

**MAPIRANJE OBLASTI POGODNIH ZA INSTALACIJU MOBILNIH SISTEMA
ODBRANE OD POPLAVA NA SLIVU REKE ZAPADNA MORAVA**

**NARUČILAC:
UNDP**

**KONSULTANT:
MILOŠ RADOVANOVIĆ**

Beograd, 2020.

1. SADRŽAJ

1.	SADRŽAJ	1
2.	PROJEKTNI ZADATAK (TERMS OF REFERENCE)	3
3.	UVOD	7
4.	PODLOGE.....	9
4.1.	TOPOGRAFSKE PODLOGE	9
4.2.	ORTOFOTO SNIMCI.....	11
4.3.	HIDROLOŠKE PODLOGE	11
4.4.	VODOPRIVREDNA OSNOVA I OPERATIVNI PLANOVI	14
4.4.1.	VODOPRIVREDNA OSNOVA REPUBLIKE SRBIJE (VOS)	14
4.4.2.	OP ODBRANE OD POPLAVA I REDA.....	14
4.4.3.	OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA ČAČAK.....	24
4.4.4.	OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA KRALJEVO	27
4.4.5.	OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA VRNJAČKA BANJA	31
4.5.	HIDROLOŠKA MREŽA	34
4.6.	POSTOJEĆA DOKUMENTACIJA.....	37
4.6.1.	SOPAS PROJEKAT - Study of Flood Prone Areas in Serbia iz 2012. godine.....	37
4.6.2.	GENERALNI PROJEKAT UREĐENJA ZAPADNE MORAVE – Institut Jaroslav Černi (iz 2008. godine)	37
4.7.	KATASTAR	38
4.8.	ELEMENTI IZLOŽENI UTICAJIMA POPLAVA	38
5.	OPIS POSTOJEĆEG STANJA ZAŠTITE OD POPLAVA NA SLIVU ZAPADNE MORAVE	44
5.1.	VODNI OBJEKTI	44
5.1.1.	Nasipi	44
5.1.2.	Obaloutvrde.....	47
5.1.3.	Regulisana korita	49
5.1.4.	Brane.....	50
6.	METODOLOGIJA ZA IDENTIFIKACIJU ODGOVARAJUĆIH LOKACIJA ZA MOBILNE BRANE	51
6.1.	HIDRAULIČKE ANALIZE.....	52
6.1.1.	Hidraulički model Zapadne Morave.....	53
6.1.2.	Hidraulički modeli analiziranih pritoka Zapadne Morave	55
6.2.	ANALIZA IZLOŽENIH ELEMENATA POPLAVAMA	61
6.3.	LOKACIJE KVALIFIKOVANE ZA INSTALACIJU MOBILNIH SISTEMA ODBRANE	67
6.3.1.	PRIORITETNOST KVALIFIKOVANIH LOKACIJA	70

7.	PREDLOG TEHNOLOGIJE MOBILNIH SISTEMA ODBRANE OD POPLAVA	72
7.1.	OPIS I PRIMENA TEHNOLOGIJE.....	73
7.1.1.	Sistemi mobilnih odbrambenih zidova	73
7.1.2.	Kontejnerski tip mobilnih objekata.....	78
7.2.	ODABIR TEHNOLOGIJE.....	85
8.	ZAKLJUČAK	87
9.	GRAFIČKI PRILOZI	88

2. PROJEKTNI ZADATAK (TERMS OF REFERENCE)

TERMS OF REFERENCE

Title:	West Morava River Basin Mapping Consultant
Project:	EU for Civil Protection and Disaster Resilience Strengthening in the Republic of Serbia
Reporting to:	Project Manager
Duty Station:	Homebased
Contract Type:	Individual Contract (IC)
Duration:	June – July 2020 (up to 15 working days in the given period)

I. Purpose

To enable efficient flood defense of West Morava River Basin critical locations suitable for installation of portable dams.

II. Objective

To put in place the capacities for emergency management and disaster risk resilience at the national and local level.

III. Background information

Disaster affect Serbia's economic and environmental standing, diminish the country's development potential, pose a risk to social stability, and jeopardize EU investments. The effectiveness of the disaster risk management system relies on the adequate human, physical, and financial capacities for planning, preparation, responding, and post-disaster recovery, as well as on proper vertical and horizontal coordination between all the relevant institutions. Global Crisis Severity Index with an average score of 3.5 places Serbia in the group of medium-risk and rather stable countries. Although the applied INFORM methodology assesses Serbian vulnerability as moderately low, it still recognizes institutional and governance shortcomings (scored with 5.2) and DRR (5.7) as having undermining impact on the overall coping capacity. The critical problem of the Serbian Disaster Risk Reduction and Emergency Management System is the fragmentation of the institutional framework, procedures, and insufficient capacities at the central and local level for adequate prevention, preparation, and response to disaster risk needs of the communities and population.

To support national authorities in addressing above mention challenges, EU Delegation to the Republic of Serbia entrusted UNDP with implementation of the EU for Civil Protection and Disaster Risk Resilience Strengthening in the Republic of Serbia Project.

The West Morava River Basin municipalities cover 11.000 km² of territory inhabited by 800,000 citizens whose wellbeing and safety is affected by frequent floods. To support the West Morava Basin Cooperation Municipalities and Sector for Emergency Management in an effective response to the torrential flows affected sections, UNDP will procure required quantities of the portable dams. Therefore, UNDP is seeking qualified consultant to identify the West Morava Basin flood prone locations suitable to installation of portable dams and develop accompanying Report which shall guide the actions of the first line responders under the West Morava flood induced emergencies.

Description of responsibilities

Scope of work

Under the overall direction and supervision of the Project Manager and a close cooperation with the Project Investment Office designated focal point, the consultant shall:

1. Conduct analysis of the West Morava River Basin flood prone sequences and map micro locations suitable for installation of the portable dams;
2. Develop a Draft Mapping Report which shall contain narrative elaboration of the methodological approach, list and description of the identified sequences. Locations shall be presented in an order of priority which shall be determined based on the social, economic and environmental impact on the affected area. The Report shall also contain the cartographic / georeferenced data on identified locations as well as all the technical inputs of concern for the selection of the most appropriate type of portable dams (number of layers, recommended height, length etc.);
3. Submit the Draft Report to UNDP and PIMO for review and comments;
4. Address all the comments in satisfactory manner and submit the Report to UNDP for final clearance;

Deliverables

The following deliverables are required from the Consultant:

Deliverables	Deadline
• Draft Mapping Report in Serbian language submitted to UNDP Project Manager	25 days upon contract signing
• Final Mapping Report approved by UNDP Project Manager	35 days upon contract signing

All the deliverables have to be quality reviewed, approved and accepted by UNDP Project Manager. Payment will be made upon approval of the report on the activity performed, based on the number of working days. Payment will be made upon acceptance of deliverables. No travel is envisaged under this consultancy.

IV. Competencies

Corporate competencies:

- Displays cultural, gender, religion, race, nationality and age sensitivity and adaptability;
- Demonstrates integrity by modelling the UN's values and ethical standards;
- Promotes the vision, mission and strategic goals of UNDP;

Functional competencies:

- Capacity to work across the sectors;
- Ability to express ideas clearly;
- Ability to deliver when working under pressure and within changing circumstances;
- Ability to develop similar type of reports proven through the portfolio of previous work;
- Proficiency in using Microsoft Office Package;

- Excellent communication and interpersonal skills.
- Approach to work with energy and a positive, constructive attitude;

V. Qualifications

- Sound knowledge of Serbian water management and flood protection system;

Education:

- University degree in Civil Engineering and possession of the one of the following licensees: 313 or 314 or other related fields;

Experience

- Minimum five years of professional experience in the water management sector;
- At least three years of experience in realization of the tasks of the similar complexity and type;

Language skills

- Knowledge of Serbian and English language.

Additional Information:

- Individual Contract (IC) will be applicable for individual consultants applying in their own capacity.
- Reimbursable Loan Agreement (RLA) will be applicable for applicants employed by any legal entity. Template of RLA with General Terms and Conditions could be found on: <http://www.undp.org.rs/download/RLA%20with%20General%20Terms%20and%20Conditions.do> In the case of engagement of Civil servants under IC contract modality a no-objection letter should be provided by the Government entity. The 'no-objection' letter must also state that the employer formally certifies that their employees are allowed to receive short-term consultancy assignment from another entity without being on "leave-without-pay" status (if applicable) and include any conditions and restrictions on granting such permission, if any. If the previous is not applicable 'leave-without-pay' confirmation should be submitted.

Engagement of Government Officials and Employees

- Government Officials or Employees are civil servants of UN Member States. As such, if they will be engaged by UNDP under an IC which they will be signing in their individual capacity (i.e., engagement is not done through RLA signed by their Government employer), the following conditions must be met prior to the award of contract:
 - (i) A "No-objection" letter in respect of the individual is received from the Government employing him/her, and;
 - (ii) The individual must provide an official documentation from his/her employer formally certifying his or her status as being on "official leave without pay" for the duration of the IC.
- The above requirements are also applicable to Government-owned and controlled enterprises and well as other semi/partially or fully owned Government entities, whether the Government ownership is of majority or minority status.

- UNDP recognizes the possibility that there are situations when the Government entity employing the individual that UNDP wishes to engage is one that allows its employees to receive external short-term consultancy assignments (including but not limited to research institutions, state-owned colleges/universities, etc.), whereby a status of “on-leave-without-pay” is not required. Under such circumstance, the individual entering into an IC with UNDP must still provide a “No-objection” letter from the Government employing him/her. The “no objection” letter required under (i) above must also state that the employer formally certifies that their employees are allowed to receive short-term consultancy assignment from another entity without being on “leave-without-pay” status and include any conditions and restrictions on granting such permission, if any. The said document may be obtained by, and put on record of, UNDP, in lieu of the document (ii) listed above.

3. UVOD

Sliv Zapadne Morave obuhvata značajan deo zapadne i jugozapadne Srbije i prostire se na površini od 15 805 km². U slivu se, u morfološkom smislu, izdvajaju planine, visoravni i potoline. Najviša tačka sliva je na planini Hajle 2 400 mnm, dok je najniža na sastavu Zapadne i Južne Morave i iznosi 127 mnm, što znači da raspon nadmorskih visina sliva iznosi oko 1 800 m.

Visoke planinske formacije zauzimaju zapadne, severne i centralne delove sliva, dok se niže formacije nalaze na jugu. Obronci planina nemaju strm pad ka rečnoj mreži. Izuzetak su izvorišni delovi tokova, ili deonice gde se oni usecaju u čvrste stene – krečnjake i magmatite.

Veliku morfološku celinu predstavljaju potoline. Najveća je Kosovo Polje, koje predstavlja tektonsku potolinu oivičenu rasedima, zatim Malo Kosovo, Dragačevo, Rasina, Gruža i Župa.

Reka Zapadna Morava protiče kroz kompozitnu dolinu koju čine četiri kotline (Požeška, Čačanska, Vrnjačka i Kruševačka), jedna veća klisura (Ovčarsko-kablarska) i dve suteske (Trstenička suteska između Kraljevačke i Kruševačke kotline) i Mrzenička suteska (neposredno pre spajanja Zapadne i Južne Morave). U slivu se nalaze i Ibarska klisura i klisura Đetinje od izvorišta do Užica.

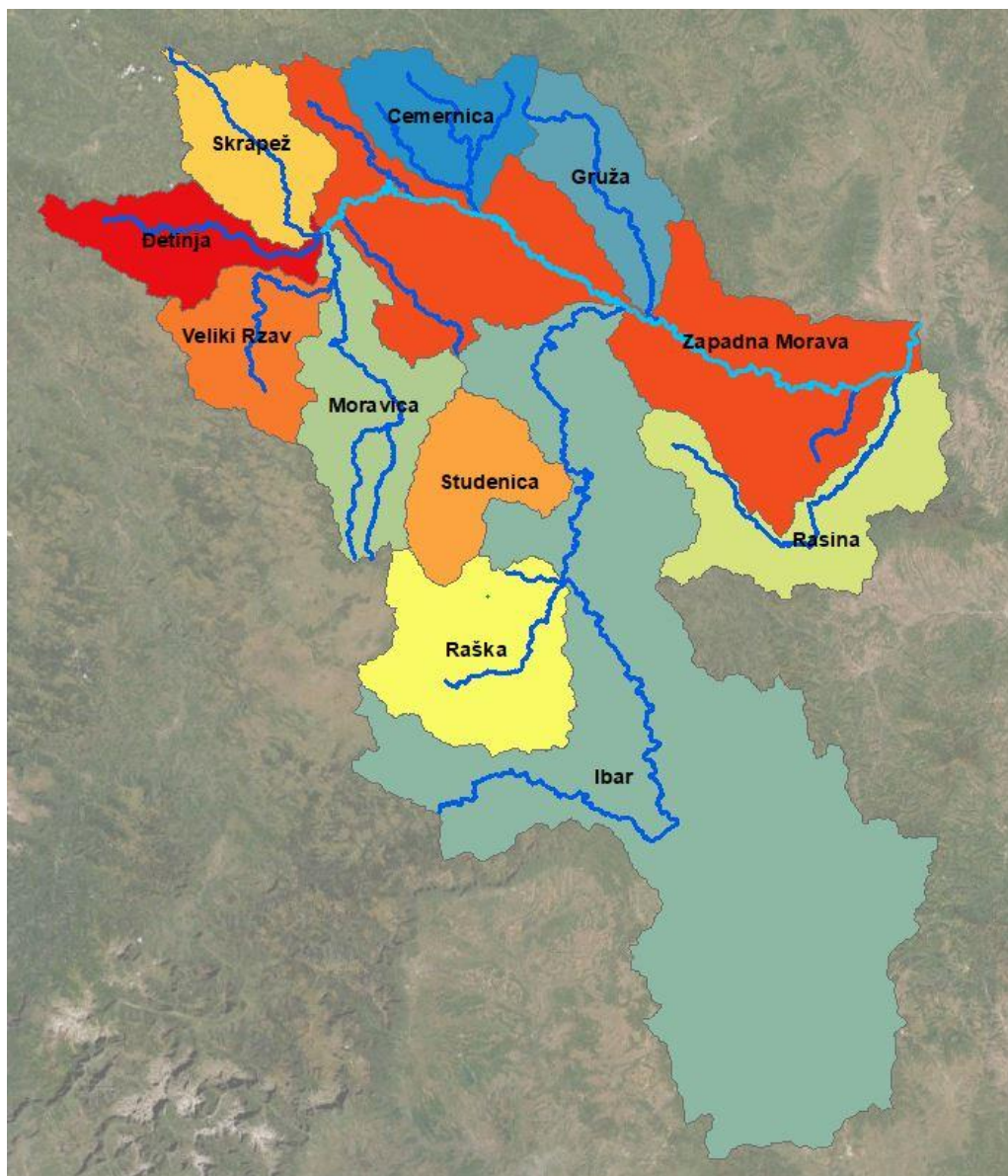
Deo sliva oko donjih tokova Zapadne Morave, Gruže i Rasine ima odlike ravničarsko – brežuljkastih terena.

Hidrografska mreža slivnog područja Zapadne Morave je vrlo razvijena i obuhvata nekoliko stotina vodotoka, različitih veličina.

Reka Zapadna Morava nastaje spajanjem Moravice i Đetinje u Požeškoj kotlini, kod sela Leposavića, na 298 mnm. Direktnih pritoka Zapadne Morave ima preko sto.

Postoji nekoliko pritoka Zapadne Morave sa površinom sliva većim od 500 km². To su: Ibar (7139.4 km²), Moravica (923.04 km²), Đetinja (1210 km²) Rasina (566.61 km²), Čemernica (629.64 km²), Gruža (617.29 km²).

Sliv reke Ibra predstavlja posebnu hidrografsku i geomorfološku celinu u okviru slivnog područja Zapadne Morave, u čijoj ukupnoj površini učestvuje sa 54%. Ibar ima nekoliko značajnijih direktnih pritoka, od kojih su najveće Sitnica, Raška i Studenica. Naredna slika ilustruje slivne površine glavnih pritoka (vodotoci I reda) koji se ulivaju u Zapadnu Moravu. Zapadna morava je prikazana svetlo plavom bojom dok su pritoke prikazane tamnijom nijansom plave boje.



Slika 1 Podslivovi sliva Zapadne Morave

Ova analiza ne obuhvata ceo tok Zapadne morave. Analiza pokriva oblast 730m od ušća reke Kamenice u Zapadnu Moravu do sastava Zapadne i Južne Morave – na mestu gde se završava zaštitni nasip. Odluka da se posmatra ova deonica reke je donešena na osnovu analize Operativnih planova odbrane od poplava i već postojećih vodozaštitnih objekata na slivu, kao i konfiguracije terena i analize elemenata ugroženosti. Procenjeno je da bi deonica Zapadne Morave nizvodno od ušća sa rekom Kamenicom imala veće koristi od sistema mobilnih brana. Na ovoj deonici se nalaze mesta Čačak, Kraljevo, Vrnjačka Banja i Trstenik. U obuhvatu analize se nalaze i vodotoci reke Ibar (u dužini od 26km, deonice koje prolaze kroz Kraljevo i Matarušku Banju) kao i vodotoci reka Gruža (deonica do brane i akumulacije Gruža) i Čemernica (sa pritokom Dičinom i njenom pritokom Despotovicom). Takođe su analizirani i vodotoci II reda na delu sliva Zapadne Morave u blizini Čačka. Ove oblasti i deonice su prepoznate kao oblasti od značaja takođe na osnovu analiziranih Operativnih planova i već postojećih vodozaštitnih objekata na ovim lokacijama i na osnovu konfiguracije terena (odnosno topografije).

4. PODLOGE

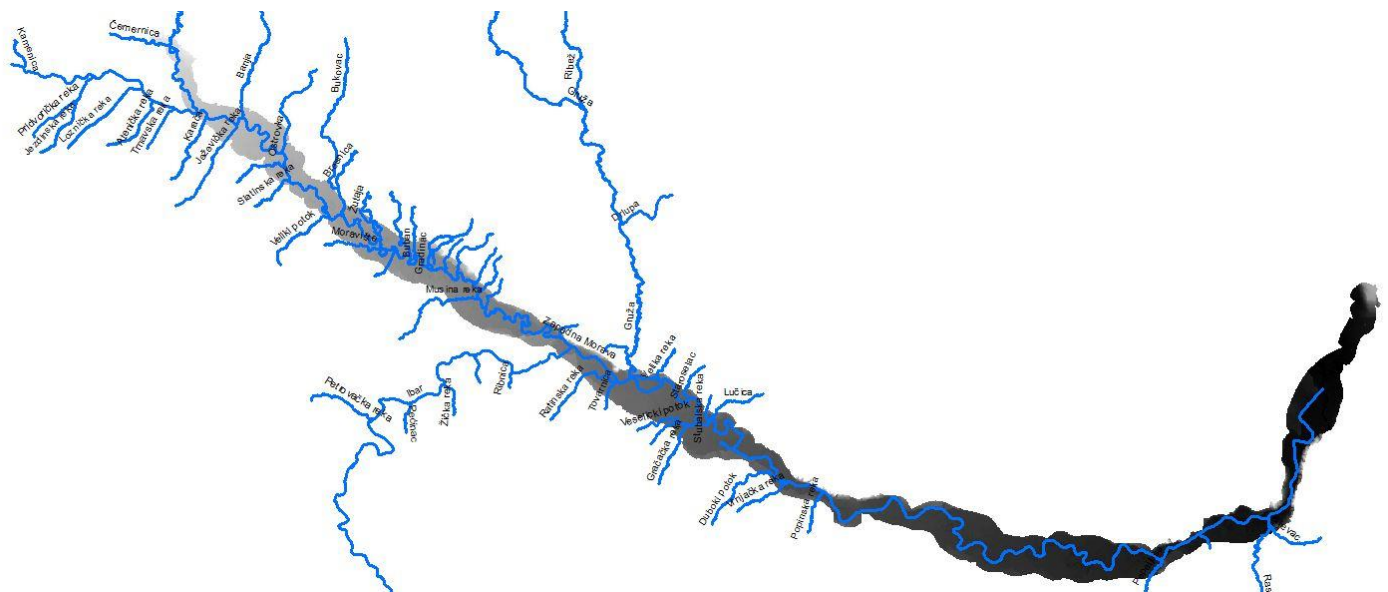
4.1. TOPOGRAFSKE PODLOGE

Za pripremu digitalnog modela terena (DTM), konsultant je koristio podatke iz svoje baze sa 3D tačkama i strukturnim linijama za slivove Zapadne Morave i Ibra. 3D tačke obrađene su kroz 3D analist u GIS softveru za generisanje digitalnog modela terena. DTM je generisan u TIN formatu.

Za prilagođavanje geometrije DTM-a korišćene su različite metode: analiza preseka reka, kalibracija modela spram LiDAR digitalnog modela terena, prilagođavanje geometrije terena pomoću strukturnih linija ivica rečnih korita, nasipa, puteva itd. Konačno, poboljšani DTM korišćen je za izradu karata hazarda (plavnih područja) i ugroženosti od poplava.

Konačni digitalni model terena, rezolucije 5m, nastao je sjedinjavanjem digitalnog modela terena nastalog od LiDAR tačaka, rezolucije 1m i 3D tačaka dobijenih fotogrametrijskim snimanjem, rezolucije 5 i 25 metara (izvor RGZ).

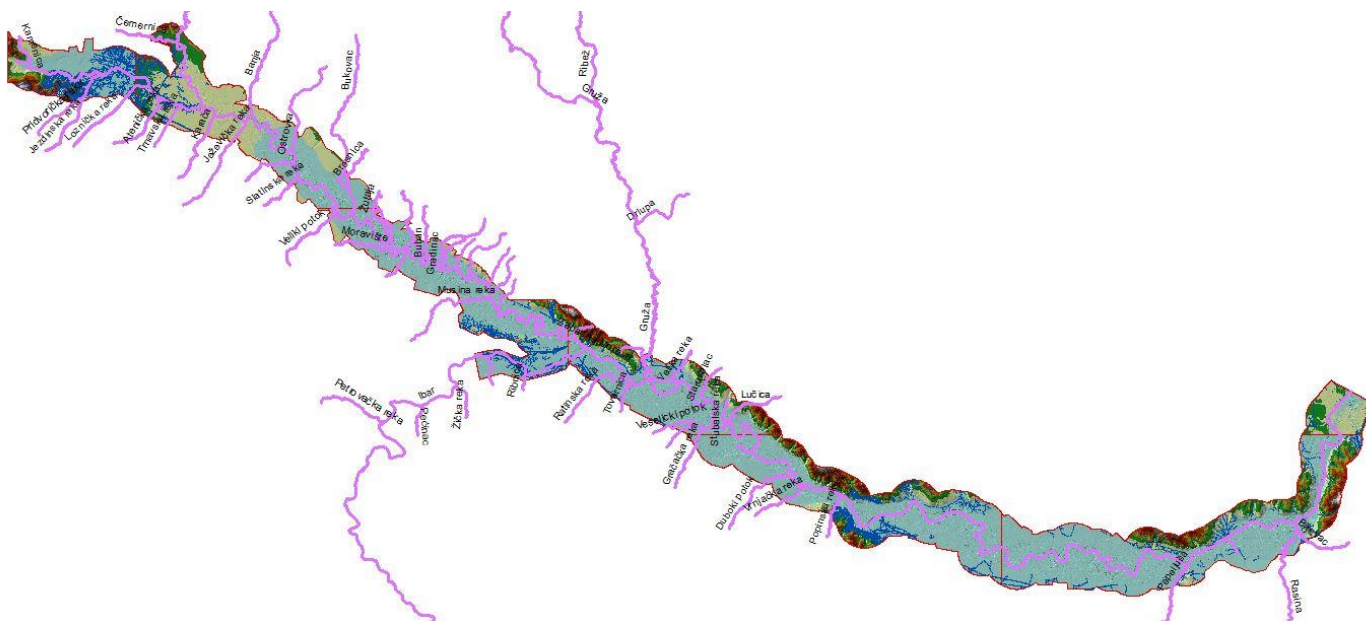
LiDAR digitalni model terena pokriva većinsku dužinu analiziranog toka Zapadne Morave. Pokrovnost se proteže od ušća Zapadne Morave u Veliku Moravu sve do ušća reke Čemernica u Zapadnu Moravu (nizvodno od grada Čačka). Naredna slika prikazuje obuhvat LiDAR snimka.



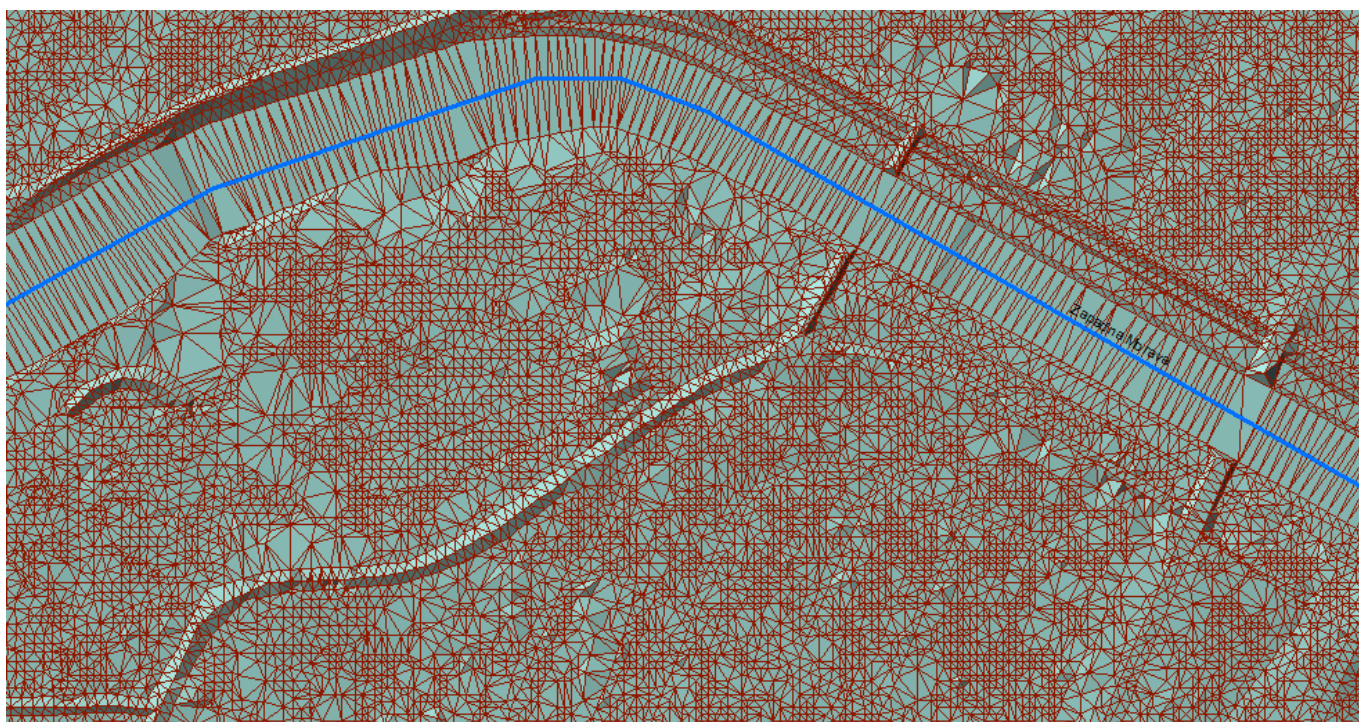
Slika 2 DMT nastao od LiDAR snimaka

Ovaj model terena je resemplovan na rezoluciju od 5m kako bi se napravio ujednačeni digitalni model duž analiziranog dela toka reke Zapadne Morave i da bi se ubrzalo vreme obrade i analize.

Za gradove Čačak, Kraljevo i Trstenik napravljeni su modeli terena pomoću 3D tačaka i strukturnih linija. Kombinovanjem ovih podataka dobio se jedinstveni model terena rezolucije 5m u formatu TINa. Model pokriva teren od usća reke Kamenice u Zapadnu Moravu do do sastava Zapadne i Južne Morave. Naredna slika prikazuje prošireni, objedinjeni digitalni model terena, rezolucije 5m.



Slika 3 Objedinjeni DTM duž analiziranog dela korita Zapadne Morave



Slika 4 Detalj kreiranog DTMa

Digitalni model terena je georeferenciran u kordinatnom sistemu republike Srbije GK Balkan zone 7.

