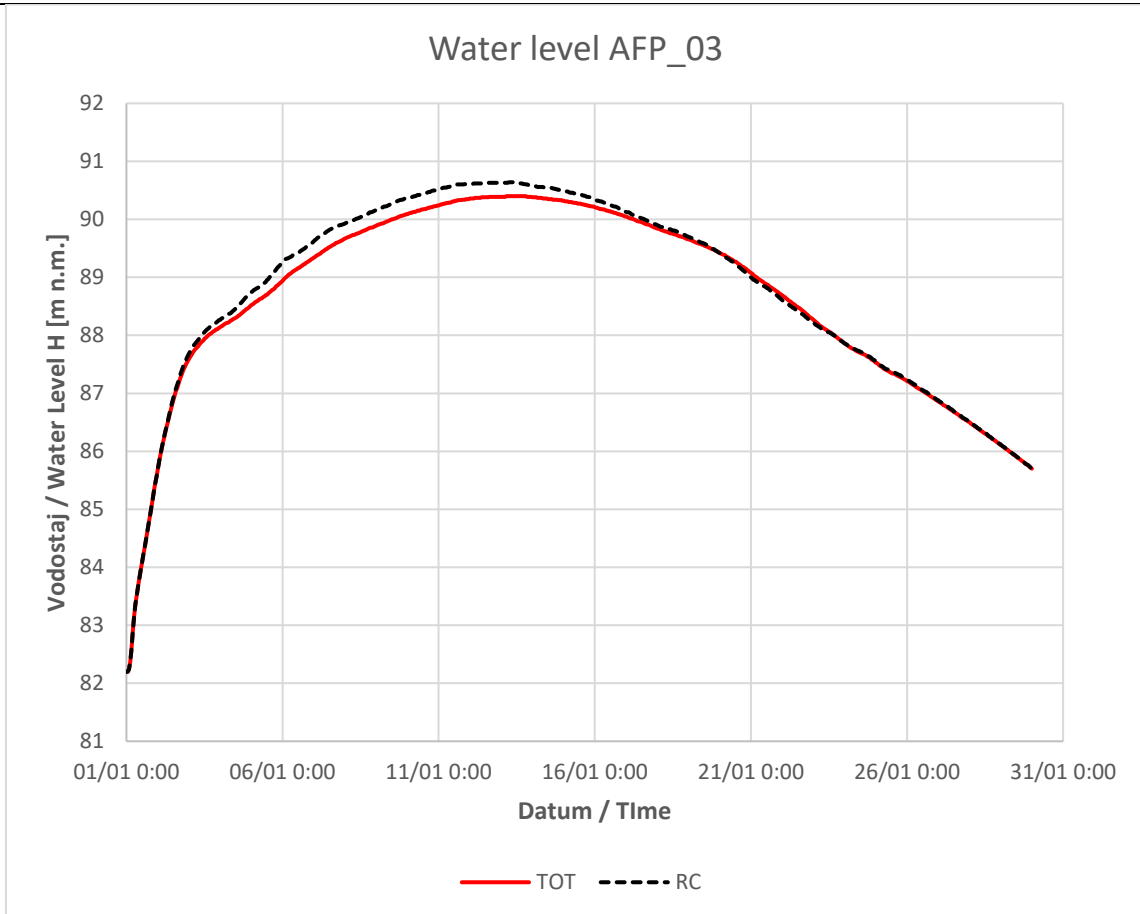


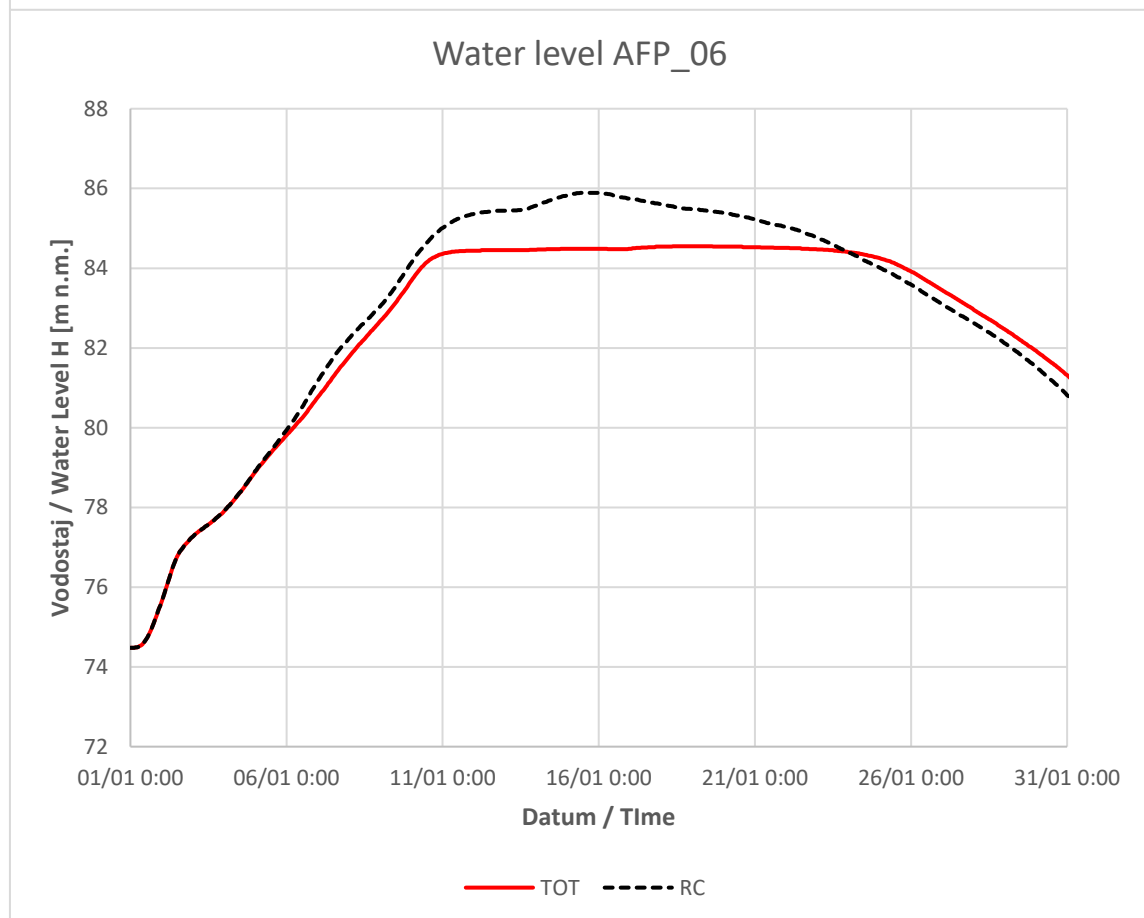
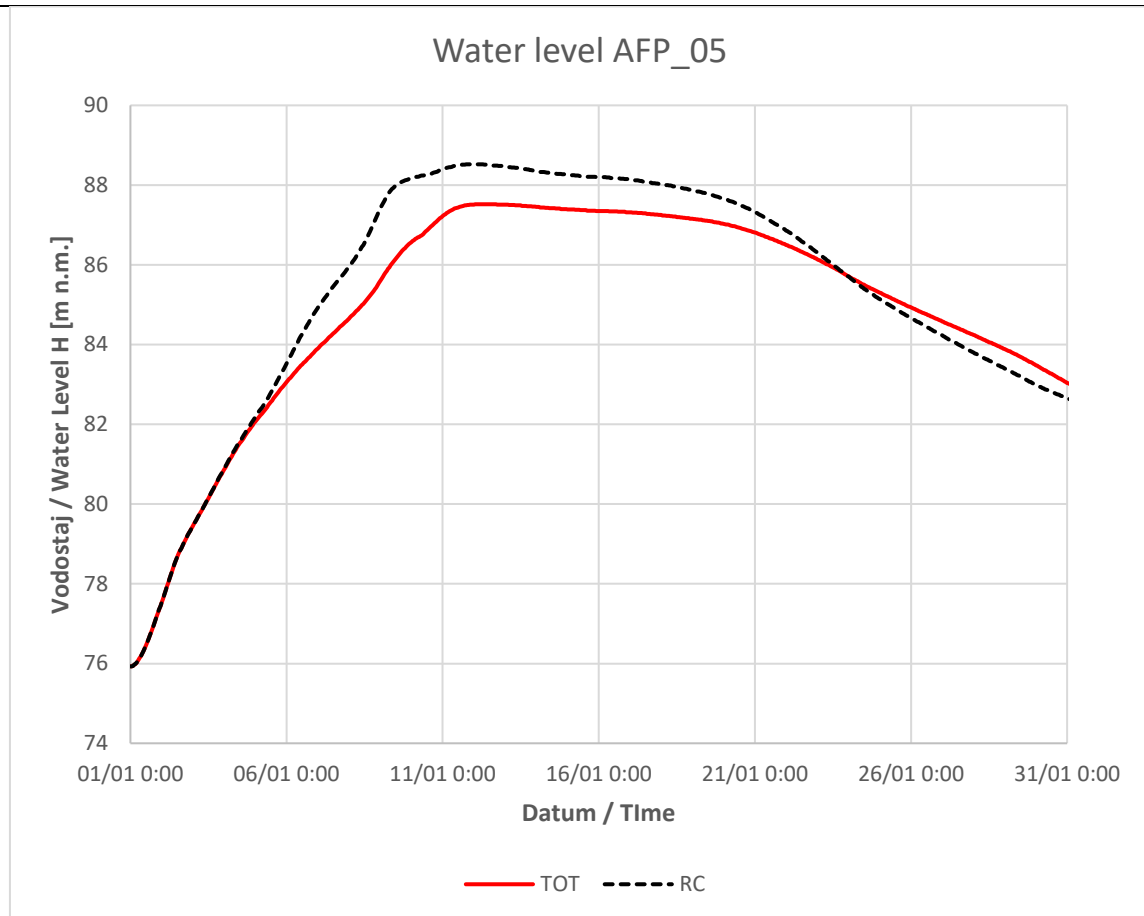
## PRILOG E – REZULTATI NA NIZVODNIM PROFILIMA POPLAVNIH PODRUČJA

### 5.1.3 HEC-RAS rezultati vodostaja na izlaznim profilima AFPova

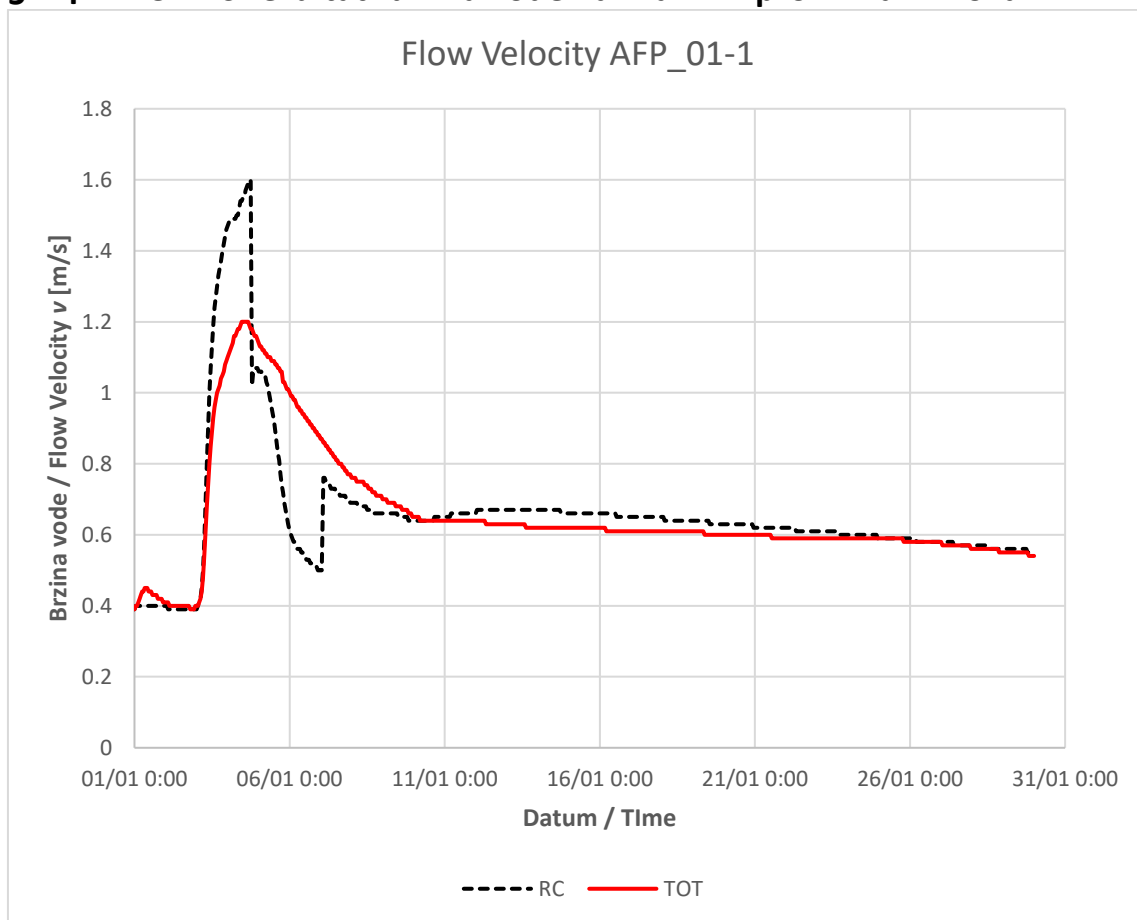




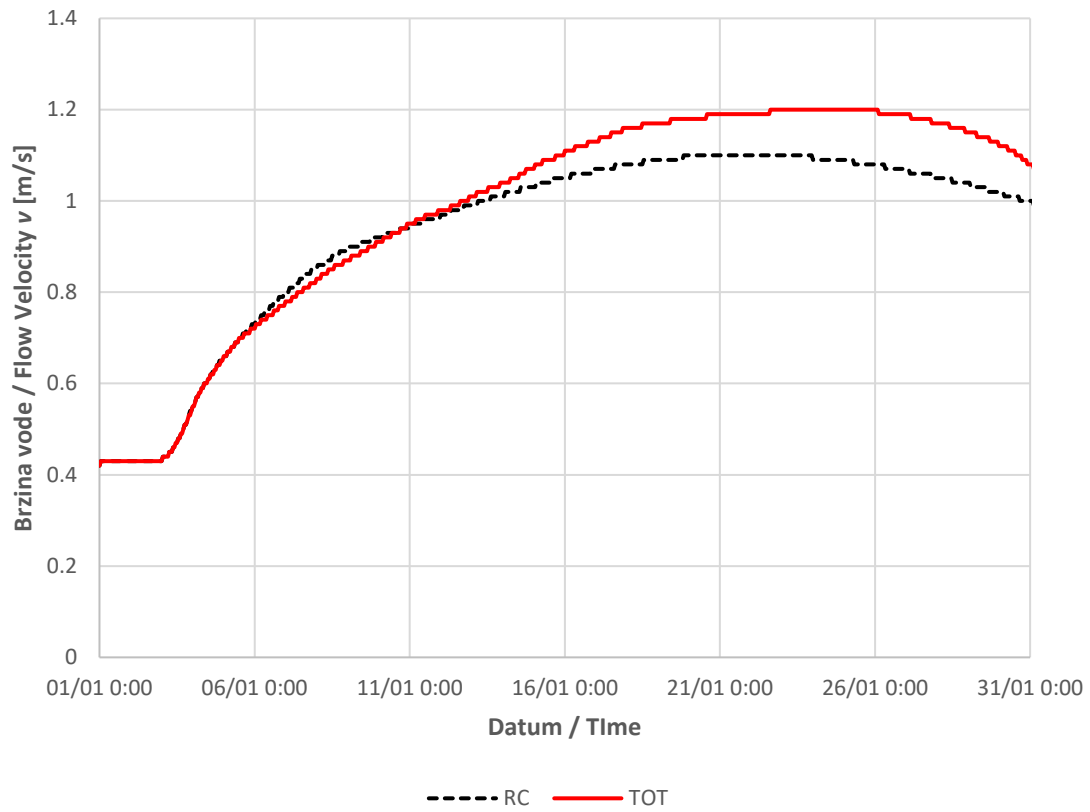




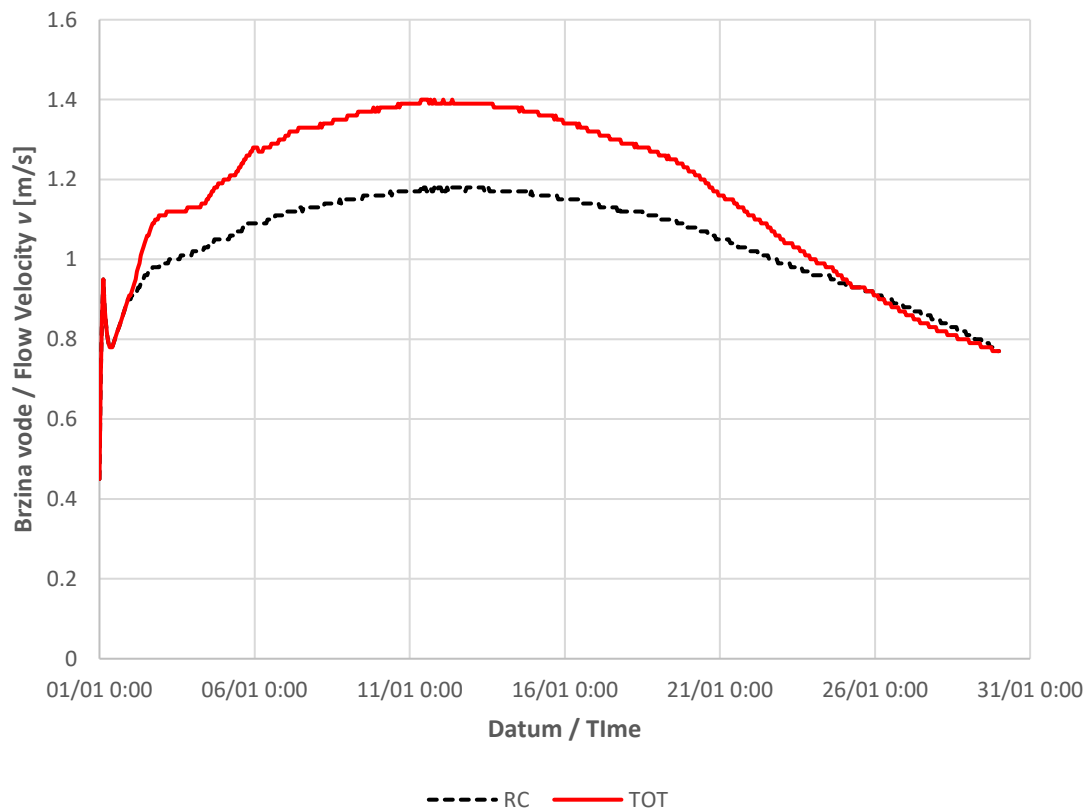
### 5.1.4 HEC-RAS rezultati brzina vode na izlaznim profilima AFPova

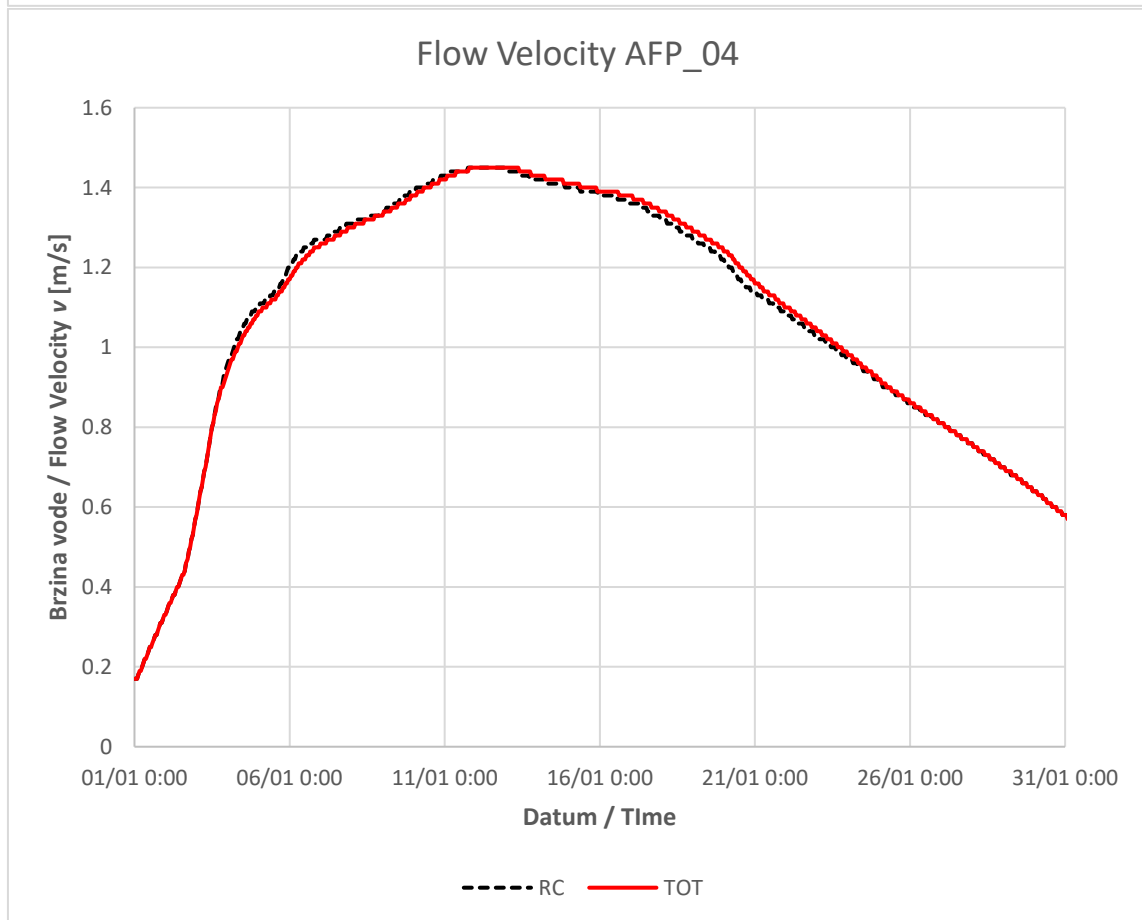
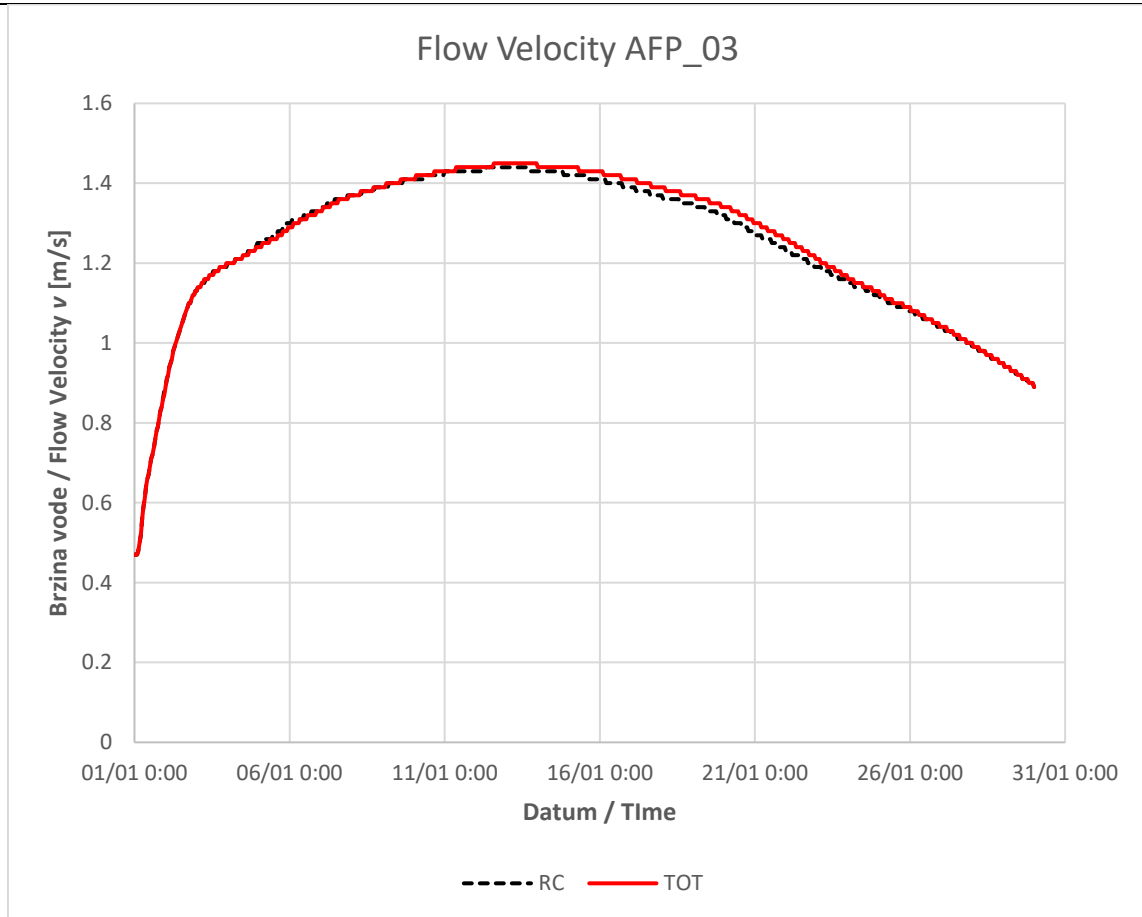


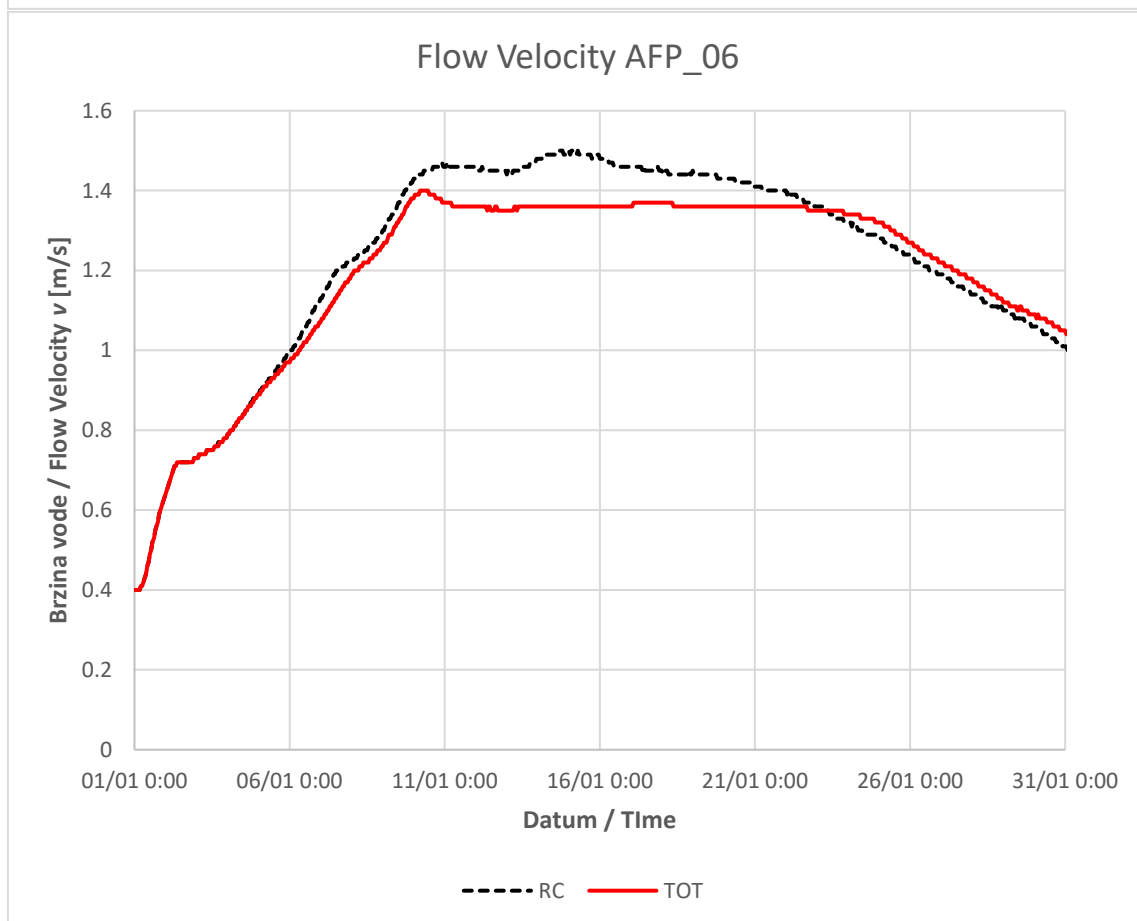
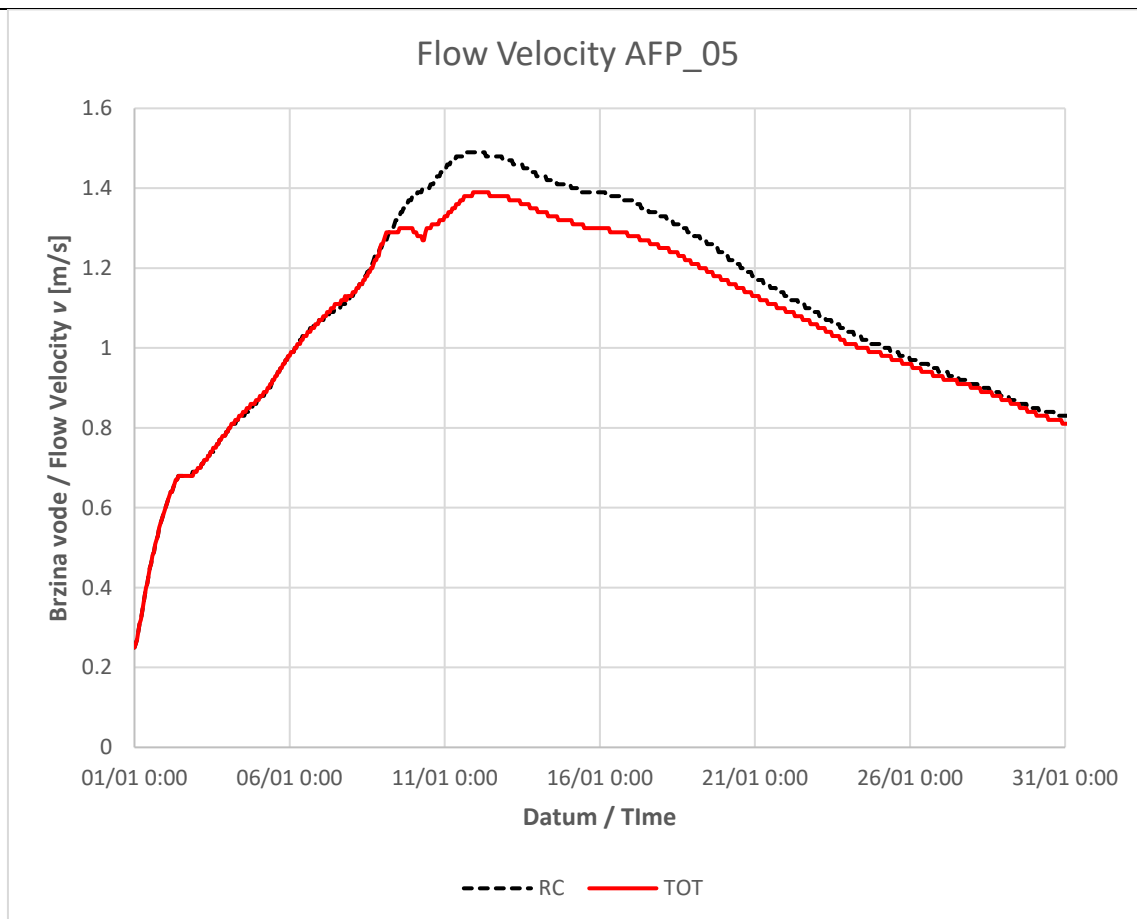
Flow Velocity AFP\_01-2



