

TRIBINA STUDENATA GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Plavljenje urbanih sredina

PROF. DR SLOBODAN ĐORĐEVIĆ
profesor Univerziteta u Ekseteru

08.04.2025.

17h

PRIJAVE NA LINK U OPISU PROFILA

Program

Uvod

Prvi deo – štete od poplava

Kviz

Drugi deo – umetnički prikazi poplava

Pitanja i diskusija

Studirao na GFB

ЗАДРУГА СТУДЕНАТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ



22926

Бр. чланске карте

10-45-36053-1

Бр. штедне књижице

ЧЛАНСКА КАРТА

за школску 1983/84. год.

DJORDJEVIĆ SLOBODAN

Презиме и име

255705 Beograd

Број личне карте и место издавања

Radjevinski

Факултет

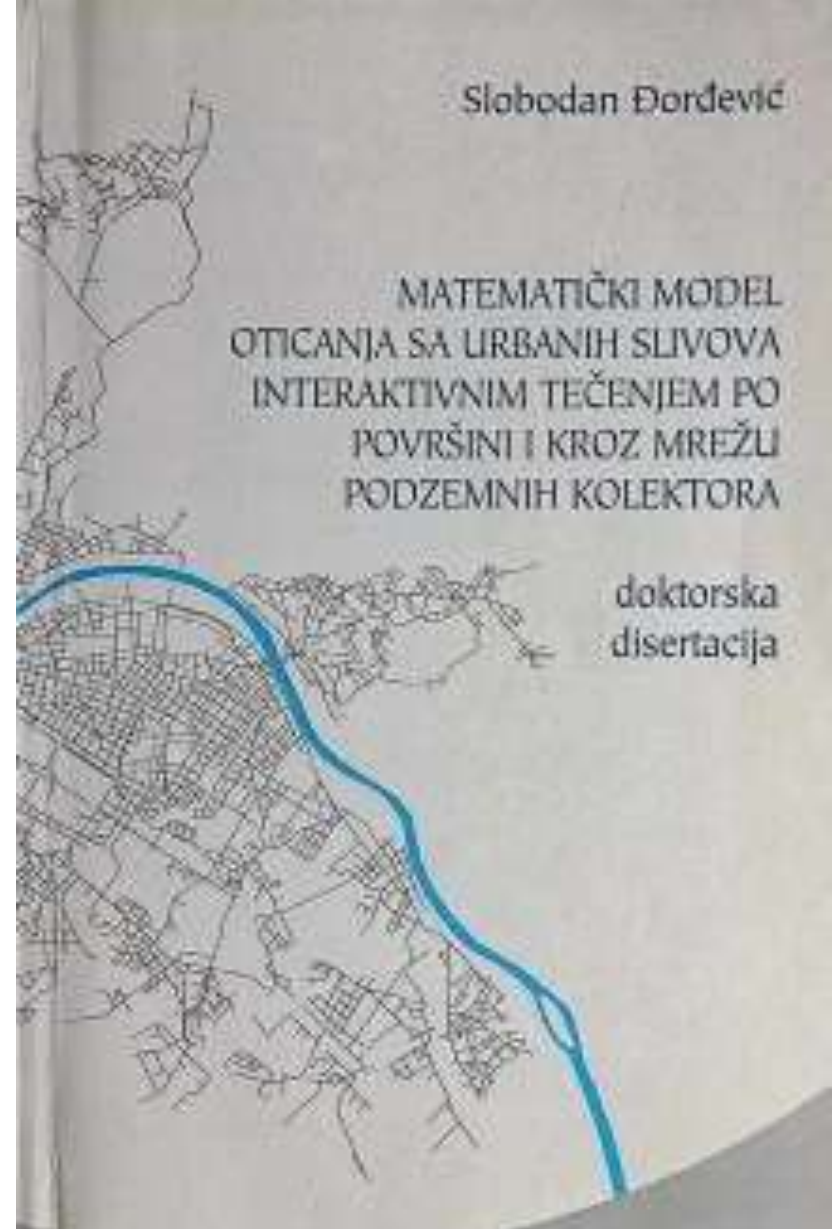
Датум овере

13. 11. 1983

Magistrirao na GFB



Doktorirao na GFB



CWS

**2002. prešao u
Centar za vodne
sisteme (CWS) u
Ekseteru**



Proslava 25 godina CWS



Sadržaj prvog dela

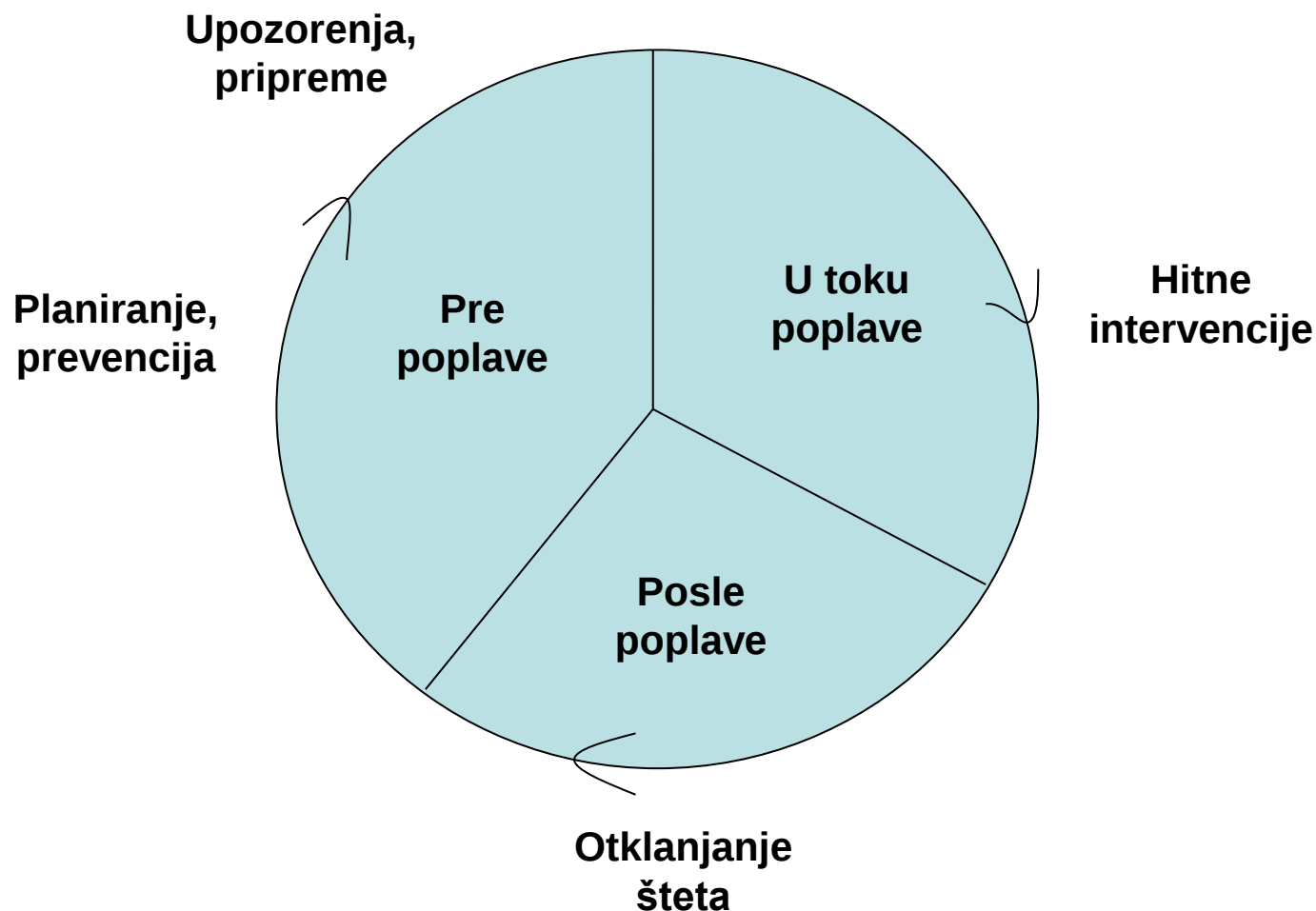
- **O plavljenju – vrste, uticaji, simulacija**
- **Procene uticaja poplava**
 - Proračun štete na zgradama
 - Erozijska oko mostovskih stubova
 - Uticaji na drumski saobraćaj
 - Problemi sa otpadom
 - Uticaji na zdravlje
- **Scenariji budućeg razvoja**

