

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij vodarstva in  
komunalnega inženirstva

Kandidat:

**Bojan Jakopič**

# **Vpliv odtoka meteornih voda iz urbanih območij na spreminjanje poplavne varnosti**

**Diplomska naloga št.: 142**

**Mentor:**  
prof. dr. Franc Steinman

**Somentor:**  
asist. mag. Sašo Šantl

Ljubljana, 2010

**STRAN ZA POPRAVKE**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **Bojan Jakopič** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

» **Vpliv odtoka meteornih voda iz urbanih območij na spreminjanje poplavne varnosti** «

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 5. julij 2010

---

## **IZJAVE O PREGLEDU NALOGE**

Nalogo so si ogledali učitelji vodarske in komunalne smeri:

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 556.16:628.2(043.2)

**Avtor:** Bojan Jakopič

**Mentor:** prof. dr. Franci Steinman

**Naslov:** Vpliv odtoka meteornih voda iz urbanih območij na spreminjanje poplavne varnosti

**Ključne besede:** Varstvo pred poplavami, urbana odvodnja, hidrološki-hidravlični modeli, meteorna voda, poplavna nevarnost, poplavna ogroženost.

### **Izvilleček**

Namen naloge je podati pregled tako nacionalne zakonodaje kakor tudi zakonodaje Evropske unije, pri čemer obe obravnavata problematiko poplavne nevarnosti. Najprej bom podal teoretične osnove za izvedbo hidrološko-hidravličnih modelov ter v začetnih poglavjih predstavil teoretične osnove izračuna visokih voda določene povratne dobe, površinskega odtoka pri različnih tipih ureditve urbane površine in principe izdelovanja modelov s programi HEC-HMS in HEC-RAS. Opredelil bom vpliv urbanizacije na spreminjanje naravnih danosti vodotoka in površinskega odtoka iz urbanih območij. Za izračun površinskega odtoka iz tako določenih površin so bile uporabljene preglednice GEN, s časovnim nalivom 15 minut pri različnih povratnih dobah pojava. V programu HEC-HMS sem opravil izračun visokih voda, kar mi je služilo predvsem za preverbo obstoječih podatkov o visokih vodah vodotoka Cereja. Empirični vidik naloge predstavljajo enačbe, ki omogočajo izračun visokih voda s stoletno povratno dobo. V računskem delu sem najprej opravil analizo stanja poplavne nevarnosti pri visokih vodah za deset in stoletno povratno dobo brez vpliva meteornih voda, v nadaljevanju pa sem pri različnih pretokih določil še vpliv meteornih voda. Rezultati, dobljeni z modelom, so zaradi številnih kombinacij vhodnih podatkov podani v obliki grafikonov. Ti prikazujejo spreminjanje višine gladine vodotoka Cereja in posledično podajajo analizo spreminjanja poplavne nevarnosti. Kot zadnji je podan tudi grafični primer določanja območja poplavne nevarnosti in variiranje obsega poplavne površine ozirajoč se na dodatne količine meteornih voda iz nanovo predvidenih urbanih območij.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 556.16:628.2(043.2)  
**Author:** Bojan Jakopič  
**Supervisor:** prof. dr. Franci Steinman  
**Title:** Impact analysis of urban drainage waters on flood control  
**Key words:** Flood control, urban drainage, hydrologic-hydraulic models, storm/rain water, flood hazard, flood risk.

### **Abstract**

This paper analyses the impact of storm water from urban areas on the flood safety issue. In the first capture I will revise the laws that apply to the environmental issue. There is a review of EU directives as well as of the Slovenian law. In the following chapter, I will sum up the theoretical basis of hydrological and hydraulic models, urban drainage, flood control issues and revise the necessary data to make models using HEC-MHS and HEC-RAS programs. A definition of urbanization impact on the river characteristics and its overland flow is necessary. For the purpose of acquiring detailed data of the flow mentioned, GEN tables have been used. 15 minute storm duration has been used, using various return periods. The HEC-HMS application has enabled me to analyze flood waters. By doing that, I was able to confirm the validity of the river Cereja flow-data. The empirical aspect of the thesis is enhanced by various equations used. The latter enabled me to assess the 100 year return period of flood water. The section of calculations analyzes the flood water hazard for a 10 and 100-year return period, regardless of the storm/rain water impact. However, this impact has been taken into account and was defined in the section following the previous. On account of a multitude of input data combinations, the results have been presented in a form of a chart. They illustrate the changes in Cereja water level and present an analysis of the changes in the level of flood hazard, regarding the additional quantity of storm/rain waters, originating from the urban areas.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se vsem, ki so mi pomagali pri realizaciji diplomske naloge.

## KAZALO

1 UVOD .....	16
2 PREGLED PREDPISOV .....	17
2.1 Vodne ujme in poplavna ogroženost .....	18
2.1.1 Definicija poplavne ogroženosti .....	18
2.1.2 Poplave v Sloveniji .....	19
2.2 Evropski pravni okvir .....	22
2.2.1 Direktiva 2007/60/ES o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti .....	23
2.2.1.1 Cilji direktive .....	24
2.2.1.2 Pojmi in načela .....	24
2.2.1.3 Vodna direktiva - Direktiva 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe skupnosti na področju vodne politike .....	26
2.3 Zakonodaja RS Slovenije s področja vodnega gospodarstva .....	31
2.3.1 Zakon o vodah .....	31
2.3.2 Karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti .....	35
2.3.3 Metodologija določanja poplavno ogroženih območij .....	36
2.3.4 Izvajanje poplavne direktive v Republiki Sloveniji .....	40
2.3.4.1 Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti ..	41
2.3.4.2 Prenos določil direktive v nacionalni pravni red .....	43
2.3.4.3 Ocena poplavne ogroženosti .....	44
2.3.4.4 Karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti .....	45
2.3.4.5 Načrti za obvladovanje poplavne ogroženosti .....	46
2.3.3 Podzakonski akti s področja odvajanja površinskih voda .....	47
3 SPREMINJANJE NARAVNIH LASTNOSTI ZARADI URBANIZACIJE .....	49
3.1 Vodni krog .....	51
3.2 Vpliv urbanizacije na površinski odtok .....	54
3.2.1 Nastanek površinskega odtoka .....	57
3.2.2 Podpovršinski odtok .....	57
3.2.3 Spreminjanje odtočnega hidrograma zaradi urbanizacije .....	58
3.3 Koeficient površinskega odtoka in izračun površinskega odtoka iz urbanih površin .....	61



3.4 Izračun visokih voda vodotoka določene povratne dobe .....	63
3.4.1 Določanje hidrograma površinskega odtoka .....	64
3.4.2 Modeliranje s programom HEC-HMS .....	65
3.5 Izvedbe meteornih kanalizacij .....	67
3.5.1 Mešani sistem .....	67
3.5.2 Ločeni sistem .....	68
3.5.3 Delno ločeni sistem .....	69
3.5.4 Povzetek .....	70
3.6 Iztok meteorne kanalizacije v vodotok .....	71
4 PRIMER VPLIVA URBANIZACIJE POVRŠIN NA POPLAVNO VARNOST .....	73
4.1 Obstoječe stanje .....	73
4.2 Predvideno stanje .....	76
4.3 Izračun visokih voda izbrane povratne dobe s HEC-HMS .....	78
4.4 Izračun visokih voda s pomočjo empiričnih enačb .....	84
4.4.1 Deuerling .....	84
4.4.2 Hofbauer .....	85
4.4.3 Foerster .....	85
4.4.4 Povzetek .....	86
4.5 Možnost istočasnega pojava lastnih, zalednih in tujih voda .....	87
4.6 Vhodni podatki za modeliranje in privzete posplošitve .....	88
4.6.1 Izbira visokih voda kot vhodni podatek za program HEC-RAS .....	89
4.6.2 Vzdolžni in prečni profili .....	90
4.6.3 Koeficienti površinskega odtoka .....	91
4.6.4 Površinski odtok iz urbanih območij različne ureditve (lastne in zaledne vode) .....	92
5. <b>RAČUNSKI DEL</b> .....	95
5.1 Določitev letnih pretokov vodotoka Cereja .....	95
5.2 Določitev srednjega vzdolžnega padca struge .....	96
5.3 Izbira Manningovega koeficienta .....	97
5.4 Izbira pogostosti lastnih in zalednih voda, vključenih v analizo .....	99
5.5 Določitev pretočnosti struge vodotoka Cereja – sedanje stanje .....	100
5.5.1 Vpliv meteornih voda iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne varnosti pri pretočnosti struge .....	102

5.6 Hidravlična presoja za visoke vode z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}$ ).....	105
5.6.1 Vpliv meteornih voda iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne nevarnosti pri visokih vodah z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}$ ) .....	107
5.7 Hidravlična presoja za visoke vode z stoletno povratno dobo ( $Q_{100}$ ).....	109
5.7.1 Vpliv meteornih voda iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne nevarnosti pri visokih vodah s stoletno povratno dobo ( $Q_{100}$ ).....	110
5.8 Analiza gladin vodotoka pri srednjem letnem pretoku glede na dotok meteornih voda ..	112
5.9 Povzetek analiz in določitev vpliva meteornih voda na poplavno nevarnost.....	115
<b>6 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČKI .....</b>	<b>118</b>
6.1 Predpisi .....	118
6.2 Površinski odtok iz urbanih površin .....	119
6.3 Visoke vode .....	120
6.4 Zaključek .....	120
<b>VIRI .....</b>	<b>123</b>
<b>PRILOGE.....</b>	<b>128</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zgodovinski pregled poplav v Sloveniji 1901-2009 .....	20
Preglednica 2: Končna ocena škode v mio. EUR, Slovenija, 2004-2008 (Statistični urad RS)	21
Preglednica 3: Ocenjena škoda zaradi poplav Slovenija, 2004-2009.....	22
Preglednica 4: Ocena možnosti za doseganje ciljev vodnih teles površinskih voda (MOP)....	29
Preglednica 5: Ocena možnosti za doseganje ciljev vodnih teles podzemnih voda (MOP)....	29
Preglednica 6: Razlike med novim in starim zakonom o vodah s poudarkom na določilih, ki zadevajo poplavno problematiko.....	33
Preglednica 7: Razredi ranljivosti (Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženost (Uradni list RS, št. 60/2007) .....	38
Preglednica 8: Kriteriji za določitev razredov ogroženosti .....	39
Preglednica 9: Vsebina pripravljenih kart .....	39
Preglednica 10: Upoštewane jakosti nalivov pri zasnovi kanalskega omrežja in spremljajočih objektov (povzeto iz občinskih pravilnikov).....	47
Preglednica 11: Odtočni koeficienti naravnih površin za 5 do 10 letno povratno dobo (prirejeno po Colyer in Pethick, 1976 in Kolar, 1983).....	61
Preglednica 12: Odtočni koeficienti antropogeno spremenljivih površin za 5 do 10 letno povratno dobo (prirejeno po Colyer in Pethick, 1976).....	62
Preglednica 13: Izračun geometrijskega odtočnega koeficienta .....	62
(metoda privzeta po Sketel, 1972).....	62
Preglednica 14: Prednosti in slabosti mešanih sistemov .....	67
Preglednica 15: Prednosti in slabosti ločenih sistemov.....	68
Preglednica 16: Prednosti in slabosti delno ločenih sistemov.....	69
Preglednica 17: Določitev CN, začetnih izgub in maksimalnega zadrževanja S.....	81
Preglednica 18: Določitev časa koncentracije (Kripchova metoda).....	81
Preglednica 19: Določitev časa zakasnitve.....	82
Preglednica 20: Podatki o količini padavin z določeno povratno dobo in trajanjem .....	82
Preglednica 21: Primerjava visokih voda po različnih metodah .....	86
Preglednica 22: Rezultati visokih voda po matematičnem modelu HEC-HMS.....	86

Preglednica 23: Visoke vode uporabljene v programu HEC-RAS.....	89
Preglednica 24: Določitev koeficienta odtoka, brez predvidenega ponikanja meteornih voda s strešnih in asfaltnih površin.....	91
Preglednica 25: Določitev koeficienta odtoka, z predvidenim ponikanjem meteornih voda s strešnih in asfaltnih površin.....	92
Preglednica 26: Izračun površinskega odtoka za različne povratne dobe in odtočne koeficiente pri izbrani intenziteti naliva (cona A).....	93
Preglednica 27: Izračun površinskega odtoka za različne povratne dobe in odtočne koeficiente pri izbrani intenziteti naliva (cona B).....	94
Preglednica 28: Določitev srednjega vzdolžnega padca.....	97
Preglednica 29: Vrednosti faktorjev za določitev $n_g$ (Steinman, 1999).....	98
Preglednica 30: Površinski odtoki lastnih in zalednih voda, ki so vključeni v analizo.....	99
Preglednica 31: Izračuni poteka gladin s programom HEC-RAS (pretočnost struge).....	102
Preglednica 32: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin (pretočnost struge).....	104
Preglednica 33: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin (pretočnost struge).....	105
Preglednica 34: Rezultati izračunov s programom HEC-RAS ( $Q_{10}$ ).....	106
Preglednica 35: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin ( $Q_{10}$ ).....	108
Preglednica 36: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin ( $Q_{10}$ ).....	109
Preglednica 37: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin ( $Q_{100}$ ).....	110
Preglednica 38: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin ( $Q_{100}$ ).....	111
Preglednica 39: Razlika gladin pri različnih odtočnih koeficientih in povratnih dobah izbranega naliva.....	115

## KAZALO SLIK

Slika 1: Definicija ogroženosti .....	18
Slika 2: Povprečne padavine leta 2007 (levo) v primerjavi s povprečjem obdobja .....	21
1961–1990 (desno) (ARSO).....	21
Slika 3: Delitev povodij v Sloveniji (Atlas okolja, ARSO).....	27
Slika 5: Vsebina kart poplavne nevarnosti in kart poplavne ogroženosti.....	35
Slika 6: Postopek določitve poplavno ogroženih območij .....	37
Slika 4: Shema nacionalne organiziranosti (Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015, Ministrstvo za okolje in prostor, maj 2009) .....	42
Slika 7: Sedem držav, po katerih teče reka Donava .....	50
Slika 8: Shema vodnega kroga .....	52
Slika 9: Vodni krog (Prirejeno po Jovanović, 1974).....	52
Slika 10: Vzroki poplavljanja (FGG, Katedra za mehaniko tekočin).....	55
Slika 11: Spreminjanje odtočnega hidrograma iz povodja z razvojem urbanizacije.....	58
Slika 12: Histogram intenzitete padavin in hidrogram površinskega odtoka.....	59
Slika 13: Hidrogram površinskega in baznega odtoka (Privzeto po Brilly, M., Šraj, M. 2000).....	60
Slika 14: Primer določitve izohron z časovnim zamikom ene ure .....	64
Slika 15: Iztok meteorne kanalizacije.....	72
Slika 16: Prikaz obravnavanega območja.....	74
Slika 17: Pokrovnost tal.....	75
Slika 18: Razvodnice in okvirno območje ureditve.....	76
Slika 19: Določitev območij analize (območij A in B) .....	77
Slika 20: Delitev območij A in B na urbane in zaledne površine.....	77
Slika 21: Prikaz razvodnic in prispevnega območja vodotoka Cereja .....	79
Slika 22: Shematski prikaz oznak območij, pretokov in kontrolnih točk.....	80
Slika 23: Odtočni hidrogram za vse tri dele povodja, ki prikazuje visoke vode z desetletno povratno dobo (začetno stanje brez novih urbanih površin).....	83
Slika 24: Odtočni hidrogram za vse tri dele povodja, ki prikazuje visoke vode z stoletno povratno dobo (začetno stanje brez novih urbanih površin).....	83

Slika 25: Shematski prikaz uporabe različnih odtočnih koeficientov za posamezna območja oz primere.....	93
Slika 26: Določitev srednjega vzdolžnega padca vodotoka .....	96
Slika 27: Situacija pretočnosti struge ( $Q_{str} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	100
Slika 28: Prikaz problematičnih odsekov pri pretoku ( $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	100
Slika 29: Prikaz profilov pri pretoku ( $Q_{str}=3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), gladine ter levi in desni breg.....	101
Slika 30: Prikaz iztoka in kote višin za iztok meteorne kanalizacije v profilu 3 in 6.....	103
Slika 31: Prikaz gladin zaradi različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 10 let in primerjava s pretočnostjo struge.....	103
Slika 32: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 100 let in primerjava s pretočnostjo struge.....	104
Slika 33: Prikaz situacije pri visokih vodah z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}=7.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	106
Slika 34: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 10 let z visoko vodo $Q_{10}$ .....	107
Slika 35: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 100 let z visoko vodo $Q_{10}$ .....	108
Slika 36: Prikaz situacije pri visokih vodah s stoletno povratno dobo ( $Q_{100}=15.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	109
Slika 37: Prikaz gladin različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 10 let z visoko vodo $Q_{100}$ .....	110
Slika 38: Prikaz gladin različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 100 let z visoko vodo $Q_{100}$ .....	111
Slika 39: Vzdolžni potek gladine pri srednjem letnem pretoku ( $Q_{sr} = 0,1025 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	112
Slika 40: Primerjava gladin pri različnih vhodnih podatkih modela.....	113
Slika 41: Prikaz situacije pri $Q_{sr}$ in dotoku meteornih voda $\varphi=0.49$ (100 letna p.d.).....	114
Slika 42: Vzdolžni potek gladine pri srednjem letnem pretoku ( $\varphi=0.49$ (100 letna p.d.).....	114
Slika 43: Prikaz vpliva stopnje urbanizacije (pri odtočnem koeficientu 0,21), na poplavno nevarnost.....	116
Slika 44: Prikaz vpliva stopnje urbanizacije (pri odtočnem koeficientu 0,49), na poplavno nevarnost.....	117

## **ENACĀBE**

Akumulirane efektivne padavine (1) .....	66
Začetne izgube (2) .....	66
Akumulirane efektivne padavine (3) .....	66
Maksimalna retenzija (4) .....	66
CN – skupni (5) .....	81
Q(100) po Deurlingu (6) .....	84
Q(100) po Hofbauerju (7) .....	85
Q(100) po Foersterju (8) .....	85
Q(500) <sub>1</sub> po zakonodaji (9) .....	87
Q(500) <sub>2</sub> po zakonodaji (10) .....	87
Q(500) <sub>3</sub> po zakonodaji (11) .....	87
Izračun površinskega odtoka. (12) .....	92
Srednji nizki pretok (13) .....	96
Najnižji nizki pretoki (14) .....	96
Enačba trendne linije (15) .....	97
Manningov koeficient (16) .....	98

## 1 UVOD

Človek je v svojem življenjskem okolju podvržen pojavom naravnih nesreč. Spremembe podnebja zaradi globalnega segrevanja vplivajo tudi na pojave v hidrosferi. Tako so že nekaj časa v porastu vodne ujme. Pri pojavu poplav si želimo predvsem zavarovati človeška življenja in preprečiti materialno škodo. Potrebno se je zavedati, da stoodstotne zaščite pred poplavami ni mogoče zagotoviti. Širitev urbanih območij nedvomno vpliva na spreminjanje poplavne varnosti. V diplomskem delu bom navedel pregled zakonskih določil ter opravil hidrološko-hidravlično analizo odtoka meteornih voda v vodotok Cereja ob morebitni urbanizaciji večjih površin v bližini vodotoka.

Zagotavljanje poplavne varnosti je dokaj zapleten proces, pri katerem je potrebno misliti tako na preventivo, kot na odpravljanje nastalih posledic. Seveda je ključno tudi vzdrževanje baze potrebnih podatkov. Pri opravljanju tovrstnih analiz so vhodni podatki ključnega pomena, saj je natančnost analize odvisna od le-teh. Zato so v nalogi prikazani tudi obstoječi viri in nekateri postopki, s katerimi lahko pridobimo podatke potrebe za izvedbo modelov, ki analizirajo problematiko poplavne varnosti.

Pri nas je za izvajanje preventive in odpravljanja posledic vodnih ujm pristojno Ministrstvo za okolje in prostor. Med samim pojavom naravne nesreče je za intervencije zadolžena civilna zaščita. Pravne norme za reševanje problematike poplavne varnosti imamo, vendar so le-te nejasne oziroma so podzakonski akti v neskladju z zakonom, kar je morda posledica neprestanega spreminjanja in številnih amandmajev. Največji problem pa po mojem mnenju predstavlja dejstvo, da projektantje zaradi stalnega spreminjanja pravnega ustroja niso seznanjeni z novimi zakonskimi smernicami. To povzroča nemalo birokratskih zapletov. Zaradi navedenega je v nadaljevanju prikazan tudi pravni ustroj določil Evropske unije kakor tudi slovenska zakonodaja. Ker so predpisi s področja varstva okolja dokaj obširni, se bom v nalogi osredotočil na tematiko poplavne varnosti.



## **2 PREGLED PREDPISOV**

Odnos ljudi do narave je še vedno takšen, da jo razumejo kot nekaj, kar jim je dano v povsem samovoljno izkoriščanje. Zato si bomo v prvem delu naloge najprej pogledali pravne institute ki se navezujejo na varstvo okolja.

V preteklosti je bila gospodarska rast odvisna oziroma obratno sorazmerna z uničevanjem narave. Posledično so se leta 1992 v Rio de Janeiru dogovorili, da je potrebno takšen pristop nadomestiti z novim, bolj uravnovešenim trendom. Sprejeta je bila Konvencija o biološki raznovrstnosti, katere bistvo je ohraniti raznovrstnost življenja na svetu.

V decembru 1997 so sestavili Kjotski protokol k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja. Slovenija spada med države, ki je omenjen protokol ratificirala z zakonom (2002).

Na globalni ravni se države usklajujejo glede novega sporazuma, ki bi zagotovil zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (TGP). Decembra 2009 se je v danskem Københavnu odvijala 15. konferenca pogodbenic okvirne konvencije organizacije Združenih narodov (OZN) o spreminjanju podnebja. Pod okriljem projekta OZN je 55 od 194 držav članic, ki proizvedejo 78 odstotkov vseh emisij toplogrednih plinov, podalo predloge za sodelovanje. Glavni cilj konvencije je bil dogovor o omejitvi rasti povprečnih temperatur pod 2°C glede na predindustrijsko raven in zagotovitev finančne pomoči v višini 100 milijard ameriških dolarjev letno za države v razvoju do leta 2020. Glede na določila te konvencije si je Evropska unija zastavila cilj 20-odstotnega zmanjšanja emisij TGP glede na leto 1990.

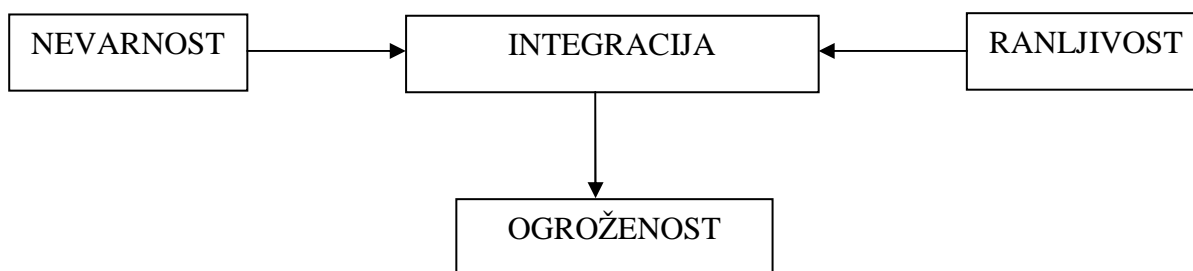
Problematika varstva okolja in varstva pred naravnimi nesrečami je zelo obširna problematika. Zato se bom v delu naloge, ki obsega pregled pravnih norm osredotočil predvsem na problematiko poplavne varnosti. V računskem delu pa je cilj predvsem analizirati morebitni vpliv odvoda meteornih na spreminjanje poplavne varnosti vodotoka Cereja.

## 2.1 Vodne ujme in poplavna ogroženost

Pojav vodnih ujme obsega več naravnih pojavov, njegovo bistvo pa je najbolje predstaviti z navedkom: »Vodne ujme so obsežne naravne nesreče, ki jih povzroča voda v širšem pomenu besede. Tako lahko k vzrokom vodnih ujme uvrstimo tako meteorološke pojave (nevihte in neurja z močnim vetrom in dežjem, snežni viharji) in hidrološke pojave (vse vrste poplav, snežni plazovi) kot tudi geološke in *geomorfološke*<sup>1</sup> pojave (podori in hribinski plazovi)« (Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999). Namen naloge je analiza poplavne nevarnosti ob vodotoku Cereja, ki že občasno poplavlja. Osredotočili se bomo predvsem na problematiko novih urbanih ureditev in odtok meteornih voda s teh površin in njihov vpliv na spreminjanje poplavne varnosti.

### 2.1.1 Definicija poplavne ogroženosti

Kakor sem omenil že v uvodu, se bom pri izdelavi naloge posvetil predvsem problematiki zagotavljanja poplavne varnosti, pri čemer je potrebno podati nekaj osnovnih načel varstva pred vodnimi ujmi. Tako slovenska zakonodaja kot tudi direktive EU govorijo o poplavni ogroženosti, ki predstavlja integracijo pojmov nevarnosti in ranljivosti.



Slika 1: Definicija ogroženosti

---

<sup>1</sup> Geomorfologija je fizičnogeografska veda, ki preučuje relief zemeljskega površja na kopnem in morskem dnu.

Pri tem se pojem nevarnosti nanaša predvsem na naravne pogoje (npr. verjetnost poplave), pri pojmu ranljivost pa so zajete škodljive posledice (npr. število ogroženih ljudi pri določeni verjetnosti pojava poplave). Torej je pojem ogroženosti integracija med samim naravnim pojavom, antropogenimi dejavnostmi, ki jih opravlja človek in škodo, ki jo povzroči pojav. Težko bi bilo govoriti o ranljivosti same narave pri poplavnem pojavu, saj so poplave naravni pojav, vendar so tudi zemljišča z naravnimi danostmi (kmetijska dejavnost) v večini primerov v zasebni lasti, zato je potrebno tudi ta zemljišča obravnavati kot ranljiva.

Podrobnejša določitev poplavne ogroženosti, v skladu z določili direktive (2007/60/ES), je podana v poglavju "Karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti", v nadaljevanju pa so predstavljeni tudi slovenski zakoni in podzakonski akti, ki natančno določajo metodologijo določanja poplavne nevarnosti, ranljivosti in ogroženosti.

### **2.1.2 Poplave v Sloveniji**

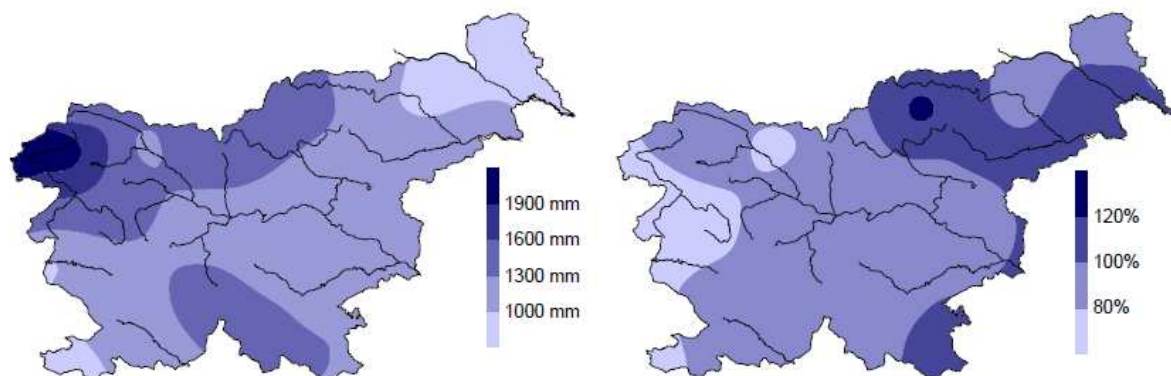
V Sloveniji poplave ogrožajo slabih 15 odstotkov površine državnega ozemlja in kar polovica tega zavzema porečje Save. Ob močnem deževju lahko pride do poplav kjerkoli. Poplave se praviloma pojavljajo zaradi močnih padavin in taljenja snega. Kombinacija obeh pojavov je povzročila poplave decembra 2009. Poplave se lahko pojavijo tudi po sušnem obdobju, ko ob močnem deževju voda ne more pronicati v izsušena tla (intenziteta dežja je večja od intenzitete infiltracije tal). Pojavljajo se v več oblikah, od majhnih hudourniških do obsežnih poplav na večjih območjih. V preglednici 1 so kronološko prikazane večje poplave v Sloveniji. Iz prikazanega je viden trend upadanja velikih poplav. Res je, da smo v zadnjem desetletju imeli že dve večji poplavi, a če se ozremo na dekada med 1923-1933, lahko opazimo, da je v tem obdobju našo državo prizadelo kar šest poplav. V želji, da bi preveril tezo o porastu poplavnih dogodkov, kar nemalokrat zasledimo v medijih, sem ugotovil, da je to zelo težko ugotoviti, saj se je potrebno zavedati da je vsak poplavni dogodek edinstven, tako po vzroku kot po škodi, ki ga le-ta povzroči.

*Preglednica 1: Zgodovinski pregled poplav v Sloveniji 1901-2009*

<b>Datum</b>	<b>Območje</b>	<b>Vzroki</b>	<b>Posledice</b>
November 1901	Večji del porečja Save	Dolgotrajno jesensko deževje	Obsežne poplave ob večjih rekah, pod vodo velik del Celja
Maj 1910	Štajerska	Močne padavine	Prizadeta proizvodnja poljščin, več mrtvih
Nov.-dec 1923	Porečje Save, Savinje in Kreke	Dolgotrajno deževje	Poplavljanje vzdolž Save
November 1925	Ob Savinji, Dravi in Muri s pritoki	Dolgotrajno deževje	Poplavljenе ravnine ob večjih rekah z vasmí in mesti (Celje, Murska Sobota, Maribor,...)
Avgust 1926	Ob Savinji, Dravi in Muri s pritoki	Močna neurja	Divjanje hudournikov
September 1926	Ob Gradaščici in Poljanski Sori	Močna neurja	Divjanje hudournikov, poplavljen tudi južni del Ljubljane, več mrtvih.
September 1933	Ljubljansko barje, kraška polja na Notranjskem in Dolenjskem, ob spodnji Savi in Savinji	Dolgotrajno deževje	Velike poplave na kraških poljih, poplavljenе vasi in mesta ob večjih rekah, več mrtvih
Junij 1954	Porečje Savinje	Močno neurje	Divjanje hudournikov, zemeljski plazovi, poplavljenó Celje; več mrtvih
November 1990	Ob Savinji, Kamniški Bistrici in Sori ter pritokih	Dolgotrajno deževje	Hudournikov, zemeljski plazovi, poplavljenó Celje, 2 mrtva
September 2007	V Bohinju, ob Selški Sori ter Savinji s pritoki	Močni nalivi	Divjanje hudournikov, poplavljeni Železniki in naselja v Spodnji Savinjski dolini; 6 mrtvih
December 2009	Celotna Gorenjska, vzdolž reke Soče in Idrjice, na Vipavskem, Ajdovskem, obala.	Močne padavine, taljenje snega	Visok pretok skoraj vseh večjih vodotokov v državi, divjanje hudournikov, škoda v 25 občinah, poplavljenih 350-400 objektov, morje je poplavelo obalna mesta

Prvi problem, s katerim se soočimo pri takšni analizi, je kvantifikacija določene poplave. V literaturi sem naprimer zasledil merila podana na podlagi škode ali smrtnih žrtev. Tovrstna kvantifikacija je sicer smiselna, vendar se nam poraja vprašanje, ali nam to res lahko prikaže trend naraščanja tovrstnih pojavov. Poplava iz leta 2009 je sicer res povzročila več materialne škode kot poplava iz leta 2007, vendar je slednja zahtevala več smrtnih žrtev. V primeru, da bi se omejili zgolj na materialno škodo, se postavlja spet drugo vprašanje. Kako oceniti škodo? Pri analizi škode je zelo težko primerjati cene nepremičnin iz današnjega časa z obdobjem pred obema svetovnima vojnoma, že zgolj zaradi korenite spremembe političnih ustrojev.

Potrebno je tudi poudariti, da se količina padavin spreminja na letni ravni. Zanimivo je, da je bilo po letu 1999 najbolj sušno leto prav leto 2007, kar je nazorno prikazano na sledeči sliki.



Slika 2: Povprečne padavine leta 2007 (levo) v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990 (desno) (ARSO)

Kot je razvidno iz zgornje slike, se večji del Slovenije nahaja v območju od 80 do 100 odstotnega dolgoletnega povprečja padavin.

Dejstvo je, da je pri tovrstnem določanju trendov določenih pojavov veliko robnih pogojev, ki se jih da ali celo mora upoštevati. S tovrstnimi mislimi želim le prikazati dejstvo, da je analiza že samo dveh poplavnih dogodkov (poplava leta 2007 in 2009) zelo zapleten proces. V kolikor bi želeli objektivno predstaviti trend poplavnih pojavov na globalni ravni, bi bilo potrebno zbrati ogromne količine podatkov, kar pa presega namen te naloge.

Podatki o škodi (zajete so vse naravne nesreče, 78 odstotkov celotne škode predstavlja toča), v milijonih evrih, povzročeni zaradi naravnih nesreč od leta 2004 do leta 2008, ki jih so trenutno objavljeni na straneh Statističnega urada RS), so sledeči:

Preglednica 2: Končna ocena škode v mio. EUR, Slovenija, 2004-2008 (Statistični urad RS)

Leto	2004	2005	2006	2007	2008
Škoda (mio €)	75	78	83	125	121

\*prikaz vseh vrednosti v preglednici je informativen

Če pri teh podatkih upoštevamo, da je delež škode, ki ga povzročijo poplave dva odstotka, lahko dobimo okvirno škodo, povzročeno zaradi poplav:

*Preglednica 3: Ocenjena škoda zaradi poplav Slovenija, 2004-2009*

Leto	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Škoda (mio €)	1.9	2.0	2.1	3.1	3.0	5-7*

\* Neuradna ocena na podlagi ocen zavarovalnic, ki vključujejo samo poplave decembra 2009, zato je potrebno podatek upoštevati zgolj kot informativen.

V kolikor moja predpostavka izračuna v preglednici velja (prikaz v preglednici je zgolj informativen), lahko privzamemo dejstvo, da je potrebno vsako leto nameniti veliko denarja za odpravljanje škode zaradi poplav. Ob tem se spomnim stavka, da se tovrstni problemi ne rešujejo dovolj aktivno, ker mine med eno in drugo katastrofalno poplavo preveč časa in ljudje na tovrstno problematiko enostavno pozabijo. Ker je bilo na tem področju izvedenih že veliko študij in raziskav, kot je naprimer magistrska naloga (Trček, 2003), se v to tematiko ne bom podajal.

## 2.2 Evropski pravni okvir

V želji po čimvečji blaginji in gospodarskem razvoju žene človek svoj habitat do skrajnih meja. Pojav globalnega segrevanja je danes pereč problem, saj naj bi povzročal porast vodnih ujm na globalni ravni. Vedno več je tudi zaskrbljenosti zaradi dobave pitne vode v prihodnosti. Dejstvo je, da se količina pitne vode in njena kvaliteta zmanjšujeta. Kvaliteta površinskih voda upada predvsem zaradi onesnaževanja vodnih virov, obenem pa se količina na globalni ravni zmanjšuje zaradi krčenja ledenikov.

Varstvo in trajnostno upravljanje vode je treba intenzivneje vključevati v druga področja politike Skupnosti EU kot so energetika, promet, kmetijstvo, ribištvo, regionalna politika in turizem. Sprejemanje direktiv naj bi bila podlaga za stalni dialog in razvoj strategij za nadaljnje povezovanje področij politike. Tako sprejete direktive lahko tudi pomembno prispevajo k drugim področjem sodelovanja med državami članicami, med drugim k Evropski perspektivi prostorskega razvoja.

Slovenija je kot članica EU dolžna prilagajati nacionalno zakonodajo evropskim direktivam. Pri tem gre za idejo poenotenja zakonodaj različnih članic z namenom bolj učinkovitega in enovitega pristopa k reševanju problematik. Zato je poenotenje pravnih norm v čim širšem geopolitičnem območju logično in pomembno.

Uspeh sprejetih direktiv je odvisen od tesnega sodelovanja in medsebojno povezanih ukrepov na ravni držav članic in na lokalni ravni ter tudi od obveščanja, posvetovanja z vključevanja javnosti vključno z njenimi uporabniki.

### **2.2.1 Direktiva 2007/60/ES o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti**

V uvodni točki direktive (2007/60/ES) je navedeno, da poplave lahko povzročijo smrtne žrtve, razseljenost ljudi in škodo okolju, resno ogrozijo gospodarski razvoj in oslabijo gospodarske dejavnosti Skupnosti (2007).

Poplave so resda naravne nesreče, ki se jih ne da preprečiti, vendar obstajajo človeške dejavnosti, ki prispevajo k povečanju verjetnosti omenjenega pojava. Med tovrstne dejavnosti lahko uvrstimo širjenje urbanih območij, omejevanje površin, kjer se lahko zadržujejo poplavne vode, krčenje območij flore, ki učinkovito zadržuje padavinsko vodo, itd.

Izvajanje tovrstnih posegov pa seveda ni brez posledic. Skladno s takšnimi posegi je potrebno razmišljati tudi preventivno in zagotoviti vodna zemljišča (za poplavne ravnice, nasipe, zadrževalnike,...) ter pripraviti načrte za vzdrževanje in sanacijo vodotokov na problematičnem povodju. K preventivni dejavnosti lahko prištevamo tudi postopke, ki obravnavajo določanje poplavno ogroženih območij.

Direktiva določa smernice glede ureditve poplavne problematike, vendar je v določeni meri ureditev predpisov in izvajanje prepuščeno državi članici. Le ta lahko problematiko rešuje v skladu z nacionalnimi interesi in ustaljenimi praksami.

### 2.2.1.1 Cilji direktive

Cilji te direktive so vzpostaviti okvir za oceno in obvladovanje poplavne ogroženosti v Skupnosti zaradi preplavljanja rek, jezer in morja s ciljem zmanjšanja škodljivih posledic poplav na zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti. Ukrepi za doseganje ciljev so usmerjeni k preventivi, preprečevanju, varstvu in pripravljenosti (*Direktiva 2007/60/ES o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti*).