Flow Velocity AFP\_02

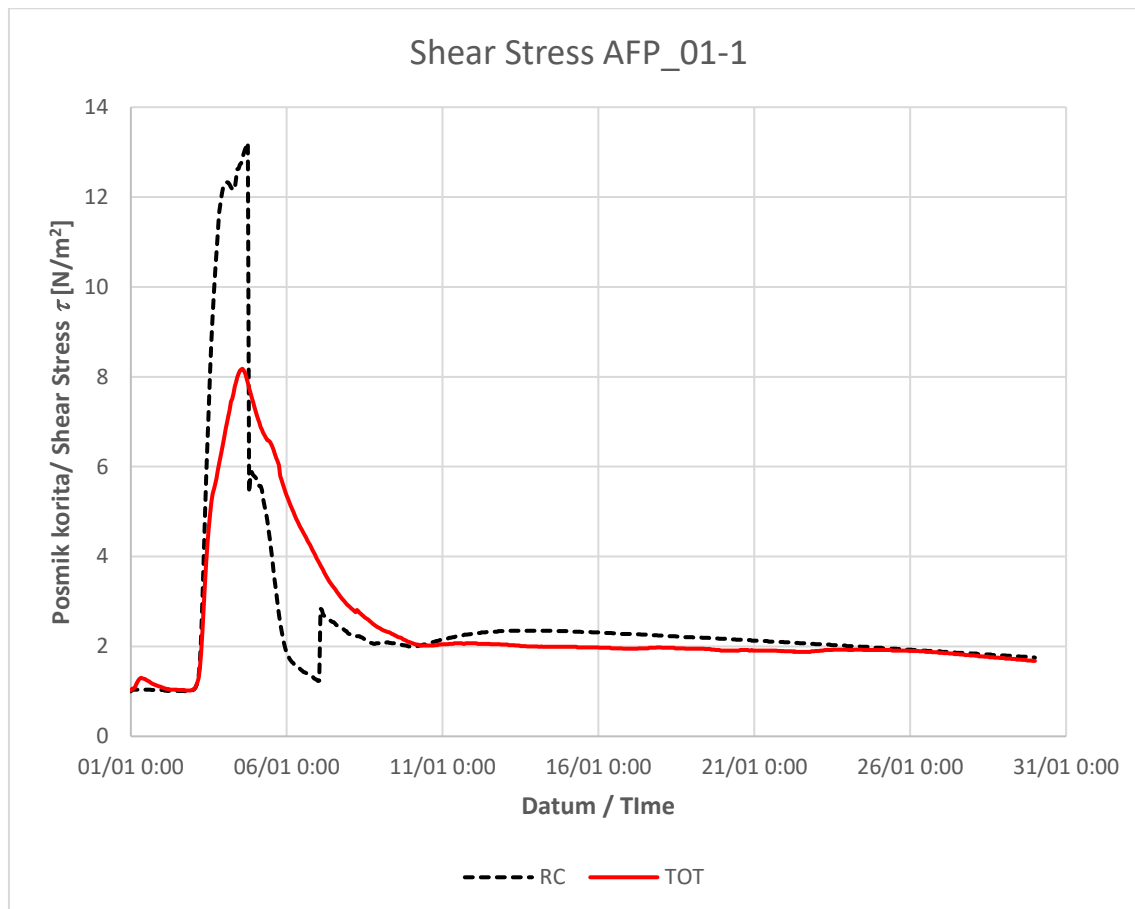




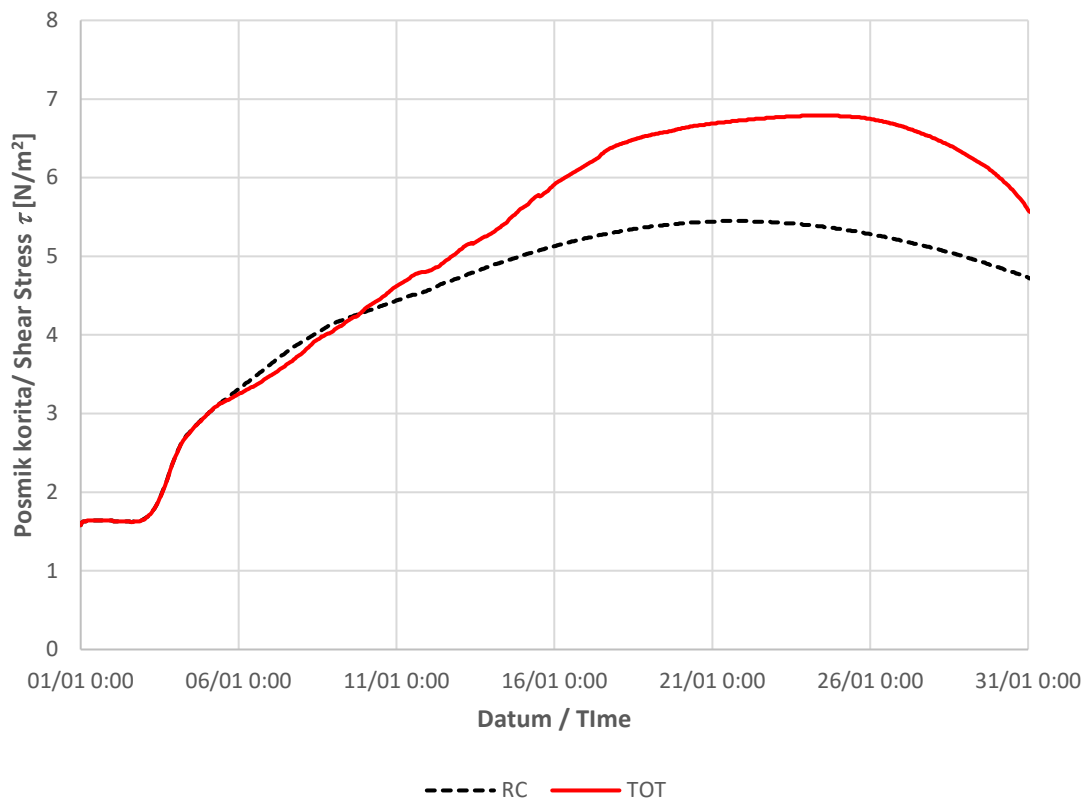




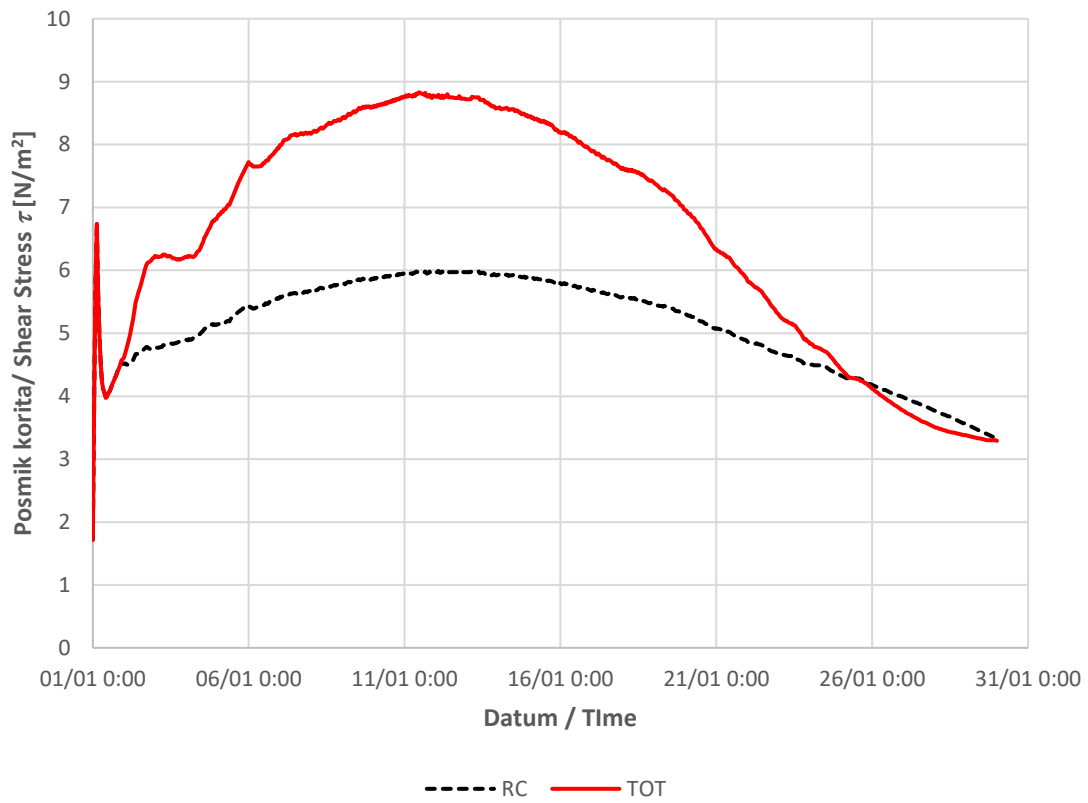
### 5.1.5 HEC-RAS rezultati posmicnih naprezanja dna korita rijeke na izlaznim profilima AFPova

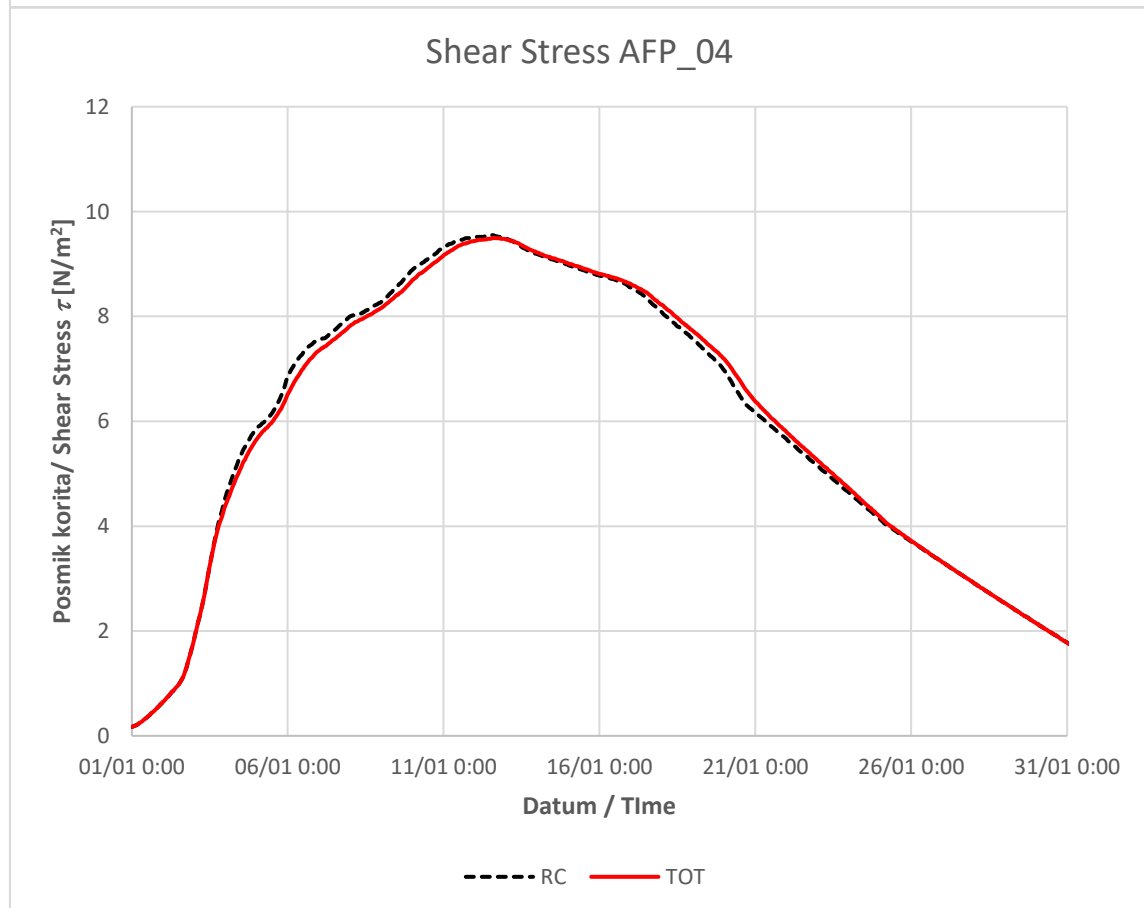
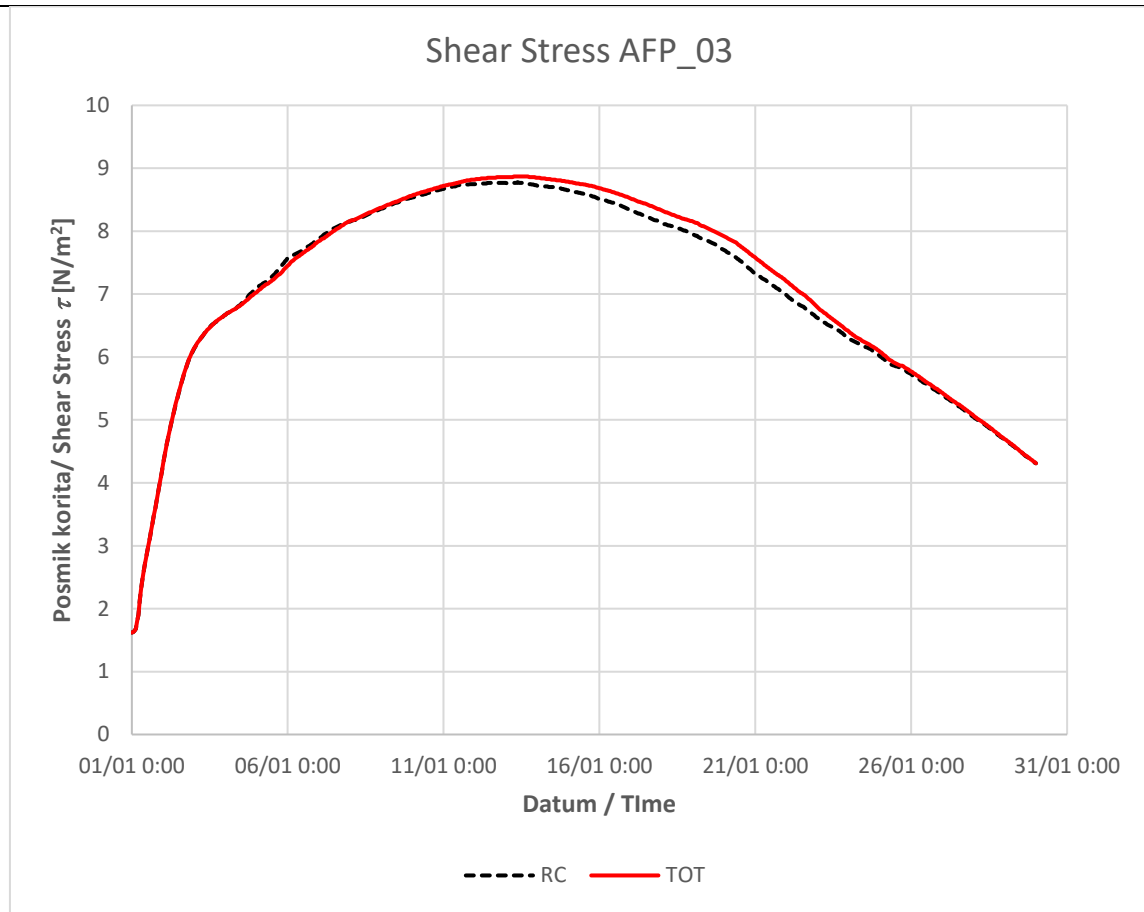


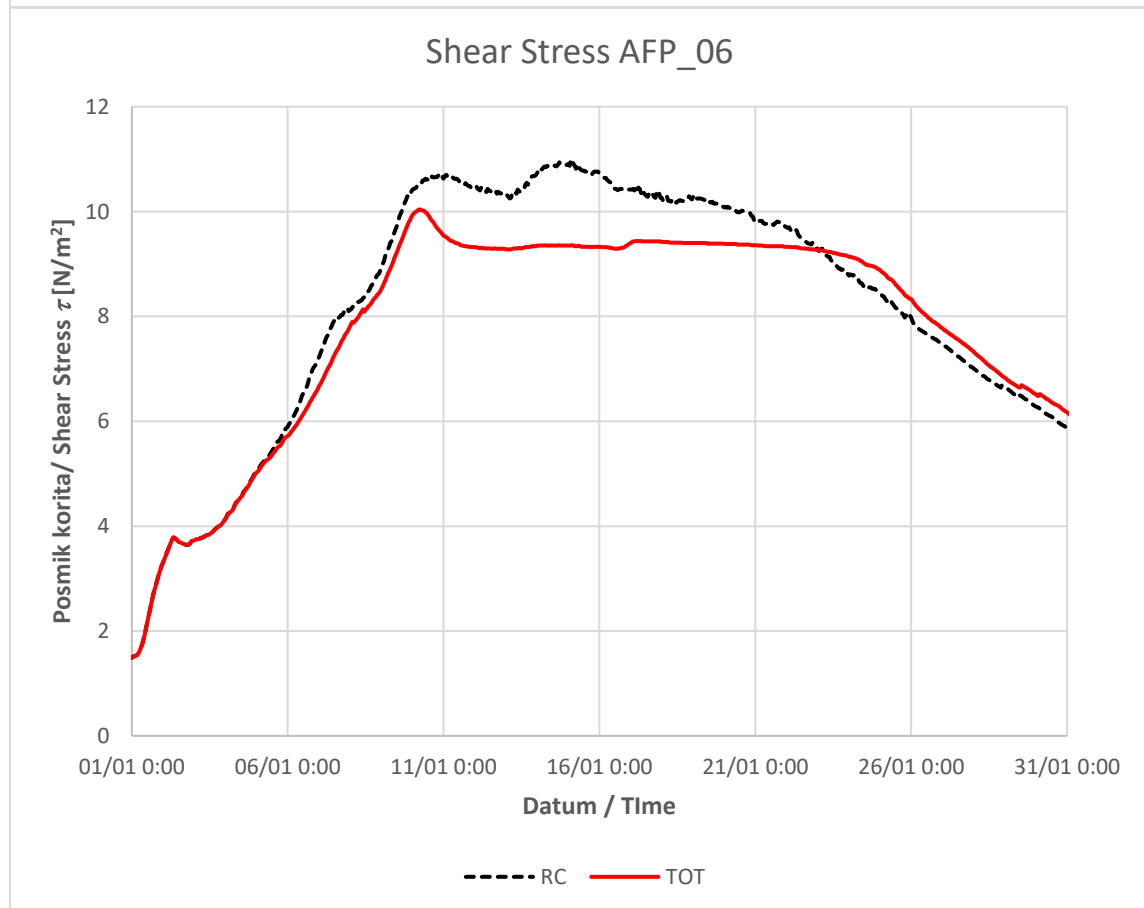
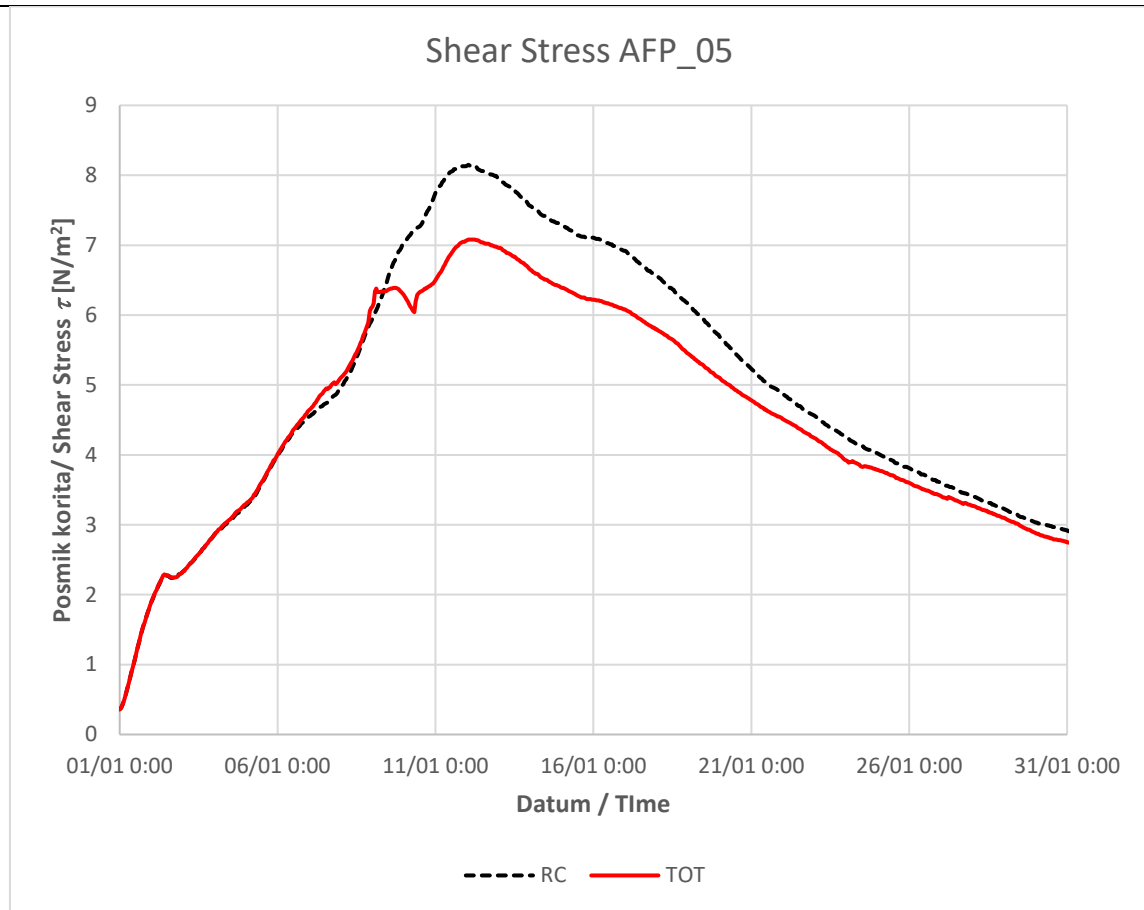
Shear Stress AFP\_01-2



Shear Stress AFP\_02







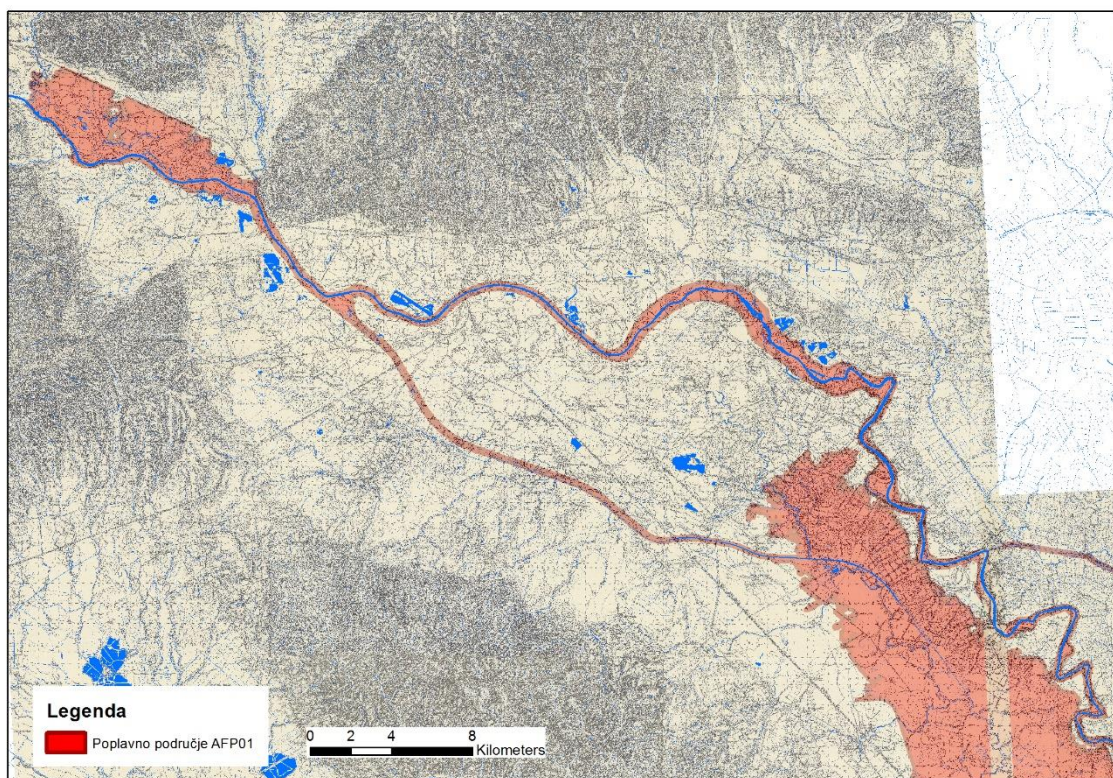
## PRILOG F – KARTE EKOLOŠKIH I SOCIO-EKONOMSKIH PARAMETARA

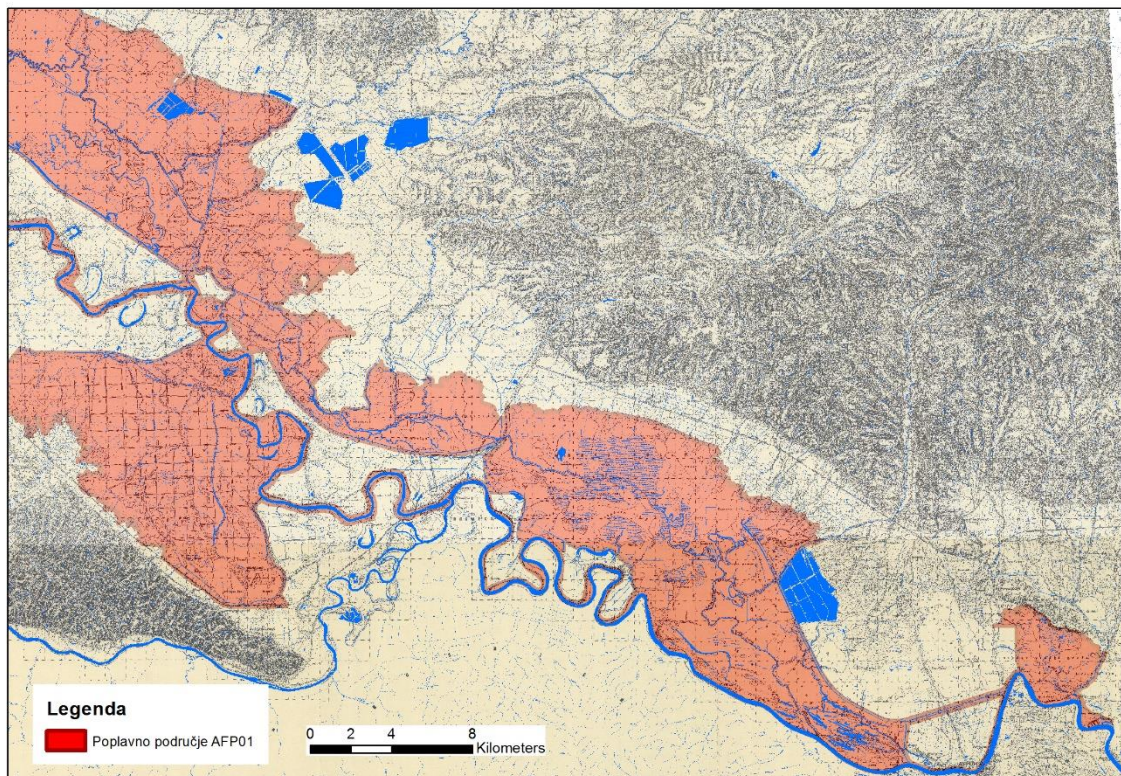
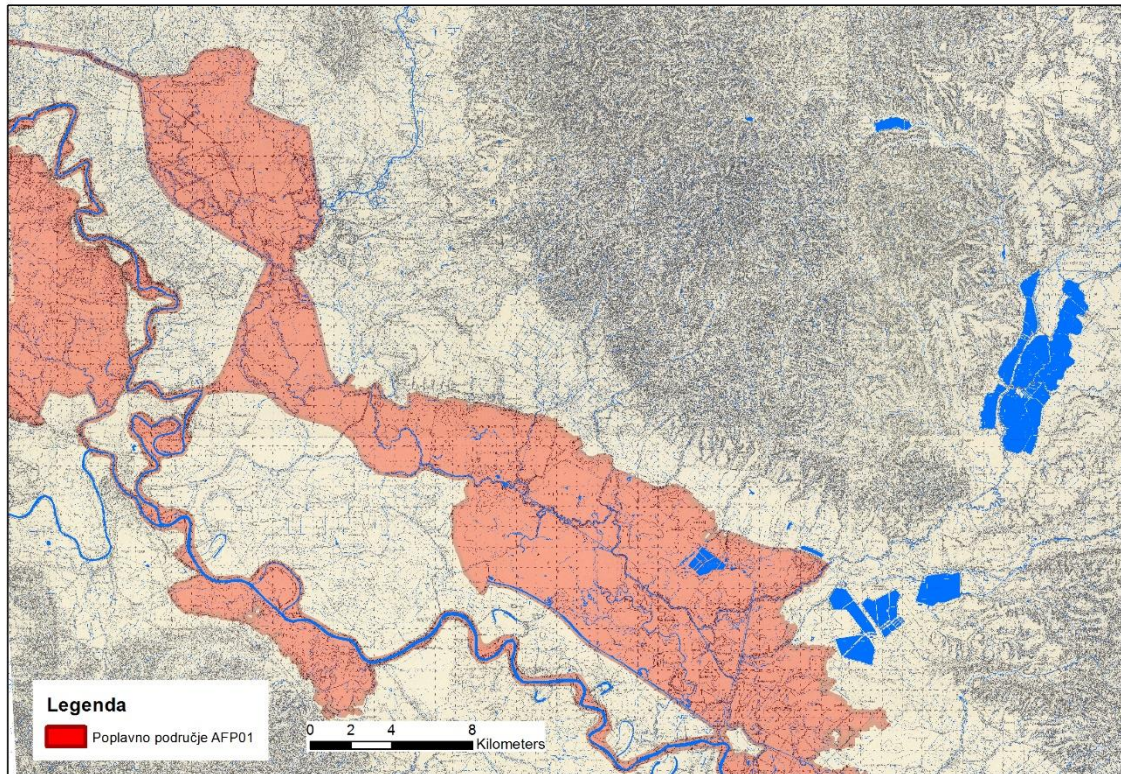
### 5.1.6 Povijesne karte i karte povezanosti vodnih tijela