Vrste poplava

- **Od jakih lokalnih pljuskova** – pluvial flooding
- **Plavljenje rečnim vodama** – fluvial flooding
- **Bujične poplave** – flash floods
- **Plavljenje podzemnim vodama** – groundwater flooding
- **Plavljenje naselja pored mora** – coastal flooding

- **Kombinovani uzroci**

Upravljanje rizikom od poplava



Uticaji poplava

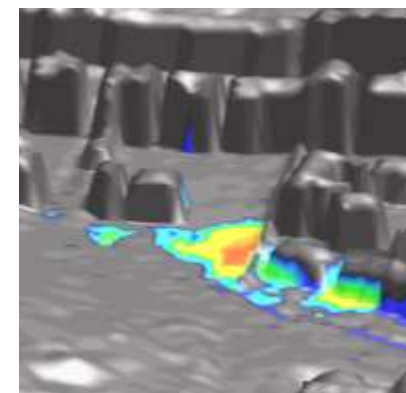
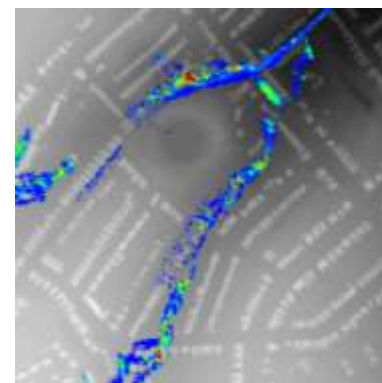
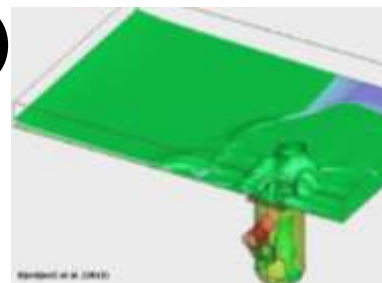
	Štete koje se <u>moгу</u> finansijski proceniti	Uticaji koje se <u>ne mogu</u> finansijski proceniti
Direktne štete	Fizička oštećenja: zgrada i objekata unutrašnjih sadržaja infrastrukture	- Smrtni slučajevi - Povrede - Bolesti - Ekološki uticaji
Indirektni uticaji	- U industrijskoj proizvodnji - U drumskom saobraćaju	- Trajanje oporavka - Psihološke posledice

Hammond et al. (2015)

Modeli za simulaciju poplava

■ Prostor površina ($\approx \text{km}^2$)