### 2.2.1.2 Pojmi in načela

Direktiva, ki pomeni na eni strani povzetek dobrih praks držav ES, na drugi strani pa kompromis med praksami uveljavljenimi v posameznih državah, temelji na enovitem razumevanju osnovnih pojmov direktive, ki so:

- **poplava** pomeni začasno prekritje zemljišča z vodo, ki običajno ni prekrita z vodo. To vključuje poplave, ki jih povzročijo reke, gorski hudourniki, občasni sredozemski vodotoki, ter poplave, ki jih povzroči morje v obalnih območjih, lahko pa izključuje poplave iz kanalizacijskih sistemov,
- **poplavna nevarnost** je naravni pojav, odvisen od hidrografskih in geoloških značilnosti območja, ki ga ni mogoče preprečiti,
- **poplavna ogroženost** pomeni kombinacijo verjetnosti nastopa poplavnega dogodka in morebitnih s poplavo povezanih škodljivih posledic za zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti,
- **elementi ogroženosti** so prebivalci, okolje, kulturna dediščina ter gospodarske dejavnosti,
- **območja pomembne poplavne ogroženosti**, so območja, kjer so zaradi poplav ogroženi prebivalci, okolje, kulturna dediščina ali gospodarske dejavnosti in izpolnjuje pogoje iz predpisov o vodah,



- **načelo stroškov in koristi** je načelo, ki ga je treba upoštevati pri pripravi predloga ukrepov za zmanjšanje stopnje ogroženosti in določa, da morajo stroški ukrepov za zmanjšanje ogroženosti odtehtati koristi zaradi izvedenih ukrepov,
- **načelo sodelovanja** zavezuje države članice, da si pri pripravi NZPO<sup>2</sup> prizadevajo za sodelovanje s sosednjimi državami članicami in tretjimi državami ter da v tem procesu usklajujejo posamezne vsebine načrta ter v kolikor je to potrebno, po načelu solidarnosti, skupaj načrtujejo ukrepe.

Zgoraj naštetimi pojmi in načela so uporabljeni tudi v nacionalnih pravnih predpisih. Pri pripravi načrtov obvladovanja poplav morajo države članice zagotavljati tudi ustrezno uresničevanje okoljskih ciljev, določenih v zakonodaji Skupnosti. V ta namen morajo karte poplavne ogroženosti vključevati tudi informacije o možnih virih onesnaževanja okolja v primeru nastopa poplav.

Zakonodaja Skupnosti določa, da mora proces sprejemanja ukrepov v zvezi z zmanjševanjem ogroženosti zaradi poplav upoštevati tudi določila direktive Sveta 85/337/EGS z dne 27. junija 1985 o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje, določila direktive 96/82/ES z dne 9. decembra 1996 o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč, v katere so vključene nevarne snovi ter določila direktive 2001/42/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje in Direktivo 2000/60/ES.

Temeljna načela in pojmi navedeni v tem poglavju so povzeti po Okvirnem programu izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015.

Ker je predhodnica poplavne direktive tako imenovana vodna direktiva, je pomembno povzeti tudi nekaj načel in pojmov te direktive. Poglavitni namen vodne direktive, je vzpostavitev temeljev enovite politike in učinkovitega reševanja problematike urejanja voda (načelo subsidiarnosti) na območju celotne Skupnosti.

---

<sup>2</sup> Načrt za obvladovanje poplavne ogroženosti

### 2.2.1.3 Vodna direktiva - Direktiva 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe skupnosti na področju vodne politike

Za učinkovito vodno politiko je potreben pregleden, učinkovit in skladen pravni okvir. Evropska skupnost naj bi zagotovila skupna načela in splošni okvir za delovanje. Vodna direktiva naj bi predvidela tak okvir ter uskladila, povezala in dolgoročno razvijala splošna načela in oblike varstva in trajnostne rabe vode skladno z *načeli subsidiarnosti*<sup>3</sup>. Direktiva posredno ne obravnava problematike poplavne varnosti in ne obravnava prihodnjih sprememb glede tveganja poplav, vendar je pomembna. Določila te uredbe so podlaga za našo okoljsko zakonodajo. Obveznosti, ki izvirajo iz njenih določil, določajo, katere podatke je potrebno pridobiti oziroma opredeliti. Ti podatki so ključnega pomena pri izvajanju in vzpostavitvi nacionalnih instrumentov za preprečevanje posledic, ki nastanejo zaradi poplav.

Namen zgoraj navedene direktive je določiti okvir za varstvo celinskih površinskih voda, somornic, obalnega morja in podzemne vode na podlagi sledečih smernic:

- Voda ni kot ostali tržni proizvodi, ampak je dediščina, ki jo je treba varovati, braniti in obravnavati kot tako.
- Potrebno je zavarovati vode tako glede količin kot kakovosti.
- Postopno zmanjševanje emisij nevarnih snovi v vodo.
- Potrebne so analize značilnosti povodji in vplivov človeške dejavnosti ter izvajati ekonomske analize rabe vode.
- Preprečevanje ali zmanjševanje dogodkov, pri katerih se voda lahko po naključju onesnaži.
- Določitev skupnih okoljskih standardov kakovosti in mejne vrednosti emisij za nekatere skupine ali družine onesnaževal.

Obveznosti, ki izhajajo iz direktive so:

- Prenos v nacionalno zakonodajo in postavitev podlag za začetek procesa upravljanja voda po načelih direktive.
- Priprava načrta upravljanja voda na podlagi strokovnih podlag, ki določajo meje vodnih območij, meje vodnih teles na podlagi karakterizacije površinskih in podzemnih voda in ocene kateri vodotoki lahko dosežejo dobro stanje.

---

<sup>3</sup> Načelo subsidiarnosti povezuje štiri načela; enotnosti delovanja, učinkovitosti, enotne uporabe in solidarnosti.

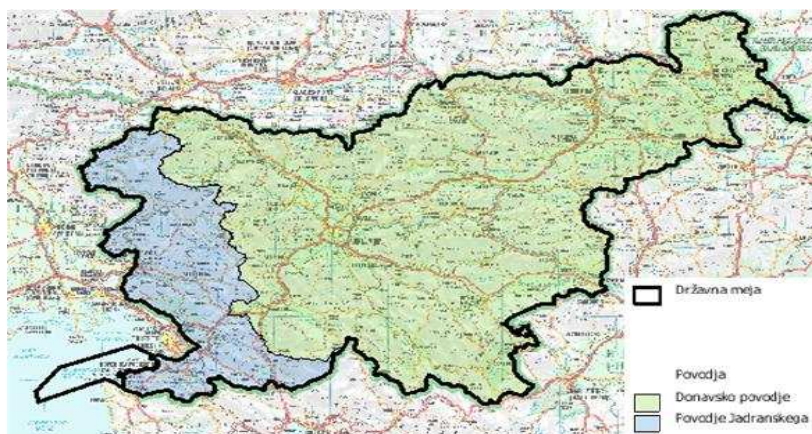
- Postavitev programov monitoringa v skladu z podrobno analizo vplivov in obremenitev vodnih teles z namenom ocenitve in kontrole ekološkega, kemijskega in količinskega stanja vodnih teles.
- Določitev programa ukrepov za doseganje dobrega stanja voda.
- Informiranje in sodelovanje javnosti o pripravi in izvajanju Načrta upravljanja voda.

Kot že omenjeno so obveznosti določene s to direktivo pomembne pri izvajanju direktive, ki ureja poplavno ogroženost. To pride do izraza predvsem pri pripravljanju kart poplavne nevarnosti, kart poplavne ogroženosti in za pripravo načrtov za obvladovanje poplavne ogroženosti, zato je njihovo izpolnjevanje predstavljeno v nadaljevanju.

Prenos vsebine direktive v nacionalno zakonodajo, ozirajoč se na poplavno problematiko, je bil že opravljen. Direktiva je bila upoštevana pri sprejemanju *Zakona o vodah* (*Uradni list RS, št. 67/2002*) in *Zakonu o varstvu okolja* (*Uradni list RS, št. 41/2004*). Navedena sta le zakona, ki se neposredno navezujeta na problematiko poplavne varnosti. Pomembno je poudariti, da so se določila direktive upošteva v celotni zakonodaji, ki obsega varstvo okolja. Zakonodaja iz področja varstva okolja obsega štirinajst zakonov in skoraj petsto predpisov ter nacionalne strategije, programe, EU smernice ter konvencije.

### Določitev vodnih območij

Za celotno območje Slovenije je bilo potrebno v skladu z navedenimi obveznostmi izhajajočih iz vodne direktive, določiti vodna območja .



Slika 3: Delitev povodij v Sloveniji (*Atlas okolja, ARSO*)

Vodno območje Donave je del mednarodnega povodja Donave na območju Republike Slovenije s pripadajočimi podzemnimi vodami. Vodno območje Jadranskega morja je del mednarodnega povodja Jadranskega morja na območju Republike Slovenije z morjem in s pripadajočimi podzemnimi vodami.

### **Kategorizacija vodnih teles**

Na podlagi Direktive Evropskega parlamenta in Sveta EU 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike in predpisa, ki določa metodologijo za določanje vodnih teles površinskih voda, je bil sprejet Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda.

V preteklosti se je za urejanje vodotokov v večini primerov uporabljal postopek oblaganja korit. V zadnjih letih pa se urejanje izvaja bolj v slogu sonaravne ureditve. Oba postopka imata svoje prednosti in slabosti. Njuno izvajanje in temeljne lastnosti je predstavil Steinman v knjigi Hidravlika (1999). Ob primerjavi lahko ugotovimo, da je ureditev z oblaganjem vodnega korita dolgoročno gledano enostavnejša in bolj ekonomična, ozirajoč se na problematiko poplavne varnosti. Vendar tovrstna ureditev omeji vse naravne lastnosti vodotoka na minimalne ravni in skorajda prekine stik vodotoka z zemljiščem v neposredni bližini, kar ima velike posledice za biotop. Flora in favna v takšnem biotopu sta okrnjeni, zato se samočistilna sposobnost vodotoka posledično zmanjša. Tako bi lahko zelo posplošeno dejali, da gre pri današnjem pristopu urejanja vodotokov za boj med zagotavljanjem poplavne varnosti in preprečevanjem degradacije naravnih lastnosti vodotoka.

Kategorizacija vodotokov je pomemben del projekta posodabljanja našega informacijskega sistema. Posledično zagotavlja osnovo za pripravo ocen možnosti doseganje dobrega stanja vodnih teles.

Skladno z EU direktivo in 193. členom Zakona o vodah (ZV-1) so bila definirana tudi vodna telesa površinskih in podzemnih voda. Površinska vodna telesa vključujejo jezera (naravna, umetna, presihajoča) in morje. Podzemna vodna telesa pa so razdeljena na 21 območij.

Količinsko stanje telesa podzemne vode lahko vpliva na ekološko kakovost površinskih voda in kopenskih ekosistemov, povezanih s tem telesom podzemne vode.

### Ocena možnosti za doseganje dobrega stanja vodnih teles

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) je v okviru delovnega programa podalo oceno vodotokov, ki bodo lahko dosegli dobro stanje. Kot je razvidno iz preglednice 4, imajo le določena površinska vodna telesa realno možnost, da dosežejo zadovoljivo ekološko raven. Razbrati je mogoče tudi, da tako za površinska kot podzemna vodna telesa še niso zbrani vsi potrebni podatki, ki omogočajo natančnejšo oceno zmožnosti za doseganje ciljev (na spletu ni bolj ažurnih podatkov).

*Preglednica 4: Ocena možnosti za doseganje ciljev vodnih teles površinskih voda (MOP)*

EU oznaka	Vodno območje	Skupno število VT	Število rek	Število jezer	Ne dosegajo DS	Ni podatkov	VT, ki bodo dosegla DS
SI 1	Vodno območje Donave	121	110	11	34	39	48
SI 2	Vodno območje Jadranskega morja	34	25	3	10	4	20

Po teh ocenah iz preglednice 4 bo le 44 odstotkov površinskih voda dosegla dobro stanje.

V spodnji preglednici pa je podana ocena za doseganje dobrega stanja podzemnih vodnih teles:

*Preglednica 5: Ocena možnosti za doseganje ciljev vodnih teles podzemnih voda (MOP)*

EU oznaka	Vodno območje	Skupna površina (km <sup>2</sup> )	Skupno št. VT	Ne dosegajo DS	Ni podatkov	VT, ki bodo dosegla DS
SI 1	Vodno območje Donave	16422	18	3	2	13
SI 2	Vodno območje Jadranskega morja	3853	3	0	0	3

Vode so vse bolj obremenjene zaradi naraščajočega povpraševanja po zadostni količini kakovostne vode za vse namene, zato je potrebno razviti celostno politiko Skupnosti do voda.

## **Hidrološki monitoring površinskih celinskih voda**

Zakonodajna podlaga za program hidrološkega monitoringa in nacionalne hidrološke dejavnosti izhaja iz *Zakona o varstvu okolja (Ur.l. RS, 41/04)*, *Zakona o vodah (Ur.l. RS, 67/02)* in *Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Ur.l. RS, 64/94)*. Omenjeni zakoni in vrsta podzakonskih aktov urejajo vsebinska področja, ki jih določa vodna direktiva (2000/60/EC) kot skupni evropski in nacionalni okvir za delovanje na področju vodne politike. V oktobru 2007 je stopila v veljavo direktiva o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (2007/60/EC), ki v 7. členu pravi, da morajo biti v načrtih za obvladovanje poplavne ogroženosti obravnavani vsi vidiki obvladovanja poplavne ogroženosti, s poudarkom na preprečevanju, varstvu in pripravljenosti, vključno z napovedovanjem poplav in sistemi za zgodnje opozarjanje. Zakonski predpisi za izvajanje nacionalne hidrološke dejavnosti so tudi v Konvenciji o sodelovanju pri varstvu in trajnostni rabi reke Donave (Donavska konvencija) in Konvenciji o varstvu morskega okolja in obalnih območij Sredozemlja s pritoki (Barcelonska konvencija) ter v bilateralnih sporazumih s sosednjimi državami na področju urejanja vodnogospodarskih razmerij.

Primer učinkovite zgodnje opozoritve in preventive v okviru poplavne varnosti so decembrske poplave iz leta 2009. Agencija RS za okolje je že dan prej opozorila, da bo kombinacija padavin in taljenja snega povzročila dvig rek po vsej državi. Kot je razvidno iz preglednice št. 1 je bila škoda velika, ni pa povzročila smrtnih žrtev, kar je tudi eden vodilnih ciljev v programih preventive.

Dolžina površinskih vodotokov v RS znaša 26.989 km, kar daje Sloveniji povprečno gostoto vodotokov na kvadratni kilometer 1,33 [km/km<sup>2</sup>]. Med glavna porečja štejemo Muro, Dravo, Savo in Sočo ter del Jadranskega povodja z odtokom v morje. Po navedbah Programa monitoringa površinskih voda za leto 2009 so vodomerne postaje površinskih voda glede na namen organizirane v osnovno in razširjeno mrežo ter mrežo postaj pomembnih za hidrološko analizo. Hidrološki monitoring površinskih voda poteka na 185 merilnih mestih, od tega je na 134 merilnih mestih zagotovljeno zvezno beleženje hidroloških podatkov kot so npr. pretok, višine vodne gladine, in drugo (MOP, december 2008).

Merjene količine na merilnih postajah so pomembne tudi z inženirskega vidika, saj je mogoče zbrane podatke statistično obdelati in uporabiti. V zakonodaji in inženirski praksi se pojavlja izraz poplave z določeno povratno dobo. Le-te je možno pridobiti iz tako merjenih podatkov pretoka. Pomembno je poudariti, da se točnost dobljenih podatkov s pomočjo statističnih instrumentov povečuje z dolžino obdobja opazovane meritve. Če vzamemo primer določitve maksimalnih letnih vrednosti pretokov z namenom določitve  $Q_{100}$ , je zaželeno, da je doba opazovanja daljša od 10 let.

Ker je nemalokrat problem pridobiti omenjene podatke, so v nadaljevanju naloge predstavljene tako empirične enačbe, ki omogočajo določitev visokih voda s stoletno povratno dobo, kot tudi model izračuna površinskega odtoka s programom HEC-HMS. Pri izdelavi slednjega sem uporabil podatke o nalivih (preglednica 20), ki sem jih pridobil na spletni strani Agencije RS za okolje.

## **2.3 Zakonodaja RS Slovenije s področja vodnega gospodarstva**

Zakonodaja je praviloma pisana v abstraktni obliki. Namen zakonov je predvsem določati smernice pravnih predpisov. Za praktično uporabo pa se je potrebno seznaniti tudi s podzakonskimi določili. Ker problematiko poplavne nevarnosti neposredno obravnava le Zakon o vodah, bodo v nadaljevanju podana določila tega zakona in predstavljeni podzakonski akti, ki se na ta zakon in problematiko navezujejo.

### **2.3.1 Zakon o vodah**

Leta 2002 je bil, upoštevajoč določila Direktive (2000/60/ES), katera določuje okvire vodne politike v EU, sprejet *Zakon o vodah (Ur.l. RS, 67/02)*. Zakon ureja upravljanje z vsemi celinskimi vodami, vodnimi in priobalnimi zemljišči, vodno infrastrukturo ter ureja tudi javno

dobro in javne službe na področju voda. Zakonu o vodah je bil s sprejetjem amandmaja leta 2008 dodan nov stavek v 2. členu:

»Pri opredelitvi ciljev upravljanja z vodami in z njimi povezanih programih ukrepov se upoštevajo vplivi podnebnih sprememb« (*Zakon o vodah (ZV-1), Uradni list RS, 57/2008*).

Na podlagi zgornjega odstavka je smiselno omeniti, da so v teku razprave o pripravi novega podnebnega zakona. Vlada naj bi po navedbah direktorja vladne službe za podnebne spremembe, predlog zakona o podnebnih spremembah sprejela do konca junija 2010 in ga nato poslala v Državni zbor. Zakon naj bi bil dolgoročni okvir, po katerem naj bi Slovenija do leta 2050 izpuste toplogrednih plinov glede na izhodiščno leto 1986 znižala za 80 odstotkov. Torej bo zakon urejal problematiko izpustov toplogrednih plinov pri nas. Zakon je še v fazi priprave, zato mu ne bom posvečal posebne pozornosti. Omembe vredno je, da so se pri pripravi predloga zakona zgledovali po britanskem zakonu, ki je edini te vrste v EU. Slovenija naj bi bila tako ena prvih držav članic Unije, ki bo podnebni zakon sprejela (STA, maj 2010).

Zanimivo je, da je prejšnji zakon podobno načelo že vseboval v uvodnem členu kjer je bilo navedeno:

»Zaradi posebnega pomena za gospodarstvo, ljudsko zdravstvo, *klimatske razmere*, in druge splošne koristi so vode in vodna zemljišča v Ljudski republiki Sloveniji pod posebnim družbenim varstvom« (*Zakon o varstvu voda, Uradni list LRS, 40/67*).

V preglednici št. 6 so podane nekatere osnovne razlike med zakonom, ki je bil v veljavi pred sprejetjem novega zakona v letu 2002. Zanimala so me predvsem pravna določila, ki neposredno obravnavajo poplavno problematiko.

Pomembna razlika med novim in starim zakonom je, da je lahko po določilih starega zakona posameznik v prid svoje poplavne varnosti sam izvedel gradbeni poseg zavarovanja brežin. Lahko je tudi odvzemal naravni material (pesek, kamenje, ...) iz vodotokov. Posledica omenjene ureditve je povzročila vse večje omejevanje vodotokov (gradnja zidov do roba vodotoka), zacevljanje tras vodotokov v korist širitve urbanih območij, itd.



*Preglednica 6: Razlike med novim in starim zakonom o vodah s poudarkom na določilih, ki zadevajo poplavno problematiko.*

Zakon o vodah	Zakon o varstvu voda
<b>Temeljna razlika</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Za vsako rabo vodnega morskega javnega dobra ali naplavin, razen <i>splošno rabo</i><sup>4</sup>, se plačuje pridobitev vodne pravice in vodno povračilo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vodnogospodarsko dovoljenje je potrebno le v primeru, ko je prizadeta <i>splošna korist</i><sup>5</sup>. Splošna korist ni prizadeta:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pri gradnji zavarovanja brežin ali obale</li> <li>- Preusmeritev manjših vodotokov</li> </ul> </li> <li>- Zacevitev vodotoka, zaradi zagotavljanja varnosti objektov</li> <li>- Zajemanje vode za potrebe gospodinjstva</li> <li>- Odvzem naravnih materialov iz vodotokov</li> </ul>
<b>Delitev Voda</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Celinske vode (stoječe, tekoče in podzemne vode)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Morje</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atmosferske vode</li> <li>- Površinske vode</li> <li>- Podzemne vode</li> <li>- Obalno morje</li> </ul>
<b>Delitev površinskih voda</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razvrstitev v 1. In 2. razred in določitev priobalnih pasov za vsak razred.</li> <li>- Določitev dodatnega najmanj 40 metrskega varovanega pasa izven urbanih območij.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pomembnejše vode upravlja, vzdržuje in varuje Urad za vodno gospodarstvo LRS, ostale vode pa Ljudski odbori.</li> </ul>
<b>Določila glede poplavne problematike</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Država skrbi za varovanje pred škodljivim delovanjem voda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Za večje vodotoke in stoječe vode skrbi država</li> <li>- Za vzdrževanje manjših vodotokov skrbijo posamezniki, na čigar parcelah je vodotok</li> <li>- Prepoved posegov, ki bi lahko ogrozili stabilnost poplavnih nasipov</li> </ul>

<sup>4</sup> Splošna raba obsega zlasti rabo vodnega ali morskega dobra za pitje, kopanje, potapljanje, drsanje, ali druge osebne potrebe, če takšna raba ne zahteva posebnih naprav (vodne črpalke, natege in podobno) ali zgraditve objekta in naprave, za katero je treba pridobiti dovoljenje, skladno s predpisi na področju urejanja prostora in graditve objektov.

<sup>5</sup> Splošna korist je prizadeta z vsakim posegom v prirodni ali umetni vodni obtok in vodna zemljišča, s katerim se v večji meri spreminja količina, kakovost, prostorska ali časovna razporeditev voda ali pa če se v večji meri spreminjajo razmere na vodnem zemljišču.

Pomembno določilo novega zakona je razdelitev površinskih voda na dva razreda, pri čemer imajo vode prvega reda določen 15-metrski priobalni pas, vodotoki drugega razreda pa imajo 5-metrski priobalni pas. V tem priobalnem pasu so možni le določeni posegi pod določenimi pogoji (ne glede na lastništvo nepremičnine), ki so navedeni v določilih zakona. Namen je zagotoviti zaščito brežin vodotokov, zagotoviti varnost pred pojavom erozije in omogočiti dostop javnim službam, ki izvajajo vzdrževalna ali sanacijska dela na vodotoku. Novela zakona iz leta 2008 pa je priobalni pas vodotokov prvega reda izven urbanih območij razširila na najmanj 40 metrov, z možnostjo, da vlada takšen pas celo razširi na podlagi četrte točke 14. Člena (*ZV-I-NPBI*).

### **Varstvo pred škodljivim delovanjem v skladu z Zakonom o vodah**

Varstvo pred škodljivim delovanjem po določilih 82. člena (*ZV-I*) obsega izvajanje ukrepov, s katerimi se zmanjšuje ali preprečuje ogroženost pred škodljivim delovanjem voda in odpravlja posledice njihovega škodljivega delovanja. Določilo se nanaša na varstvo pred poplavami, erozijo, plazovi in ledom. V namen varstva so ogrožena območja razdeljena na poplavna, erozijsko ogrožena, plazljiva in plazovita območja. V poglavju prepovedi, omejitev in zapovedi je za poplavna območja v drugi točki 86. člena (*ZV-I*) zapisano:

#### 86. člen

##### (poplavno območje)

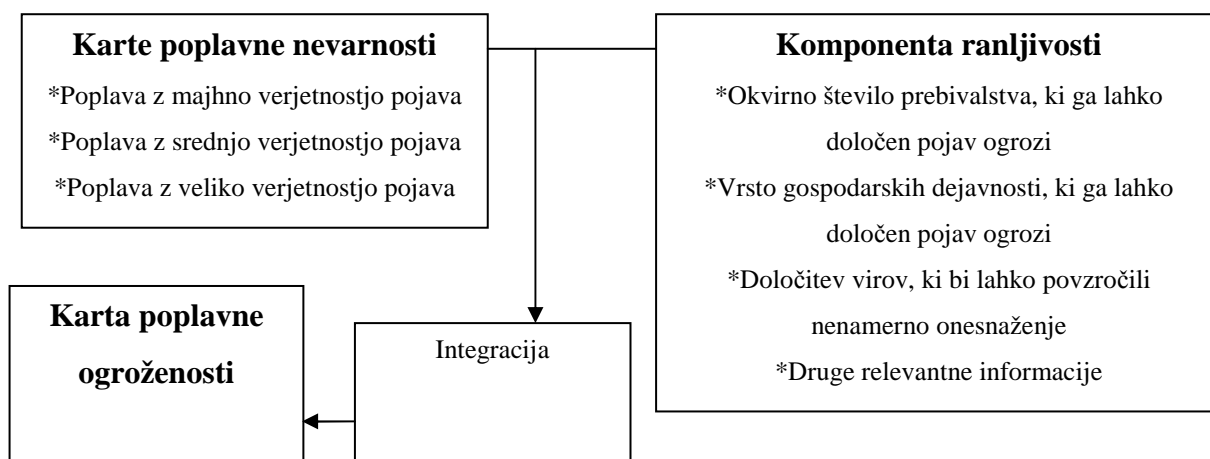
- (1) Za poplavno območje se določijo vodna, priobalna in druga zemljišča, kjer se voda zaradi naravnih dejavnikov občasno prelije izven vodnega zemljišča
- (2) Na poplavnem območju so prepovedane vse dejavnosti in posegi v prostor, ki imajo lahko ob poplavi škodljiv vpliv na vode, vodna, ali priobalna zemljišča ali povečujejo poplavno ogroženost območja, razen posegov, ki so namenjeni varstvu pred škodljivim delovanjem voda.
- (3) Zaradi varstva pred poplavami se v predpisu iz drugega odstavka 85. člena tega zakona določijo podrobnejši pogoji za posege v prostor ali izvajanje dejavnosti iz prejšnjega odstavka.

Navedeno določilo v točki 2 res da prepoveduje dejavnosti in posege v prostor, vendar tudi odpira možnost, da izvajalec s hidrološko-hidravličnim elaboratom izkaže, da njegov poseg ali dejavnost nima vpliva na vodni režim. V kolikor se v elaboratu izkaže, da nameravan poseg ali dejavnost nima vpliva na vode, vodna in priobalna zemljišča ali poplavno varnost, je tovrsten poseg možen.

V skladu z EU direktivami in določili nacionalne zakonodaje so bili sprejeti podzakonski akti, ki obravnavajo tematiko poplavne varnosti. Preden preidemo na izvajanje pravnih predpisov s tega področja v Sloveniji, je smotno podati metodologijo določanja območij poplavne nevarnosti in poplavne ogroženosti.

### 2.3.2 Karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti

Republika Slovenija mora na podlagi predhodno opravljene ocene ogroženosti izdelati natančne karte, ki določajo poplavno nevarnost in poplavno ogroženost. Direktiva opredeljuje pojem poplavne ogroženosti kot kombinacijo verjetnosti nastopa poplavnega dogodka in morebitne s poplavo povezane škodljive posledice za zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti.



Slika 4: Vsebina kart poplavne nevarnosti in kart poplavne ogroženosti

Navezujoč se na zgornjo opredelitev je pomembno poudariti, da je pri hidrološko-hidravlični analizi vodotoka potrebno upoštevati tudi *antropogene dejavnike človeka*<sup>6</sup>.

Zaradi zapletenosti določevanja komponente ranljivosti, predvsem pa zaradi želje analize vpliva dodatnih količin meteorne vode iz novih urbanih površin na spreminjanje poplavne varnosti, se je smiselno osredotočiti le na obravnavo poplavne nevarnosti. V ta namen bo v nadaljevanju predstavljeno nekaj praktičnih določil iz uredb, ki urejajo problematiko poplavne nevarnosti.

### **2.3.3 Metodologija določanja poplavno ogroženih območij**

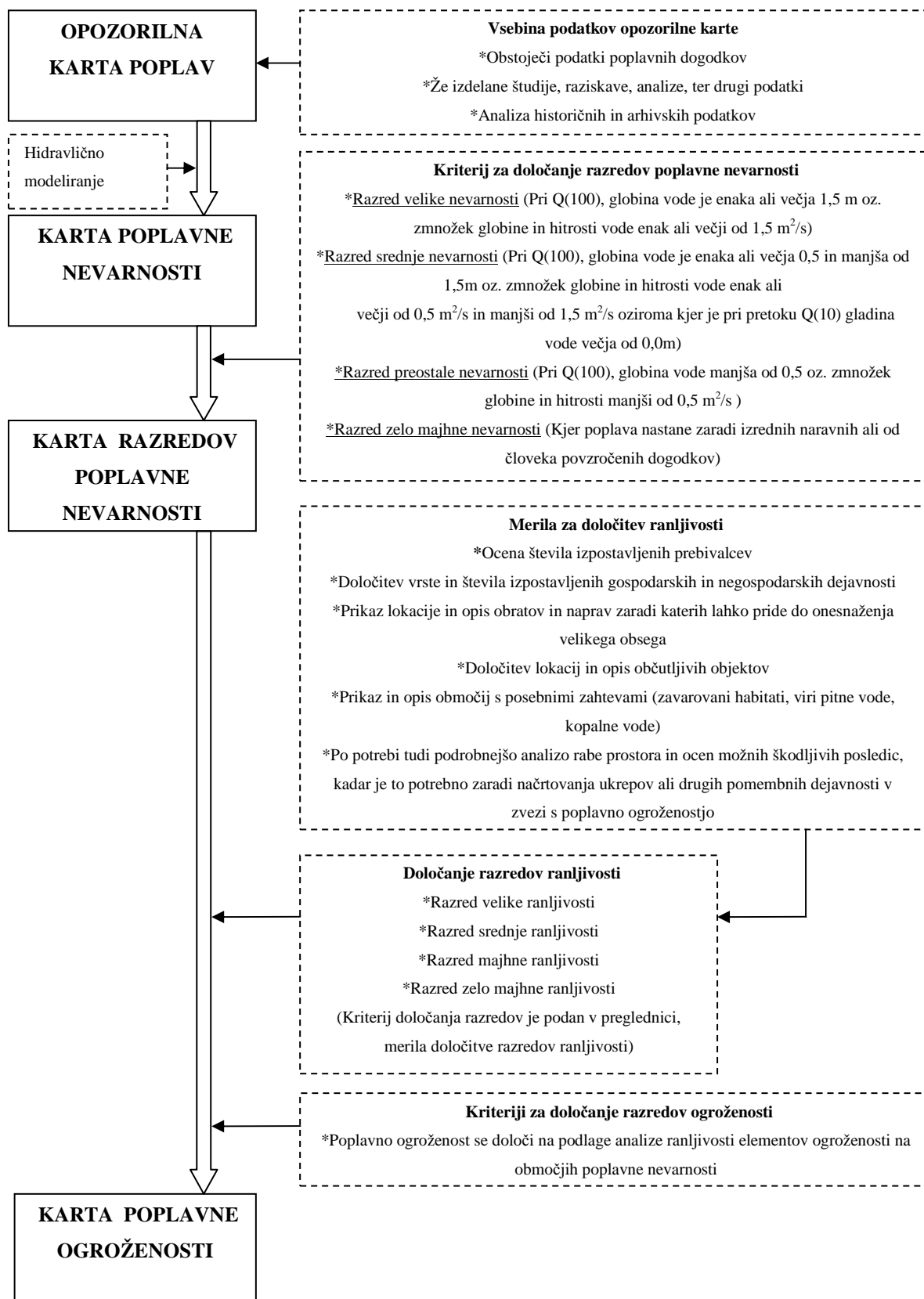
Za zagotavljanje poplavne varnosti je potrebno določiti območja, ki so poplavno ogrožena. Na podlagi analize ogroženosti območja je mogoča ocena poplavnih razmer na določenem območju, načrtovanje ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti, načrtovanje ukrepov zaščite in reševanja ob poplavah, načrtovanje rabe prostora, ozaveščanje javnosti glede poplavne nevarnosti oziroma ogroženosti ter posledično realizacijo mednarodnih obveznosti.

Pri izdelavi kart poplavne nevarnosti, ki predstavljajo drugi korak, je potrebno upoštevati tako naravne kot antropogene elemente obravnavanega vodotoka. Za potrebe diplomskega dela bo v računskem delu naloge uporabljen program za *hidravlično modeliranje*<sup>7</sup> HEC-RAS. Program omogoča 1D modeliranje vodnega območja. Ker vodotok Cereja v svojem spodnjem toku nima velikega pretoka in je poplavna ravnica dokaj enovita, bo hidrološko hidravlična analiza opravljena s programom, ki omogoča 1D analizo. Na sledečem diagramu (slika 5) je predstavljen postopek določitve poplavno ogroženih območij.

---

<sup>6</sup> Kot antropogeni dejavniki človeka so mišljeni vsi posegi, ki vplivajo ali spreminjajo hidrološko hidravlične razmere vodotoka, kot so npr. mostovi, obložitev struge, urbana območja, poseganje na poplavne ravnice, ...

<sup>7</sup> Hidravlično modeliranje: Določanje območja poplavne nevarnosti se izvaja z metodami modeliranja in analiziranja, ki morajo ustrezati priznanemu stanju znanosti na podlagi hidroloških, geoloških, geomorfoloških in geodetskih podatkov ter podatkov o rabi tal in pokrovnost. Izbira metod mora ustrezati dejanskim razmeram na območju in pričakovani natančnosti rezultatov.



Slika 5: Postopek določitve poplavno ogroženih območij

Za potrebe določanja poplavne ogroženosti je predstavljena shema postopka (slika 6), prirejena po pravilniku Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženost (*Uradni list RS, št. 60/2007*). Tretji korak je dodelitev ranljivosti območjem z določeno stopno poplavne nevarnosti.

*Preglednica 7: Razredi ranljivosti (Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženost (Uradni list RS, št. 60/2007)*

RAZRED	ELEMENTI OGROŽENOSTI
Zelo majhna ranljivost	Gostota prebivalcev: do 10 na km <sup>2</sup>
	Manjši obrati gospodarskih in negospodarskih dejavnosti lokalnega pomena
	Občutljivi objekti
Majhna ranljivost	Gostota prebivalcev: od 11 do 100 na km <sup>2</sup>
	Obrati gospodarskih in negospodarskih dejavnosti lokalnega pomena
	Občutljivi objekti
	Kulturna dediščina lokalnega pomena
	Območja s posebnimi zahtevami po predpisih, ki določajo način priprave načrtov upravljanja voda
Srednja ranljivost	Gostota prebivalcev: od 101 do 300 na km <sup>2</sup>
	Obrati gospodarskih in negospodarskih dejavnosti, pomembni za celotno samoupravno lokalno skupnost
	Občutljivi objekti
	Obrati in naprave, zaradi katerih lahko pride do onesnaženja
	Območja s posebnimi zahtevami po predpisih, ki določajo način priprave načrtov upravljanja voda
	Kulturna dediščina regionalnega pomena
Velika ranljivost	Gostota prebivalcev: več kot 500 na km <sup>2</sup>
	Obrati gospodarskih in negospodarskih dejavnosti državnega pomena
	Obrati in naprave, zaradi katerih lahko pride do onesnaženja velikega obsega, še posebej v povezavi z območij z gostoto prebivalcev od 101 do 500km <sup>2</sup> ali z območij s posebnimi zahtevami po predpisih, ki določajo način priprave načrtov upravljanja voda
	Območja s posebnimi zahtevami po predpisih, ki določajo način priprave načrtov upravljanja voda
	Kulturna dediščina državnega oziroma svetovnega pomena
	Občutljivi objekti

V zadnjem koraku določevanja kart poplavne ogroženosti je potrebna še integracija zgoraj navedenih parametrov. Metoda določanja razredov se opravi na podlagi analize ranljivosti elementov ogroženosti na območjih poplavne nevarnosti.

*Preglednica 8: Kriteriji za določitev razredov ogroženosti*

RAZREDI OGROŽENOSTI		RAZRED NEVARNOSTI			
		Velika	Srednja	Majhna	Preostala
RAZRED RANLJIVOSTI	Velika	<b>Ov</b>	<b>Ov</b>	<b>Os</b>	<b>Om</b>
	Srednja	<b>Ov</b>	<b>Ov</b>	<b>Os</b>	<b>Om</b>
	Majhna	<b>Ov</b>	<b>Os</b>	<b>Om</b>	<b>Om</b>
	Zelo majhna	<b>Os</b>	<b>Om</b>	<b>Om</b>	<b>Om</b>

Ov... Območje velike ogroženosti

Os... Območje srednje ogroženosti

Om... Območje majhne ogroženosti

Spodnja preglednica podaja bistveno vsebino zgoraj navedenih kart.

*Preglednica 9: Vsebina pripravljenih kart*

Ime karte	Vsebina Karte
Opozorilna karta poplav	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografija in raba tal</li> <li>- Mejna črta dosega poplav</li> <li>- Mesta posameznih poplavnih dogodkov s točkovnimi oznakami</li> <li>- Oznake vodnih objektov</li> <li>- Po potrebi pisni del, z opisom preteklih dogodkov, ki se lahko ponovijo in oceno škode, ki jih lahko povzročijo</li> <li>- Kjer je smiselno tudi oceno, bodočih poplav z opisom morebitne škode</li> </ul>
Karta poplavne nevarnosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meja območja nevarnosti pri pretoku Q(10), G(10)</li> <li>- Meja območja nevarnosti pri pretoku Q(100), G(100)</li> <li>- Meja območja nevarnosti pri pretoku Q(500), G(10)</li> </ul>
Karta razredov poplavne nevarnosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razred velike nevarnosti</li> <li>- Razred srednje nevarnosti</li> <li>- Razred preostale nevarnosti</li> <li>- Razred zelo majhne nevarnosti</li> </ul>
Karta poplavne ogroženosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razred velike ogroženosti</li> <li>- Razred srednje ogroženosti</li> <li>- Razred majhne ogroženosti</li> </ul>

\* Označevanje mej na podlagi pretoka (Q(10), Q(100), Q(500)) se uporabi za tekoče vode.