Povijesne karte osigurane su od strane Hrvatskih voda koje su prethodno dobavljene od strane Copyright (c) [Österreichisches Staatsarchiv] – all rights reserved (survey, z.B. „Josephinische Landesaufnahme“ / „First military survey“)

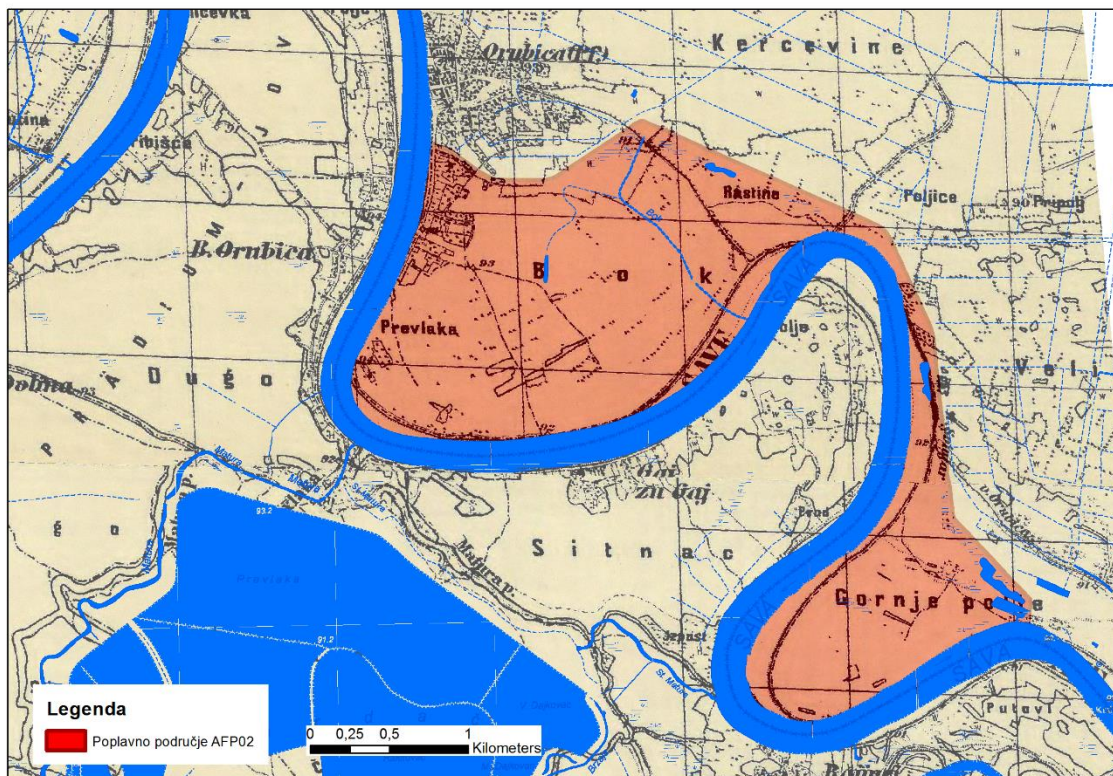
#### 5.1.6.1 Povijesne karte poplavnih područja rijeke Save