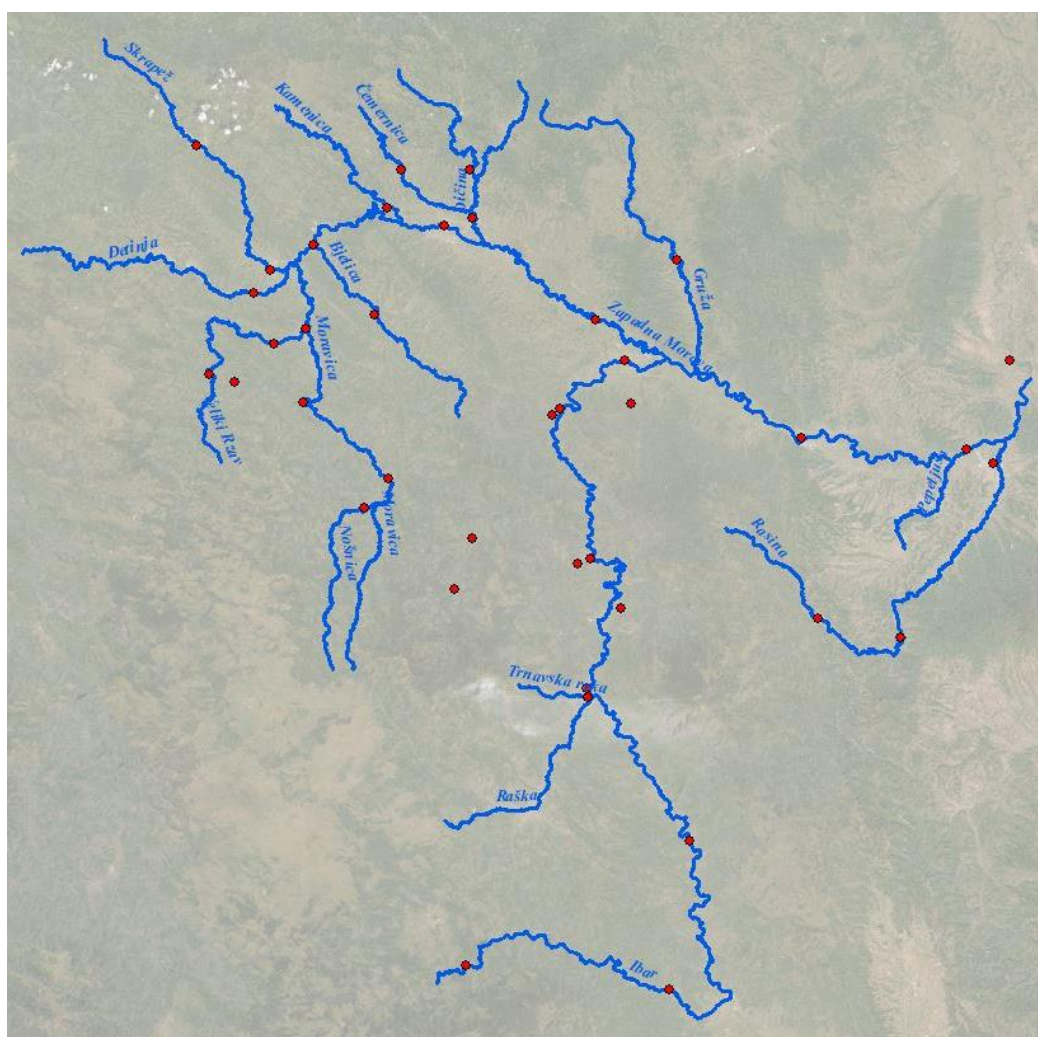
Za reke Gruža, Čemernica (sa pritokama) i Ibar (u dužini od 26km), korišćen je DMT rezolucije 25m. Geometrija terena je dodatno prilagođena i dodate su elevacije postojećih nasipa duž reka Ibar, Čemernica i Despotovica. Teren iste rezolucije je korišćen i za modelovanje tokova II reda.

4.2. ORTOFOTO SNIMCI

Za potrebe vizualne intepretacije i orientacije na terenu analizirane oblasti, korišćeni su ortofoto snimci rezolucije 40x40 cm. Digitalni ortofoto snimci se koriste se kao pozadinski sloj za razgraničenje plavne zone i kao pozadinailustracija u tekstu.

4.3. HIDROLOŠKE PODLOGE

Dugoročno praćenje nivoa vode i protoka postoji na vodotocima prvog i drugog reda u slivu Zapadne Morave. Precizni podaci na pritokama koje spadaju u vodotoke drugog reda ne postoje. Postojeće hidrološke stanice pružaju odgovarajuće informacije o proticajima, vodostaju, kao i informacije o transportu leda i sedimenata duž reke. Nivoi vode, temperature i pojava leda prate se svakodnevno u 06:00 po UTC (odnosno u 07:00 po lokalnom zimskom i 08:00 po lokalnom letnjem vremenu). Naredna slika prikazuje raspored hidroloških stanica u slivu Zapadne Morave.



Slika 5 Prostorni raspored hidroloških stanica u analiziranoj oblasti

Naredna tabela prikazuje spisak relevantnih mernih stanica sa karakteristikama.

Tabela 1 Hidrološke merne stanice

Naziv stanice	Reka	Postavljena	"0" kota	Udaljenost od ušća (km)	Površina koju obuhvata merenje (km ²)
Kratovska Stena	Zapadna Morava	1978	290.44	177.60	3077
Čačak	Zapadna Morava	1938	234.04	145.81	3450
Miločaj	Zapadna Morava	1986	194.27	107.90	4658
Trstenik	Zapadna Morava	1940	160.63	55.07	13902
Jasika	Zapadna Morava	1940	138.56	17.88	14721
Kraljevo	Zapadna Morava	1956	192.76	7	7925
Lopatnica Lakat	Ibar	1935	224.68	26.42	7818
Guberevac	Gruža	1956	217.43	27.40	491
Preljina	Čemernica	1957	230.81	4.87	625

Merodavni proticaji za Zapadnu Moravu su preuzeti iz Generalnog projekta uređenja Zapadne Morave iz 2008. Godine. Isti podaci su korišćeni i u hidrauličkom modelu SOFPAS projekta. Naredna tabela prikazuje proticaje na karakterističnim deonicama Zapadne Morave.

Tabela 2 Karakteristične deonice i proticaji Zapadne Morave(m³/s)

Deonica	Stacionaža	Q1000 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Ušće Čemernice– ušće Ibar	(km 87+683-138+263)	2.068	1.234
Ušće Ibar – ušće Rasine	(km 12+100- 87+683)	2.465	1.784
Ušće Rasine– sastav sa Južnom Moravom	(km 0-12+100)	3.217	2.017

Merodavni proticaji na karakterističnim deonicama reka Ibar, Čemernica, Dičina, Despotovica, Gruža kao i za analizirane vodotokove II reda su preuzeti iz SOFPAS projekta i operativnih planova odbrene od poplava (I II reda). Naredna tabela prikazuje proticaje na karakterističnim deonicama analiziranih reka.

Tabela 3 Karakteristične deonice i proticaji na pritokama Zapadne Morave (m³/s)

Reka	Deonica	Stacionaža km	Q100 (m ³ /s)
Ibar	Ušće u Zapadnu Moravu - ušće Ribnice	0+000-5+144	1376
Ibar	3+001 na Ribnici-ušće u Ibar	3+001-5+144	162
Ibar	Ušće Ribnice-ušće Lopatnice	5+144-28+528	1214
Ibar	0+558 na Lopatnici-ušće Lopatnice u Ibar	28+528-0+558	167

Reka	Deonica	Stacionaža km	Q100 (m ³ /s)
Ibar	Uzvodno Ibar 28+995-ušće Lopatnice	28+995-28+528	1047
Gruža	Ušće Gruže i Zapadne Morave - ušće reke Ribež	0+000-30+317	96
Gruža	Ušće reke Ribež - 0+470 Ribež	30+317-0+470	91
Gruža	Ušće reke Ribež- 35+317 pred ulaz u Knić	30+317-35+317	6
Čemernica	Ušće Čemernice i Zapadne Morave - ušće Dičine	0+000-6+627	142.7
Čemernica	Ušće Dičine - kraj nasipa na reci Čemernici	6+627-7+652	382.7
Dičina	Ušće Dičine u Čemernicu-ušće Despotovice	6+627-7+935	256
Dičina	Ušće Despotovice u Dičinu-ušće reke Lazanjac u Dičinu	7+935-9+981	150
Despotovica	UšćeDespotovice u Dičinu-do kraja nasipa na reci Despotovici	7+935-15+406	147

Merodavni proticaji na dodotocima II reda su dati u narednoj tabeli.

Tabela 4 Merodavni proticaji za stogodišnju vodu

Reka	A	Q100 (m ³ /s)
Pridvornička (Lupnjača)	13.19	60.5
Loznička	5.73	23.8
Atenička	13.03	32.1
Trnavska	6.17	15.7
Karača	10.36	27.7
Ježevačka	23.2	48.6
Lipnička	10.36	28.2
Slatinska	12.08	33.7
Mrsinačka	6.58	18
Veliki potok	8.35	20.5
Bresnica	53.26	94.3
Bukovac	10.63	34.4
Ostrovka	31.85	86.7
Banja	24.26	50.3

4.4. VODOPRIVREDNA OSNOVA I OPERATIVNI PLANOVI

4.4.1. VODOPRIVREDNA OSNOVA REPUBLIKE SRBIJE (VOS)

Regulacioni radovi na Zapadnoj Moravi rađeni su kroz duži period, ali je najveći obim realizovan u periodu 1965-1969. godine na nekoliko odvojenih deonica: kod Stalaća, Mrzenice, Jasike, Trstenika, Miločaja, Goričana, Mrčajevaca, na deonici Loznička reka-Ljubić-Parmenac i kod Dragačeva. Na pritokama Zapadne Morave, regulacioni radovi su izvedeni na Rasini, Musinoj reci, Lozničkoj reci, Čemernici, Despotovici, Đetinji i Skrapežu.

Regulacioni radovi na Ibru i njegovim pritokama Raškoj i Sitnici (sa Prištevkom, Ljuštom i Gadimkom) izvedeni su u novijem periodu. Osim Sitnice, na kojoj su radovi izvršeni u dužini od 65 km, na ostalim vodotocima, su radovi vršeni pretežno radi zaštite obala u naseljima, u zoni mostova i drugih objekata, kao i u zonama ušća. Međutim, na većem broju lokaliteta su građevine i objekti oštećeni, te su i efekti izvedenih radova daleko ispod planiranih.

Postojeći nasipi pored Zapadne Morave nalaze se u zonama Čačka, Kruševca i Trstenika. Globalno se može zaključiti da je stanje zadovoljavajuće, izuzev na lokalitetima duž desne obale u Trsteniku i leve obale u zoni Čačka. Na desnoj obali Ibra, kao i pored Ribnice i Kovačkog potoka izgrađeni su nasipi za zaštitu Kraljeva od pedesetogodišnjih velikih voda. Stanje nasipa je zadovoljavajuće, ali ne i stepen zaštite.

VOS propisuje okvirne kriterijume za rangiranje i usvajanje merodavnih proticaja velikih voda z asisteme zaštite od poplava, koji su prikazani u narednoj tabeli.

Broj stanovnika i karakter dobara na zaštićenom području - kaseti	Prioritet	Povratni period merodavne velike vode (god.)
Preko 50 000 stanovnika	1	min. 200
Od 20 000 do 50 000 stanovnika	1	min. 100
Vrlo veliki i značajni industrijski i drugi privredni objekti	1	min. 100
Od 5 000 do 20 000 stanovnika	2	min. 50
Srednji industrijski i drugi privredni objekti	2	min. 50
Melioracioni sistemi i izvorišta za vodosnabdevanje stanovništva	2	min. 25
Do 5 000 stanovnika	3	min. 25
Mali industrijski i drugi privredni objekti	3	min. 25
Poljoprivredne površine van melioracionih sistema	3	min. 20

4.4.2. OP ODBRANE OD POPLAVA I REDA

Sistem za zaštitu od poplava – zaštitni objekti na vodama I reda i vodni objekti za odvodnjavanje u javnoj svojini koji se nalaze na teritoriji **grada Kruševca**

Sektor	Naziv sektora			
	Opis i dužina sistema za zaštitu od poplava			
Oznake deonice	Opis deonice	Zaštitni vodni objekti na kojima se sprovode mere odbrane od poplava	Kriterijumi za uvođenje mera odbrane od poplava	Štićeno poplavno područje
			Vodomer (R)-RHMZ-a. (L)-lokacija: I-letva, lim-limingraf. d-digitalno i-Tab 1. iv-Tab 2: „0“ –kota nule	Kaseta
	Vodotok			Regulisano područje
	Naziv	1.	VV Mah osmotreni vodostaj (datum)	Čvor
			RO Redovna odbrana-vodostaj i kota	
	Dužina sistema za zaštitu od poplava	2.	VO Vanredna odbrana-vodostaj i kota	Dužina sistema za zaštitu od poplava
			MV Merodavni vodostaj za merodavni Q _ %	
			KV Kritični vodostaj/kota zaštitnog Z sistema	Opština
Vodna jedinica:		„ZAPADNA MORAVA-KUŠEVAC“		
Vode I reda:		Zapadna Morava, Rasina, Gruža		
Sektor-deonica		M.12. – M.12.1., M.12.2., M.12.3., M.12.4., M.15.5. i M.12.6..		
Dužina objekta:		34,21 km		
Brane:		„Čelije“, „Gruža“		
M.12.1.	Zapadna Morava, Rasina kod Kruševca 12.00 km	1. Desni nasip uz Zapadnu Moravu od ušća Rasine do Čitluka. 7.00 km	V Zapadna Morava: Jasika	„Čitluk“
		2. Levi nasip uz Rasinu od ušća u Zapadnu moravu, 3,30 km	VV 498 (17.05.2014.)	Zatvorena
		3. Levi nasip uz Rasinu uzvodno od mosta Kruševac-Galovo, 1,70km	RO 350 142.61	kaseta
			VO 430 143.41	12.00km
			MV Q1%= 1870 m³/s	KRUŠEVAC

M.12.2.	Rasina Brana „Ćelije“	1. Brana sa akumulacijom „Ćelije“ na reci Rasini, desnoj pritoci Zapadne Morave Neprikosnovoni prostor za prijem poplavnog talasa 19.400.000m ³ Ukupni prostor za prijem poplavnog talasa 27.400.00 m ³ (Q _{0,01%}) Evakuacija velikih voda se vrši prema Uputstvima za korišćenje akumulacije, pogon i održavanje opreme	Karakteristične kote 277.00 normalni nivo 282.00 preliv 284.00 maksimalni nivo 285.00 kruna brane	„Ćelije“ KRUŠEVAC
M.12.3.	Rasina u Brusu 0.75 km	1. Regulisano korito Rasine u Brusu, 0.63km sa ** regulisanim koritom Graševačke reke uzvodno od ušća u Rasinu, 0-12km, ukupno 0.75km	RO nivo na 0.5m ispod krune minor korita VO nivo na kruni minor korita uz dalji porast MV Q1%= 157 m ³ /s	„Rasina“ Regulisan o područje 0.75km BRUS
M.12.4.	Zapadna Morava kod Trstenika 11.99km	1. Desni nasip UZ Zapadnu Moravu od ušća Odžačke reke do Trstenika, 8.80km 2. Desni nasip uz Zapadnu Moravu između mostova kod Trstenika, 0.51km	V Zapadna Morava: Trstenik (R); L, IV; „0“ 160.63 VV 520 (16.05.2014.) RO 330 163.63 VO 420 164.83 MV Q1%= 2030 m ³ /s	„Trstenik“ zatvorena kaseta 9.31km TRSTENIK
		3. Levi nasip uz Zapadnu Moravu kroz Trstenik, 2.68km		„Zvezdan“ Regulisano područje 2.68km TRSTENIK

Sistem za zaštitu od poplava – zaštitni objekti na vodama I reda i vodni objekti za odvodnjavanje u javnoj svojini koji se nalaze na teritoriji **grada Kraljeva i Trstenika**

M.12.	KRUŠEVAC – TRSTENIK – KRALJEVO – NOVI PAZAR Zapadna Morava i pritoke: Rasina, Gruža, Ibar i Raška Brane „Ćelije” i „Gruža”		57.44 km		
M.12.5.	Gruža Brana „Gruža”	1. Brana sa akumulacijom „Gruža” na reci Gruži, levoj pritoci Zapadne Morave Prostor za prijem poplavnog talasa 7.700.000m³ Evakuacija velikih voda se vrši prema Elaboratu za održavanje, eksploataciju, upravljanje i odbranu od poplava	Karakteristične kote 269.20 normalni nivo 270.00 preliv 271.30 maksimalni nivo 273.50 kruna brane		„Gruža” KNIĆ
M.12.6.	Zapadna Morava u Adranima kod Kraljeva 6.91 km	1. Desni nasip uz Zapadnu Moravu u Adranima, 1.71 km sa ** levoobalnim uspornim nasipom uz Grdičku reku do železničke pruge, 0.80 km i ** obostranim uspornim nasipima uz Musinu reku, 4.40 km, ukupno 6.91 km	V VV R O V O	Zapadna Morava: Miločaj (R); l, d, i; „0” 194.27 716 (15.05.2014.) 450 198.77 550 199.77	„Adrani” Zatvorena kaseta 6.91 km KRALJEVO
		1. Obaloutvrda i regulisano korito na levoj obali Ibra u Kraljevu uzvodno od mosta 1.80 km, nizvodno od mosta, 0.30 km, sa levim nasipom uz Ibar u	V Ibar: Lopatnica lakat (R); l, d, i; „0” 224.68 528 (19.11.1979.) V V		„Kraljevo” Regulisano područje 3.6 km KRALJEVO

M.12.7.	Ibar	Sijaćem polju od gradske pijace nizvodno, 1.50 km, ukupno 3.60 km	R C V C	*nivo u nožici nasipa *nivo na 1.00 m ispod krune nasipa uz dalji porast	„Ribnica” Zatvorena kaseta 6.92 km KRALJEVO
	kod Kraljeva 10.52 km	2. Desni nasip uz Ibar od ušća Ribnice do visokog terena, 1.14 km i visoki teren 0.20 km (obaloutvrda i regulisano korito Ibra, 0.35 km), sa ** regulisanim koritom Ribnice od ušća u Ibar, 1.70 km, ukupno 3.04 km* 3. Desni nasip uz Ibar od visokog terena do ušća Kovačkog potoka, 1.86 km sa ** desnim nasipom uz Kovački potok od ušća u Ibar, 2.02 km, ukupno 3.88 km*			
M.12.8.	Ibar u zoni izvorišta	1. Desni nasip uz Ibar u zoni izvorišta Žičko polje uzvodno od ušća Kovačkog potoka, 2.50 km sa ** levim nasipom uz Kovački potok od ušća u Ibar, 2.02 km, ukupno 4.52 km	V VV RO VO	Ibar: Lopatnica lakat (R); l, d, i; „0” 224.68 528 (19.11.1979.) nivo na 1.00 m ispod nožice nasipa nivo u nožici nasipa	„Žičko polje” Otvorena kaseta 4.52 km KRALJEVO
	Žičko polje i Konarevo 6.14 km	2. Levi nasip uz Ibar u zoni izvorišta „Konarevo”, 1.62 km	RO VO	nivo u nožici nasipa nivo na 1.00 m ispod krune nasipa uz dalji porast	„Konarevo” Zatvorena kaseta 1.62 km KRALJEVO
		1. Obaloutvrda na	V	Ibar: Lopatnica lakat	

M.12.9.	Ibar u Mataruškoj Banji 1.51 km	levoj obali Ibra, nizvodno od visećeg mosta u Mataruškoj Banji, 0.14 km Obaloutvrda na desnoj obali Ibra u Mataruškoj Banji, 0.67 km sa** regulisanim koritom potoka Pećinac, 0.70 km, ukupno 1.37 km	(R); l, d, i; „0” 224.68 R nivo na 1.50 m ispod krune obaloutvrde O V O nivo na 1.00 m ispod krune obaloutvrde uz dalji porast	„Mataruška Banja” Regulisanopodručje 1.51 km KRALJEVO
---------	---------------------------------------	---	--	---

Sistem za zaštitu od poplava – zaštitni objekti na vodama I reda i vodni objekti za odvodnjavanje u javnoj svojini koji se nalaze na teritoriji **grada Čačka**

Sektor	Naziv sektora			
	Opis i dužina sistema za zaštitu od poplava			
Oznake deonice	Opis deonice	Zaštitni vodni objekti na kojima se sprovode mere odbrane od poplava	Kriterijumi za uvođenje mera odbrane od poplava	Štićeno poplavno područje
	Vodotok		Vodomer (R)-RHMZ-a. (L)-lokacija: I-letva, lim-limingraf. d-digitalno i-Tab 1. iv-Tab 2: „0” –kota nule	Kaseta
	Naziv	1.	VV Mah osmotreni vodostaj (datum)	Regulisano područje
	Dužina sistema za zaštitu od poplava	2.	RO Redovna odbrana-vodostaj i kota	Čvor
			VO Vanredna odbrana-vodostaj i kota	
			MV Merodavni vodostaj za merodavni Q_ %	Dužina sistema za zaštitu od poplava
			KV Kritični vodostaj/kota zaštitnog Z sistema	Opština
Vodna jedinica:		„ZAPADNA MORAVA-ČAČAK”		

Vode I reda:		Zapadna Morava, Čemernica, Kamenica, Despotovica, Bjelica, Crnovrški potok, Skrapež, Đetinja		
Sektor-deonica Dužina objekta:		M.13. – M.13.1., M.13.2., M.13.3., M.13.4., M.13.5., M.13.6., M.13.7., M.13.8., M.13.9., M.13.10. i M.13.11.		
Brane:		62,27 km		
		„Mladost“, „Međuvršje“, „Ovčar Banja“, „Goli kamen“, „Gradska brana“ i „Vrutci“		
M.13.1.	Zapadna Morava, Čemernica, Kamenica kod Čačka 36.35 km	1. Desni nasip uz Zapadnu Moravu kroz Čačak, 5.09 km sa** regulisanim koritima od ušća u Zapadnu Moravu: Ateničke reke 1.44 km, Lozničke reke 2.73 km i Lupnjače 2.20 km, ukupno 11.46 km	V Zapadna Morava: Čačak	„Čačak 1“
			(R): l. d. iv. „0“ 234.04	Zatvorena kaseta
			VV 460 (13.05.1965.)	11.46 km
			RO 350 237.54 VO 450 238.54 MV Q 1% = 1120 m³/s	ČAČAK
		2. Levi nasip uz Zapadnu Moravu od ušća Čemernice do brane „Parmenac“, 12.68 km	V Čemernica: Konjevići	„Čačak 2“
		3. Desni nasip uz Čemernicu od ušća u Zapadnu Moravu do ušća Dučine. 6.30 km		Zatvorena kaseta
		4. Levi nasip uz Čemernicu od ušća u Zapadnu Moravu do Preljine 5.30 km	(L): l. „0“ 229.66	18.98 km
			VV	ČAČAK
			RO 250 232.16	„Baluga“
			VO 400 233.66	Zatvorena kaseta
		5. Regulisano korito Kamenice od ušća u Zapadnu Moravu 0.61 km	V Kamenica: Prijedor RO ispunjeno minor korito uz dalji porast VO nivoa na 0.50 m ispod krune major korita uz dalji porast MV Q 1% = 268 m³/s	Regulisan o područje 0.61 km ČAČAK
M.13.2.	Zapadna Morava Brana „Mladost“	1. Brana „Mladost“ sa segmentnim ustavama na Zapadnoj Moravi u Čačku Upravljanje prema Elaboratu za održavanje, eksploataciju, upravljanje i odbranu od poplava	Karakteristične kote 235.50 krana betonskog praga 238.50 preliv (krana segmentne ustave)	„Mladost“ ČAČAK

M.13.3.	Despotovica kod Gornjeg Milanovca 11.68 km	1. Desni nasip i regulisano korito Despotovice u Gornjem Milanovcu 5.84 km	RO nivo u nožici nasipa VO nivo na 1.00 m ispod krune nasipa uz dalji porast MV Q 1% = 121 m ³ /s	„Gornji Milanovac 1“ Regulisano područje 5.84 km GORNJI MILANOVAC
		2. Levi nasip i regulisano korito Despotovice u Gornjem Milanovcu 5.84 km		„Gornji Milanovac 2“ Regulisano područje 5.84 km GORNJI MILANOVAC
M.13.4.	Zapadna Morava Branja „Međuvršje“	1. Brana sa akumulacijom „Međuvršje“ na Zapadnoj Moravi	Prema Elaboratu za održavanje, eksploataciju, upravljanje i odbranu od poplava	„Međuvršje“ ČAČAK
M.13.5.	Zapadna Morava Branja „Ovčar banja“	1. Brana sa akumulacijom „Ovčar banja“ na Zapadnoj Moravi	Prema Elaboratu za održavanje, eksploataciju, upravljanje i odbranu od poplava	„Ovčar banja“ ČAČAK
M.13.6.	Bjelica kod Lučana i Guče 6,76 km	1. desni nasip Bjelice u zoni Lučana 1.6 km sa mobilnim sistemom u zoni mosta na putu za Guču 0.012 km, zaštitnog zida sa nasipom i obaloutvrdom u zoni fabrike „Milan Blagojević-Namenska“ 0.75 km, ukupno 2.362 km 2. Usporni tunel potoka Spilo 0.25 km 3. Usporeni tunel Lučanskog potoka 0.047 km sa ustavama i CS „Lučani“ 4. Levi nasip Bjelice kroz naselje Čerać 0,91 km sa AB zidovima na sedam lokaliteta	VV 300.50 (07.03.2016.) RO 296.50 VO 298.80 MV Q 1% = 380 m ³ /s KVZ 298.80	„Lučani“ Regulisano područje 3,57 km LUČANI

		5. Regulisano korito Bjelice kroz Guču 3.19 km	RO ispunjeno minor korita uz dalji porast VO nivo na 0.50 m ispod krune major korita uz dalji porast MV Q 1% = 277 m ³ /s	„Guča“ Regulisano područje 3.19 km GUČA
M.13.7.	Crnovrški potok Brana „Goli kamen“	1. Brana sa akumulacijom „Goli kamen“ na Crnovrškom potoku, levoj pritoci Vučkovice (leva pritoka Bjelice) Prostor za prijem poplavnog talasa 100.000 m ³	Karakteristične kote 538.40 preliv/normalni nivo 539.60 preliv (kruna segmentne ustave) 541.00 krana brane	„Goli kamen“ LUČANI
M.13.8.	Skrpež kod Požege 5.48 km	1. Desni nasip uz Skrapež kroz Požegu 2.42 km	RO nivo u nožici nasipa VO nivo na 1.50 m ispod krune nasipa uz dalji porast MV Q 1% = 367 m ³ /s	„Požega 1“ Regulisano područje 2.42 km POŽEGA
		2. Levi nasip uz Skrapež kroz Požegu 3.06 km		„Požega 2“ Regulisano područje 3.06 km POŽEGA
M.13.9.	Đetinja kod Užica 2.00 km	1. Regulisano korito Đetinje kroz Užice 2.00 km	RO nivo u kruni minor korita VO nivo na 1.00 m ispod krune major korita uz dalji porast MV Q 1% = 173 m ³ /s	„Užice“ Regulisano područje 2km
M.13.10	Đetinja Brana „Gradska brana“	1. Brana „Gradska brana“ sa ustavama na Đetinji u Užicu Upravljanje u skladu sa Odlukom o upravljanju objekta Gradske brane na Gradskoj plaži („Sl. list grada Užica“ broj 2/17 od 17. januara 2017. godine), prema kojoj su dve ustave stalno spuštene (fiksne), a ostalih pet su maksimalno	Karakteristične kote 406.00 preliv 408.80 krana ustava	„Gradska brana“

		podignute osim u periodu od 10. maja do 15. oktobra		UŽICE
M.13.11	Đetinja Bran „Vrutci“	1. Brana sa akumulacijom „Vrutci“ na Đetinji desnoj pritoci Zapadne Morave Neprikosnoveni prostor za prijem poplavnog talasa 13.300.000 m ³ Evakuacija velikih voda se vrši prema projektu korišćenja brane i akumulacije vodoprivrednog sistema Vrutci“	Karakteristične kote 621.30 normalni nivo 627.00 preliv 630.00 kruna brane	„Vrutci“ UŽICE

4.4.3. OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA ČAČAK

Zaštitni objekti koji se nalaze na teritoriji grada Čačka na vodama II reda na kojima se sprovodi odbrana od poplava – sektori/deonice, zaštitni vodni objekti, štice, plavna područja i kriterijumi za proglašavanje redovne i vanredne odbrane od poplava od spoljnih voda i leda (po ugledu na Republički operativni plan).

Za koordinaciju odbrane od poplava za teritoriju jedinice lokalne samouprave zadužena je Služba za bezbednost i odbranu, održavanje i pomoćno tehničke poslove i Stručno-operativni tim za zaštitu i spasavanje od poplava koji su nadležni za sprovođenje mera zaštite od poplava. Odbranu od poplava organizuje i sprovodi jedinica lokalne samouprave na svojoj teritoriji, u skladu sa opštim planom, planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama Republičkim operativnim planom i Lokalnim operativnim planom.

U skladu sa Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama, pravna i fizička lica čija je imovina ugrožena poplavama odgovorna su za sprovođenje mera odbrane od poplava u cilju zaštite ugrožene imovine.