\* Označevanje mej na podlagi gladine (G(10), G(100), G(500)) se uporabi za stoječe vode.

\* Pri določevanju razredov poplavne ogroženosti se za oznako uporablja oznaka »P«, za erozijska pa oznaka »E«.

\* Vse ostale označbe, šrafure in barve so podane v *Pravilniku o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženost (Uradni list RS, št. 60/2007)*.

Poplavno ogrožena območja so torej območja poplavne nevarnosti, na katerih je zaradi različne stopnje ranljivosti elementov, ogroženosti in različne moči naravnega pojava različno ogroženo življenje in zdravje ljudi, kakovost okolja, gospodarske in negospodarske dejavnosti in kulturna dediščina.

Ob tako podanem pregledu pravnih predpisov, s področja ki obravnava poplavno varnost, bo v sledečem poglavju analizirano izvajanje teh pravnih norm v Republiki Sloveniji.

### **2.3.4 Izvajanje poplavne direktive v Republiki Sloveniji**

Glede na določila zakona o vodah je za prenos v nacionalno zakonodajo in izvajanje direktive odgovorno ministrstvo pristojno za vode (MOP - Ministrstvo za okolje in prostor), ki ima kot tako tudi vlogo odgovorne uprave na nivojih vodnih območij. Ministrstvo je zato odgovorno za pripravo predloga Načrtov obvladovanja poplavne ogroženosti za vodno območje Donave in vodno območje Jadranskih rek, ter za uskladitev vsebin s sosednjimi državami in državami skupnih mednarodnih povodij, za informiranje javnosti o vsebinah načrta, za zagotovitev sredstev za izvedbo programa ukrepov ter za poročanje Evropski Komisiji o pripravi načrtov oziroma za izvajanje posameznih obveznosti iz direktive.

Po določilih Evropske direktive je potrebno ocene poplavne ogroženosti pripraviti do konec leta 2011, karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti do konec leta 2013 in Načrt obvladovanja poplavne ogroženosti do konec leta 2015. V tem vmesnem času veljajo za načrtovanje prostorskega razvoja lokalnih samouprav in fizičnih oseb prehodne določbe.

Za namene zmanjševanja poplavne in erozijske ogroženosti prebivalcev, gospodarskih dejavnosti, kulturne dediščine ter ohranjanje vodnega in obvodnega zemljišča namenjenega za izvajanje naravnih procesov erozije in poplav ter zagotavljanje izvrševanja okoljskih ciljev, je bila sprejeta uredba (*Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja.*, Uradni list RS, št. 89/2008), ki podaja smernice glede posegov na poplavnih



območjih. Preglednica je sestavljena tako, da oceni ranljivost določenega posega pri gradnji ozirajoč se na poplavno nevarnost danega območja.

Vsi ukrepi za doseganje ciljev so usmerjeni k preventivi, preprečevanju, varstvu in pripravljenosti.

Za izvajanje določil iz navedenih predpisov, je bil na MOP pripravljen Okvirni program za izvajanje poplavne direktive, določila katerega so predstavljena v nadaljevanju.

#### **2.3.4.1 Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti**

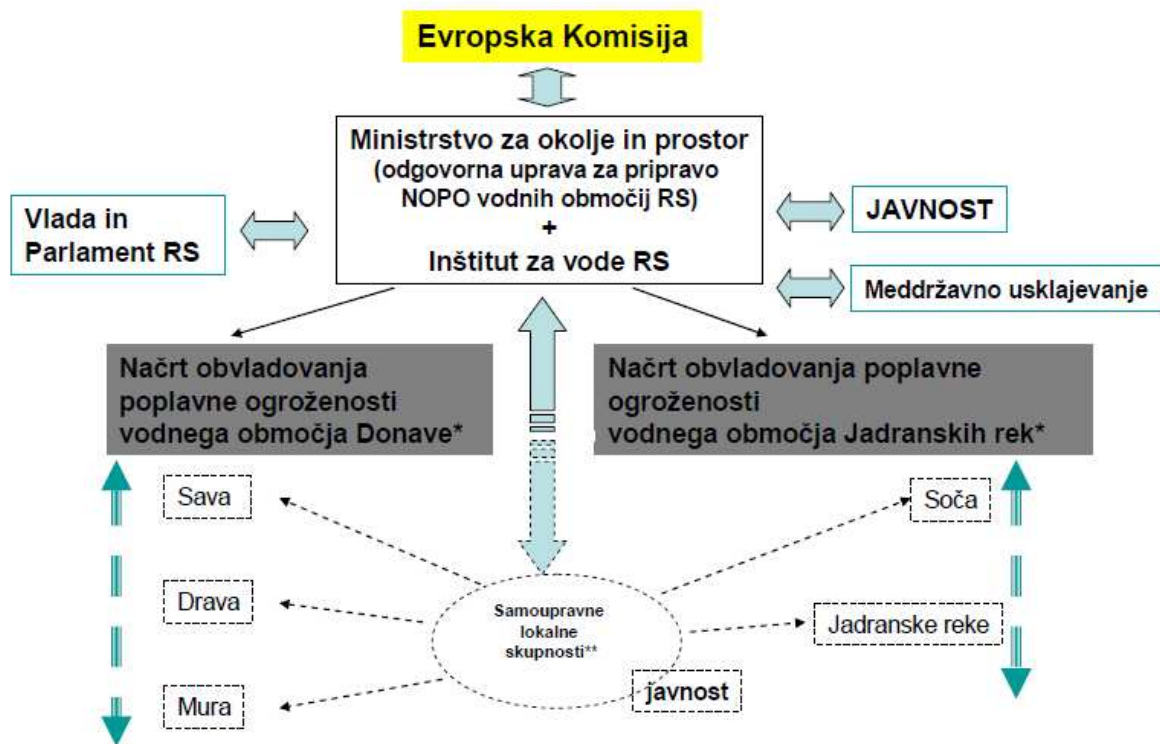
Predhodno predstavljena direktiva določa, da morajo države članice za območja, kjer imajo na podlagi predhodne ocene poplave rek in morja pomemben škodljivi vpliv na prebivalce in njihovo zdravje, na okolje, kulturno dediščino ter gospodarske dejavnosti pripraviti načrt obvladovanja poplavne ogroženosti. Na podlagi določitve območij in stopnje poplavne ogroženosti, ter ciljev za zmanjšanje poplavne ogroženosti, mora načrt določiti program ukrepov za zmanjšanje ogroženosti. Pri tem direktiva določa tudi, da programi ukrepov temeljijo na načelu stroškov in koristi ter na načelu solidarnosti.

Zakonodaja Skupnosti določa tudi, da mora proces sprejemanja ukrepov v zvezi z zmanjševanjem ogroženosti zaradi poplav upoštevati tudi določila direktive Sveta 85/337/EGS z dne 27. junija 1985 o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje, določila direktive 96/82/ES z dne 9. decembra 1996 o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč, v katere so vključene nevarne snovi, ter določila direktive 2001/42/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje in Direktivo 2000/60/ES.

O izvajanju posameznih nalog direktive mora odgovorna uprava (MOP) poročati Evropski

komisiji v skladu s določili člena 14 direktive. Poročanje poteka preko skupnega informacijskega sistema WISE, v skladu s členom 11 poplavne direktive.

Sledeča slika prikazuje shemo nacionalne organiziranosti, za pripravo načrta obvladovanja poplavne ogroženosti:



Slika 6: Shema nacionalne organiziranosti (Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015, Ministrstvo za okolje in prostor, maj 2009)

Iz zgornje sheme je možno razbrati, da smo pri izvajanju poplavne direktive predvideli dva nivoja obvladovanja poplavne ogroženosti.

Cilji direktive se omejujejo na obvladovanje poplavne ogroženosti na območjih, kjer imajo po predpisih o vodah poplave pomemben vpliv na ogroženost prebivalcev, okolja, kulturne dediščine ter gospodarskih dejavnosti. MOP pripravlja le programe obvladovanja poplavne ogroženosti, ki so nacionalnega pomena, zato je za celovito zmanjševanje poplavne ogroženosti, ki vključuje tudi območja ogroženosti lokalnega pomena potrebno vzpostaviti

komplementarno načrtovanje in izvajanje tudi na podrobnejših ravneh lokalnih skupnosti. Pristojna uprava mora v ta namen zagotoviti integracijo obeh nivojev načrtovanja in izvajanja.

Lokalna samouprava lahko za namene lastnega razvoja posega v poplavna območja, če izdela študije z namenom določitve poplavnih območij v skladu z navodili tega pravilnika. Izdelane študije je potrebno posredovati v presojo pristojnemu ministrstvu. Fizične osebe, ki na poplavno območje posegajo s svojo gradnjo ali dejavnostjo, morajo v postopku pridobitve vodnega soglasja pripraviti študije, katere naj vsebujejo najmanj karto poplavne nevarnosti. Pogoje in omejitve dejavnosti in posegov tako fizičnih kot pravnih oseb si bomo pogledali podrobneje v sledečem poglavju. Te dejavnosti in posegi so mogoči le, če je iz izvedene študije razvidno, da v skladu z 86. Členom (ZV-1) nimajo škodljivega vpliva na vode, vodna, ali priobalna zemljišča ali povečujejo poplavno ogroženost območja.

Pri načrtovanju rabe in dejavnosti v prostoru se območja, ogrožena zaradi delovanja naravnih procesov, upoštevajo kot prostorska omejitve. Zaradi značilnosti poselitvenega razvoja v Sloveniji, tj. s koncentracijo večjih naselij na ravninah in širših dolinah, se tudi ob širitvah naselij povečuje pritisk na območja, ki so izpostavljena občasnim poplavam in zato za gradnjo manj primerna.

#### **2.3.4.2 Prenos določil direktive v nacionalni pravni red**

Vlada RS je januarja 2010 potrdila Uredbo o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami (*Ur.l. RS, št. 7/2010*). Ta pravni akt omogoča začetek priprave podlag za ocenjevanje ogroženosti, pripravo kart iz preglednice 9 in podaja smernice za pripravo načrta za zmanjševanje poplavne ogroženosti. Ministrstvo mora po določilih te uredbe zagotoviti, da so načrti zmanjševanja poplavne ogroženosti, ki so kot zadnji člen v celotni verigi analize poplavne ogroženosti, dokončani in objavljeni do 22. decembra 2015. Prav tako morajo biti dani na razpolago Evropski komisiji najkasneje tri mesece po objavi.

Slovenija je z zakonom o vodah postavila pravni okvir za celovito upravljanje na področju voda znotraj vodnih območij, ki obsega tako skrb za varstvo voda njihovo rabo in urejanje kakor tudi za varstvo pred škodljivim delovanjem voda. Tudi politika ES teži k tej vrsti organiziranosti, vendar zaradi zelo raznolikih ureditev področja v državah članicah dopušča, da države ohranijo oziroma organizirajo izvajanje v skladu s svojimi ustaljenimi organizacijskimi praksami.

Glede na določila zakona o vodah je za prenos v nacionalno zakonodajo in izvajanje direktive odgovorno ministrstvo pristojno za vode (MOP), ki ima kot tako tudi vlogo odgovorne uprave na nivoji vodnih območij. Ministrstvo je zato odgovorno za pripravo predloga Načrtov obvladovanja poplavne ogroženosti za vodno območje Donave in vodno območje Jadranskih rek, ter za uskladitev vsebin s sosednjimi državami in državami skupnih mednarodnih povodij, za informiranje javnosti o vsebinah načrta, za zagotovitev sredstev za izvedbo programa ukrepov ter za poročanje Evropski Komisiji o pripravi načrtov oziroma za izvajanje posameznih obveznosti iz direktive (*Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015, Ministrstvo za okolje in prostor, maj 2009*).

Sprejeti pa so bili tudi podzakonski akti, ki narekujejo tako določanje območij poplavne ogroženosti in postopke za gradnjo na tovrstnih površinah. Omenjeni akti so že bili predstavljeni v predhodnih poglavjih (glej poglavje 2.3.3).

#### **2.3.4.3 Ocena poplavne ogroženosti**

Predhodne ocene poplavne ogroženosti, je potrebno skladno z določili direktive opraviti, za vsako vodno območje. Opravi se jo lahko na podlagi obstoječih podatkov, ki naj zajemajo opis preteklih poplav, opis večjih poplav in oceno morebitnih škodljivih posledic. Ta ocena služi zgolj kot informativna podlaga, saj okvirno identificira problematična območja in je podlaga za nadaljnji proces določevanja poplavne ogroženosti.

V opozorilni karti poplav, ki je objavljena, kot javni podatek na Agenciji RS za okolje je trenutno prikazanih 880 km<sup>2</sup> poplavnih območij od tega je ogroženih 40 km<sup>2</sup> urbanih površin in približno 80.000 prebivalcev. Poleg navedenih poplavnih površin je evidentiranih tudi 130 km odsekov vodotokov, ki poplavlajo.

Za območje RS se predhodna ocena pripravi ločeno za vodno območje Donave ter znotraj njega za nacionalni del porečja Drave, Mure ter Save s porečjem Savinje, ter za vodno območje Jadranskega morja ter znotraj njega za povodje Soče ter za povodje Jadranskih rek.

Vsebine predhodne ocene (za vsebino opozorilne karte glej tudi preglednico 9) na posameznih povodjih in porečjih je treba uskladiti s sosednjimi državami. Za ta namen je treba v okviru meddržavnih komisij za vodno gospodarstvo ustanoviti podskupine za izvajanje poplavne direktive. Poleg tega je uskladitev nacionalnih vsebin predhodne ocene poplavne ogroženosti vodnega območja Donave treba uskladiti tudi v okviru mednarodnega vodnega območja Donave, za kar je bila ustanovljena posebna delovna skupina.

#### **2.3.4.4 Karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti**

Na podlagi predhodne ocene poplavne ogroženosti vodnega območja mora pristojna uprava (MOP) določiti tista območja, kjer imajo poplave pomemben škodljivi vpliv na prebivalce in njihovo zdravje, na okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti, ter za njih določiti karte poplavne nevarnosti in ogroženosti.

Predlog območij pomembnega vpliva poplav in karte nevarnosti teh območij pripravlja, kot strokovno nalogo pristojne uprave, Inštitut za vode RS v programu dela 2008-2013. Predlog območij se pripravi na podlagi nacionalnih kriterijev in na podlagi nacionalne metodologije za določanje in razvrščanje poplavne nevarnosti v razrede, določene s Pravilnikom o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (glej poglavje

2.3.3). Vsebina kart poplavne nevarnosti in poplavne ogroženosti, so prikazane v preglednici številka 9.

Pripravljene posamezne podatke o območjih pomembne poplavne ogroženosti je treba predhodno izmenjati s sosednjimi državami. Izmenjava podatkov se izvede v okviru podskupin za izvajanje poplavne direktive meddržavnih komisij s sosednjimi državami Avstrijo za Dravo in Muro, z Madžarsko za reko Muro, za Savo s Hrvaško ter za Sočo s sosednjo Italijo.

#### **2.3.4.5 Načrti za obvladovanje poplavne ogroženosti**

Izhodišče za pripravo celovitih načrtov za obvladovanje poplavne ogroženosti so predhodna ocena poplavne ogroženosti, karte poplavne nevarnosti in karte poplavno ogroženih območij, kjer imajo poplave pomemben vpliv na zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti. Celoten postopek določanja omenjenih območij je ciklični (6 letni cikel), vse napredke pa je potrebno glede na določene časovnice poročati Evropski Komisiji.

Za pripravo načrta obvladovanja poplavne ogroženosti za zmanjšanje ogroženosti na posameznih območjih pomembne poplavne ogroženosti, je MOP pripravil okvirni program<sup>8</sup>, čigar namen je določiti postopek izvajanja določil poplavne direktive. Pri pripravi načrta je treba upoštevati poleg ciljev za zmanjšanje poplavne ogroženosti tudi okoljske cilje, določene s členom 4 direktive 2000/60/EC, varstvo in raba tal, varstvo narave in načrtovanje rabe prostora. V skladu s potrjenimi cilji se v okviru načrta pripravijo tudi programi ukrepov, ki obsegajo tako gradbene kot ne gradbene ukrepe. Predlogi programa ukrepov morajo temeljiti na analizi stroškov in koristi ter na principu solidarnosti.

---

<sup>8</sup> *Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015, Ministrstvo za okolje in prostor, maj 2009)*

V omenjenem okvirnem program je v prilogi 4, za obdobje 2009-2015, prikazana tudi ocena finančnih sredstev potrebnih za doseganje ciljev poplavne direktive. Ocena potrebnih sredstev znaša cca. 18,5 mio EUR.

### 2.3.3 Podzakonski akti s področja odvajanja površinskih voda

Za namen naloge bo pri analizi vpliva odvajanja meteornih voda iz urbanih površin potrebno uporabiti podatke o jakosti nalivov. Občine s pravilniki določajo pogoje tehnične izvedbe, uporabo objektov in naprav za odvajanje in čiščenje komunalnih in industrijskih odpadnih ter padavinskih voda. Novejši podzakonski akti vsebujejo tudi podatke o gospodarsko enakovrednih nalivih (GEN), ki služijo kot osnova za izračun površinskega odtoka. Ker občina Velike Lašče trenutno nima veljavnega pravilnika, ki bi vseboval potrebne podatke, so podatki privzeti iz veljavnega pravilnika, sprejetega v letu 2009, za sosednjo občino Dobropolje (*Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav za odvajanje in čiščenje odpadnih in padavinskih vod na območju Občine Dobropolje Uradni list RS, št. 79/2009*). Identične preglednice so navedene tudi v pravilnikih za Ljubljano, Ivančno Gorico in nekatere druge občine.

*Preglednica 10: Upoštevane jakosti nalivov pri zasnovi kanalskega omrežja in spremljajočih objektov (povzeto iz občinskih pravilnikov)*

Pogostost naliva	Meteorološka postaja Ljubljana											
	Jakost odtoka nalivov l/s/ha, trajanja min											
	5	10	15	20	30	60	90	120	180	300	420	600
0,1	590,6	383,3	281,2	225,6	165,6	97,2	71,4	57,4	42,1	31,4	28,2	25,1
0,2	528,6	333,3	296,2	198,6	146,7	87,4	64,5	52,0	38,4	28,0	24,0	20,4
0,5	404,5	253,1	191,6	157,2	119,0	73,9	56,0	45,9	34,8	24,5	19,4	15,2
0,67	375,0	233,5	177,0	145,4	110,2	68,7	52,1	42,8	32,4	22,8	18,2	14,2
1	327,4	211,6	160,6	132,1	100,2	62,5	47,6	39,0	29,6	20,9	16,6	
2	259,3	173,2	131,8	108,6	82,7	51,9	39,5	32,5	24,8	17,6		
4	201,7	133,1	101,7	84,1	64,3	40,6	31,0	25,6	19,6			
6	164,9	109,2	84,2	70,0	54,0	34,4	26,7	21,2	15,1			

Iz preglednice 10 je razvidno, da so jakosti nalivov intenzivnejše, če sta pogostost naliva in čas trajanja manjša in obratno. Preglednica nam bo služila kot osnova za izračun površinskega odtoka iz predvidenega urbanega območja. Ker namen naloge ni dimenzioniranje kanalizacijskega sistema, bodo podatki iz zgornje preglednice uporabljeni na takšen način, da bodo v analizi smiselno izbrani časi trajanja padavin in povratne dobe pojava.

Ker sem z modelom, ki bo predstavljen v računskem delu, želel dobiti ekstremne primere, sem želel izvesti tudi izračun z nalivi s stoletno povratno dobo. Ta podatek sem povzel po strokovnem članku, kjer je bila narejena statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov (Panjan, Bogataj, Kompare. 2005). Jakost padavin je sicer dobljena po naključnostnem modelu, vendar so dobljeni rezultati primerljivi in zato primerni za moje potrebe. Analiza je bila opravljena na časovni vrsti 32 let za območje Ljubljane.

Statistično analizo padavinskih podatkov uporabljamo za oblikovanje kanalizacijskega omrežja in črpališč, ugotovitev trajanja in pogostosti prelivanja razbremenilnikov in zadrževalnikov oziroma za določitev kritičnega dotoka na komunalno čistilno napravo ali izpust v vodotok (npr. iz avtocest). Pri tem sta osnovna podatka jakost in trajanje naliva pri izbrani povratni dobi (Panjan, J., Bogataj, M., Kompare, B. 2005).

Z uporabo gospodarsko enakovrednih nalivov želim v nadaljevanju predvsem določiti količine površinskega odtoka novo predvidenih urbanih površin. Za tovrstno analizo je predvsem potrebno določiti čas koncentracije takšnega območja in na podlagi tega izbrati čas trajanja naliva iz preglednice št. 10. Na podlagi izračunov za izvedbo modela v programu HEC-HMS in lastne ocene sem izbral nalive s časom trajanja 15 minut. Izračun površinskih odtokov za vse povratne dobe oziroma pogostosti naliva bodo podane v nadaljevanju.

Pri izračunu tovrstnih odtokov je potrebno določiti oziroma poznati tudi odtočne koeficiente obravnavanega območja. Odtočni koeficienti nam omogočajo določitev izgub določenega dela padavin v soodvisnosti od podlage. Ker se dejanska površina zaradi izgub manjša, uporabljamo za produkt odtočnega koeficienta in površine tudi izraz reducirana površina.



### **3 SPREMINJANJE NARAVNIH LASTNOSTI ZARADI URBANIZACIJE**

Praktičen del naloge je predvsem usmerjen v analizo vpliva urbanizacije na spreminjanje poplavne nevarnosti. Poskušal bom oceniti, kolikšen vpliv ima odtok lastne in zaledne vode urbanega območja na spreminjanje režima poplavne nevarnosti vodotoka Cereja. Za zastavitev modela potrebujemo dva vhodna hidrološka podatka. Prvi je pretok visokih voda vodotoka Cereja, drugi pa predstavlja površinski odtok iz urbanih območij.

Projektiranje sistemov za odvod padavinskih voda iz urbanih površin zahteva znanja z več področij. Kot je navedel Kompare (1991), je za pravilno načrtovanje meteorne kanalizacije potrebno teoretično znanje z več področji, ki vključujejo:

- Meteorologijo in hidrologijo
- Gradbeno mehaniko
- Pedologijo
- Hidravliko
- Gradbeno in splošno ekonomijo
- Sociologijo, psihologijo in politologijo
- Arhitekturo in urbanizem

V tem poglavju se zaradi preobsežnosti ne bomo posvetili vsem, vendar bi se morali izvajalci oziroma projektantje zavedati vseh aspektov takšnih posegov.

Urbane površine imajo različne vplive na naravne lastnosti. Z zamenjavo naravnih površin z umetnimi materiali povzročamo spremembo odtočnih lastnosti povodja in vplivamo na mikroklimo. Zanimiv meteorološki pojav večjih mest je, da imajo le ta nekoliko večjo količino padavin v primerjavi z okolico. Pojav še ni docela raziskan, vendar se ga povezuje z nekoliko višjo temperaturo mest v primerjavi z okolico. Odvod padavinskih voda iz urbanih območij ima tudi vpliv na pedosfero. Zaradi menjave naravnih površin s slabo ali nepropustnimi površinami je vodi onemogočena infiltracija v tla. To posledično vpliva na sušne pretoke vodotokov, onemogoča bogatenje podtalnice in skorajda izključi bazni odtok iz hidrograma odtoka.

Površinske in podzemne vode so načeloma obnovljivi naravni viri. Zlasti obveznost doseganja dobrega stanja podzemne vode zahteva zgodnje ukrepanje in stalno dolgoročno načrtovanje varstvenih ukrepov zaradi naravne zakasnitve pri njenem tvorjenju in obnavljanju. Tako zakasnitev za izboljšanje bi bilo treba upoštevati v časovni razporeditvi pri določanju ukrepov za doseganje dobrega stanja podzemne vode in obračanju kakršnega koli pomembnega in stalno naraščajočega trenda koncentracije katerega koli onesnaževala v podzemni vodi.

Starejši koncept urejanja voda je imel drugačen pristop kot ta, ki ga izvajamo danes. Ob tem gre predvsem na ukrepe, ki so namenjeni zadrževanju vode na mestu nastanka odtoka.

Urbane površine se dandanes širijo zelo hitro, pri tem pa je menjava naravnih podlag z antropogenimi dosti bolj intenzivna kot je bila v preteklosti. Npropustne površine so v preteklosti predstavljale večinoma le strehe, z naraščajočo potrebo po nepremičninah pa se v mestih krčijo območja z naravnimi podlagami. Kot že rečeno, pa se je korenito spremenila tudi miselnost na področju vodnogospodarske politike. V obdobju pred novim konceptom je bila želja odvesti odvečne vode čim hitreje po mreži površinskih odvodnikov iz lastne države. Problem takšnega pristopa je v tem, da je hiter odvod odvečnih voda iz gorvodne države povzročal probleme dolvodnim državam, v toplejšem obdobju leta pa je tovrsten pristop povzročal pomanjkanje vodnih količin. Zato so države začele sodelovati v medsebojnih projektih. Tipičen primer takšnega pristopa je celovit pristop k urejanju povodja Donave.



Slika 7: Sedem držav, po katerih teče reka Donava

Kot je razvidno iz slike 8, prečka Donava ozemlje desetih držav (Nemčija, Avstrija, Slovaška, Madžarska, Hrvaška, Srbija, Bolgarija, Romunija, Moldavija in Ukrajina) v njeno porečje pa je vključenih kar šestnajst držav. Pri tem ima Republika Slovenija 2,2 odstotni delež celotnega porečja reke Donava. Vanjo se iztekata dve večji reki, ki tečeta po našem ozemlju, to sta Sava in Drava.

Iz navedenega je logično sklepati, da je za porečje Donave potreben enovit pristop urejanja vodnogospodarske politike, če želimo doseči zadovoljive rezultate. Spremembe parametrov v hidrološkem krogu, ki fizikalno in kemično pogojujejo tudi obstoj in razvoj vodnih in obvodnih biotopov, so zato eno od osnovnih izhodišč za ekosistemsko presojo, ki jo do določene mere že ureja okoljevarstvena zakonodaja Republike Slovenije.

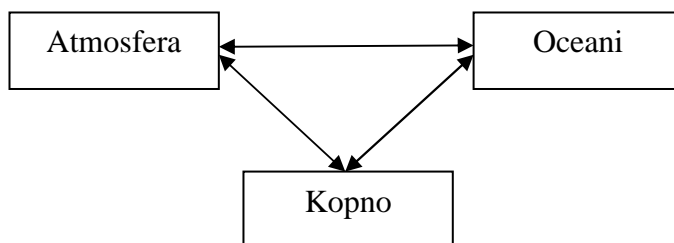
Miselnost in smiselnost takšnega pristopa je bila že predstavljena v poglavjih, ki obravnavajo evropske direktive.

Ker so bili principi in smernice vodnogospodarskih ureditev povzete že v poglavju, ki zajema pregled pravnih ustrojev, si bom v nadaljevanju usmeril predvsem na hidrološko-hidravlične lastnosti urbaniziranih povodji. Za namen naloge bom uporabil nekaj merjenih podatkov o visokih vodah. Za določene profile, pa je potrebno izdelati model površinskega odtoka z programom HEC-HMS. To mi bo omogočilo natančnejšo analizo vpliva dodatnih vodnih količin iz urbaniziranih (lastne in zaledne vode) na spreminjanje poplavne nevarnosti dolvodno. Potrebni so tudi podatki o površinskem odtoku iz novo predvidenih urbaniziranih površin. Ker naloga predvideva uporabo obstoječih pravnih norm, bom pri tem izračunu uporabil obstoječa določila občinskih odlokov.

### **3.1 Vodni krog**

Vsa voda na našem planetu neprestano kroži in pokriva 70 odstotkov zemljine površine. Celotna količina vode na našem planetu je tako rekoč konstantna, spreminja pa se razmerje količine vode med ledeniki in oceani, kar se dogaja tudi v zadnjih desetletjih, ko smo priča

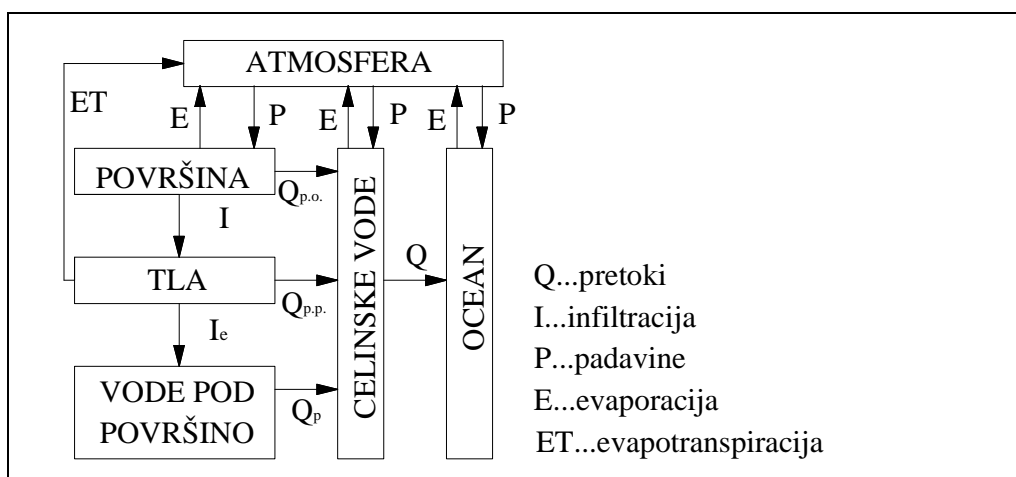
taljenju ledenikov na globalni ravni. Hidrološki krog se zatorej obravnava kot zaprt sitem kroženja vode, med atmosfero, kopnim in oceani, kot je prikazana na spodnji shemi:



Slika 8: Shema vodnega kroga

Za potrebe naloge se bom osredotočil le na del kroženja vode, ki zadeva kopno. Kljub poenostavitvi sistema se je potrebno zavedati, da vsebujejo hidrološki modeli veliko spremenljivk. Na hidrološki režim odtoka vplivajo klimatski, geološki, talni, topografski, vegetacijski in antropogeni dejavniki. Pri tem so potrebna široka teoretična znanja, predvsem pa obilna praktična izkustva za izbiro pravihnega pristopa izdelave modela.

Če si po načelu kroženja vode iz slike 9 podrobneje pogledamo kroženje vode na delu kopnega, dobimo sledečo shemo:



Slika 9: Vodni krog (prirejeno po Jovanović, 1974)

Kot je razvidno iz zgornje sheme, lahko zaprt sistem pretvorimo v odprtega in pri tem privzamemo za vhodni podatek količino padavin, kot izhod pa odtok iz povodja celinskih voda. Padavine, ki padejo na določeno prispevno območje vodotoka, tvorijo površinski odtok, ki se odteka v vodotok. Iz sheme je tudi razvidno, da se del padavinske vode infiltrira v zemljo. Količina infiltracije je odvisna od mnogo dejavnikov, dejstvo pa je, da se te ponikle količine pri izračunu površinskega odtoka v hidrologiji upoštevajo kot izgube oz odteka del teh voda v vodotok podzemno. Pri urbanih površinah je infiltracija majhna ali pa je skoraj ni, tako da lahko med izgube pri padavinskem pojavu upoštevamo le izhlapevanje. To posledično pomeni spremembo odtočnega hidrograma.

### **Maksimalne letne vrednosti pretokov**

Dolžina celotne Slovenske hidrografske mreže je ocenjena na 26.603 km, od tega je 17.894 km nižinskih vodotokov in 8.709 km hudournikov. Dolžina urejenih vodotokov pa znaša cca 2.441km. Za določevanje letnih pretokov je v RS postavljena mreža merilnih postaj, ki merijo pretoke ali pa nivo gladine. Po statistični obdelavi so ti podatki primerni za določevanje visokih voda določene povratne dobe. Ker je mreža vodotokov v Sloveniji zelo gosta (cca. 1.33 km/km<sup>2</sup>), merjenje teh podatkov na vseh vodotokih ni možno in tudi ne praktično. Pretoke se trenutno določa na večjih ali pomembnejših vodotokih, za manjše vodotoke in hudournike pa se njihove visoke vode določa z pomočjo empiričnih enačb ali računalniških modelov.

Izbira povratne dobe, po določenih pravnih predpisov, visokih voda se razlikuje glede na pomembnost območja, ki ga želimo zavarovati. Tako se urbana območja projektira na visoke vode z stoletno povratno dobo ali več (zakonodaja predvideva tudi uporabo petstoletne povratne dobe). Za zemljišča, na katerih pride ob nastopu poplav do manjše materialne škode, se uporabljajo visoke vode z nižjo povratno dobo. Za kmetijska zemljišča zadošča povratna doba desetih ali dvajsetih let, za struge ob vodotokih pa pet ali desetletna povratna doba. Večjo povratno dobo moramo uporabiti tudi na zaledjih hudournikov (stoletna povratna doba), kjer lahko povzročijo škodo dolvodno. Kot je bilo že omenjeno, se glede na pomembnost, predvsem objektov državnega pomena kot je npr. nuklearna elektrarna v

Krškem, lahko uporabi tudi podatke o visokih vodah z višjo 500 ali celo 1000 letno povratno dobo.

### **3.2 Vpliv urbanizacije na površinski odtok**

V procesu urbanizacije se naravne površine zamenjuje z antropogenimi, večinoma slabo oziroma neprepustnimi površinami, kar povzroči velike spremembe v hidrološki odzivnosti prispevnih površin. Širitev urbanih površin posledično zahteva gradnjo sistemov, ki služijo za odvod lastnih voda. Vpliv urbanizacije na hidrološki vodni krog je kompleksen, običajno se najpogosteje odraža na povečanih volumnih padavinskega odtoka ter zvišanju konic hidrogramov odtoka.

Urbane površine povzročijo intenzivnejše spiranje onesnažil v vodotoke, kar lahko povzroči degradacijo vodnega habitata in zmanjšanje samočistilnih sposobnosti vodotokov. Zaradi različnih odtočnih sposobnosti, ki jih povzroči proces urbanizacije, se pojavi potreba po podrobnejši razčlenitvi padavinskih voda glede na odtok. Tako delimo vode pri analizi površinskega odtoka iz urbanih površin, na *lastne vode*<sup>9</sup>, *tuje vode*<sup>10</sup> in *zaledne vode*<sup>11</sup>.

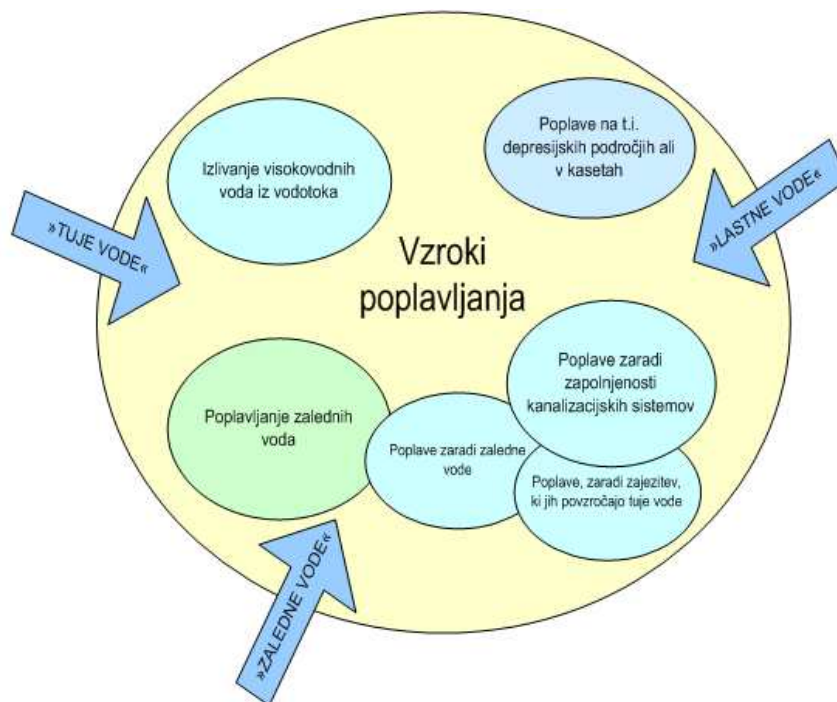
Sledeči grafični prikaz prikazuje vzroke za poplavljanje urbanih površin glede na zgoraj omenjeno delitev voda površinskega odtoka. V svoji analizi sem pridobljene podatke o visokih vodah preveril z modelom v programu HEC-HMS. Izvedel sem tudi izračune z empiričnimi enačbami in jih primerjal z podatki pridobljenimi s strani vodnogospodarskega inštituta. Površinski odtoki iz urbanih površin pa so določeni na podlagi razpredelnic gospodarsko enakovrednih nalivov, katera je povzeta iz občinskega odloka (Preglednica 10).

---

<sup>9</sup> Lastne vode urbaniziranih območij imenujemo tiste vodne količine, ki se formirajo izključno iz padavin padlih direktno na urbane površine.

<sup>10</sup> Tuje vode so vodne količine, ki se zbirajo na prispevnih območjih odvodnika, gorvodno od obravnavanega območja.

<sup>11</sup> Zaledne vode urbaniziranih površin so tiste odtočne količine, ki se zbirajo v bližnji okolici urbanih površin in dotekajo nanje.



Slika 10: Vzroki poplavljanja (FGG, Katedra za mehaniko tekočin)

Velikost zaznavnih posledic urbanizacije se praviloma večja z manjšanjem vodotoka. Potrebno je omeniti, da se tako koncentracija onesnažil kot vpliv lastnih voda z večanjem vodotoka manjšata. V primeru onesnažil se le-ta v večjih vodotokih bolj razredčijo in zato njihov vpliv ni tako drastičen kot pri manjših vodotokih. Če se ozremo na problematiko poplavne varnosti, so lastne vode praviloma količinsko dosti manjše od tujih voda, zato je magnituda njihovega vpliva na vodotoke večjih pretočnih sposobnosti manjša in obratno. Navedeno je tudi razlog, da je za računski primer izbran manjši vodotok, ker bodo tako morebitne škodljive posledice bolj nazorne.