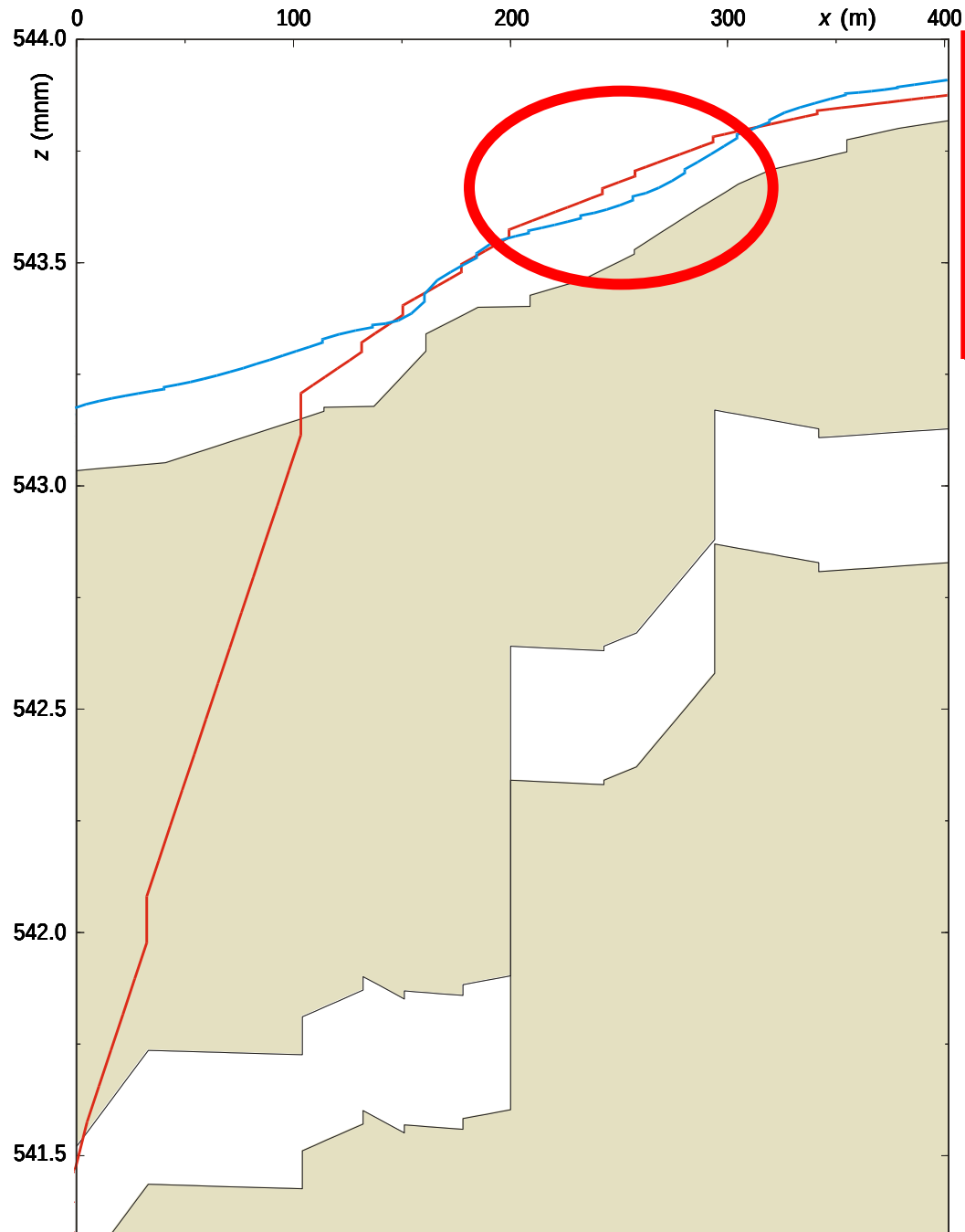
hidr. laboratorija	0.0001
zgrada	0.001
blok zgrada	0.01
naselje	0.1
urbani sliv	1
gradić	10
grad	100
velik grad	1,000
rečni sliv	10,000
država	100,000
region	1,000,000
kontinent	10,000,000
globalni model	100,000,000



Dvojno odvodnjavanje (dual drainage)

- Interakcije između tečenja kroz podzemne kolektore i toka po površini (1D/1D)
- Spregnuti (coupled) 1D/2D model linijskog tečenja u mreži i ravanskog tečenja po terenu
- 3D (ili 2D/3D) CFD model prostornog tečenja kroz objekte