Grad Čačak je naručio izradu Studije i operativnog plana za zaštitu od poplava koju je izradio Građevinski fakultet iz Beograda u saradnji sa preduzećem „EHTING“ D.O.O. koja je završena 2012. godine. Na osnovu mišljenja dostavljenog od strane JVP „Srbijavode“ br.07-2024/2 u postupku donošenja Operativnog plana za odbranu od poplava za vode II reda na području grada Čačka kao zaključak navedeni su neophodni elementi kojim je potrebno dopuniti istoimeni plan. S tim u vezi Vodoprivredno preduzeće VDOO „Morava“ je izradila tehničku dokumentaciju sa ciljem da se predmetni plan i studija dopune neophodnim elementima koji su u skladu sa sadržajem lokanog operativnog plana za vode II reda za koje mišljenje izdaje nadležno Javno vodoprivredno preduzeće "Srbijavode". U skladu sa gore navedenim definisan je sadržaj operativnog plana za vode II reda na teritoriji grada Čačka.

Na osnovu Odluke o utvrđivanju popisa voda I reda koje je donela Vlada Republike Srbije 04.11.2010. godine, u vode I reda na teritoriji grada Čačka spadaju: reka Zapadna Morava, Čemernica, Kamenica i Dičina. Sve površinske vode koje nisu utvrđene kao vode I reda smatraju se vodama II reda u koje se na teritoriji grada Čačka svrstavaju Atenička, Banja, Bresnička, Bukovac, Žutaja, Ježevačka,

Karača, Lipnička, Loznička, Lupnjača, Mršinačka, Ostrovska, Slatinska, Trnavska, Rastoka, Veliki potok, Duboki potok i dr. Na teritoriji grada Čačka, Zapadna Morava je na četiri mesta pregrađena branama iza kojih su formirana veštačka jezera: jezero Međuvršje, Ovčarsko - Kablarsko jezero, jezero Parmenac, jezero u samom gradu izgrađeno je u okviru Sportskog Centra "Mladost".

Lokalni vodni objekti i hidrološke karakteristike (Računske kiše).

Kao osnov za određivanje merodavnih računskih kiša za razmatrane slivne površine korišćene su zavisnosti visina kiše – trajanje kiše – povratni period (HTP) za stanicu Požega i visine dnevnih kiša na devet padavinskih stanica.

Tabela 5 Računske kiše kratkog trajanja na glavnoj meteorološkoj stanici Požega

Trajanje kiše (min)	Verovatnoća prevazilaženja		
	5%	2%	1%
	Visina kiše (mm)		
60	42.5	53.1	61.8
120	49.0	60.7	70.4
180	52.6	65.0	75.3
360	57.1	69.9	80.5
720	60.2	72.8	83.4
1440	69.8	85.0	97.8

Tabela 6 Podaci o padavinama sa merodavnih meteoroloških stanica

Padavinska stanica		Verovatnoća prevazilaženja		
		5%	2%	1%
		Visina kiše (mm)		
K1	Rudnik	83.7	96.2	105.7
K2	Ljutice	74.0	89.9	103.2
K3	Koštunići	72.2	82.7	90.6
K4	G. Dobrinja	72.3	86.8	98.8
K5	Požega*	71.2	84.1	92.7
K6	Guča	82.0	99.7	114.4
K7	Katrga	61.1	72.1	81.2
K8	Vrdila	77.2	93.0	105.3
K9	Kraljevo	78.7	93.1	103.8

Najvažnije i najduže leve pritoke Zapadne Morave su: Bresnička reka (17 km), Ostrovačka reka (14 km) itd. Sa desne strane u Zapadnu Moravu se ulivaju reke čija se izvorišta nalaze na obroncima Ovčara i Jelice, a najduže su: Ježevička reka (13 km), Atenička reka (5 km), Trnavska reka (6 km), Slatinska reka (10 km) itd.

Tabela 7 Spisak većih reka i potoka na teritoriji grada Čačka sa karakteristikama

Redni broj	Reka/Potok	Profil	Položaj toka	Površina sliva	Dužina L (km)
1.	Moravište	Zapadna Morava	desna	22,0	13,6
2.	Duboki	Zapadna Morava	desna	20.9	11,5
3.	Slatinska	Zapadna Morava	desna	13,9	11,5

Redni broj	Reka/Potok	Profil	Položaj toka	Površina sliva	Dužina L (km)
4.	Lipnička	Zapadna Morava	desna	19,7	12,9
5.	Ježevačka	Zapadna Morava	desna	27,9	14,0
6.	Karača	Zapadna Morava	desna	19,8	11,1
7.	Trnavska	Zapadna Morava	desna	13,3	9,74
8.	Atenička	Zapadna Morava	desna	16,3	10,3
9.	Loznička	Zapadna Morava	desna	7,88	7,87
10.	Pridvorica	Zapadna Morava	desna	13,7	7,88
11.	Parmenac	Zapadna Morava	desna	3,32	3,66
12.	Vinogradina	Zapadna Morava	desna	2,39	3,56
13.	Grahorište	Zapadna Morava	desna	2,79	2,34
14.	Vinogradina	Zapadna Morava	desna	1,97	3,45
15.	Kamenica	Zapadna Morava	leva	214	53,3
16.	Asanovac	Zapadna Morava	leva	3,98	3,83
17.	Vrnčanska	Zapadna Morava	leva	14,3	8,48
18.	Papратишка	Zapadna Morava	leva	14,1	9,33
19.	Kamenica	Zapadna Morava	leva	179	39,7
20.	Čemernica	Zapadna Morava	leva	626	56,1
21.	Dičina	Čemernice	leva	212	41,6
22.	Banja	Zapadna Morava	leva	26,3	14,3
23.	Ostrovka	Zapadna Morava	leva	31,8	15,0
24.	Žujevac	Zapadna Morava	leva	78,9	20,7
25.	Bresnica	Zapadna Morava	leva	53,3	7,87

Na osnovu izvršenih hidroloških analiza u domenu parametarske hidrologije prikazani su proticaji značajnijih vodotokova na teritoriji grada Čačka.

Tabela 8_Proticaj značajnih vodotokova dobijenih na osnovu analiza parametarske hidrologije

Sliv		Reka	A (km ²)	Verovatnoća prevazilaženja		
				5%	2%	1%
				Q (m ³ /s)		
1.	S02	Jezdinska (Lupnjača)	13.19	33.0	47.3	60.5
2.	S01	Loznička	5.73	13.2	18.7	23.8
3.	S03	Atenička	13.03	16.9	24.5	32.1
4.	S04	Trnavska	6.17	8.3	12.0	15.7
5.	S05	Karača	10.36	14.7	21.3	27.7
6.	S06	Ježevačka	23.20	24.8	36.6	48.6
7.	S07	Lipnička	10.36	15.2	21.8	28.2
8.	S08	Slatinska	12.08	18.3	26.1	33.7
9.	S09	Mrsinačka	6.58	9.9	14.0	18.0
10.	S18	Mrsačka	61.06	60.0	86.7	112
11.	S19	Veliki potok	8.35	11.1	15.9	20.5
12.	S16	Gradinac	9.58	15.1	21.5	27.5
13.	S17	Lađevačka	15.76	23.8	34.1	44.1
14.	S20	Bresnica	53.26	51.4	73.1	94.3
15.	S11	Bukovac	10.63	19.2	27.0	34.4
16.	S12	Ostrovka	31.85	46.9	67.1	86.7
17.	S13	Banja	24.26	26.2	38.2	50.3
18.	S15	Kamenica/Prijevor (h.s.)*	202.44	148	199	242
19.	S14	Čemernica/Preljina(h.s.)*	611.34	199	270	337

4.4.4. OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA KRALJEVO

Odredbama Zakona o vodama („Sl. glasnik RS“ br 30/2010, „Sl. glasnik RS“ br 93/12) izvršena je podela površinskih voda prema značaju koje imaju za upravljanje vodama na vode I reda i vode II reda na osnovu utvrđenih kriterijuma:

- položaja vodotoka u odnosu na državnu granicu
- veličine i karakteristike sliva
- karakteristike vodotoka sa aspekta korišćenja voda, zaštite voda i zaštite od voda.

Odlukom Vlade Republike Srbije od 04. novembra 2010. godine utvrđen je popis prirodnih i veštačkih vodotoka koji su kategorisani kao vodotoci, odnosno vode I reda. Svi ostali vodotoci koji nisu obuhvaćeni Odlukom o popisu voda I reda smatraju se kao vodotoci – vode II reda.

Odbranu od poplava organizuje i sprovodi na vodama I reda u javnoj svojini javno vodoprivredno preduzeće (u ovom slučaju JVP „Srbijavode“), a na vodama II reda jedinica lokalne samouprave (u ovom slučaju grad Kraljevo), u skladu sa Opštim planom za odbranu od poplava i Operativnim planom za odbranu od poplava.

Obzirom da je zakonskom regulativom izvršena podela i nadležnost u pogledu organizovanja i sprovođenja odbrane od poplava na republiku Srbiju i jedinice lokalne samouprave u skladu sa Odlukom o popisu voda I reda, to će se ovim Operativnim planom izvršiti razgraničenje na vodotoke I i II reda na teritoriji grada Kraljeva, a Operativnim planom u smislu organizovanja i sprovođenja odbrane od poplava, biće obuhvaćeni samo vodotoci II reda.

Ovim planom obuhvataju se sledeći vodotoci II reda koji su od značaja za odbranu od poplava:

Vodotoci II reda koji su od značaja za odbranu od poplava

- | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1. Beli potok | 14. Kamenac potok | 27. Petrevačka reka |
| 2. Buban potok | 15. Klinac potok | 28. Pećinac reka |
| 3. Velika reka | 16. Kovački potok | 29. Pivnica reka |
| 4. Glavčanski potok | 17. Kolanj potok | 30. Ratinska reka |
| 5. Gradinac potok | 18. Kolevački potok | 31. Ribnica reka |
| 6. Drlupska reka | 19. Lojanički potok | 32. Samarovački potok |
| 7. Duboki potok | 20. Lopatnica reka | 33. Samilska reka |
| 8. Dubočica reka | 21. Lučica reka | 34. Sirčanski potok |
| 9. Želebić reka | 22. Milijevac potok | 35. Staroselac potok |
| 10. Žička reka | 23. Makva potok | 36. Stubalska reka |
| 11. Žakutska reka | 24. Mujinac potok | 37. Tovarnica reka |
| 12. Čađavac | 25. Musina reka | 38. Tolišnica reka |
| 13. Ječmenica potok | 26. Pačarša reka | |

Tabela 9 spisak odabranih bujičnih slivova i vodotokova II reda na teritoriji Grada Kraljeva

Redni broj	Vodotok	Površina sliva A (km ²)	Izlazni profil
1.	DUBOKI POTOK	2.24	Ušće u Zapadnu Moravu
2.	LUČICA	6.42	Ušće u Zapadnu Moravu
3.	STUBALSKA	13.18	Ušće u Zapadnu Moravu
4.	MILIJEVAC	1.15	Ušće u Zapadnu Moravu
5.	STAROSELAC	6.4	Ušće u Zapadnu Moravu
6.	VELIKA REKA	112.3	Ušće u Zapadnu Moravu
7.	GODAČICA	54.25	Kod Godačice
8.	GLEDIČKA	22.82	Kod mesta Gledić
9.	ZAKUTSKA	5.19	Kod mesta Zakuta, pre ulivanja u Gružu
10.	DRLUPSKA (cela)	13.82	Ispod Petropolja, malo pre ušća sa Gružom
11.	DRLUPSKA (deo)	3.7	Kod ušća sa Staroselcom

Redni broj	Vodotok	Površina sliva A (km ²)	Izlazni profil
12.	MUJINAC (+Lazovac)	3.15	Ušće u Gružu
13.	SIRČANSKA	19.28	Ušće u Zapadnu Moravu
14.	MADŽARSKI	1.7	Ušće u Zapadnu Moravu
15.	BINIČSKI	3.38	Ušće u Zapadnu Moravu
16.	RISTIĆA POTOK	2.21	Ušće u Zapadnu Moravu
17.	MATOVIĆA	1.4	Ušće u Zapadnu Moravu
18.	VIŠNJEVAC	4.49	Ušće u Zapadnu Moravu
19.	GRADINAC	11.6	Ušće u Zapadnu Moravu
20.	CVETAČKI	5.37	Ušće sa Lađevačkim potokom
21.	LAĐEVAČKI	5.1	Ušće sa Cvetačkim potokom
22.	BAJOVAC	17.76	Selo Poljci, posle ušća sa Lađevačkom rekam
23.	RATINSKA	10.78	Put kroz. mesto Ratina
24.	RIBNICA	114	Ušće u Ibar
25.	KOVAČKI POTOK	13.17	Ušće u Ibar
26.	ŽIČKA	18.31	Ušće u Ibar
27.	PEĆINAC	6.05	Ušće u Ibar
28.	ŠAMAROVAC	2.71	Ušće u Ibar
29.	MUSINA REKA	60.81	Ušće u Zapadnu Moravu
30.	MRSAČKA	65.43	Ušće u Zapadnu Moravu
31.	SAMAILSKA	57.26	Kod mesta Samaila
32.	MORAVIŠTE	22.46	Ušće u Zapadnu Moravu
33.	LOPATNICA	115	Ušće u Ibar
34.	PIVNICA	5.52	Ušće u Ibar
35.	BELI POTOK	1.67	Ušće u Ibar
36.	LOGORSKI POTOK	1.79	Ušće u Ibar
37.	DUBOČICA	50.61	Ušće u Ibar
38.	KOLANj	10.68	Ušće u Ibar
39.	JEČMENICA	3.05	Ušće u Ibar
40.	KOLJEVAČKI	1.16	Ušće u Ibar (iznad Pačarše)
41.	PAČARŠA	5.79	Ušće u Ibar
42.	ŽELEBIĆ	15.45	Ušće u Ibar
43.	STUDENICA (cela)	573.4	Ušće u Ibar
44.	STUDENICA (deo)	463	Profil manastira
45.	PETROVAČKA	7.54	Ušće u Ibar
46.	TOVARNICA	21.34	Ušće u Zapadnu Moravu
47.	GOKČANICA	77.58	Ušće u Ibar

Tabela 10 dominantne fizičko - geografske karakteristike odabranih bujičnih slivova i vodotokova II reda na teritoriji Grada Kraljeva

Redni broj	Vodotok	Dužina sliva po glavnom toku L(km)	Lc(km)	Apsolutni nagib rečnog korita Ia(%)	Uravnati pad rečnog korita Iu(%)
1.	DUBOKI POTOK	2.53	1.31	13.04	9.72
2.	LUČICA	6.39	3.46	9.62	5.98
3.	STUBALSKA	9.35	4.11	5.64	3.58

Redni broj	Vodotok	Dužina sliva po glavnom toku L(km)	Lc(km)	Apsolutni nagib rečnog korita Ia(%)	Uravnati pad rečnog korita Iu(%)
4.	MILIJEVAC	2.6	1.18	6.08	5.23
5.	STAROSELAC	6.13	2.26	5.45	2.69
6.	VELIKA REKA	23.12	10.77	2.32	1.07
7.	GODAČICA	12.57	6.3	3.52	2.88
8.	GLEDIČKA	6.56	3.03	4.98	2.4
9.	ZAKUTSKA	3.98	2.31	11.23	7.39
10.	DRLUPSKA (cela)	5.41	1.83	3.75	2.39
11.	DRLUPSKA (deo)	2.36	0.69	6.14	3.93
12.	MUJINAC (+Lazovac)	4.61	2.50	5.25	3.26
13.	SIRČANSKA	10.11	4.9	4.06	3
14.	MADŽARSKI	3.03	1.47	5.78	3.4
15.	BINIČSKI	4.51	2.36	8.38	5.28
16.	RISTIĆA POTOK	3.65	2.02	7.73	5.92
17.	MATOVIĆA	3.75	1.74	8.53	6.37
18.	VIŠNJEVAC	5.34	3.17	6.87	3.69
19.	GRADINAC	10.18	4.94	4.97	3.15
20.	CVETAČKI	7.12	3.64	5.01	3.45
21.	LAĐEVAČKI	6.81	4.05	6.45	3.05
22.	BAJOVAC	10.73	5.96	4.59	2.15
23.	RATINSKA	8.03	4.67	5.72	2.52
24.	RIBNICA	26.33	10.73	3.22	1.7
25.	KOVAČKI POTOK	8.1	3.79	5.11	1.93
26.	ŽIČKA	10.31	5.24	5.16	2.43
27.	PEĆINAC	4.89	2.2	10.29	6.03
28.	ŠAMAROVAC	3.64	2	3.76	2.58
29.	MUSINA REKA	27.82	15.54	2.23	0.79
30.	MRSAČKA	24.22	12.33	2.47	1.07
31.	SAMAILSKA	18.42	8.09	3.08	1.46
32.	MORAVIŠTE	14.26	8.18	1.04	0.55
33.	LOPATNICA	28.34	18.64	4.24	2
34.	PIVNICA	5.38	2.54	16.73	12.17
35.	BELI POTOK	2.67	1.26	21.46	18.35
36.	LOGORSKI POTOK	2.19	0.84	17.35	16.48
37.	DUBOČICA	15.72	6.12	7.99	5.35
38.	KOLANj	7.05	4.5	14.75	11.82
39.	JEČMENICA	4.66	1.86	16.97	16.93
40.	KOLJEVAČKI	2.39	1.28	28.3	28.39
41.	PAČARŠA	4.61	2.66	17.84	18.38
42.	ŽELEBIĆ	10.65	3.83	9.18	8.99
43.	STUDENICA (cela)	61.65	38.59	2.11	1.39
44.	STUDENICA (deo)	47.3	25.1	2.6	1.7
45.	PETROVAČKA	6.44	2.89	3.59	2.84
46.	TOVARNICA	11.51	5.46	5.24	2.28
47.	GOKČANICA	16.74	5.86	8.33	5.06

Teritorija grada Kraljeva ima ravničarski karakter u dolini Zapadne Morave i donjem delu sliva reke Gruže. Veći deo gradske teritorije pripada brdskom i planinskom području, a apsolutne kote terena imaju raspon od 172mm (metara nad

morem) do 1784 mm. Na prostoru veličine 1531.79 km^2 registrovano je nekoliko desetina vodotokova, izrazito bujičnog karaktera, koji uglavnom nastaju na planinama u bliskom okruženju Kraljeva: Kotleniku, Gledićkim planinama, Goču, Ravnoj planini, Željenu, Čemernom, Troglavu. Dominantni recipijenti bujičnih vodotokova su Zapadna Morava, Ibar i u manjoj meri reka Gruža. Na nižim delovima teritorije grada locirana su brojna naselja i sela, često u plavnim zonama bujičnih vodotokova, koji su u prošlosti prouzrokovali velike materijalne štete, a na žalost i ljudske žrtve. Pored vodotokova su trasirani i brojni lokalni putevi, infrastrukturni sistemi, rezidencijalni i proizvodni objekti, tako da svaka pojava destruktivne bujične poplave ima i značajne negativne efekte na lokalnu ekonomiju.

Posebno je ugrožen regionalni putni pravac Kraljevo-Raška gde brojne bujice u zoni Ibarske klisure izazivaju česte prekide saobraćaja. Na teritoriji grada Kraljeva ima oko 300 kilometara lokalnih puteva, pored kojih se koristi i veoma gusta mreža nekategorisanih, šumskih puteva. Brojne deonice lokalnih i nekategorisanih puteva se nalaze u veoma lošem stanju, što je posledica nekvalitetne gradnje, prekomernog opterećenja i veoma često, nedostataka evakuacionih organa za površinsku vodu (propusti i odvodni kanali). Nekontrolisano kretanje vode po kolovozu prouzrokovalo je brojna oštećenja u vidu brazda, manjih jaruga ili lokalnih klizišta.

Brojni proticajni profili mostova na vodotokovima II reda su delimično zapunjeni nanosom, granjem ili otpadom, tako da je drastično smanjen njihov potencijal za bezbedno sprovođenje bujičnih voda. Pojavom velikih voda dolazi do pokretanja materijala u rečnim i potočnim koritima, zadržavanja u zoni mostova, formiranja barijera, izlivanja na uzvodnim deonicama, potkopavanja temelja mostovskih stubova a ponekad i njihovog rušenja. Neophodno je obaviti detaljan pregled svih mostova, proceniti rizik i obim radova za stvaranje povoljnih hidrauličkih uslova (čišćenje od nanosa, sečenje i uklanjanje drveća, sanaciji obezbeđenje korita u zoni mosta i dr.).

Problem predstavljaju i brojne deonice korita bujičnih vodotokova gde je uočljiva značajna redukcija propusne moći usled: deponovanja komunalnog otpada; oštećenja regulisanih deonica; zasipanja profila nanosom; obrastanja vegetacijom; nelegalne gradnje u zoni korita.

Predmet analiza u Operativnom Planu su slivovi vodotokova koji su u prošlosti bili izloženi bujičnim poplavama, kao i oni sa evidentnim potencijalom za formiranje ekstremnih hidroloških epizoda.

4.4.5. OP ODBRANE OD POPLAVA VODE II REDA VRNJAČKA BANJA

Područje Vrnjačke Banje bogato je vodnim resursima. Mreža je razgranata, njena gustina se kreće u granicama $G=1.05-2.2.01 \text{ km/km}^2$. Obuhvata preko 60 izvorišta sa prosečnom godišnjom izdanošću od 0.2 do 2.32 lit/sek. Osnovu hidrografske mreže na teritoriji opštine čine vodotokovi I i II reda. U vodotoke I reda kategorisan je vodotok Zapadne Morave, a u vodotokove II reda pripadaju Gračačka, Novoselska, Vrnjačka, Lipovačka i Popinska reka koje gravitiraju slivovima Zapadne Morave, Ibra i Rasine, a od podzemnih voda to su izdani i izvori (koji služe za vodosnabdevanje).

Na teritoriji opštine Vrnjačka Banja, u skladu sa članom 55. stav 5. Zakona o vodama („Sl.glasnik“, br.30/2010 i 93/12), odbrana od poplava za vode II reda, predviđena je za sledeće vodotokove:

Tabela 11 maksimalnih proticaja za obrađene slivove na području Vrnjačke Banje

Red. broj	Vodotok	Površina sliva (km ²)	Dužina toka (km)	Maks. proticaj Q1% (m ³ /s)
1.	Veselički potok	4,1	7,29	10,53
2.	Podunavačka	10,9	8,94	28,33
3.	Gračačka reka	30	14,4	103,33
4.	Novoselska reka	48,5	15,07	130,00
5.	Duboki potok	4,4	8,29	11,66
6.	Vrnjačka reka	38,2	13,83	137,70
7.	Lipovačka reka	6,3	6,34	32,67
8.	Vrnjačka reka krak	19,6	9,28	86,00
9.	Lip + Vrnjačka (profil)	25,9	9,28	114,12
10.	Kamenička reka	10	8,35	52,35
11.	Sitrovica	10,6	5,23	30,5
12.	Stublička reka	10,9	6,37	60,60
13.	Kriviča	23	6,4	63,57
14.	Gočka Zagrža	1,6	12,42	105,30
15.	Garešnica reka	2,5	2,6	13,83
16.	Burmaska reka	13,2	3,09	22,25
17.	Gvozdačka reka	9,2	5,989	72,30
18.	Tovarnica		5,89	50,88

Najvažniji geomorfološki faktor koji utiče na genezu velikih voda je pad rečnog sliva gde na teritoriji Opštine, pad sliva dostiže skoro 80 %.

Većina bujičnih vodotokova na području Vrnjačke Banje ima razvijene rečne doline u donjem i delu srednjeg toka. Dužine i širine rečnih dolina su promenljive, u zavisnosti od geomorfoloških i geoloških uslova. Osnovni uzrok poplava na području Vrnjačke Banje je što u većini bujičnih vodotokova, dimenzije korita su minimalne – sa širinom u nivou obala od 2 – 4 m i maksimalnom dubinom od 1 -2 m, što uzrokuje da dimenzije rečnog korita i njegova propusna moć, nisu u saglasnosti sa proticajima velikih voda.

Na svim navedenim vodotocima postoji realna opasnost od naglog nadolaska bujičnih voda i plavljenja naselja, poljoprivrednih površina, putne i komunalne infrastrukture. Za sagledavanje stepena ugroženosti ovog područja od štetnog dejstva voda, od posebnog je značaja poznavanje:

- prirodnih hidrografskih karakteristika područja (hidrološke karakteristike dominantnih vodotoka i pritoka sa podacima o izgrađenim zaštitnim sistemima i o dispoziciji potencijalno ugroženih dobara u odnosu na vodotoke).
- problematike zaštite dobara u priobalju uređenih i neuređenih vodotoka.

Slivovi pritoka Zapadne Morave su specifični po gustoj mreži pritoka, sa niskim i nestabilnim obalama, plavnim dolinama i zasutim koritima, sa niskim vodostajem u letnjim i velikim ili srednjim vodama u jesenjim i prolećnim mesecima. Mogućnosti koje pružaju ovi vodotoci su skromne i nedovoljno iskorišćene.

Karakteristike ovih vodotokova nameću potrebu za stalnom odbranom od poplava, uređenjem bujičnih vodotoka i iznalaženje načina korišćenja vode za navodnjavanje u poljoprivredi.

U zaštiti od poplava na malim vodotocima na teritoriji Opštine Vrnjačka Banja primenjivani su različiti tipovi objekata u cilju zaštite naseljenih mesta, industrijskih postrojenja, saobraćajnica i poljoprivrednog zemljišta. Zavisno od sadržaja branjenog područja, tipovi objekata pasivne zaštite su bili: klasični odbrambeni objekti (nasipi), regulacija "gradskog" tipa kroz veća naselja ili "poljskog" tipa, za zaštitu poljoprivrednog zemljišta. Profil vodotoka, često sa obostranim odbrambenim nasipima, tako je dimenzionisan da bez izlivanja može da propusti merodavnu, najčešće stogodišnju veliku vodu. Samo su na nekim vodotocima, u čijem priobalju se nalazi poljoprivredno zemljište, rečna korita sa obostranim nasipima dimenzionisana za prihvatanje velike vode manjeg povratnog perioda.

Objekti za aktivnu zaštitu od poplava su slabo zastupljeni i uglavnom su locirani u gornjim delovima toka malih vodotoka. Postojeće stanje zaštite u dolinama malih vodotoka ne može se smatrati zadovoljavajućim, prvenstveno zato što su izvedeni radovi na vodotocima najčešće lokalnog karaktera (nema "zatvorenih" linija odbrane tako da do poplava dolazi iz zaleđa), dok uređenja slivnih površina u novijem periodu skoro da nisu ni vršena. Pored toga, na nekim regulisanim deonicama vodotoka stepen zaštite je umanjen zbog neadekvatnog održavanja.

4.5. HIDROLOŠKA MREŽA

Hidrološka mreža analiziranog područja oformljena je na osnovu podataka dobijenih iz Operativnih planova odbrane od poplava II reda i Operativnog plana za odbranu od poplava za 2020. godinu.

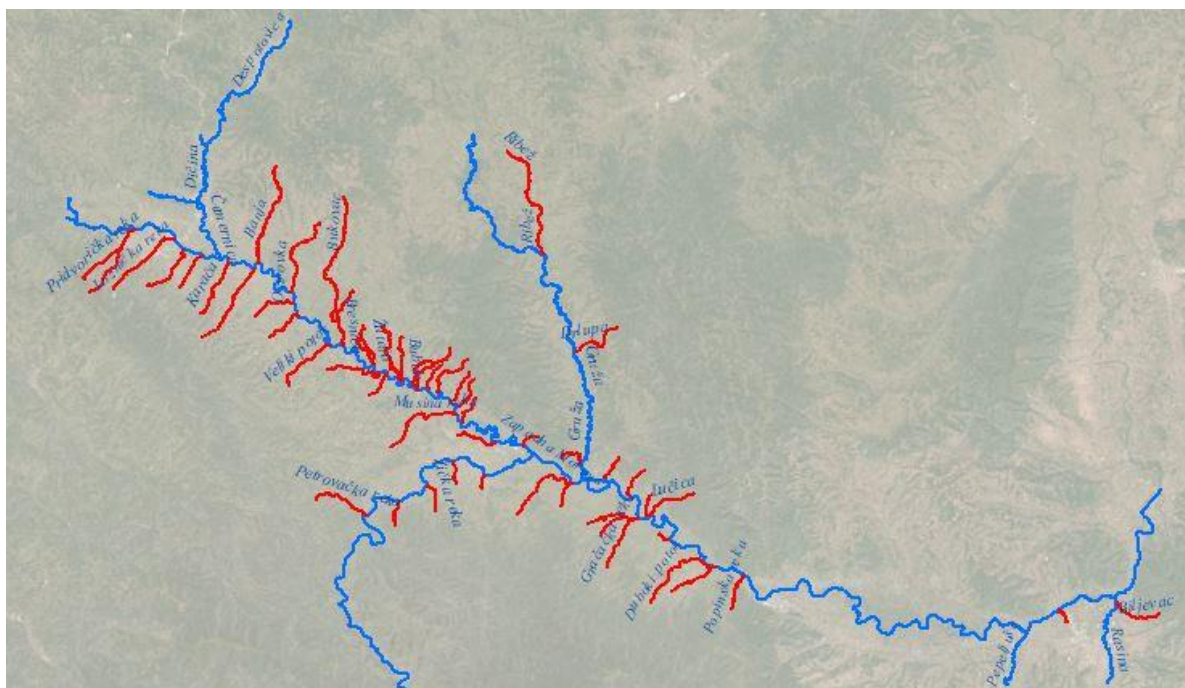
Velike poplave i značajne štete mogu se javiti pri izlivanju Zapadne Morave i njenih pritoka iz svog korita na područje opština lociranih na njihovim obalama. Osobenost ovih poplavnih talasa je mogućnost blagovremene prognoze i najave neposredno pred pojavu. Rang šteta u uslovima pojave ovakvih poplavnih talasa može biti i katastrofalan.