Na urbanih območjih se večji del padavinske vode zadržuje na površju in se pomika glede na naklon terena proti določenim točkam ali linijam urbaniziranega območja. Istočasno je tok

preko *utrjenih površin*<sup>12</sup> hitrejši kot preko naravnih, poraslih z vegetacijo ali preko gole zemlje. To povzroči koncentracijo pretokov v določene točke ali linije, ki jih je potrebno odvesti z meteorno kanalizacijo, sicer bi te vodne količine povzročile poplave urbanih območij. Količina ponikle vode se razlikuje glede na tip (pašniki, gozdovi, urbano, ...) in na trenutne razmere (suha, zmrznjena, nasičena, ...). Zatorej pri analizi odtočnega hidrograma izločimo bazni tok ali izgube in površinski odtok računamo z efektivnimi (neto) padavinami.

Pri navedenem se poraja vprašanje, zakaj izključiti padavine, ki poniknejo, saj nenazadnje tudi te dosežejo vodotok. Vzrok bo obrazložen v nadaljevanju in grafično utemeljen na sliki št. 14. Določanje baznega odtoka in njegove karakteristike so sicer že obdelane v številnih publikacijah hidrološke literature, zato bomo v nadaljevanju navedli le elemente, ki so pomembne pri analizi odtoka površinskih voda iz urbanih območij.

V sledečih točkah lahko povzamemo nekaj hidrološko-hidravličnih sprememb, ki jih povzročijo urbanizirane površine na površinski odtok;

- povečanje celotnega volumna odtoka,
- povečanje hitrosti odtekajoče vode,
- odvod meteornih voda se koncentrira na iztočne točke ureditvenega območja,
- zmanjša se količina zadržane vode v zemljini, ki posledično vpliva na gladino podtalnice in sušne odtoke,

Iz tega lahko sklepamo da se odtočni hidrogram nedvoumno korenito spremeni. Pri tovrstnih analizah je potrebno posvetiti tudi posebno pozornost možnosti, da se zaledne vode in lastne vode urbanega območja pojavijo istočasno.

---

<sup>12</sup> Izraz utrjene površine se nanaša na posege, ki povzročijo delno ali popolno vodotesnost površin zaradi uporabe snovi, ki se uporabljajo za povečano nosilnost in gladkost prometnic ali drugih funkcionalnih površin za urbana območja. (asfaltna podla, betonska podlaga, tlakovci, ...)



### 3.2.1 Nastanek površinskega odtoka

Vsak pretok v vodotoku nastane zaradi padavinskega dogodka na določenem povodju.

Količina vode, ki doseže vodotok, je pogojena z večimi dejavniki kot so naprimer:

- Vegetacija in z njo povezan proces evapotranspiracije<sup>13</sup>
- Izhlapevanje
- Sposobnost infiltracije in zasičenost tal
- Višina oziroma prisotnost podtalnice
- Območja zadrževanja vode (npr. depresije)
- Velikost povodja
- Naklon terena
- Pokrovnost tal

Zgoraj navedeni dejavniki vplivajo na celotni volumen vode, ki doseže vodotok. Upoštevati pa je potrebno tudi zasičenost samih tal z vodo. Če je intenziteta padavin manjša od intenzitete infiltracije, vsa voda ponikne v tla. Kadar pa je intenziteta padavin večja od infiltracije, se voda ali zadrži na terenu (npr. depresije) ali pa odtečejo v smeri padca terena. Ker bom pri izdelavi naloge za površinski odtok iz urbanih površin in njihovega neposrednega zaledja uporabil podatke o gospodarsko enakovrednih nalivih (preglednica 10), je intenziteta tako izbranih padavin vsekakor višja od infiltracijske sposobnosti. V primeru modela s programom HEC-HMS, kjer sem želel preveriti pridobljene podatke o visokih vodah določene povratne dobe, pa sem bil primoran določene parametre izgub vodnih količin tudi upoštevati.

### 3.2.2 Podpovršinski odtok

Ko se nezasičeno območje zasiči z vodo, k večanju pretoka reke prispeva še *podpovršinski tok*<sup>14</sup>. Podpovršinski tok je del padavin, ki ne ponikne do podtalnice, ampak teče preko

---

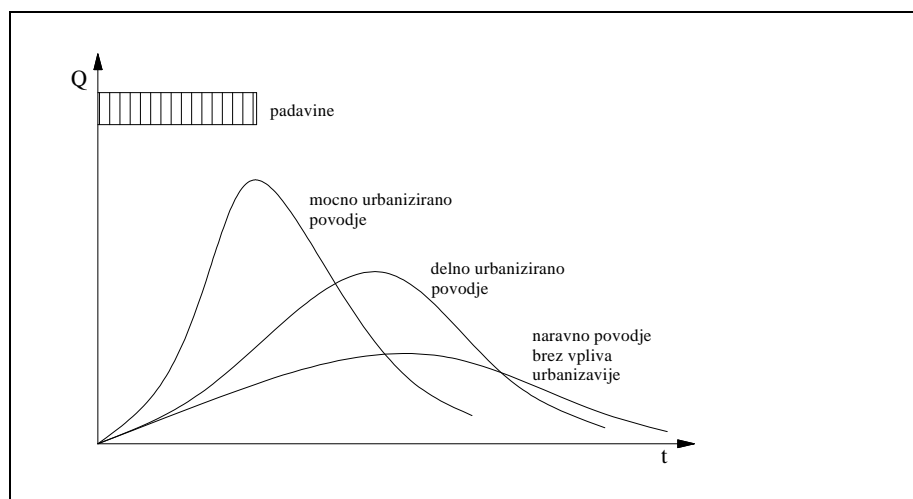
<sup>13</sup> Količina vode, ki preide v ozračje iz tal z izhlapevanjem in transpiracijo rastlin.

zgornjih podzemeljskih plasti proti vodotoku. Določen del podpovršinskega odtoka doseže strugo takoj, preostali del pa za to potrebuje daljše časovno obdobje.

Ko so tla na stopnji nasičenosti, in se padavinski dogodek nadaljuje, te vode odtekajo proti strugi vodotoka kot površinski odtok. Z nadaljevanjem nevihte se območje zasičenosti širi po terenu navzgor. Posledično se k površinskemu odtoku priključuje vedno večji delež povodja.

### 3.2.3 Spreminjanje odtočnega hidrograma zaradi urbanizacije

Spreminjanje odtočnega hidrograma v korelaciji z spreminjanjem odtočnih lastnosti površin je nazorno prikazano na sledečem grafičnem prikazu, privzet iz več virov (Kompere, 1991):



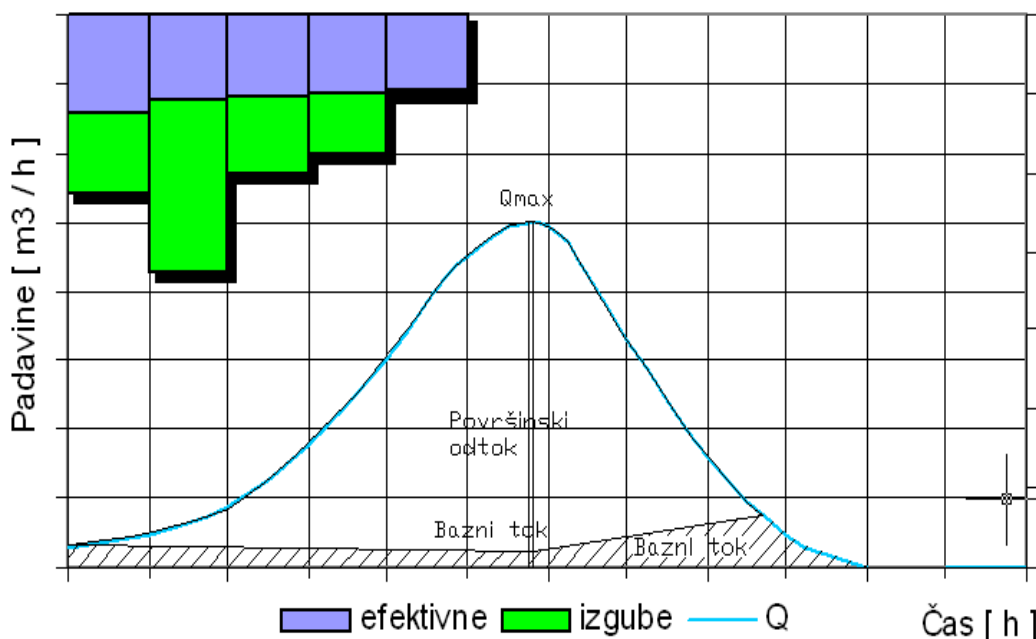
Slika 11: Spreminjanje odtočnega hidrograma iz povodja z razvojem urbanizacije

Na sliki je prikazano slabšanje nizvodnih odtočnih razmer ob urbanizaciji povodja. Naravno povodje je ob enakih padavinah imelo razpotegnjen hidrogram, kar je pomenilo, da so konice odtoka sorazmerno nižje in da pretoki trajajo dalj časa. Z urbaniziranjem povodja se zmanjšujejo naravne zmožnosti zadrževanja na terenu in ponikanja, povečuje pa se delež neprepustnih površin, kanalizacija in primarna odvodna mreža pospešujeta odtok. Končna

<sup>14</sup> Kakršen koli tok pod površino tal, ki lahko bogati vmesni odtok, bazni odtok ali globoko precejanje.

posledica so krajši časi koncentracije<sup>15</sup> odtoka in s tem tudi višje konice pretoka, kar slabša poplavno varnost nizvodno ležečih območij (Kompere, 1991).

Za praktične izračune navadno celotnemu odtoku določimo še delež baznega odtoka<sup>16</sup>. Na spodnji sliki je prikazan primer hidrograma za padavine, ki padejo na naravna tla:



Slika 12: Histogram intenzitete padavin in hidrogram površinskega odtoka

Vprašati se moramo, kaj povzroča tako velike razlike odtočnih hidrogramov. Pri računanju površinskega odtoka moramo upoštevati dejstvo, da nam del izmerjenih padavin (bruto) ponikne v zemljo. Te ponikle padavine ustvarijo tako imenovani bazni tok, ki je grafično prikazan na zgornji sliki.

Pri procesu infiltracije se del padavinskih voda spremeni v bazni odtok, ki ima v primerjavi z površinskim odtokom večji čas zakasnitve<sup>17</sup>. Torej lahko povzamemo, da se tako čas

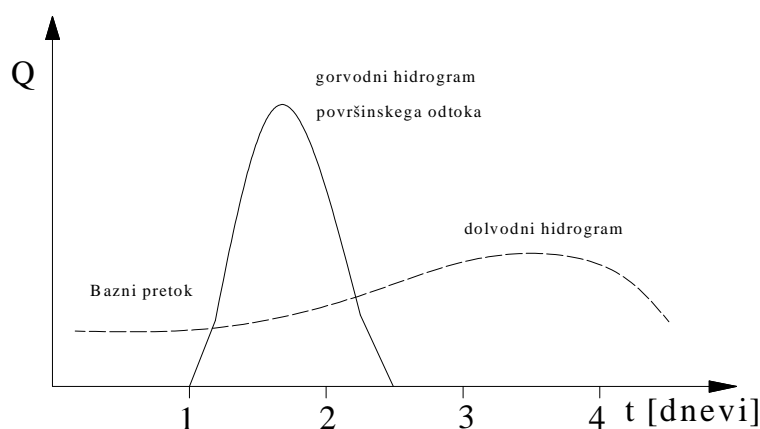
<sup>15</sup> Najdaljše obdobje, potrebno, da nevihtni odtok vode priteče do iztoka prispevne površine.

<sup>16</sup> Del pretoka vode, ki doteka v strugo v daljših obdobjih brez padavin ali brez taljenja snežne odeje, torej predvsem posledica izcejanja podzemnih voda ali tudi iztoka iz jezer ali taljenja ledenikov.

<sup>17</sup> Čas zakasnitve je čas med težiščem histograma padavin in težiščem hidrograma pretoka.

zakasnitve in čas koncentracije glede na večanje stopnje urbanizacije manjšata. Povečuje pa se volumen celotnega površinskega odtoka.

Podroben proces odtoka površinskih voda je obdelan v knjigi osnove hidrologije (Brilly, M., Šraj, M. 2000), za zgoraj navedeno pa je pomemben predvsem sledeči graf (str. 125), ki nazorno prikazuje razliko med časi zakasnitve hidrograma površinskega odtoka in časom zakasnitve baznega odtoka:



Slika 13: Hidrogram površinskega in baznega odtoka (Privzeto po Brilly, M., Šraj, M. 2000)

V strugi vodotoka ob pretoku poplavnega vala pogosto zasledimo samo vodo, ki se zbira z dela padavinskega območja, ki jo imenujemo prispevna površina. Voda s preostalega dela površine se zadrži pod površino in kasneje oblikuje bazni tok (Brilly, M., Šraj, M. 2000).

Torej je poglavitni vzrok, da se bazni odtok šteje kot izguba pri površinskem odtoku, da je čas koncentracije teh voda v vodotoku dosti daljša od poplavnega vala. Ravno tako je manjša intenziteta samega pojava.

Če se vrnemo na uvodno misel, da so urbane površine praviloma slabo ali neprepustne, postane jasno, zakaj prihaja do takšnih sprememb hidrogramov. Pojav infiltracije je skorajda izključen iz celotnega procesa, zato se bazni tok »prikluči« hidrogramu površinskega odtoka. Poveča se celoten volumen odtekle vode iz obravnavanega urbaniziranega območja. Čas, da

nevihtni odtok vode priteče do iztoka prispevne površine, pa se zmanjša. Koeficient, ki opisujejo razmerje med izgubami in površinskim odtokom imenujemo koeficient odtoka.

### 3.3 Koeficient površinskega odtoka in izračun površinskega odtoka iz urbanih površin

Odtočni koeficienti, ki so brez dimenzijske količine, so po definiciji konstantni. Omogočajo nam izračun tako imenovane reducirane površine, ki nam podajo natančnejše izračune površinskega odtoka, saj odtočni koeficienti upoštevajo delež infiltracije padavin za različne površine.

Vendar hipoteza konstantnosti teh koeficientov ne velja vedno pri naravnih podlagah. Če si predstavljamo travnato površino po dolgi poletni suši, na katero začne padati dež, lahko ugotovimo, da se bo prvi dež vpil v zemljo – odtočni koeficient je torej 0. Čez določen čas pa se zemlja napoji do te mere, da se začne pojavljati površinski odtok – odtočni koeficient je večji od 0. Po določenem času se vsa zemljina napoji z vodo in postane nasičena – odtočni koeficient bo v tem primeru limitiral proti ena. Pri določanju samega koeficienta odtoka naravnih površin pa je pomemben tudi njihov naklon, kot je prikazano v preglednici.

*Preglednica 11: Odtočni koeficienti naravnih površin za 5 do 10 letno povratno dobo (prirejeno po Colyer in Pethick, 1976 in Kolar, 1983)*

<i>Tip površine</i>	<i>Nagib</i>	<i>Odtočni koeficient</i>
<i>Travniki – peščena zemlja</i>	<2%	0,05 – 0,10
	2% - 7%	0,10 – 0,15
	>7%	0,15 – 0,20
<i>Travniki – težka zemlja</i>	<2%	0,13 – 0,17
	2% - 7%	0,18 – 0,22
	>7%	0,25 – 0,35
<i>Gozd</i>	<5%	0,01 – 0,20
	5% - 10%	0,05 – 0,25
	10% - 20%	0,10 – 0,30
	>20%	0,25

Za izračun površinskega odtoka iz urbanih površin potrebujemo podatke o jakosti padavin, velikost urbaniziranega območja in koeficient odtoka. Teza, da so koeficienti konstantni, ima večjo veljavo za antropogene površine, ker meteorološki dejavniki nanje ne vplivajo do takšne mere kot vplivajo na naravne podlage. Kot je prikazano v spodnji preglednici, se koeficient odtoka razlikujejo za različne tipe površin.

*Preglednica 12: Odtočni koeficienti antropogeno spremenljivih površin za 5 do 10 letno povratno dobo (prirejeno po Colyer in Pethick, 1976)*

Tip površine	Odtočni koeficient
Strehe – različne kritine	0,75 - 0,95
Asfaltni tlak	0,70 - 0,95
Tlak iz tlakovcev	0,70 – 0,85
Makadamske poti	0,15 – 0,30
Dvorišča	0,10 – 0,30
Parki, vrtovi, pokopališča	0,05 – 0,25

Razlike med odtočnimi koeficienti za isti material so posledica računa odtoka pri minimalnih in maksimalnih uporabljenih vrednostih enostavnih nalivov.

V računskem delu bo potrebno določiti različne koeficiente odtoka, za različno stopnjo urbanizacije. Podani bodo trije primeri različnih urbanih ureditev. V prvem se predvidi industrijska cona, druga dva primera pa predvidevata območje stanovanjske ureditve. Prvi primer stanovanjskega območja bo predvidel odvod vseh meteornih voda v meteorno kanalizacijo, zadnji primer pa bo predvidel ponikanje vseh čistih voda v ponikovalnicah. Pri tem je predvsem potrebno določiti vsoto neprepustnih in zelenih površin, kot prikazuje primer spodnje preglednice:

*Preglednica 13: Izračun geometrijskega odtočnega koeficienta (metoda privzeta po Sketel, 1972)*

Vrsta površine		Delež	Odtočni koeficient	Reducirana površina
Nepropustne površine	Strešine	0,25	0,90	0,225
	Asfaltne poti	0,15	0,90	0,135
	Utrjena dvorišča	0,10	0,30	0,03
Zelene površine		0,50	0,20	0,1
Vsota		1,00		0,49

Z postopkom tovrstne metode, lahko dokaj natančno ocenimo odtočni koeficient za celotno analizirano urbano območje. Princip te metode in podani odtočni koeficienti bodo uporabljeni v računskem delu naloge.

Ker je namen naloge predvsem implementacija obstoječih pravnih norm, bom za izračun površinskega odtoka iz urbanega območja uporabil preglednice gospodarsko enakovrednih nalivov (GEN). Kot je bilo že omenjeno v prejšnjem poglavju, se občine z občinskimi odloki pri izgradnji novih kanalizacijskih omrežji odločajo za tovrsten pristop.

Pri določanju količin meteornih voda, ki jih je potrebno odvesti iz urbaniziranega območja, so pomembne predvsem lastne in zaledne vode. Najprej je potrebno določiti površino urbaniziranega območja ter površino iz katere pritekajo zaledne vode. Pri določanju teh voda je potrebno predvsem oceniti čas koncentracije in določiti ustrezen odtočni koeficient.

Za namen moje naloge moram iz tabele določiti le povratno dobo pojava in čas trajanja naliva. Ker podatkov o sami pojavnosti dogodka nisem našel, bom iz preglednice smiselno izbral povratne dobe. Čas naliva moram določiti glede na čas koncentracije, kot je navedeno v priročnikih za gradnjo kanalizacijskih sistemov.

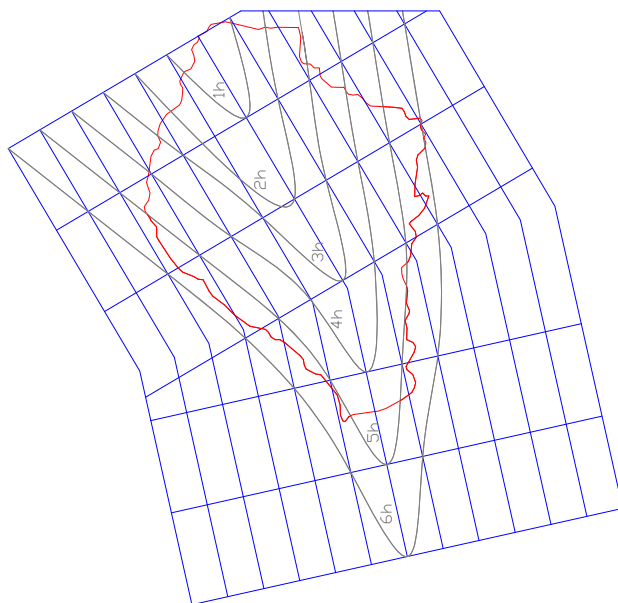
### **3.4 Izračun visokih voda vodotoka določene povratne dobe**

Za izračun visokih voda imamo na razpolago več možnosti. V nadaljevanju so prikazani postopki izračuna visokih voda glede na vhodne podatke. Pri prvem imamo kot vhodni podatek padavine določene intenzitete in trajanja. Za modeliranje z programom HEC-HMS sem si pridobil podatke o padavinah z že določeno povratno dobo pri določenih trajanjih pojava. Predstavljene so tudi nekatere empirične enačbe za izračun visokih voda, vendar ta pristop omogoča le določitev visokih voda zoletno povratno dobo, tako da bom te izračune uporabil le za primerjavo.

Za analizo vpliva meteornih voda na spreminjanje poplavne varnosti sem se odločil, da bom visoke vode določil z programom HEC-RAS. Ta pristop mi bo tudi omogočil podrobnejšo analizo profilov, ki ležijo dolvodno od predvidenega območja urbanizacije.

### 3.4.1 Določanje hidrograma površinskega odtoka

Izračun visokih voda z določeno povratno dobo je dolgotrajen postopek. Predmetno *povodje*<sup>18</sup>, za katerega želimo določiti potrebne visoke vode, je potrebno predhodno razdeliti na območja z enakim časom odtoka. Tako lahko npr. povodju določimo *izohrone*<sup>19</sup> z želenim časovnim zamikom.



Slika 14: Primer določitve izohron s časovnim zamikom ene ure

<sup>18</sup> Povodje je površina z razvodnico, s te površine se voda izteka v vodotok.

<sup>19</sup> Izohrone so črte, ki povezujejo točke z enakim časom odtoka do določenega profila.



Pri tem postopku potrebujemo, upoštevajoč podatek o površini povodja, tudi podatke o hitrosti potovanja vodnega toka po strugi in hitrost odtoka po površju povodja. Ko določimo izohrone je potrebno v naslednjem koraku določiti hidrogram površinskega odtoka in pri tem upoštevati tudi izgube vodnih količin zaradi različnih dejavnikov, ki so bili že navedeni v prejšnjih poglavjih.

Ker je tovrsten pristop dolgotrajen, sem se odločil za uporabo programa HEC-HMS.

### **3.4.2 Modeliranje s programom HEC-HMS**

Program je v osnovi namenjen modeliranju padavinskega odtoka s povodji ter poplav. Izračunane hidrograme v programu lahko uporabimo direktno ali pa v povezavi z drugo programsko opremo. Celoten model je sestavljen iz treh osnovnih modulov. To so modul povodja, meteorološki modul in kontrolni modul. V model povodja je možen vnos fizičnih lastnosti povodja. Sestavljajo pa ga elementi kot so povodje, odsek, vozlišče, itd. V elemente povodja je potrebno vnesti sledeče količine:

- Velikost oziroma površino povodja (km<sup>2</sup>)
- Metoda izračuna izgub
- Metoda transformacije

Meteorološki model nam omogoča vnos padavinskega dogodka. Pri preverjanju količin visokih voda, sem podatke o padavinah vnašal po metodi Frequency Storm. Takšna izbira mi omogoča vnos padavin določene povratne dobe v model. To je predvsem potrebno zaradi umiritve modela in določiti katere padavine (katera povratna doba padavin) mi poda količino visoke vode določene povratne dobe. Za padavinski dogodek je potrebno določiti tudi čas trajanja. Pri izdelavi modela sem v ta namen določil čas koncentracije obravnavanih povodji. Predpostavil sem, da je čas koncentracije enak času trajanja nevihte. Podatki uporabljeni v analizi so predstavljeni v preglednici št. 18.

### Metoda za izračun izgub – SCS

SCS metoda oceni presežke padavin kot funkcijo v celotnih padavin, paokrovnosti tal, rabe tal ter vlažnosti tal. Omenjeno je povzeto v sledeči enačbi:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (1)$$

Pe ... akumulirane efektivne padavine v času t

P ... višina padavin v času t

Ia ... začetne izgube na površini povodja, preden pride do infiltracije vode v zemljino

S ... maksimalno zadrževanje oziroma *retenzija*<sup>20</sup>

Iz eksperimentalnih povodji so za začetne izgube razvili naslednjo empirično enačbo v odvisnosti od zadrževanja S:

$$Ia = 0,2 * S \quad (2)$$

Če enačbo (2) ustavimo v enačbo (1) dobimo sledeči izraz:

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P - 0,8 + S} \quad (3)$$

Povezava karakteristik povodja z S pa je podana v enačbi (4):

$$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \dots SI \text{ merski sistem} \quad (4)$$

Za to metodo, sem se odločil ker je celoten izračun odvisna le od izbranega CN.

---

<sup>20</sup> Površinska retenzija: Del padavin, ki ne ponikne in se v obdobju ko padavine padajo, ali neposredno po tem obdobju ne pojavi kot površinski odtok. Obsega prestrežene padavine na rastlinju, nabiranje v kotanjah in izhlapevanje v obdobju padavin, ne vključuje pa površinskega nabiranja.

### 3.5 Izvedbe meteornih kanalizacij

Ker namen naloge ni obravnava principov dimenzioniranja odvodnih sistemov, temveč le analiza vpliva dodatnih količin vode iz urbanih območij na poplavno varnost, bom v nadaljevanju predstavil le možne tipe izvedbe v opisni obliki.

V sledečih poglavjih so podane razlike in bistvene lastnosti različnih tipov meteornih kanalizacij, povzete iz knjige Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodji (Kompore, 1991).

#### 3.5.1 Mešani sistem

Pri mešanem sistemu so v eni cevi tako *fekalne*<sup>21</sup> kot *meteorne vode*<sup>22</sup>. Izkaže se, da je gradnja mešanih sistemov zaradi neizkoriščenosti cevi v času ko ni padavin, nepraktična. Njihova izvedba je sicer preprosta in cena izvedbe je nižja, vendar povzročajo tovrstni sistemi probleme na čistilnih napravah. V primeru, da imamo za vhod na čistilno napravo mešani sistem, povzročijo večje količine meteorne vode zmanjša čistilno sposobnost obrata in zaradi dodatnih količin voda ob nalivih se pojavi potreba po predimenzioniranju čistilnih obratov.

V spodnji preglednici so podane prednosti in slabosti mešanih sistemov:

*Preglednica 14: Prednosti in slabosti mešanih sistemov*

(+)	(-)
Preprosta izvedba in nižja cena	Slabše delovanje čistilnih naprav
Majhna zmožnost zadrževanja površinskih voda	Potrebno je predimenzionirati čistilne naprave
Enostavno in ceneno vzdrževanje	Slabša zaščita odvodnikov

<sup>21</sup> Fekalne vode je tujka za odpadno sanitarno vodo, ki se uporablja v zakonodaji RS, zato je tudi izraz uporabljen v nalogi.

<sup>22</sup> Meteorne vode je tuj izraz za padavinske vode, ki se uporablja v zakonodaji RS, zato je tudi izraz uporabljen v nalogi

V preteklosti so takšni sistemi imeli iztoke direktno v površinske vode. Zakonodaja zadnjih let, pa določa da je potrebno fekalne vode pred odvodom v vodotoke predhodno očistiti. Po določenih veljavne zakonodaje, je potrebno vsa naselja večja od 1000 PE opremiti z ustrezno čistilno napravo. Za naselja ki so manjša, pa je potrebno zagotoviti čiščenje fekalnih voda na individualni ravni. Na vodovarstvenih območjih morajo individualne osebe zagotoviti nepretočne greznice, katere je potrebno redno prazniti in njihovo vsebino odvažati na čistilne naprave. Iz vidika poplavne varnosti je takšen sistem neprimeren, saj ne omogoča zadrževanja padavinskih voda (če ne upoštevamo zadrževanja na čistilnih napravah), kot je bilo že rečeno pa odvodnja meteornih voda na čistilne obrate povzroči drastičen porast celotne investicije izgradnje čistilne naprave.

### 3.5.2 Ločeni sistem

V tovrstnih sistemih je meteorna voda ločena od fekalne. To omogoča večjo varnost tako površinskih voda, kot tudi zanesljivejše delovanje čistilnih naprav in ponuja možnost zadrževanja določenega volumna padavinskih voda v bazenih ali zadrževalnikih.

Prednosti in slabosti ločenih sistemov so podani v sledeči preglednici:

*Preglednica 15: Prednosti in slabosti ločenih sistemov*

(+)	(-)
Možnost zadrževanja padavinske vode	Višji investicijski stroški
Boljše delovanje čistilnih naprav	Večja zapletenost sistema
Dimenzioniranje čistilnih naprav samo na količino fekalnih voda	Padavinske vode je potrebno čistiti (npr. vode iz cestišč, ind. obratov, ...)

Sama izgradnja in vzdrževanje sistema je dražji, omogoča pa učinkovito delovanje čistilnih naprav in ponuja možnost zadrževanja padavinskih voda pred iztokom v odvodnike. Določen problem te izvedbe predstavlja izpiranje cevi, ki odvajajo fekalne vode. Pri mešanih sistemih so se te cevi izprale ob večjih nalivih, v primeru izvedbe ločenega sistema pa je potrebno te cevi občasno izpirati zaradi usedlin ki se nabirajo v cevi.

Pri izvedbi meteorne kanalizacije z direktnim iztokom v vodotok (brez zadrževanja) je potrebno analizirati koincidence pojava lastnih in tujih voda. Tovrsten problem se je pojavljal na območju Nove Gorice, kjer sta bila časa koncentracije površinskega odtoka iz urbanih površin in dela bližnjega povodja skoraj enaka. Omenjeno je povzročilo poplavljanje urbanih površin ob večjih nalivih. Podrobno analizo problema in podane rešitve je predstavil Kompare (1991).

Tovrstni primeri koincidence so bolj izjema kakor pravilo, vendar se jih je potrebno zavedati pri projektiranju odvodnih sistemov.

### 3.5.3 Delno ločeni sistem

Kot je že navedel Kompare (1991), so delno ločeni sistemi vmesna stopnja oz. kompromis, po drugi strani pa verjetno najbolj uspešna in tehnično-ekonomsko najbolj upravičena rešitev.

*Preglednica 16: Prednosti in slabosti delno ločenih sistemov*

(+)	(-)
Možnost zadrževanja padavinske vode	Višji investicijski stroški
Boljše delovanje čistilnih naprav	Še večja zapletenost sistema
Dimenzioniranje čistilnih naprav na količino fekalnih + del meteornih voda	Padavinske vode je potrebno čistiti (npr. vode iz cestišč, ind. obratov, ...)
Visoka zaščita vodotokov	Dražje in bolj zapleteno vzdrževanje
Predvideno ponikanje čistih meteornih voda	Problem zamaševanja ponikovalnic in večja možnost onesnaževanja voda

Pri izvedbi tovrstnega sistema, del meteornih voda, ki so onesnažene, vodimo v fekalno kanalizacijo, čiste meteorne vode pa ponikamo na izvoru. Med onesnažene padavinske vode lahko prištevamo padavine, ki padejo na onesnažene utrjene površine, kot so na primer cestišča ali strehe določenih industrijskih obratov. Smiselnost te izvedbe je predvsem v tem, da se del čistih meteornih voda ponika na samem izvoru (npr. odtok voda iz strešnih površin). To omogoča tako zmanjševanje celotnega volumna površinskega odtoka, saj se ponikli del vode spremeni v bazni odtok kot bogatenje podtalnice. Ker se naša družba nagiba k

zmanjševanju emisij in imisij polutantov v ozračje, se tovrsten pristop zdi smiseln, saj se padavine na poti do tal ne onesnažijo do takšne mere, da ne bi bile primerne za ponikanje.

### **3.5.4 Povzetek**

Današnje tendence se gibljejo predvsem v smeri delno ločenih sistemov. Res je, da je zapletenost tovrstnih sistemov višja in izvedba dražja, vendar so prednosti takšnega pristopa po mojem mnenju pomembne tako z vidika vzdrževanja količin podtalne vode kot tudi z vidika poplavne varnosti.

Ker se emisije in imisije nevarnih snovi v ozračje zmanjšujejo, v problematičnih področjih pa se izpostavlja zakonsko potreben monitoring onesnaženja zraka, lahko načeloma privzamemo tezo da so padavine, ki padejo na tla, neonesnažene. Res je, da lahko pride do nesreče, ki bi onesnažila okolico določenega področja in s tem posledično onesnažila vir pitne vode, vendar se v takšnem skrajnem primeru onesnažijo tudi okoliške naravne površine. Padavine se tako infiltrirajo v podzemni vodonosnik tudi po naravni poti. Pri tem pa ne smemo pozabiti na samočistilno sposobnost vodonosnikov.

Izvedba delno ločenega sistema je smiselna tako na območjih gradnje stanovanjskih objektov kot območjih namenjenih industrijskim conam. Pri stanovanjski gradnji je možno meteorne vode iz strešnih površin ponikati v ponikovalnici. Pred vhomom v ponikovalnico je potrebno le izvesti peskolov. Pri primeru voda iz utrjenih površin (dovozna pot, dvorišča) pa se lahko te vode vodijo v ponikovalnico preko lovilcev olj. Vode iz cestišč, ki povezujejo celotno območje stanovanjske gradnje pa se lahko vodi bodisi v fekalno omrežje ali pa se jih odvaja v vodotok preko projektiranih lovilcev olj ali separatorjev ogljikovodikov. Primer ponikanja voda iz strešnih in utrjenih površin za industrijske cone pa je nekoliko drugačen. Industrijski obrati lahko onesnažijo vse površine v njihovi okolici, zato je potrebno takšne meteorne vode smatrati kot onesnažene. Te vode je možno očistiti na samem izvoru ali pa jih je potrebno voditi na čistilne naprave. Vsekakor je potrebno poudariti, da za tovrstne primere obstajajo zakonska določila, ki nalagajo investitorju, da pred začetkom gradnje takšnih obratov opravi

potrebne analize škodljivih posledic na okolje. Takšne analize so osnova za nadaljnjo odločanje pri izbiri pristopa izvedbe odvodnega sistema. Pomembno je tudi omeniti, da izvedba delno ločenih sistemov ni možna za vse primere.

Kot je že bilo rečeno, je prednost tovrstnega pristopa predvsem v tem, da se lahko del meteornih voda ponika na samem izvoru. Ponikanje pa v določenih primerih ni možno. Če se na primer predmetna urbana površina nahaja na nepropustni ali slabo propustni podlagi (npr. glini), erozijsko ogroženem območju ali poplavnem območju, ponikanje ni možno oziroma ni smiselno. Nesmiselna je postavitve ponikovalnice v tla, ki ne dopuščajo infiltracije. Pri takšnih primerih je potrebno predhodno opraviti hidrogeološko poročilo o zmožnosti ponikanja vodnih količin. Ponikanje padavinske vode na erozijsko ogroženih območjih ni priporočljivo, saj lahko infiltracija dodatnih količin vode v tla povzroči nezaželene premike zemljine. Ravno tako je ponikanje vode na poplavnih območjih vprašljivo.

Iz vsega navedenega lahko povzamemo, da nikoli ne obstaja enotna rešitev za različne probleme. Potrebno je analizirati območje in izbrati pravilne pristope oziroma optimalne izvedbe sistemov, ki so namenjeni odvodnji odpadnih voda.

### **3.6 Iztok meteorne kanalizacije v vodotok**

Iztok meteorne kanalizacije v vodotok je potrebno pravilno izvesti in zagotoviti varnost pred visokimi vodami. Pri svoji nalogi sem moral določiti dve lokaciji, kjer se meteorna kanalizacija izliva v vodotok. Dve lokaciji sta potrebni oziroma zaželeni, ker ležita obravnavani območji na nasprotni si strani brežin. Cona A se nahaja na desni strani, cona B pa na levi. V primeru križanja komunalnih vodov pod dnom struge vodotoka mora projektant upoštevati naslednje:

- teme zaščitne cevi mora biti na globini min. 1,5 m pod dnom struge vodotoka,
- na tej globini mora cev potekati na razdalji med zgornjima robovoma brežin ter še 3 do 5 m na vsako stran,
- na območju križanja morajo biti dno struge in brežine vodotoka ustrezno zavarovane.

Pri tovrstni izvedbi je potrebno predvideti tudi ustrezna trajna točkovna obeležja območja podzemnega križanja, izvesti pa jo je potrebno tako da se ne poslabša pretočne sposobnosti vodotoka ali ogrozi stabilnost brežine. Ne glede na dejstvo, da je to objekt javne infrastrukture, gradnja elementov, kot so npr. jaški v priobalnem pasu, ni dovoljena.

Projektantje se pri prečkanju javnih vodov z vodotokom dostikrat odločijo tudi za prečkanje le teh po mostni konstrukciji, v kolikor je ta prisotna na predmetni lokaciji.

V primeru križanj vodotoka po mostni konstrukciji mora projektant upoštevati naslednje:

- križanja po mostnih konstrukcijah naj bodo predvidena na dolvodni strani mostnih konstrukcij,
- križanja po mostnih konstrukcijah naj bodo izvedena izven svetlega pretočnega profila.



*Slika 15: Iztok meteorne kanalizacije*

Na sliki je prikazan primer obrežnega zavarovanja iztoka meteorne kanalizacije. Če želimo zagotoviti nepotopljen iztok je treba zagotoviti minimalno 0,3 m varnostno nadvišanje nad koto visokih voda vodotoka. Iztočno cev je potrebno opremiti z zaklopko. Le ta na ob izrednih dogodkih (npr. dvig gladine v vodotoku zaradi zamašitve premostitve, ipd.) preprečuje vtok vode iz vodotoka v cevovod.



## **4 PRIMER VPLIVA URBANIZACIJE POVRŠIN NA POPLAVNO VARNOST**

Avtor želi v tem delu analizirati morebitne negativne posledice povečanja pretoka, kot posledica odvoda lastnih in lastnih zalednih voda iz fiktivnega urbanega območja na spreminjanje poplavne nevarnosti. Ker bo analiza opravljena za več različnih primerov (različne povratne dobe visokih voda, povratnih dob nalivov in različnih odtočnih koeficientov), bom v nadaljevanju te spremembe podajal v obliki grafov, kjer bo prikazana sprememba gladina vode za vseh deset profilov. Številke profilov so označene tako, da je najbolj gorvodni profil označen z številko 10, zadnji profil pa z številko 1.