1D/1D

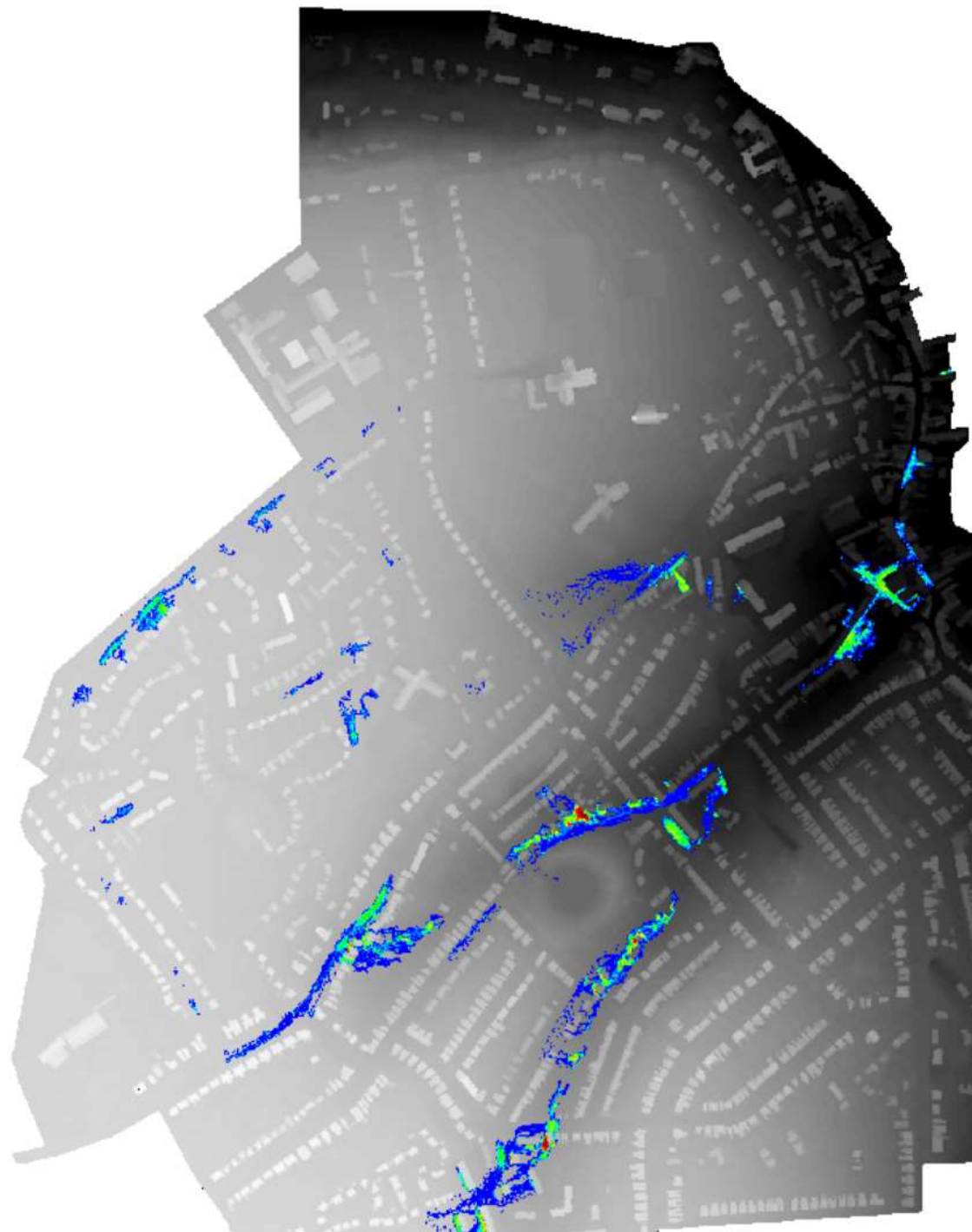


Djordjević et al. (2004)