Takođe, značajne poplave i štete mogu se desiti pri izlivanju iz neuređenih korita bujičnih tokova – u slivu reke Zapadne Morave.

Ovakve poplave formiraju opasan i destruktivan plavni talas, koji sa sobom nosi mulj, kamenje, granje i otpad. Rizik od ovih poplava uslovljen je intezitetom i trajanjem bujičnih kiša na slivu i propusnom moći korita. Osobenost ovih poplavnih talasa je velika brzina koncentracije i brza pojava. Rang šteta je pri tome direktno uslovljen i blizinom vrednih dobara, pa je zbog toga opasnost od poplava veća u priobalju pritoka koja protiču kroz naselje. U zoni ušća pritoka u matičnu reku, rizik od poplava je uslovljen vodostajem u matičnoj reci i stanjem korita u zoni ušća. Poplave priobalja ovih tokova uzvodno od ušća su neminovna i pri manjim dotocima.

Kao što je napomenuto u uvodnom delu, ova analiza ne obuhvata ceo tok Zapadne morave. Analiza pokriva oblast 730m od ušća reke Kamenice u Zapadnu Moravu do sastava Zapadne i Južne Morave – na mestu gde se završava zaštitni nasip. Odluka da se posmatra ova deonica sliva je donešena na osnovu analize Operativnih planova odbrane od poplava i već postojećih vodozaštitnih objekata na slivu, kao i konfiguracije terena i analize elemenata ugroženosti. Procenjeno je da bi deonica Zapadne Morave nizvodno od ušća sa rekom Kamenicom imala veće koristi od sistema mobilnih brana. Na ovoj deonici se nalaze mesta Čačak, Kraljevo, Vrnjačka Banja i Trstenik. U obuhvatu analize takođe se nalaze i vodotoci reke Ibar (u dužini od 26km, deonice koje prolaze kroz Kraljevo i Matarušku Banju) kao i vodotoci reka Gruža (deonica do brane i akumulacije Gruža) i Čemernica (sa pritokom Dičinom i njenom pritokom Despotovicom). Takođe su analizirani i vodotoci II reda koji se ulivaju u Zapadnu Moravu u Čačku i u okolini Čačka. Vodotoci II reda u Vrnjačkoj Banji su bujičnog karaktera i ovakav vid odbrane od poplave (mobilnim sistemima) nije primeren za ovakav tip poplava. Iz ovog razloga ovi vodotoci nisu analizirani. Ove oblasti i deonice su prepoznate kao oblasti od značaja takođe na osnovu analiziranih Operativnih planova i već postojećih vodozaštitnih objekata na ovim lokacijama i na osnovu konfiguracije terena (odnosno topografije).

Hidrografska mreža analiziranog područja je sastavljena od vodotokova I reda koji se ulivaju u Zapadnu Moravu, a koji su posebno naznačeni kao vodotoci od značaja u opštinskim Operativnim planovima odbrane od poplava. Naredna slika prikazuje pritoke Zapadne Morave I reda (plava boja) i II reda (crvena boja).



Slika 6 Vodotoci I i II reda na analiziranom delu sliva Zapadne Morave

Naredna tabela prikazuje spisak reka I i II reda koje se nalaze na analiziranom delu sliva Zapadne Morave. Tamnijim nijansama su označene reke koje su ušle u analizu u ovoj studiji.

Naziv reke	Red	Dužina (m)
Pepeljuša	I	6768.539
Zapadna Morava	I	153584.8
Rasina	I	9498.436
Gruža	I	54004.76
Ibar	I	96788.51
Čemernica	I	13062.72
Dičina	I	10201.96
Despotovica	I	16724.96
Kamenica	I	2523.323
Velika reka	II	5897.295
Bresnica	II	8898.898
Moravište	II	12126.85
Ostrovka	II	17170.67
Slatinska reka	II	4016.636
Banja	II	10763.48
Trnavska reka	II	6213.033
Karača	II	6157.682
Ježevička reka	II	8238.407
Lipnička reka	II	4653.004

Naziv reke	Red	Dužina (m)
Revenica	II	572.0838
Pridvorička reka	II	13182.17
Jezdinska reka	II	10230.45
Atenička reka	II	10730.76
Loznička reka	II	14428.03
Mrsnačka reka	II	5568.176
Duboki potok	II	10449.33
Veliki potok	II	5298.204
Gradinac	II	19203.48
Bukovac	II	13389.91
Lučica	II	4883.691
Stubalska reka	II	2265.184
Staroselac	II	3462.505
Lazovac	II	1817.271
Mujinac	II	779.2029
Mađarski potok	II	2761.988
Ristića potok	II	3528.127
Višnjevac	II	5009.399
Buban	II	4487.616
Lađevačka reka	II	6725.861
Ratinska reka	II	7391.573
Ribnica	II	1226.385
Kovački potok	II	2127.785
Žička reka	II	2890.31
Pećinac	II	2405.745
Musina reka	II	8727.595
Binićski potok	II	3737.361
Petrovačka reka	II	6052.545
Tovarnica	II	2400.185
Veselicki potok	II	3583.788
Gračačka reka	II	6116.908
Podunavska reka	II	3738.874
Novoselska reka	II	1269.065
Vrnjačka reka	II	5378.677
Popinska reka	II	3446.584
Žutaja	II	5178.299
Bezimeni potok 2	II	2601.453
Bezimeni potok 1	II	2720.027
Biljevac	II	4671.874
Vučački potok	II	1489.092

Naziv reke	Red	Dužina (m)
Jošanica	II	5089.264
Izbička reka	II	1432.11
Deževska reka	II	4302.104
Tušimska reka	II	1274.287
Sebečevska reka	II	10994.85
Ribež	II	12744.28
Kapetanuša	II	251.9121
Drlupa	II	2884.412
Čelijan	II	267.1239
Drlupski potok	II	2235.991

4.6. POSTOJEĆA DOKUMENTACIJA

4.6.1. SOFPAS PROJEKAT - Study of Flood Prone Areas in Serbia iz 2012. godine

U okviru ovog Projekta pripremljene su karte hazarda – karte plavnih zona i karte rizika od poplave za područja slivova: Dunava, Velike Morave, Zapadne Morave i Južne Morave. Mape poplava zasnovane na geo-informacionom sistemu i uvrštene su u informacioni sistem upravljanja vodama (WMIS) i u regionalni i lokalni prostorni plan. Ove karte bi trebale služiti kao sredstvo za zaštitu od poplava i prostornog planiranja na području projekta u narednim godinama, kao i model za ostale slivove reka u Republici Srbiji.

Od interesa za ovu analizu su delovi projekta vezani za sliv Zapadne Morave. U sklopu projekta je analiziran celokupni glavni tok Zapadne morave i tokovi nekih od njenih najvećih pritoka. Analizirani su vodotoci: Ibra, Moravice, Velikog Rzava, Đetinje, Čemernice i Skrapeža.

Sliv reke Ibar je sam po sebi posebna hidrografska i geomorfološka celina u okviru slivnog područja Zapadne Morave i nije ceo obrađen već samo najnižvodniji deo toka, u dužini od 21 km.

Duz tokova Dunava, Velike Morave, Zapadne Morave i Južne Morave su izrađene karte rizika od poplava. One nisu odrađene i za pritoke ovih velikih teka. Za pritoke su odrađeni hidraulički proračuni za stogodišnje i hiljadugodišnje vode, čiji rezultati su služili za izradu karti poplava i karti rizika gorepomenutih velikih reka.

4.6.2. GENERALNI PROJEKAT UREĐENJA ZAPADNE MORAVE – Institut Jaroslav Černi (iz 2008. godine)

Ovaj projekat je koncentrisan na analizu postojećeg stanja i davanja rešenja za uređenje celokupnog toka Zapadne Morave.

U projektu se navodi da na Zapadnoj Moravi su značajne sve tri vodoprivredne kategorije - zaštita od voda, zaštita voda i korišćenje voda. Dosadašnjim radovima na odbrani od voda nije ostvaren isti stepen zaštite duž vodotoka, jer nije izgrađen kontinualni odbrambeni sistem na celom toku Zapadne Morave. Postoji više deonica vodotoka bez odbrambenih nasipa, na kojima dolazi do povremenog izlivanja velikih voda. S druge strane, na zaštiti kvaliteta voda je do sada vrlo malo urađeno, iako duž vodotoka ima značajnih industrijskih zagađivača, u zonama većih naselja.

Za potrebe ovog projekta izrađen je hidraulički model Zapadne Morave. Ovaj model, odnosno ulazni hidrološki podaci (proticaji na karakterističnim deonicama), koeficijenti hrapavosti rečnog korita i inudacije kao i poprečni preseki sa karakterističnim protocima.

4.7. KATASTAR

Korišćene su granice katastarskih opština i granice naselja kroz koje prolaze Zapadna Morava i njene pritoke obrađene ovom analizom. Takođe, korišćena je i baza legalizovanih objekata za potrebe određivanja elemenata izloženih poplavama.

4.8. ELEMENTI IZLOŽENI UTICAJIMA POPLAVA

Izloženost na hazard se odnosi na ljude, imovinu, sisteme ili druge elemente koji su prisutni u zonama opasnosti koji su podložni potencijalnim gubicima. Informacije o izloženosti odnose se na lokaciju i karakteristike, ili attribute, svakog od elemenata.

Izloženost i ranjivost su različite. Izloženost je nužna, ali ne i dovoljna za odeđivanje rizika. Moguće je biti izložen, ali ne ranjiv (na primer, živeći u poplavnom polju, ali imajući dovoljno sredstava za adaptaciju građevinskog objekta da se ublaži potencijalni gubitak). Međutim, da biste bili ranjivi na ekstremne događaje, potrebno je i da budete izloženi.

Ranjivost se odnosi na karakteristike i okolnosti zajednice, sistema ili imovine koji je čine podložnom štetnim efektima opasnosti (hazarda).

Postoje mnogi aspekti ranjivosti koji proizilaze iz različitih fizičkih, socijalnih, ekonomskih i ekoloških faktora. Primeri mogu uključivati loš dizajn i izgradnju zgrada, neadekvatnu zaštitu imovine, nedostatak javnih informacija i svesti, ograničeno službeno prepoznavanje mera rizika i mera spremnosti i nepoštovanje održivog upravljanja prirodnim resursima. Ranjivost na prirodne opasnosti sastavni je faktor u razumevanju stepena rizika.

Za potrebe ove analize nije neophodna analiza ranjivosti ni rizika, već je dovoljno utvrđivanje izloženosti različitih elemenata hazardu (poplavi).

Prostornim preklapanjem oblasti zahvaćene poplavom i lokacija elemenata koji su u potencijalnom riziku dobijamo informaciju o izloženosti elemenata. Informacije su geoprostorne (prikazane kroz mapu izloženosti) i kvantifikovane kroz broj ugroženih ljudi, objekata ili kroz površine industrijskih zona ili dužine puteva i druge infrastrukture.

Elementi izloženi uticajima poplava su preuzeti iz baze SOFPAS projekta i baze konsultanta. Takođe je korišćena poslednja ažurirana verzija CORINE upotrebe zemljišta (land use) za područje južnog podunavlja i podloga zemljišnog pokrivača (land cover).

Elementi su podeljeni u četiri kategorija: stanovništvo, poljoprivreda, infrastruktura i životna sredina.

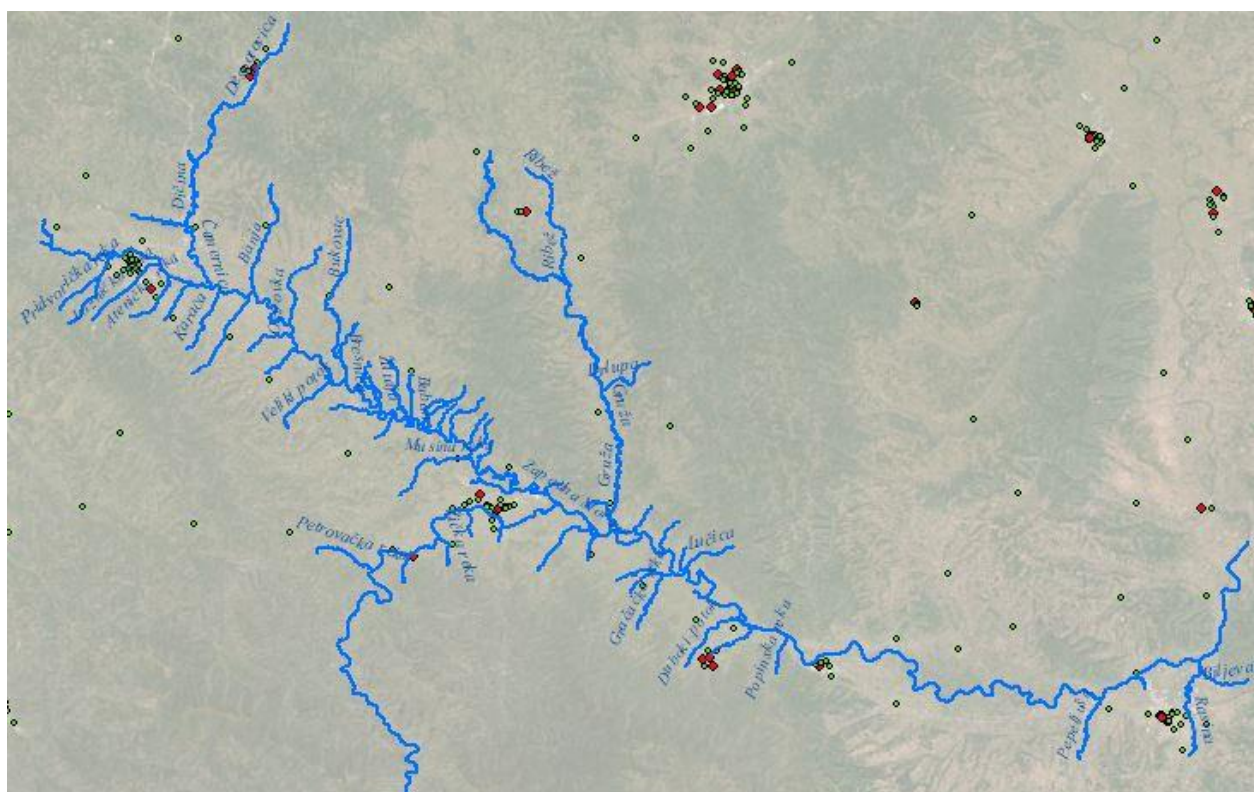
- Stanovništvo

Podaci o broju stanoika i gustini naseljenosti su pruzeti sa sajta WorldPop koji koristi podatke nacionalnih popisa stanovništva i vrši predikcije promena u broju i gustini naseljenosti za svaku narednu godinu. Podaci su preuzeti u vidu raster formata rezolucije 100m, gde svaki piksel predstavlja broj stanovnika po jednom hektaru (100x100m).

Iz katastarske baze podataka su korišćeni podaci za određivanja broja legalizovanih objekata izloženih poplavama. Takođe, iz baze konsultanta i iz baze preuzete iz projekta SOFPAS (za oblasti duž Zapadne Morave), su korišćeni podaci o polazajima zdravstvenih, socijalnih i obrazovnih ustanova.

Ovi objekti su posebno naglašeni u kategoriji stanovništva jer predstavljaju potencijalno ugroženije grupe ljudi – decu, bolesne i starije delove populacije.

Naredna slika prikazuje raspored obrazovnih (zelene tacke) i zdravstvenih ustanova (crvene tacke) u slivu Zapadne Morave.

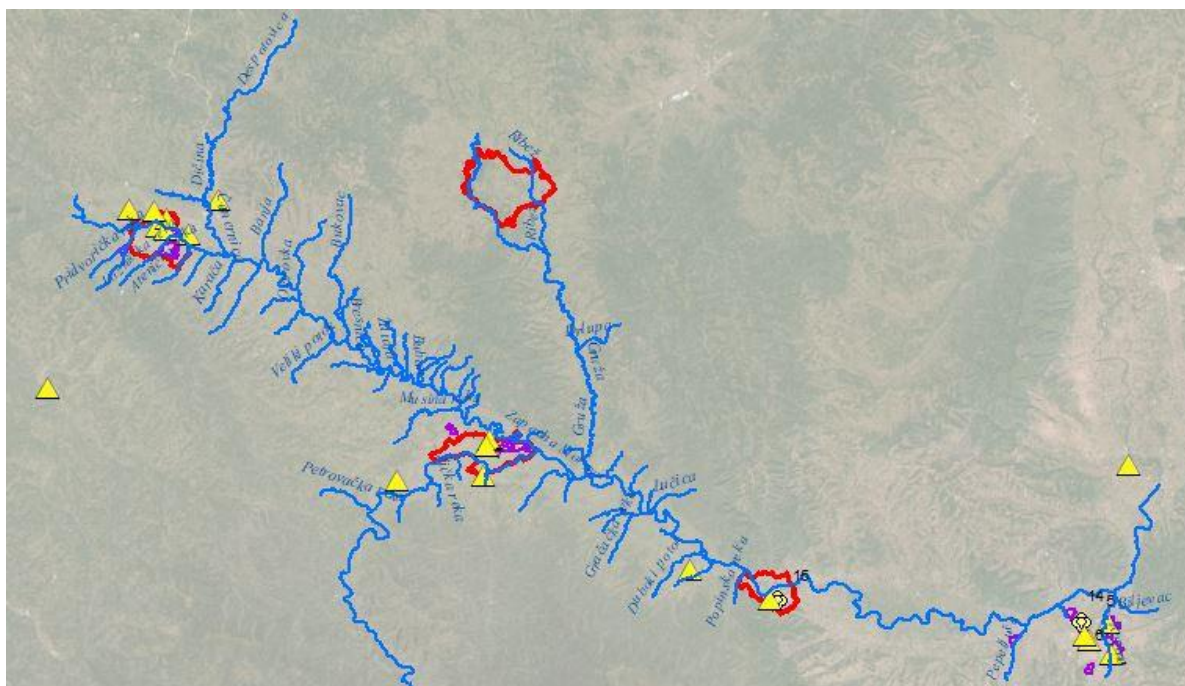


Slika 7 Prostorni raspored obrazovnih i zdravstvenih ustanova

- Poljoprivreda i industrija

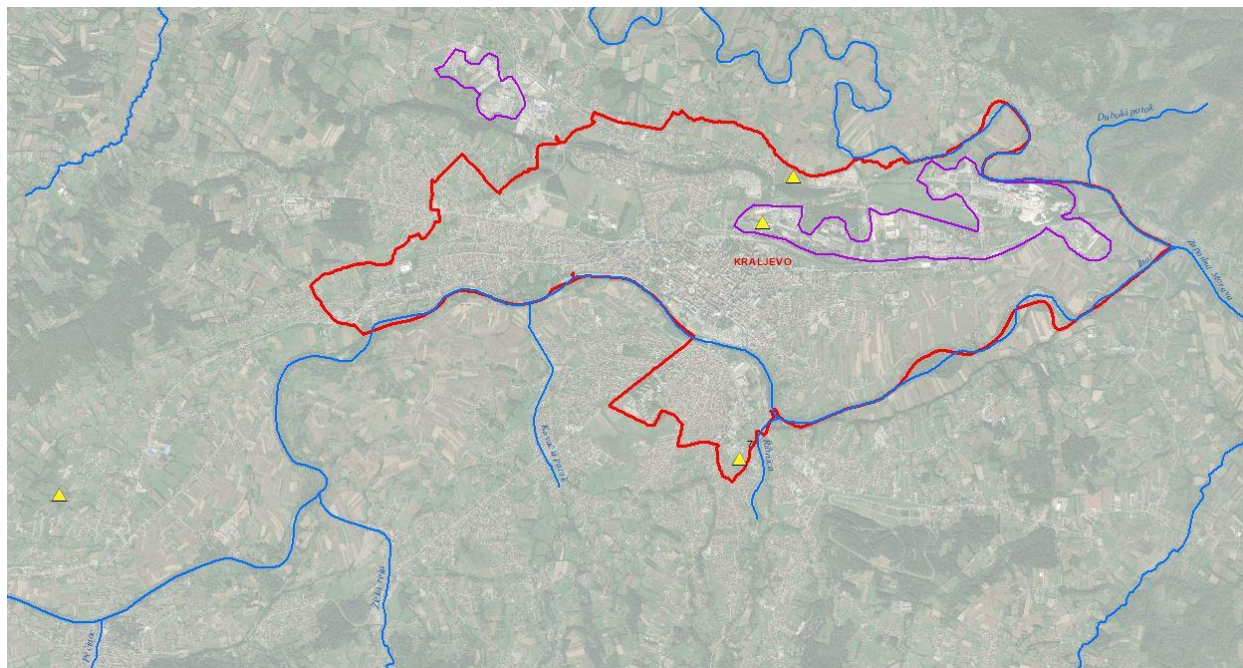
Iz podloga land cover i land use dobijene su zone u kojima se vrše poljoprivredne aktivnosti. Takođe su izolovane industrijske zone ili lokacije određenih postrojenja relevantnih za ovu studiju.

Naredne slike ilustruju položaje fabrika (žuti trouglovi) i površine industrijskih zona (poligoni ljubičatih ivica) u interesnim oblastima. Crvenim linijama su ovičene granice većih naselja.



Slika 8 Industrijske zone na analiziranom području

Naredna slika prikazuje primer detaljnijeg rasporeda industrijskih zona i položaje pojedinih fabrika u Kraljevu u zoni ušća reke Ibar u Zapadnu Moravu.

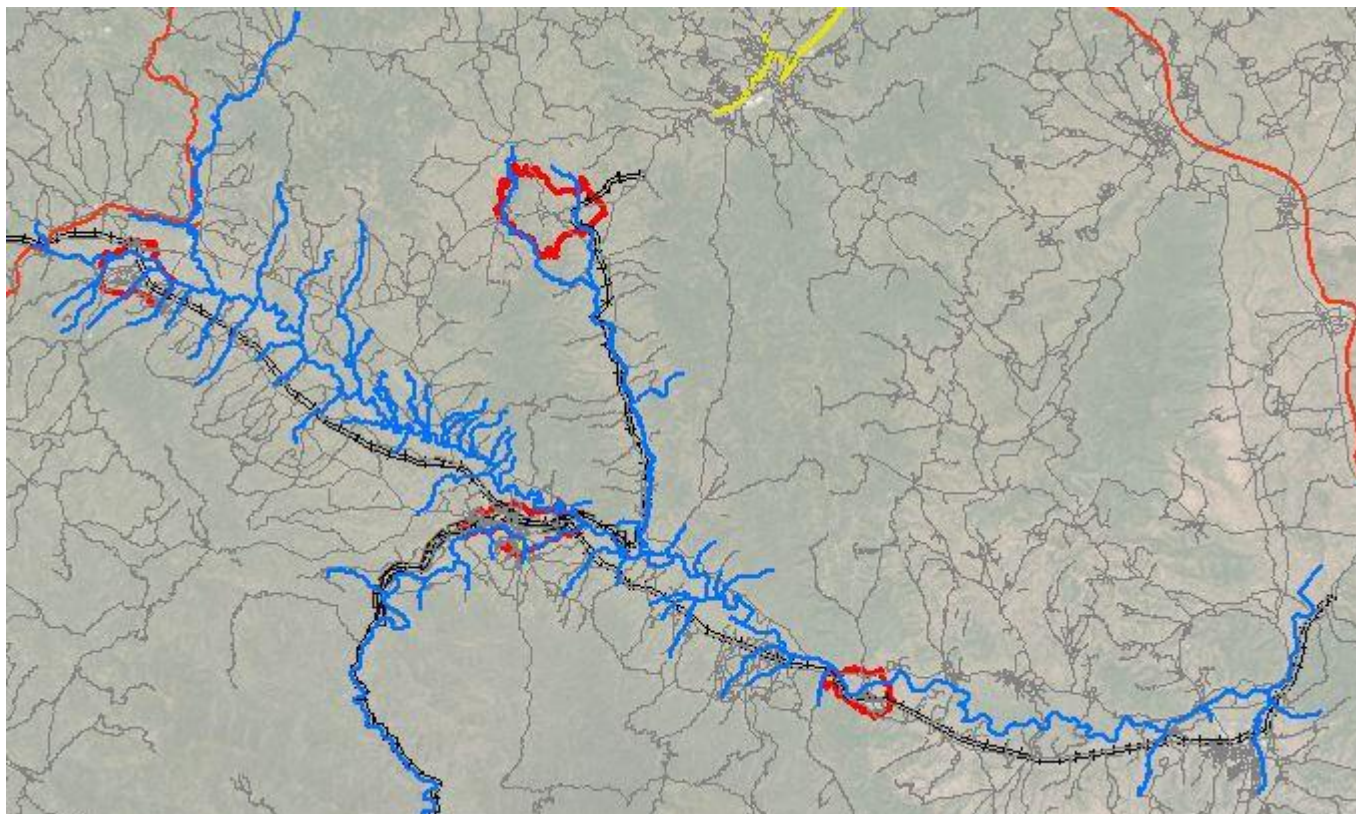


Slika 9 Detaljniji prikaz industrijskih zona i fabrika u okolini Kraljeva

- **Infrastruktura**

Iz baze konsultanta izdvojeni su linearni objekti železnice i puteva. Putevi si posebno organizovani i podeljeni na autoputeve, lokalne i regionalne puteve.

Naredna slika prikazuje putnu i žezničku mrežu koja se nalazi na analiziranom području.

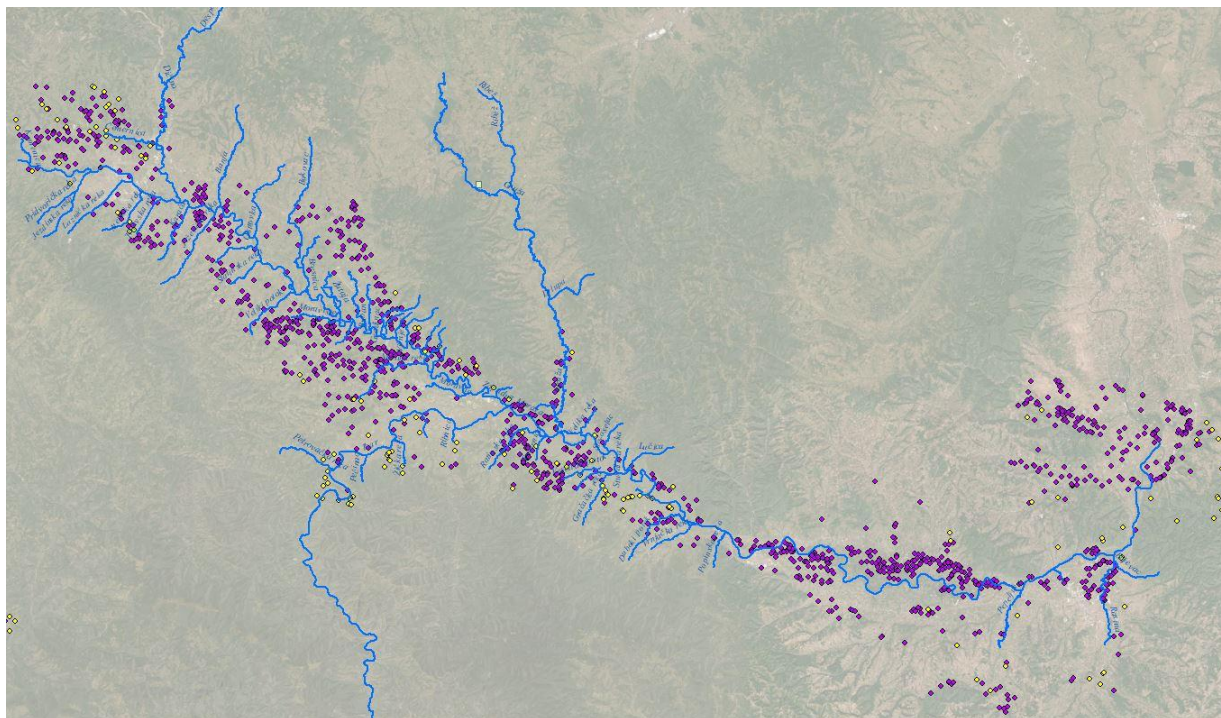


Slika 10 Mreža puteva i železnice u obuhvatu studije

- **Životna sredina**

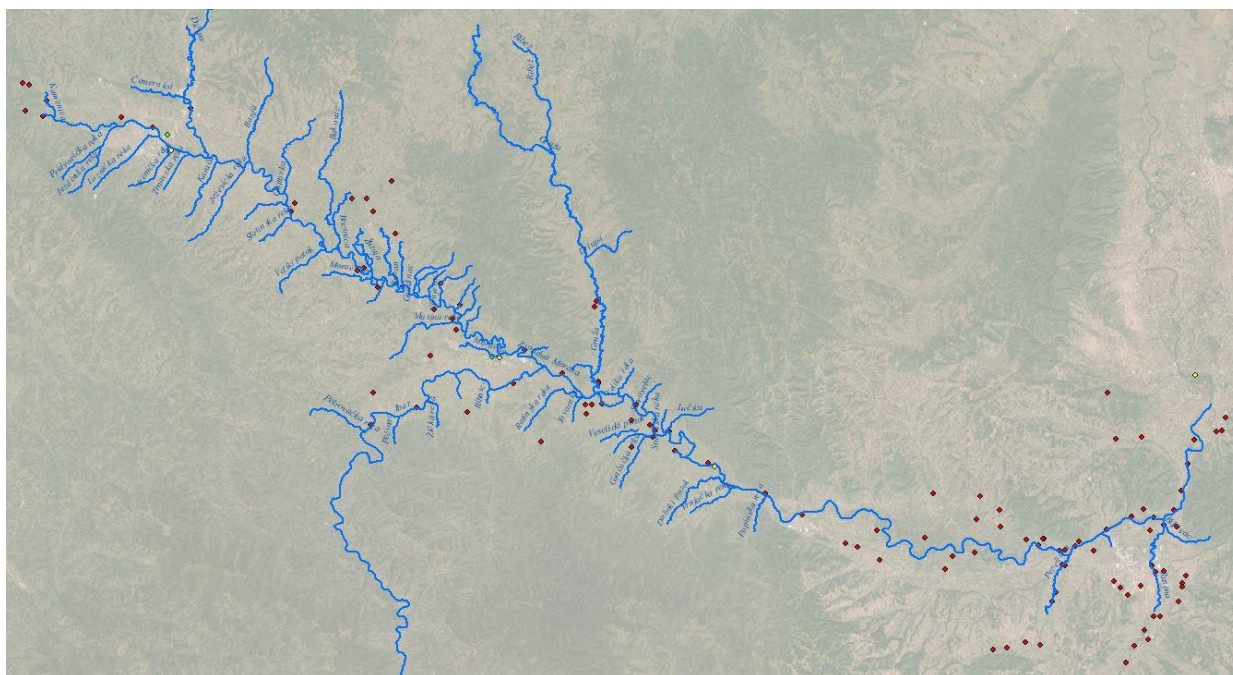
U ovoj kategoriji postoje dve grupe podloga: Zaštićena područja i objekti i Izvori potencijalnih ekoloških hazarda. Zaštićena područja su izvorišta i bunari pitke vode dok su izvori potencijalnih ekoloških hazarda deponije i industrijski zagađivači.