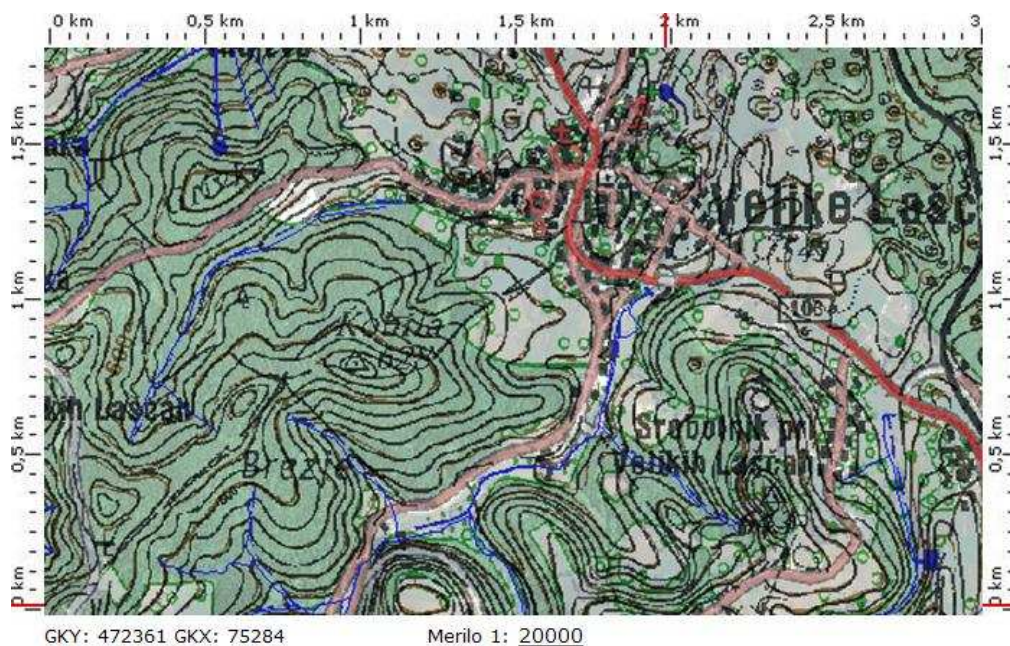
### **4.1 Obstoječe stanje**

Določanje območja poplavne nevarnosti se izvaja z metodami modeliranja in analiziranja, ki morajo ustrezati priznanemu stanju znanosti na podlagi hidroloških, geoloških, geomorfoloških in geodetskih podatkov ter podatkov o rabi tal in pokrovnost. Izbira metod mora ustrezati dejanskim razmeram na območju in pričakovani natančnosti rezultatov.

Za potrebe naloge sem se odločil, da bom pri določitvi lokacij morebitnih novih urbanih površin upošteval geomorfološke, hidrološke in pokrovnost tal. Ker so geološki podatki potrebni iz gradbeno-inženirskih vidikov, raba tal pa se časovno spreminja z občinskimi odloki, sem ta dva parametra izločil iz analize. Pri gradnji novih objektov je vsekakor potrebno upoštevati prostorske načrte občin, vendar je moj primer fiktiven in predvideva širitev urbanih površin v neposredni bližini vodotoka z namenom analize takšne gradnje na vodni režim vodotoka.

Potok Cereja je kraški vodotok, ki ponika 400 m dolvodno od zgornjega profila predvidene hidrološko-hidravlične analize. Požiralnik Cereje je ob cesti Ljubljana-Kočevje. Kapaciteta

požiralnika ni odvisna samo od naravnih karakteristik požiralnika in kraškega podzemlja, temveč tudi od naplavin, ki jih odlaga Cereja ter od karakteristik površinskega odtoka v povodju Cereje. Površinski odtok pa se s širjenjem urbaniziranih površin povečuje (Inženiring za vode, junij 2009).



*Slika 16: Prikaz obravnavanega območja*

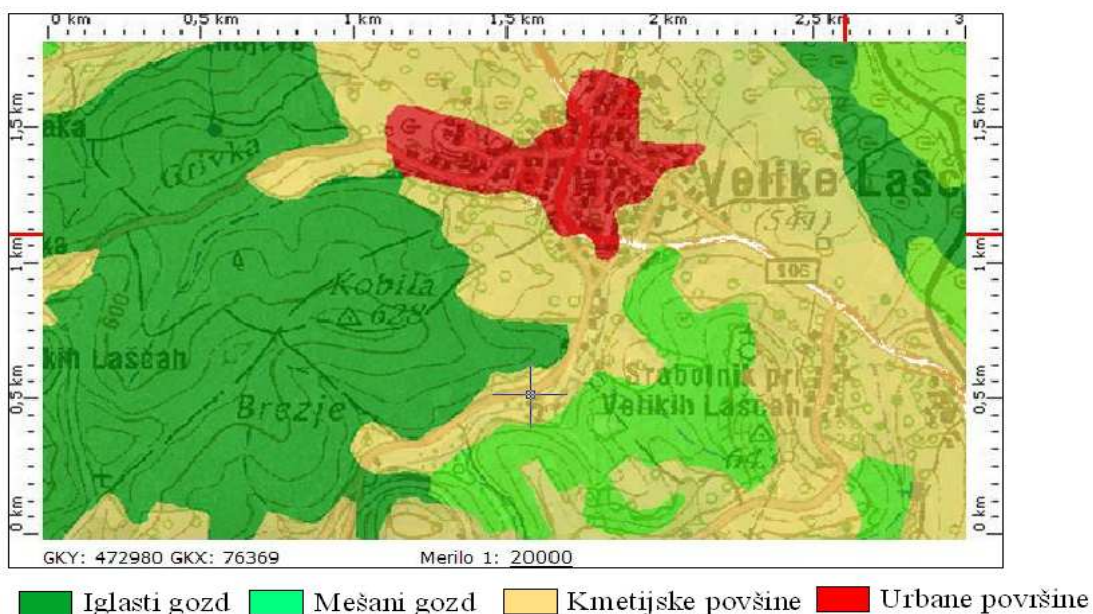
Kot je razvidno iz zgornje slike, poteka struga vodotoka Cereja v večjem delu v dolini, obdani s hribi. Zadnjih nekaj sto metrov struge vodotoka poteka po nekoliko bolj odprtem prostoru, ki omogoča gradnjo objektov. Pri določitvi območij novih urbanih površin sem privzel predpostavko, da so površine z manjšim naklonom terena bolj nagnjene k urbanizaciji kot pa teren s strmejšim naklonom.

Pri izbiri novega fiktivnega območja urbanizacije, bom upošteval tudi pokrovnost tal in pri tem privzel predpostavko, da se za namen širitve urbanih območij ne bodo krčile gozdne površine.

Glede na dejstvo, da so potencialne nova območja urbanizacije trenutno kmetijska zemljišča, bi občina za spremembo namembnosti teh zemljišč morala sprožiti postopke priprave

prostorskih načrtov, ki so pravna podlaga za spremembo namembnosti rabe tal. Pri tem morajo občine upoštevati določila zakonskih in podzakonskih določil, ki pravno urejajo tovrstne postopke. V obdobju prehodnih določb morajo občine same izvesti analizo poplavne nevarnosti in ranljivosti novo predvidenih ureditvenih območij. Vedno več je teženj, da se v tovrstne postopke vključuje tudi javnost. Vključenost javnosti je zaželena in velikokrat pozitivna izkušnja, lahko pa povzroči tudi nezaželene posledice zaradi osebnih interesov določenih interesnih skupin.

Na spodnji sliki je prikazana pokrovnost tal obravnavanega območja v bližini struge vodotoka Cereja.



Slika 17: Pokrovnost tal

Za morebitna nova urbana območja pridejo v poštev površine, ki niso porasle z gozdovi. Samo krčenje gozdnih površin ima neugodne vplive tako na mikroklimo območja, povečanje površinskega odtoka in stabilnost tal (poveča se nevarnost erozije). Za potrebe modela površinskega odtoka, je potrebno definirati prispevno območje vodotoka Cereja. Pri tem je

potrebno upoštevati tako *razvodnice*<sup>23</sup>, kot nagib terena. Razvodnice in topografija terena za predmetno območje sta prikazana na sledeči sliki.



Slika 18: Razvodnice in okvirno območje ureditve

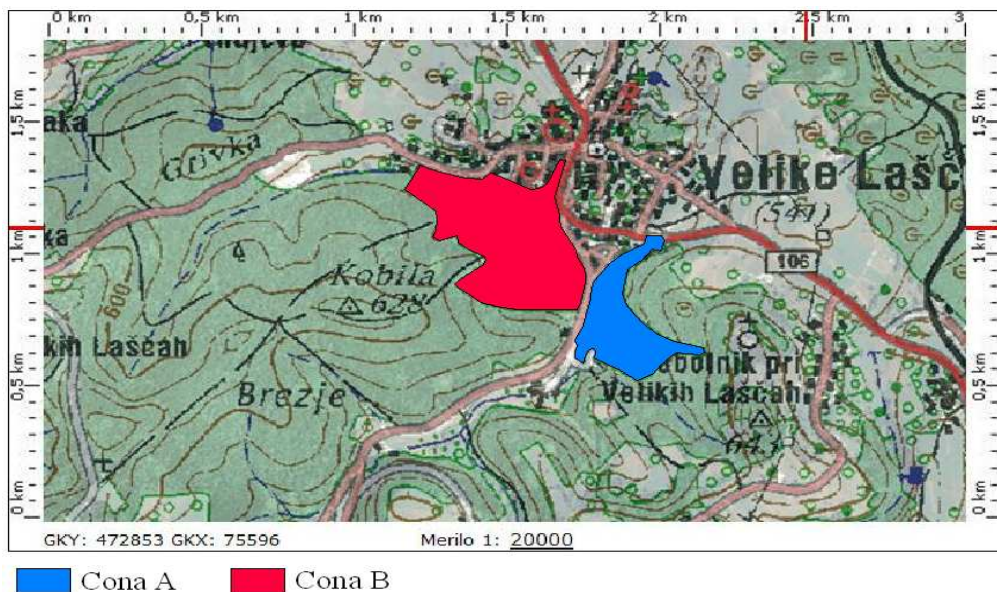
Celotna površina, ki jo določa razvodnica, znaša  $9,5\text{km}^2$ , a ker imam na razpolago le profile določenega dela vodotoka Cereja (podatek profila 1 je cca. 200m gorvodno od ponora vodotoka Cereja), sem upošteval le prispevno območje do kontrolne točke 2. Shematski prikaz delitve območja, kontrolnih točk in pretokov je podrobno prikazan v nadaljevanju.

#### 4.2 Predvideno stanje

Na sledeči sliki sta prikazani dve območji, za katere bom opravil analizo. Cona A je delno zamočvirjeno območje in ob nastopu voda tudi poplavljen. Trenutno je to območje delno urbanizirano le v bližini vodotoka. Cona B pa je območje razpršene gradnje. V predmetna območja so vključena tudi območja kjer nastajajo zaledne vode. Pri tem sem predpostavil, da

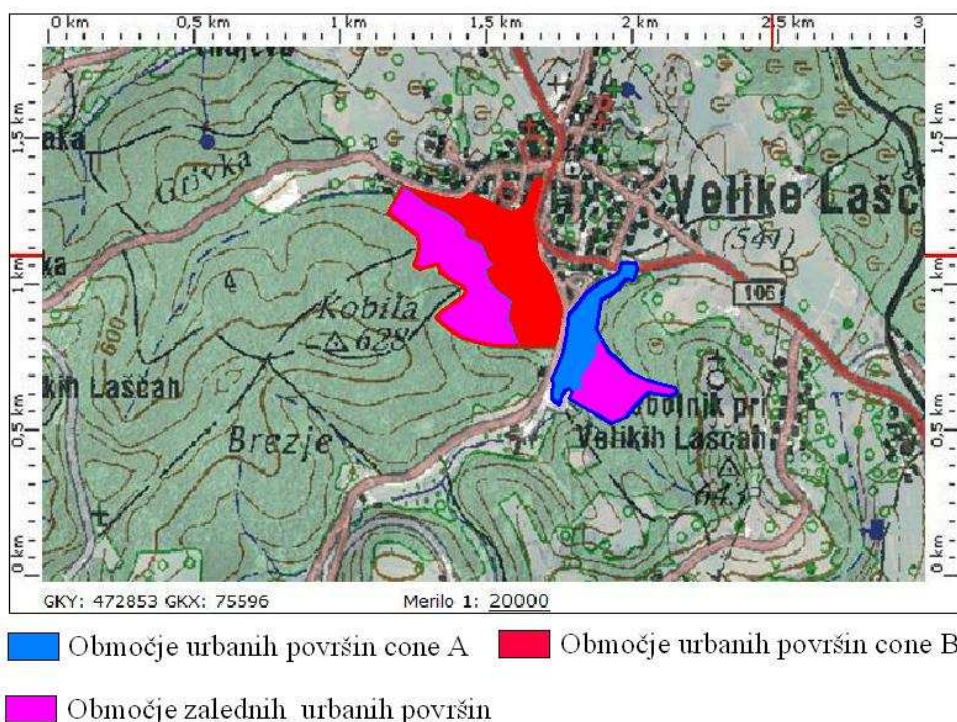
<sup>23</sup> Razvodnica: Greben ali mejna črta med sosednjima prispevnima površinama.

so površine kjer nastajajo zaledne vode površinsko enake območju urbanizacije. Na sledeči sta prikazani območji A in B, ki zajemata tako urbane površine kot zaledne.



Slika 19: Določitev območij analize (območij A in B)

Na spodnji sliki je prikazana delitev na urbane površine in površine, kjer se formirajo zaledne vode:



Slika 20: Delitev območij A in B na urbane in zaledne površine

## **Zaledne vode**

Zaledne vode se oblikujejo v neposrednem zaledju urbaniziranih površin in dotekajo razpršeno (tj. brez združevanja v potoke, kanale) na urbane površine.

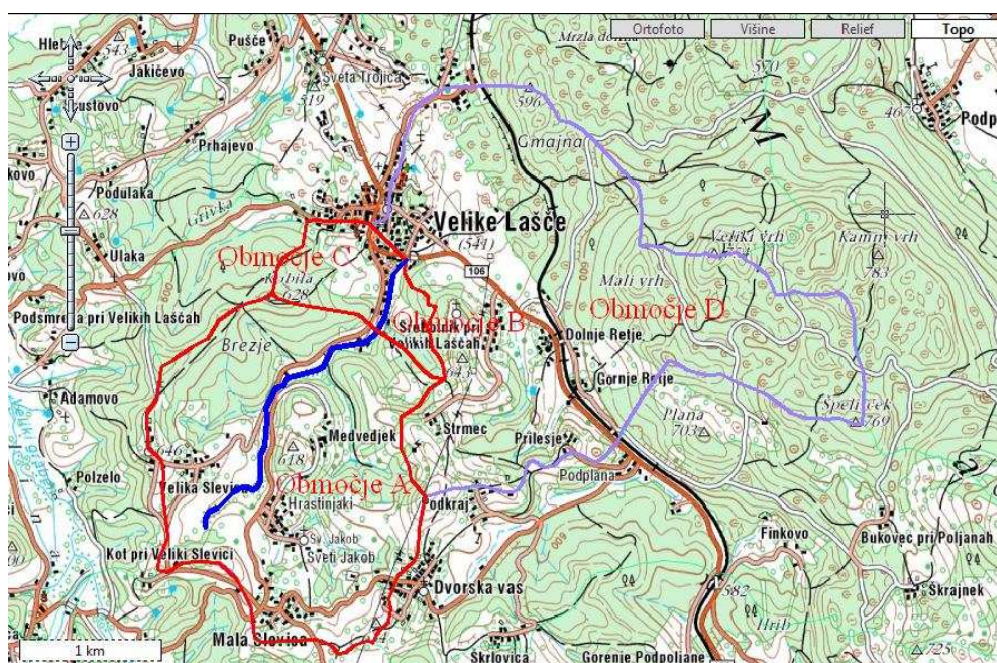
Zaledne površine, so v primerjavi s povodjem, kjer se tvorijo tuje vode, po velikosti dosti manjše. Normalno so približno reda velikosti urbaniziranih površin, na katere pritekajo. Ker so te prispevne površine majhne, imajo tudi nižje čase koncentracije, tipično reda velikosti 30min do 2h. Zaradi tega nastopajo maksimalni odtoki s teh površin pri približno enaki padavinskih razmerah (to je skoraj istočasno), kot to velja za urbani del. (Kompere, B. 1991).

Tipičen primer te problematike je za Novo Gorico predstavljen v knjigi Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodji Kompere (1991). Zaledne vode, so že skoncentrirane prihajale na urbano območje istočasno kot vode iz urbanih površin in povzročale poplave. V takšnih primerih, je potrebno načrtovati ustrezne ukrepe ki preprečijo poplavljanje urbanih površin. V Novi Gorici so s tem namenom zgradili zadrževalnike. Zaradi omenjenega sem tudi sam pri izračunu površinskega odtoka upošteval tudi zaledne površine novo predvidenih urbanih območij. Zaradi enostavnejšega izračuna sem urbane in zaledne površine združil v eno območje.

### **4.3 Izračun visokih voda izbrane povratne dobe s HEC-HMS**

Za potrebe naloge sem pridobil podatke o padavinskih dogodkih z določeno povratno dobo. Potrebno je poudariti, da letne padavine (1,2,5,10) ne povzročijo tudi ustreznih letnih odtokov. Vzrok so razmere na povodju. Le to je lahko posušeno in v polni vegetaciji in takrat dobimo sorazmerno nizke odtoke tudi pri močnih padavinah. Pravimo, da je volumenski odtočni koeficient nizek. Obratno se zgodi v kasni jeseni ali spomladi, ko na pomrznjeno zemljo brez vegetacije pade rahel dež in skoraj v celoti odteče, takrat je volumenski odtočni koeficient skoraj 1 (Kompere, 1991).

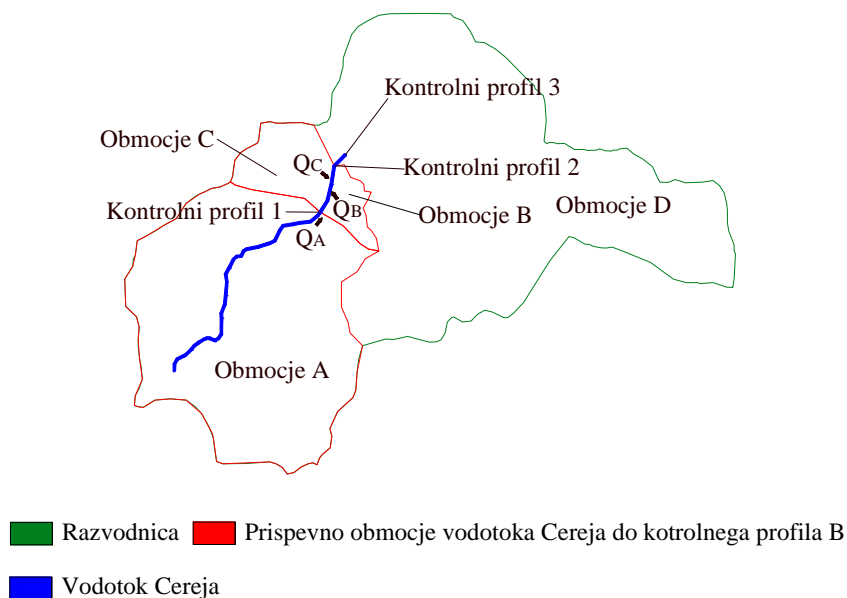
Zaradi večje natančnosti analize vpliva lastnih in tujih voda na spreminjanje poplavne nevarnosti sem se odločil da bom v programu HEC-HMS naredil model površinskega odtoka za izbrano povodje in preveril pridobljene merjene podatke. Pri tem bom uporabil podatke o padavinskih dogodkih z različnimi povratnimi dobami (Agencija Republike Slovenije za okolje). Za zastavitev modela v programu HEC-HMS je potrebno najprej določiti prispevno površino vodotoka Cereja (do kontrolnega profila 2) z upoštevanjem razvodnic in smeri naklonov terena. Delitev območij je prikazana na sledeči sliki.



Slika 21: Prikaz razvodnic in prispevnega območja vodotoka Cereja

Kot je razvidno iz zgornje slike, sem prispevno območje razdelil na tri dele. Območje A, ki je površinsko največje, je območje, ki določa prispevne površine do mojega prvega rečnega profila v programu HEC-RAS (profil 10 oz kontrolni profil 1). Preostali dve območij sta določeni glede na predvideno ureditev novih fiktivnih urbanih območij (za kontrolni profil 2). To mi omogoča natančnejšo analizo vpliva meteornih voda na hidrograme odtoka vodotoka Cereja v dolvodnih profilih. Območje D predstavlja celotno površino ki ga določa razvodnica.

Zaradi boljše predstave principa izračuna visokih voda, je na spodnji sliki zgornja razlaga podana tudi shematsko.



Slika 22: Shematski prikaz oznak območij, pretokov in kontrolnih točk

Območje A ... predstavlja prispevno površino do kontrolnega profila št. 1 oz do profila 10 uporabljenega v programu HEC-RAS. V nadaljnjih izračunih je uporabljena oznaka (Gozd).

Območje B ... predstavlja prispevno površino do kontrolnega profila št. 2 oz do profila 1 uporabljenega v programu HEC-RAS (desna brežina vodotoka Cereja). V nadaljnjih izračunih je uporabljena oznaka (Kmetijske površine I).

Območje C ... predstavlja prispevno površino do kontrolnega profila št. 2 oz do profila 1 uporabljenega v programu HEC-RAS (leva brežina vodotoka Cereja). V nadaljnjih izračunih je uporabljena oznaka (Kmetijske površine II).

Takšna delitev povodja mi omogoča tako določitev površinskega odtoka iz posameznega dela povodja in uporabo različnih koeficientov CN, za posamične dele celotnega obravnavanega območja.



Za potrebe modela sem se odločil, da bom izgube padavin izračunal po metodi SCS. Izbrati je bilo potrebno ustrezne koeficiente CN. Ker je pokrovnost tal na obravnavanem območju različna, sem območja razdelil na gozdne površine, ki obsegajo večji del povodja in kmetijske površine, na katerih je tudi predvidena urbana širitev.

*Preglednica 17: Določitev CN, začetnih izgub in maksimalnega zadrževanja S*

Območja	CN	Površina	I <sub>a</sub>	S
Gozd	77	3.3	15.17	75.87
Kmet. I+II	82	0.8	11.15	55.76
Kmetijske površine I	82	0.23	11.15	55.76
Kmetijske površine II	82	0.57	11.15	55.76
Skupaj	78	4.1	14.33	71.64

Skupni CN se izračuna po enačbi (5):

$$CN_{skupni} = \frac{\sum A_i * CN_i}{\sum A_i} \quad (5)$$

Za potrebe modela je bilo nadalje potrebno določiti čas koncentracije, kot prikazuje sledeča preglednica.

*Preglednica 18: Določitev časa koncentracije (Kripchova metoda)*

Povodje	L[čevelj]	S <sub>[čevelj/čevelj]</sub>	T <sub>c</sub> [h]
Skupaj	8663.27	0.0019	1.56
Gozd	6909.88	0.0019	1.31
Kmetijske površine I	823.83	0.0019	0.26
Kmetijske površine II	929.56	0.0019	0.28

Kripchovo metodo sem v uporabil, ker sta za izračun časa koncentracij potrebna le podatka o dolžini površinskega toka in naklonu terena (izračun sem preveril še z Clarkovo metodo, rezultati so podobni). Izračun časa koncentracije bi moral biti praviloma opravljen po postopku ki je naveden v učbeniku Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC-HMS (Brilly, M., Šraj, M. 2005): str. 66-69.

Za potrebe modela pa je potrebno na podlagi dobljenih časov koncentracije določiti še čas zakasnitve (TLAG), ki ga je potrebno unesti v program HEC-HMS.

*Preglednica 19: Določitev časa zakasnitve*

Povodje	L [čevelj]	CN	Y [%]	S	Tp*	Tc	TLAG
Skupaj	8663.27	78	0.19	2.82	0.83	1.56	0.94
Gozd	6909.88	77	0.19	2.99	0.71	1.31	0.79
Kmetijske pov. I	823.83	82	0.19	2.20	0.11	0.26	0.15
Kmetijske pov. II	929.56	82	0.19	2.20	0.12	0.28	0.17

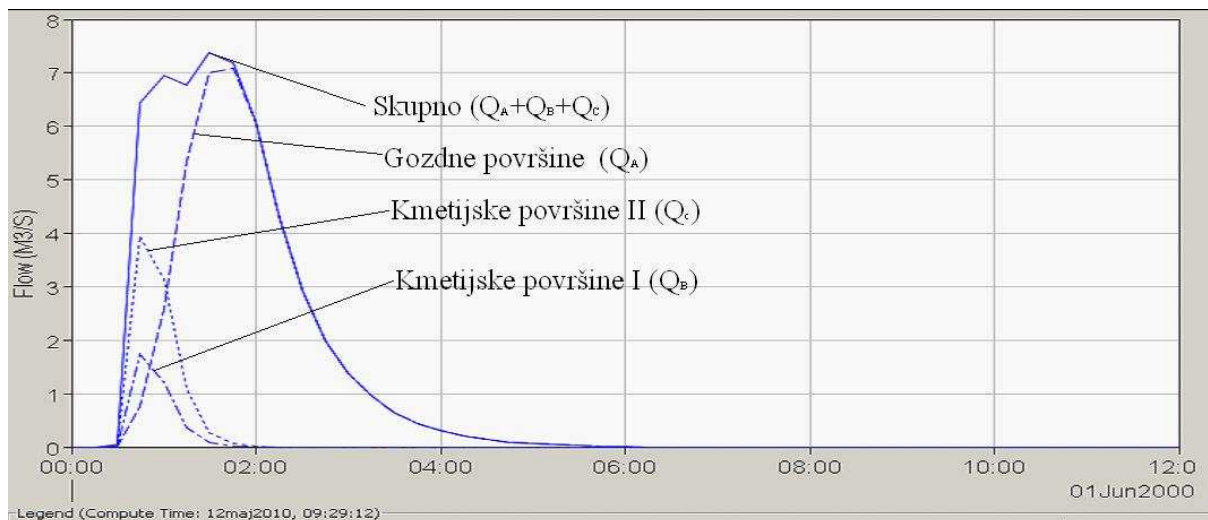
\*Tp...čas od težišča histograma učinkovitih padavin do vrha enotnega hidrograma

Iz zgoraj izračunanih podatkov in podatkov, ki so prikazani v spodnji preglednici, je bilo možno sestaviti model, ki podaja rezultate visokih voda z različno povratno dobo.

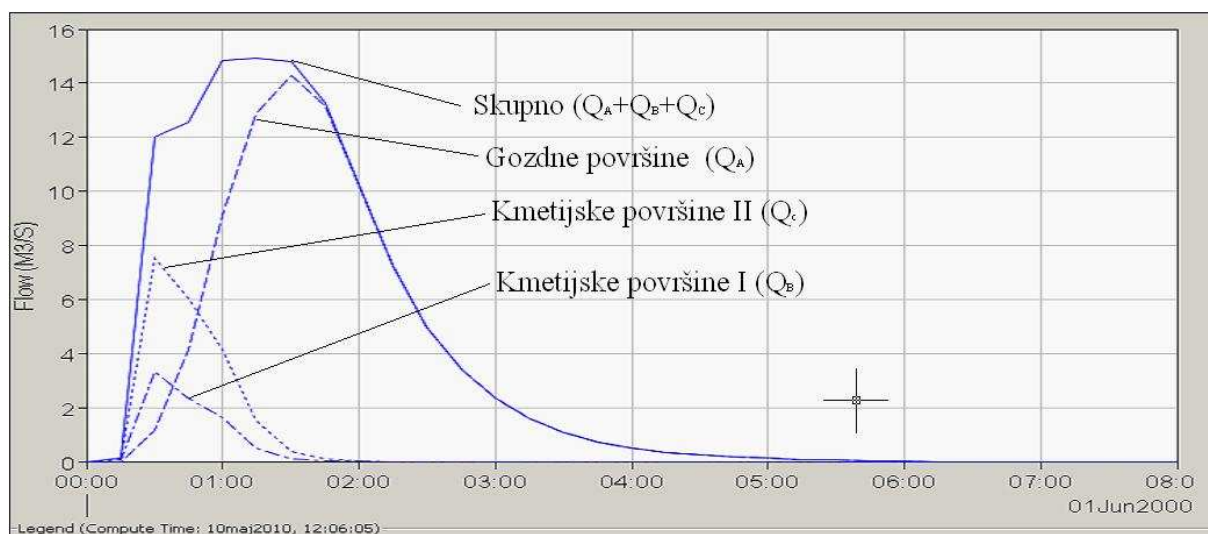
*Preglednica 20: Podatki o količini padavin z določeno povratno dobo in trajanjem*

trajanje	POVRATNA DOBA								
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let	
5 min	6	8	12	14	17	19	22	24	mm
10 min	9	13	18	21	25	28	32	36	mm
15 min	12	17	23	28	33	37	41	47	mm
20 min	13	19	27	32	39	44	49	55	mm
30 min	15	23	33	40	48	55	61	69	mm
45 min	17	26	37	45	54	61	69	78	mm
60 min	18	27	39	47	57	65	72	82	mm
90 min	19	29	42	51	62	70	78	89	mm
120 min	21	31	45	54	65	74	82	93	mm
180 min	24	34	48	57	68	77	85	96	mm
240 min	27	37	50	59	70	78	86	97	mm
300 min	30	39	52	60	71	79	86	97	mm
360 min	32	41	53	61	71	79	87	97	mm
540 min	36	46	59	67	78	86	94	104	mm
720 min	38	49	63	72	84	93	101	113	mm
900 min	41	52	66	75	87	96	105	116	mm
1080 min	44	54	69	78	90	99	108	120	mm
1440 min	47	57	72	82	94	103	112	124	mm

V mojem primeru se povratne dobe padavin in količine visokih voda slučajno ujemajo, tako da mi 10 in 100 letne padavine povzročijo 10 in 100 letne visoke vode. Na sledečih slikah so prikazani odtočni hidrogrami iz vseh treh povodji, rezultati in primerjava pa so podani v poglavju (povzetek).



Slika 23: Odtočni hidrogram za vse tri dele povodja, ki prikazuje visoke vode z desetletno povratno dobo (začetno stanje brez novih urbanih površin)



Slika 24: Odtočni hidrogram za vse tri dele povodja, ki prikazuje visoke vode s stoletno povratno dobo (začetno stanje brez novih urbanih površin)

Konica hidrograma  $Q_{10}$  na sliki 23 znaša  $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar je skoraj identično z merjenimi podatki, ki sem jih pridobil s strani VGI. Pri tem modelu je zanimivo to, da se povratne dobe padavin ujemajo s povratnimi dobami dobljenih visokih voda. To je zgolj naključje, ki je verjetno pogojeno z majhnostjo celotnega povodja vodotoka Cereja.

Kot je razvidno iz slike 24, doseže konica hidrograma  $Q_{100}$  maksimum pri  $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Podatek pridobljen s strani VGI je  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Konica hidrograma iz območja A je pri obeh primerih zamaknjena za eno uro glede na konice hidrogramov iz območja B in C.

#### **4.4 Izračun visokih voda s pomočjo empiričnih enačb**

Kot že rečeno se redkokdaj zgodi, da imamo toliko hidroloških podatkov za posamezna padavinska področja, da bi bilo iz njih možno po raznih metodah ugotoviti najverjetnejše pretoke raznih vrednosti. V nadaljevanju bi rad predstavil nekaj empiričnih enačb povzetih po (Brus, J., 1960. Grafikoni za določanje visokih voda. Uprava za vodno gospodarstvo LRS.), katerih parametri ustrezajo parametrom mojega območja.

##### **4.4.1 Deuerling**

Po tej enačbi je za območja velikosti  $1\text{-}50 \text{ km}^2$  možno določiti visoke vode za strmejša terena. Po navedbi (Brus, J., 1960) je varnost tako dobljenih več kot 100 letna za porasla, grmičevnata manj strma in ravninska področja.

Izračun po obrazcu:

$$Q_{\max} = q \cdot F [m^3/s] \quad (6)$$

Specifični odtoki so s strani avtorja podani v preglednici. Glede na moje območje, znaša specifični pretok  $7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Izračun nam poda precenjene vrednosti stoletnih visokih voda, zato ta enačba ni primerna za moj primer.

#### 4.4.2 Hofbauer

Vrednosti za maksimalne pretoke izračunane po tej metodi avtorja predstavljajo več kot 1000 letno varnost za nižinska in gričevnata področja.

Izračun po obrazcu:

$$Q_{\max} = \beta \cdot \sqrt{F} [m^3/s] \quad (7)$$

Tudi pri uporabi najnižjega koeficienta  $\beta$  je rezultat visoke vode  $30,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar le potrjuje tezo da ima tovrstni pristop zelo visoko varnost.

#### 4.4.3 Foerster

V Sloveniji po Foersterju določene visoke vode ne predstavljajo za vsa področja 100 letnih visokih vod. Po izkustvih iz prakse, seveda se to nanaša na avtorja priročnika, se ta enačba izkaže za upravičeno le za območje Prekmurja in Primorske ter pogojno za kraški svet z večjimi izgubami zaradi odtekanja v krško podlago. Samo za ta področja je smatrati vrednosti dobljene po Foersterju kot 100 letne vode. Za ostala območja Slovenije jih je potrebno obravnavati kot 5-10 letne vode. V mojem primeru se izkaže da je ta formula delno primerna za uporabo.

Izračun po obrazcu:

$$Q_{\max} = q \cdot F [m^3/s] \quad (8)$$

Specifični pretoki za velikost povodja od  $1$  do  $10 \text{ km}^2$  so med  $3$  in  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Po tej enačbi, dobim rezultate, ki so nekoliko podcenjeni v primerjavi z meritvami vendar sem z tovrstno enačbo še najbolj približam merjenim vrednostim.

#### 4.4.4 Povzetek

Na podlagi obstoječih podatkov in izračunov so v spodnji preglednici podane vrednosti visokih voda za 10,100 in 500 letno povratno dobo.

*Preglednica 21: Primerjava visokih voda po različnih metodah*

Povratna doba/metoda	10 let	100 let	500 let
VGI (1991)	7,5 m <sup>3</sup> /s	15 m <sup>3</sup> /s	21 m <sup>3</sup> /s
Deuerling	/	28,7 m <sup>3</sup> /s	/
Hofbauer	/	30,3 m <sup>3</sup> /s	/
Foerster	/	12,3 m <sup>3</sup> /s	/

Ker empirične enačbe omogočajo izračun le visokih voda s stoletno povratno dobo in ker so dobljeni podatki podcenjeni ali precenjeni sem se odločil, da bom izdelal model površinskega odtoka v programu HEC-HMS. Rezultati tega modela so predstavljeni v sledeči preglednici.

*Preglednica 22: Rezultati visokih voda po matematičnem modelu HEC-HMS*

Povratna doba/površina	Koeficient CN	Površina [km <sup>2</sup> ]	Peak Discharge		
			10 let	100 let	500 let
Celotno povodje	78	4.1	7.4 m <sup>3</sup> /s	15,3 m <sup>3</sup> /s	21.42 m <sup>3</sup> /s
Cona A (Gozdne površine)	77	3,3	7,1 m <sup>3</sup> /s	14,6 m <sup>3</sup> /s	19.6 m <sup>3</sup> /s
Cona B (Kmetijske površine I)	82	0,23	3,9 m <sup>3</sup> /s	9,1 m <sup>3</sup> /s	12,74 m <sup>3</sup> /s
Cona C (Kmetijske površine II)	82	0,57	1,7 m <sup>3</sup> /s	4,0 m <sup>3</sup> /s	5,6 m <sup>3</sup> /s

Kot je razvidno iz preglednice, so merjeni podatki VGI(1991) skoraj identični izračunu z HEC-HMS programom. Pri dobljenih rezultatih sta zanimiva predvsem podatka o visokih vodah iz območja kmetijskih površin. Ker je čas koncentracije teh dveh območij manjši, se v vodotoku pojavi velika količina vode v kratkem času. Konice hidrogramov površinskega odtoka iz povodja gozdnih površin in kmetijskih površin so medsebojno zamaknjeni za eno uro. Glede na navedeno je možno privzeti, da je istočasni nastop pojava vseh treh konic malo verjetna.

Ker želim uporabiti v čim večjih primerih zakonska določila, ki so veljavna, sem za izračun petstoletnih voda uporabil določbe 2. člena Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Uradni list RS, št. 60/2007). Po določilih tega pravilnika se petstoletne vode lahko določijo po sledečih kriterijih:

- Za površino povodja, ki je večja od 1000km<sup>2</sup> :

$$Q(500)=1,2 * Q(100) \quad (9)$$

- Za površino povodja, od 100km<sup>2</sup> do 1000km<sup>2</sup> :

$$Q(500)=1,3 * Q(100) \quad (10)$$

- Za površino povodja, ki je manjše od 100km<sup>2</sup> :

$$Q(500)=1,4 * Q(100) \quad (11)$$

Rezultate modela bom uporabil v nadaljevanju kot vhodni podatke za program HEC-RAS.

#### **4.5 Možnost istočasnega pojava lastnih, zalednih in tujih voda**

To je poseben primer poplav, ki je kombinacija dveh večinoma ločenih vzrokov in je zato tudi težko predvidljiv. Gre za pojav, ko visoka voda v odvodniku, ki sama po sebi še nima karakteristik poplavne vode, ovira iztok oziroma izlivanje kanalizacijskih pritokov in neposrednih zalednih vod v odvodnik ter s tem posredno povzroča poplave. Istočasni pojav visokih voda v vodotoku in meteornih voda obravnavamo kot dva nepovezana dogodka zaradi dejstva, da se lahko časa pojava obeh dogodkov bistveno razlikujeta.

Po osnovnem zakonu verjetnostne analize je verjetnost istočasnega nastopa dveh ločenih dogodkov enaka produktu verjetnosti nastopa vsakega dogodka zase.