##### 5.1.6.1.1 Sava – AFP01

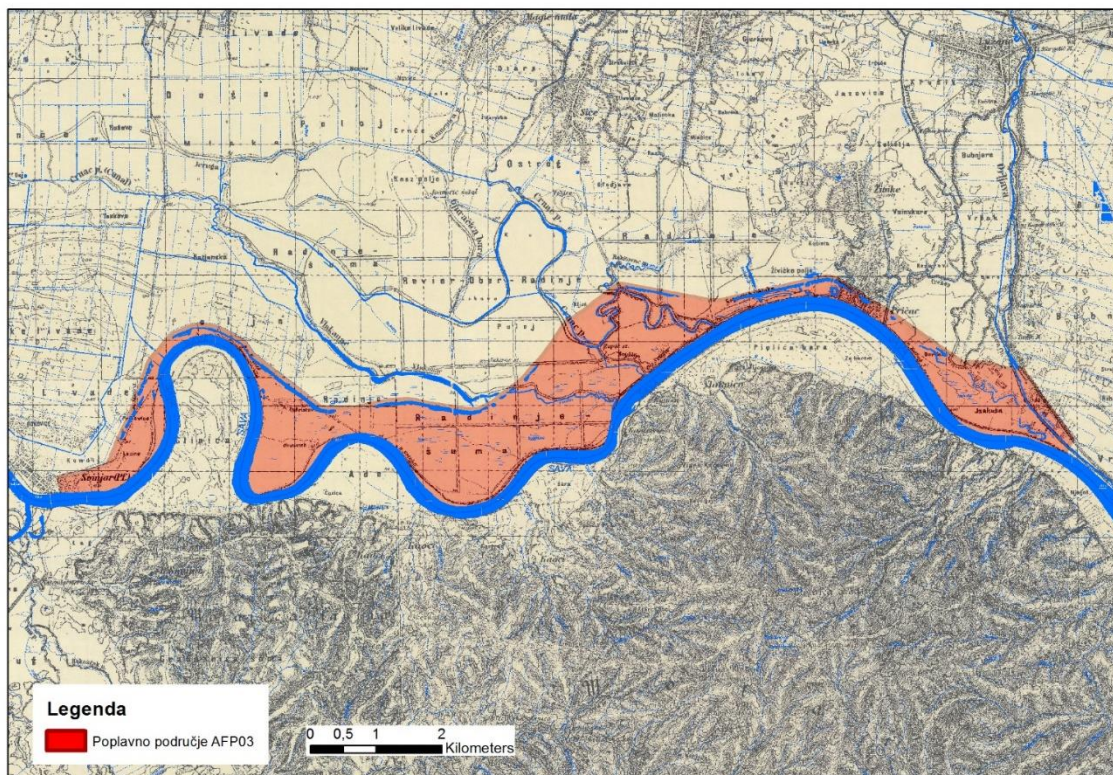




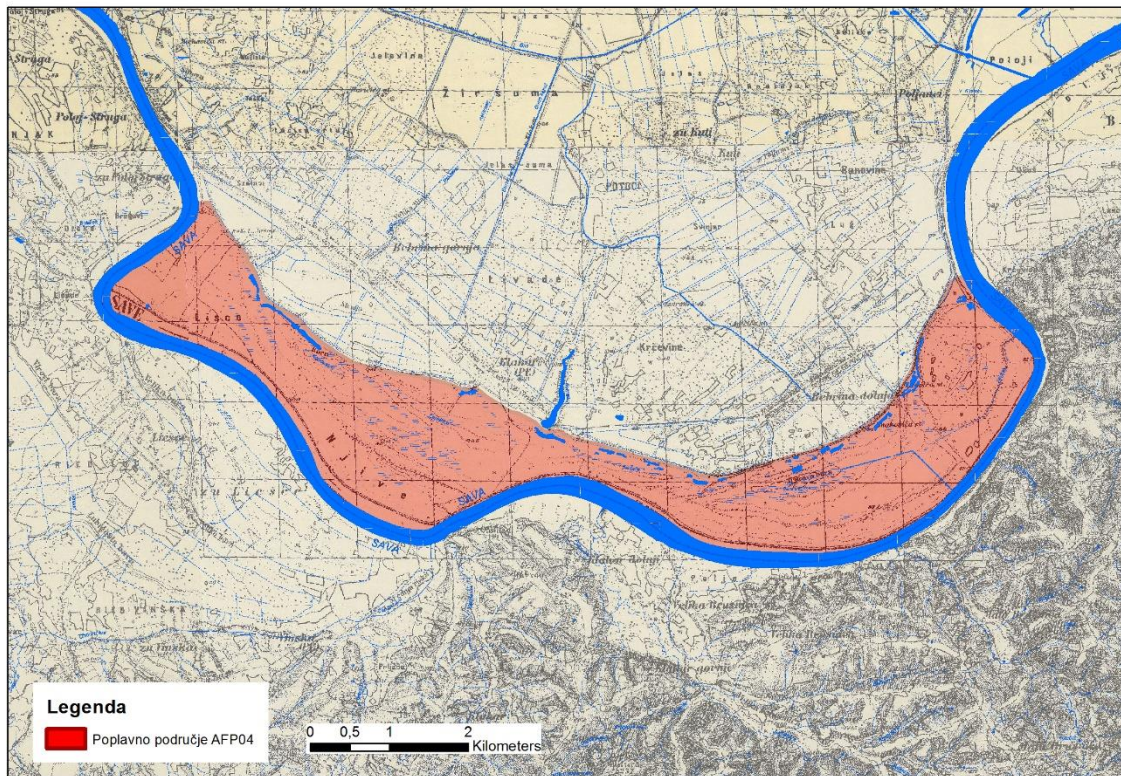
### 5.1.6.1.2 Sava – AFP02



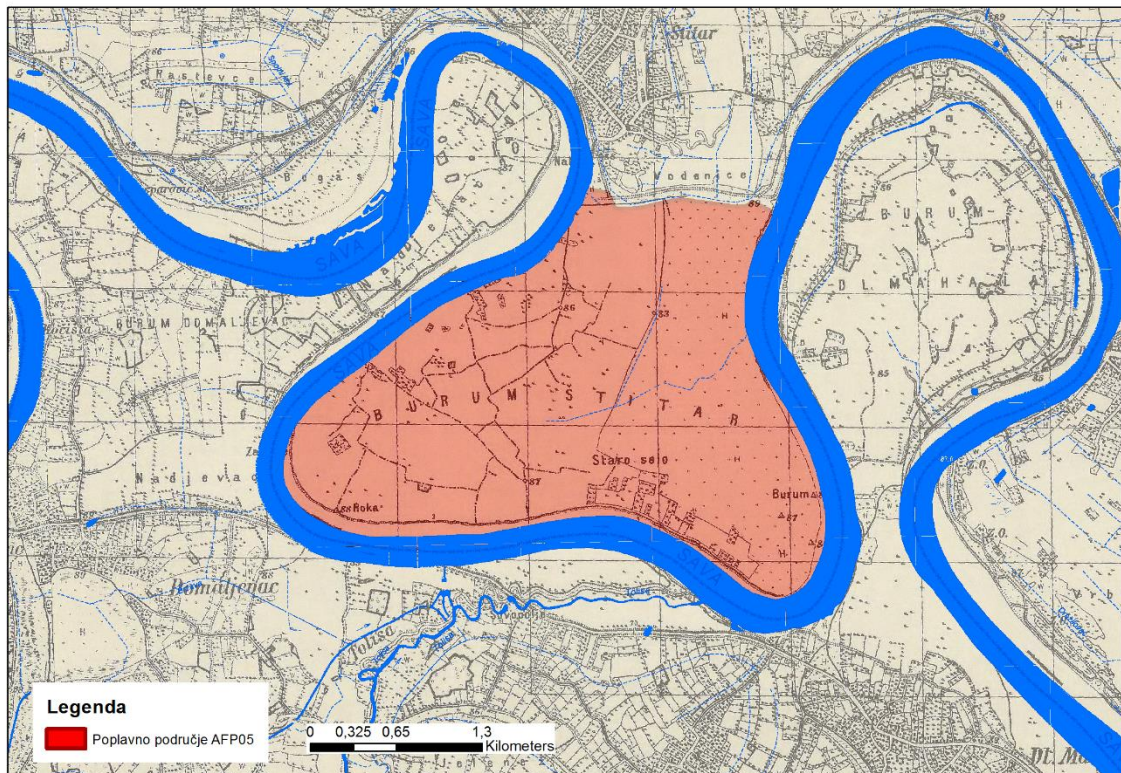
### 5.1.6.1.3 Sava – AFP03



#### 5.1.6.1.4 Sava – AFP04

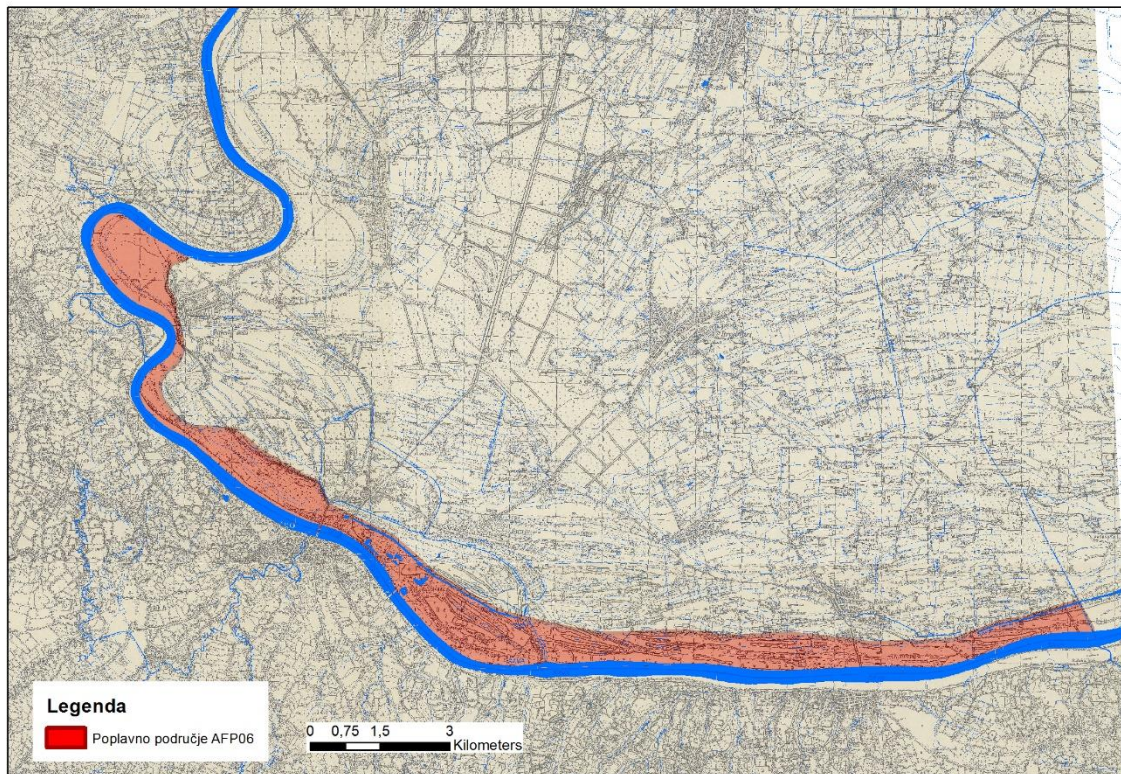


#### 5.1.6.1.5 Sava – AFP05



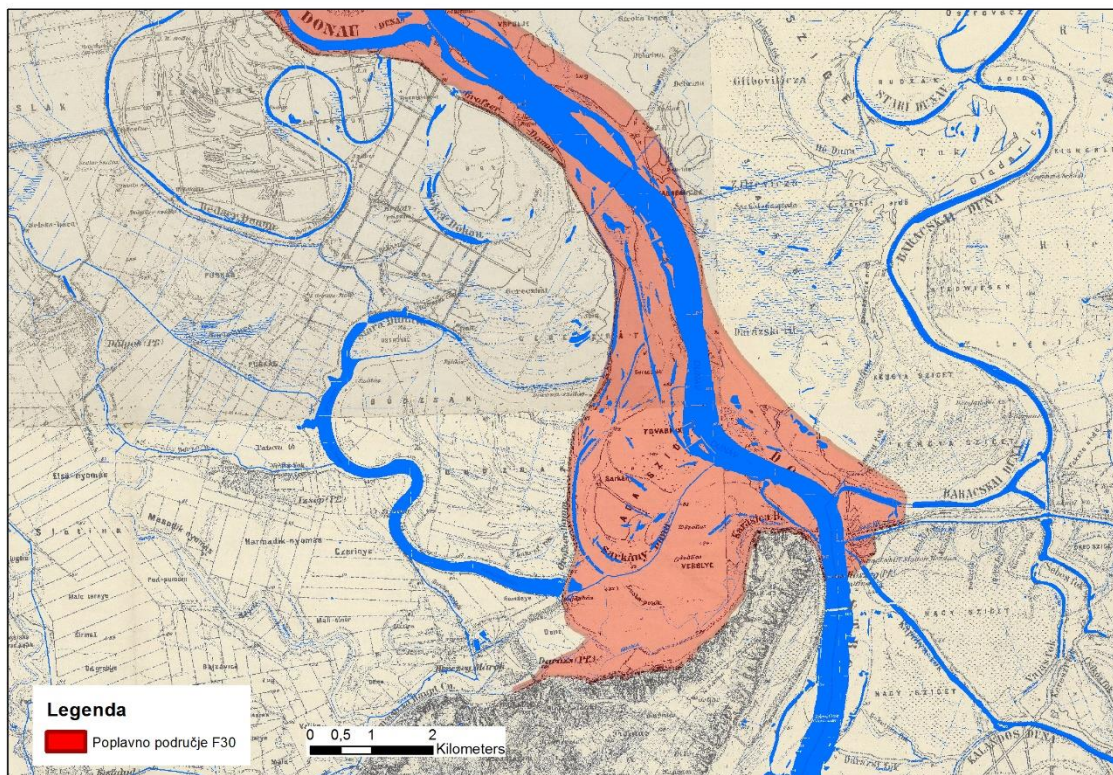


### 5.1.6.1.6 Sava – AFP06

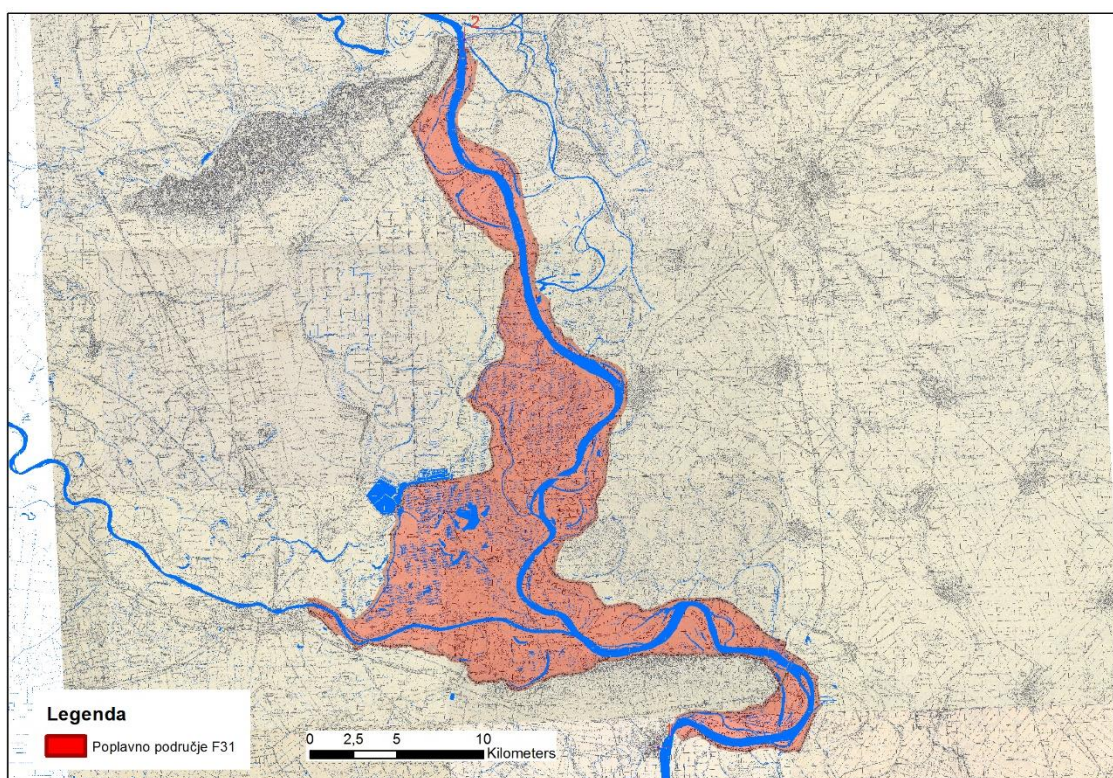


## 5.1.6.2 Povijesne karte poplavnih područja rijeke Dunav

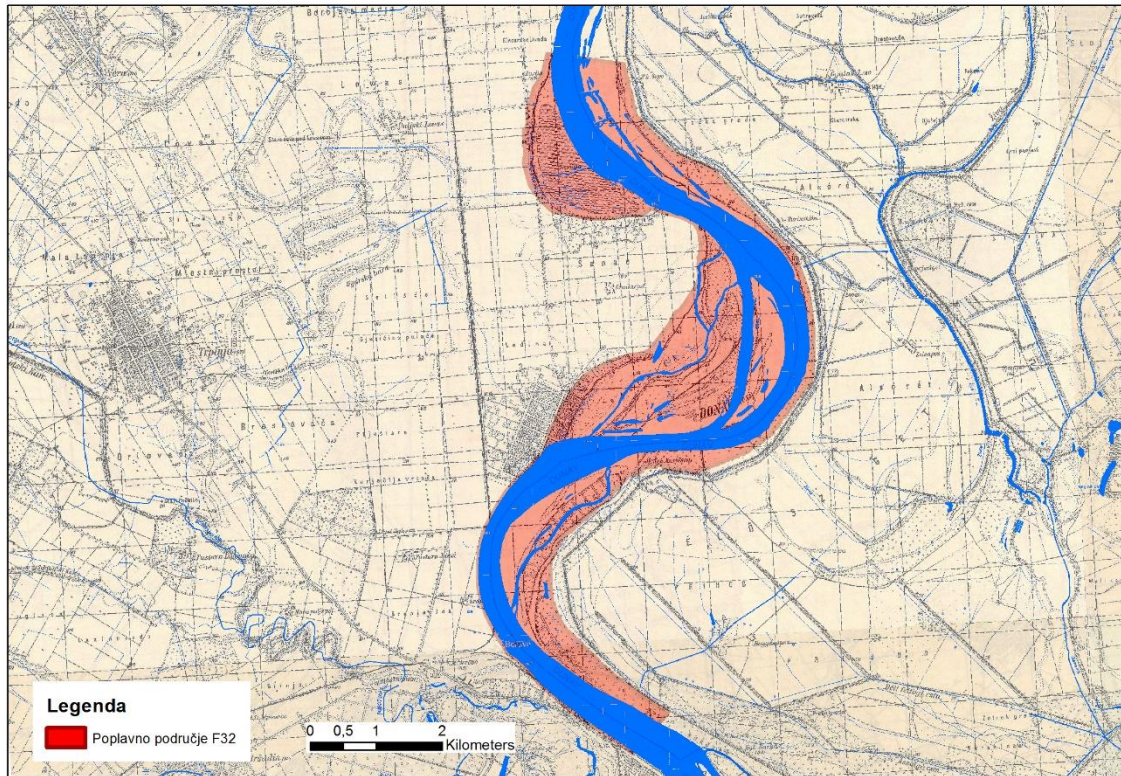
### 5.1.6.2.1 Dunav – FP30



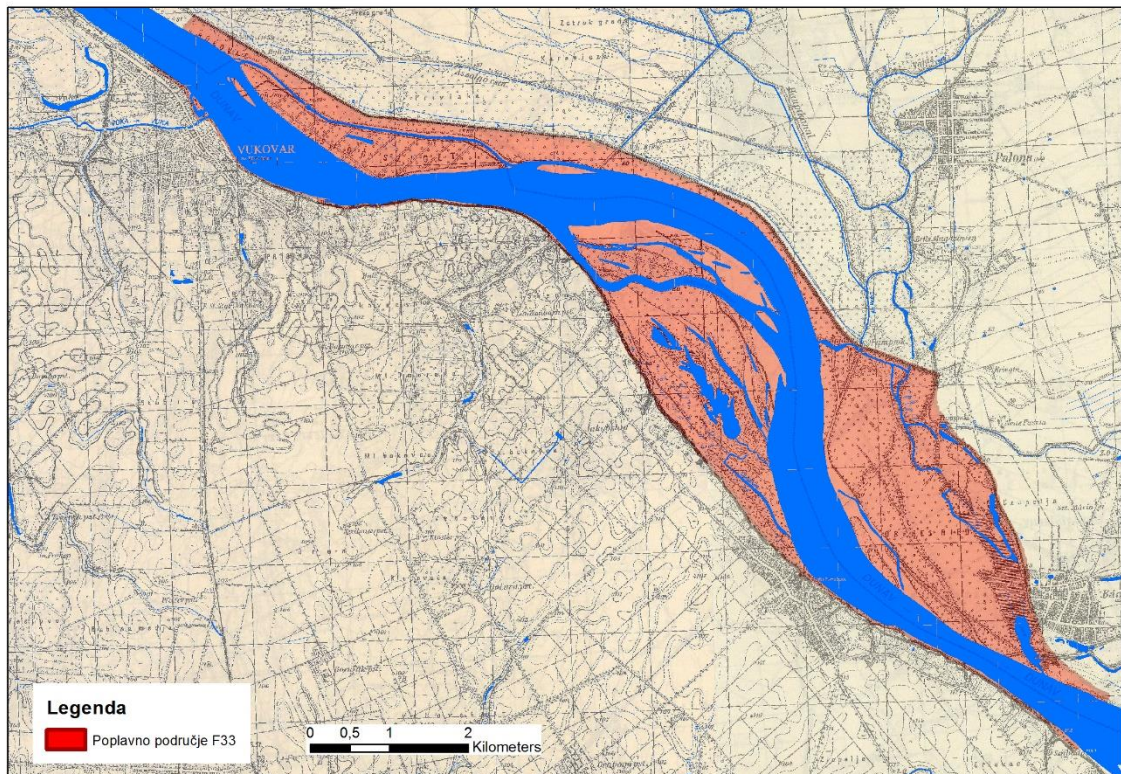
### 5.1.6.2.2 Dunav – FP31



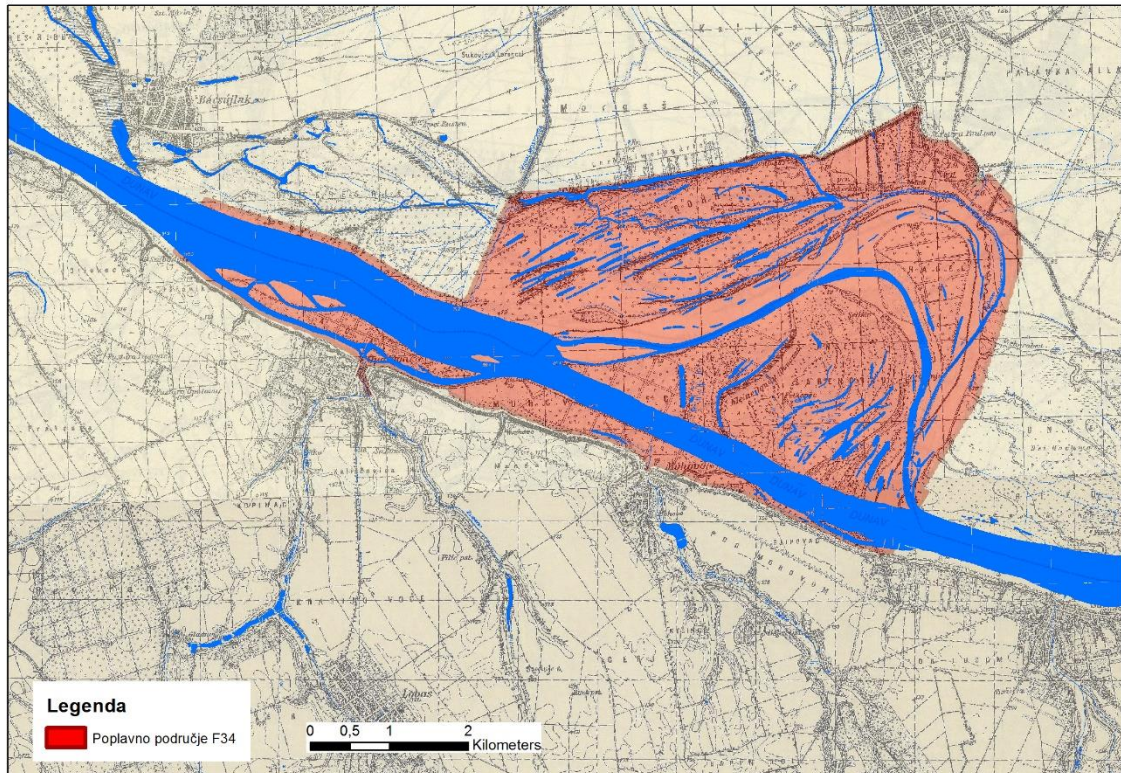
### 5.1.6.2.3 Dunav – FP32



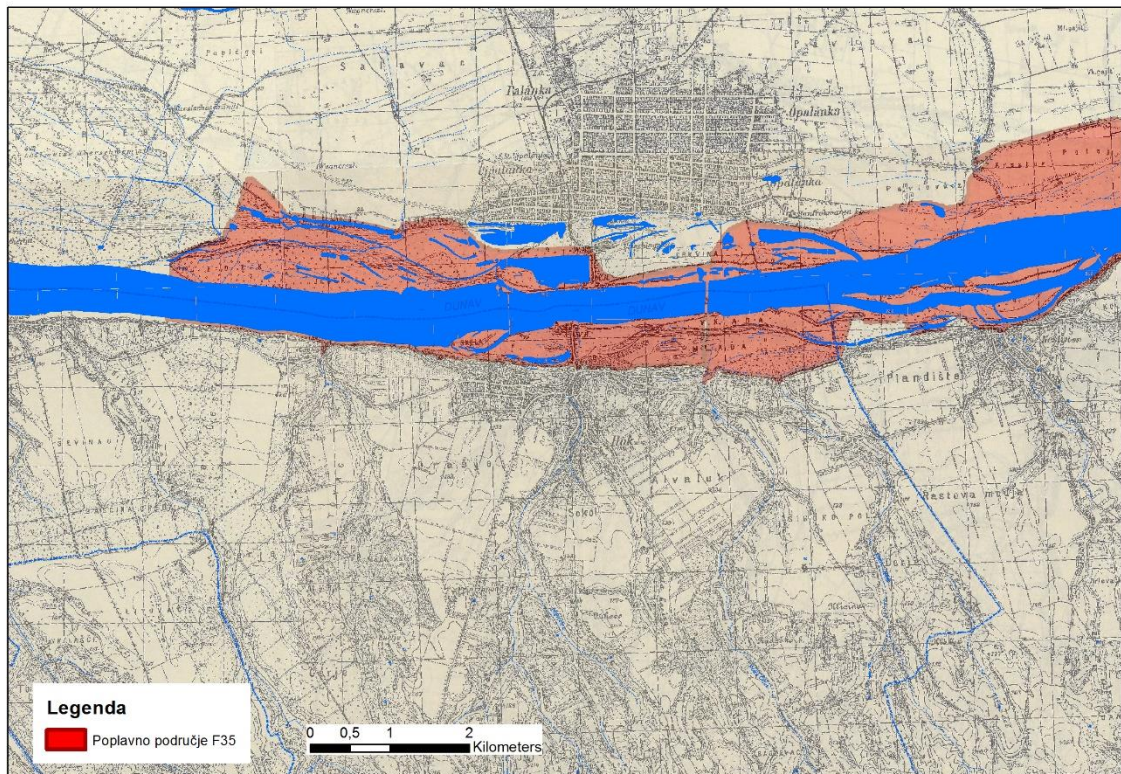
### 5.1.6.2.4 Dunav – FP33



### 5.1.6.2.5 Dunav – FP34

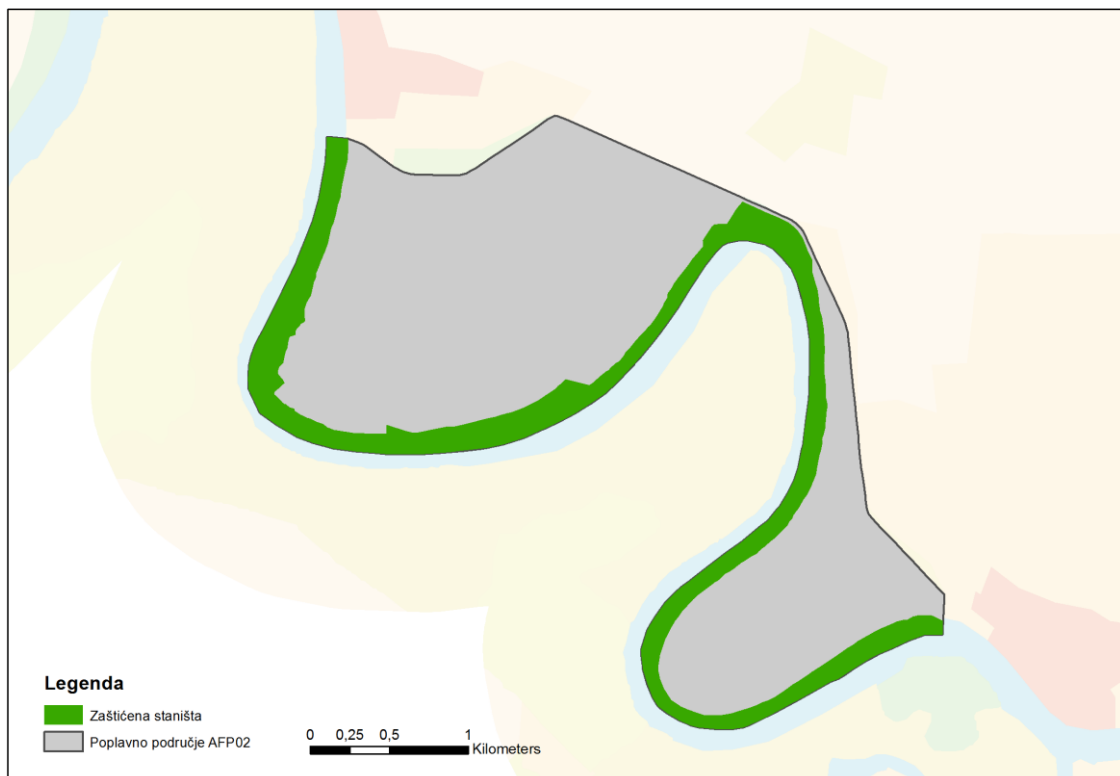
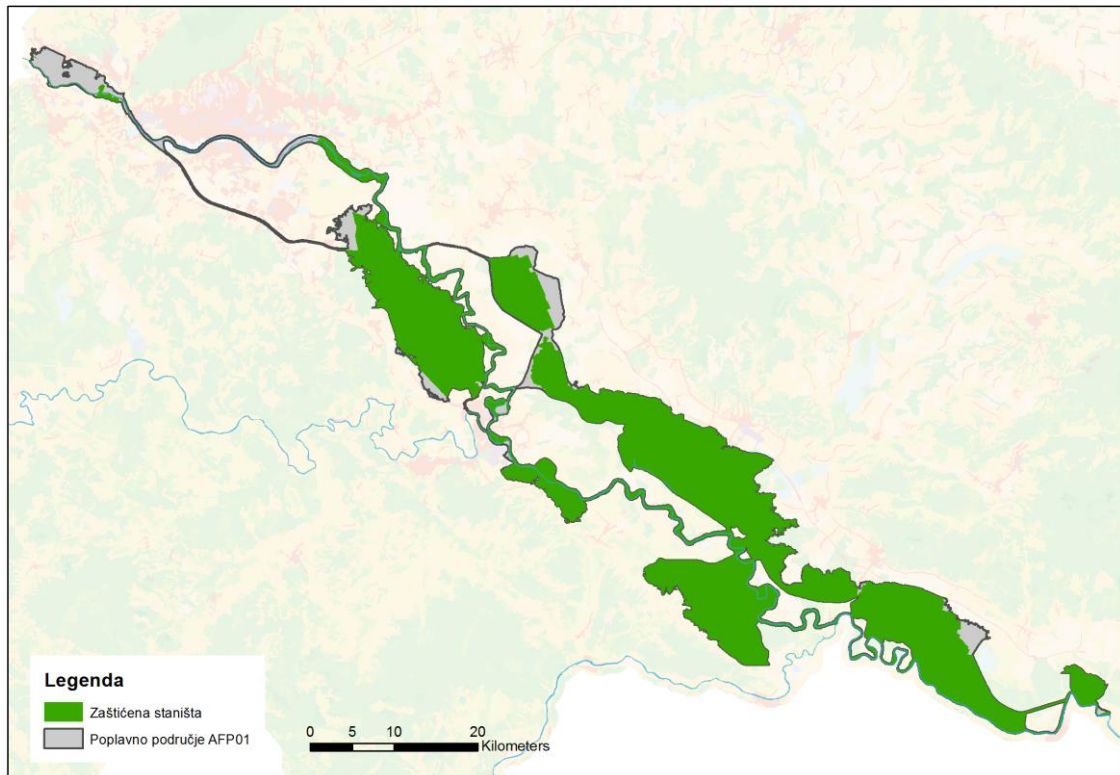


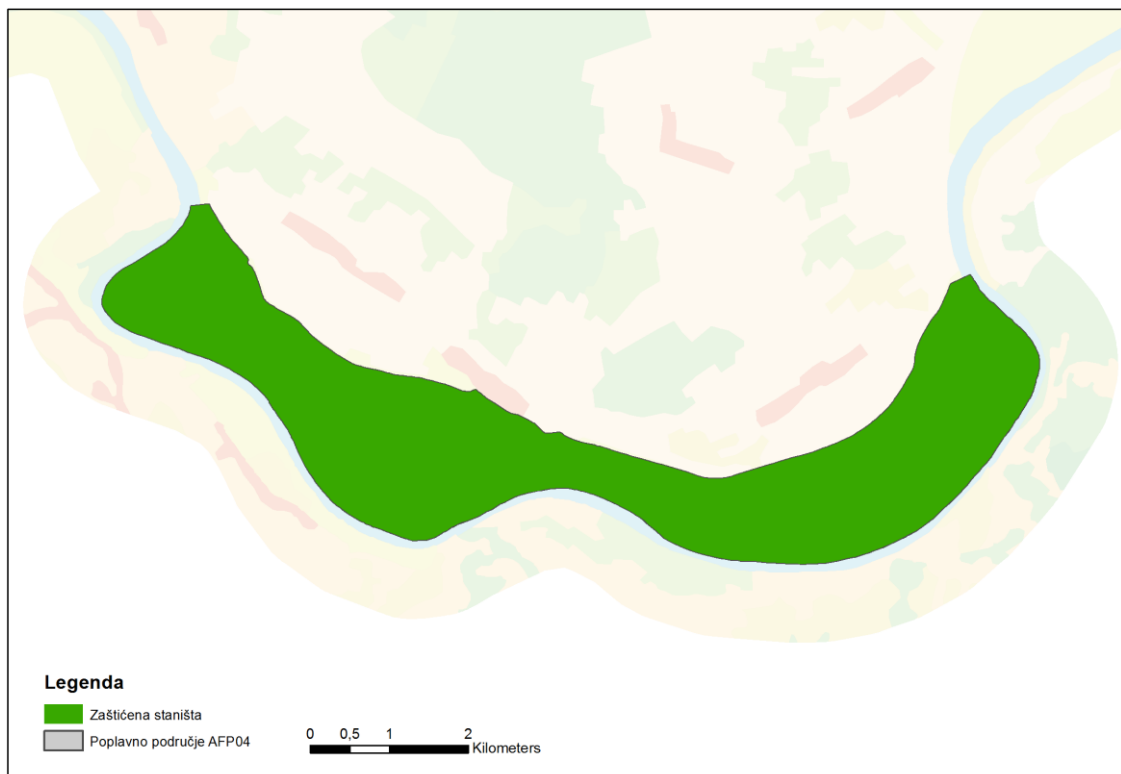
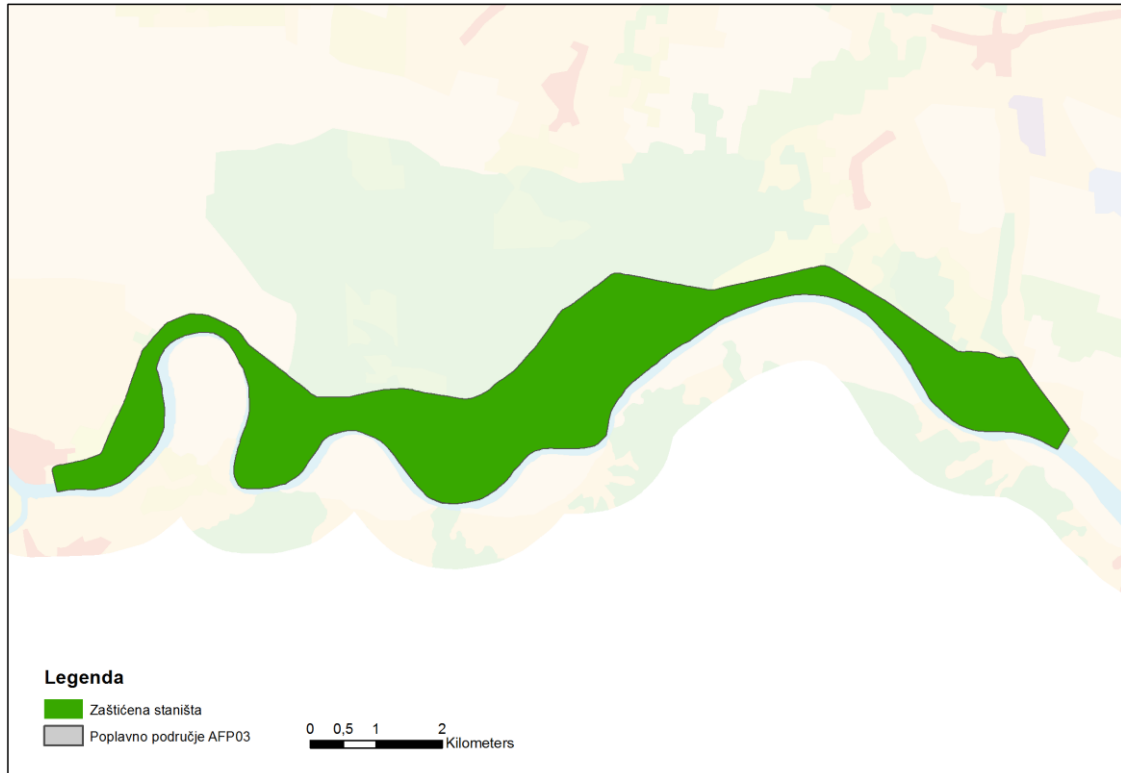
### 5.1.6.2.6 Dunav – FP35

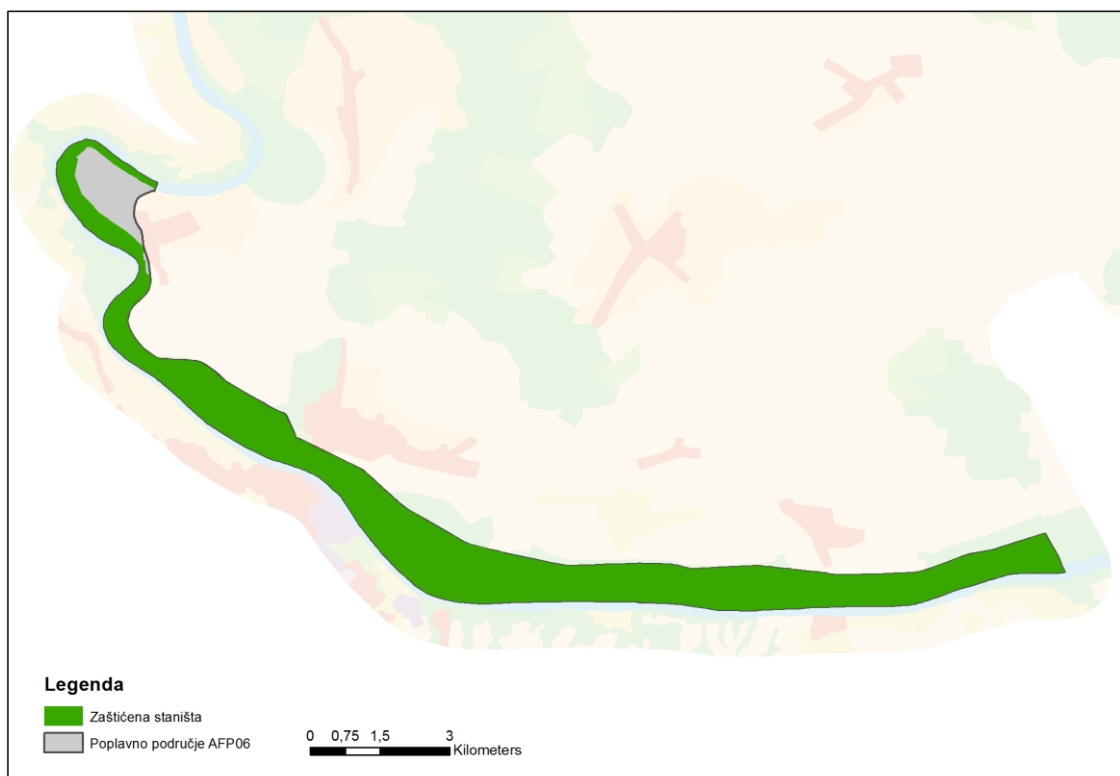
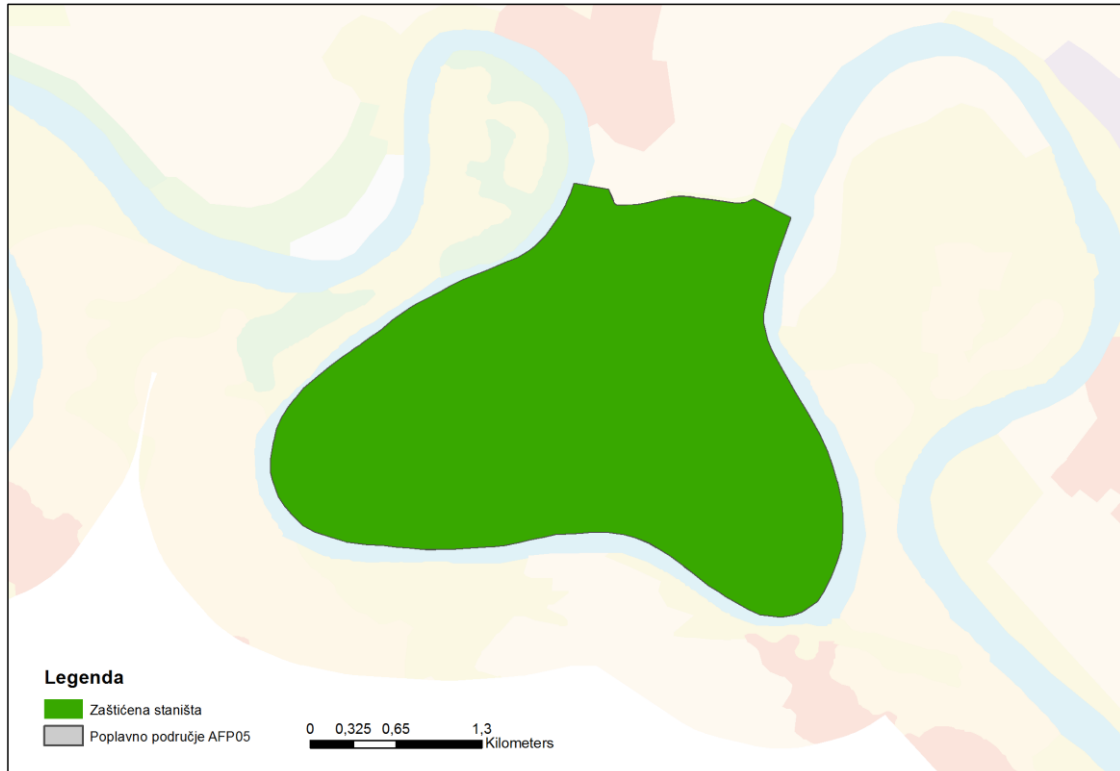


## 5.1.7 Karte zaštićenih staništa

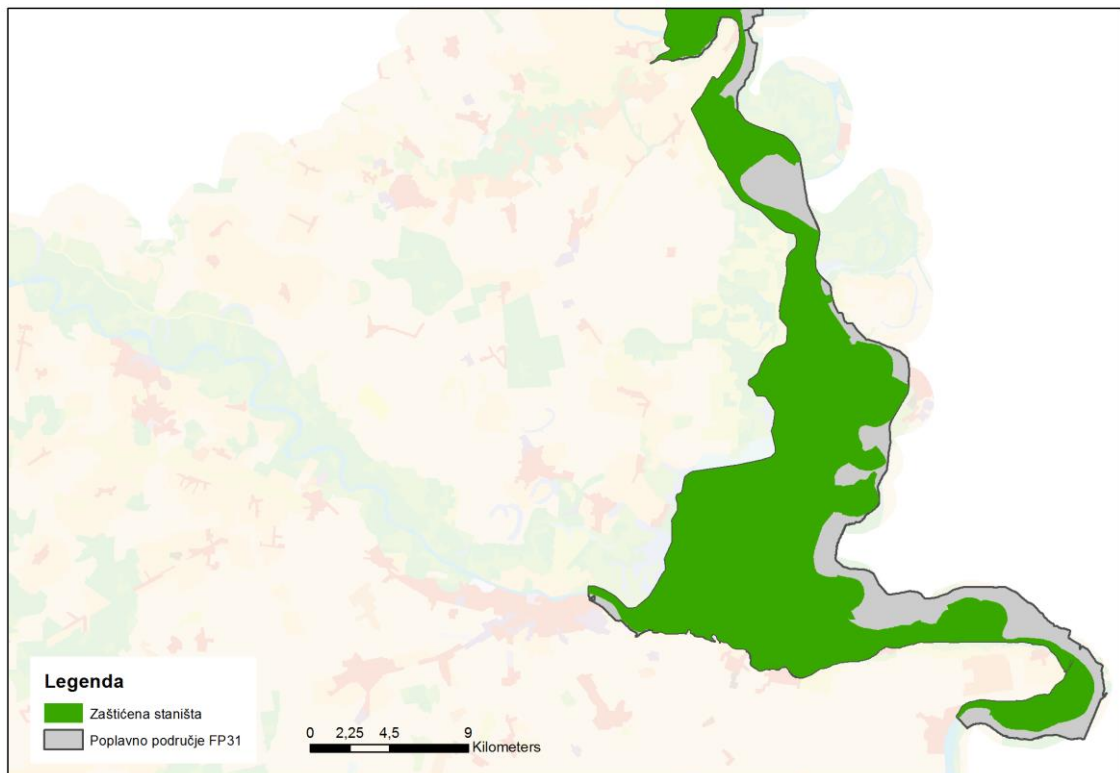
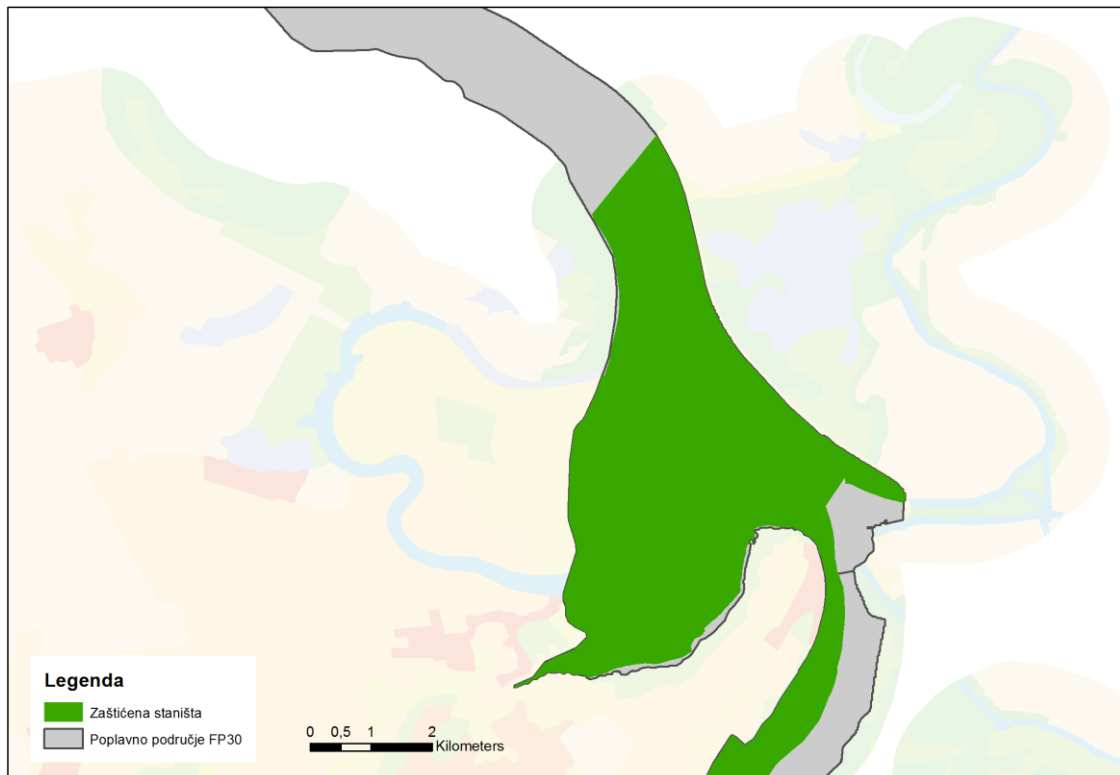
### 5.1.7.1 Poplavna područja na rijeci Savi



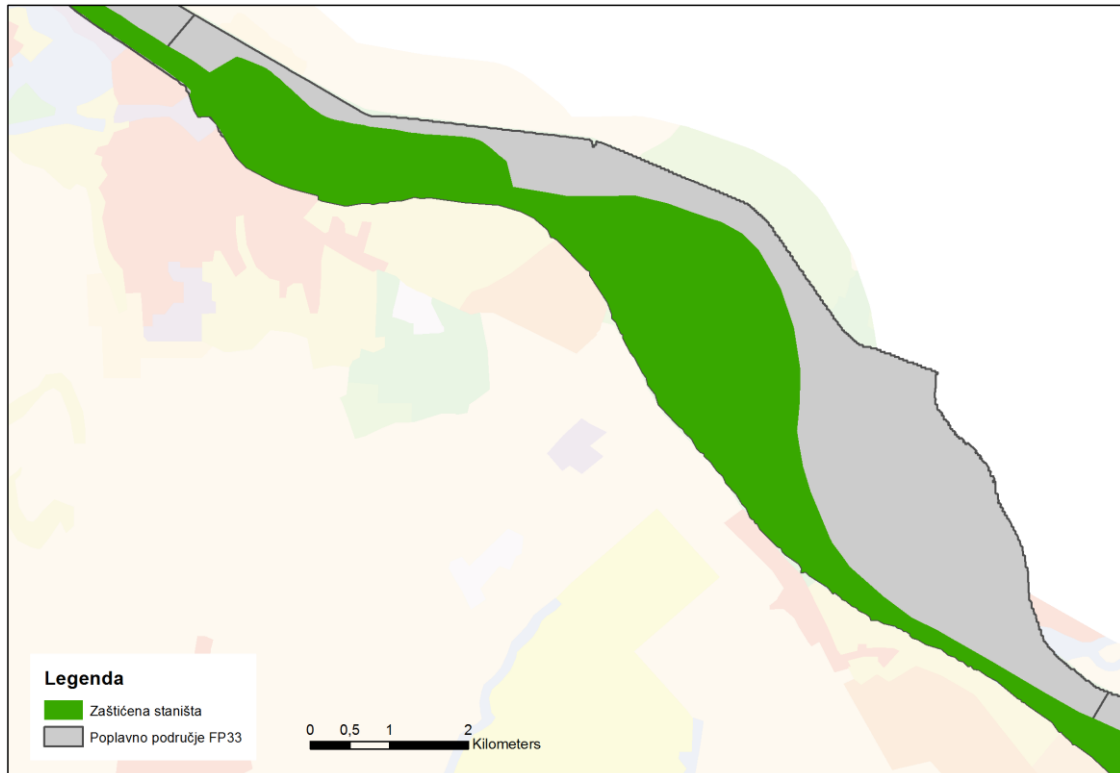
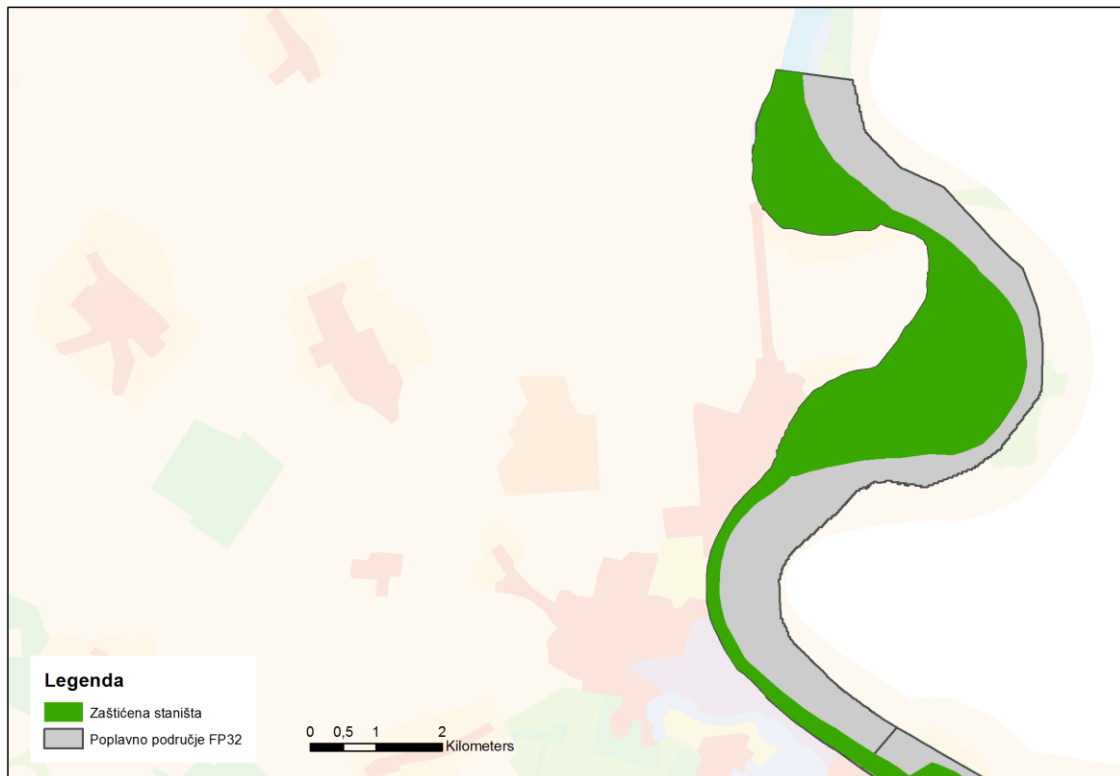


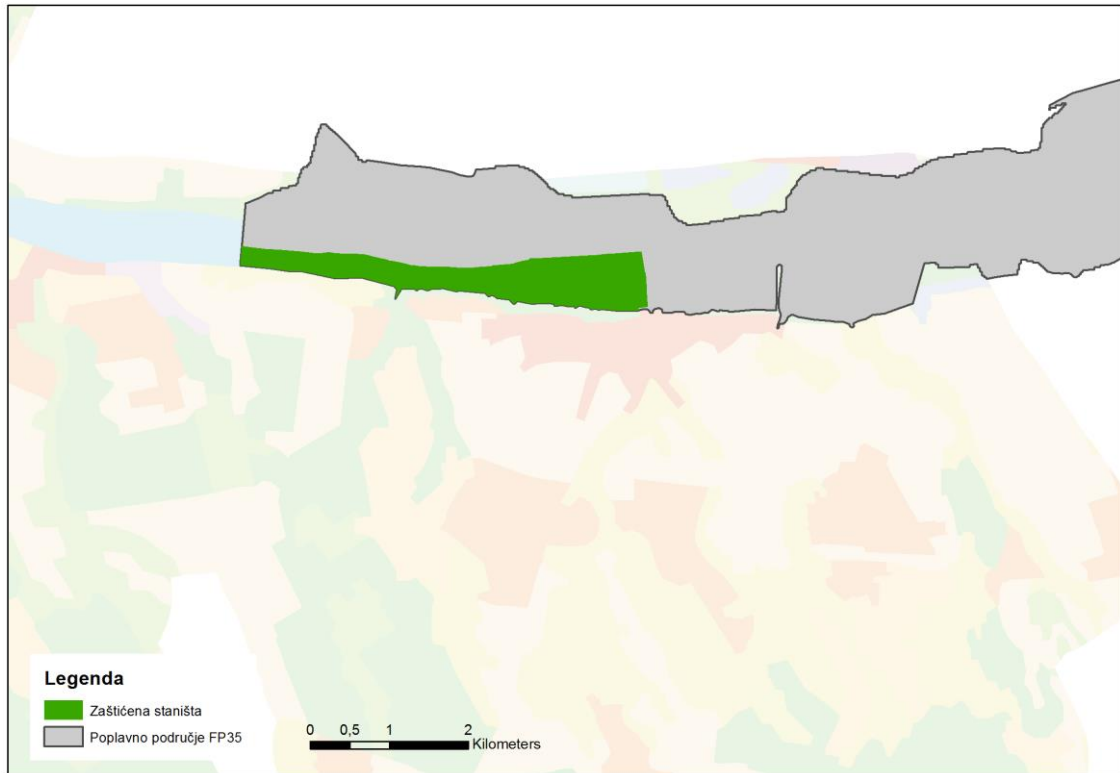
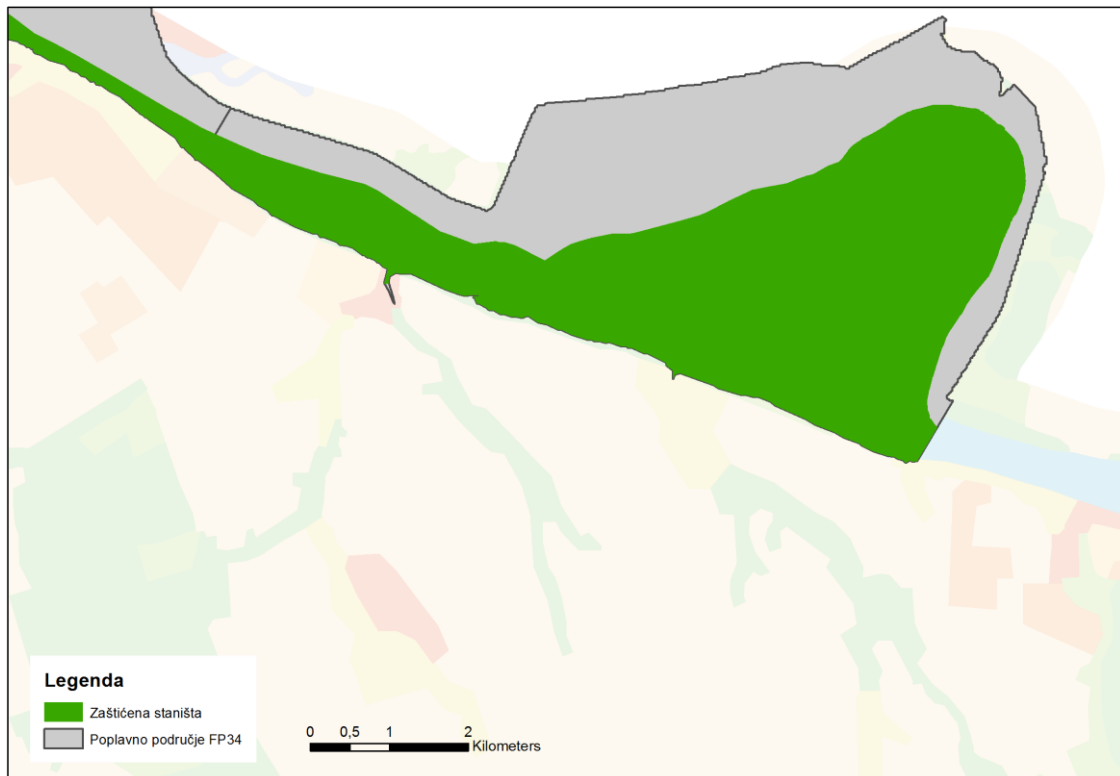