Naredne slike prikazuju ove podloge. Zaštićeni objekti su prikazani žutim tačkama – izvorišta i ljubičastim tačkama – bunari.



Slika 11 Položaji zaštićenih objekta

Izvori potencijalnih ekoloških hazarda su prikazani zelenim tačkama – industrijski zagađivači, žutim tačkama – legalne deponije i crvenim tačkama – divlje deponije.



Slika 12 Položaji zagađivača

5. OPIS POSTOJEĆEG STANJA ZAŠTITE OD POPLAVA NA SLIVU ZAPADNE MORAVE

5.1. VODNI OBJEKTI

5.1.1. Nasipi

Zapadna Morava nema kontinualan sistem za odbranu od poplava. Postoje duži potezi vodotoka bez nasipa ili sa nasipom samo duž jedne obale. Poljoprivredne površine su uglavnom prepuštene plavljenju, dok su nasipima zaštićene gradske zone. Nasipi su projektovani sa različitim stepenom zaštite. Objekti za zaštitu od poplava koji su izgrađeni duž Zapadne Morave sa objektima duž pritoka formiraju kasete koje su uglavnom prostorno zatvorene nasipima, visokim terenom ili saobraćajnicama.

- Kasete na desnoj obali Zapadne Moravei uz reku Ibar (najveću desnu pritoku Zapadne Morave)

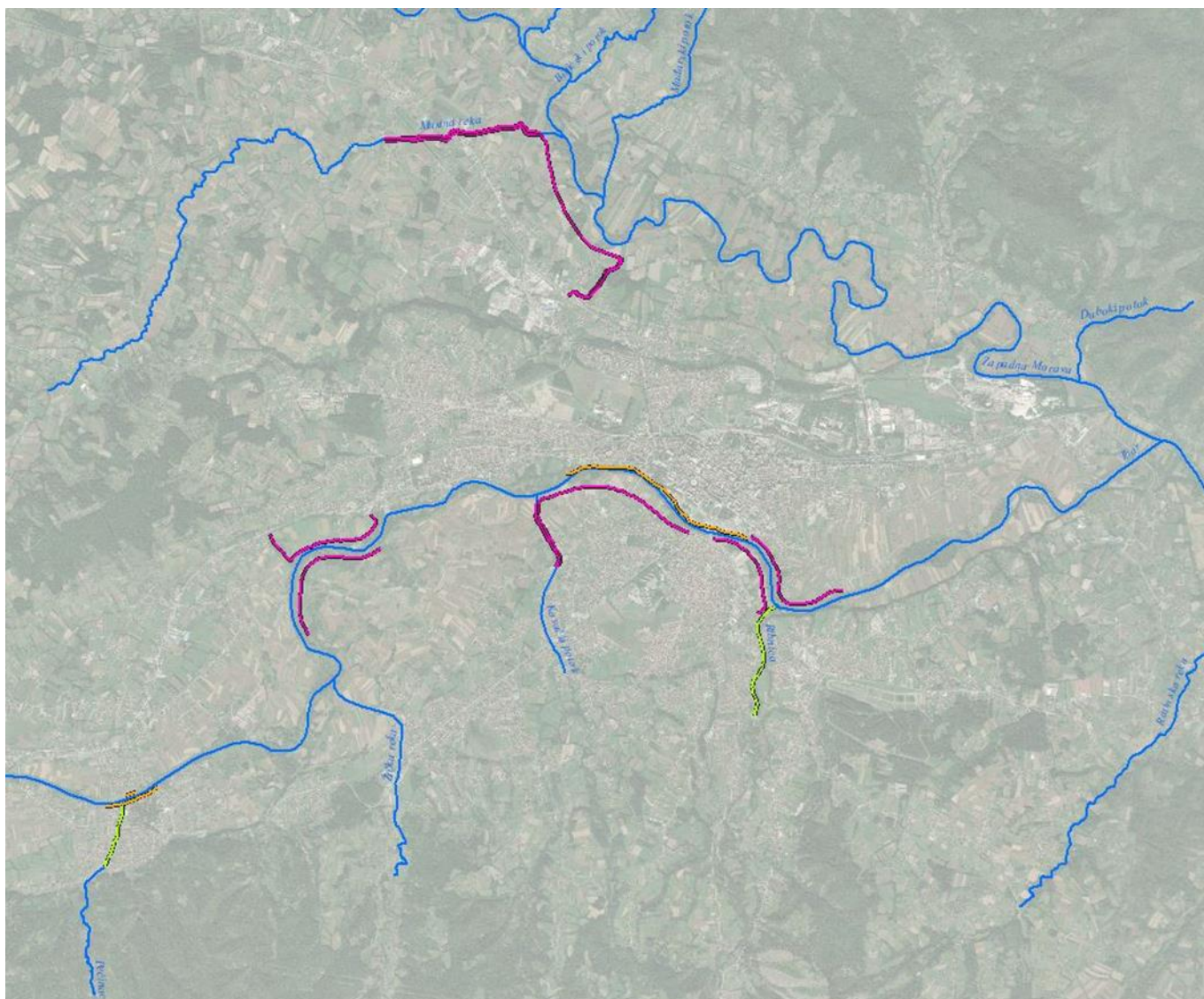
Na desnoj obali Zapadne Morave glavni nasipi sa nasipima pritoka formiraju tri kasete. Prostrano područje na levoj obali Zapadne Morave, između Rasine i ušća reke Pepeljuše formira kasetu Kruševac. Nasip uz Zapadnu Moravu je dužine 7 km. Na njega se nadovezuje usporni nasip Rasine dužine 3,3 km. Ukupna dužina nasipa u kaseti je 10,3 km.

Uzvodno od ušća Odžačke reke, kod sela Odžaci nalazi se kasete Trstenik. Sastavni deo kasete su nasip od Odžačke reke do Trstenika i nasip između dva mosta u Trsteniku, dužine 0,51 km. Kasete se prostire se od sela Odžaci do Trstenika na dužini od 9,31 km.

Sistem nasipa duž desne obale reke Ibar zajedno sa nasipima pritoka (Ribnica i Kovački potok) čine zatvorenu kasetu Ribnica. Dužina nasipa je 5,01 km.

Treba pomenuti i zaštićena područja Adrani 1 i Adrani 2 koja se nalaze na samom ušću Musine reke. Područje štite usporni nasipi i na levoj i na desnoj obali Musine reke, u dužini od 2,2 km.

Desni nasip uz Zapadnu Moravu kroz Čačak ukupne dužine 5 km formira kasetu Čačak 1. Naredna slika detaljnije prikazuje opisane nasipe (tamnoružičasta boja) u gradu Kraljevu i druge vodne objekte – uređena korita zelene boje i obaloutvrde narandžaste boje.



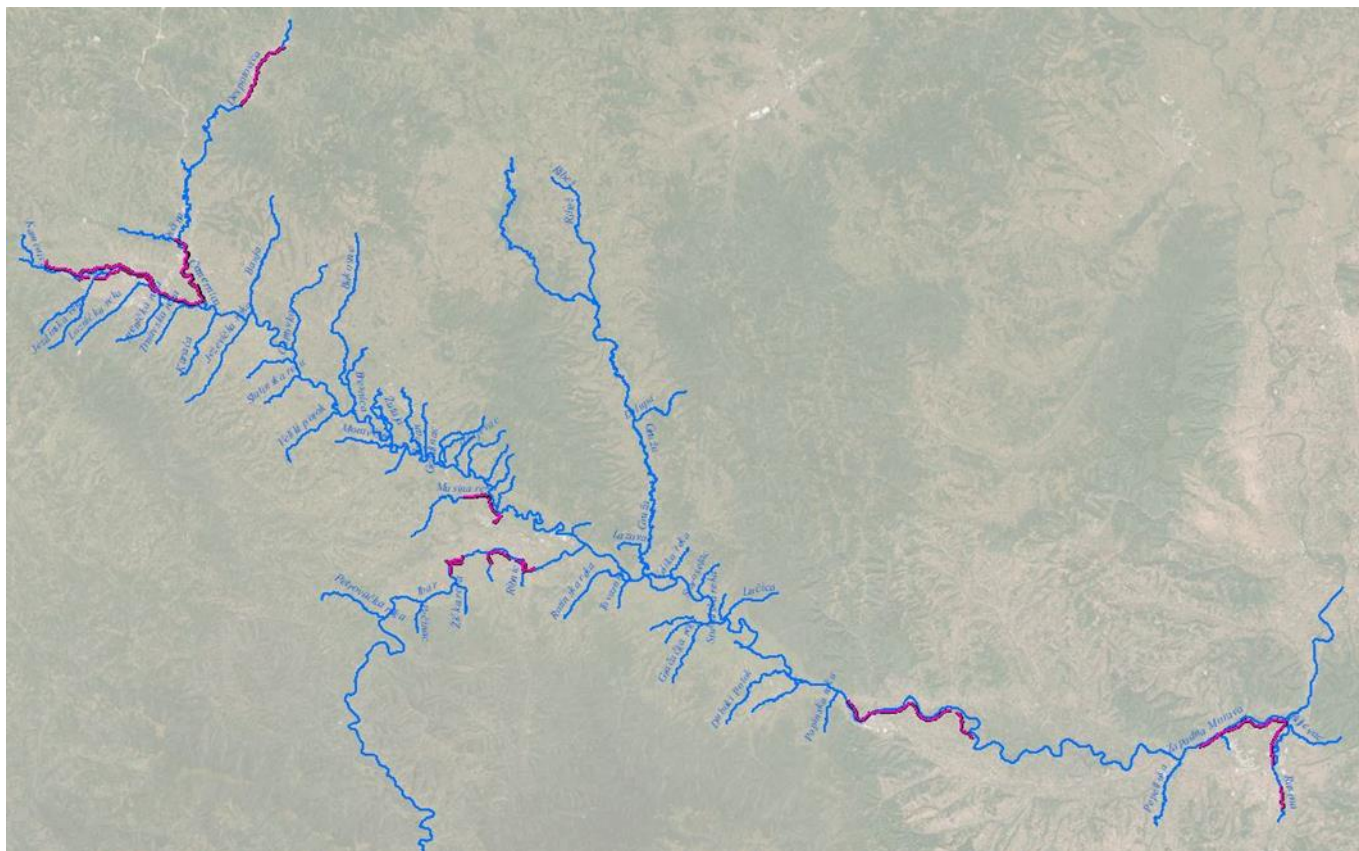
Slika 13 Sistem odbrane u gradu Kraljevu

- Kasete na levoj obali Zapadne Morave

Leva obala Zapadne Morave je na višim kotama, tako da su samo dva područja zaštićena od poplava. Kod Trstenika nasip dužine 2,68 km štiti područje Zvezdan, dok na teritoriji opštine Čačak u zoni grada je zatvorena kaset Čačak 2. Kasetu čine nasip od ušća Čemernice do brane Parmenac u dužini od 12,68 km, desni nasip uz Čemernicu od ušća u Zapadnu Moravu do ušća Dičine dužine 6,3 km i levi nasip uz Čemernicu od ušća u Zapadnu Moravu do Preljine dužine 5,3 km.

U sistemu vodnih objekata sa leve strane Zapadne Morave se nalazi nasip sa leve i desne strane obale reke Despotovice u Gornjem Milanovcu, dužina nasipa sa svake strane je 5,84 km.

Naredna slika detaljnije prikazuje opisane nasipe (tamnoružičasta boja) u gradu Čačku i druge vodne objekte – uređena korita zelene boje i obaloutvrde narandžaste boje.



Slika 15 Nasipi na analiziranom području

5.1.2. Obaloutvrde

U sistemu vodozaštitnih objekata na slivu Zapadne Morave postoje i tri obaloutvrde na reci Ibar. Obaloutvrda na levoj obali Ibra, nizvodno od visežeg mosta u Mataruškoj banji, dužine 0,14 km. Desna obalutvrda na obali ibra u Mataruškoj banji iznosi 0,67 km.

U Kraljevu uzvodno od mosta je izgrađena obaloutvrda u dužini od 1,8 km i nizvodno od mosta u dužini od 0,3 km.

Naredna slika prilazuje, narandžastom bojom, obaloutvrde na reci Ibar.



Slika 16 Onaloutvde na reci Ibar u Mataruškoj banji i u Kraljevu

5.1.3. Regulisana korita

U gradu Čačku delimično su regulisane samo reke: Atenička reka, Loznička reka i reka Lupnjača i to:

Atenička reka- Od regionalnog puta Čačak-Kraljevo nizvodno u dužini L~1500m,

Reka Pridvorička - Lupnjača od ušća uzvodno u dužini od L~2840 m,

Loznička reka - od ušća uzvodno u dužini od L ~ 2700m.

Ove regulisane deonice vodotoka se nalaze u sistemu odbrane od poplava voda prvog reda imajući u vidu da sa desnoobalnim nasipom reke Zapadne Morave čine jedinstveni sistem, branjenu zatvorenu kasetu Čačak 1.

Vode II reda su od 2015. godine, u sistemu redovnog održavanja. Regulisane deonice Lupnjače (Pridvorničke), Lozničke i Ateničke reke su do 2014. godine, sporadično održavane kroz sistem redovnog održavanja voda I reda iz programa JVP "Srbijavode", a od 2015. godine, u redovnom održavanju kroz plan i program čišćenja voda II reda koje su u nadležnosti grada. Na teritoriji grada Čačka u zoni vodotokova II reda nema izgrađenih objekata za zaštitu od poplava - nasipa.

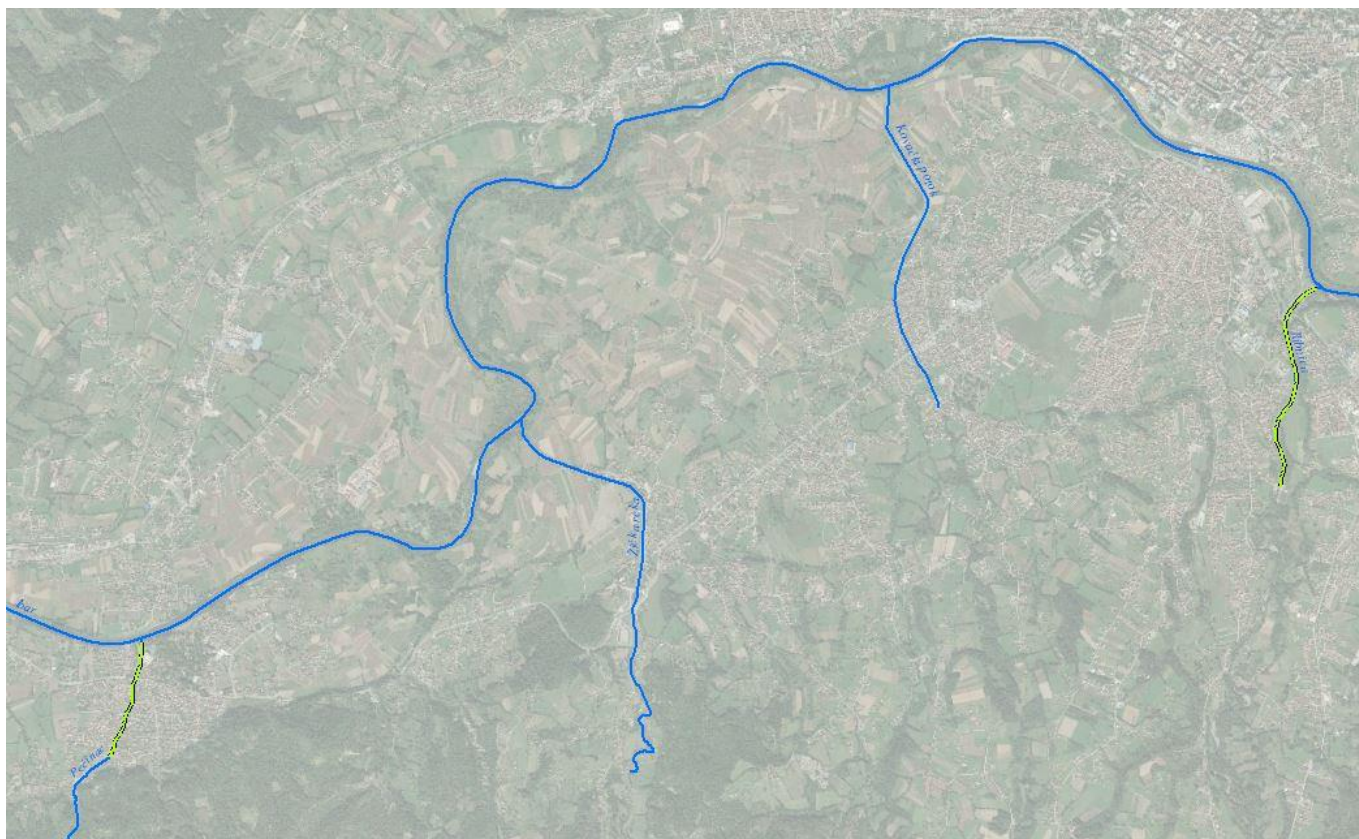
Delovi regulisanih vodotoka ove 3 reke nalaze se u okviru štićenog vodnog područja voda I reda: "Čačak 1" - Zatvorena kaset 11.46km. Štićeno područje Čačak 1 prikazano je na narednoj slici.



Slika 17 Regulisana korita u Čačku

U Gradu Kraljevu se nalazi regulisano korito Ribnice od ušća u Ibar, dužine 1.70 km. Zajedno sa desnim nasipom uz Ibar od ušća Ribnice do visokog terena, u dužini od 1.14 km i visoki teren dužine 0.20 km (obaloutvrda i regulisano korito Ibra, 0.35 km), čini zaštitni pojas od ukupno 3.04 km.

Mataruškoj banji se nalazi regulisano korito potoka Pećinac dužine 0.70 km. Nredna slika prikazuje regulisana korita u Kraljevu i Mataruškoj banji, obeležena zelenom bojom.



Slika 18 Regulisana korita u Kraljevu i Mataruškoj banji

5.1.4. Brane

Na analiziranom delu toka Zapadne Morave postoji jedna brana, Parmenac, koja je van funkcije.

6. METODOLOGIJA ZA IDENTIFIKACIJU ODGOVARAJUĆIH LOKACIJA ZA MOBILNE BRANE

Da bi se dobile lokacije pogodne za postavljanje mobilnih brana potrebno je izvršiti nekoliko analiza i prostornih agregacija njihovih rezultata.

Analiza izloženosti elemenata poplavama sadrži predstavljanje scenarija za verovatnoću pojave poplave za stogodišnje vode ukrštenog sa potencijalno ugroženim elementima, koji su obuhvaćeni izračunatim plavnim zonama. Neophodno je izračunavanje obima poplave kao i određivanje karakteristika poplave, odnosno izvršiti hidrauličku analizu. Pod karakteristikama poplave smatramo: obim poplave (plavne zone), dubinu vode, brzinu, protok vode na poplavljenom području. Rezultat ove analize je plavna površina sa dubinama vode.

Prostornim preklapanjem oblasti zahvaćene poplavom i lokacija elemenata koji su u potencijalnom riziku od poplava dobijamo informaciju o izloženosti elemenata (prikazanim kroz mapu izloženosti).

Za potrebe ove analize nije neophodna analiza ranjivosti ni rizika, već je dovoljno utvrđivanje izloženosti različitih elemenata hazardu (poplavi).

Ukrštanjem elemenata koji su potencijalno ugroženi (mape izloženosti) i položaja postojećih vodozaštitnih objekata, dobijaju se kritične zone kojima je potrebna dodatna zaštita i koje bi imale benefit instalacijom mobilnih brana.

Identifikovane kritične zone koje su zaštićene od poplava ili se nalaze na terenu za koji se smatra da je dovoljno visok da im pruži neophodnu zaštitu od uticaja velikih voda, a u slučaju neuspešnog „rada“ infrastrukture za zaštitu od poplava (ili nedovoljno visokog terena), se smatraju potencijalnim lokacijama za podizanje sistema mobilnih brana.

SOFTPAS projekat iz 2012. godine je izradio kartu rizika od poplava za tok Zapadne Morave. Rezultati prikazuju stepen rizika (od zanemarljivog do visokog) za svaku vrstu elemenata u riziku od poplava i totalni rizik sa sumiranim rizicima. Ova podloga može da se direktno primeni, zajedno sa rezultatima novog hidrauličkog modela, za identifikovanje lokacija pogodnih za mobilne brane duž toka Zapadne Morave.

Za lokacije duž pritoka Zapadne Morave je potrebno pored hidrauličke analize sprovesti i analizu izloženosti elemenata. Nije neophodna analiza ranjivosti i analiza rizika, jer bi takve analize zahtevala više vremena i podataka. Dovoljno je utvrditi izloženost elemenata hazardu, odnosno poplavama i na taj način prikazati njihovu potencijalnu ugroženost. Ovako se identifikuju kritične zone, bez precizne predstave o ranjivosti elemenata ili o vrednosti gubitaka, kao što je u slučaju analize rizika.

Ovako identifikovane lokacije se mogu kasnije dodatno analizirati i mogu se kvantifikovati veličine potencijalnih gubitaka (analiza rizika) na njihovim površinama. Na taj način lokalne samouprave mogu da procene da li im se isplati ulaganje u dodatnu zaštitu od poplava na lokacijama koje su ovom metodom identifikovane u ovoj studiji.

6.1. HIDRAULIČKE ANALIZE

Proračun linija nivoa vode za karakteristične proticaje vršen je primenom programa HEC–RAS. Program je razvijen za proračun stacionarnog tečenja u mreži otvorenih rečnih tokova nepravilne geometrije, sa velikim brojem različitih spoljašnjih i unutrašnjih graničnih uslova. Program računa stacionarno tečenje u mirnom, burnom ili prelaznom režimu. Računska procedura je zasnovana na rešavanju linijske energetske jednačine, u kojoj se gubici energije obuhvataju kroz gubitke na trenje (preko Manningovog koeficijenta) i lokalne gubitke zbog širenja/sužavanja toka (preko koeficijenta kojim se množi brzinska visina). Dinamička jednačina se koristi za deonice sa prelaznim režimom, na kojima se javlja hidraulički skok, kao i pri proračunu tečenja u zoni mostova i ušća.

- Osnovne jednačine

Linijski (1D) model stacionarnog nejednolikog tečenja u koritu proizvoljne forme se zasniva na integraciji dinamičke jednačine:

$$\frac{\partial Z}{\partial X} + \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{V^2}{2g} \right) = - \frac{V^2}{C^2 \times R} \quad (1)$$

i jednačine kontinuiteta:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} = 0 \quad (2)$$

Šezijev koeficijent C se određuje na bazi poznate relacije:

$$C = \frac{1}{n} \times V \times R^{1/3} \quad (3)$$

Proračun Frudovog broja koji predstavlja odnos dvostruke kinetičke i jednostruke potencijalne energije toka izvršen je kroz formulu:

$$Fr = \frac{V^2}{g \times h} \quad (4)$$

Oznake u gornjim jednačinama imaju sledeće značenje:

- Z – kota nivoa vode
- X – podužna koordinata
- V – srednja profilna brzina tečenja
- G – ubrzanje zemljine teže
- Fr – Frudov broj

τ – vučna sila
 ρ – gustina vode
 H – dubina vode
 I – podužni pad vodenog ogledala
 R – hidraulički radijus
 N – Manning–ov koeficijent rapavosti

Hidraulički proračun je zasnovan na:

- Geometriji rečnog toka – dobijenog iz digitalnog modela terena i poprečnih preseka minor i major korita
- Geometriji i hidrauličkim karakteristikama infrastrukturnih objekata za zaštitu od poplava (nasipi, mostovi, obaloutvrde, pregrade itd.)
- Otporu protoka vode u rekama i nasipima (izražen Manningovim koeficijentom hrapavosti) i lokalnim gubicima usled ne-prizmatičnog korita
- Graničnom uslovu nizvodno (definisanom izracunavanjem nadmorske visine visokih voda-dubine vode i normalnim dubinama vode – izračunatih pomoću nagiba rečnog korita na najnižvodnijem preseku)
- Graničnom uslovu uzvodno (kod modela sa mešovitim režimom tečenja uzvodni uslov je definisan kritičnom dubinom)
- Protoku vode i njenoj distribuciji duž toka

Rezultat hidrauličkih proračuna je raster sa dubinama vode, odnosno prostorna „matrica“ sa dubinama koje nisu klasifikovane. Vrednosti dubine vode se dobijju tako što se nadmorska visina linije vode umanjuje za nadmorsku visinu terena.

6.1.1. Hidraulički model Zapadne Morave

Hidraulički model obuhvata deonicu Zapadne Morave od njenog sastava sa Velikom Moravom do stacionaže +152 403, malo nizvodnije od ušća reke Kamenice u Zapadnu Moravu, na mestu gde se počinje zaštitni nasip na levoj obali Zapadne Morave. Ova deonica je odabrana za analizu (umesto celokupnog toka Zapadne Morave) iz razloga što nizvodno od ove deonice se nalaze gradovi i naselja koji su izloženi većem negativnom uticaju od poplava i gde su potrebne dodatne mere zaštite od velikih voda.

Ulazni podaci za hidraulički model su preuzeti iz Generalnog projekta uređenja Zapadne Morave, Instituta Jaroslav Černi iz 2008. godine. Preuzeti su poprečni preseki, proticaji na karakterističnim deonicama, nizvodni granični uslov i koeficijenti hrapavosti. Hidraulički model je rađen za miran režim tečenja.

U proračune modela ušli su i uticaji vodnih objekta na analiziranoj deonici Zapadne Morave. Za potrebe hidrauličke analize položaji nasipa su uzeti u obzir. Takođe, kapije brane Parmenac su smatrane otvorenim za sve hidrološke scenarije.

Analize su rađene za scenario poplave sa srednjom verovatnoćom pojave (povratni period događaja 100 godina).

Ovaj scenario je odabran za analizu iz razloga što sistemi mobilnih brana bi trebali da budu nadogradnja na postojeće sisteme odbrane od poplava ili kao sistem odbrane na visokim terenima. Odnosno, ovi mobilni sistemi imaju svrhu da obezbede zaštitu i brane one zone koje su ugrožene vodama u slučajevima velikih voda, tj stogodišnjih voda.

- Nizvodni granični uslov

Nizvodni granični uslov za hidrauličke proračune linija nivoa predstavljao je nivo vode na mestu sastava Južne i Zapadne Morave.