Praktičen izračun je podal Kompare v knjigi Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodji (1991). Za namen naloge sam izračun verjetnosti takšnega pojava ni pomemben, pomembno pa je poudariti, da bom v nadaljnjih izračunih privzel hipotezo, da se oba dogodka pojavita istočasno. Takšna predpostavka mi bo omogočila izračun poplavnih voda za ekstremne primere.

Za primerjavo je v računskem delu izvedena analiza vpliva meteornih voda na pretočnost struge. Ker je konica hidrograma z gozdnih površin zamaknjen z hidrogramoma iz kmetijskih površin za eno uro, sem opravil analizo tudi pri  $Q_{sr}$ .

#### **4.6 Vhodni podatki za modeliranje in privzete posplošitve**

Pri analizah določenega problema potrebujemo vhodne podatke. Natančnost dobljenih rezultatov pa ni odvisna samo od kvalitete vhodnih podatkov ampak tudi od izbire statističnih orodij za obdelavo le-teh. V Sloveniji se za določevanje visokih vod uporabljajo različne porazdelitvene funkcije, kar povzroči odstopanja dobljenih rezultatov.

Pri hidrološko-hidravlični analizi vodotoka Cerje potrebujem predvsem podatke o visokih vodah ter meritve vzdolžnih in prečnih profilov. Visoke vode sem določil z programom HEC-HMS in le-te umeril z obstoječimi podatki (VGI, 1991). Kot je bilo že predhodno prikazano, so podatki z modelom in obstoječi podatki skoraj identični.

Za analizo površinskega odtoka iz urbanih površin pa sta pomembna podatka o padavinah in koeficienti odtoka. Ker je celotna naloga izvedena na podlagi obstoječih zakonskih določil, bom za padavinske dogodke uporabil krivulje GEN, ki jih že vključujejo nekateri občinski odloki. Ker vsebujejo ti odloki le nalive z povratno dobo desetih let, bom nalive z stoletno povratno dobo povzel po strokovnem članku (Panjan, Bogataj, in Kompare 2005).

Za določitev  $Q_{500}$  sem uporabil določila podzakonskega akta kot je navedeno v poglavju (4.4.4). Pri analizi vpliva meteornih voda iz urbanih površin na spreminjanje poplavne nevarnosti, sem predpostavil možnost istočasnega pojava lastnih in zalednih voda z tujimi



vodami. Slednje je sicer malo verjetno, vendar mi to omogoča določitev ekstremnih dogodkov.

Po rezultatih modela HEC-HMS so konice hidrogramov iz gorvodnega povodja od obravnavanega profila zamaknjeni za 1h (glej grafa 23 in 24). To nam pove, da se pojavijo maksimalne vrednosti hidrograma iz kmetijskih površin I in II eno uro pred maksimalnim pretokom iz območja gozdnih površin.

#### 4.6.1 Izbira visokih voda kot vhodni podatek za program HEC-RAS

Pri analizi spreminjanj poplavne varnosti sem visoke vode določil z programom HEC-HMS. Dobljeni rezultati so primerljivi z merjenimi podatki visokih voda (VGI, 1991). V spodnji razpredelnici so prikazane visoke vode, ki bodo uporabljene kot vhodni podatek za model HEC-RAS.

*Preglednica 23: Visoke vode uporabljene v programu HEC-RAS*

Območja	Površina [km <sup>2</sup> ]	Visoke vode 10 let	Visoke vode 100 let	Visoke vode 500 let
Celotno povodje	4,1	7,4 m <sup>3</sup> /s	15,3 m <sup>3</sup> /s	21,42 m <sup>3</sup> /s
Gozdne površine	3,3	7,1 m <sup>3</sup> /s	14,6 m <sup>3</sup> /s	19,6 m <sup>3</sup> /s
Kmetijske površine I	0,23	1,7 m <sup>3</sup> /s	4,0 m <sup>3</sup> /s	5,6 m <sup>3</sup> /s
Kmetijske površine II	0,57	3,9 m <sup>3</sup> /s	9,1 m <sup>3</sup> /s	12,74 m <sup>3</sup> /s

Potrebno je poudariti, da ozirajoč se na pravno ureditev v Sloveniji, izračun visokih voda ni pravno definiran. Tako lahko izvajalec izbere svoj pristop pri določevanju tovrstnih podatkov. Na žalost mi podatkov o postopku določanja visokih voda (VGI, 1991) ni uspelo pridobiti, tako da metode ne morem oceniti (opravljene naj bi bile meritve). Pri uporabi empiričnih enačb pa se prvotno pojavi problem, da je na podlagi le-teh možno določiti le visoke vode s stoletno povratno dobo. Potrebna pa so tudi široka praktična znanja pri izbiri ter določanju posameznih parametrov enačb. Kot je bilo že predstavljeno v prejšnjem poglavju, so

odstopanja lahko zelo velika. Zato sem mnenja, da bi bilo potrebno določanje visokih voda poenotiti in sprejeti določene zakonske okvire za to področje.

#### **4.6.2 Vzdolžni in prečni profili**

Vzdolžne in prečne profile je mogoče izdelati tudi iz že obstoječih kart. Večji problem se sicer pojavi pri prečnih profilih, ker iz zračnih posnetkov ni mogoče oceniti globine struge. Možne metode meritve le teh so:

- Nivelman, tudi merski trak za meritev razdalj.
- Teodolit za meritve vertikalnih kotov in elektronskim merjenjem razdalj.
- Terestična fotogrametrija.
- Meritev dna z mersko latvijo od vodne gladine.

Pogosto se v praksi potrebuje le hidravlični radij povprečnega pretočnega prereza, koeficient hrapavosti in srednji padec energijske črte. V enostavnih primerih lahko padec struge določimo kar iz srednjih kot karte. Tako lahko pri relativno prizmatičnih strugah vzdolžni padec struge določimo kar iz srednjih kot dna struge, ki jih določimo tako, da med dejanske kote dna položimo izravnano dno. Pri vodotokih, ki intenzivno in pogosto spreminjajo svojo širino v odvisnosti od pretoka voda, je seveda tak postopek popolnoma neuporaben (Mikoš, 2000).

Primer izračuna srednjega vzdolžnega padca struge je podan v poglavju (5.2).

Zaradi večje natančnosti vhodnih podatkov in zaradi majhnosti struge vodotoka sem se odločil uporabiti merjene podatke o prečnih profilih struge vodotoka. Meritve struge vodotoka so bili opravljeni na podlagi meritve z mersko latvijo.

#### 4.6.3 Koeficienti površinskega odtoka

Pri določanju koeficienta površinskega odtoka sem uporabil tri možne inačice. Za prvi scenarij bom privzel da je odtočni koeficient enak 1. Takšen koeficient lahko uporabimo za industrijska območja, brez predvidenih zelenih površin in načrtovanega ponikanja meteornih voda. Ker so v določenih obravnavanih conah zavzete tudi zaledne površine, sem za polovico (industrijsko območje) uporabil odtočni koeficient 1, medtem ko sem za zaledne površine uporabil odtočni koeficient 0,5. Zaledne površine obeh con so zelo strme, med 12% - 25%, zato sem predpostavil da ta območja za urbanizacijo niso primerna.

Druga dva primera predvidevata pozidavo območja z stanovanjskimi objekti. V prvi preglednici je določen odtočni koeficient za primer, ko se vode iz strešnih in asfaltnih površin odvajajo direktno v meteorno kanalizacijo. Pri zadnjem primeru pa je predvideno ponikanje voda iz strešnih in asfaltnih površin.

*Preglednica 24: Določitev koeficienta odtoka, brez predvidenega ponikanja meteornih voda s strešnih in asfaltnih površin*

Vrsta površine		Delež	Odtočni koeficient	Reducirana površina
Nepropustne površine	Strešine	0,25	0,90	0,225
	Asfaltne poti	0,15	0,90	0,135
	Utrjena dvorišča	0,10	0,30	0,03
Zelene površine		0,50	0,20	0,1
Vsota		1,00		0,49

Metoda je privzeta po (Sketelj, 1972). Deleži površin navedeni v preglednici, tako nepropustnih kot zelenih površin so privzeti iz knjige Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodji (Kompore, 1991.). Sami deleži bi lahko bili določeni tudi drugače, vendar je za namen naloge pomemben le prikaz principa izračuna.

V naslednji preglednici je prikazan račun, kateri predvideva delno ponikanje meteornih voda iz utrjenih površin.

*Preglednica 25: Določitev koeficienta odтока, z predvidenim ponikanjem meteornih voda s strešnih in asfaltnih površin*

Vrsta površine		Delež	Odtočni koeficient	Reducirana površina
Nepropustne površine	Strešine	0,25	0.2	0.05
	Asfaltne poti	0,15	0.2	0.03
	Utrjena dvorišča	0,10	0.3	0.03
Zelene površine		0,50	0.2	0.1
Vsota		1,00		0.21

Na osnovi tako določenih odtočnih koeficientov, bo v nadaljevanju izveden račun odтока meteornih voda glede na izbrano intenziteto naliva določen povratne dobe za cono A in cono B.

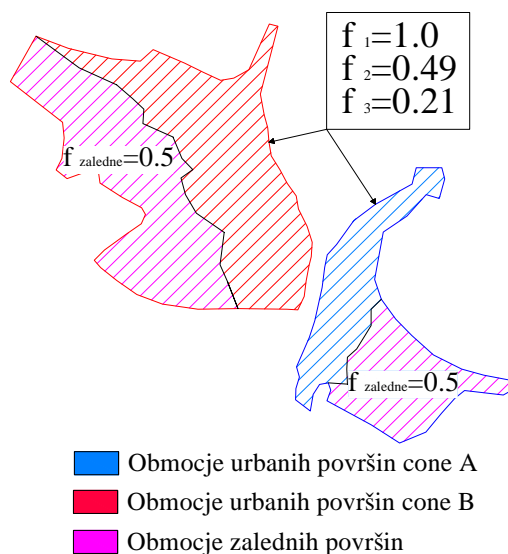
#### **4.6.4 Površinski odток iz urbanih območij različne ureditve (lastne in zaledne vode)**

Za izračun površinskega odтока sem uporabil enačbo:

$$Q = q * \varphi * A = q * A_{red} \quad (12)$$

V sledečih preglednicah so podani izračuni površinskega odтока pri različnih odtočnih koeficientih za cono A in cono B. Kot padavinski dogodek je privzet naliv z 15 minutnim trajanjem pri različni pogostosti naliva.

Sledeča slika shematsko prikazuje uporabo različnih odtočnih koeficientov po območjih, uporabljenih za izračune v preglednicah 26 in 27.



Slika 25: Shematski prikaz uporabe različnih odtočnih koeficientov za posamezna območja oz. primere.

Preglednica 26 podaja izračune za cono A:

Preglednica 26: Izračun površinskega odtoka za različne povratne dobe in odtočne koeficiente pri izbrani intenziteti naliva (cono A)

Pogostost naliva	Povratna doba	Id (15min) l/s/ha	$\varphi_1$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=1)}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\varphi_2$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=0,49)}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\varphi_3$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=0,21)}$ [m <sup>3</sup> /s]
0.01	*100 let	416.9	1	8	2.50	0.49	3.92	1.63	0.21	1.68	0.70
0.1	10 let	281.2	1	8	1.69	0.49	3.92	1.10	0.21	1.68	0.47
0.2	5 let	296.2	1	8	1.78	0.49	3.92	1.16	0.21	1.68	0.50
0.5	2 let	191.6	1	8	1.15	0.49	3.92	0.75	0.21	1.68	0.32
0.67	1,5 let	177	1	8	1.06	0.49	3.92	0.69	0.21	1.68	0.30
1	1 let	160.6	1	8	0.96	0.49	3.92	0.63	0.21	1.68	0.27
2	15 let	131.8	1	8	0.79	0.49	3.92	0.52	0.21	1.68	0.22
4	6 mes.	101.7	1	8	0.61	0.49	3.92	0.40	0.21	1.68	0.17
6	2 mes.	84.2	1	8	0.67	0.49	3.92	0.33	0.21	1.68	0.14

\*Podatek je privzet iz Strokovnega članka Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov (2005)

\* Pri  $Q_{(\varphi=1)}$  je uporabljen otočni koeficient 1 le za polovico cone, druga polovica, ki predstavlja zaledne površine ima odtočni koeficient 0,5.

Sledeča preglednica (preglednica 27) podaja izračun površinskega odtoka za različne primere odtočnih koeficientov in pogostosti naliva za cono B:

*Preglednica 27: Izračun površinskega odtoka za različne povratne dobe in odtočne koeficiente pri izbrani intenziteti naliva (cono B)*

Pogostost naliva	Povratna doba	Id (15min) l/s/ha	$\varphi_1$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=1)}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\varphi_2$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=0,49)}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\varphi_3$ [/]	A red [ha]	$Q_{(\varphi=0,21)}$ [m <sup>3</sup> /s]
0.01	100 let	416.9	1	18	5.63	0.49	8.82	3.68	0.21	3.78	1.58
0.1	10 let	281.2	1	18	3.80	0.49	8.82	2.48	0.21	3.78	1.06
0.2	5 let	296.2	1	18	4.00	0.49	8.82	2.61	0.21	3.78	1.12
0.5	2 let	191.6	1	18	2.59	0.49	8.82	1.69	0.21	3.78	0.72
0.67	1,5 let	177	1	18	2.39	0.49	8.82	1.56	0.21	3.78	0.67
1	1 let	160.6	1	18	2.17	0.49	8.82	1.42	0.21	3.78	0.61
2	15 let	131.8	1	18	1.78	0.49	8.82	1.16	0.21	3.78	0.50
4	6 mes.	101.7	1	18	1.37	0.49	8.82	0.90	0.21	3.78	0.38
6	2 mes.	84.2	1	18	1.14	0.49	8.82	0.74	0.21	3.78	0.32

\*Podatek je privzet iz Strokovnega članka Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov (2005)

\* Pri  $Q_{(\varphi=1)}$  je uporabljen otočni koeficient 1 le za polovico cone, druga polovica, ki predstavlja zaledne površine ima odtočni koeficient 0,5.

Preglednici prikazujeta izračunan površinskih odtok lastnih in zalednih voda. Izračun je nekoliko posplošen, saj imajo lahko zaledne in lastne različni čas koncentracije. Pri izbiri časa naliva je potrebno tako poznati oziroma predvideti *čas natoka*<sup>24</sup> kot *čas koncentracije*<sup>25</sup>. Pri izračunih iz zgornjih preglednic je privzeta predpostavka, da so ti časi enaki 15 minut za obe območij.

To posplošitev sem privzel predvsem zaradi dejstva, da imajo območja, kjer nastajajo zaledne vode, večji naklon terena kot površine namenjene za urbanizacijo. Zaradi posplošitve so vrednosti verjetno nekoliko višje kot bi bile v realni situaciji, vendar sem z nekoliko višjimi količinami na varni strani.

<sup>24</sup> Čas natoka je čas od pričetka naliva do maksimalnega odtoka v obravnavanem kanalu.

<sup>25</sup> Čas koncentracije je tisti čas, ki ga potrebuje voda iz najbolj oddaljenega dela povodja, da doseže najnižjo točko kanalskega odseka.

## **5. RAČUNSKI DEL**

Na osnovi veljavne zakonodaje in predstavljenih teoretičnih osnov želim izvesti hidrološko-hidravlično analizo cca. 400 m dolgega odseka vodotoka Cereja. Pri tem bom predvsem opazoval, kolikšen dvig gladine povzročijo določeni izbrani vhodni parametri predvidenih modelov.

Analiza bo opravljena za pretočnost struge, srednji letni pretok ter pretoka visokih voda z deset in stoletno povratno dobo. Pri tem so v model dodane količine meteornih voda iz urbanih površin. Površinski odtok iz teh površin je podan glede na tri različne odtočne koeficiente. Ie-ti pa se delijo še glede na dve povratni dobi padavin. Za vse nalive, ki so potrebni za izračun površinskega odtoka iz predmetnih območij, je privzet čas naliva petnajst minut.

Zaradi boljše preglednosti, bodo vsi rezultati modela HEC-RAS obdelani z programom Excel. To bo omogočalo boljši pregled na spreminjanje gladin vodotoka Cereja in posledično spreminjanje območja poplavne nevarnosti.

Za samo izvedbo modela je potrebno določiti tudi srednji vzdolžni padec in določiti Manningove koeficient za strugo in poplavne ravnice.

Nenazadnje pa bo prikazana tudi karta poplavne nevarnosti, kjer bo prikazano spreminjanje obsega poplavne površine glede na dodatne količine meteornih voda iz urbaniziranih površin.

### **5.1 Določitev letnih pretokov vodotoka Cereja**

Na obravnavanem območju je srednji letni specifični pretok  $q_{sr}=25 \text{ l/s/km}^2$  (podatek povzet iz poročila »Vodna bilanca Slovenije za obdobje 1971-2000«). Tako znaša srednji letni pretok iz obravnavanega prispevnega območja  $Q_{sr}=102.50 \text{ l/s}$ .

Za potok Cereja tako znaša srednji nizki pretok:

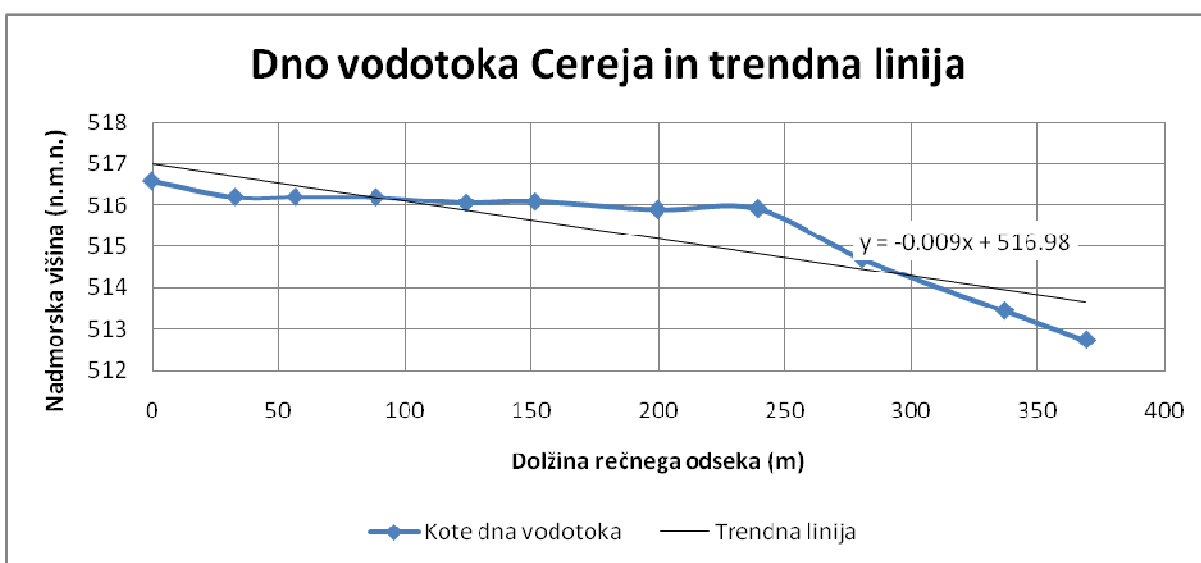
$${}_sQ_n = 0.25 * Q_{sr} = 25,63 \text{ l/s} \quad (13)$$

In najnižji nizki pretoki:

$${}_nQ_n = 0.12 * Q_{sr} = 12,30 \text{ l/s} \quad (14)$$

## 5.2 Določitev srednjega vzdolžnega padca struge

Na podlagi merjenih podatkov kot dna vodotoka Cereja je potrebno določiti srednji vzdolžni padec struge. Na spodnjem grafu so prikazane nadmorske višine in merjene razdalje med izbranimi profili:



\*trendna linija predstavlja srednji padec dna vodotoka Cereja

Slika 26: Določitev srednjega vzdolžnega padca vodotoka

S pomočjo merjenih podatkov dobimo enačbo trendne linije,



Enačba trendne linije:

$$Y = -0.009x + 516.98 \quad (15)$$

na podlagi katere lahko določimo srednji vzdolžni padec obravnavanega območja. Merjene količine za posamezne profile in izračunane vrednosti so podane v spodnji preglednici:

*Preglednica 28: Določitev srednjega vzdolžnega padca*

Kote (m.n.m.)	Razdaja med profili (dolvodno) (m)	Kumulativna razdalja (m)	Višinske razlike (m)	Trendna linija (m.n.m.)	Višinske razlike (trendna linija) (m)	Srednji vzdolžni padec
516.58	0.00	0.00	0.39	516.98	0.30	0.009
516.19	33.11	33.11	0.00	516.68	0.21	0.009
516.19	23.55	56.66	0.01	516.47	0.29	0.009
516.18	32.03	88.69	0.13	516.18	0.32	0.009
516.05	35.48	124.17	-0.03	515.86	0.24	0.009
516.08	27.19	151.36	0.20	515.62	0.44	0.009
515.88	48.34	199.70	-0.02	515.18	0.36	0.009
515.9	39.64	239.34	1.20	514.83	0.37	0.009
514.7	41.22	280.56	1.26	514.45	0.51	0.009
513.44	56.30	336.86	0.71	513.95	0.29	0.009
512.73	32.20	369.06	0.00	513.66	513.66	

Dobljeni srednji vzdolžni padec, potrebujemo kot vhodni podatek za program HEC-RAS.

### 5.3 Izbira Manningovega koeficienta

Ko se poveča vodostaj in pretok, se vrednost Manningovega koeficienta v večini vodotokov zmanjša. To je posledica nepravilnosti v koritu, ki imajo odločilen vpliv na vrednost  $n_g$  pri nizkem vodostaju, torej takrat, ko so delno oz. nepokrite. Vrednost za  $n_g$  se lahko povečuje s povečevanjem vodostaja in pretoka, če so višji predeli brežin hrapavi, zarasli ali se vrednost  $n_g$  spreminja z globino potopitve (Steinman, 1999).

Glede na zgoraj citirano besedilo je potrebno za pravilno izvedbo modela s programom HEC-RAS določiti ustrezne Manningove koeficiente. Program zahteva od uporabnika vnos  $n_g$  koeficienta za samo strugo vodotoka in za obe poplavni ravnici.

*Preglednica 29: Vrednosti faktorjev za določitev  $n_g$  (Steinman, 1999)*

Vpliv	Stanje korita	Vrednost parametrov	
Material, ki sestavlja korito	zemlja	0.020	$n_0$
	izkop v skali	0.025	
	fini gramoz	0.024	
	grobi gramoz	0.028	
Stopnja hrapavosti območenega oboda	zablateno korito	0.000	$n_1$
	majhna	0.005	
	srednja	0.010	
	velika	0.020	
Neprizmatičnost	postopna	0.000	$n_2$
	občasna	0.005	
	pogosta	0.010-0.015	
Relativni vpliv ovir v koritu	zanemarljiv	0.000	$n_3$
	majhen	0.010-0.015	
	znaten	0.020-0.030	
	velika	0.040-0.060	
Zaraslost z vegetacijo	nizka	0.005-0.010	$n_3$
	srednja	0.010-0.025	
	visoka	0.025-0.050	
	ekstremna	0.050-0.100	
Stopnja meandreiranja	majhna	1.00	$m$
	srednja	1.15	
	velika	1.30	

Tovrstno metodo je podal leta 1972 W.H.Shen. S smiselno izbranimi koeficienti iz zgornje tabele sem po enačbi,

$$n_g = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3) * m \quad (16)$$

določil Manningov koeficient za strugo vodotoka, ki znaša  $n_{g(\text{struge})} = 0,04$  in za obe brežine vodotoka, ki znašata  $n_{g(\text{brežin})} = 0.1$ .

#### 5.4 Izbira pogostosti lastnih in zalednih voda, vključenih v analizo

Pogostost naliva se pri dimenzioniranju kanalizacijskih izbira praviloma glede na pomembnost obravnavanega območja. Če je področje gospodarsko bolj pomembno, izberemo manjšo pogostost in obratno. Ker pa namen naloge ni dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja ampak le določitev ekstremne primerov, sem se odločil, da bom v analizo vključil le odtoke z povratnima dobama sto in deset let.

*Preglednica 30: Površinski odtoki lastnih in zalednih voda, ki so vključeni v analizo*

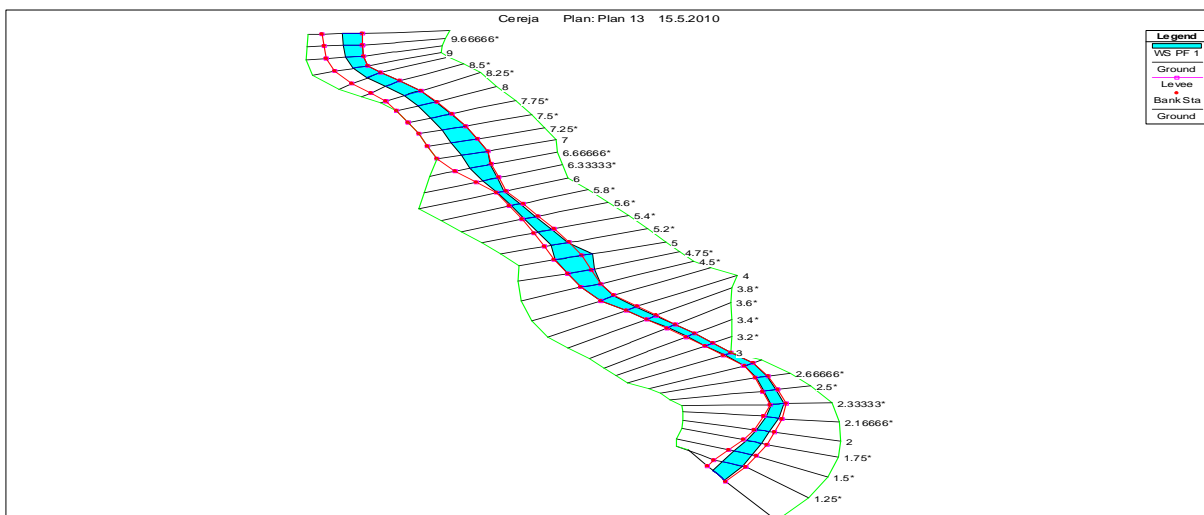
Pogostost naliva	Povratna doba	Q <sub>1</sub> (φ =1) [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>2</sub> (φ=0.49) [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>3</sub> (φ =0.21) [m <sup>3</sup> /s]
Cona A				
0.01	100 let	2.50	1.63	0.70
0.1	10 let	1.69	1.10	0.47
Cona B				
0.01	100 let	5.63	3.68	1.58
0.1	10 let	3.80	2.48	1.06

Pri uporabi GEN krivulj, je upoštevana predpostavka, da je trajanje naliva enaka času odtoka oziroma času koncentracije od opazovane točke. Kar posledično pomeni, da sem za izračun Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> in Q<sub>3</sub> uporabil petnajst minutne nalive izbrane povratne dobe.

Kot je bilo že predhodno omenjeno, sem pri izračunu Q<sub>1</sub> uporabil odtočni koeficient (φ =1) le za polovico vsake cone, ker preostala polovica predstavlja zelene površine. Ravno tako je tovrsten pristop upoštevan pri izračunu Q<sub>2</sub> in Q<sub>3</sub>, le da je izračun podan po metodi (Sketelj, 1972).

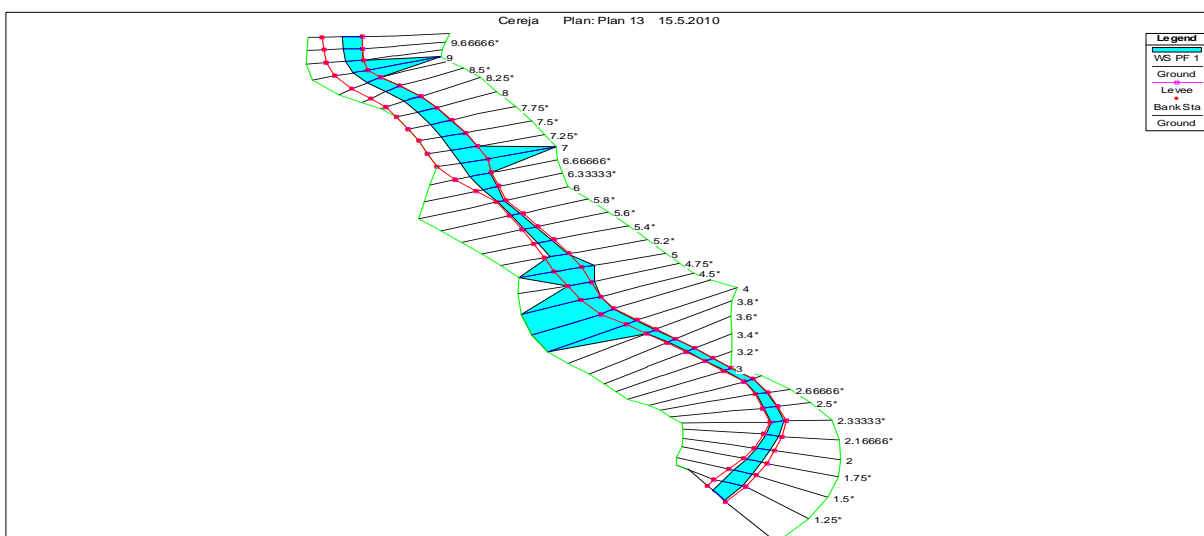
## 5.5 Določitev pretočnosti struge vodotoka Cereja – sedanje stanje

Potrebno je določiti pretočnost struge vodotoka Cereja. To je tisti pretok, pri katerem voda še ne prestopi bregov vodotoka. S poizkušanjem sem določil, da ta pretok znaša približno  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Situacijo pretočnosti struge prikazuje sledeča slika, ki kaže, da je le v 5 profilu minimalno izlivanje iz struge.



Slika 27: Situacija pretočnosti struge ( $Q_{str} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ )

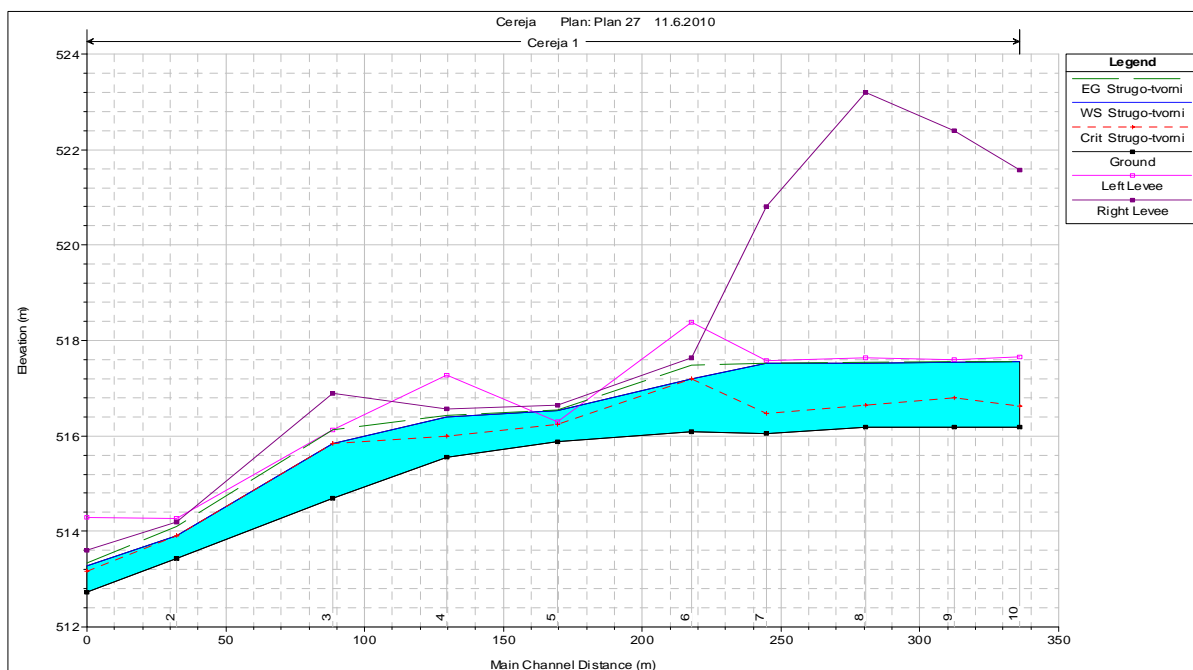
Za določitev problematičnih prerezov (analiza občutljivosti) sem uporabil pretok velikosti  $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Slika 28: Prikaz problematičnih odsekov pri pretoku ( $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Pri tem se nazorno vidi problematične odseke vodotoka oziroma profile, kjer voda najprej prestopi bregove. Iz slike 28 je razvidno, da so problematični profili številka 9, 7, 5, in profil 4. Med navedenimi profili je najbolj problematičen profil št. 4, saj se v le tem že pri pretoku (pretočnost struge) pojavi deroči tok. Predviden iztok meteorne kanalizacije iz cone A se nahaja v profilu 6, iz cone B pa v profilu 3 (na grafikonih sta iztoka označena z puščicama).

Na sliki 27 vodotok (pri  $Q_{str}=3m^3/s$ ) ostaja v svoji strugi. Na sledeči sliki je prikazan vzdolžen potek gladine, dno vodotoka in niveleta levega in desnega brega vodotoka pri ( $Q_{str}$ ).



Slika 29: Prikaz profilov pri pretoku ( $Q_{str}=3 m^3/s$ ), gladine ter levi in desni breg

Iz gornje slike je razviden potek tako dna vodotoka, leve in desne brežine in gladine vode pri pretočnosti struge. Do manjšega izlitja iz vodnega korita prihaja le v 5 profilu. Razbrati je možno, da je globina vode največja v profilu št. 6 in sicer znaša 1,47m, najnižja globina pa je v profilu št. 2, ta pa meri le 0,48 m (glej tudi preglednico 31).

V preglednici št. 31 so podani osnovni izračuni v programu HEC-RAS pri pretočnosti struge ( $Q_{str}$ ). V preglednici so z rdečo barvo označene številke, kjer je možen pojav deročega toka. Kot je razvidno se v dveh profilih lahko pojavi deroči tok, saj je gladina vode enaka kritični

gladini. Pri profilu 4 pa nastopi deroči tok, saj je kritična gladina 39 cm nižja od gladine vode. Zardi pojave deročega toka in lokalne zaježitve v 4. oz deloma v 3. profilu, prihaja na tej lokaciji do intenzivnejšega preliivanja voda izven struge vodotoka.

*Preglednica 31: Izračuni poteka gladin s programom HEC-RAS (pretočnost struge)*

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Mann Wtd Chnl	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Max Chl Dpth (m)
10	Q <sub>str</sub>	3	0.04	516.19	517.56	516.63	517.57	0.45	6.66	6.72	1.37
9	Q <sub>str</sub>	3	0.04	516.19	517.54	516.8	517.55	0.62	4.85	5.43	1.35
8	Q <sub>str</sub>	3	0.04	516.18	517.52	516.64	517.53	0.45	6.68	6.96	1.34
7	Q <sub>str</sub>	3	0.04	516.05	517.52	516.47	517.52	0.33	9.15	9.4	1.47
6	Q <sub>str</sub>	3	0.04	516.08	517.2	517.2	517.48	2.34	1.28	2.29	1.12
5	Q <sub>str</sub>	3	0.04	515.88	516.52	516.24	516.55	0.8	4.01	9.77	0.64
4	Q <sub>str</sub>	3	0.04	515.55	516.39	516	516.44	0.99	3.02	4.06	0.99
3	Q <sub>str</sub>	3	0.04	514.7	515.84	515.84	516.12	2.36	1.27	2.24	1.14
2	Q <sub>str</sub>	3	0.04	513.44	513.92	513.92	514.09	1.86	1.62	4.6	0.48
1	Q <sub>str</sub>	3	0.04	512.73	513.29	513.17	513.35	1.09	2.75	8.57	0.56

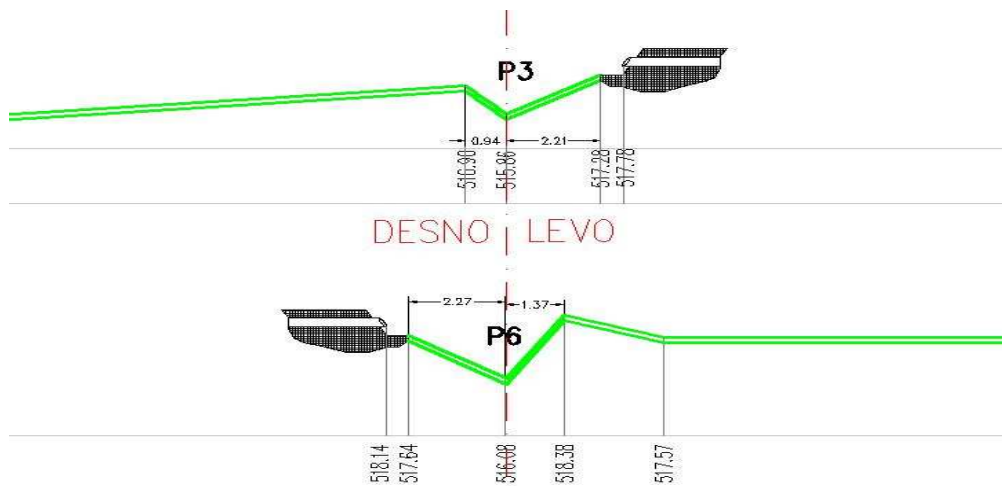
\*Z rdečo barvo so označeni profili, kje je možen oz se pojavi deroči tok

V nadaljevanju, bom opravil analizo dodatnih količin meteornih voda, ob predpostavki istočasnega pojava pretočnosti struge z lastnimi in zalednimi vodami iz urbanih površin, pri različnih odtočnih koeficientih (za razlago metodologije izbire odtočnih koeficientov glej tudi sliko 25).