### 5.1.7.2 Poplavna područja na rijeci Dunav



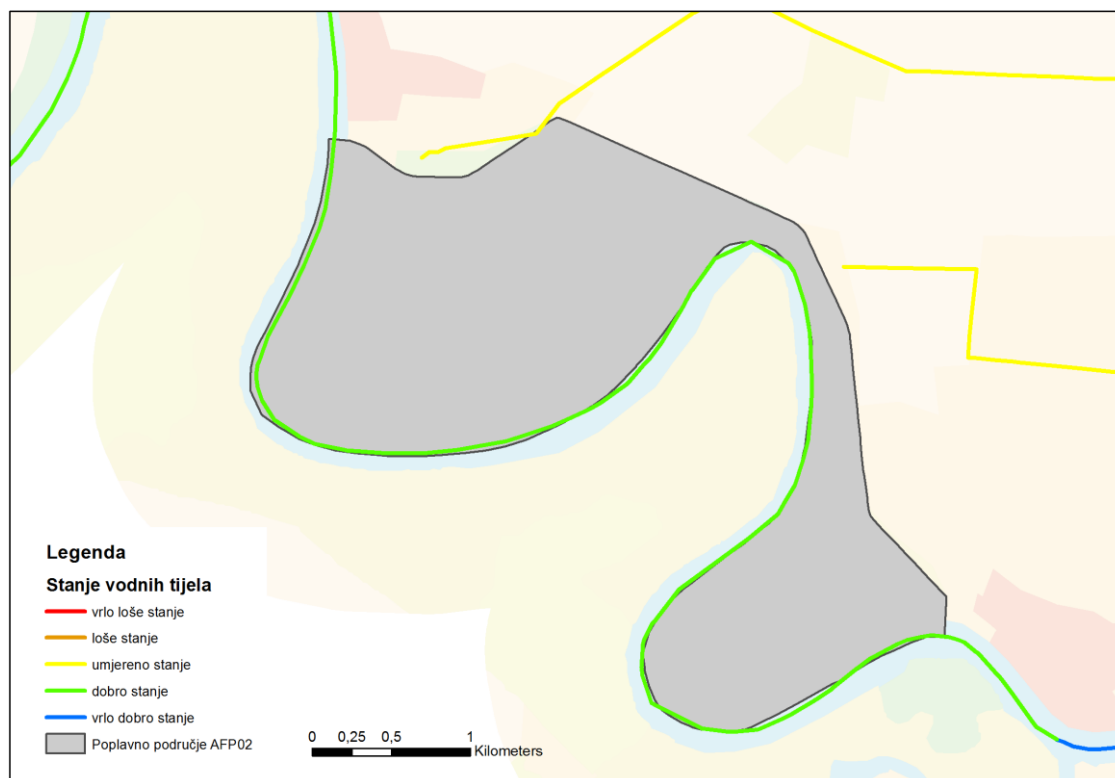
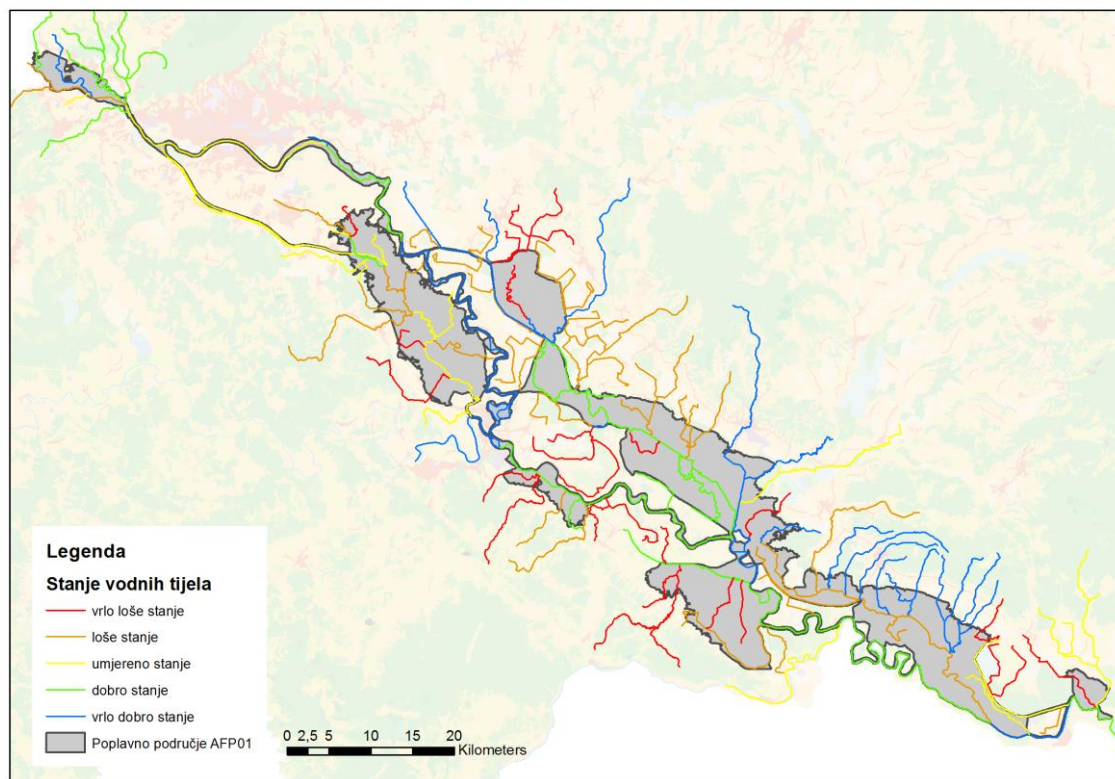


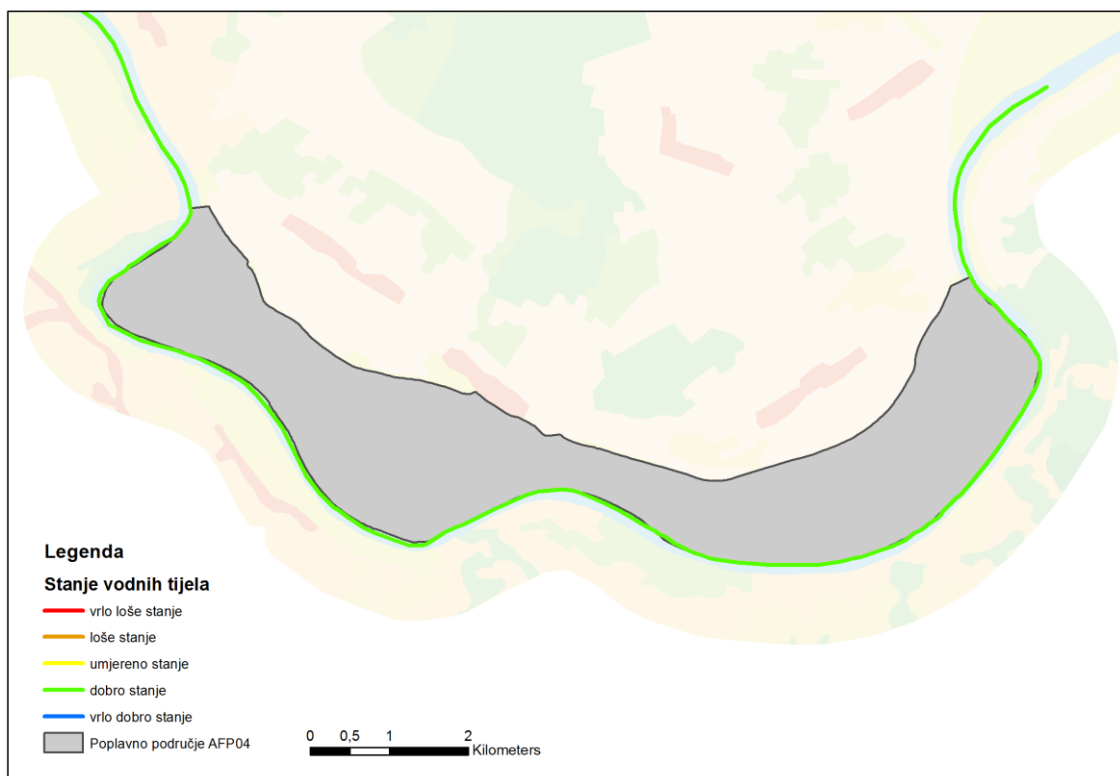
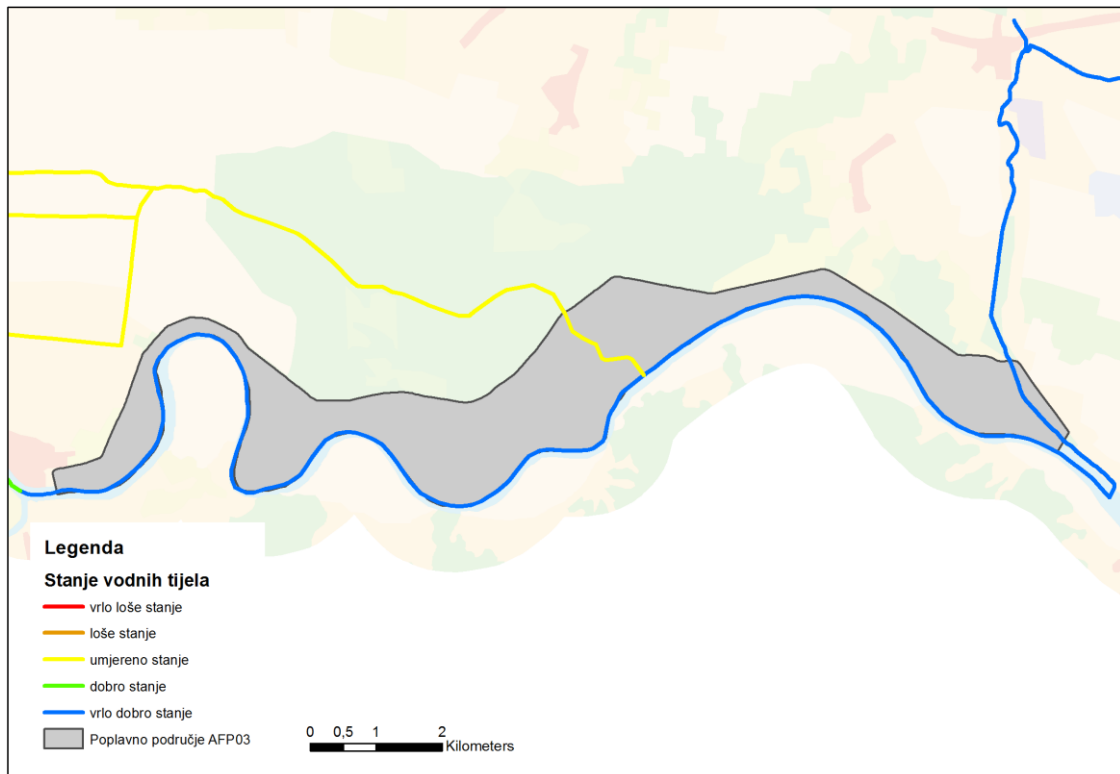


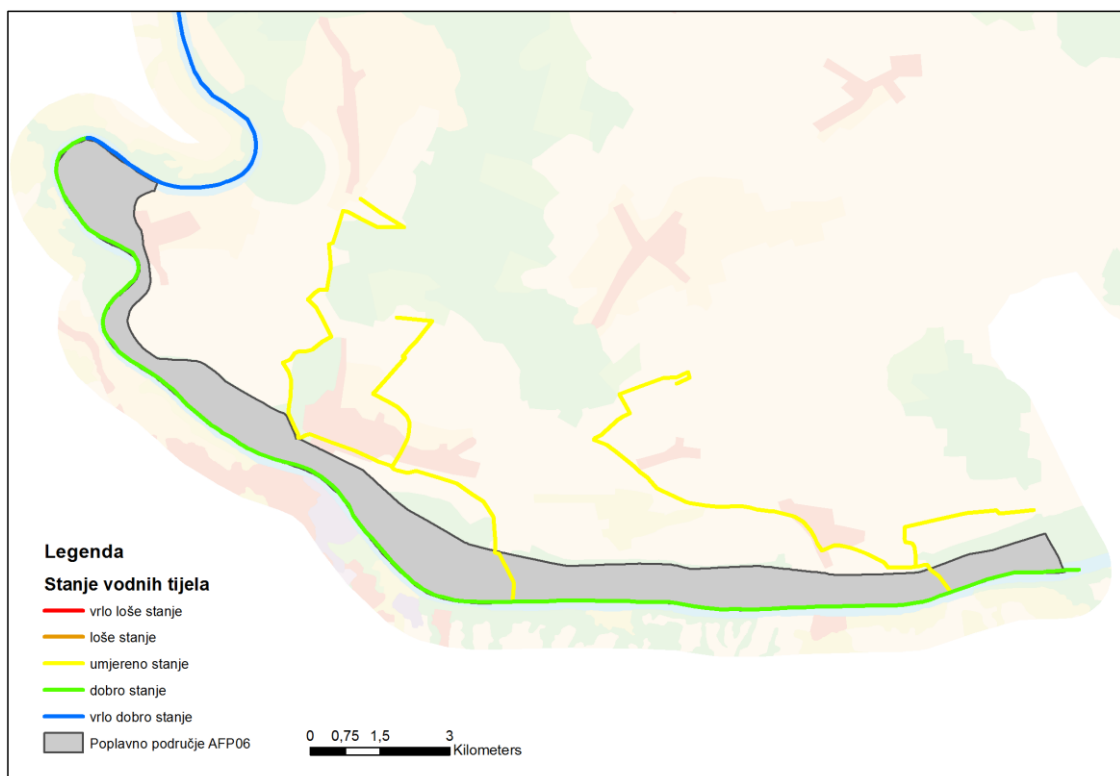
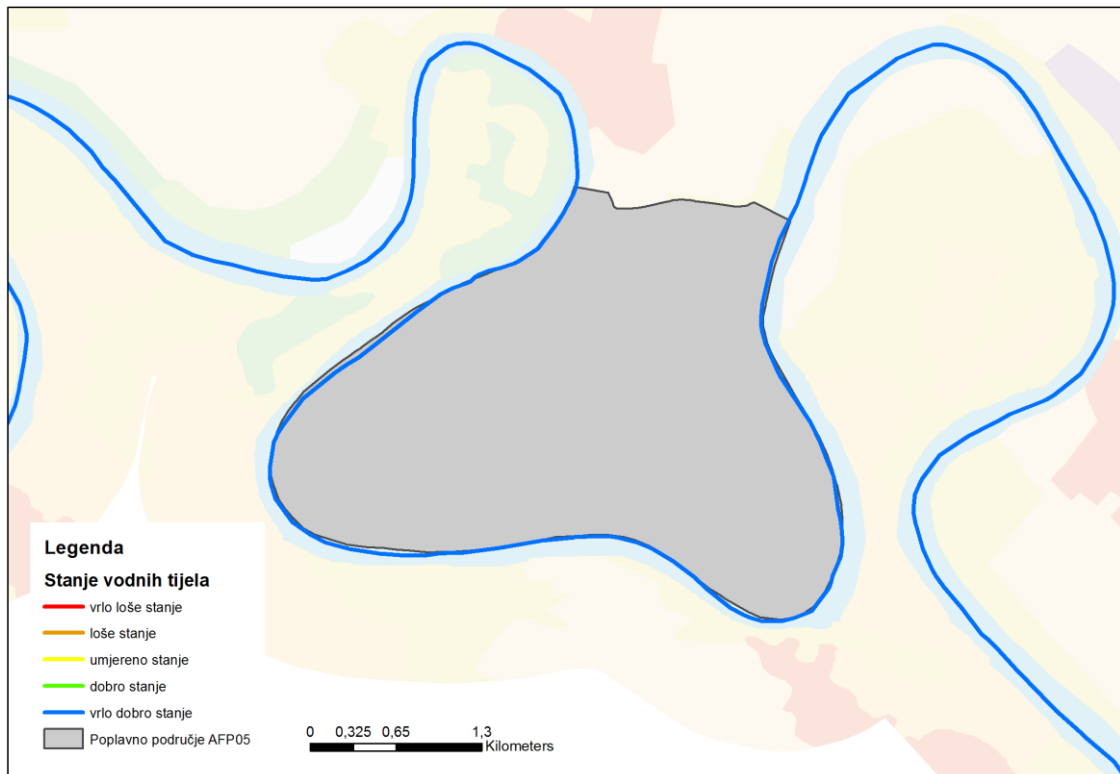


## 5.1.8 Karte ekološkog i kemijskog stanja voda

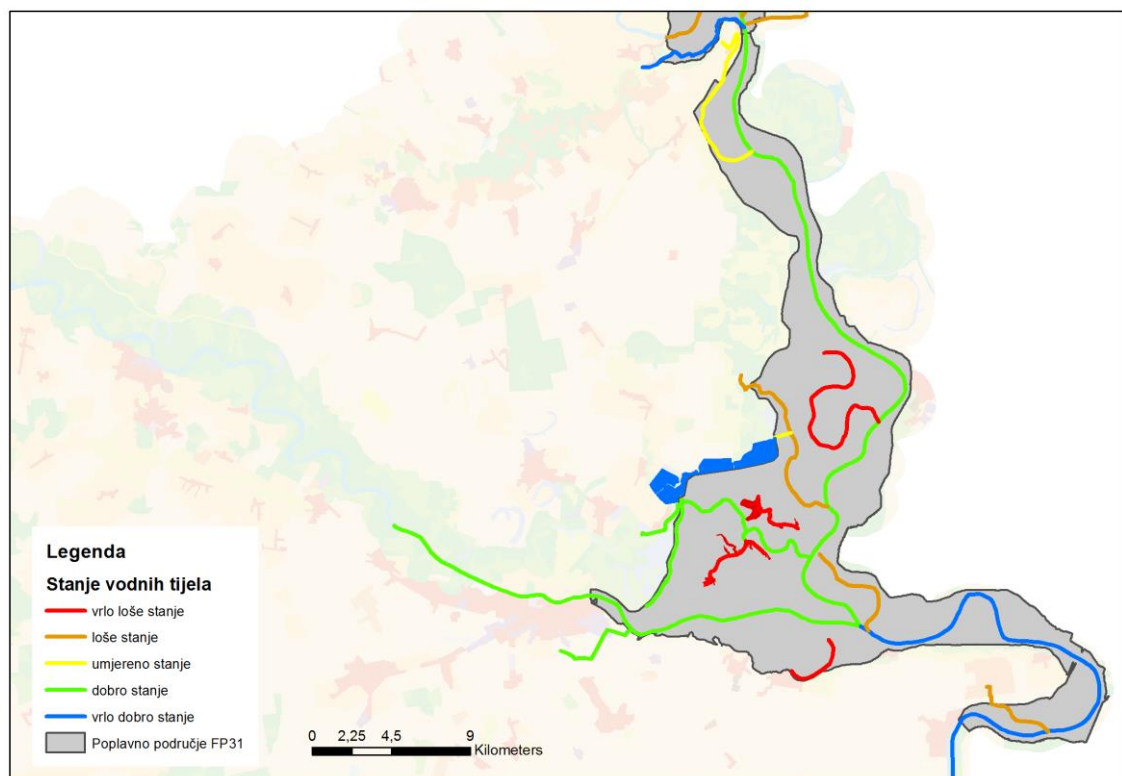
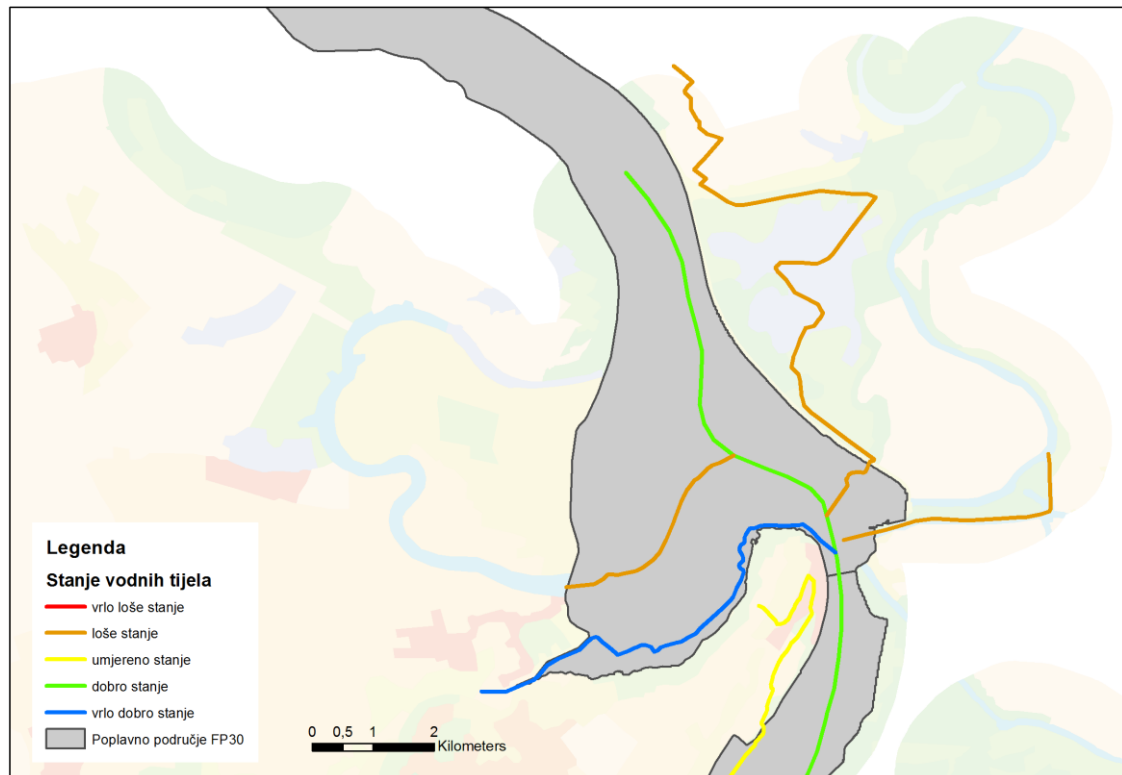
### 5.1.8.1 Poplavna područja na rijeci Savi

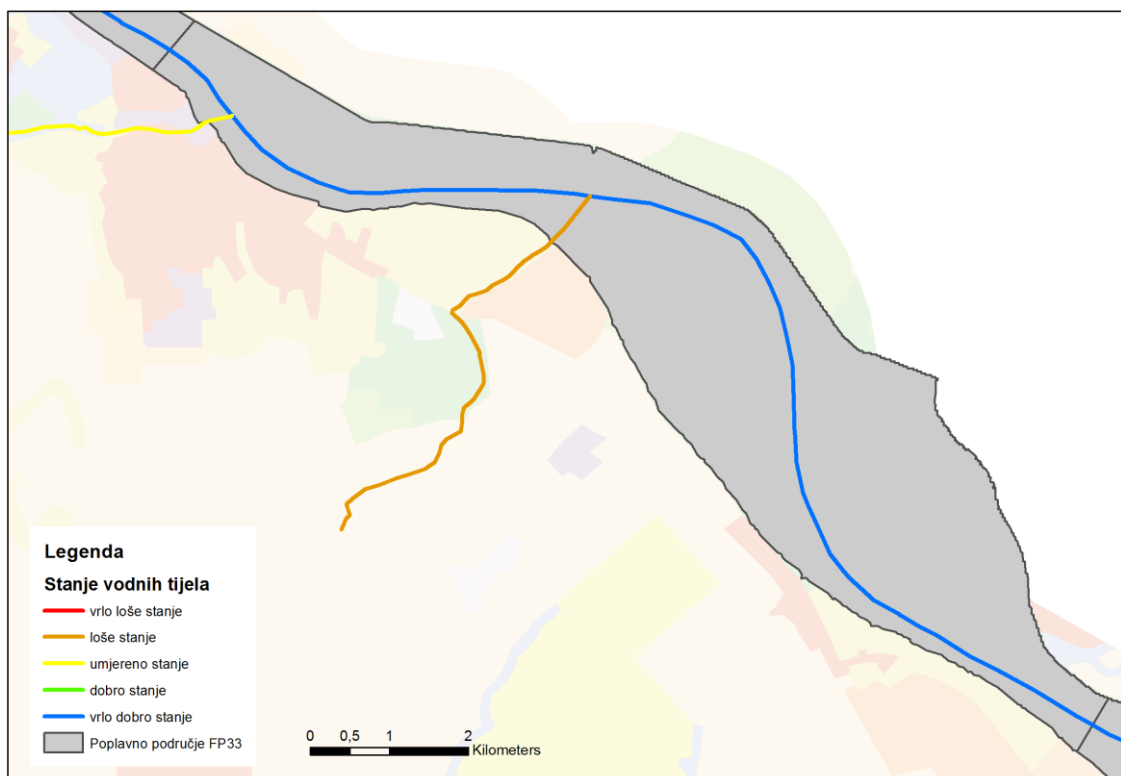
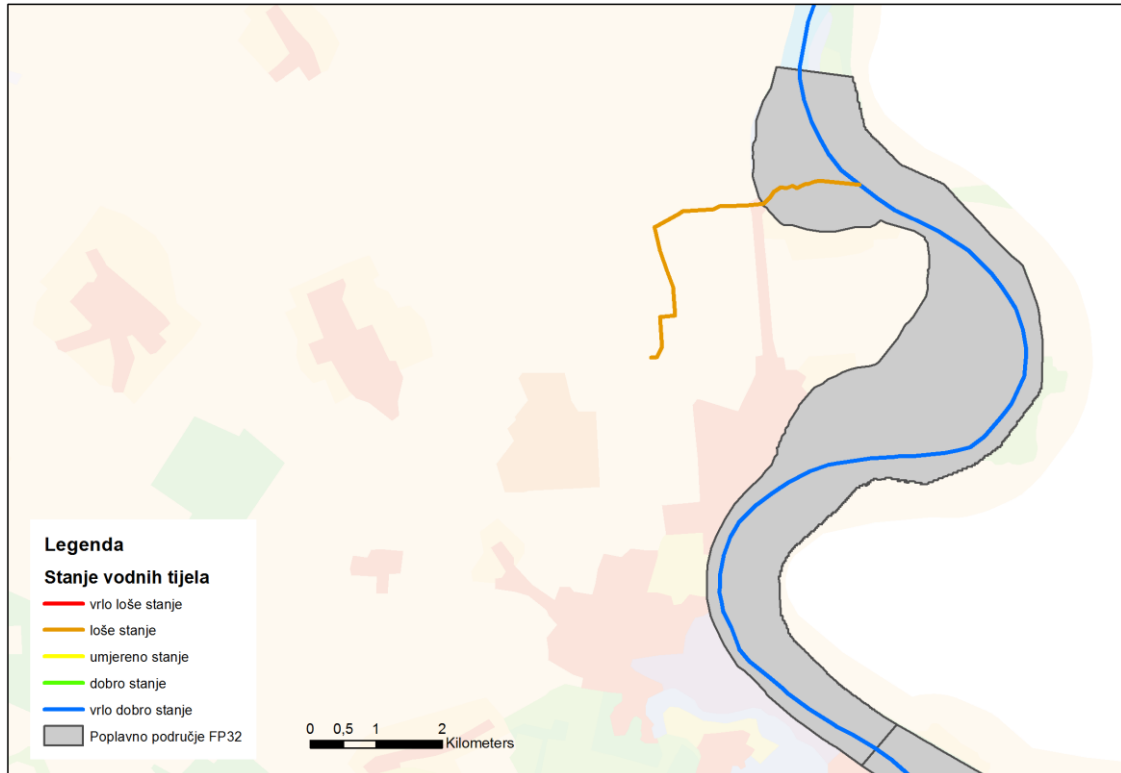