Tabela 12 Nizvodni granični uslovi

Proticaji Zapadne Morave	$Q_{vv} 1\%$	$Q_{vv} 0,1\%$
Nivoi na najnižvodnijem profilu kod sastava Velike i Zapadne Morave	134,38	135,31

- Koeficijent hidrauličke hrapavosti korita

Maningov koeficijent hidrauličke hrapavosti osnovnog korita (n), kao što je poznato, uključuje efekte krivudavosti, neprizmatičnosti, krupnoće materijala u koritu i drugih parametara. Tariranje rapavosti u domenu proticaja do punog korita izvršeno je na osnovu statističkih krivih proticaja na hidrološkim stanicama duž toka Zapadne Morave. Naredne tabela prikazuje koeficijente rapavosti za osnovno, minor korito.

Tabela 13 Maningov koeficijent minor korita

Deonica	Stacionaža (km)	$n (s/m^{1/3})$
Ušće u Veliku Moravu – h.s. Jasika	20+500	0.036
h.s. Jasika – h.s. Trstenik	55+319	0.038
h.s. Trstenik – h.s. Miločaj	107+679	0.050
h.s. Miločaj – Međuvršje	156+412	0.038

Tabela dole prikazuje Maningov koeficijent hrapavosti za inudacije (dobijene na osnovu korišćenja prostora).

Tabela 14 Maningov koeficijent inudacije

Deonica	$n (s/m^{1/3})$
Ušće u Veliku Moravu – Međuvršje	0.080
Međuvršje – ušće Moravice i Đetinje	0.100-0.150

6.1.2. Hidraulički modeli analiziranih pritoka Zapadne Morave

Modeli su izrađeni za sledeće vodotoke I reda, pritoke Zapadne Morave:

- Reka Ibar, od ušća u Zapadnu moravu do stacionaže 28+995, oko 400 m uzvodno od ušća reke Lopatnice u reku Ibar
- Reka Gruža, od ušća u Zapadnu Moravu do brane Gruža
- Velika reka, od ušća u Gružu do
- Reka Čemernica, od ušća u Zapadnu Moravu do kraja nasipa duž reke Čemernici
- Reka Dičina. Od ušća u reku Čemernicu do ušća reke Lazanjac u Dičinu
- Reka Despotovica, od ušća u reku Čemernicu do kraja nasipa na reci Despotovici

Za potrebe hidrauličkih proračuna i modela konstruisani su poprečni preseki duž gore navedenih analiziranih deonica reka. Proticaji na karakterističnim deonicama su preuzeti iz postojeće dokumentacije i operativnih planova odbrane od poplava, kao i granični uslovi i koeficijenti hrapavosti. Hidraulički modeli je rađen za mešoviti režim tečenja.

U proračune modela ušli su i uticaji vodnih objekta na analiziranoj deonici Zapadne Morave. Za potrebe hidrauličke analize položaji nasipa su uzeti u obzir.

Analize su rađene za scenario poplave sa srednjom verovatnoćom pojave (povratni period događaja 100 godina). Kao i u slučaju modela toka Zapadne Morave, ovaj scenario je odabran za analizu iz razloga što sistemi mobilnih brana bi trebali da budu nadogradnja na postojeće sisteme odbranje od poplava ili kao sistem odbrane na visokim terenima. Odnosno, ovi mobilni sistemi imaju svrhu da obezbede zaštitu i brane one zone koje su ugrožene vodama u slučajevima velikih voda, tj stogodišnjih voda.

- Granični uslovi

Nizvodni i uzvodni granični uslov za hidrauličke proračune linija nivoa prikazani su u narednoj tabeli.

Tabela 15 Granični uslovi

Reka	Uzvodni	Nizvodni
Čemernica	Kritična dubina	Normalna dubina, $I=0.001$
Gruža	Kritična dubina	Normalna dubina, $I=0.001$
Ibar	Kritična dubina	Normalna dubina, $I=0.0015$
Velika reka	Kritična dubina	Normalna dubina, $I=0.004$

- Koeficijenti hidrauličke hrapavosti korita

Maningov koeficijent hidrauličke hrapavosti osnovnog korita (n), kao što je poznato, uključuje efekte krivudavosti, neprizmatičnosti, krupnoće materijala u koritu i drugih parametara. Naredne tabela prikazuje koeficijente hrapavosti za osnovno, minor korito i za inudacije (dobijene na osnovu korišćenja prostora).

Tabela 16 Maningov koeficijent hrapavosti

Reka	Inudacija	Glavno korito
Čemernica	0.15	0.045
Gruža	0.06	0.035
Ibar	0.08	0.035
Velika reka	0.08	0.035

Urađeni su i modeli za tokove II reda, pritoke Zapadne Morave:

- Reke II reda: Pridvorička (Lupnjača), Loznička, Atenička, Trnavska, Karača, Ježevačka, Lipnička, Slatinska, Mrsinačka, Veliki potok, Velika reka, Bresnica, Bukovac, Ostrovka I Banja

Za potrebe hidrauličkih proračuna i modela konstruisani su poprečni preseči duž gore navedenih analiziranih vodotoka. Proticaji reka su preuzeti iz postojeće dokumentacije i operativnih planova odbrane od poplava, kao i granični uslovi i koeficijenti hrapavosti. Hidraulički modeli su rađeni za miran režim tečenja. Analize su rađene za scenario poplave sa srednjom verovatnoćom pojave (povratni period događaja 100 godina).

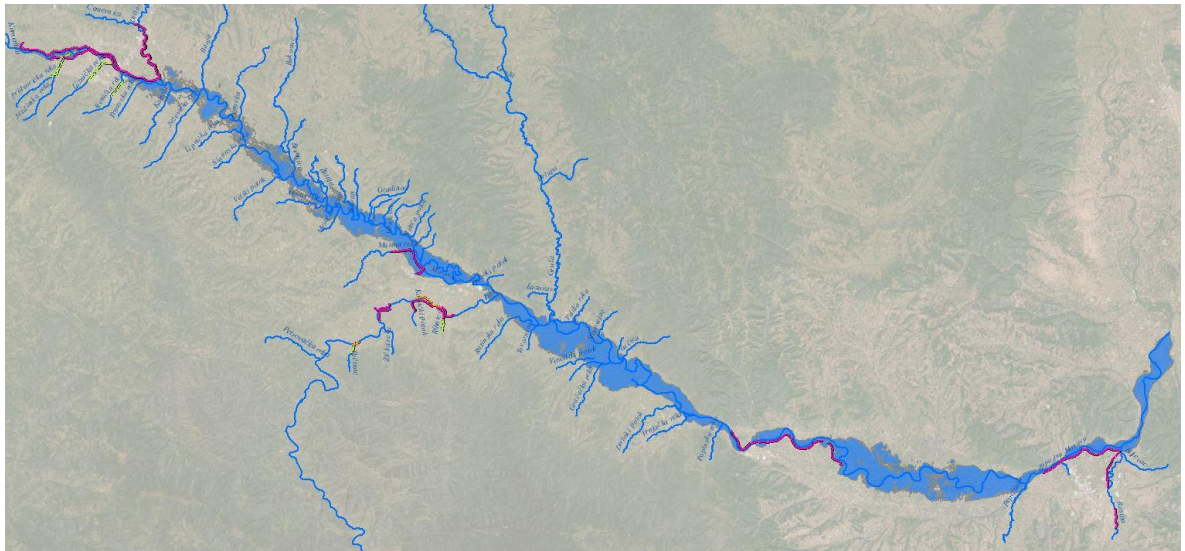
Usvojeni nizvodni granični uslov, za sve vodotoke II reda, je kritična dubina, a usvojeni Maningov koeficijent hrapavosti za korita i inudacije iznosi $n = 0.08$.

- Obim poplave (plavne zone)

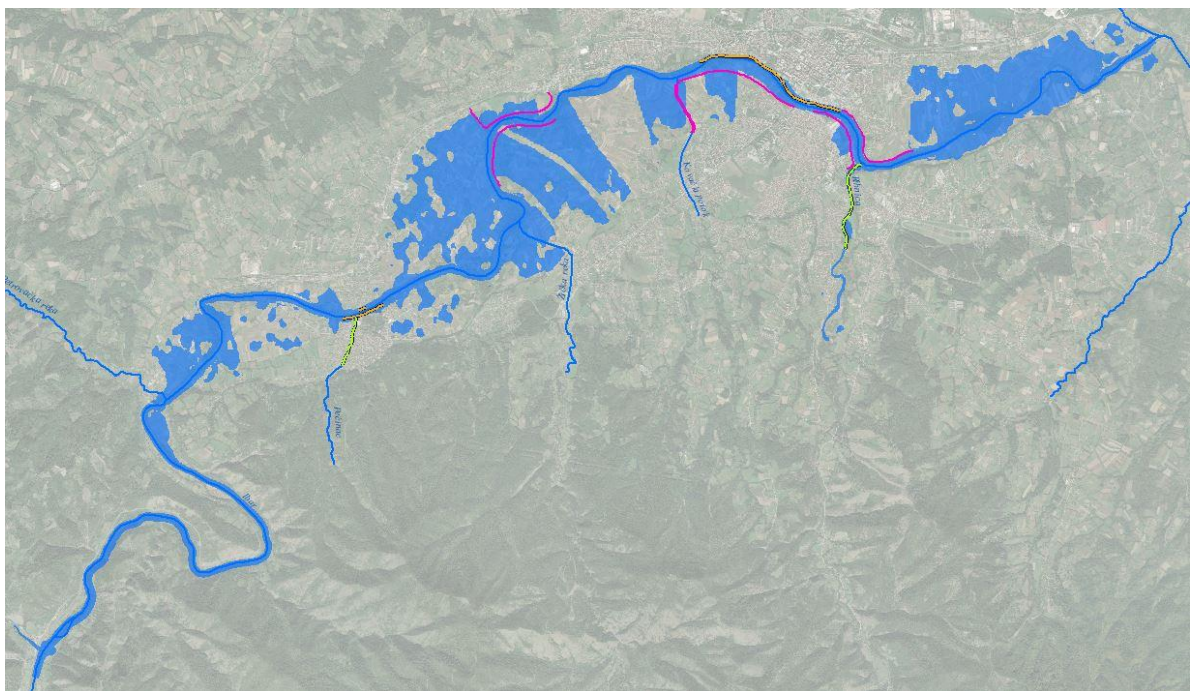
Da bi se odredile granice poplavnog područja utvrđeni su:

- Referentni vodostaji, vodeći računa o uticaju postojeće infrastrukture za zaštitu od poplava (nasipi, uređena-regulisana korita i obaloutvrde).
- Granice područja podložnih poplavama, određene na osnovu referentnih vodostaja, uključujući uticaj postojeće infrastrukture za zaštitu od poplava.

Naredne slike prikazuju plavne zone stogodišnjih voda na analiziranom delu toka Zapadne Morave i njenim pritokama I reda. Na slikama su prikazani i zaštitni objekti (nasipi, uređena korita i obaloutvrde). Grafički prilog broj 1 prikazuje objedinjenu plavnu zonu svih analiziranih vodotokova.



Slika 19 Plavna zona Zapadne Morave



Slika 20 Plavna zona reke Ibar, u deonicama koje protiču kroz Matarušku Banju i Kraljevo



Slika 21 Plavne zone na rekama Černica, Dičina i Despotovica; slika desno: Plavna zona reke Gruže

Površine plavnih zona svih obrađenih reka se mogu videti u narednoj tabeli.

Tabela 17 Površine plavnih zona

Plavna zona	A (km ²)	A (ha)
Atenička	1.26	125.92
Loznička	1.57	157.07
Pridvorička	1.50	150.38

Plavna zona	A (km ²)	A (ha)
Ostrovka	3.25	325.27
Bresnica	7.69	768.56
Bukovac	5.13	513.50
Veliki potok	0.61	60.77
Mrsinačka	0.95	95.19
Slatinska	1.39	139.31
Lipnička	1.91	190.73
Ježevacka	2.00	200.01
Karača	1.68	168.13
Trnavska	1.41	141.21
Banja	1.71	170.93
Gruža	11.08	1107.72
Velika reka	0.35	34.69
Dičina	2.84	284.22
Ibar	12.61	1260.92
Zapadna Morava	136.44	13644.22
Čemernica	0.66	65.91
Despotovica	1.04	104.43

Analizirani delovi tokova Čemernice, Dičine i Despotovice se mogu posmatrati za potrebe ove studije kao jedinstven tok, s obzirom da se ulivaju jedna u drugu i konačno u Zapadnu Moravu. Hidraulički model je tako i postavljen. Površina ove objedinjene plavne zone je 19 514.93 ha, odnosno 195.15 km². Određivanjem plavnih zona dobija se površina koju je potrebno braniti od hazarda, poplave.

- Dubine plavnih zona

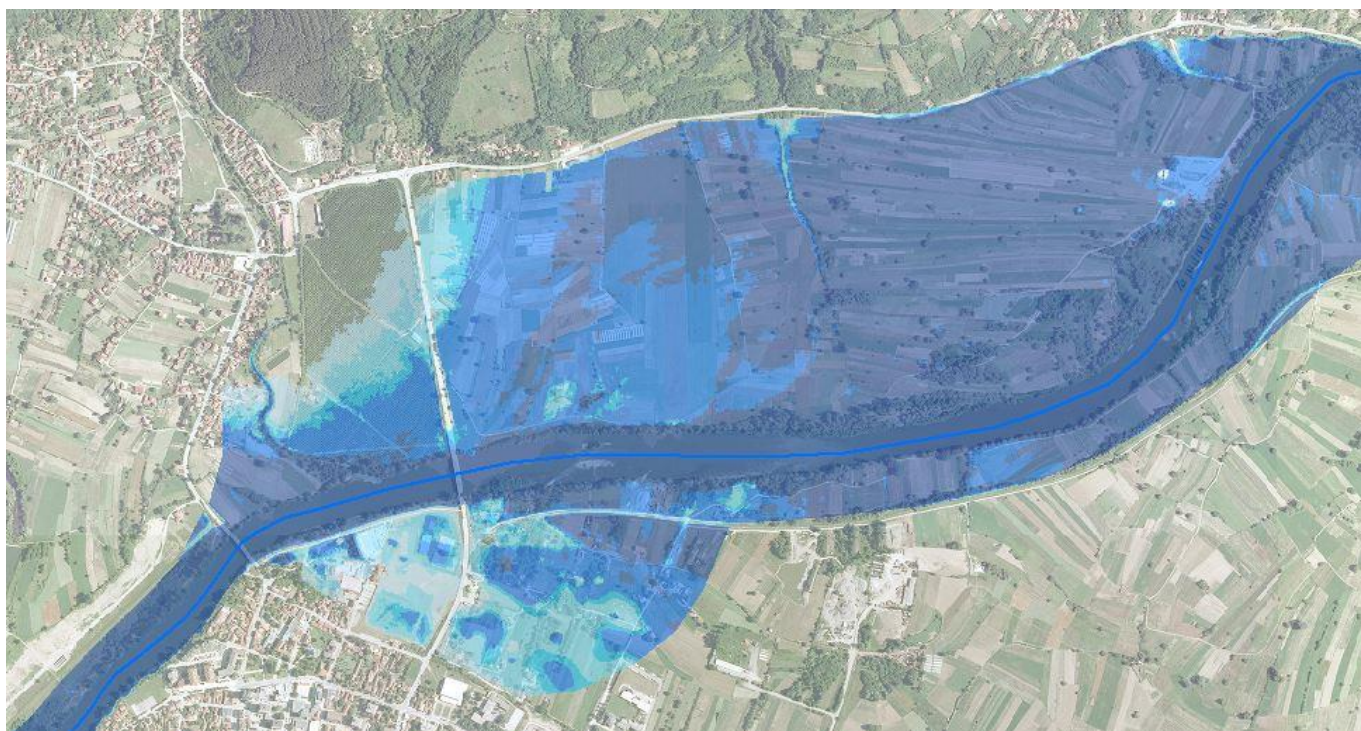
Za plavne zone vodotoka I reda izračunate su dubine vode i korišćene su za potrebe dalje analize. Kod vodotoka II reda, odnosno njihovih plavnih zona, dubine nisu imale uticaj u daljoj analizi jer prosečne dubine nisu prevazilazile 1 metar. Dubine u plavnim zonama tokova I reda su dostizale i dubine preko 7 metara. Dobijene dubine vode poplavnih zona su sortirane u kategorije, radi lakšeg razumevanja rezultata i dalje analize. Vrednosti dubina koje su dobijene hidrauličkim proračunima, su razvrstane u pet kategorija.

0 m < h ≤ 0.5m
0.5 m < h ≤ 1m
1 m < h ≤ 1.2m
1.2 m < h ≤ 2m
2 m < h ≤ 4m
h > 4m

Pri analizi izloženosti poplavama u poplavnim zonama vodotokova I reda posebno su uzete u obzir oblasti plavljenja u intervalu od 0 do 1.2m, kao oblasti u kojima mogu da se primene meze zaštite instaliranja mobilnih sistema odbrane od poplava, odnosno kao oblasti u kojim je moguće postaviti ove sisteme. Plavne zone svih analiziranih tokova II reda su uzete u obzir kao oblasti gde mogu da se postave ovakvi objekti jer ne premašuju 1,2 metra dubine.

Na ovaj način su sužene površine na kojim se mogu postaviti mobilni sistemi odbrane od poplava.

Nredna slika prikazuje primer plavne zone podeljene na kategorije. Prikazan je deo plavne zone Zapadne Morave kod Trstenika.



Slika 22 Primer klasifikovane dubine plavne zone

6.2. ANALIZA IZLOŽENIH ELEMENATA POPLAVAMA

Analiza izloženosti elemenata poplavama sadrži preklapanje rezultata hidrauličke analize sa potencijalno ugroženim elementima, koji su obuhvaćeni izračunatim plavnim zonama. Neophodno je izračunavanje obima poplave kao i određivanje karakteristika poplave. Pod karakteristikama poplave smatramo: obim poplave (plavne zone) i dubinu vode. Obim poplave definiše područje izloženo hazardu a dubine sužavaju oblast u kojoj je primenjiva instalacija mobilnih sistema odbrane. Ovi podaci su dobijeni prethodnom hidrauličkom analizom.

Ukrštanjem prostornog rasprostiranja poplave (plavne zone sa dubinama vode), elemenata koji su potencijalno ugroženi i položaja postojećih vodozaštitnih objekata, dobijaju se kritične zone kojima je potrebna dodatna zaštita i koje bi imale benefita instalacijom mobilnih brana.

- Stanovništvo

Pod ovom kategorijom je analiziran broj stanovnika i broj objekata zahvaćenih poplavama. Posebno su uzete u obzir lokacije zdravstvenih, socijalnih i obrazovnih ustanova. Naredna tabela prikazuje broj stanovnika obuhvaćen dobijenim plavnim zonama.

Tabela 18 Broj poplavom ugroženih stanovnika po slivnim područjima

SLIV/REKA	RED	A (ha)	BROJ STANOVNIKA
Atenicka	2	125.91839	1129.28
Banja	2	170.928845	123.22
Bresnica	2	768.559484	416.62
Bukovac	2	513.496365	445.80
Čemernica	1	65.911243	277.94
Despotovica	1	104.426288	891.60
Dičina	1	284.224083	321.68
Gruža	1	1107.718671	640.46
Ibar	1	1260.924028	8016.28
Ježevacka	2	200.007426	319.37
Karača	2	168.133039	232.86
Lipnička	2	190.734811	159.46
Loznička	2	157.069925	5567.83
Mrsinačka	2	95.192153	66.19
Ostrovka	2	325.274135	249.27
Pridvorička	2	150.38496	4811.37
Slatinska	2	139.305282	97.46
Trnavska	2	141.212788	895.53
Velika reka	2	34.687891	31.80
Veliki potok	2	60.765506	34.85
Zapadna Morava	1	13644.22378	15849.33
			40578.20

U pogledu broja stanovnika koji su izloženi poplavama najveći broj se nalazi unutar plavne zone Zapadne Morave, što je očekivano zbog same veličine oblasti. Zatim, stanovništvo u oblasti plavne zone Ibra, Lozničke reke, Pridvoričke, Čemernice sa pritokama (tačnije u plavnoj zoni reke Despotovice se nalazi najveći broj izloženih stanovnika), Ateničke reke i Trnavske reke.

Analizirani su i objekti obuhvaćeni plavnim zonama. U pitanju su legalizovani objekti, kojima se ne zna namena. Naredna tabela prikazuje brojeve objekata u plavnim zonama. Treba uzeti u obzir da postoje objekti koji su izloženi poplavama ali nisu ovde uračunati, jer nisu legalizovani.

Tabela 19 Objekti pod uticajem poplava

SLIV/REKA	RED	A (ha)	BROJ OBJEKATA
Atenička	2	125.91839	409
Banja	2	170.928845	40
Bresnica	2	768.559484	356
Bukovac	2	513.496365	312
Čemernica	1	65.911243	11
Despotovica	1	104.426288	79
Dičina	1	284.224083	17
Gruža	1	1107.718671	45
Ibar	1	1260.924028	1009
Ježevacka	2	200.007426	144
Karača	2	168.133039	90
Lipnička	2	190.734811	43
Loznička	2	157.069925	1166
Mrsinačka	2	95.192153	11
Ostrovka	2	325.274135	104
Pridvorička	2	150.38496	1701
Slatinska	2	139.305282	46
Trnavska	2	141.212788	240
Velika reka	2	34.687891	0
Veliki potok	2	60.765506	32
Zapadna Morava	1	13644.22378	1613

Od objekata posebne važnosti (zdravstvenih, socijalnih i obrazovnih ustanova) u plavnoj zoni se nalaze 3 škole. Jedna u plavnoj zoni Zapadne morave i dve u plavnoj zoni Pridvoričke reke. Najveći broj objekata je izložen plavljenju u zoni Zapadne Morava (najviše zbog veličine sliva). Zatim u plavnoj zoni Pridvoričke reke, Lozničke reke i u zoni plavljenja reke Ibar. Ovo je pre svega zbog gustine naseljenosti u ovim zonama. Veći broj objekata i stanovništva se javlja u ovim zonama nego u drugim gde je veća razrušenost.

- Poljoprivreda i industrija

Naredna tabela prikazuje poljoprivredne površine koje su izložene stogodišnjim poplavama. Površine su razvrstane po slivnim područjima analiziranih vodotokova.

Tabela 20 Poplavom ugrožene poljoprivredne površine po slivnim područjima

SLIV/REKA	PLAVNA ZONA A (ha)	POLJOPRIVREDNO ZEMLIŠTE A (ha)
Atenička	125.92	90.17
Banja	170.93	129.10
Bresnica	768.56	648.60
Bukovac	513.50	474.80
Čemernica	454.56	401.02
Gruža	1107.72	909.22
Ibar	1260.92	911.62
Ježevacka	200.01	171.50
Karača	168.13	123.80
Lipnička	190.73	172.80
Loznička	157.07	11.83
Mrsinačka	95.19	77.00
Ostrovka	325.27	272.00
Pridvorička	150.38	11.90
Slatinska	139.31	123.70
Trnavska	141.21	101.40
Velika reka	34.69	34.31
Veliki potok	60.77	60.76
Zapadna Morava	13644.22	10274.96

Naredna tabela prikazuje površine industrijskih zona koje su pod uticajem plavne zone. Površine su raspoređene po slivnim područjima u kojima se nalaze.

Tabela 21 Industrijske zone u plavnim zonama analiziranih tokova

SLIV/REKA	PLAVNA ZONA A (ha)	INDUSTRIJSKE ZONE I OBJEKTI A (ha)
Atenicka	125.92	0.51
Bresnica	768.56	2.07
Čemernica	454.56	10.46
Gruža	1107.72	0.06
Ibar	1260.92	14.83
Ježevacka	200.01	2.96
Loznička	157.07	14.43
Ostrovka	325.27	4.66
Pridvorička	150.38	10.68
Zapadna Morava	13644.22	27.16

U zoni Čemernice, industrijske zone se nalaze duž leve i desne obale Despotovice (pritoke reke Dičine, koja se uliva u Čemernicu). Kod ušća reke Ibar i Zapadnu Moravu postoji industrijska zona sa obe obale reke Ibar. U okolini Čačka postoje industrijske zone u blizini tokova Pridvoričke i Lozničke reke, kao i u blizini Zapadne Morave.

- Infrastruktura

Poplavama su izložene međunarodne, državne i lokalne saobraćajnice. Naredna tabela prikazuje dužine ugroženih Međunarodnih i državnih saobraćajnica. Ukupna dužina međunarodnih saobraćajnica zahvaćenih poplavnom zonom je 5.3 km, dok je državnih putova 10.91 km. Dužina ostalih saobraćajnica u planoj zoni je 170.28 km. Ukupna dužina svi saobraćajnica koje su izložene poplavama je 186,54 km.

Tabela 22 Međunarodne i republičke saobraćajnice u izračunatoj plavnoj zoni

Međunarodni put	Državni put	Dužina (km)
	A2	2.30
	46	0.09
	411	0.57
	410	0.42
	38	0.00
	24	1.01
E761	23	4.18
E767	22	1.13
	189	1.67
	188	0.36
	187	2.53

Međunarodni put	Državni put	Dužina (km)
	179	1.96
	177	0.04

Naredna tabela prikazuje zbirno dužine svih saobraćajnica u plavnoj zoni, raspoređenih po slivnim područjima.

Tabela 23 Ukupne dužine saobraćajnica po analiziranim slivovima

SLIV/REKA	DUŽINA PUTEVA (km)
Atenicka	5.52
Banja	1.74
Bresnica	5.36
Bukovac	4.14
Čemernica	3.54
Gruža	10.83
Ibar	9.56
Ježevacka	3.40
Karača	3.67
Lipnička	1.69
Loznička	4.43
Mrsinačka	0.51
Ostrovka	2.25
Pridvorička	6.90
Slatinska	1.13
Trnavska	2.54
Velika reka	0
Veliki potok	0.99
Zapadna Morava	118.82

Železnički saobraćaj je takođe potencijalno ugrožen od strane poplava. Naredna tabela prikazuje dužine pruge po plavnim zonama analiziranih slivova.

Tabela 24 Železničke pruge zahvaćenje plavnom zonom

SLIV/REKA	DUŽINA PRUGE
Atenicka	1.29
Gruža	3.26
Ibar	0.69
Ježevacka	0.31
Karača	0.54
Lipnička	0.02
Slatinska	0.35
Trnavska	0.53
Veliki potok	0.35
Zapadna Morava	3.79

- Životna sredina

Analizirani su elementi koje je neophodno zaštititi od zagađenja, kao što su izvorišta i bunari vode za piće, i potencijalni izvori zagađenja u slučaju poplava, legalne i divlje deponije.

Naredna tabela prikazuje značajna vodoizvorišta za snabdevanje pitkom vodom, koja su pod uticajem izračunatih plavnih zona.

Tabela 25 Vodoizvorišta u plavnim zonama

SLIV/REKA	BROJ BUNARA	BROJ IZVORIŠTA
Bresnica	10	
Bukovac	2	
Čemernica	5	
Gružica	1	
Ibar	5	3
Ježevacka	3	
Karača	1	
Mrsinačka	1	
Trnavska	1	
Zapadna Morava	167	14

Posebno su značajni bunari u blizini grada Kraljeva, na desnoj obali Ibra u oblasti pod nazivom Žičko polje. Ovi bunari su bitan izvor pijaće vode za grad Kraljevo i zabeleženo je da pri plavljenju Ibra dolazi do zamućivanja vode za piće i pogoržanja njenog kvaliteta.

Naredna tabela prikazuje broj legalnih i divljih deponija zahvaćenih poplavnom zonom. Ovo je samo deo registrovanih ilegalnih deponija, i dalje postoji deo neregistrovanih divljih deponija.

Tabela 26 Deponije u plavnim zonama

SLIV/REKA	DIVLJE DEPONIJE	LEGALNE DEPONIJE
Čemernica	1	
Ibar	1	
Zapadna Morava	35	1

6.3. LOKACIJE KVALIFIKOVANE ZA INSTALACIJU MOBILNIH SISTEMA ODBRANE

Područja, identifikovane kritične zone, koja su zaštićene od poplava ili se nalaze na terenu za koji se smatra da je dovoljno visok da im pruži prirodnu zaštitu od uticaja velikih voda, a u slučaju neuspešnog „rada“ infrastrukture za zaštitu od poplava (ili nedovoljno visokog terena), se smatraju potencijalnim lokacijama za podizanje sistema mobilnih brana.

Objekti se mogu postaviti na štićenim deonicama gde već postoje vodoodbrambeni objekti kao što su nasipi i uređena korita ili na deonicama koje su potpuno neštićene. Neštićene deonice su najčešće duž neuređenih rečnih korita, na deonicama gde dolazi do prekida nasipa ili oko posebnih zona, kao na primer oko objekata u industrijskim zonama. Uzimajući u obzir broj elemenata, njihove dužine i površine i njihov prostorni raspored unutar plavne zone, identifikovane su 22 lokacije pogodne za postavljanje mobilnih sistema odbrane.