### 5.5.1 Vpliv meteornih voda iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne varnosti pri pretočnosti struge

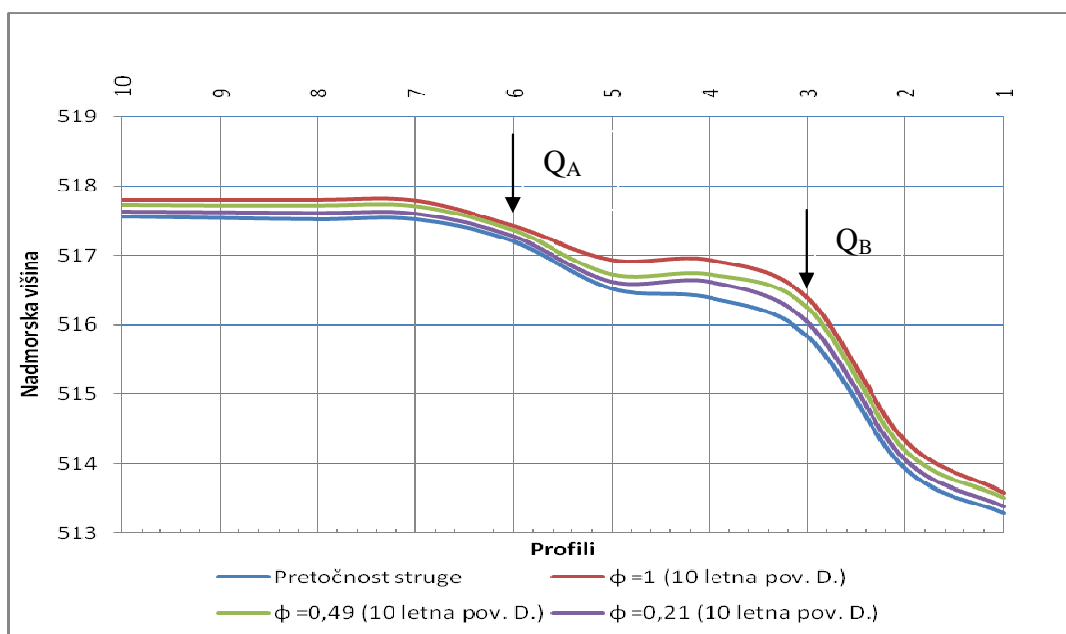
\* Zaradi številnih kombinacij različnih vhodnih podatkov in s tem posledično veliko število modelov, bom odstopil od ustaljene prakse in rezultate podal v obliki grafikonov. Takšen pristop je tudi potreben, ker želim prikazati spremembo gladin po vseh profilih (od 10 do 1). Tovrsten pristop bo uporabljen za vse sledeče analize. Predviden iztok meteorne kanalizacije iz cone A se nahaja v profilu 6. Predviden iztok voda iz površin cone B pa je v 3. profilu.

Iztok meteorne kanalizacije je nadvišan za 0,5 m nad robom brežine, kar prikazuje spodnja slika.



Slika 30: Prikaz iztoka in kote višin za iztok meteorne kanalizacije v profilu 3 in 6.

Pri obeh sledečih primerih je predpostavljen istočasni pojav pretočnosti struge v vodotoku z lastnimi in zalednimi vodami iz urbanih površin. Spodnji graf prikazuje gladine pri različnih odtočnih koeficientih in desetletni povratni dobi padavin.



Slika 31: Prikaz gladin zaradi različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 10 let in primerjava s pretočnostjo struge

Razlika gladin v metrih med pretočnostjo struge in pretoki pri različnih pretočnih koeficientih je podana v sledeči preglednici.

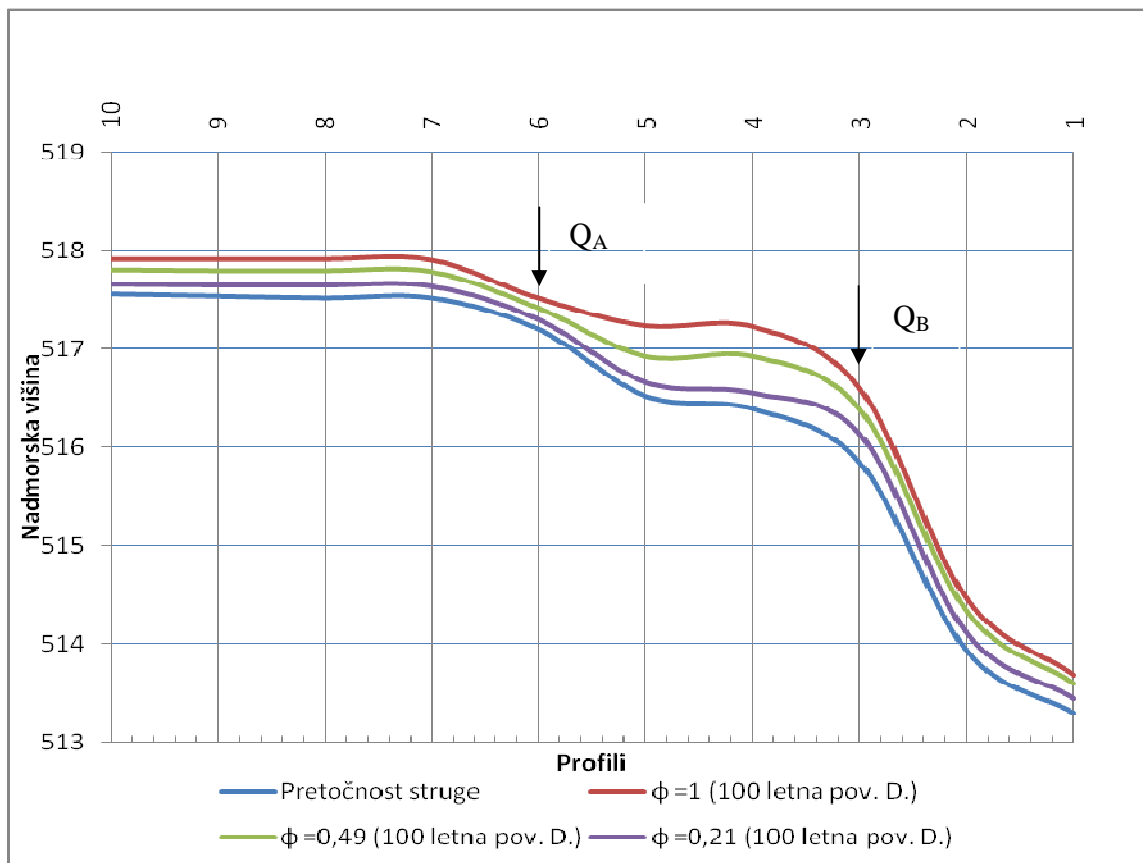
Preglednica 32: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin (pretočnost struge)

Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\phi=1,0$	0.24	0.26	0.28	0.27	0.22	0.42	0.55	0.55	0.41	0.3
$\phi=0,49$	0.16	0.17	0.19	0.18	0.15	0.2	0.33	0.4	0.26	0.22
$\phi=0,21$	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.1	0.23	0.2	0.13	0.1

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

Kot je bilo že predhodno ugotovljeno, se največje razlike v dvigu gladine pojavijo v profilu 4 oz profilu 3.

Na sledeči sliki so prikazane gladine pri padavinah z stoletno povratno dobo.



Slika 32: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 100 let in primerjava s pretočnostjo struge



Razlika gladin v metrih med pretočnostjo struge in različnimi koeficienti je podana v sledeči preglednici.

*Preglednica 33: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin (pretočnost struge)*

Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\varphi=1,0$	0.35	0.37	0.39	0.38	0.31	0.71	0.83	0.75	0.53	0.39
$\varphi=0,49$	0.24	0.25	0.27	0.26	0.21	0.4	0.53	0.54	0.4	0.3
$\varphi=0,21$	0.1	0.11	0.13	0.12	0.1	0.14	0.16	0.29	0.18	0.15

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

Iz obeh grafov (slika 31 in 32), je razvidno, da je najbolj problematičen profil 4. V tem delu se prečni profil struge vodotoka zmanjša. Poveča pa se tudi naklon do dolvodnih profilov. Zato se v tem profilu pojavi lokalna zajezev, ki posledično zmanjša pretočne hitrosti. Dolvodno od tega profila pa se hitrosti vode močno povečajo (5 do 6 krat).

Iz obeh grafov je tudi možno razbrati vpliv različnih odtočnih koeficientov. Nižji kot je odtočni koeficient, manjši je vpliv na dvig gladine vodotoka.

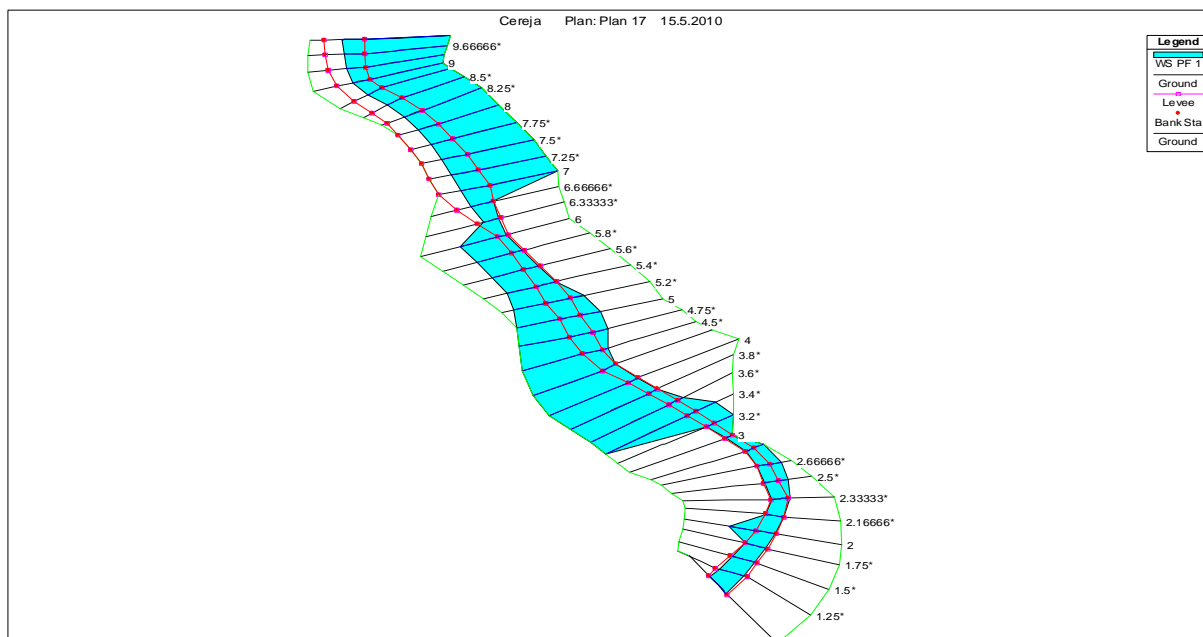
V nadaljevanju je opravljena analiza za visoke vode  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$ . Ker se izkaže, da so rezultati ob predpostavki koencidence visokih voda deset in stoletne povratne dobe precenjeni, analiza za visoke vode s petsto letno povratno dobo  $Q_{500}$  ni smiselna. Za analizo bi bilo smiselno uporabiti nižje pretoke kot so npr.  $Q_1, Q_2$  ali  $Q_5$  (pretoki z eno, dve in petletno povratno dobo), vendar za te količine nisem pridobil merjenih podatkov. Brez merjenih podatkov pa model z programom HEC-HMS ne bi mogel umeriti oz oceniti, ali so dobljene količine glede na izbrano povratno dobo padavin tudi dejanski pretoki z določeno povratno dobo.

## 5.6 Hidravlična presoja za visoke vode z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}$ )

Za analizo poplavne nevarnosti visokih voda z desetletno povratno dobo je uporabljen pretok dobljen z programom HEC-HMS, ki znaša  $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Iz sledeče slike je razvidno, da voda prestopi bregove od desetega do sedmega profila na levi strani vodotoka, nato se zaradi

spremembe terena poplavna ravnica razširi od šestega do tretjega profila na desni strani.

Spodnja slika prikazuje poplavljeni območja pri pretoku  $Q_{10}$ .



Slika 33: Prikaz situacije pri visokih vodah z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}=7.4 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Zaradi natančnejšega izrisa poplavne ravnice v programu HEC-RAS, je med prečnimi profili opravljena interpolacija vmesnih profilov, kar je tudi razvidno iz slike 33.

Preglednica 34: Rezultati izračunov s programom HEC-RAS ( $Q_{10}$ )

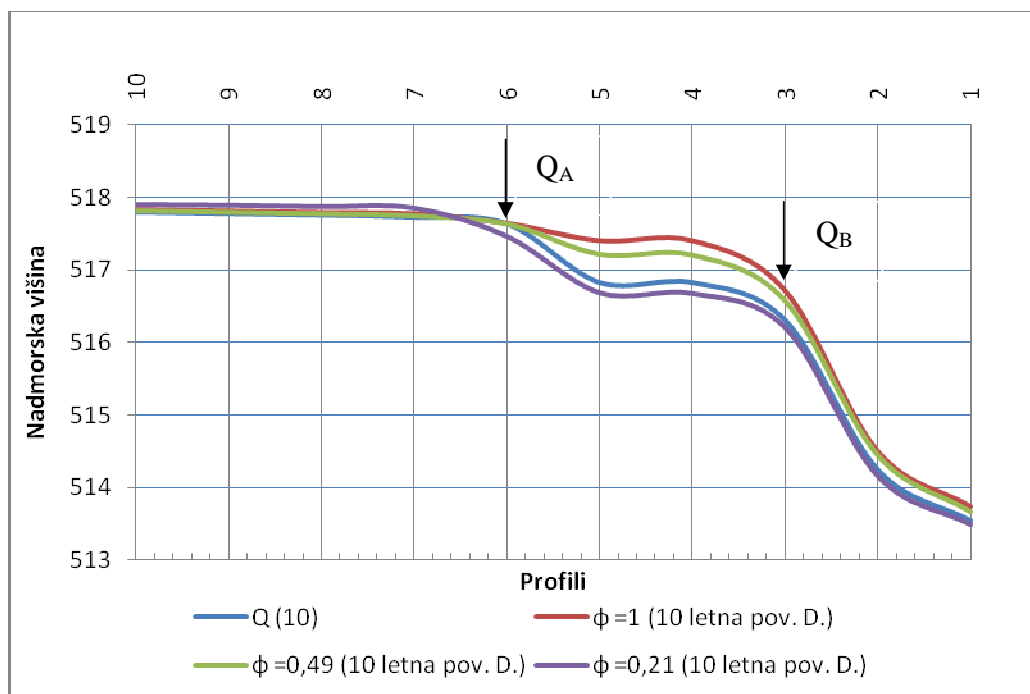
River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Mann Wtd Chnl	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Max Chl Dpth (m)
10	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	516.19	517.8	516.94	517.83	0.74	17.23	36.14	1.61
9	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	516.19	517.78	517.15	517.8	0.8	18.27	32.35	1.59
8	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	516.18	517.76	516.95	517.77	0.66	19.95	30.83	1.58
7	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	516.05	517.73	516.76	517.75	0.63	15.04	34.36	1.68
6	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	516.08	517.64	517.64	517.7	1.45	9.52	17.31	1.56
5	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	515.88	516.83	516.48	516.87	0.97	13.39	29.08	0.95
4	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	515.55	516.83	516.34	516.83	0.41	36.25	37.68	1.43
3	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	514.7	516.31	516.31	516.75	2.92	2.54	2.9	1.61
2	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	513.44	514.25	514.25	514.47	2.09	3.75	16.09	0.81
1	Q <sub>10</sub>	7.4	0.04	512.73	513.55	513.4	513.64	1.37	5.41	11.94	0.81

\*Z rdečo barvo so označeni profili, kje je možen oz se pojavi deroči tok

Če primerjamo zgornjo preglednico s preglednico pretočnosti struge (preglednica 31), je razvidno, da se pretočne hitrosti v profilu 4 več kot prepolovijo, medtem ko se pretočne hitrosti v dolvodni smeri znatno povečajo. Kot pričakovano, se deroči tok pojavi v vseh obravnavanih profilih.

### 5.6.1 Vpliv meteornih voda iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne nevarnosti pri visokih vodah z desetletno povratno dobo ( $Q_{10}$ )

Predviden iztok meteorne kanalizacije iz cone A se nahaja v profilu 6. Predviden iztok voda iz površin cone B pa je v 3 profilu. Do 6 profila je v model vstavljen pretok  $Q_{10}$ , izračunan z programom HEC-HMS. Dolvodno so dodani v profilu šest in tri še pretoki iz urbanih površin. Pri obeh sledečih primerih je predpostavljen istočasni pojav tujih voda z lastnimi in zalednimi vodami.



Slika 34: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 10 let z visoko vodo  $Q_{10}$

Razlika gladin v metrih med  $Q_{10}$  in različnimi koeficienti je podana v sledeči preglednici.

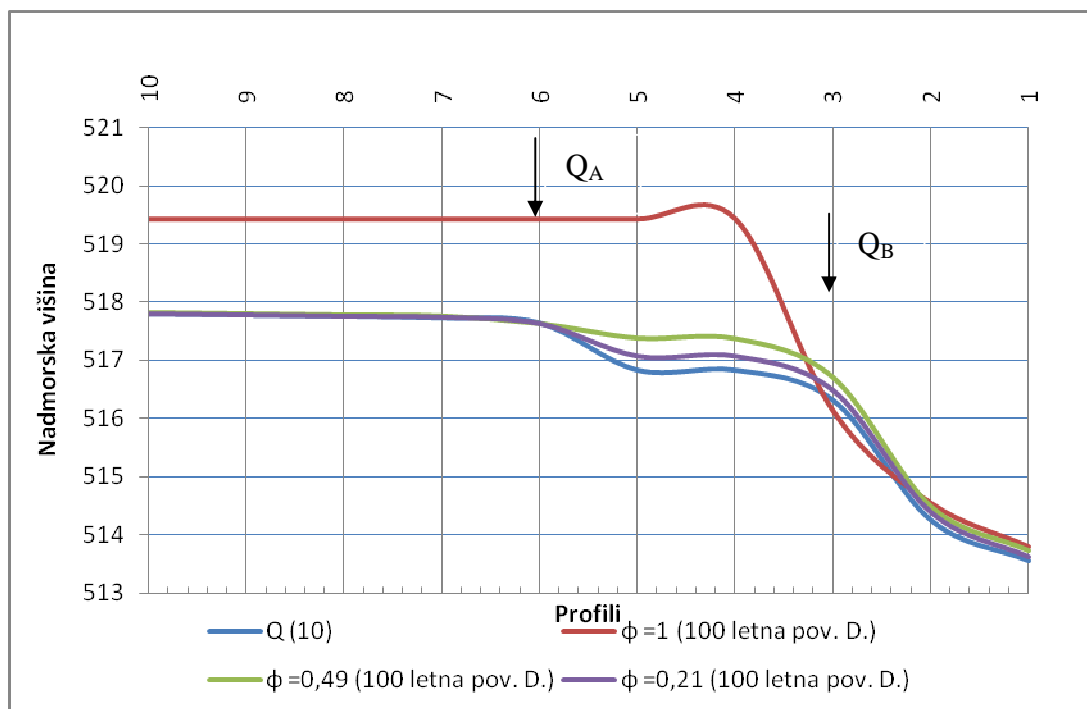
*Preglednica 35: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin ( $Q_{10}$ )*

Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\phi=1,0$	0.03	0.03	0.03	0.04	0	0.57	0.57	0.4	0.24	0.18
$\phi=0,49$	0.02	0.02	0.02	0.02	0	0.39	0.38	0.27	0.2	0.12
$\phi=0,21$	0.11	0.12	0.12	0.13	-0.17	-0.14	-0.15	-0.1	-0.09	-0.06

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

Rezultati za ( $\phi=0,21$ ) so zanimivi saj se gladina dejansko nekoliko zniža (glej Steinman, 1999. Hidravlika, str: 227-234).

Na sliki 35 je podan prikaz gladin pri visoki vodi vodotoka  $Q_{10}$  in stoletni povratni dobi padavin.



*Slika 35: Prikaz gladin za različna odtočna koeficienta pri povratni dobi padavin 100 let z visoko vodo  $Q_{10}$*

Iz grafa je razvidno, da se pri odtočnem koeficientu 1 pri stoletni povratni dobi padavin pojavi zajezitev v profilu 3, katera povzroči občuten dvig gladine v 4. profilu.

Razlika gladin v metrih med  $Q_{10}$  in različnimi koeficienti je podana v sledeči preglednici.

*Preglednica 36: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin ( $Q_{10}$ )*

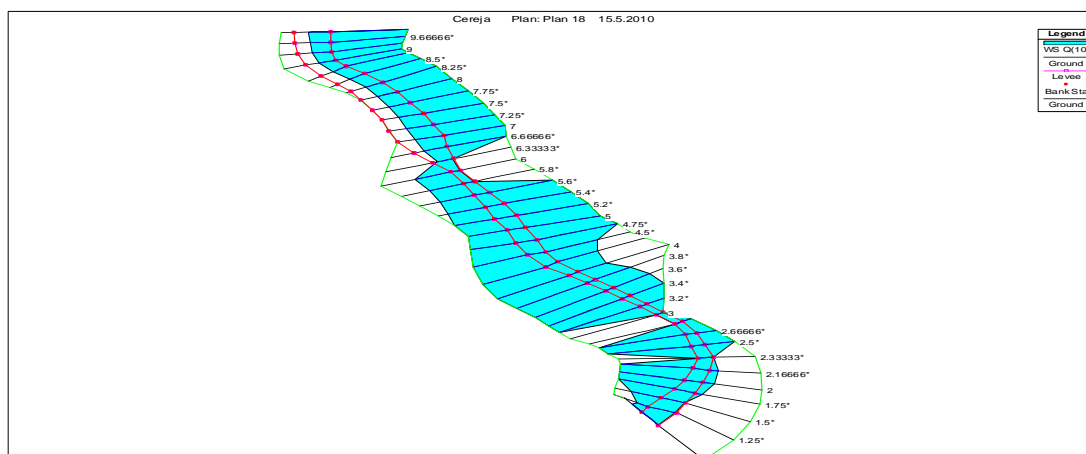
Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\varphi=1,0$	1.63	1.65	1.67	1.7	1.79	2.6	2.6	-0.18	0.3	0.25
$\varphi=0,49$	0.03	0.03	0.03	0.04	0	0.56	0.55	0.4	0.24	0.18
$\varphi=0,21$	0.01	0.01	0.01	0.02	0	0.25	0.25	0.18	0.15	0.08

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

Iz slike 35 je jasno razvidno, da pride v profilu 3 do zaježitve, kar povzroči dvig gladine v profilu 4. Pri primeru, ko je odtočni koeficient enak ena (graf rdeče barve, slika 35), pride tudi do preplavitve iztoka meteorne kanalizacije v 6. profilu. To lahko posledično pomeni poplavljanje urbanih površin zaradi oviranja iztoka meteorne kanalizacije.

### 5.7 Hidravlična presoja za visoke vode z stoletno povratno dobo ( $Q_{100}$ )

Za analizo poplavne nevarnosti visokih voda z stoletno dobo je uporabljen pretok  $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Iz sledeče slike je razvidno, da voda prestopi bregove v skoraj vseh profilih. Spodnja slika prikazuje poplavljen območja pri pretoku  $Q_{100}$ .

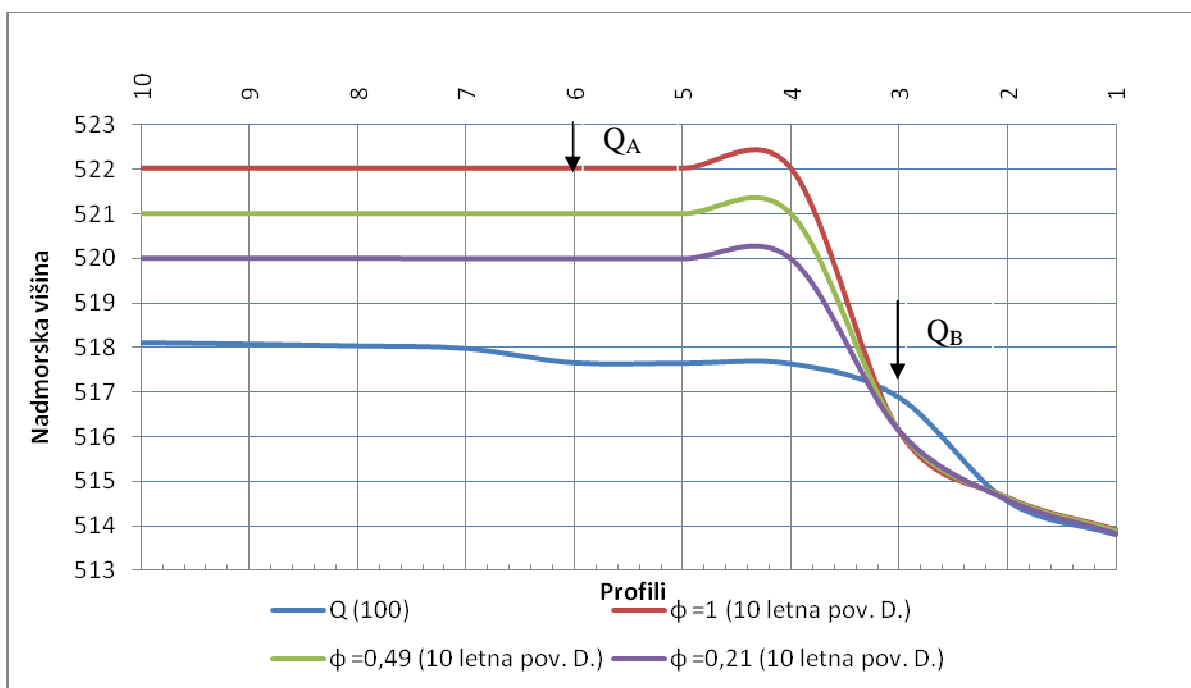


*Slika 36: Prikaz situacije pri visokih vodah s stoletno povratno dobo ( $Q_{100}=15.3 \text{ m}^3/\text{s}$ )*

Iz slike 36 je razvidno, da se najbolj problematičen odsek nahaja med 6. in 3. profilom.

### 5.7.1 Vpliv meteorne vode iz cone A in cone B na spreminjanje poplavne nevarnosti pri visokih vodah s stoletno povratno dobo ( $Q_{100}$ )

Predviden iztok meteorne kanalizacije iz cone A se nahaja v profilu 6. Predviden iztok voda iz površin cone B pa je v 3 profilu. Pri obeh sledečih primerih je predpostavljen istočasni pojav tujih voda z lastnimi in zalednimi vodami.



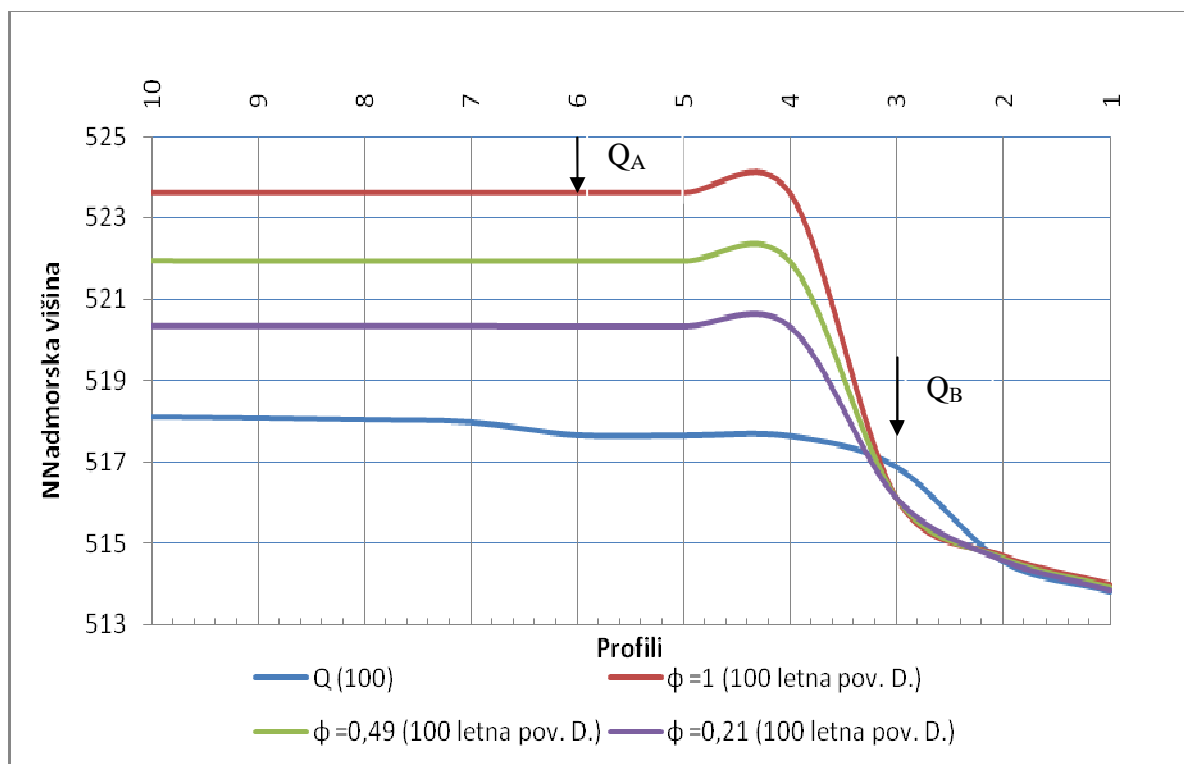
Slika 37: Prikaz gladin različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 10 let z visoko vodo  $Q_{100}$

Razlika gladin v metrih pri  $Q_{100}$  zaradi različnih koeficientov je podana v sledeči preglednici.

Preglednica 37: Razlika gladin pri desetletni povratni dobi padavin ( $Q_{100}$ )

Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\varphi=1,0$	3.94	3.97	4.01	4.07	4.39	4.4	4.41	-0.74	0.1	0.13
$\varphi=0,49$	2.9	2.93	2.97	3.03	3.35	3.36	3.37	-0.74	0.06	0.08
$\varphi=0,21$	1.91	1.94	1.98	2.03	2.35	2.36	2.37	-0.74	0.03	0.03

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja



Slika 38: Prikaz gladin različnih odtočnih koeficientov pri povratni dobi padavin 100 let z visoko vodo  $Q_{100}$

Razlika gladin v metrih pri  $Q_{100}$  zardi različnih koeficientov je podana v sledeči preglednici.

Preglednica 38: Razlika gladin pri stoletni povratni dobi padavin ( $Q_{100}$ )

Profil	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\varphi=1,0$	5.53	5.56	5.6	5.66	5.98	5.99	6	-0.74	0.14	0.18
$\varphi=0,49$	3.84	3.86	3.9	3.96	4.28	4.29	4.3	-0.74	0.09	0.12
$\varphi=0,21$	2.26	2.29	2.33	2.39	2.7	2.71	2.72	-0.74	0.04	0.05

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

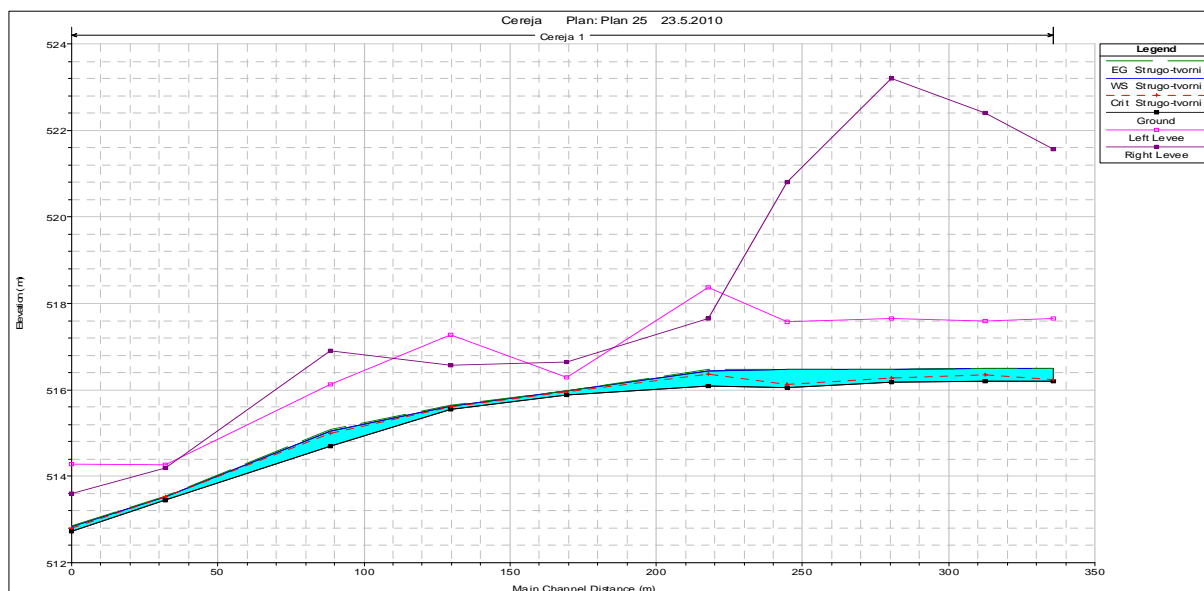
Kot je razvidno iz slike 37 in 38 pride v 3 profilu do zaježitve in posledično dviga gladine v profilu 4. Pri tem je potrebno poudariti, da so za površinski odtok uporabljene zelo visoke povratne dobe padavin in da je možnost istočasnega pojava tujih voda z vodami, ki prihajajo iz urbaniziranih površin zelo majhna. Vsekakor pa je bilo razvidno v vseh dosedanjih izračunih, da se pojavijo največji dvigi gladin v profilu 4.

Analizo z visoko vodo  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$ , sem opravil predvsem zato, ker sta ti dve količini navedeni v zakonodaji. Pri opravljanju hidrološko-hidravlične analize je potrebno po določilih pravilnika določiti karto poplavne nevarnosti za  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$ . Rezultati mi pokažejo precejšnji vpliv na spreminjanje poplavne varnosti, vendar je pomembno omeniti, da je za ta primer vodotok majhen obravnavano urbano območje pa veliko. Zato menim da so dobljeni rezultati precenjeni oz so dobljeni rezultati dogodki z zelo majhno verjetnostjo.

### 5.8 Analiza gladin vodotoka pri srednjem letnem pretoku glede na dotok meteornih voda

Analiza v tem poglavju obravnava vpliv količin meteornih voda pri pretoku vodotoka  $Q_{sr}$ . Tovrsten dogodek bi se lahko zgodil, ko je v sušnem obdobju pretok v vodotoku zelo nizek, na obravnavanem območju pa nastopi nevihta izbrane intenzitete.

Na spodnji sliki je prikazan vzdolžni potek gladin pri srednjem letnem pretoku.

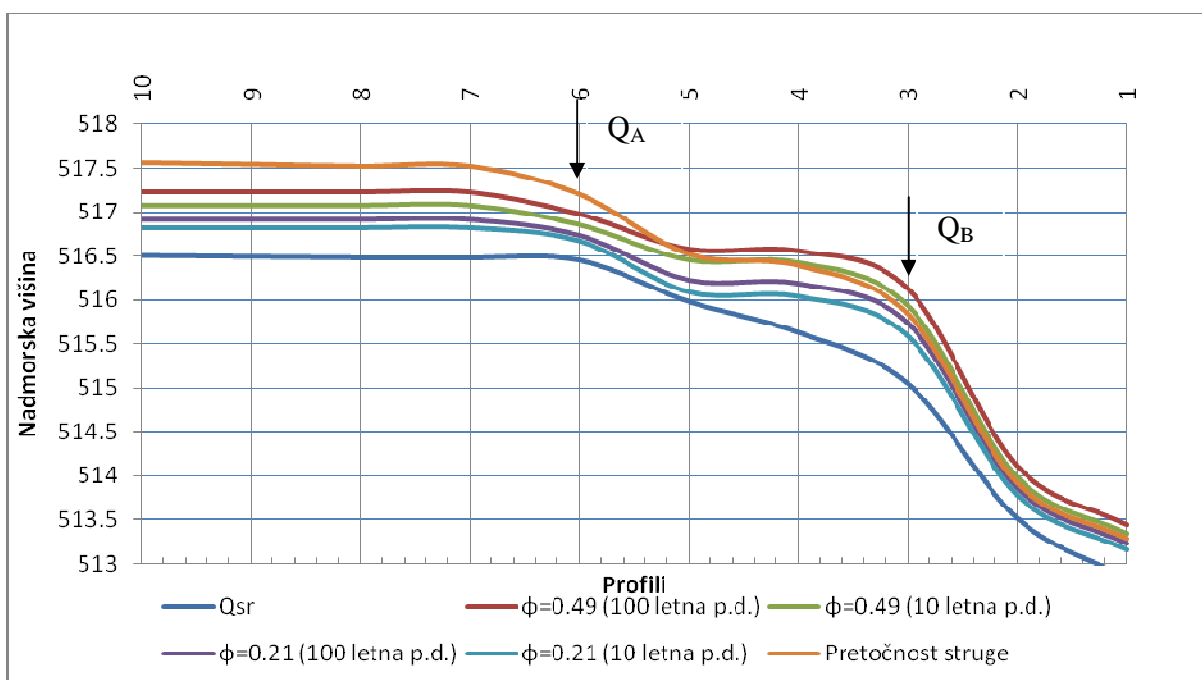


Slika 39: Vzdolžni potek gladine pri srednjem letnem pretoku ( $Q_{sr} = 0,1025 \text{ m}^3/\text{s}$ )



Za srednji letni pretok bom uporabil izračunano vrednost  $Q_{sr}$  (glej poglavje 5.1). Ta pretok bom uporabil do profila 6, nato pa bom, kot je bilo izvedeno tudi pri predhodnih primerih, v profil 6 in 3 dodal le meteorne vode iz predpostavljenih urbanih površin (preglednica 30). Ker na tem območju ni predvidene ali obstoječe industrijske cone, sem se odločil da odtočnega koeficienta 1, iz preglednice številka 30, v tej analizi ne bom uporabil.