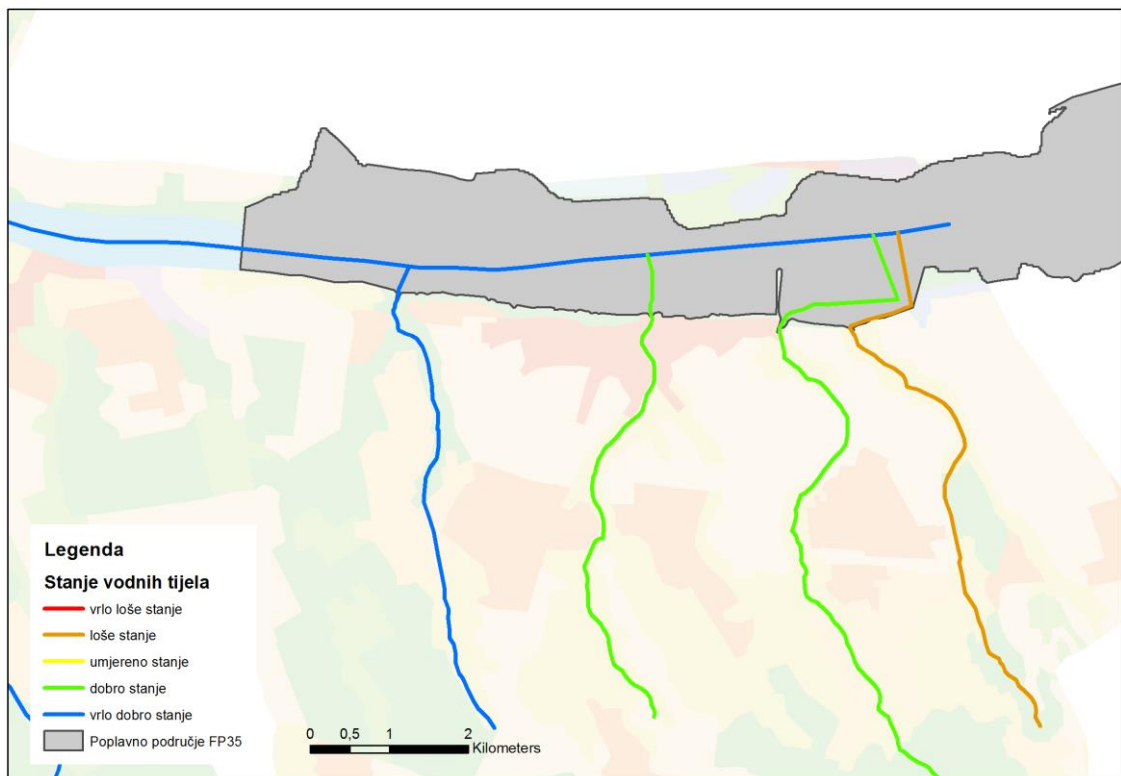
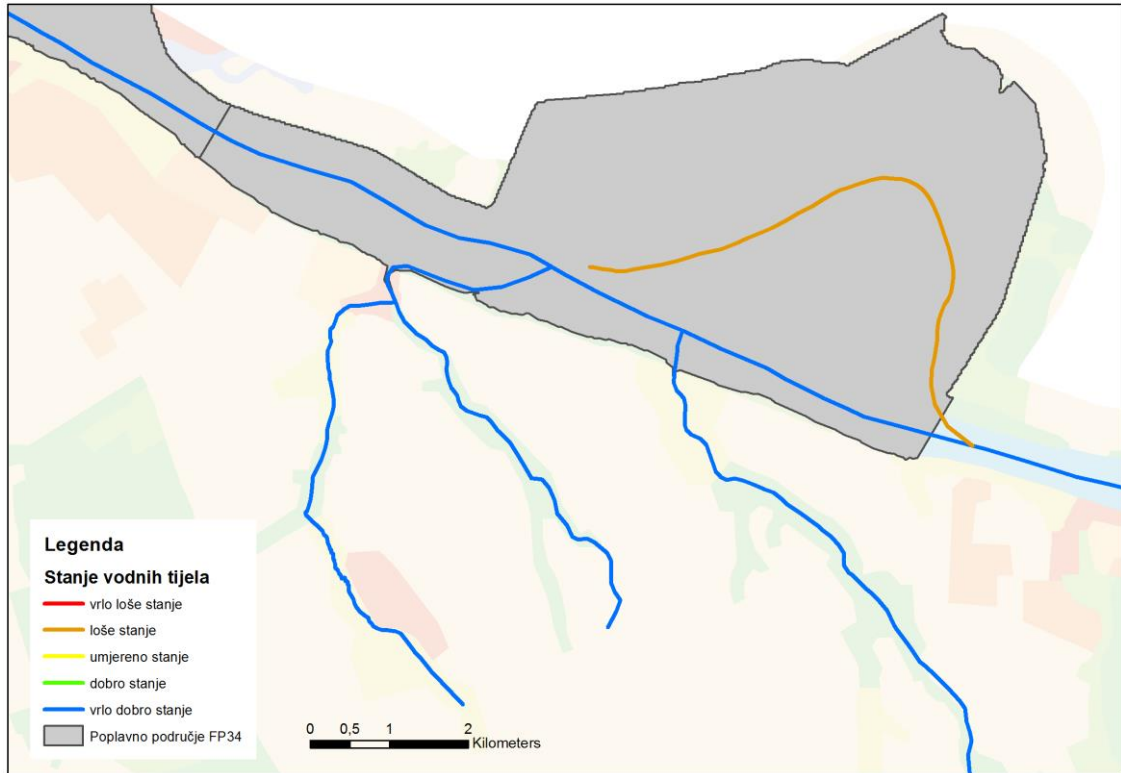




### 5.1.8.2 Poplavna područja na rijeci Dunav



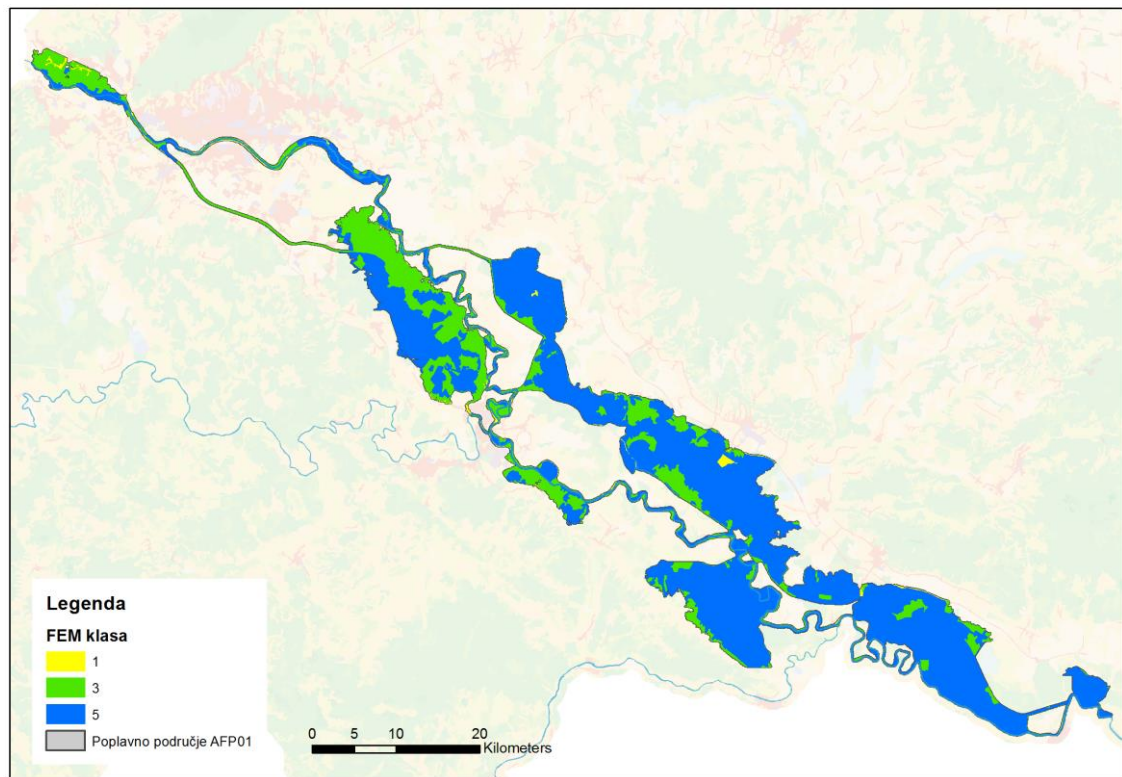


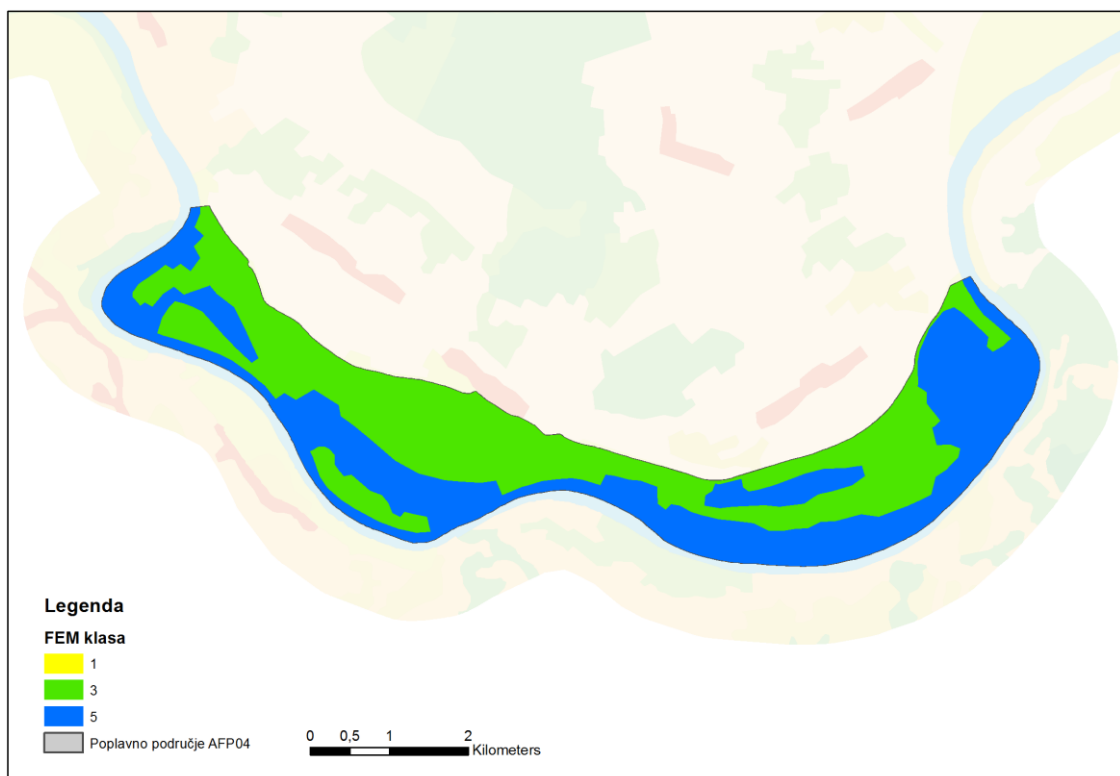
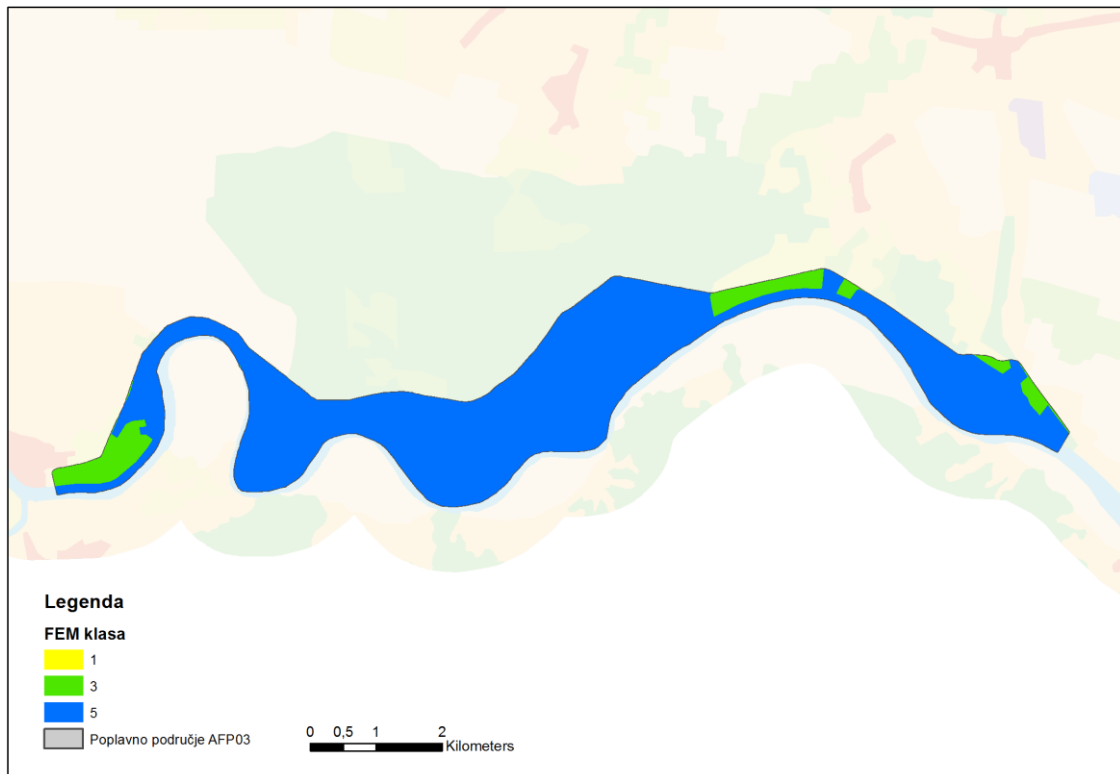


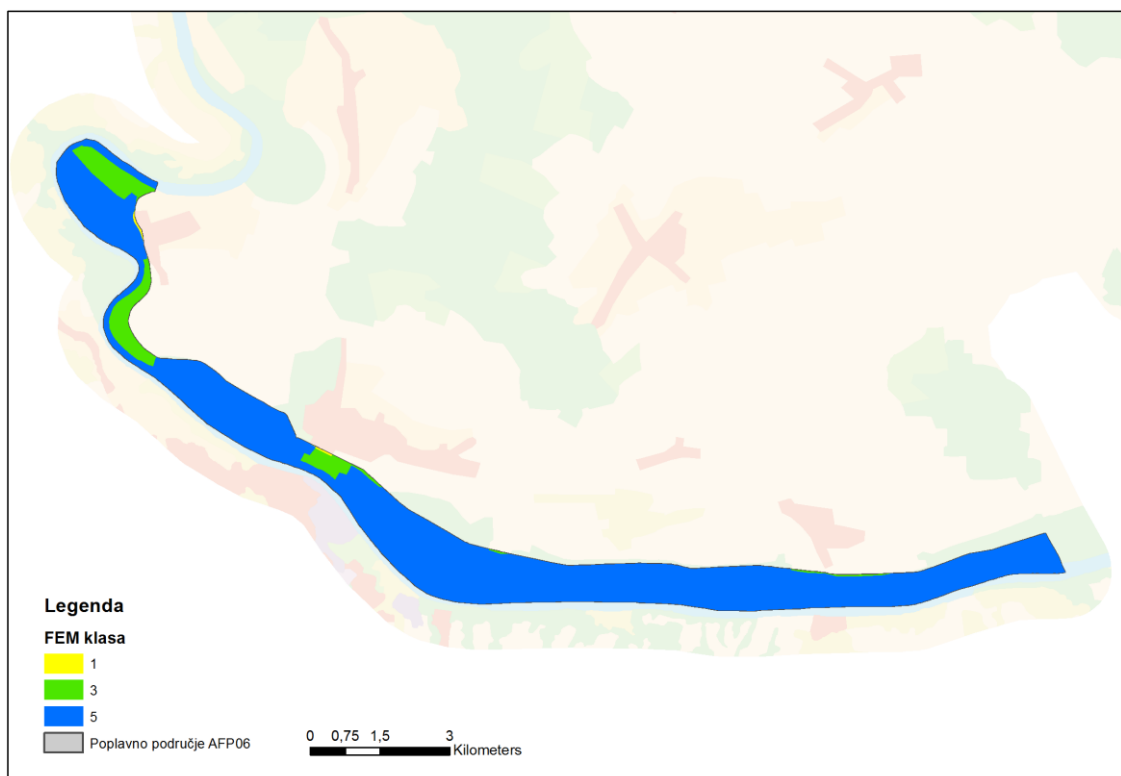
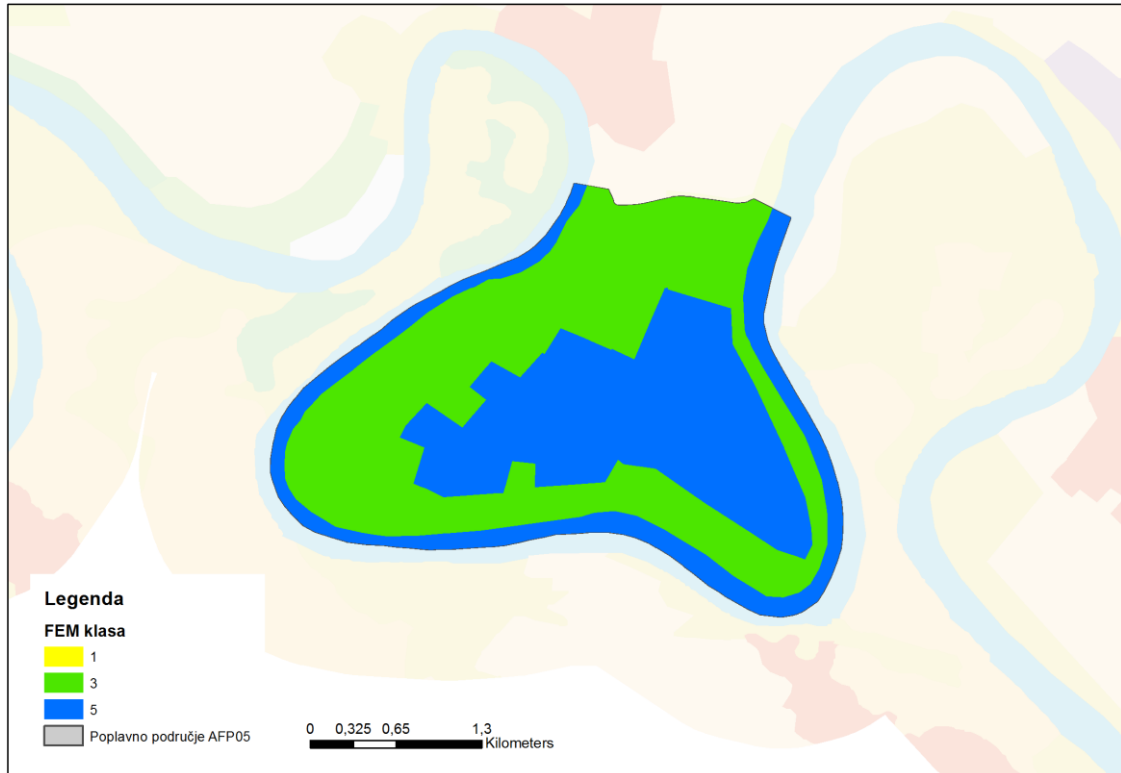


## 5.1.9 Karte korištenja zemljišta

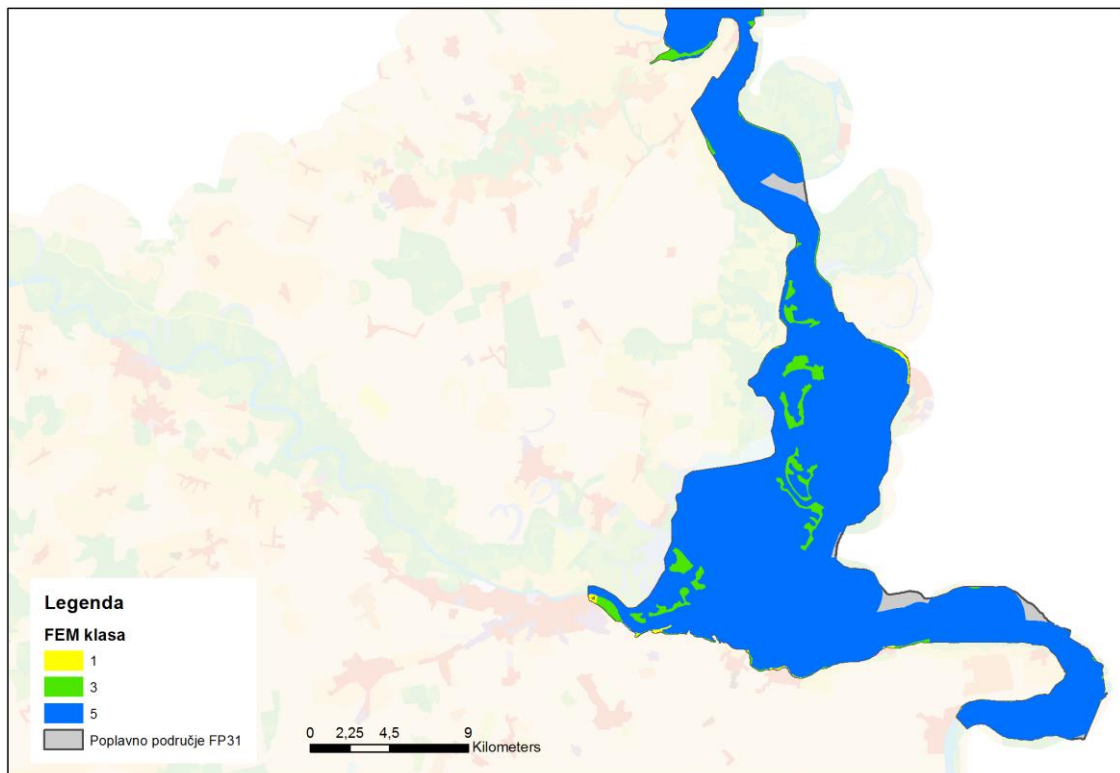
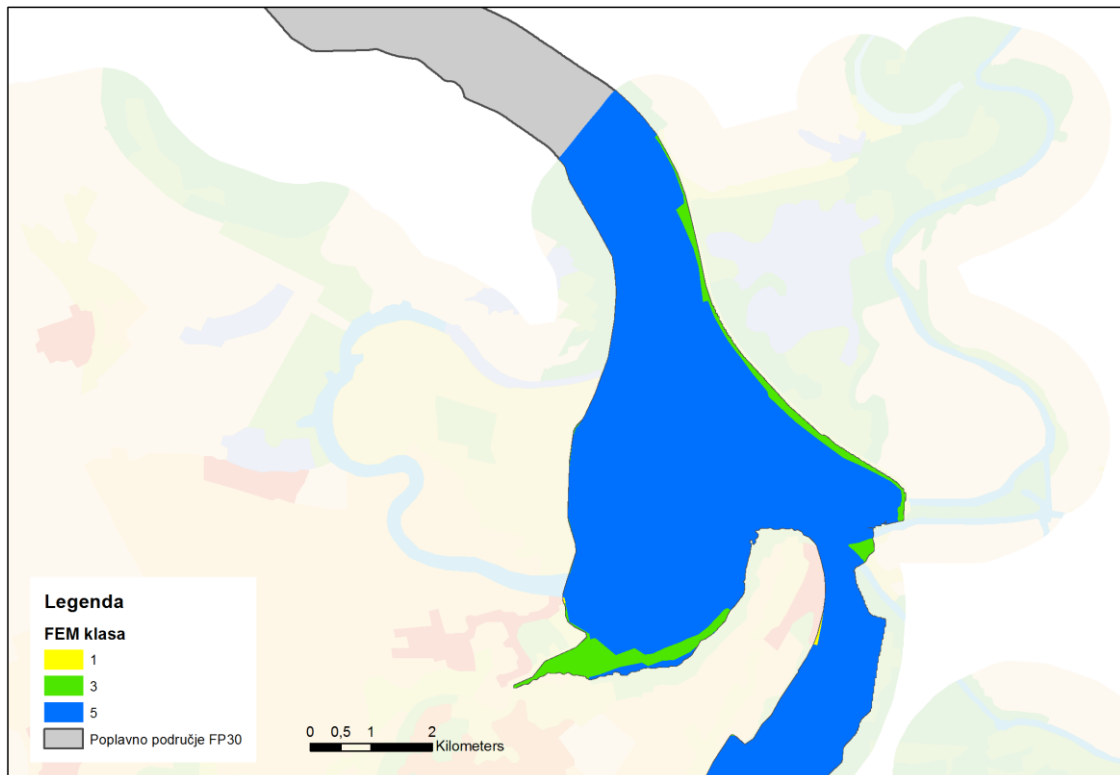
### 5.1.9.1 Poplavna područja na rijeci Savi

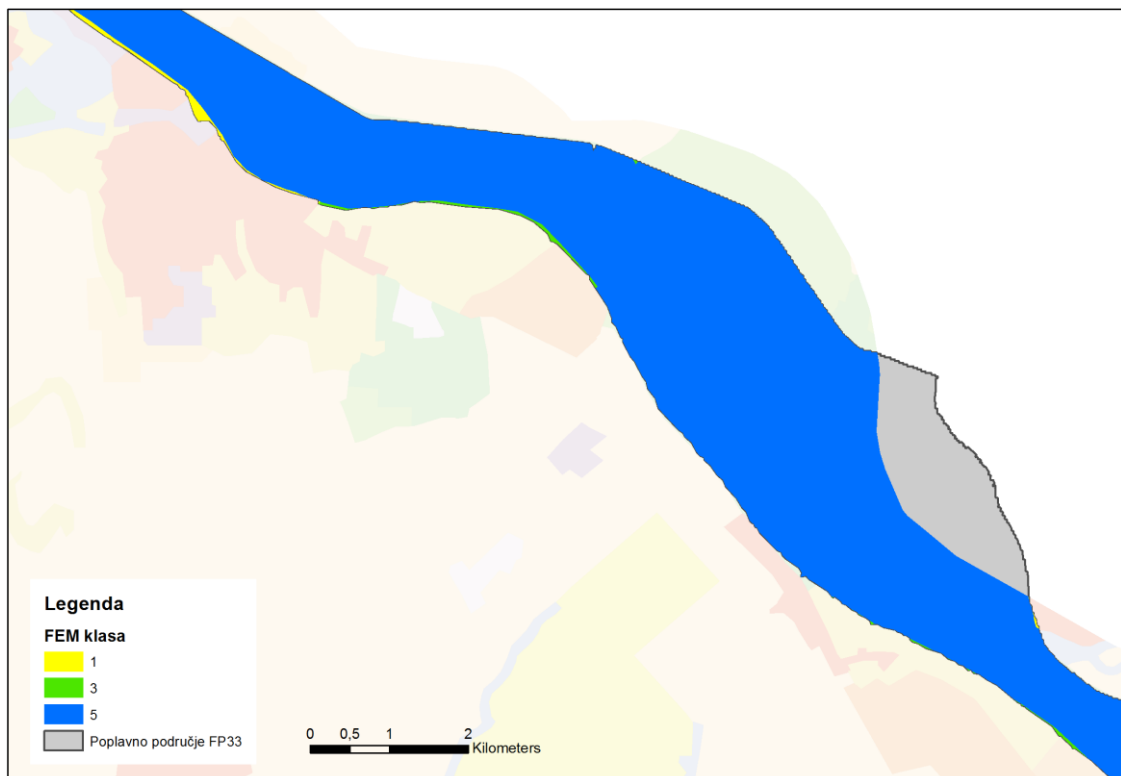


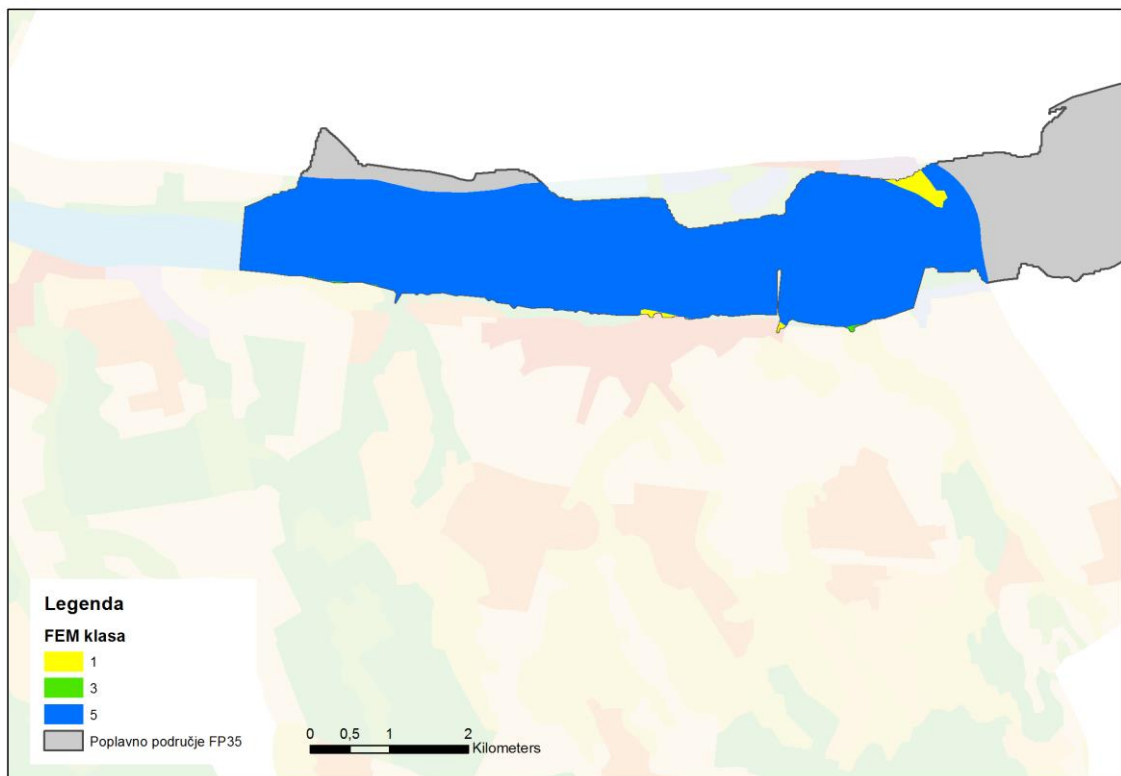
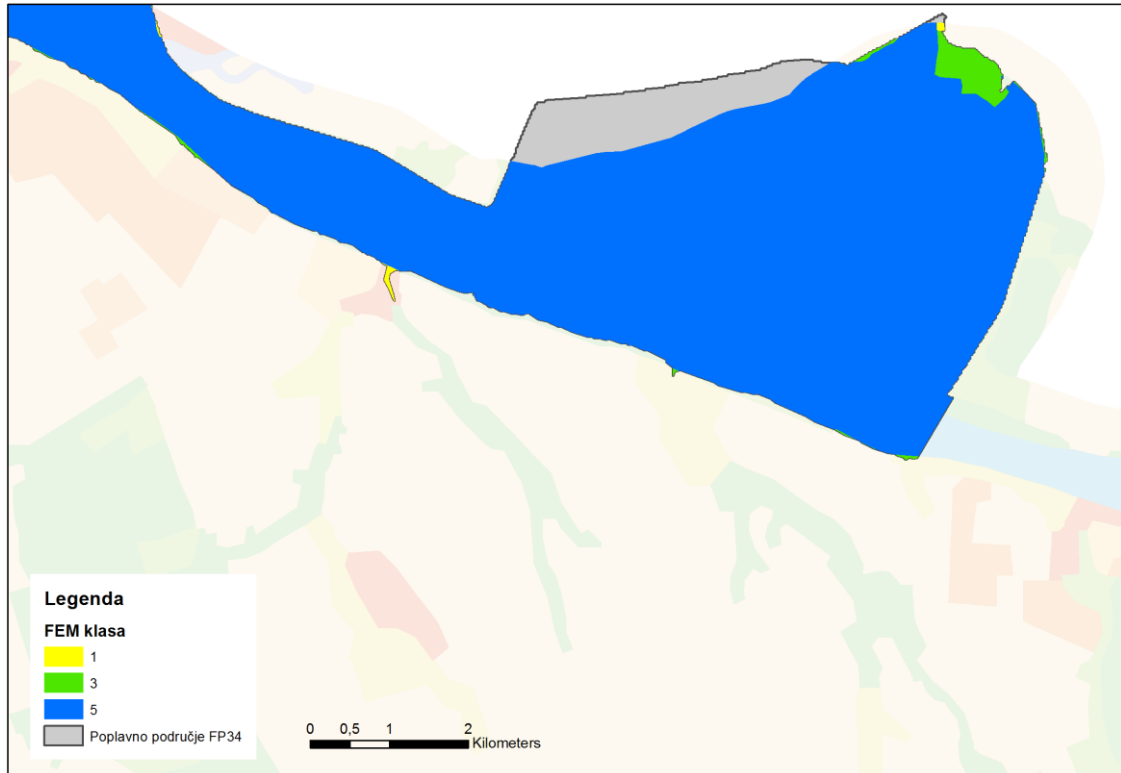