Lokacija 1

Pridvorička reka, duž toka reke na deonicama gde voda preliiva iz rečnog korita, bilo da je u deonicama sa uređenim rečnim koritom ili uzvodno od njega.

Lokacija 2

Atenička reka, duž toka reke na deonicama gde voda preliiva iz rečnog korita, bilo da je u deonicama sa uređenim rečnim koritom ili uzvodno od njega.

Lokacija 3

Loznička reka, duž toka reke na deonicama gde voda preliiva iz rečnog korita, bilo da je u deonicama sa uređenim rečnim koritom ili uzvodno od njega.

Lokacija 4

Trnavska reka, duž toka reke na deonicama gde voda preliiva iz rečnog korita. Reka nema uređeno korito ni na jednoj deonici toka.

Lokacija 5

Reka Karača, duž toka reke na deonicama gde voda preliiva iz rečnog korita. Reka nema uređeno korito ni na jednoj deonici toka.

Lokacije 6, 7 i 8

Levi nasip uz Zapadnu Moravu od ušća Čemernice do brane Parmenac, u deonicama gde dolazi do preliivanja.

Lokacija 9

Desni nasip uz Zapadnu Moravu u Čačku, u deonicama gde dolazi do preliivanja.

Lokacije 10, 11, 12 i 13

Duž levog i desnog nasipa uz reku Despotovicu u Gornjem Milanovcu, u deonicama gde dolazi do preliivanja i plavljenja industrijskih objekata.

Lokacija 14

Ardani, pokriva deo naselja i izvoriste vode u plavnoj zoni Zapadne Morave

Lokacija 15

Ardani, nasip uz Zapadnu Moravu i Grdačku reku, na deonicama gde preliiva Zapadna Morava.

Lokacije 16 i 17

Ardani (granica između zona Ardana i Grdice), industrijska zona kod Kraljeva na levoj oboli Ibra, desna obala Zapadne Morave. 2 lokacije, zone oko industrijskih objekata.

Lokacija 18

Desni nasip duž Ibra od visokog terena do ušća Kovačkog potoka, duž nasipa na Kovačkom potoku u deonicama gde dolazi do preliivanja i u produžetku desnog nasipa uzvodno uz reku Ibar.

Lokacija 19

Desni nasip uz reku Ibar u zoni izvorišta Žičko polje. Na deonicama nasipa gde dolazi do preliivanja i u nastavku nasipa nizvodno niz reku Ibar, ka Kovačkom potoku.

Lokacija 20

Nasip sa desne strane Zapadne Morave od ušća reke Odžake do Trstenika i na desnom nasipu između mostova kroz Trstenik. Na delovima nasipa gde dolazi do preliivanja i u deonici između dva nasipa.

Lokacija 21

Levi nasip uz Rasinu od ušća sa Zapadnom Moravom, u dužini prekida nasipa, nastavak između dva dela nasipa

Lokacija 22

Ušće Studenice u Ibar, duž obe obale uz Studenicu i uz obalu Ibra (u zoni ušća).

Naredna tabela prikazuje listu identifikovanih lokacija sa potrebnim dužinama deonica za postavljanje mobilnih objekata za zaštitu od poplava.

Tabela 27 Lokacije kvalifikovane za postavku mobilnih sistema odbrane od poplava

BROJ	LOKACIJA	ŠTIĆENA DEONICA (m)	NEŠTIĆENA DEONICA (m)
1	PRIDVORIČKA REKA	2190.67	789.04
2	LOZNIČKA REKA	1773.73	1477.80
3	ATENIČKA REKA	1246.73	1068.62
4	TRNAVSKA REKA		1712.06
5	REKA KARAČA		1360.79
6	LEVI I DESNI NASIP ZM OD UŠĆA ČEMERNICE DO BRANE PARMENAC	2141.63	
7	LEVI I DESNI NASIPI ZM OD UŠĆA ČEMERNICE DO BRANE PARMENAC	1788.37	

BROJ	LOKACIJA	ŠTIĆENA DEONICA (m)	NEŠTIĆENA DEONICA (m)
8	LEVI NASIP U ČAČKU BLIZU UŠĆA ČEMERNICE	580.52	
9	DESNI NASIP UZ ZM U ČAČKU	682.06	
10	LEVI I DESNI NASIP DESPOTOVICE U GORNJEM MILANOVCU	1064.59	
11	LEVI I DESNI NASIP DESPOTOVICE U GORNJEM MILANOVCU	751.75	
12	LEVI I DESNI NASIP NA DESPOTOVICI	427.14	
13	DESNI NASIP NA DESPOTOVICI U GORNJEM MILANOVCU	555.47	
14	ARDANI, DEO NASELJA I IZVORIŠTE VODE	2081.86	
15	ADRANI, NASIPI UZ ZM I GRDIČKU REKU	3387.10	
16	INDUSTRIJSKA ZONA KOD KRALJEVA (POSTROJENJE GIR)		883.97
17	INDUSTRIJSKA ZONA KOD KRALJEVA NA DESNOJ OBALI ZM, LEVOJ OBALI IBRA		3662.67
18	NASIP DUŽ IBRA I KOVAČKOG POTOKA	1624.75	628.00
19	DESNI NASIP UZ IBAR U ZONI ŽIČKOG POLJA	1282.97	359.43
20	DESNI NASIP ZM U TRSTENIKU, KOD MOSTA	1084.17	88.76
21	LEVI NASIP UZ RASINU DO UŠĆA U ZM		119.40
22	UŠĆE STUDENICE U IBAR		1923.59

Ukupna dužina iznosi **36 737.66** metara.

Naredna tabela prikazuje dužine mobilnih objekata potrebnih da bi se pokrile sve kritične zone, raspoređene po slivovima reka na kojima se nalaze (od kojih se štite).

Tabela 28 Dužine mobilnih sistema odbrane od poplava, raspoređeni po slivovima

REKA	DUŽINA OBJEKTA
ZAPADNA MORAVA	16381.12
IBAR	3895.15
DESPOTOVICA	2798.95
ATENIČKA	2315.35
KARAČA	1360.79
LOZNIČKA	3251.53
PRIDVORIČKA	2979.71
TRNAVSKA	1712.06
RASINA	119.40
STUDENICA	1923.59

6.3.1. PRIORITETNOST KVALIFIKOVANIH LOKACIJA

Uzimajući u obzir socijalni, ekonomski i ekološki kriterijum, konsultant je identifikovao lokacije koje odgovaraju za postavljanje mobilnih sistema odbrane od poplava. Sve lokacije su međusobno upoređene i dodeljen im je prioritet, 1 ili 2. Lokacije sa prioritetom 1 imaju prednost za postavljanje mobilnih sistema. Svi predloženi prioriteti lokacija zavise pod pretpostavkom da se na svim lokacijama dogode istovremeno poplave izazvane stogodišnjim padavinama.

Naredna tabela prikazuje lokacije koje su prepoznate kao pogodne za postavljanje mobilnih sistema, zajedno sa potrebnim ukupnim dužinama mobilnih sistema odbrane. Lokacije su razvrstane po prioritetima za postavljanje odbrambenih mobilnih sistema. Prikaz lokacija se nalazi u grafičkom prilogu broj 3.

Tabela 29 Lokacije za postavljanje mobilnih sistema odbrane, podeljene na prioritete

BROJ	PRIORITET	LOKACIJA	UKUPNA DUŽINA (m)
1	1	PRIDVORIČKA REKA	2979.71
2	1	LOZNIČKA REKA	3251.53
3	1	ATENIČKA REKA	2315.35
15	1	ADRANI, NASIPI UZ ZM I GRDIČKU REKU	3387.10
16	1	INDUSTRIJSKA ZONA KOD KRALJEVA (POSTROJENJE GIR)	883.97
17	1	INDUSTRIJSKA ZONA KOD KRALJEVA NA DESNOJ OBALI ZM, LEVOJ OBALI IBRA	3662.67
19	1	DESNI NASIP UZ IBAR U ZONI ŽIČKOG POLJA	1642.40
20	1	DESNI NASIP ZM U TRSTENIKU, KOD MOSTA	1172.93
21	1	LEVI NASIP UZ RASINU DO UŠĆA U ZM	119.40
22	1	UŠĆE STUDENICE U IBAR	1923.59
4	2	TRNAVSKA REKA	1712.06
5	2	REKA KARAČA	1360.79
6	2	LEVI I DESNI NASIP ZM OD UŠĆA ČEMERNICE DO BRANE PARMENAC	2141.63
7	2	LEVI I DESNI NASIPI ZM OD UŠĆA ČEMERNICE DO BRANE PARMENAC	1788.37
8	2	LEVI NASIP U ČAČKU BLIZU UŠĆA ČEMERNICE	580.52
9	2	DESNI NASIP UZ ZM U ČAČKU	682.06
10	2	LEVI I DESNI NASIP DESPOTOVICE U GORNJEM MILANOVCU	1064.59
11	2	LEVI I DESNI NASIP DESPOTOVICE U GORNJEM MILANOVCU	751.75
12	2	LEVI I DESNI NASIP NA DESPOTOVICI	427.14

BROJ	PRIORITET	LOKACIJA	UKUPNA DUŽINA (m)
13	2	DESNI NASIP NA DESPOTOVICI U GORNJEM MILANOVCU	555.47
14	2	ARDANI, DEO NASELJA I IZVORIŠTE VODE	2081.86
18	2	NASIP DUŽ IBRA I KOVAČKOG POTOKA	2252.75

Dužina u I prioritetu iznosi **21 338.66** metara.

Dužina u II prioritetu iznosi **15 398.99** metara.

Ukupna dužina iznosi **36 737.66** metara.

7. PREDLOG TEHNOLOGIJE MOBILNIH SISTEMA ODBRANE OD POPLAVA

Klasični metod u operativnoj odbrani od poplava su naslagane vreće s peskom. U proteklih nekoliko decenija pojavili su se sistemi koji zamenjuju džakove punjene peskom, takozvani Sand Bag Replacement Systems (SBRS). Iako je upotreba vreća sa peskom vrlo intenzivna i zahtevna u pogledu potrebnog materijala i osoblja, kao i vremena za instalaciju, SBRS se do sada retko koristi u Srbiji. Razlog za ovo je pre svega cena ovih sistema.

Međutim, zbog svoje funkcionalnost i uštede vremena i radne snage, ovi sistemi mogu značajno doprineti zaštiti od poplava.

Dosadašnje iskustvo u korišćenju ovih sistema je pokazalo da SBRS, u poređenju sa tradicionalnom upotrebom džakova punjenih peskom, ima potencijal da odbranu od poplava učini višestruko efikasnijom

Kao što je napomenuto, glavne prednosti mobilnih sistema odbrane od poplava su:

- manja količina potrebnog materijala da bi se podigli mobilni zaštitni objekti
- manji broj ljudi za podizanje i za demontiranje privremenih objekata
- manje vremena koje je potrebno za instalaciju i demontažu ovakvih objekata

Glavne mane ovakvih sistema su cena ulaganja, odnosno cena nabavke ovakvog sistema i nedovoljno iskustvo u primeni ovih objekata.

Postoji više različitih tipova mobilnih sistema, od kojih su dva najčešća: kontejnerski tip i mobilni odbrambeni zidovi.

Kontejnerski tip mobilnih objekata čine objekti koji se ispunjavaju nekim materijalom kako bi postigli neophodnu masu i stabilnost da bi pružili otpor nadolazećoj vodi. U njih spadaju, džakovi peska, tubusi koji se ispunjavaju vodom i drugi objekti koji se ispunjavaju vodom ili peskom npr burad. Ovaj tip sistema je potpuno mobilan i nezavistan od lokacije.

Mobilni odbrambeni zidovi mogu biti potpuno mobilni i nezavisni od lokacije, a mogu biti i delimično mobilni. Delimično mobilni sistemi su uslovljeni lokacijski, što znači da ih je moguće podići samo na prethodno određenim lokacijama, za koje se puzdano zna da im je neophodna sekundarna zaštita od poplava. Ovakvi sistemi se obično postavljaju duž obala reka koje prolaze kroz gradove ili na nasipima u blizini naseljenih mesta gde se javljaju česte poplave. Ovakvi sistemi imaju trajno postavljene elemente za usidravanje objekta, na koje se po potrebi postavljaju nosači i podižu se odbrambeni objekti. Postoje i potpuno mobilni zidovi, međutim kod ovih sistema je ponekad potrebno dodatno podupiranje, u zavisnosti od podloge na kojoj se postavljaju i pritiska nadolazeće vode.

Na tržištu postoji veliki broj mobilnih sistema odbrane od poplava, i u ovoj studiji predstavljamo sisteme četiri proizvođača iz Nemačke i Češke.

7.1. OPIS I PRIMENA TEHNOLOGIJE

U ovom poglavlju su predstavljena oba gore-pomenuta tipa mobilnih sistema odbrane od poplava, kontejnerski tip objekata – tubusa i mobilni zidovi – delimično i potpuno mobilni sistemi. Prvo su opisani sistemi mobilnih zidova proizvođača iz Nemačke i Češke.

7.1.1. Sistemi mobilnih odbrambenih zidova

- **IBIS technics GMBH, Nemačka** (<https://www.ibs-technics.com>)

IBS demontažni sistem zaštite od poplave je iz Nemačke. Ovaj sistem odbrambenih zidova se sastoji od samo nekoliko ključnih komponenti. Najvažniji od njih su centralni nosači, koji se postavljaju u jednakim rastojanjima jedan od drugog, i poprečne aluminijumske letve - stoplogs. Oni se postavljaju između centralnih nosača dok se ne postigne željena visina barijere.

Ove dve glavne komponente zahtevaju još dva dela kako bi odbrambeni zid bio spreman za upotrebu: elementi za pričvršćivanje i stezače. Elementi za pričvršćivanje, ploče za usidravanje, se trajno ugrađuju na lokacije gde se postavlja ovaj sistem odbrane.

Ovo je delimično mobilni sistem, što znači da ne poseduje lokacijsku fleksibilnost.

Naredna slika prikazuje mobilni odbrambeni zid koji je sproveden u Austriji u gradu Grein. Pregrada ima maksimalnu visinu od 4,6 m, što se pokazalo kao vitalno za "poplavu veka" 2013. godine.



Slika 23 Mobilni odbrambeni zid u Austriji

Različiti delovi mobilnog odbrambenog zida su izrađeni od različitih materijala:

- Stoplogs-aluminijumske letve i krajnji nosači izrađeni su od presovanih aluminijumskih profila
- Lagani centralni nosači sastoje se od zavarenih aluminijumskih konstrukcija
- Element za pričvršćavanje (klizni remen) izrađuje se od nerđajućeg čelika 1.4301 ili livenog aluminijuma
- Ploče za usidranje konstrukcije su napravljene od nerđajućeg čelika (1.4301 ili 1.4404)
- Zatvarači mogu biti napravljeni od: EPDM, PE i PU

Postoji nekoliko varijanti sistema:

- HV-50H / L / LU sa aluminijumskim "letvama" širine 50 mm (dostupno u tri različite visine i debljine)
- HV-100H / L / LU sa aluminijumskim "letvama" širine 100 mm (dostupno u dve različite visine i debljine)
- HV-150H sa aluminijumskim "letvama" širine 150 mm (dostupno u jednoj visini i debljini)
- HV-100K sa aluminijumskim "letvama" širine 100 mm (dostupne u dve različite visine i tri debljine za svaku)

Aluminijumske letve i centralni nosači se demontiraju i uklanjaju u skladište kada nema potrebe za dodatnom odbranom od poplava. Ploče za usidranje konstrukcije je potrebno trajno instalirati na pozicijama gde je neophodna dodatna zaštita od velikih voda.

- **IBIS K sistem, mobilnih odbrambenih zidova**

IBIS K sistem je varijacija IBS demontažnog sistema zaštite od poplave, sa razlikom u tome što u ovom sistemu ne postoje fiksni delovi i celokupna konstrukcija je mobilna.

Sistem „K“ je mobilno sredstvo za sprečavanje poplava koje ne zahteva nikakve pripreme strukturne radove. Omogućavajući visinu barijere do 1,3 m, ovaj fleksibilni sistem može se koristiti na izuzetno širokom rasponu lokacija.

Posebnost ovog sistema je ta što voda koja deluje na njega automatski stvara zadržavajuću silu (trenja), koja stabilizuje strukturu. IBS koristi pažljivo izabran izbor visokokvalitetnih, izdržljivih i svestranih materijala. Nema potrebe da se u planove uključuju vreće s peskom.

Na sličan način kao IBS odbrambeni zid, sistem K takođe se sastoji od četiri različite komponente. To su:

- K-blok, nosači
- Stoplog-aluminijumske letve
- Klizna narukvica
- Uzemljenje-"hobnail boot"

Modularni dizajn ovog sistema omogućava da se proširi prema potrebi i prilagodi lokalnoj topografiji. Elementi za međusobno spajanje i ugaoni elementi su standardizovani ali se mogu i posebno prilagoditi lokalnim uslovima. Ozbiljan nedostatak ovog sistema je što ne može biti instaliran na svakoj vrsti podloge. Deo konstrukcije koji se oslanja na podlogu na kojoj se postavlja može da krene da “tone”, npr u mokru zemlju. Naredne slike prikazuju ovaj system postavljen uz obalu na čvrstoj podlozi i na travnatoj podlozi.



Slika 24 K sistem postavljen u Nemačkoj



Slika 25 Konstrukcija postavljena na mekanoj podlozi

Delovi K Sistema su izrađeni od sledećih materijala:

- K-blokovi, odnosno nosači, su napravljeni od aluminijuma
- Aluminijumske letve–Stoplog su izrađene od aluminijuma
- Klizni remen je izrađen od nerđajućeg čelika 1.4301
- Zapečaćivači/zatvarači-Seals mogu biti od EPDM I dostupni su takođe kao PVC pena

Svi materijali imaju praktično neograničen radni vek ako se pravilno skladište i mogu se premeštati i instalirati onoliko često koliko je potrebno.

Postoji nekoliko varijanti K Sistema koje se standardno isporučuju u tri različite visine barijere. Barijere poseduju statičke sertifikate izdate od strane LGA Baireuth. Standardizovane. Dostupne varijante su:

- Visina barijere 550 mm (3 aluminijumske letve)
- Visina barijere 900 mm (5 aluminijumske letve)
- Visina barijere 1300 mm (7 aluminijumske letve)

Takozvani "hobnail boot" element pruža vezu sa površinom, što uklanja potrebu za usidrenim elementima, odnosno elementima za uzemljavanje konstrukcije koji bi bili trajno instalirani. IBS takođe poseduje neophodnu sertifikaciju za ovu tehnologiju u obliku glavnog ispitivanja kompanije LGA Nuremberg.

- **EKO sistem, Češka (<https://www.eko-system.cz>)**

EKO- sistem je iz Češke o on se sastoji od mobilnog zida koji stvara vertikalnu barijeru bilo koje dužine koji je u stanju da zadrži poplavni talas. Sastoji se od dva glavna dela: trajno izgrađenih elemenata i pokretne barijere (mobilnog zida).

Sistem se sastoji iz mobilnih i fiksiranih delova. Fiksni delovi Sistema su bočne vođice, ploče za sidrenje i pragovi:

- Bočne vođice koriste se za pričvršćivanje pokretne pregrade na trajne konstrukcije i zidove.
- Ploče za sidrenje koriste se za pričvršćivanje pokretnih stubova mobilnih zidova.
- Pragovi se izrađuju od čelika, betona ili granite i služe za dodatno pričvršćivanje donje letve. U slučaju da pragovi nisu postavljeni, postoje dodatni zatvarači koji osiguravaju donju letvu.

Svi trajno montirani delovi su izrađeni od nerđajućeg čelika visokog kvaliteta.

Mobilni delovi barijera uključuju prenosne nosače, aluminijumske letve i uređaje za zatezanje:

- Prenosni nosači su čelični zavareni stubovi u obliku slova H u koje se ubacuju aluminijumske letve. Nosači se pričvršćuju na čvrste ploče za usidravanje pomoću šrafova. Primarni materijali za proizvodnju mobilnih nosača je galvanizovan čelik, čelik visoke čvrstoće ili aluminijum.
- Aluminijumske letve su horizontalni elementi koji se ubacuju između bočnih vođica i mobilnih nosača. Izrađeni su od aluminijuma. Zbog toga istovremeno imaju odlična mehanička svojstva i

malu težinu Izrađuju se za tri vrste aluminijumskih „letvi“: širine 50, 90 i 100 mm. Visina zaštite zavisi o broja naslaganih letvi. Najviši mobilni zid koju je izgradio EKO sistem je 6.270 mm.

- Naprava za zatezanje je pričvršćena ili na pragovima, ili direktno na nosače ili bočne vođice. Potrebni su za obezbeđivanje vertikalne sigurnost aluminijumskih letvi.

Mobilni zidovi do visine od 2.600 mm izgrađuju se bez bočne potpore. Viša zidovi moraju da imaju potporu. Potpora je čelični zavar koji poboljšava stabilnost nosača i omogućava upotrebu barijera za veće poplavne nivoe vode. Pričvršćuju se na prenosne nosače pomoću bolcni. Naredn aslika prikazuje instalaciju mobilnog odbrambenog zida.

Aluminijumske letve su šuplje i izrađene su od AlMgSi0.7 aluminijumske legure. Izrađuju se u dimenzijama 50/215, 90/165, 100/200 i 150/200 mm. Sadrže EPDM zatvarač u donjem delu. Koriste se u različitim dužinama, najčešće do 3.600 mm. Duži rasporni se ne koriste zbog lakšeg skladištenja i rukovanja. Izbor pojedinih varijanti zavisi od razmaka letvi i željene visine barijere.

Da bi se savršeno međusobno zapečatile letve, uređaji za zatezanje su montirani na prenosne nosače i bočne vođice da zategnu pojedinačne letve. Ako pregrade ne sadrže prag za pričvršćavanje na dnu, donja letva je opremljena dodatnim zatvaračem praga koji može da zatvori i ispravi nepravilnosti do 15 mm.



Slika 26 Instalacija mobilnog odbrambenog zida

7.1.2. Kontejnerski tip mobilnih objekata

- Mobilni protivpoplavni sistem RIS MPPS 2020

Proizvod RIS MPPS 2020 je mobilni protivpoplavni sistem koji se sastoji od tubusa izrađenih od TPU materijala, koje se pune vodom. Tubusi nisu trajno vezani jedn za drugi, a kada se postavljaju mogu da se postavljaju samostalno, po dva jedan uz drugi ili dva jedan uz drugi i treći na njih. Kada se postavljaju dva, jedan uz drugi, povezuju se gurtinama na dva tačno određena mesta, kroz proreze u slučaju da je jedan od tubusa model WT odnosn WT+. Kada se postavlja i treći na njih, onda se i on obuhvata gurtinama, koje se u adekvatnom broju isporučuju uz proizvod. Uz proizvod se isporučuje i odgovarajući broj priključnih creva koje se sastoji od usisnog creva dužine 3 metara unutrašnjeg prečnika 52 mm, žičano ojačano, sa brzom spojkom za monsun ventil sa jedne strane i brzom spojkom Storz C/DN 50 sa druge strane. Proizvod se proizvodi u sledećim varijantama (BASIC, WT, BASIC +, WT+).

BASIC sistem:

Dužine tubusa mogu biti 5, 10 i 20 metara, visine/prečnika tubusa 90 cm. Materijal od kojih se izrađuje je TPU Polyester 1100 dtex 1000g/m², presvučen sa obe strane.

Svaki tubus poseduje:

- sigurnosni ventil max. 0.33bar sa gornje strane i ima ventil – odušak radi manuelne kontrole pritiska
- dva „Monsun“ ventila za punjenje vodom i pražnjenje mašinskim putem sa gornje strane
- dva otvora na svojim krajevima za pražnjenje oticanjem vode

Boja materijala je narandžasta, što ga čini lako uočljivim na terenu.

Spajanje materijala i delova sistema se vrši tehnologijom visokofrekventnog varenja (HF welding). Na svakom tubusu postoje oznake o smeru postavljanja, granici prilikom spajanja tubusa po dužini, visini maksimalnog pritiska sigurnosnog ventila i osnovni podaci o proizvodu.

Sistem ima tri varijacije: WT, BASIC+ i WT+.

WT varijacija ima sve elemente kao i BASIC sistem, uz dodatak „posteljice“. Posteljica je zalepljen materijal širine 2,05 m po celoj dužini tubusa na način da se prilikom sastavljanja 2 tubusa po dužini „posteljica“ preklapa u smeru nizvodno tako da obezbeđuje potpunu vodonepropusnost i dodatnu stabilnost montažnog nasipa.

Varijante sa oznakom „+“ (BASIC + i WT +) pored gore navedenih elemenata imaju i stroz 55 brzu spojku za punjenje na sredini tubusa sa gornje strane.

Svaka varijacija sistema se brzo i lako postavlja u nekoliko koraka:

- Nakon donošenja tuba na lokaciju, tube se razmotaju i napune vazduhom pomoću duvača vazduha koji se isporučuju uz sistem (kroz Monsun ili Storz ventil). Tube se pune vazduhom dok ne dobiju oblik valjka

- Vazduhom napumpane tube se postavljaju i spajaju u celinu (bedem) i to tako što se postavljaju jedna uz drugu (smaknuto graničnika koji se jasno vidi na tubama) i po potrebi treća tuba na donje dve. Pre postavljanja potrebno je staviti gurtu na podlogu na koju se postavljaju tube. Svaka tuba ima strelicu i prilikom postavljanja sve strelice treba da budu u istom smeru. Ukoliko se postavlja model sa oznakom WT potrebno je da se „posteljice“ preklapaju u smeru vodenog toka
- Postavljene tube se povezuju gurtinama
- Ovako postavljene tube povezane gurtinama se zatim pune vodom pomoću pumpi za vodu ili hidranta (kroz Monsun ili Storz ventil) uz povremeno ispuštanje vazduha preko malog ventila koji se nalazi sa gornje strane tube ili otvaranjem nekog od većih ventila (Monsun ili Storz). Gornja tuba se puni tek kada se završi punjenje donjih tuba. Tube se pune vodom sve dok se prilikom povremenog ispuštanja vazduha ne pojavi voda, a maksimalno do aktiviranja sigurnosnog ventila

Sistem se brzo i lako demontira bez bilo kakvog otpada. Usisno crevo koje je spojeno sa vodenom pumpom brzom spojkom spojiti sa „Monsun“ ventilom i tubu mašinski prazniti sa odvođenjem vode više desetina metara od lokacije (po potrebi). Po završetku „isisavanja“ vode vodenom pumpom, razdvojiti tube i otvoriti otvore za oticanje vode koji se nalaze na krajevima tuba i rolanjem istisnuti ostatke vode

Kod čuvanja i održavanja sistema bitno je:

- tubuse čuvati na suvom mestu, zaštićene od sunca i atmosferskih uticaja
- pre odlaganja tubusa na čuvanje, omogućiti što duže da se suše kako spolja, tako i iznutra
- ukoliko su tokom upotrebe punjene vodom iz reke ili jezera, pre odlaganja na čuvanje, isprati eventualno blato ili pesak

Uz sve varijacije sistema isporučuje se i servisni set za popravku i održavanje sistema.

Pri postavljanju RIS MPPS 2020 sistema potrebno je posebno povesti računa da se tubusi ne prenaduvaju odnosno prepumpaju, da ne bi došlo do pucanja. Svaka tuba ima sigurnosni ventil koji se otvara pod pritiskom 0.33 bara, ali svakako prilikom duvanja i punjenja treba voditi računa da ne dođe do pucanja. Tubuse napunjene vazduhom je potrebno obezbediti jer postoji mogućnost da ih vetar odnese i da se na taj način oštete.

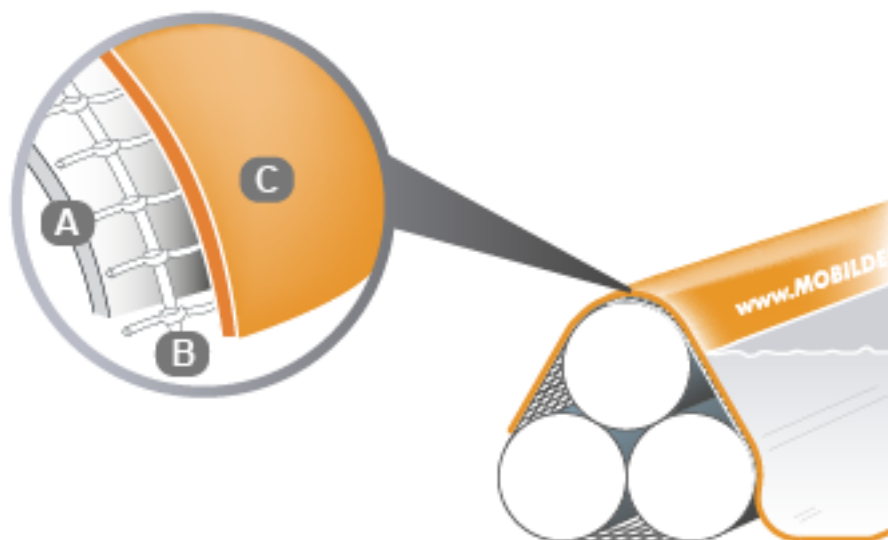
- **MOBILDEICH sistem mobilnih nasipa Nemačka, (<http://www.mobildeich.com>)**

MOBILDEICH inteligentni sistem zaštite od poplavama je sistem iz Nemačke. Mobilni nasipi su sastavljeni od 2 do 3 pojedinačna tubusa – creva, koji su dostupni u različitim dimenzijama i dužinama. Standardni moduli se izrađuju u dužini od 10 m do 40 m i mogu se slagati na ukupnu visinu od 0,45 m do 3,50 m.