Proračun štete |

■ Faze

- Simulacija poplave



Proračun štete na zgradama

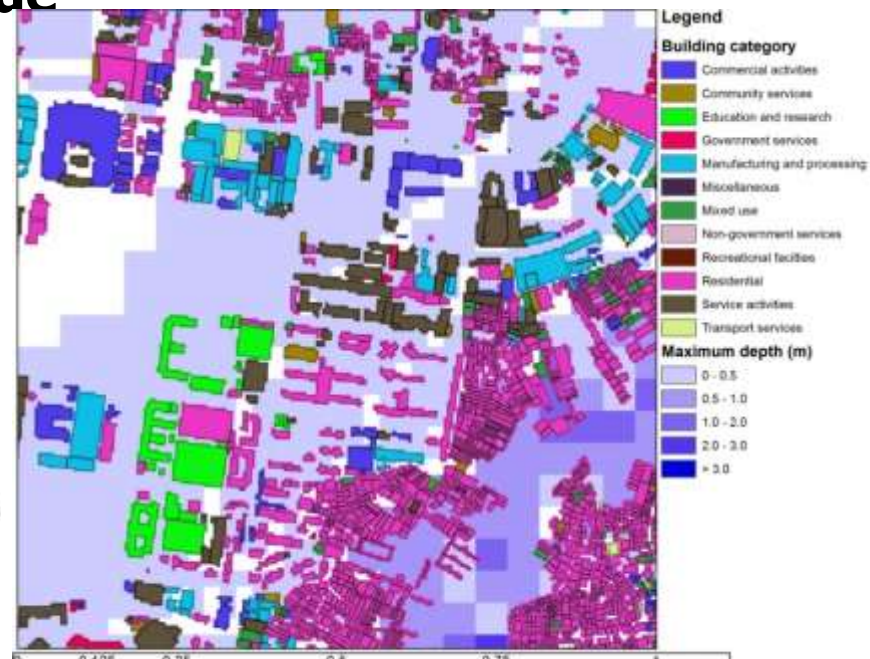
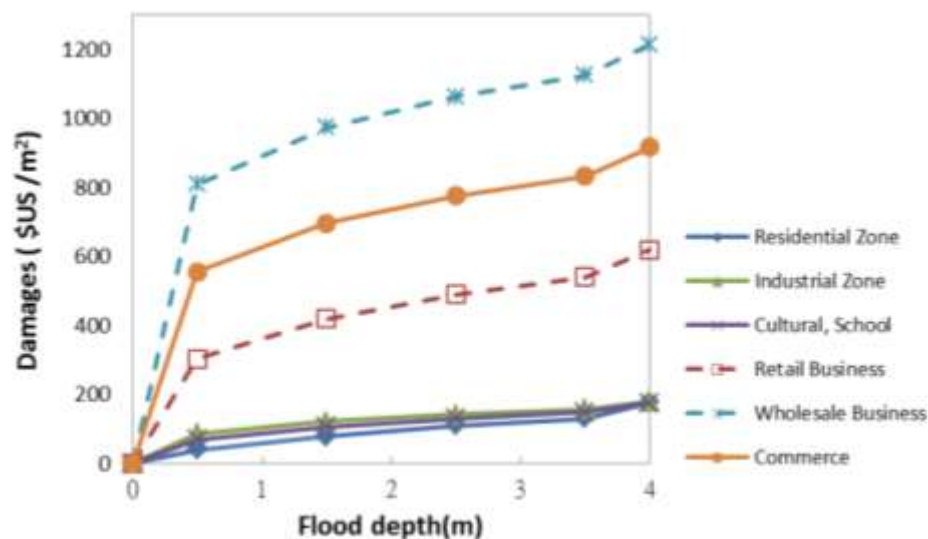
■ Faze

- ☐ **Simulacija poplave**
... **mapa maksimalnih dubina**
- ☐ **Preklapanje sa mapom zgrada**
... **dubina vode unutar zgrade**

Proračun štete na zgradama

■ Faze

- Simulacija poplave
... mapa maksimalnih dubina
- Preklapanje sa mapom zgrada
... dubina vode unutar zgrade
- Šteta kao funkcija dubine vode
... **zavisno od tipa zgrade**



Proračun štete na zgradama

■ Faze

- Simulacija poplave
 - ... mapa maksimalnih dubina
- Preklapanje sa mapom zgrada
 - ... dubina vode unutar zgrade
- Šteta kao funkcija dubine vode
 - ... zavisno od tipa zgrade
- Ponavljanje za sve zgrade
 - ... **ukupna šteta u celom gradu**

Chen et al. (2016)



Proračun štete na zgradama

■ Faze

- Simulacija poplave
... mapa maksimalnih dubina
- Preklapanje sa mapom zgrada
... dubina vode unutar zgrade
- Šteta kao funkcija dubine vode
... šteta na zgradi
- Ponavljanje za sve zgrade
... zavisno od tipa zgrade
- Sve to za različite povratne periode
... štete (D_i) različitih verovatnoća pojave (p_i)