### 5.1.9.2 Poplavna područja na rijeci Dunav

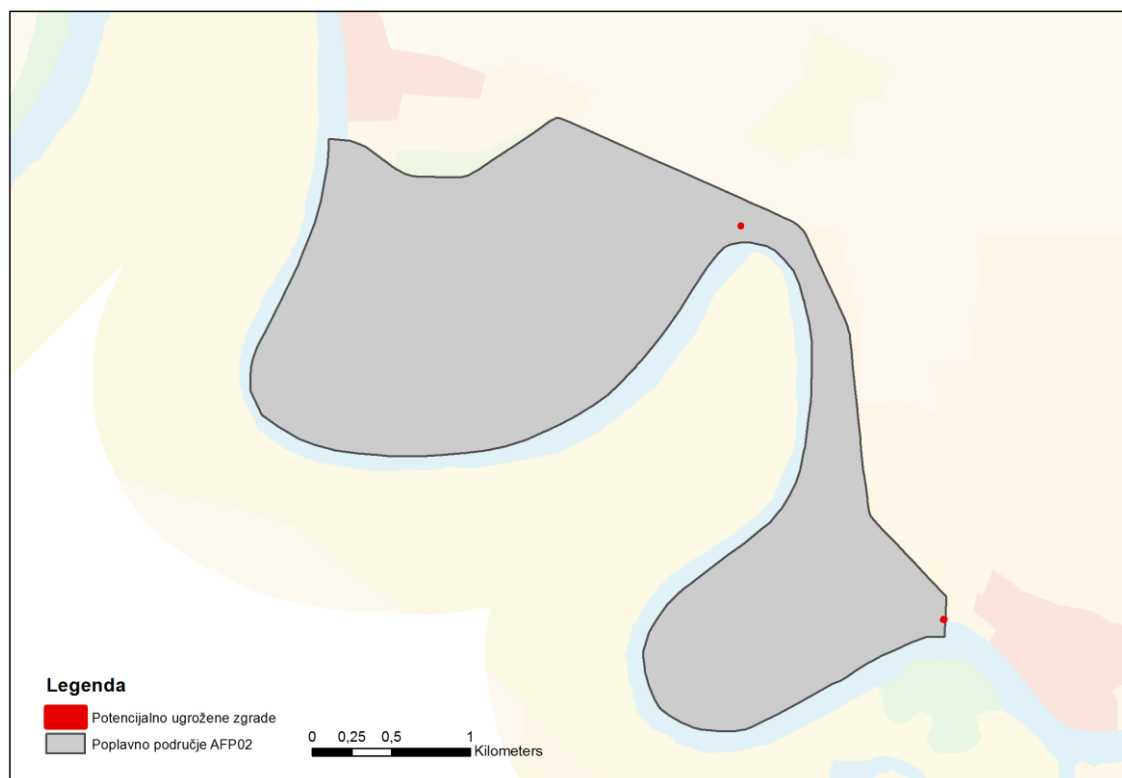
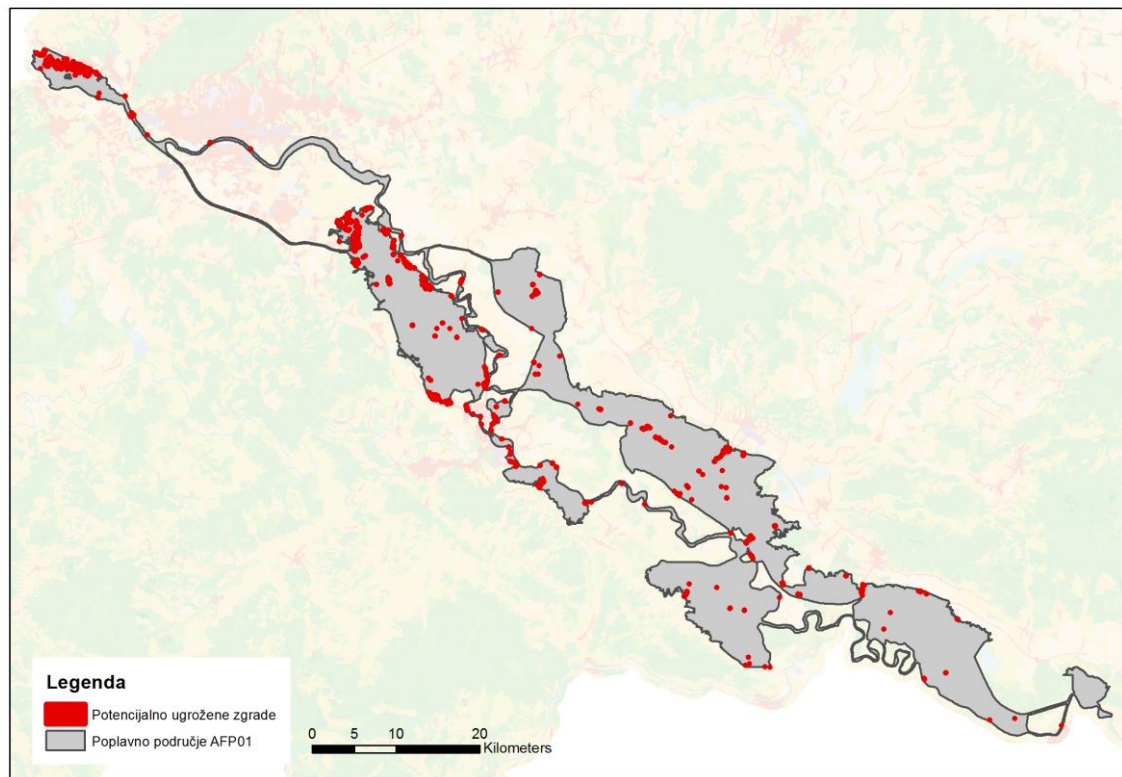


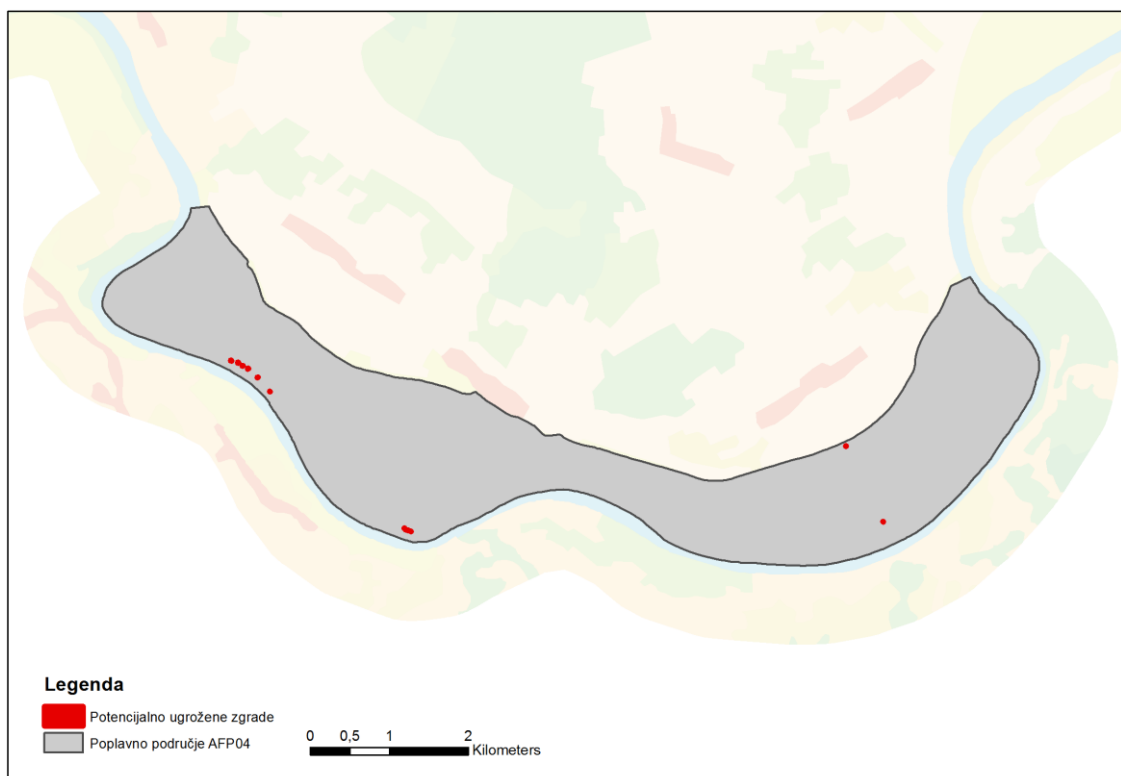
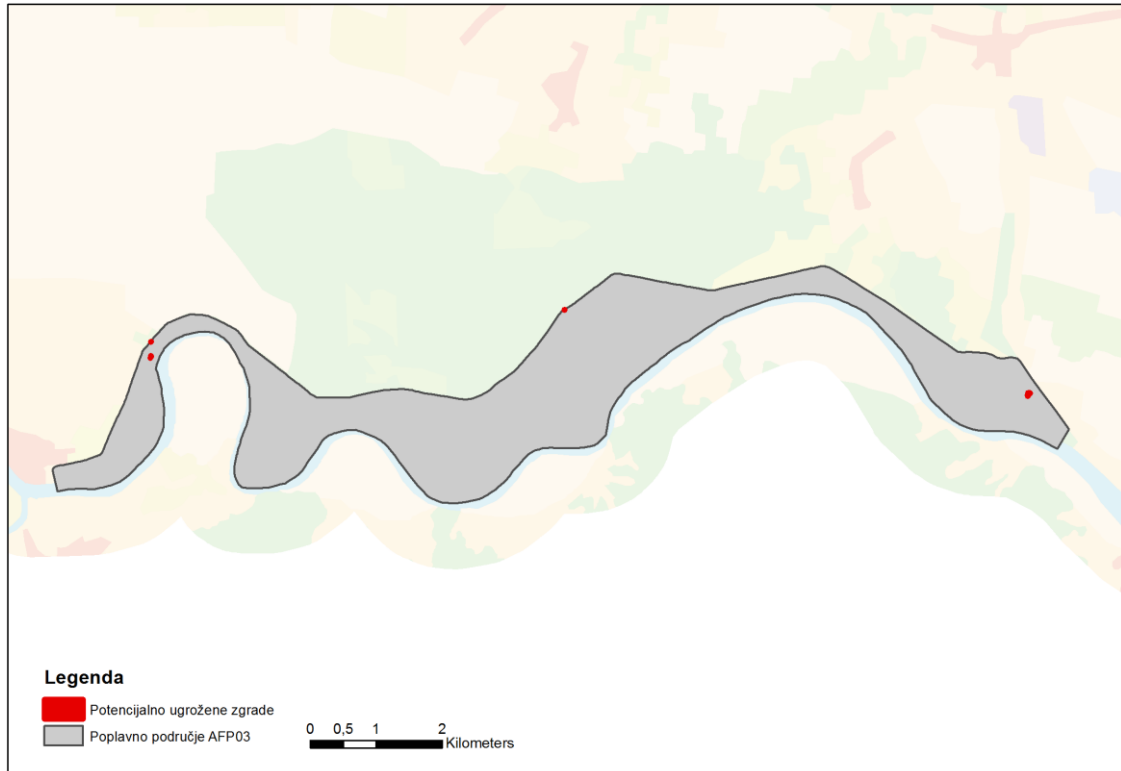




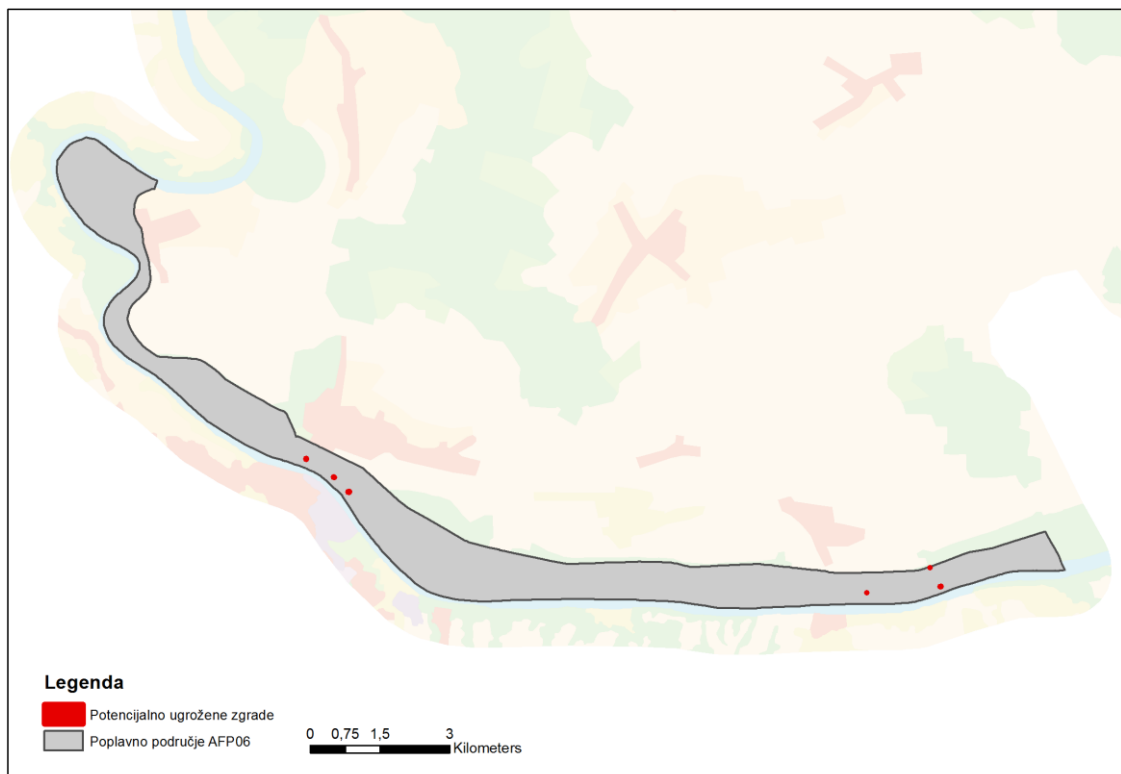
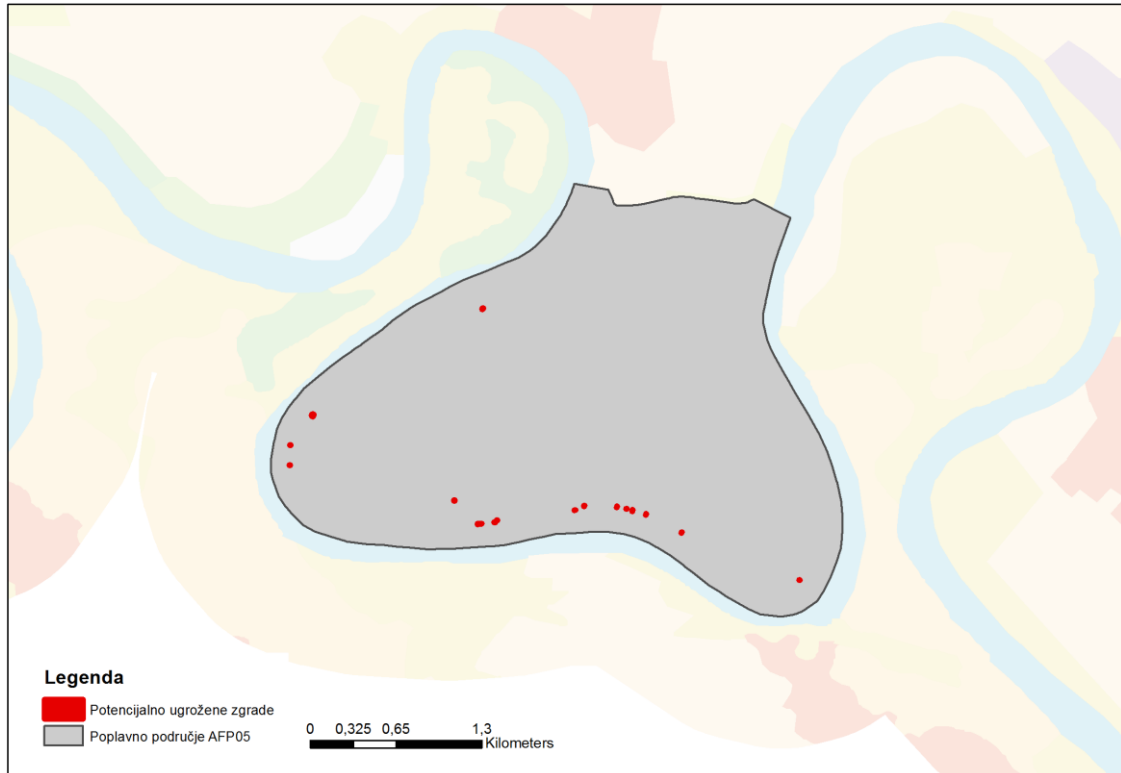
## 5.1.10 Karte potencijalno ugroženih zgrada

### 5.1.10.1 Poplavna područja na rijeci Savi

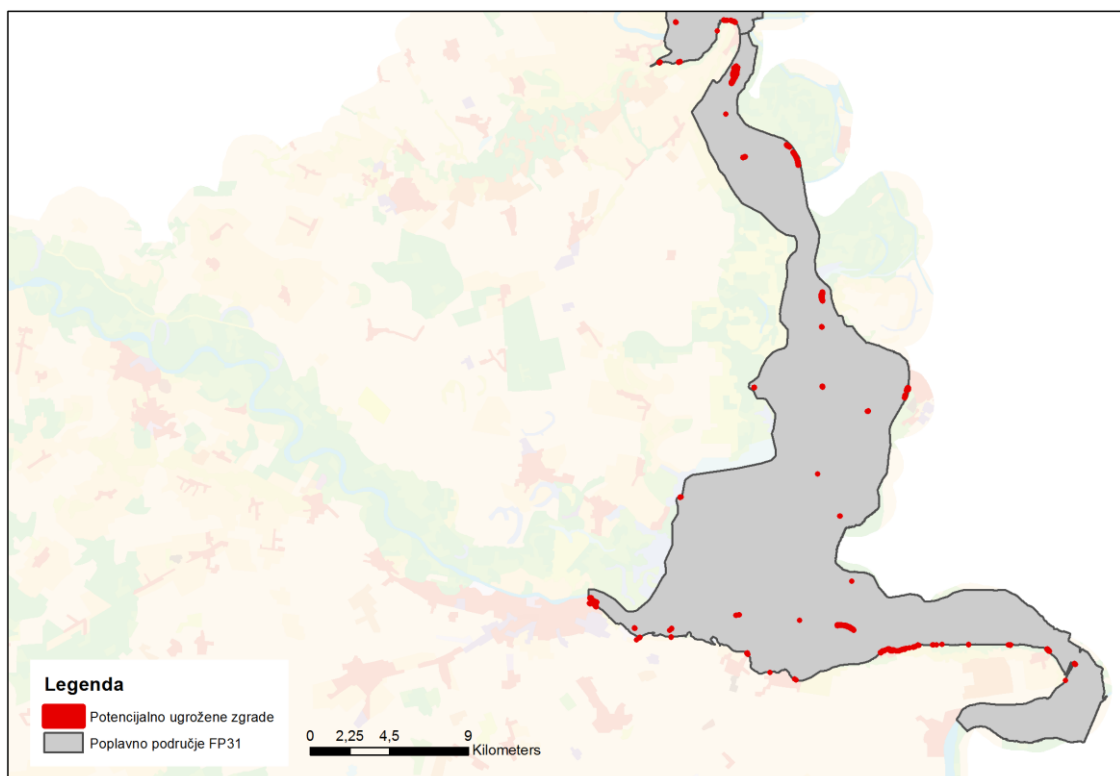
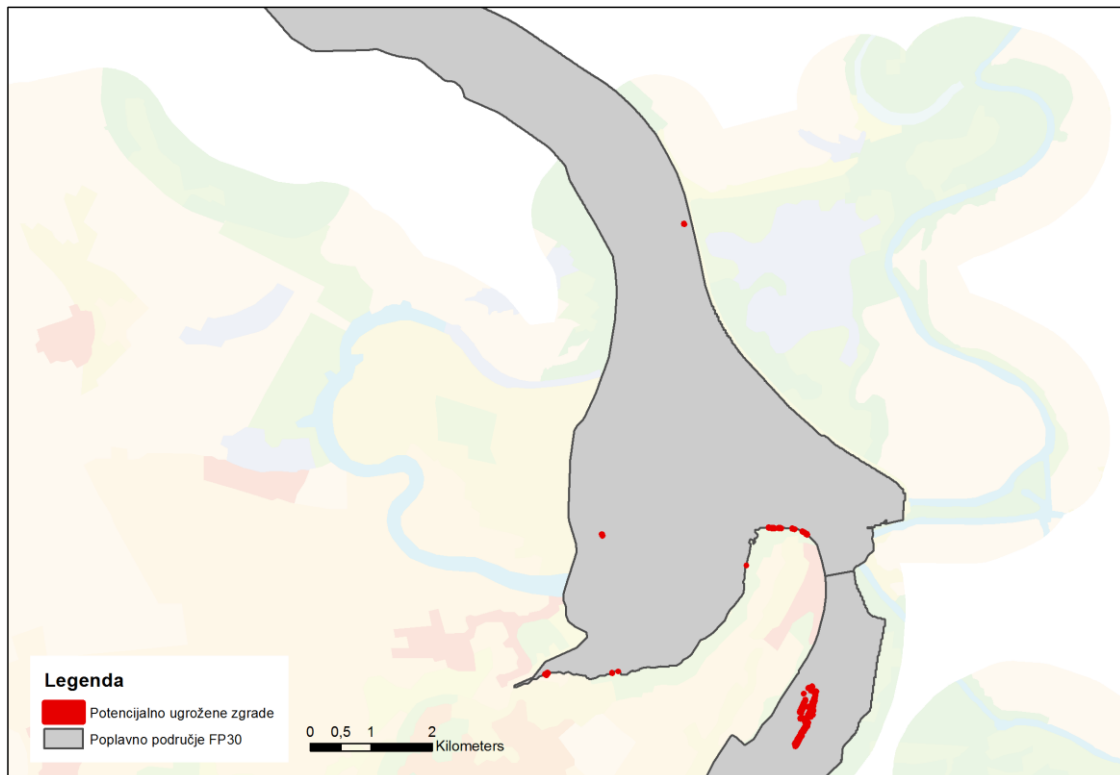


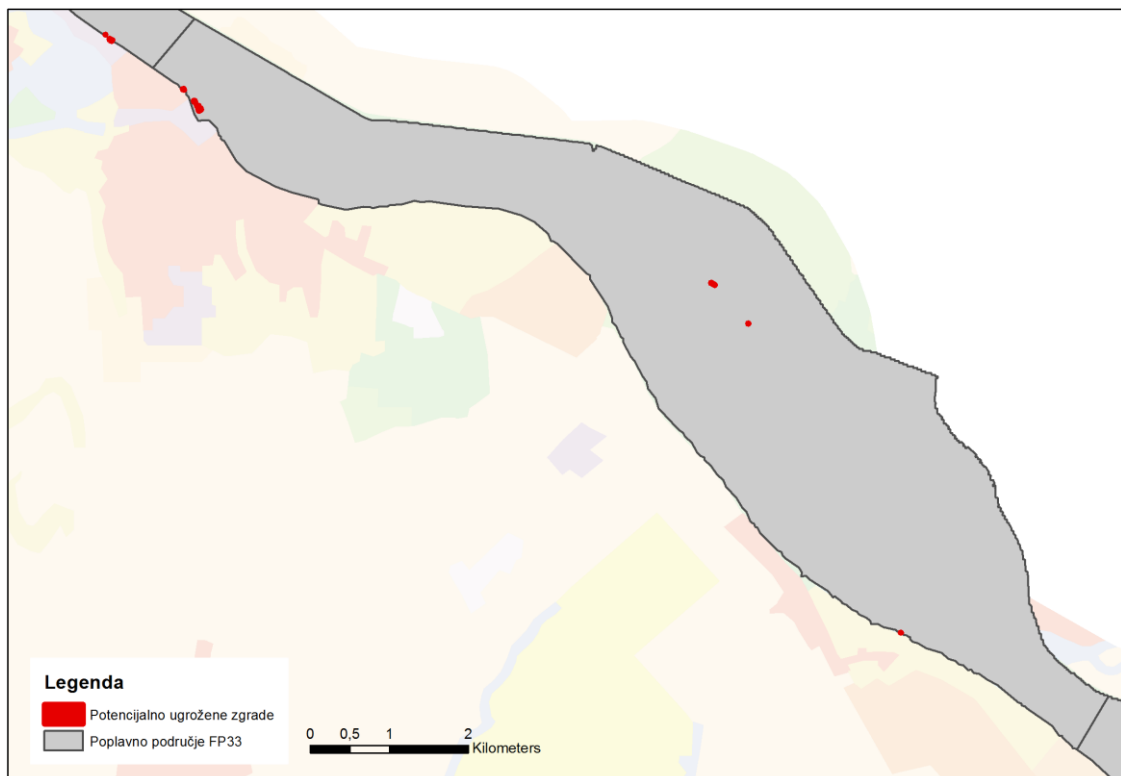
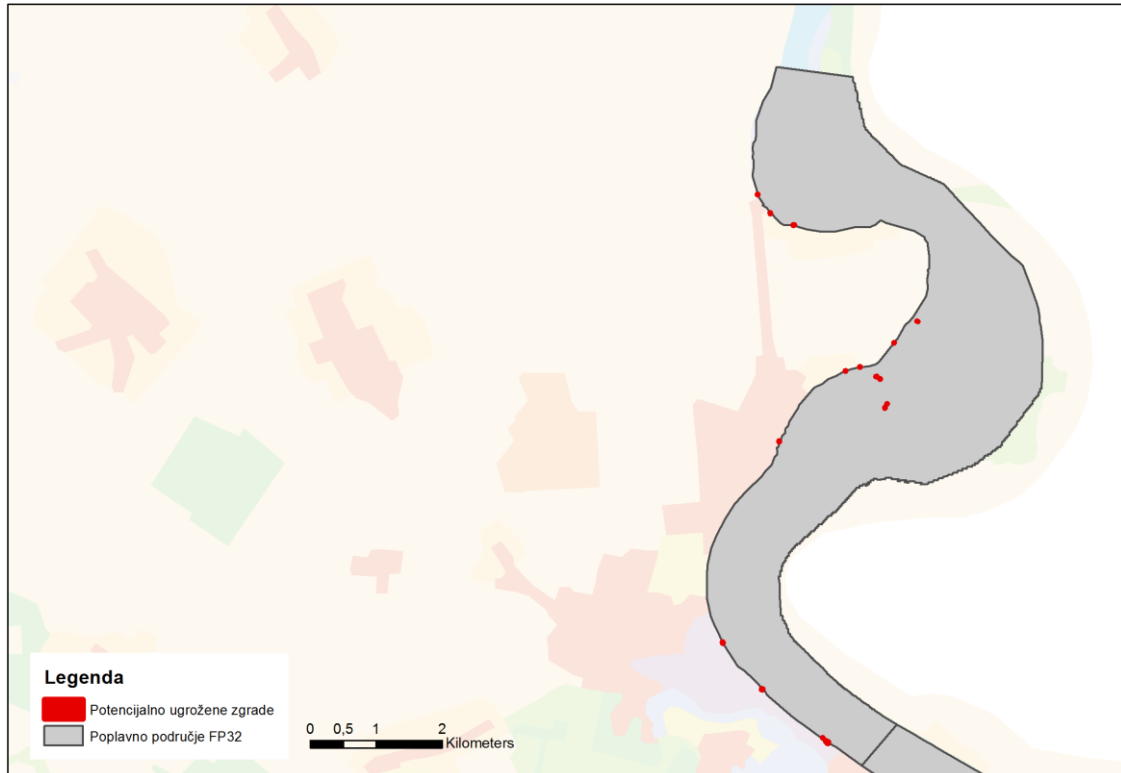