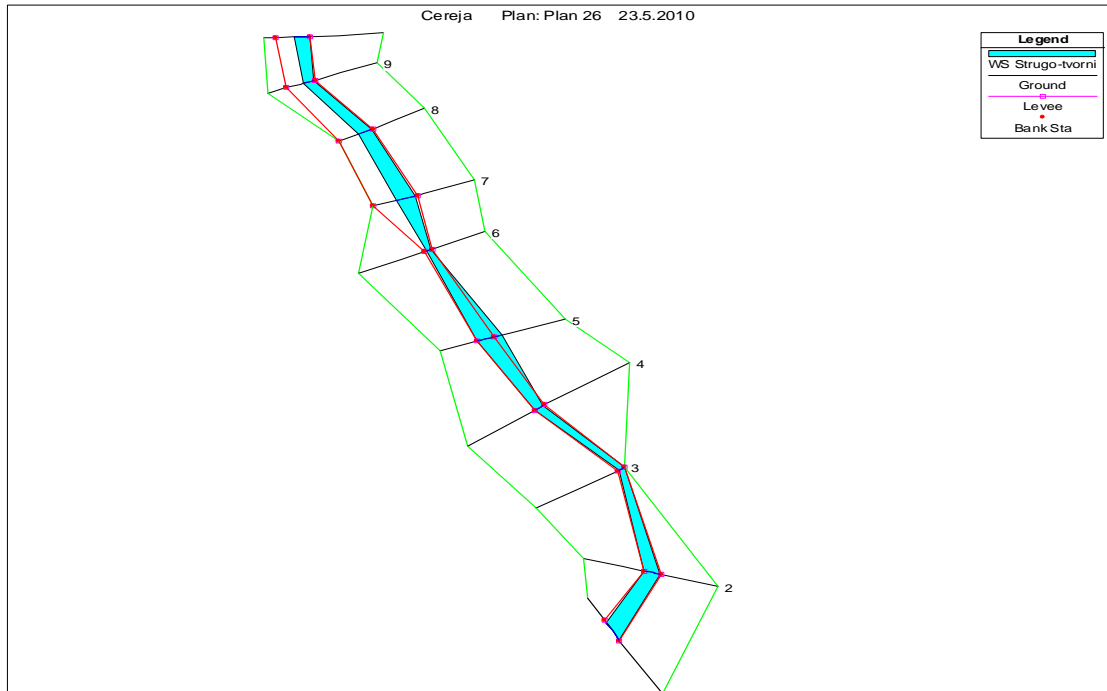
Glede na uporabljene odtočne koeficiente in različne povratne dobe padavin sem izdelal graf, ki prikazuje potek gladin. Na sliki sta za referenco prikazana tudi gladina vode pri srednjem letnem pretoku in gladina pri pretočnosti struge (brez vpliva urbanizacije).



Slika 40: Primerjava gladin pri različnih vhodnih podatkih modela

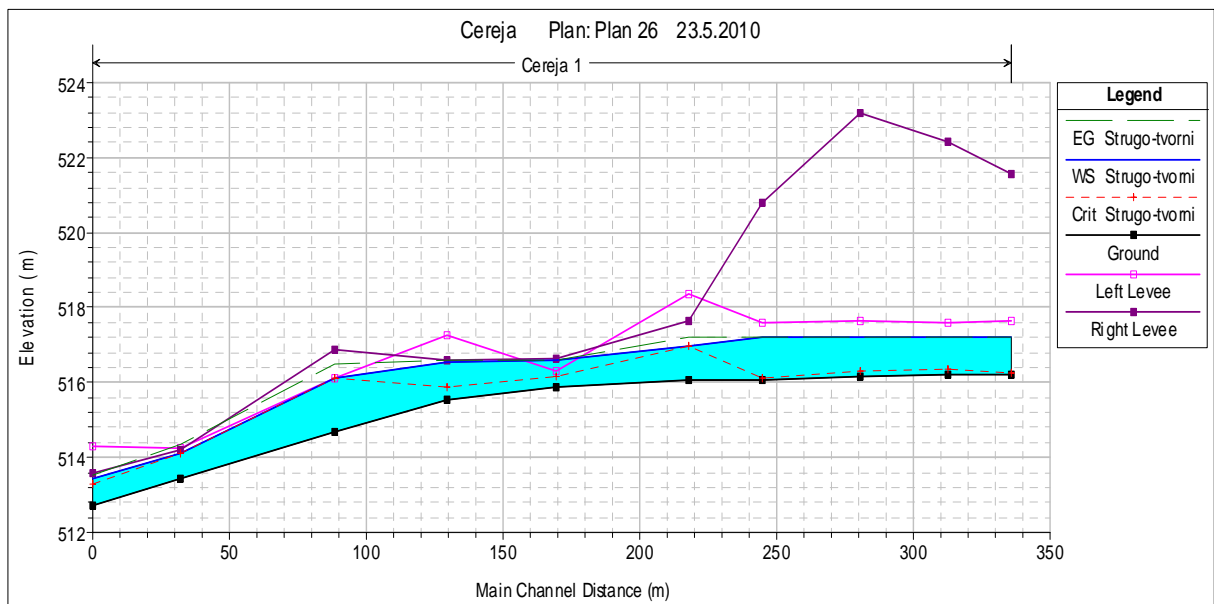
Iz zgornje slike je možno razbrati da so skoraj vse gladine za različne odtočne koeficiente z različnimi povratnimi dobami padavin pod gladino, ki sem jo določil pri pretočnosti struge (Prvotno stanje). Višji dvig gladine je možno zaznati le za odtočni koeficient 0,49 pri stoletni povratni dobi padavin (krivulja rdeče barve, slika 40), vendar tudi v tem primeru voda ne prestopi brežine.

Na spodnji sliki je grafično podan zgoraj predstavljeni primer.



Slika 41: Prikaz situacije pri  $Q_{sr}$  in dotoku meteornih voda  $\varphi=0.49$  (100 letna p.d.)

Na sledeči sliki je predstavljen vzdolžni potek gladine pri srednjem letnem pretoku ( $\varphi=0.49$  (100 letna p.d.)).



Slika 42: Vzdolžni potek gladine pri srednjem letnem pretoku ( $\varphi=0.49$  (100 letna p.d.))

Kot je razvidno iz te analize same meteorne vode, neglede da so na to, v analizo vključene tako lastne kot zaledne vode, ne povzročijo, da bi vodotok poplavlil. Zaradi dodatne količine vode, se sicer gladina dolvodno od četrtega profila nekoliko povzpne nad gladino, ki je določena pri pretočnosti struge, vendar brežin ne prestopi.

*Preglednica 39: Razlika gladin pri različnih odtočnih koeficientih in povratnih dobah izbranega naliva*

Odtočni koeficient	Povratna doba	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\varphi=0,49$	100 let	0.73	0.74	0.75	0.75	0.53	0.6	0.93	1.08	0.59	0.6
$\varphi=0,49$	10 let	0.57	0.58	0.59	0.59	0.4	0.47	0.79	0.88	0.46	0.5
$\varphi=0,21$	100 let	0.42	0.43	0.44	0.44	0.29	0.25	0.56	0.69	0.34	0.39
$\varphi=0,21$	10 let	0.32	0.33	0.34	0.34	0.22	0.11	0.41	0.54	0.26	0.32

\* z rdečo barvo so označena maksimalna odstopanja

Iz opravljene analize s srednjim letnim pretokom je razvidno, da je največji dvig gladin zaznati v profilu 3. Ker pa ima vodotok v tem delu večjo pretočno sposobnost, predvsem zaradi večjega naklona terena, kombinacija meteornih voda iz urbanih površin s srednjim letnim pretokom ne povzroči poplav.

## 5.9 Povzetek analiz in določitev vpliva meteornih voda na poplavno nevarnost

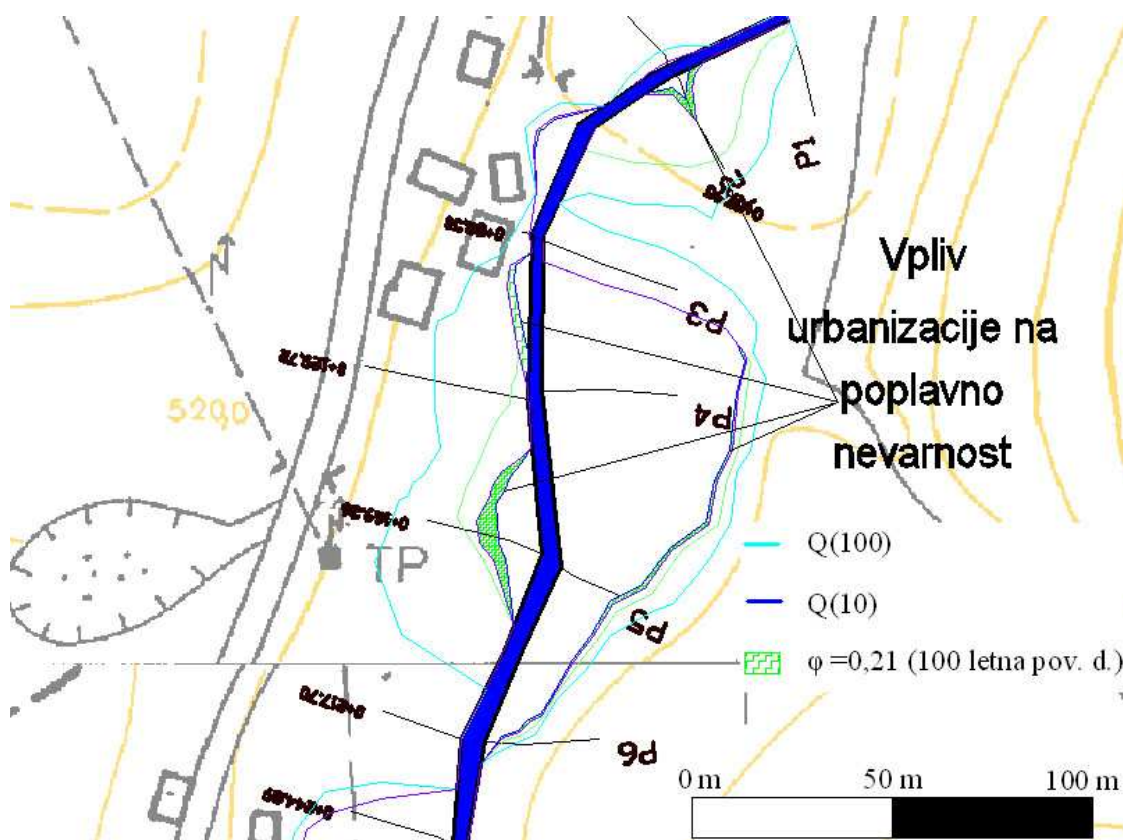
Pri analizi vpliva dodatnih količin meteornih voda pri srednjem letnem pritoku ni zaznati vpliva na spreminjanje poplavne nevarnosti, saj vodotok v nobenem primeru ne prestopi brežine.

Analize z visokimi vodami  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$  podajo precenjene rezultate oz so dobljeni rezultati glede na izbrane vhodne podatke (povratna doba visokih voda in povratna doba padavin) malo verjetni. Smiselno je tudi poudariti, da se vpliv meteornih voda niža z višanjem povratne dobe visokih voda. Vzrok navedenega je predvsem v tem, da so pri padavinskem dogodku, ki povzroči visoke vode npr.  $Q_{100}$ , tla na prispevnem območju že saturirana in se odtočni

koeficient približuje 1. Tako bi bilo nesmiselno uporabljati manjše koeficienta samo za del kjer so urbane površine. Zaradi navedenega sem se odločil opraviti podrobnejšo analizo vpliva na poplavno nevarnost le pri primeru pretočnosti struge.

Pri pretoku, ki določa pretočnost struge, dobim izračune, ki imajo višjo verjetnost kot analiza z visokimi vodami. Prav tako je možno zaznati vpliv na spreminjanje poplavne nevarnosti. Na spodnji sliki, je prikazano območje poplavne nevarnosti pri visokih vodah  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$  (prvotno stanje brez vpliva urbanizacije), ter poplavne linije, ki jih povzročijo meteorne vode (z odtočnima koeficientoma 0,21 in 0,49 in stoletno povratno dobo padavin) pri predpostavki da imamo v vodotoku že pretok, ki določa pretočnost struge.

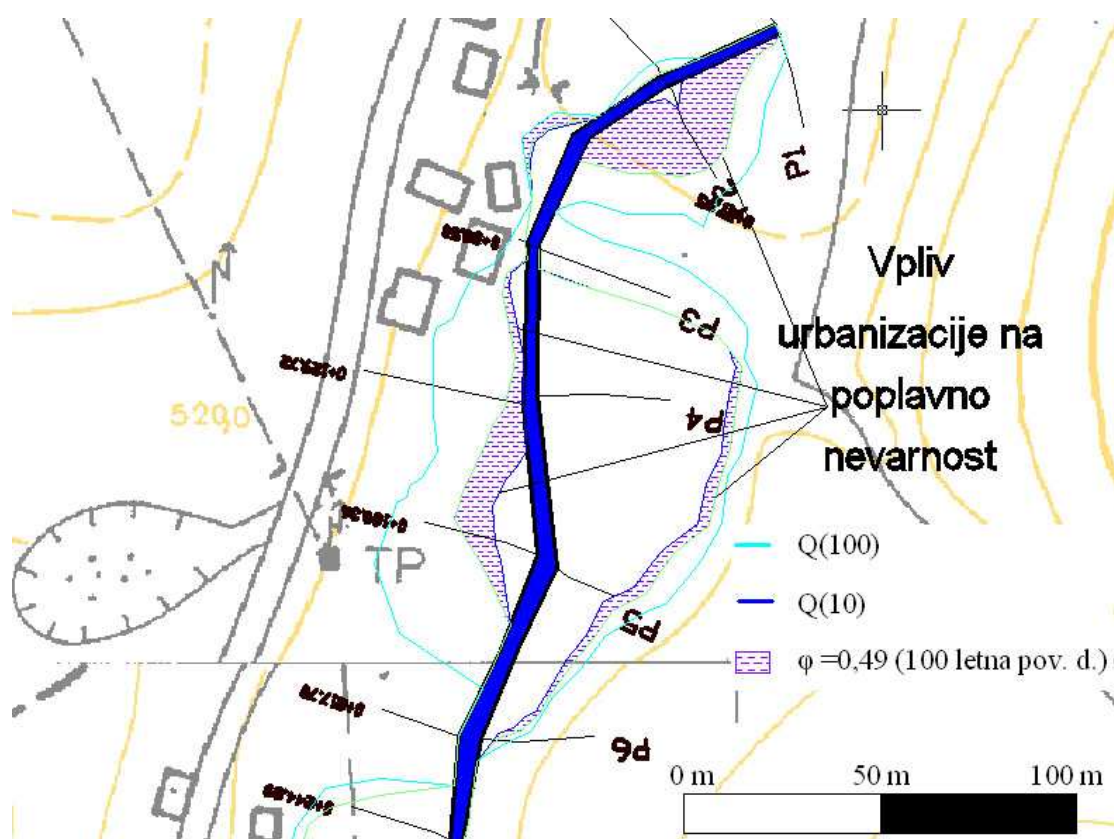
Spodnja slika prikazuje vpliv meteornih voda na poplavno nevarnost za odtočni koeficient 0,21.



Slika 43: Prikaz vpliva stopnje urbanizacije (pri odtočnem koeficientu 0,21), na poplavno nevarnost

Iz zgornje slike je razvidno, da stopnja urbanizacije nedvomno vpliva na spreminjanje poplavne nevarnosti. Višji kot je odtočni koeficient, večji je vpliv. Razvidno je tudi, da pri kombinaciji pretočnosti struge z dodatnimi količinami meteornih voda poplavna linija preseže poplavno linijo, ki jo definirajo visoke vode  $Q_{10}$  (brez vpliva urbanizacije).

Sledeča slika prikazuje vpliv meteornih voda na poplavno nevarnost za odtočni koeficient 0,49.



Slika 44: Prikaz vpliva stopnje urbanizacije (pri odtočnem koeficientu 0,49), na poplavno nevarnost

Pri višjem odtočnem koeficientu, kjer je bilo za izračun le tega predvideno da se meteorne vode iz strešnih in utrjenih površin neponikajo, je zaznati večji vpliv na poplavno nevarnost kot pri nižjem odtočnem koeficientu 0,21. Iz navedenega lahko povzamemo, da je ponikanje meteornih voda na izvoru oz na individualni ravni smiselna.

## 6 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČKI

Naloga obsega pregled zakonskih norem, analizo površinskega odtoka iz urbanih površin in analizo poplavne nevarnosti, in zaključki bodo podani v enakem vrstnem redu.

### 6.1 Predpisi

Zakonodaja, ki obravnava področje poplavne varnosti je dokaj obsežna. Zaradi usklajevanja z direktivami Evropske unije pa je potrebno uvesti veliko sprememb v nacionalni zakonodaji.

Slovenija po mojem mnenju učinkovito izvaja prenos direktiv EU v svojo nacionalno zakonodajo, samo izvajanje teh določil pa bi lahko bilo bolj učinkovito. Primarno so potrebni pregledni informacijski sistemi, ki bodo omogočali pridobitev podatkov za izvajanje zakonskih določil. Ti podatki so v določeni meri že dostopni na spletnih portalih, vendar je vsekakor še prostora za izboljšavo tako kvalitete kot dostopnosti.

Podzakonski akti so ne malokrat v neskladju z zakonodajo ali pa so nejasno definirani in s tem omogočajo različne interpretacije. Zaradi neprestanega spreminjanja zakonskih določil pa so projektantje primorani konstantno spremljati spremembe predpisov. Po mojem mnenju potrebujemo na tem področju za učinkovito izvajanje prostorske in okoljevarstvene politike ter določeno mero kontinuitete zakonskih določil.

Strinjam se, da imamo točno določene pravne norme, saj to zagotavlja pravno varnost in predvidljivost, ki je nujno potrebna v takšnih postopkih. Vendar bi bilo potrebno poiskati možnosti, ki bi postopke poenostavili in s tem posledično skrajšali čas potreben za izdajo dovoljenj.

## **6.2 Površinski odtok iz urbanih površin**

Ker je ta problematika obravnavana v številnih publikacijah, zasledil pa sem tudi diplomske naloge na to tematiko, sem model uporabljen za izdelavo diplomske naloge, poenostavil. Glede na sedanje stanje sem določil razmeroma veliko območje nove urbane ureditve. Želel sem oceniti vpliv meteornih voda na spreminjanje poplavne nevarnosti obravnavanega območja in ugotovitve podati v preglednici. Zamisel je bila podati korelacijo med velikostjo vodotoka in urbano ureditvijo, ki bi omogočala ocenitev tovrstnega vpliva brez opravljanje zapletenih modelov. Ker so po moji oceni, rezultati kombinacije visokih voda in meteornih voda precenjeni, sem se odločil opraviti podrobnejšo analizo le za primer pretočnosti struge v kombinaciji z meteornimi vodami iz urbanih površin. Grafični prikaz dobljenih rezultatov oz vpliv na poplavno varnost je prikazan na slikah 43 in 44.

Pri svoji analizi sem predpostavil koencidenco lastnih in zalednih voda tako z visokimi vodami  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$ , pretočnostjo struge, ter srednjem letnem pretoku. Istočasni pojav lastnih in zalednih voda iz urbanih površin z visokimi vodami ima majhno verjetnost dogodka, zato sem mnenja da analize pri pretočnosti struge in srednjem letnem pretoku podajata najbolj realne rezultate.

Model površinskega odtoka iz urbanih površin, bi lahko opravil tudi v programu HEC-HMS in tako dobil natančne hidrograme. Ker pa sem želel uporabiti v čim večji meri obstoječe predpise, sem za ta izračun uporabil gospodarsko enakovredne nalive. Bojazen, da v teh odlokih ni nalivov za stoletno povratno dobo se je izkazala kot neutemeljena, saj podajo tovrstni izračuni zelo visoke maksimume in jih je smiselno uporabljati le na območjih za visoko stopnjo ranljivosti.

### **6.3 Visoke vode**

Ker sem želel opazovati dvig gladine v vseh profilih glede na izbrani pretok in različne količine meteornih voda, je analiza precej široko zastavljena. Izdelati je bilo potrebno veliko različnih modelov in izvesti grafe, katere sem izdelal v programu Excel. Želja je bila predvsem preveriti, ali vpliv lastnih in zalednih voda vpliva na spreminjanje poplavne nevarnosti. Pri vseh treh analizah (pretočnost struge,  $Q_{sr}$ ,  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$ ), je predpostavljeno, da tuje vode in vode iz con A in B nastopijo istočasno. To sicer poda maksimalne vrednosti za nek izreden dogodek, vendar sem mnenja, da le analizi pri pretočnosti struge in srednjem letnem pretoku podajata oceno dejanske spremembe poplavne nevarnosti oziroma imata le ta dva dogodka dovolj visoko stopnjo verjetnosti dogodka.

V prilogah A in B so v obliki grafikona, podane gladine za visoke vode z deset in stoletno povratno dobo, srednji letni pretok in pretočnost struge. Omenjene količine, so v prilogi A in B podani tako, da ni upoštevan vpliv meteornih voda iz urbanih območij. Sledeči štirje grafi pa prikazujejo različne odtočne koeficiente in različne povratne dobe naliva. Priloga A prikazuje vpliv meteornih voda na srednji letni pretok, priloga B pa vpliv meteornih voda na pretočnost struge.

### **6.4 Zaključek**

Iz vseh predhodno predstavljenih grafov je možno razbrati, da izbira odtočnega koeficienta nedvomno vpliva na spreminjanje vodnih količin v vodotoku. To je sicer logično, saj sam koeficient dejansko "zreducira" celotno površino. Ta površina predstavlja izgube med bruto padlim dežjem in neto odtokom iz površja. Ozirajoč se na navedeno je smiselno nove urbane ureditve predvideti tako, da je skupni odtočni koeficient čim manjši. To lahko dosežemo tako z zelenimi površinami kot s ponikanjem ali z individualnim shranjevanjem padavinskih voda v rezervoarjih.



Dognal sem, da izbira naliva s stoletno povratno dobo za moj primer ni najbolj primerna. Jakosti tovrstnih nalivov so zelo visoke in izbira takšne povratne dobe je smiselna le za območja kjer imamo zelo veliko stopnjo ranljivosti. Tovrstne nalive sem uporabil predvsem zaradi dejstva, ker le-ti niso vključeni v preglednice gospodarsko enakovrednih nalivov, kateri so privzeti v občinskih odlokih.

Kot je bilo možno ugotoviti že pri pretoku, višjem od pretočnosti struge ter iz podatkov o vzdolžnih in prečnih profilih, je najbolj problematičen profil številka 4. Prerez v tem delu se v primerjavi z gorvodnimi profili v precejšni meri zoža. Ob predvideni večji urbanizaciji bi bilo vsekakor smotrno opraviti manjšo regulacijo vodotoka v tem delu, ker bi to omogočilo večjo pretočnost, kar bi tudi posledično zmanjšalo poplavno območje. Glede na dejstvo, da je pretočnost struge dolvodno od 4 profila višja (cca.  $5\text{m}^3/\text{s}$ ) v primerjavi z pretočnostjo celotnega vodotoka ki znaša cca  $3\text{m}^3/\text{s}$ , lahko sklepamo, da se stanje poplavne nevarnosti s temi posegi ne bi poslabšalo. Vsekakor pa bi bilo nato potrebno opraviti novo hidrološko-hidravlično analizo in ugotoviti novo stanje poplavne nevarnosti.

V analizi niso vključeni vplivi objektov, vendar je jasno da bi se z gradnjo objektov na poplavnem območju gladine vode povišale, saj bi objekti predstavljali prepreko toku vode. Običajno se objekti na poplavno ogroženem območju gradijo z varnostnim nadvišanjem 0,5 m nad koto stoletnih visokih voda. Takšno nadvišanje sicer zagotovi dodatno varnost objektov pred preplavitvijo, vendar pa obenem zmanjšuje poplavno ravnico vodotoka.

Ker je na območju razpršena gradnja, v večini so to stanovanjski objekti, bi bila izvedba večjega zadrževalnika na vodotoku dokaj zahtevna. Posledice, ki jih povzročajo dodatne meteorne vode iz urbanih površin bi bilo mogoče omiliti z dvema enostavnima ukrepoma. Za vse čiste meteorne vode, bi bilo potrebno predvideti ponikanje. Preostali del meteornih voda pa speljati v meteorno kanalizacijo. Meteorna kanalizacija bi morala biti pred iztokom v vodotok opremljena z zadrževalnim bazenom. Funkcija zadrževalnih bazenov je, da zmanjšajo konico odtočnega hidrograma. Pri tem bi bilo potrebno opraviti natančnejšo analizo odtočnega hidrograma lastnih in zalednih voda in razbremenilnik dimenzionirati tako, da se odtočni hidrogram iz razbremenilnika ne ujema s konico hidrograma visokih voda.

Nenazadnje lahko povzamem, da je vpliv meteornih voda na poplavno nevarnost odvisen od več dejavnikov. Primarno je potrebno poudariti, da se vpliv meteornih voda veča z manjšanjem vodotoka. Zmanjšanje vpliva pa je zaznati tudi v soodvisnosti s povratno dobo visokih voda. Višja kot je povratna doba, manjši je vpliv. Ker sem želel določiti neko povezavo med velikostjo urbanih površin in velikostjo vodotoka, bi lahko povzel, da je določiti takšno povezavo na naravnih vodotokih je dokaj zapleteno zaradi velike količine vhodnih podatkov in parametrov, Zato je potrebno vsak primer obravnavati individualno. Verjetno bi bilo možno določiti tovrstno korelacijo, vendar le v primeru dodatne posplošitve modela. To se nanaša predvsem na posplošitve, tako vzdolžnega in prečnega profila vodotoka kot na posplošitve, ki so mogoče na samem prispevnem območju vodotoka.

## **VIRI**

Brilly, M. 1994. Zaščita pred poplavami. Priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: str. 19-58.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 29-143.

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG : str. 123–142.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC-HMS. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 39-219, 459-468.

Brus, J. 1960. Grafikoni za določanje visokih voda. Uprava za vodno gospodarstvo LRS: str. 1-3.

Kompare, B. 1991. Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 459-483.

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 11,12.

Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije(1947-1997). 1998. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 10-18.

Delovni program za pripravo Načrta upravljanja voda za območje Donave in Načrta upravljanja voda za vodno območje jadranskega morja. 2007. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 2-11.

Jakopič, B. 2009. Vpliv odtoka meteornih voda iz urbanih območij na spreminjanje poplavne varnosti 124

Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

Program monitoringa površinskih voda za leto 2009. 2008. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 5-10.

Panjan, J., 2002. Odvodnjavanje onesnaženih voda. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 23-74.

Panjan, J., Bogataj, M., Kompare B. 2005. Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov. Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering 51: str. 609.

Ocenjena škoda, ki so jo povzročile elementarne nesreče. 2009, Ljubljana, Statistični urad RS: str. 3-9.

Steinman, F., 1999. Hidravlika. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG : str. 149-162.

Steinman, F., Banovec, P., 2008. Hidrotehnika–Vodne zgradbe I. Učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 3-17.

Trček, R., 2003. Ocenjevanje poplavne škode. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 1 f.

## **Zakonodaja**

DIREKTIVA 2000/60/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. 2000. Uradni list Evropske unije: str. 2-94.

Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti. 2007. Uradni list Evropske unije: 2-8.

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti. 2007. Uradni list RS, št. 60/2007: str 1-7.

Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015. 2009, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 1-20.

Pravilnik o podrobnejšem načinu določanja meje vodnega zemljišča tekočih voda. 2006. Uradni list RS, št. 129/2006: str: 5.

Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav za odvajanje in čiščenje odpadnih in padavinskih vod na območju Občine Dobropolje. 2009. Uradni list RS, št. 79/2009.

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. 2008. Uradni list RS, št. 89/2008.

Uredbo o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami. 2010. Uradni list RS, št. 7/2010.

Ustava RS. 1991. Uradni list RS, št. 33/91-I.

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). 2003. Uradni list RS, št. 97/2003.

Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt). 2007. Uradni list RS, št. 33/2007.

Zakon o varstvu pred naravnimi nesrečami in drugimi nesrečami (ZVNDN-UPB1). 1994. Uradni list RS, št. 64/1994.

Zakon o varstvu voda. 1957. Uradni list LRS, št. 40/1957.

Zakon o vodah (ZV-1). 2008. Uradni list RS, št. 67/2002 in 57/2008.

## **Spletni viri**

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP),  
<http://www.mop.gov.si/>, (2009-2010).

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO),  
<http://www.arso.gov.si/>,(2009-2010).

Statistični urad Republike Slovenije za okolje,  
<http://www.stat.si/>, (15.1.2010).

International Strategy for Disaster Reduction,  
<http://www.unisdr.org/eng/country-inform/ci-guiding-princip.htm>, (23.12.2009).

Podjetje za urejanje hudournikov,  
[http://www.puh.si/index.php?template=page\\_tekst&tekst=dejavnost\\_1](http://www.puh.si/index.php?template=page_tekst&tekst=dejavnost_1), (11.1.2010).

European Commission Environment,  
[http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html), (23.12..2009).

Water Information System for Europe,  
<http://water.europa.eu/>, (24.12.2009).

Pravna fakulteta, Univerza v Ljubljani,  
[http://www.pf.uni-lj.si/fakulteta/pedagogi/prof.-dr.-senko-plicanic-univ\\_dipl.prav./?DOCUMENTS=1](http://www.pf.uni-lj.si/fakulteta/pedagogi/prof.-dr.-senko-plicanic-univ_dipl.prav./?DOCUMENTS=1), (januar-marec, 2010).

EUR-lex,  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2008:102E:0105:0107:SL:PDF>,  
(januar-marec, 2010).

Uradni list RS,

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlmpid=200259>, (januar-marec, 2010).

Darmouth food observatory,

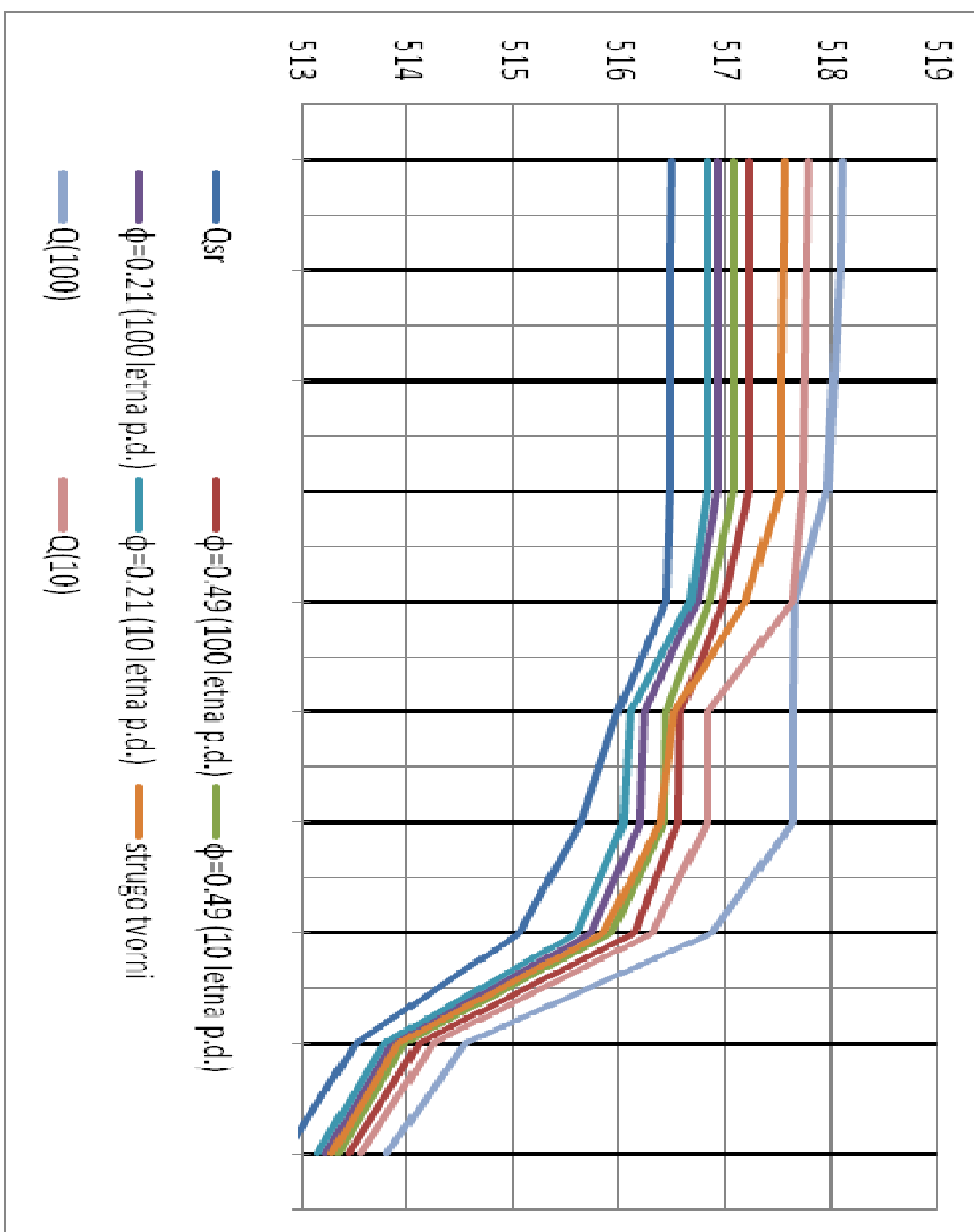
<http://www.dartmouth.edu/~floods/Atlas.html>, (12.12.2009).

Carbon Dioxide Information Analysis Center,

<http://cdiac.ornl.gov/>, (20.12.2009)

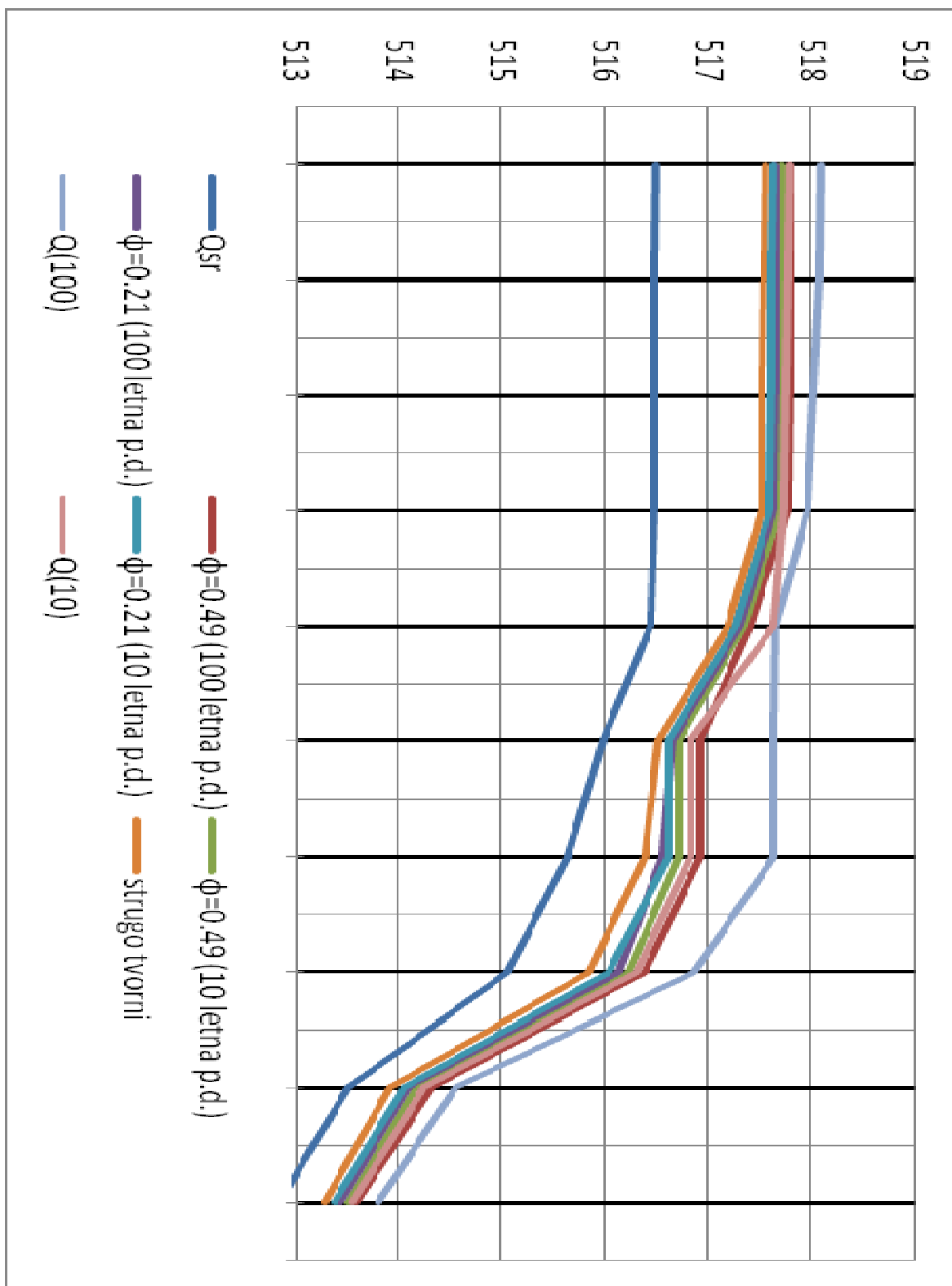
## PRILOGE

**PRILOGA A:** Primerjava meteornih voda iz urbanih površin (pri različnih odtočnih koeficientih in povratnih dobah naliva) z visokimi vodami deset in stoletne povratne dobe (brez upoštevanja dodatnih količin meteornih voda), pri čemer je bil za model v HEC-RAS uporabljen srednji letni pretok





**PRILOGA B:** Primerjava meteornih voda iz urbanih površin (pri različnih parametrih) z visokimi vodami deset in stoletne povratne dobe (brez upoštevanja dodatnih količin meteornih voda), pri čemer je bil za model v HEC-RAS uporabljena pretočnost struge.



**PRILOGA C:** Prikaz poplavne linije visoke vode  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$  (prvotno stanje) in poplavna linija pri kombinaciji pretočnosti struge z meteornimi vodami ( $\varphi=0,21$  in povratna doba padavin 100 let).

**PRILOGA D:** Prikaz poplavne linije visoke vode  $Q_{10}$  in  $Q_{100}$  (prvotno stanje) in poplavna linija pri kombinaciji pretočnosti struge z meteornimi vodami ( $\varphi=0,49$  in povratna doba padavin 100 let).