Tubusi se mogu lako kombinovati jedan sa drugim, kako bi se omogućila maksimalna zaštita za bilo koju situaciju, različitim kombinacijama modula (tubusa). Ovakva fleksibilnost omogućava ovom sistemu laku prilagodljivost različitim uslovima i terenima, kao na primer: strmim padovima, uskim otvorima, površinama različite hrapavosti i lako pričvršćivanje za zidove i ravna tla.

Svaki modul je obavijen mrežom koja izravnavava pritisak, održava strukturu tubusa i čini mobilni nasip otpornim na bilo kakve spoljašnje uticaje. Moduli su prekriveni zaptivnom membranom koja osigurava vodonepropustnost i stabilnost objekta, čak i kad dođe do prelivanja.

Ovakav sistem ima tri dela zaštite. Telo nasipa - A (tubus) i mreža - B formiraju njegov statički sistem. Zaptivna membrana – C osigurava vodonepropustljivost i visoki stepen sigurnosti objekta, ona sprečava prodiranje vode ispod objekta i drži tubuse spojene pod pritiskom vode. Slika dole prikazuje raspored tri dela zaštite.



Slika 27 Delovi MOBILDEICH sistema

Postavljanje sistema odbrane se sastoji iz razvijanja tubusa, njegovog punjenja i postavljanja membrane-folije. Tubusi su navijeni na velikim vinč-točkovima od lakog metala što omogućava lak transport tubusa na željenu lokaciju. Velika prednost ovih lakih metalnih vinč-točkova je mogućnost transporta i razvijanja tubusa pomoću samo dve do četiri osobe, bilo po suvoj površini ili po površini gde teče voda.



Slika 28 razvijanje tubusa

Svi tubusi se mogu pojedinačno povezati na različite pumpe, koje mobilni nasip napune vodom istovremeno. Ova pogodnost je bitna kada je neophodno brzo punjenje nasipa i uspostavljanje bariere nadolazećem poplavnom vodenom talasu.



Slika 29 Punjenje tubusa vodom

Zaptivna membrana se postavlja na vrh skoro potpuno ispunjenog nasipa kako bi se sprečilo prodiranje vode ispod tela mobilnog nasipa. Veoma je važno da se platno postavi dovoljno daleko ispred mobilnog nasipa kako bi se pritisnulo uz teren i uz površinu mobilnog nasipa, pod uticajem težine nadolazeće vode.

Ovo garantuje dodatnu stabilnost i vodonepropustnost mobilnog nasipa. Zavisno od odabrane veličine modula, mobilni nasip može biti 0,4 m do 2,6 m visok.



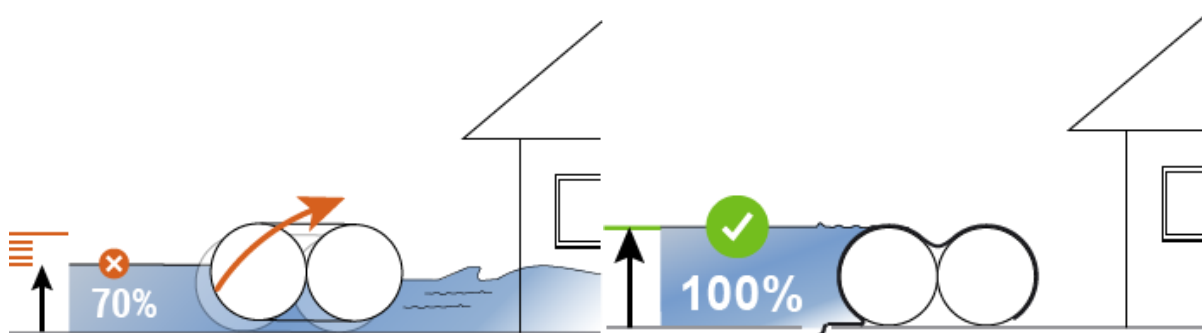
Slika 30 Postavljanje membrane

Ovakav sistem nudi rešenja za poplave na svim uobičajenim površinama. U slučajevima gde se sistem postavlja na nepovezanim površinama, uključena je i drenažna membrana koja se postavlja ispod mobilnog nasipa kako bi obezbedila potrebnu zaštitu od erozije ispod montažnog objekta.

Velika prednost ovakvog sistema je što se, pored konvencionalnih primena na suvim površinama, može postaviti i kroz tekuću vodu.

MOBILDEICH sistem izdvaja kao posebnu prednost sigurnost objekta. Jednostavni mobilni nasipi sa tubusima koji nemaju bezbednosni sistem iz tri dela počinju da plutaju u vodi kada je visina vode prelazi 70% visine nasipa. Kod drugih sistema mobilnih nasipa sa tubusima ako nivo vode dostigne do 70% ukupne visine nasipa, njegova težina više nije toliko velika da bi pritisak mogao biti uravnotežen, i sistem više ne može da se zadrži na zemlji. Iz ovog razloga, čak i ako voda još uvek ne dosegne vrh nasipa, zbog uticaja plovnosti, sistem će početi da pluta i sva zadržana poplavna voda će se naglo propustiti, što može izazvati opasan poplavni talas. Naredne slike ilustruju prednost ovog sistema.¹

¹ Sve slike i ilustracije u ovom poglavlju su preuzete sa sajta proizvođača opisanih sistema



Slika 31 Poređenje MOBILDEICH i drugih sistema sa tubusima

Tubusi se proizvode u dužinama od 10 do 50 metara i prečnicima od 45cm do 150cm. Ovo omogućava kreiranje mobilnih nasipa u visinama od 45cm do maksimalnih 260cm.

Osnovni paket modula sadrži module – tubuse sa mrežom i zaptivnu i drenažnu membranu.

Svaki modul se isporučuje utkan u mrežasto kućište, spreman za upotrebu. Tubusii su dostupni ili na nosećem okviru ili namotani na osovinu. Za tubuse velikog prečnika preporučuje se isporuka na osovinama. Zaptivna i drenažna membrana se isporučuju u dužinama koje odgovaraju dužinama modula.

Varijacije sistema zavise od dimenzija samih tubusa (dužine i prečnika) i dodatne opreme. U dodatnu opremu ulaze:

- Vinč-točkovi od lakog metala. Cevi se isporučuju ili na okviru (na paletama) ili namotani na osovinu. Da bi se olakšalo rukovanje ogromnim tubusima i omogućilo radnicima da lakše oblikuju nasip, par točkova od lakog metala može se montirati na osovinu.
- Pumpa za vodu. Benzinske, dizel ili električne – moguće je nabaviti odgovarajuće pumpe u zavisnosti od budžeta. Alternativno, pogodne su i standardne pumpe (npr. potopne pumpe) koje se mogu koristiti sa spojnicama za punjenje tubusa.
- Palete za skladištenje. Pogodne za kompaktno skladištenje za najviše tri modula jedan preko drugog. Obezbeđuju prostor za jedan modul, sa zaptivnom membranom i drenažnom membranom.
- Poseban MD-Fik profil za zaptivanje, koji omogućava brzo zaptivanje membrane na tvrdoj površini ili vertikalnim zidovima. Profili su vrlo efikasni i lagani: potrebno je samo 50 MD-Fik profila (ukupna težina: 65 kg) za zaptivanje 100 m zaptivne membrane. Ako bi se ista dužina zapečatila pomoću 300 džakova sa peskom, sama težina suvih vreća peska bi iznosila oko 4,5 tone.

- Kontejneri za skladištenje i transport, pogodni za skladištenje i transport nekoliko stotina metara modula.
- MD-Deichmobile, inteligentne prikolice sa automatizovanim funkcijama rolovanja tubusa koje znatno pojednostavljaju rukovanje čak i sa velikim modulima za zaštitu od poplava.

Kod oba opisana sistema potrebno je preduzeti određene mere zaštite:

- ukoliko postoji nagib terena koji može dovesti do iskliznuća ili otkotrljavanja tubusa potrebno ih je puniti simultano kako ne bi jedna strana „preteгла“ i isti postupak primeniti kod praznjenja
- prilikom postavljanja proveriti da li na terenu na koji se postavljaju ima oštih predmeta koji mogu probušiti tubuse
- uvek puniti prvo donje tubuse a potom gornji tubus
- prilikom praznjenja uvek prazniti prvo gornji tubus
- napunjene i postavljene nasipe nikada ne ostavljati bez nadzora
- ukoliko se tubusi ne prazne mašinski, već oticanjem, voditi računa o količini vode koja će se izliti na lokaciji

7.2. ODABIR TEHNOLOGIJE

Kod odabira mobilnih sistema odbrane od poplava neophodno je obratiti pažnju na njihove prednosti i nedostatke. Svakako da bi se donela konačna odluka potrebno je uraditi studiju ekonomske isplativosti i ustanoviti koje rešenje je najisplativije.

Treba imati u vidu da svaki od navedenih sistema ne zahteva veliki broj radnika za instalaciju i demontažu mobilnih objekata, kao i da je postavka ovih sistema višestruko brža od klasične metode postavljanja džakova punih peska. Ostale prednosti i mane opisanih sistema su navedene u nastavku teksta.

- Prednosti mobilnih odbrambenih zidova su:

- Maksimalne nepropusnosti i pouzdanost
- Instalacija mobilnih zidova je brza i laka, a mogu je obaviti i neobučeni ljudi
- Delovi mobilnog zida ne zahtevaju nikakvu posebnu mehanizaciju za instalaciju.
- Čvrsti delovi ne zahtevaju nikakvo održavanje zbog vrhunskih materijala od kojih su napravljeni
- Na mestima gde su postavljeni delimično mobilni objekti, trajno montirani delovi su gotovo nevidljivi. Ugrađuju se u teren na takav način da ih ljudi ne primete
- Mobilni delovi zidova mogu se lako skladištiti. Aluminijske letve iste dužine međusobno uležu jedna u drugu i ne mogu se pomešati tokom instalacije. Letve i mobilni nosači se čuvaju grupisani na paletama za skladištenje
- Lak transport, mogu se utovariti na vozila pomoću viljuškara kako bi se osigurala brža ugradnja

- Nedostaci sistema mobilnih zidova:

- Kod delimično mobilnih sistema je problem lokacijska uslovljenost, ne mogu se postaviti bilo gde
- Kod potpuno mobilnih sistema je mana što ne mogu biti postavljeni na svim vrstama podloge
- Objektima koji prelaze određenu visinu neophodna je dodatna potpora
- Cena sistema

- Prednosti kontejnerskih sistema – tubusa ispunjenih vodom:

- Potpuno mobilan sistem koji se može lako prenositi sa lokacije na lokaciju
- Ovaj sistem nudi rešenja za poplave na svim uobičajenim površinama: asfaltu i betonu, kaldrmi, šljunku, pesku, travnjacima, livadama i u vodi
- Može se postaviti na površine pod nagibom, neravne površine, jer lako prilagođava svoj oblik različitim terenima
- Instalacija je brza i nekomplikovana
- Materijal za punjenje, voda, se može uzimati direktno iz reke
- Najveća prednost ovog sistema je, što se pored konvencionalnih primena na suvim površinama, mobilni nasipni sistem može postaviti i kroz tekuću vodu kad je poplava već u toku
- Jednostavno skladištenje i transport do mesta instalacije

- **Nedostaci kontejnerskog sistema – tubusa ispunjenih vodom:**

- Za instalaciju su potrebni ljudi koji su obučeni da rukuju sistemom
- Pri demontaži potrebno je obratiti pažnju gde i kako se ispušta voda na lokaciji, kako ne bi došlo do plavljenja
- Održavanje je komplikovanije, potrebno je ispirati tubuse od mulja i peska ukoliko je voda za punjenje uzeta iz reke, takođe potrebno je vršiti proveru da li je došlo do fizičkih oštećenja (pucanja, cepanja) i blagovremeno ih sanirati pre naredne upotrebe
- Ako se postavljaju na suvom terenu, udaljenom od prirodnih izvora vode kao što su reke, jeyera itd, potrebno je obezbediti drugi izvor vode za punjenje (hidrant, cisterna)
- Cena sistema

8. ZAKLJUČAK

Preporuka konsultanta je da, za potrebe zaštite analiziranog područja, se uzmu u obzir kontejnerski sistemi tubusa. Razlog za ovu preporuku je pre svega njihova potpuna mobilnost i sposobnost da se postavljaju na svim vrstama podloga i na različitim terenskim uslovima, kao i mogućnost instalacije sistema u vodi.

Predlog maksimalne visine mobilnih objekata je 1,20 m. Ova visina je izabrana iz ekonomskih razloga jer postavljanjem viših mobilnih objekata premašuju se cene trajno postavljenih odbrambenih objekata. Naredna tabela prikazuje dužine mobilnih objekata potrebnih da bi se pokrila sve kritične zone, raspoređene po slivovima reka na kojima se nalaze.

Tabela 30 Dužine mobilnih sistema odbrane od poplava, raspoređeni po slivovima

REKA/SLIV	DUŽINA OBJEKTA
ZAPADNA MORAVA	16381.12
IBAR	3895.15
DESPOTOVICA	2798.95
ATENIČKA	2315.35
KARAČA	1360.79
LOZNIČKA	3251.53
PRIDVORIČKA	2979.71
TRNAVSKA	1712.06
RASINA	119.40
STUDENICA	1923.59

Dužina u I prioritetu iznosi **21 338.66** metara.

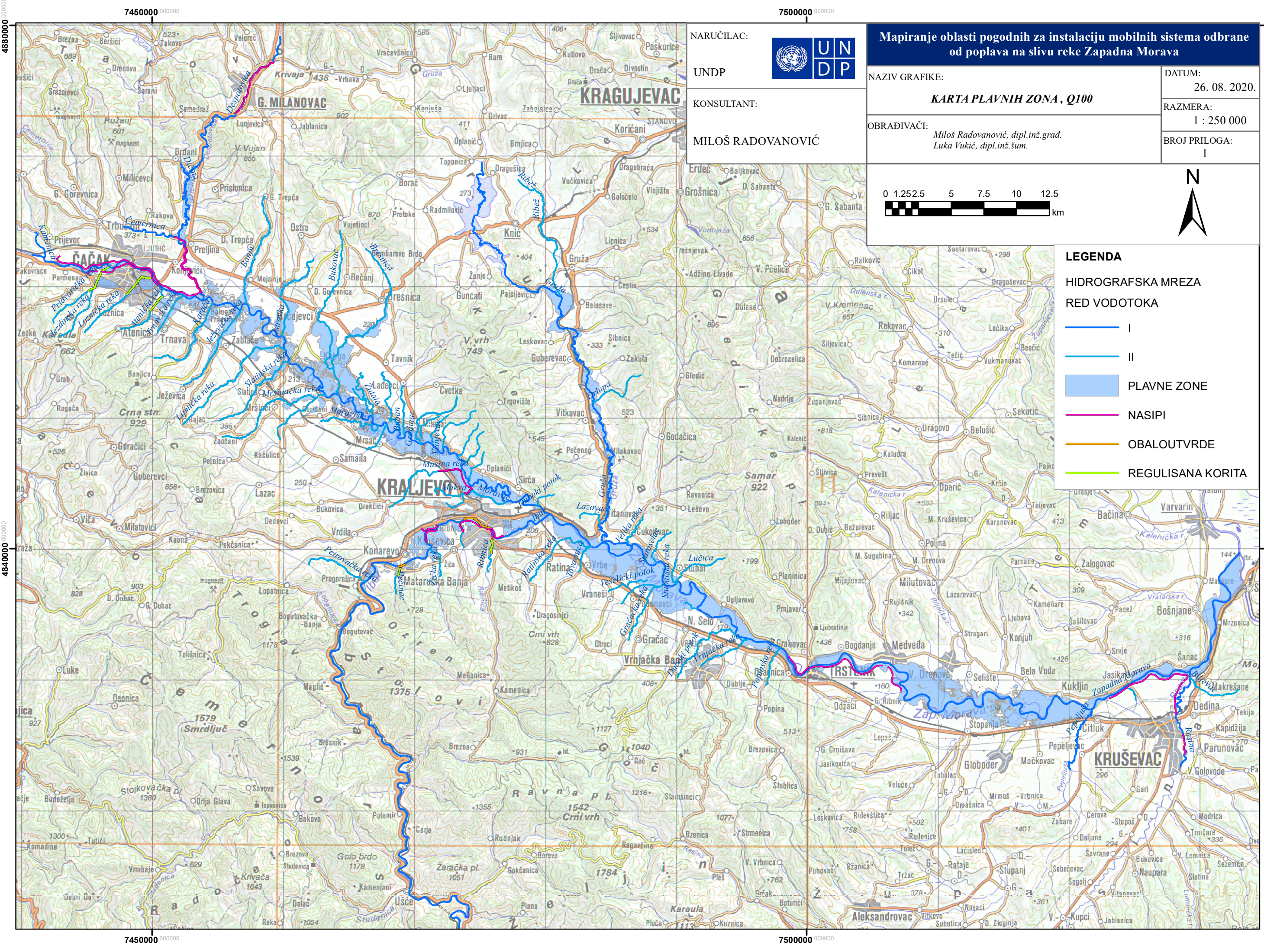
Dužina u II prioritetu iznosi **15 398.99** metara.

Ukupna dužina iznosi **36 737.66** metara.

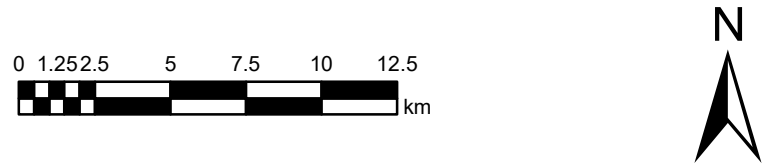
Dužine variraju od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara, što isto značajno utiče na cenu, međutim predloženi tip sistema poseduje potpunu mobilnost i pretpostavka je da se mobilni odbrambeni sistemi neće postavljati na svim lokacijama istovremeno i da se, po potrebi, mogu prenositi sa lokacije na lokaciju. Predstavljene dužine se odnose na slučaj da su sve lokacije zaštićene mobilnim sistemom odbrane istovremeno i prikazuju scenario u kom bi sve lokacije morale biti štice istovremeno od stogodišnjih voda.

9. GRAFIČKI PRILOZI

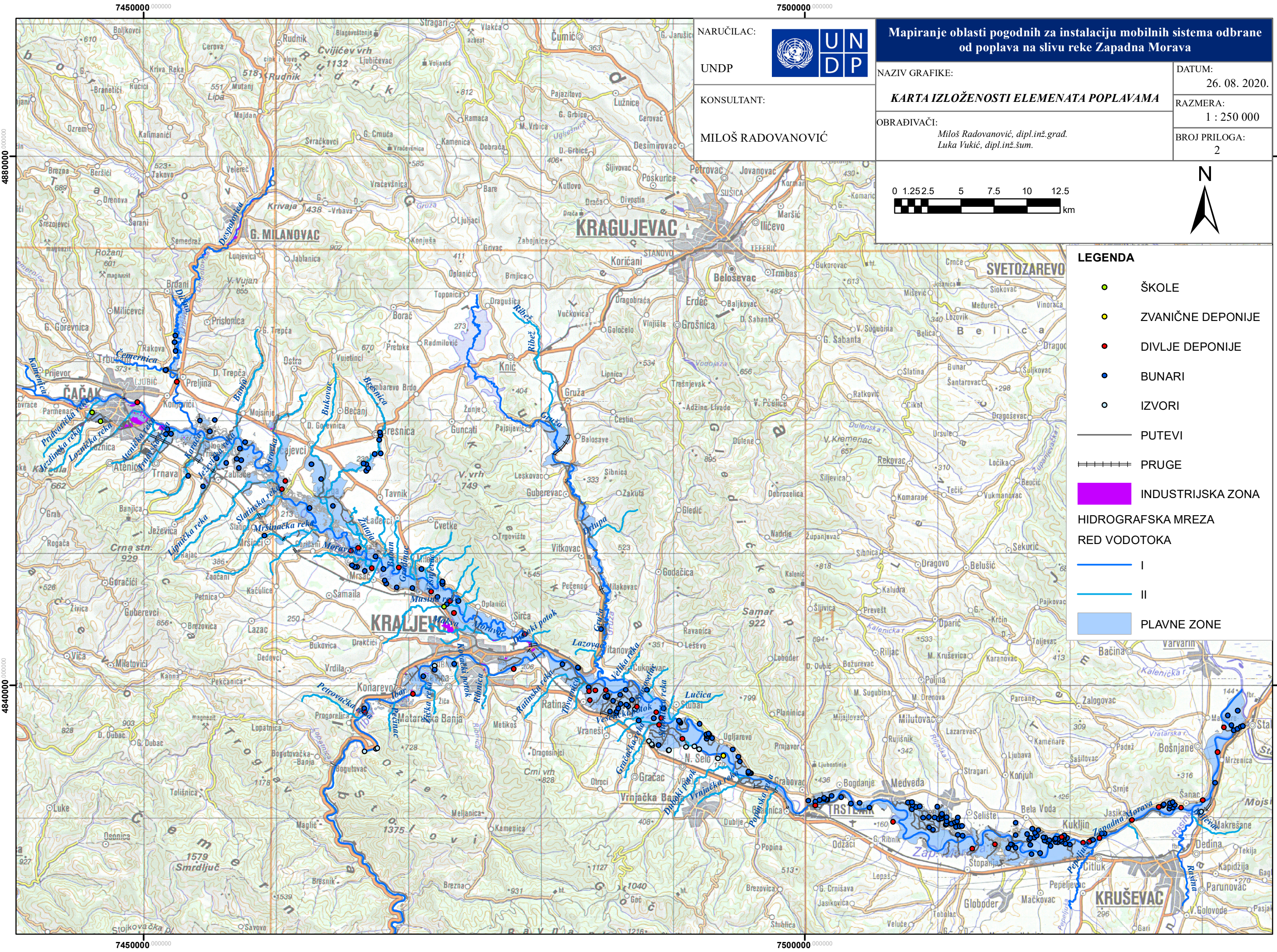
1. KARTA PLAVNIH ZONA, Q100
2. KARTA IZLOŽENOSTI ELEMENATA POPLAVAMA
3. KARTA LOKACIJA ZA POSTAVKU MOBILNIH SISTEMA ZA ODBRANU OD POPLAVA



NARUČILAC:		UNDP	
KONSULTANT:		MILOŠ RADOVANOVIĆ	
NAZIV GRAFIKE:		KARTA PLAVNIH ZONA, Q100	
OBRADIVAČI:		Miloš Radovanović, dipl.inž.građ. Luka Vukić, dipl.inž.sum.	
DATUM:		26. 08. 2020.	
RAZMERA:		1 : 250 000	
BROJ PRILOGA:		1	



LEGENDA	
HIDROGRAFSKA MREZA	
RED VODOTOKA	
I	
II	
PLAVNE ZONE	
NASIPI	
OBALOUTVRDE	
REGULISANA KORITA	



NARUČILAC:
UNDP



KONSULTANT:
MILOŠ RADOVANOVIĆ

NAZIV GRAFIKE:
KARTA IZLOŽENOSTI ELEMENATA POPLAVAMA

OBRADIVAČI:
*Miloš Radovanović, dipl.inž.građ.
Luka Vukić, dipl.inž.sum.*

DATUM:
26. 08. 2020.

RAZMERA:
1 : 250 000

BROJ PRILOGA:
2

0 1.252.5 5 7.5 10 12.5 km



LEGENDA

● ŠKOLE

● ZVANIČNE DEPONIJE

● DIVLJE DEPONIJE

● BUNARI

○ IZVORI

— PUTEVI

++++ PRUGE

INDUSTRIJSKA ZONA

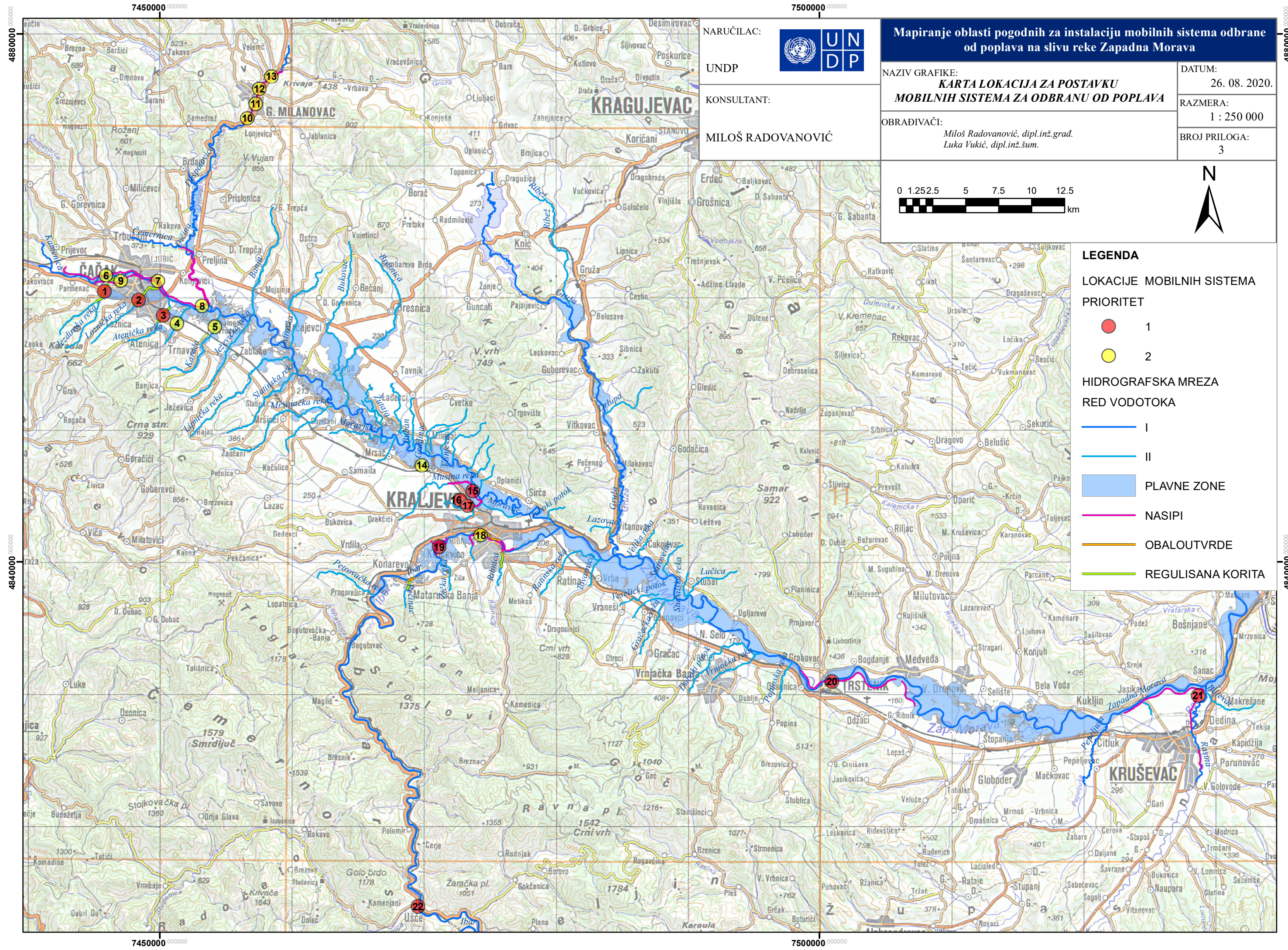
HIDROGRAFSKA MREZA

RED VODOTOKA

I

II

PLAVNE ZONE



NARUČILAC:
UNDP

KONSULTANT:
MILOŠ RADOVANOVIĆ



Mapiranje oblasti pogodnih za instalaciju mobilnih sistema odbrane od poplava na slivu reke Zapadna Morava

NAZIV GRAFIKE:
KARTA LOKACIJA ZA POSTAVKU MOBILNIH SISTEMA ZA ODBRANU OD POPLAVA

OBRADIVAČI:
*Miloš Radovanović, dipl.inž.građ.
Luka Vukić, dipl.inž.šum.*

DATUM:
26. 08. 2020.

RAZMERA:
1 : 250 000

BROJ PRILOGA:
3

0 1.252.5 5 7.5 10 12.5 km

N

LEGENDA

LOKACIJE MOBILNIH SISTEMA

PRIORITET

- 1
- 2

HIDROGRAFSKA MREŽA

RED VODOTOKA

- I
- II

PLAVNE ZONE

NASIPI

OBALOUTVRDE

REGULISANA KORITA