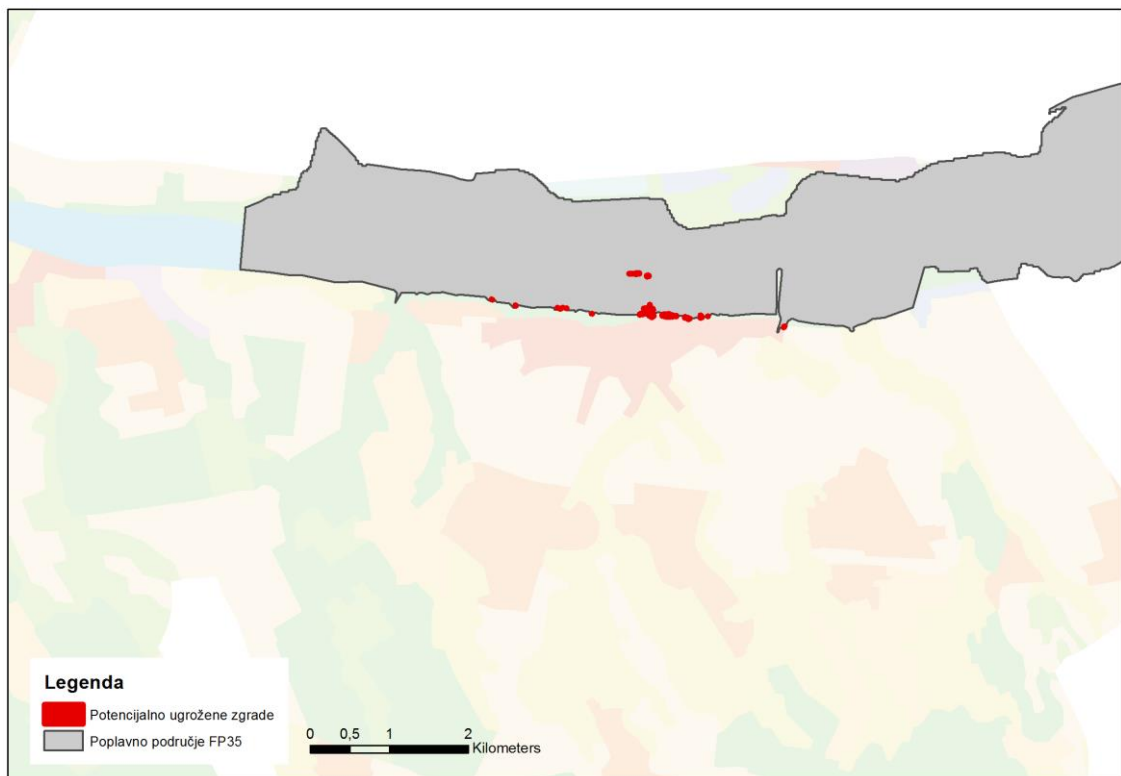
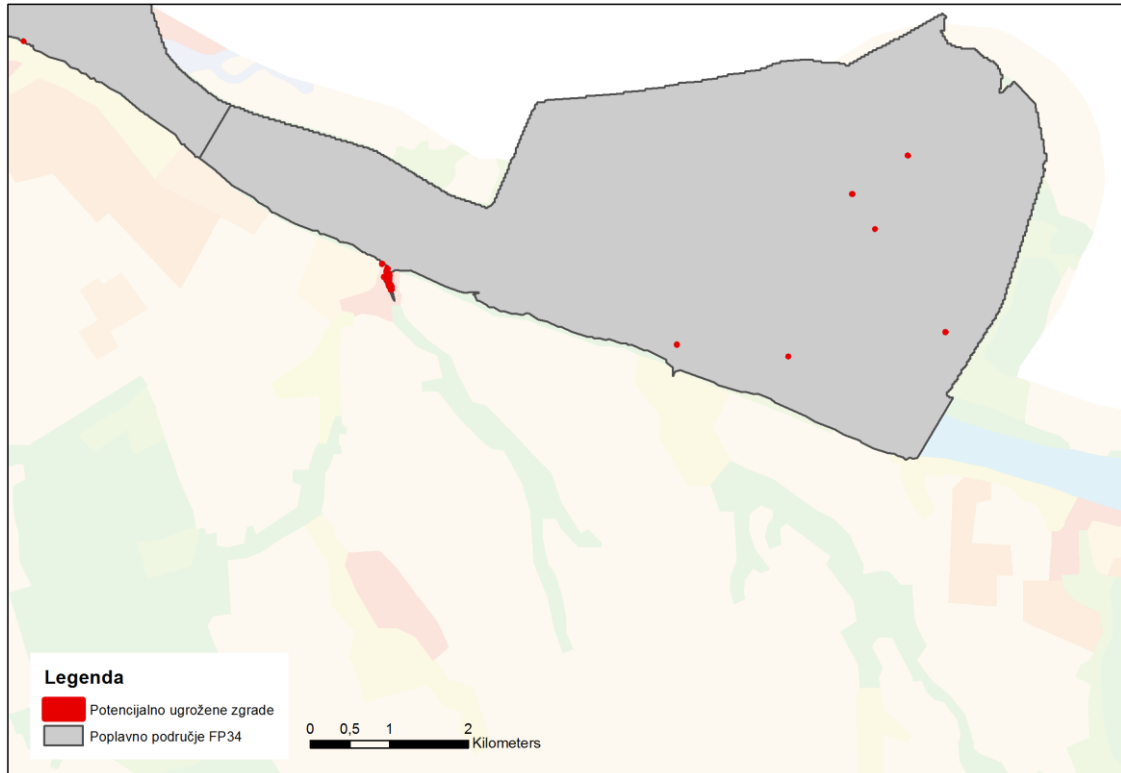




### 5.1.10.2 Poplavna područja na rijeci Dunav







## PRILOG G – TABLICE

### 5.1.11 Korištenje zemljišta

#### 5.1.11.1 Rijeka Sava

CODE_18	CLC_name	FEM_class
112	Naselja (<80% izgrađeno)	1
121	Industrijski ili poslovni prostori	1
122	Prometnice s pripadajućim zemljištem	1
132	Odlagališta otpada	1
133	Gradilišta	1
141	Gradsko zelenilo	1
142	Sportski i rekreacijski objekti	1
211	Oranice	3
231	Livade košarice i intenzivni pašnjaci	3
242	Mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja	3
243	Poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije	3
311	Bjelogorična šuma	5
321	Prirodni travnjaci	5
324	Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	5
411	Kopnene močvare	5
511	Vode tekućice	5
512	Vode stajaćice	5

#### 5.1.11.2 Rijeka Dunav

CODE_18	CLC_name	FEM_class
112	Naselja (<80% izgrađeno)	1
121	Industrijski ili poslovni prostori	1
123	Luke s pripadajućim zemljištem	1
133	Gradilišta	1
211	Oranice	3
221	Vinogradi	3
222	Voćnjaci	3
231	Livade košarice i intenzivni pašnjaci	3
242	Mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja	3
243	Poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije	3
311	Bjelogorična šuma	5
321	Prirodni travnjaci	5
324	Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	5
411	Kopnene močvare	5
511	Vode tekućice	5
512	Vode stajaćice	5

## 5.1.12 Zaštićene vrste

### 5.1.12.1 Zaštićene vrste na rijeci Savi

r.br.	vrsta
1	<i>Abramis sapa</i>
2	<i>Acipenser ruthenus</i>
3	<i>Acipenser sturio</i>
4	<i>Actitis hypoleucos</i>
5	<i>Alburnoides bipunctatus</i>
6	<i>Alosa pontica</i>
7	<i>Anaciaeschna isosceles</i>
8	<i>Anas strepera</i>
9	<i>Anser anser</i>
10	<i>Antrodiella fragrans</i>
11	<i>Apatura ilia</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
12	<i>Apatura iris</i> (Linnaeus, 1758)
13	<i>Aquila pomarina</i>
14	<i>Ardeola ralloides</i>
15	<i>Ascobolus behnitziensis</i>
16	<i>Ascobolus epimyces</i>
17	<i>Aspius aspius</i>
18	<i>Aythya nyroca</i>
19	<i>Balkanostenasellus skopljensis croaticus</i> (Karaman, 1954)
20	<i>Barbastella barbastellus</i>
21	<i>Barbus meridionalis</i>
22	<i>Bombina bombina</i> (Linnaeus, 1758)
23	<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)
24	<i>Branchipus schaefferi</i> Fischer, 1834
25	<i>Burhinus oedicephalus</i>
26	<i>Carassius carassius</i>
27	<i>Castor fiber</i>
28	<i>Cepaea (Cepaea) hortensis</i> (O. F. Müller, 1774)
29	<i>Chalcalburnus chalcoides</i>
30	<i>Chlidonias hybridus</i>
31	<i>Ciconia nigra</i>
32	<i>Circus aeruginosus</i>
33	<i>Circus pygargus</i>
34	<i>Cobitis elongata</i>
35	<i>Coenagrion pulchellum</i>
36	<i>Colias myrmidone</i> (Esper, 1780)
37	<i>Columba oenas</i>
38	<i>Coracias garrulus</i>
39	<i>Crex crex</i>
40	<i>Cyprinus carpio</i>
41	<i>Cyzicus tetracerus</i> (Krynicky, 1830)
42	<i>Egretta garzetta</i>
43	<i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)
44	<i>Eoleptestheria ticinensis</i> (Balsamo-Crivelli, 1859)
45	<i>Epitheca bimaculata</i>
46	<i>Erythronia najas</i>
47	<i>Eudontomyzon danfordi</i>
48	<i>Eudontomyzon mariae</i>
49	<i>Euphydryas aurinia</i> (Rottemburg, 1775)
50	<i>Euphydryas maturna</i> (Linnaeus, 1758)
51	<i>Falco cherrug</i>
52	<i>Falco peregrinus</i>
53	<i>Gallinago gallinago</i>
54	<i>Glis glis</i>

55	<i>Gobio albipinnatus</i>
56	<i>Gobio gobio</i>
57	<i>Gobio kessleri</i>
58	<i>Gobio uranoscopus</i>
59	<i>Gymnocephalus schraetser</i>
60	<i>Hadziella thermalis</i>
61	<i>Hadziella thermalis</i> Bole, 1992
62	<i>Haliaeetus albicilla</i>
63	<i>Heteropterus morpheus</i> (Pallas, 1771)
64	<i>Hucho hucho</i>
65	<i>Huso huso</i>
66	<i>Iglica langhofferi</i> A. J. Wagner, 1927
67	<i>Lepidurus apus</i> (Linnaeus, 1758)
68	<i>Leptestheria dahalacensis</i> (R?ppell, 1837)
69	<i>Leptidea morsei</i> major Grund, 1905
70	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)
71	<i>Lepus europaeus</i>
72	<i>Lestes barbarus</i>
73	<i>Lestes dryas</i>
74	<i>Lestes sponsa</i>
75	<i>Lestes virens</i>
76	<i>Leucaspius delineatus</i>
77	<i>Leuciscus idus</i>
78	<i>Leucorrhinia caudalis</i>
79	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>
80	<i>Limenitis populi</i> (Linnaeus, 1758)
81	<i>Lopinga achine</i> (Scopoli, 1763)
82	<i>Lota lota</i>
83	<i>Lutra lutra</i>
84	<i>Lycaena dispar</i> (Haworth, 1802)
85	<i>Lycaena hippothoe</i> (Linnaeus, 1761)
86	<i>Lycaena thersamon</i> (Esper, 1784)
87	<i>Lymnocryptes minima</i>
88	<i>Melitaea aurelia</i> Nickerl, 1850
89	<i>Melitaea britomartis</i> Assmann, 1847
90	<i>Micromys minutus</i>
91	<i>Milvus migrans</i>
92	<i>Miniopterus schreibersi</i>
93	<i>Misgurnus fossilis</i>
94	<i>Muscardinus avellanarius</i>
95	<i>Myotis bechsteinii</i>
96	<i>Myotis emarginatus</i>
97	<i>Myotis myotis</i>
98	<i>Neomys anomalus</i>
99	<i>Neomys fodiens</i>
100	<i>Netta rufina</i>
101	<i>Niphargus hrabei</i> S. Karaman, 1932
102	<i>Niphargus labacensis</i> Sket, 1957
103	<i>Niphargus latingerae</i> G. Karaman, 1983
104	<i>Niphargus longidactylus</i> Ruffo, 1937
105	<i>Niphargus medvednicae</i> Karaman S. 1950
106	<i>Niphargus parapupetta</i> G. Karaman, 1984
107	<i>Niphargus stygius</i> licanus
108	<i>Niphargus valachicus</i> (Dobreaun et Manolache 1933)
109	<i>Nymphalis vualbum</i> (Denis & Schifferm?ller, 1775)
110	<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Esper, 1781)
111	<i>Ophiogomphus cecilia</i>
112	<i>Orthetrum ramburii</i>
113	<i>Papilio machaon</i> Linnaeus, 1758
114	<i>Parnassius mnemosyne</i> (Linnaeus, 1758)
115	<i>Pelecus cultratus</i>
116	<i>Pelobates fuscus</i> (Laurenti, 1768)

117	<i>Perforatella bidentata</i> (Gmelin, 1791)
118	<i>Pernis apivorus</i>
119	<i>Peziza boltonii</i>
120	<i>Peziza buxea</i>
121	<i>Phalacrocorax carbo</i>
122	<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>
123	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
124	<i>Platalea leucorodia</i>
125	<i>Plecotus austriacus</i>
126	<i>Pleurotus calyptratus</i>
127	<i>Pleurotus cornucopiae</i>
128	<i>Podiceps nigricolis</i>
129	<i>Polyommatus thersites</i> (Cantener, 1835)
130	<i>Porzana parva</i>
131	<i>Porzana porzana</i>
132	<i>Protelsonia hungarica thermalis</i> (Meštrović, 1960)
133	<i>Proterorhinus marmoratus</i>
134	<i>Pseudosinella dallaii</i>
135	<i>Ptychoverpa bohemica</i>
136	<i>Rhinolophus euryale</i>
137	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
138	<i>Rhinolophus hipposideros</i>
139	<i>Rutilus pigus</i>
140	<i>Sabanajewia balcanica</i>
141	<i>Salmo trutta</i>
142	<i>Sciurus vulgaris</i>
143	<i>Scolitantides orion</i> (Pallas, 1771)
144	<i>Scolopax rusticola</i>
145	<i>Somatochlora metallica</i>
146	<i>Sterna albifrons</i>
147	<i>Sympetrum depressiusculum</i>
148	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
149	<i>Sympetrum meridionale</i>
150	<i>Sympetrum vulgatum</i>
151	<i>Telestes (Leuciscus) souffia</i>
152	<i>Thymallus thymallus</i>
153	<i>Triops cancriformis</i> (Bosc, 1801)
154	<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768)
155	<i>Triturus dobrogicus</i> (Kiritzescu, 1903)
156	<i>Umbra krameri</i>
157	<i>Verpa conica</i>
158	<i>Vimba vimba</i>
159	<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)
160	<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
161	<i>Zingel streber</i>
162	<i>Zingel zingel</i>
163	<i>Mus spicilegus</i>
164	<i>Myotis dasycneme</i> - SP
165	<i>Sander volgensis</i>
166	<i>Acipenser gueldentaedtii</i>
167	<i>Acipenser nudiventris</i>
168	<i>Zootoca vivipara</i> (Jacquin, 1787)
169	<i>Zootoca vivipara pannonica</i> (Lac & Kluch, 1968)



### 5.1.12.2 Zaštićene vrste na rijeci Dunav

r.br.	vrsta
1	Abramis sapa
2	Acipenser gueldentaedtii
3	Acipenser nudiiventris
4	Acipenser ruthenus
5	Acipenser stellatus
6	Acipenser sturio
7	Alburnoides bipunctatus
8	Alosa pontica
9	Anaciaeschna isosceles
10	Anas strepera
11	Apatura metis Freyer, 1829
12	Aspius aspius
13	Aythya nyroca
14	Barbastella barbastellus
15	Bombina bombina (Linnaeus, 1758)
16	Bombina variegata (Linnaeus, 1758)
17	Carassius carassius
18	Castor fiber
19	Chalcalburnus chalcoides
20	Ciconia nigra
21	Circus aeruginosus
22	Coenagrion pulchellum
23	Colias myrmidone (Esper, 1780)
24	Columba oenas
25	Cricetus cricetus
26	Cyprinus carpio
27	Dolichophis caspius (Gmelin, 1789)
28	Emys orbicularis (Linnaeus, 1758)
29	Epitheca bimaculata
30	Eudontomyzon mariae
31	Euphydryas aurinia (Rottemburg, 1775)
32	Falco cherrug
33	Glaucopsyche alexis (Poda, 1761)
34	Glis glis
35	Gobio albipinnatus
36	Gobio gobio
37	Gobio kessleri
38	Gobio uranoscopus
39	Gymnocephalus baloni
40	Gymnocephalus schraetser
41	Haliaeetus albicilla
42	Heteropterus morpheus (Pallas, 1771)
43	Hucho hucho
44	Huso huso
45	Lepus europaeus
46	Lestes barbarus
47	Leucaspis delineatus
48	Leuciscus idus
49	Lota lota
50	Lutra lutra
51	Lycaena dispar (Haworth, 1802)
52	Lycaena hippothoe (Linnaeus, 1761)
53	Lycaena thersamon (Esper, 1784)
54	Lymnocyrtus minima
55	Melitaea britomartis Assmann, 1847
56	Micromys minutus
57	Milvus migrans

58	<i>Miniopterus schreibersi</i>
59	<i>Misgurnus fossilis</i>
60	<i>Mus spicilegus</i>
61	<i>Muscardinus avellanarius</i>
62	<i>Myotis bechsteinii</i>
63	<i>Myotis dasycneme</i> - SP
64	<i>Myotis emarginatus</i>
65	<i>Myotis myotis</i>
66	<i>Neomys anomalus</i>
67	<i>Nymphalis vaualbum</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
68	<i>Ophiogomphus cecilia</i>
69	<i>Papilio machaon</i> Linnaeus, 1758
70	<i>Pelecus cultratus</i>
71	<i>Pelobates fuscus</i> (Laurenti, 1768)
72	<i>Pernis apivorus</i>
73	<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>
74	<i>Phengaris arion</i> (Linnaeus, 1758)
75	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
76	<i>Plecotus austriacus</i>
77	<i>Proterorhinus marmoratus</i>
78	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
79	<i>Rutilus pigus</i>
80	<i>Sander volgensis</i>
81	<i>Sciurus vulgaris</i>
82	<i>Sympetrum flaveolum</i>
83	<i>Sympetrum meridionale</i>
84	<i>Sympetrum vulgatum</i>
85	<i>Telestes (Leuciscus) souffia</i>
86	<i>Triturus dobrogicus</i> (Kiritzescu, 1903)
87	<i>Vimba vimba</i>
88	<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)
89	<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
90	<i>Zingel streber</i>
91	<i>Zingel zingel</i>
92	<i>Anas acuta</i>
93	<i>Anas clypeata</i>
94	<i>Anax parthenope</i>
95	<i>Anser anser</i>
96	<i>Ardeola ralloides</i>
97	<i>Asio flammeus</i>
98	<i>Botaurus stellaris</i>
99	<i>Chlidonias hybridus</i>
100	<i>Chlidonias nigra</i>
101	<i>Coenagrion ornatum</i>
102	<i>Egretta alba</i>
103	<i>Egretta garzetta</i>
104	<i>Erithacus svecicus</i>
105	<i>Eudontomyzon danfordi</i>
106	<i>Hemianax ephippiger</i>
107	<i>Hemidiaptomus sostarici</i> (Krmptić, 1925)
108	<i>Hipolais icterina</i>
109	<i>Lepidurus apus</i> (Linnaeus, 1758)
110	<i>Lestes dryas</i>
111	<i>Lestes sponsa</i>
112	<i>Lestes virens</i>
113	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>
114	<i>Lopinga achine</i> (Scopoli, 1763)
115	<i>Melitaea aurelia</i> Nickerl, 1850
116	<i>Numenius tenuirostris</i>
117	<i>Orthetrum ramburii</i>
118	<i>Oxyura leucocephala</i>
119	<i>Pandion haliaetus</i>

120	Phalacrocorax carbo
121	Platalea leucorodia
122	Plegadis falcinellus
123	Podiceps nigricolis
124	Porzana parva
125	Sympetrum fonscolombii
126	Thymallus thymallus
127	Zootoca vivipara (Jacquin, 1787)
128	Zootoca vivipara pannonica (Lac & Kluch, 1968)
129	Ablepharus kitaibelii Bibron & Bory, 1833

## **PRILOG H – CHAPTER 4 - EVALUATION OF FEM METHOD, ENGLISH VERSION**

### **Introduction**

The Danube Floodplain project aims to improve transnational water management and flood risk prevention while maximizing benefits for biodiversity conservation. Preservation and/or restoration of floodplains play a key role in an integrated flood risk management. Therefore, it is important to identify the active and former floodplains as well as an evaluation of their effects in terms of flood risk reduction, ecological benefits and socio-economic aspects.

The analytical approach applied is the Floodplain Evaluation Matrix (FEM) [1], which defines the main evaluation criteria identifying the status of the floodplains, as well as their potential status following the criteria, which are common, and therefore reference point for the evaluation process. While tasks 3.1 and 3.2 of the Floodplain project address mainly the main river of the river basin – Danube, it was recognized already at the project preparation stage that the tributaries and floodplains along them are playing an important role as well.

Tributary watersheds have an important role in floodplain analysis, assessment and management, especially in the context of ensuring the holistic approach to water and flood risk planning. Besides restoration, a significant floodplain management aspect is the preservation of floodplains through spatial plans considering environmental, economical, societal and land development issues.

The concept for the Danube River, developed under activities 3.1 and 3.2, are adapted and applied for delineation and evaluation of actual and former floodplains and identification of associated measures on six tributaries:

- Krka (Slovenia),
- Morava (Czech Republic),
- Tisza (Hungary, Serbia),
- Sava (Croatia, Serbia),
- Desnățui (Romania), and
- Yantra (Bulgaria).

The main activity objective is the evaluation of actual and former floodplains along selected tributaries (or their river sections) with relevant multi-criteria decision analysis methods considering the FEM ranking method and results from Activity 3.2.

Activity 3.3 consists of:

- 6) identification of floodplains and associated measures; watershed data collection and analysis of recent studies, historical maps and plans or robust modelling to determine hydrological and hydrodynamic characteristics,
- 7) determination of relevant parameters and indices for floodplain preservation and restoration suitability considering multiple objectives,
- 8) spatial analysis and modelling for floodplain classification; optimization of parameters and sensitivity analysis
- 9) stakeholder analysis for consideration of specific legal, environmental, economic and social conditions,
- 10) Recommendations for evaluation of tributary floodplains, based on knowledge exchange that will be incorporated in WP5.

In this report the process of floodplain assessment on the Sava and Danube river floodplains is obtained. A description of implemented methods, classification and prioritisation criteria and measures for restoration of active floodplains (AFP) is given.

## Description of the river basin and floodplains addressed by the DANUBE FLOODPLAIN project

The Danube basin is Europe's second largest river basin has an area of 801,463 km<sup>2</sup> with approximately 80M inhabitants (source: ICPDR), see figure below. Danube source is located in Germany. With its reach of c2850 km, Danube flows through 10 countries (Germany, Austria, Slovakia, Hungary, Croatia, Serbia, Bulgaria, Romania Moldova and Ukraine) with its estuary of the Black Sea.

Danube is navigable waterway. This report focuses on the 137km section of Danube that flows through Croatia, 5% of overall river length. This section of Danube includes River Drava, second largest tributary of Danube. As this section of Danube is a border between Croatia and Serbia the assessment will focus on the right floodplains. The final assessment results will liaise with institute Jaroslav Černi Water Institute from Republic of Serbia. From administrative point of view, two municipalities are located on Danube territory in Croatia.

Six flood zones for the study were identified by the project program FP 30 – FP35 (see Prilog A).



Figure 1. Danube and Sava river basins (source: ISRBC, 2010).

River Sava is a is the third longest and the largest by discharge tributary of the Danube. Its sub-basin area is 97,700 km<sup>2</sup> with approximately 18M inhabitants, see figure below. River Sava with its two sources starts in Slovenia and has an overall length of c945 km [2] with the majority of its length through Republic of Croatia (c560 km). Significant portion of Sava river through Croatia is a natural border with Bosnia&Herzegovina. River Sava has XX tributaries through its 560 km reach through Croatia. These are: Sutla, Krapina, Kupa, Lonja, Ilova, Una, Vrbas, Orpljava, Ukrina, Bosna, Tinja, Drina.

Six flood zones for the Sava study were identified in the project proposal AFP\_01 – AFP\_06 (see Prilog A).

For all six listed floodplains hydraulic model was developed [3] and hydrological data analyzed in order to assess them using the FEM matrix [1].



Figure 2. Sava River Basin with tributaries [2].

## Results of evaluation FEM method and recommendations

Overall conclusion of Flood Evaluation Matrix (FEM) based on implementation on flood zones on Sava and Danube rivers is very positive. The FEM method is comprehensive, yet realistic for implementation on wide range of rivers and streams. The strength of the method is that it does not focus solely on flood risk reduction, but also observes the problem including ecology and socio-economic factors.

The main observations and recommendations will be described in sections below that are based on the experience gathered from practical implementation of FEM methodology on Sava and Danube river floodplains for flood zones in Croatia.

### 1. Mathematical formulation of parameters for $\Delta h$ , $\Delta v$ and $\Delta \tau$

It is recommended to define two test cases for which change in hydraulic parameters is ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  and  $\Delta \tau$ ) is calculated in order to preserve approach for proposed thresholds and enable mathematical automatisation.

#### Test Case 1: When narrowing the existing floodplain

For test case 1 it is recommended to use following math for calculation of ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  and  $\Delta \tau$ ):

Change in water levels:

$$\Delta h = h_{RC} - h_{tot} [m^3/s] \quad (1.1)$$

Change in flow velocity:

$$\Delta v = v_{RC} - v_{tot} [m/s] \quad (1.2)$$

Change in bottom shear stress:

$$\Delta \tau = \tau_{RC} - \tau_{tot} [N/m^2] \quad (1.3)$$

#### Test Case 2: When widening the existing floodplain

For test case 2 it is recommended to use math as defined in FEM handbook for calculation of ( $\Delta h$ ,  $\Delta v$  and  $\Delta \tau$ ):

Change in water levels:

$$\Delta h = h_{tot} - h_{RC} [m^3/s] \quad (2.1)$$

Change in flow velocity:

$$\Delta v = v_{tot} - v_{RC} [m/s] \quad (2.2)$$

Change in bottom shear stress:

$$\Delta \tau = \tau_{tot} - \tau_{RC} [N/m^2] \quad (2.3)$$

If Test Case 2 is used, thresholds should be reversed as follows:

	$\Delta h$ [cm]	$\Delta v$ [m/s]	$\Delta \tau$ [N/m <sup>2</sup> ]
1	>50 cm	>0.2 m/s	>3.0 N/m <sup>2</sup>
3	10-50 cm	0.1-0.2 m/s	1.5-3.0 N/m <sup>2</sup>
5	<10 cm	<0.1 m/s	<1.5 N/m <sup>2</sup>

## 2. Restoration Priority groups

Define more clear classification of priority list for restoration. We agree that it might be confusing to use numbers (1, 3 and 5) for prioritisation as these would be too similar to the FEM parameters classes. Therefore, in this report we were using the following groups for prioritisation, in accordance with table (Tablica 33):

- H - High Priority
- M - Medium Priority
- L - Low Priority

Whichever classification (numbers or letters) are in use these should be standardised for all AFP's.

Classification defined in Power Point presentation "WP3\_tresholds.pptx" presented on 03-04 March 2020 in Bratislava, Slovakia under title "FEM-results and ranking for active floodplains along the Danube River" seems to be incomplete. The old conditions are defined in table below:

Floodplain priority for restoration	Description	Condition(s)
H - High Priority	High demand for restoration. AFPs in this group have the highest priority for restoration measures	All other conditions, if not M or L.
M - Medium Priority	Medium demand for restoration. AFPs in this group have a medium priority for restoration measures.	if max three parameters are evaluated with 3 and two with 1 OR if three parameters are evaluated with 1 and one with 3
L - Low Priority	Lower demand for restoration. AFPs in this group have the lowest priority for restoration measures.	if max one parameter is evaluated with 3 and two parameters with 1 OR three parameter with 3 and one parameter with 1

On Sava river AFP analysis Example it was noted that both conditions for M-Medium Priority and L-Low Priority described in table above were satisfied for AFP\_01, AFP\_02, AFP\_05 and AFP\_06. This math is incomplete and requires manual decision. For the automation of the decision, math should be adjusted and extended. It is recommended to create and highlight table, proposed table is given below, to fully describe prioritisation conditions and description. Slightly improved conditions are shown I table below.

New proposed math:

Floodplain priority for restoration	Description	Condition(s)
H - High Priority	High demand for restoration. AFPs in this group have the highest priority for restoration measures	If $\leq 3$ FEM parameters are evaluated with rank 5 AND If $\geq 4$ FEM parameters are evaluated with rank 3 and $\geq 1$ FEM parameters are evaluated with rank 1 OR $\geq 3$ FEM parameters are evaluated with rank 1
M - Medium Priority	Medium demand for restoration. AFPs in this group have a medium priority for restoration measures.	Otherwise, if $\leq 3$ FEM parameters are evaluated with rank 5 AND If sum of FEM parameters that are evaluated with rank 3 OR rank 1 is $\geq 3$
L - Low Priority	Lower demand for restoration. AFPs in this group have the lowest priority for restoration measures.	Otherwise, if $\geq 4$ FEM parameters are evaluated with rank 5



### **3. Connectivity of floodplain water bodies**

In lack of hydrology data and hydraulic models, connectivity could be assessed using GIS. Prerequisites for this assessment are:

- Shapefile or raster with water bodies extent, including oxbows and lakes or
- DTM and bank levels (this can be obtained from the geometry of the river), and
- historic maps.

A shapefile with existing water bodies can be created by clipping DTM and interpolated surface of river bank levels. A raster with a blue shades of existing water bodies is usually available in standard detailed topographic maps from which blue colour of water bodies can be isolated and presented for the analysis. Created shapefiles with water bodies extent will show if there is connectivity between water bodies at flows equal to bank full flows or larger at flows larger than bank full flows. Lastly, a shapefile with existing water bodies should be layered over the historic maps to see if some of the historic water bodies are disconnected or shortened.

### **4. Extreme scenarios Q1000**

When the recorded data is too short it is difficult and unreliable to apply flood frequency analysis for the 1000-year return period flows.

It should be considered that in order to accommodate climate change effects, for extreme flows a scenario of  $Q_{100}$  with additional safety factor of 1.2 (20% increase in flood flows) can be applied instead of trying to calculate 1000-year flows.

### **5. Bank full flow**

In the UK and Ireland it is common practice to assume 2-year flood as a bank full flow. This statement should be checked for statistic on number of rivers in Croatia. If the statement confirms as correct, it is recommended that in lack of data/hydraulic models, bank full flow can be assumed and extracted from statistical analysis as a flow with a 2-year return period.

### **6. Zagreb flood defence system and Lonjsko Polje case study**

FEM methodology results applied on Save AFP\_01 were compared with a design Zagreb flood defence and ecological value of Lonjsko Polje nature park. Due to its complexity and AFP\_01 was divided into two reaches – AFP\_01-1 (wider Zagreb area) and AFP\_01-2 (Lonjsko polje area).

Zagreb Area (AFP\_01-1) is an area of high socio-economic value with an excellent flood protection in place. However, due to vast hydroengineering construction (levees, dykes and bypass channels), the ecological component is partially sacrificed. The authors of this report think that this was well described by applying of the FEM method.

Furthermore, the value of the Lonjsko Polje system (AFP\_01-2) is well-known and acknowledged as one of the largest and the most preserved natural floodplains in Europe [7]. Natural floodplains from Lonjsko, Mokro and Poganovo fields have a key role in the flood defence system and in the international context are considered to be one of the first examples where the flood defence system is based on the use of natural floodplains. FEM approach is considered to be an independent approach that confirmed this statement by assigning the highest hydrologic-hydraulic and ecological parameters (5 points), and described AFP-01 with a high need for preservation and low priority for restoration.

### **7. Potential for typical habitats**

During the calculation of FEM parameters for rivers Sava and Danube in Croatia it was noted that this parameter could not be calculated. The reason for this is that modelling of typical habitats is done in WP 4 of Danube Floodplain Project, and Croatia does not have a pilot project WP 4. Furthermore, the classification of the habitats for the only available dataset on existing habitats in Croatia (dataset is obtained from Croatian Ministry of Environment and Energy) is not detailed enough so the typical habitats were not possible to be defined for the purpose of this project.

### **8. Land use to Minimum class**

It is recommended to move Land use to a minimum class [4] as an open source data is available from Corina Land Cover (CLC) for each European country.

### **9. Minimum FEM class should be standardised**

In the FEM methodology Minimum FEM classes [4] and Medium and Extended FEM classes [5] are defined. For the standardisation and fair comparison between any two rivers it is recommended that a final number of minimum classes is defined (it can be extended from current list if needed) and used for the prioritisation. Extended FEM classes should not be used for the prioritisation as not all rivers/floodplains will use extended classes.

### **10. General recommendation**

It is recommended to further develop the FEM method by automating the process. Some level of automation is provided in Excel Spreadsheet as part of this study.

It is recommended to use FEM method as a standard for evaluation of value of floodplains and as a starting point for decisions on construction of levees or any other flood defence schemes on active floodplains in Europe or worldwide.

## **PRILOG I – KARTE POPLAVNIH PODRUČJA S PRIKAZOM FEM PARAMETARA**