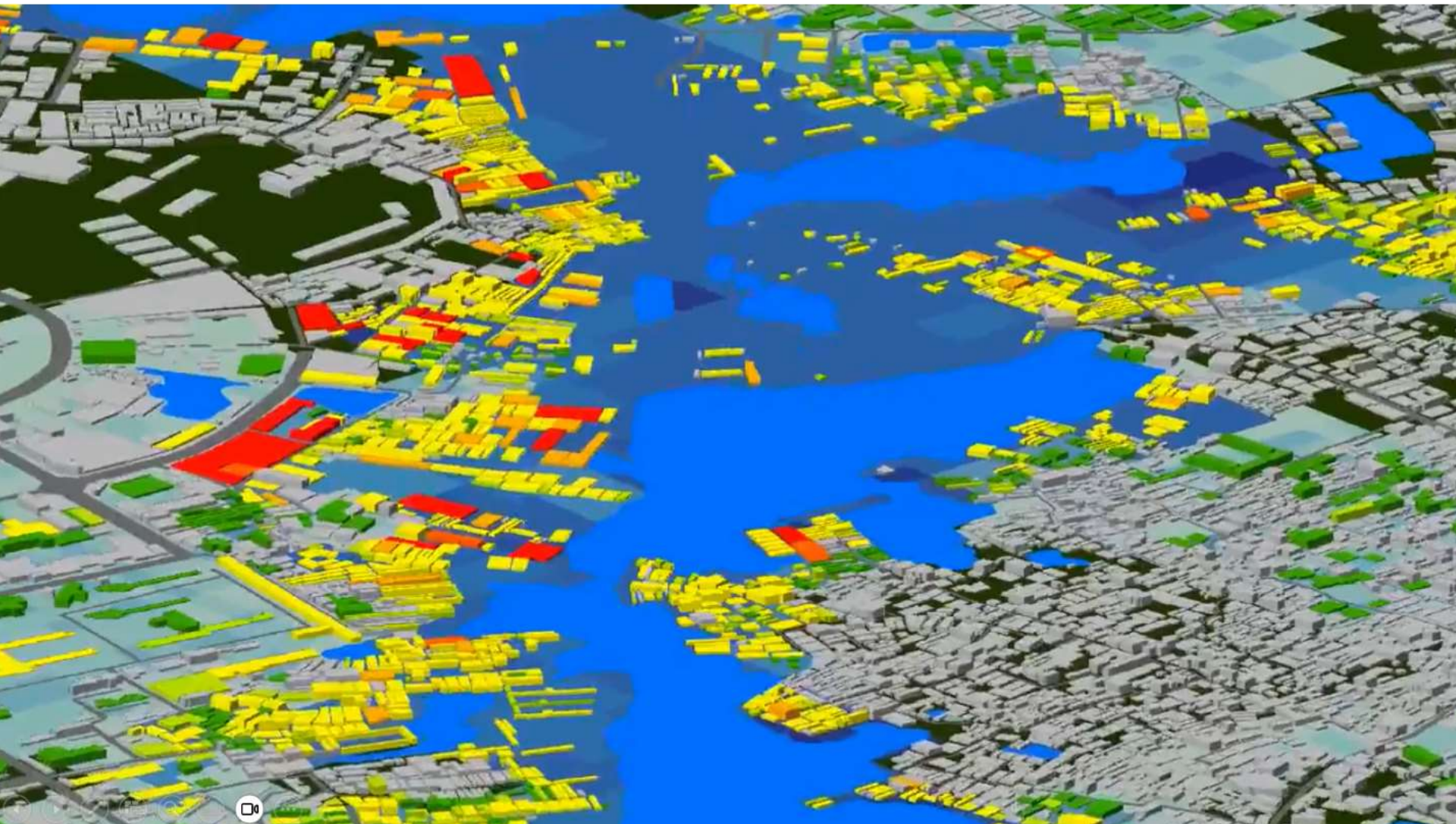
Proračun štete na zgradama

■ Faze

- Simulacija poplave
... mapa maksimalnih dubina
- Preklapanje sa mapom zgrada
... dubina vode unutar zgrade
- Šteta kao funkcija dubine vode
... zavisno od tipa zgrade
- Ponavljanje za sve zgrade
... ukupna šteta u celom gradu
- Sve to za različite povratne periode
... štete (D_i) različitih verovatnoća pojave (p_i)
- „Expected Annual Damage“: $EAD = \sum (D_i p_i) / \sum p_i$
... „očekivana godišnja šteta“

Proračun štete na zgradama – Daka

Khan et al. (2018)



Dinamički proračun štete – Paignton



Sadržaj

- ✓ O plavljenju – vrste, uticaji, simulacija
- ✓ Procene uticaja poplava
 - ✓ Proračun štete na zgradama
 - Erozijska okolišna šteta

Erozija dna oko mostovskih stubova

- **Nagomilavanje granja pri prolasku poplavnog talasa**
 - umanjeni poprečni preseci
 - uvećane brzine proticanja
 - ubrzana erozija oko stubova
 - urušavanje konstrukcije mosta

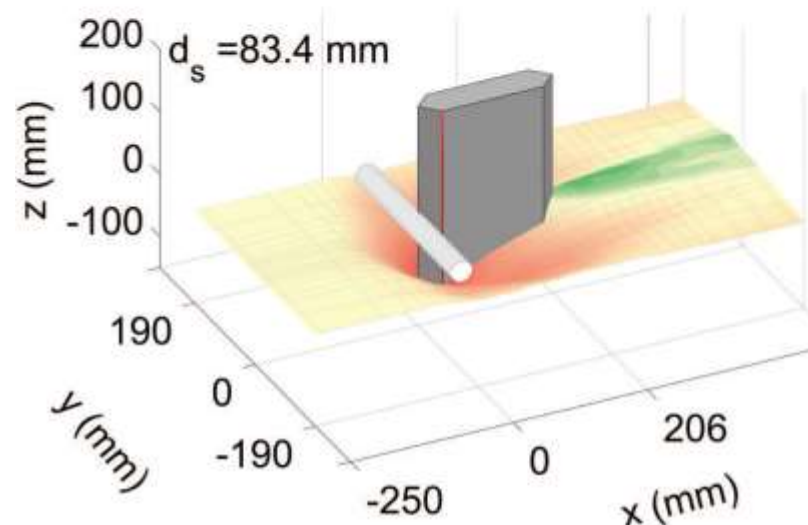
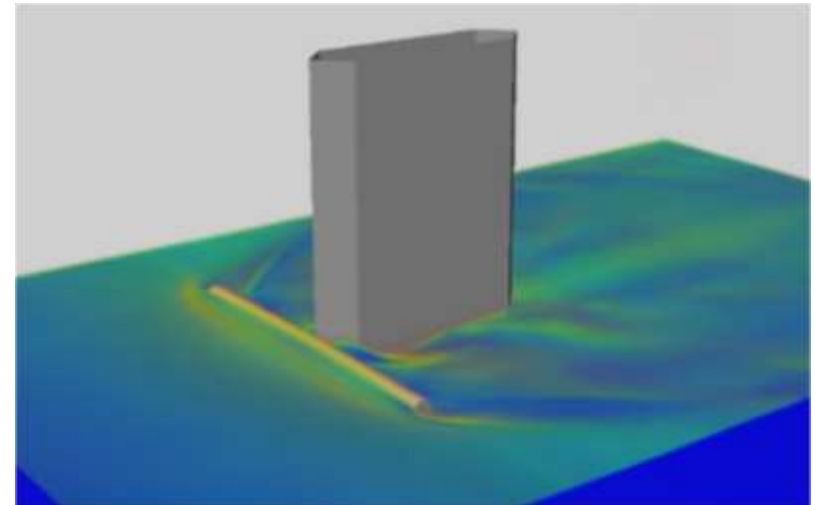


Eksperimentalno i numeričko ispitivanje

■ Laboratorijski model



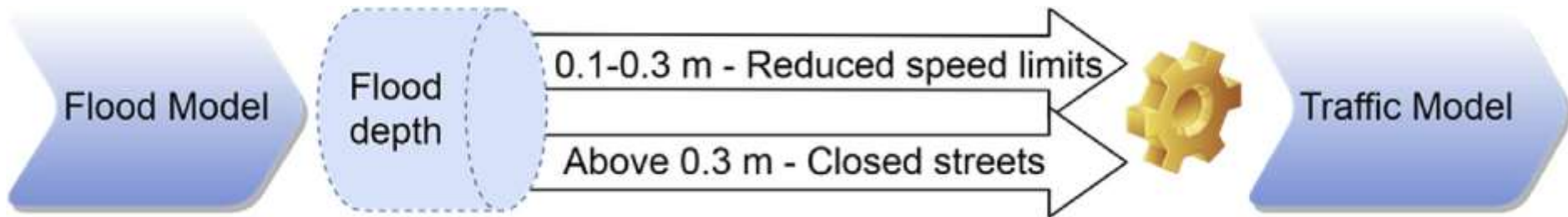
■ CFD model



Ebrahimi et al. (2018)

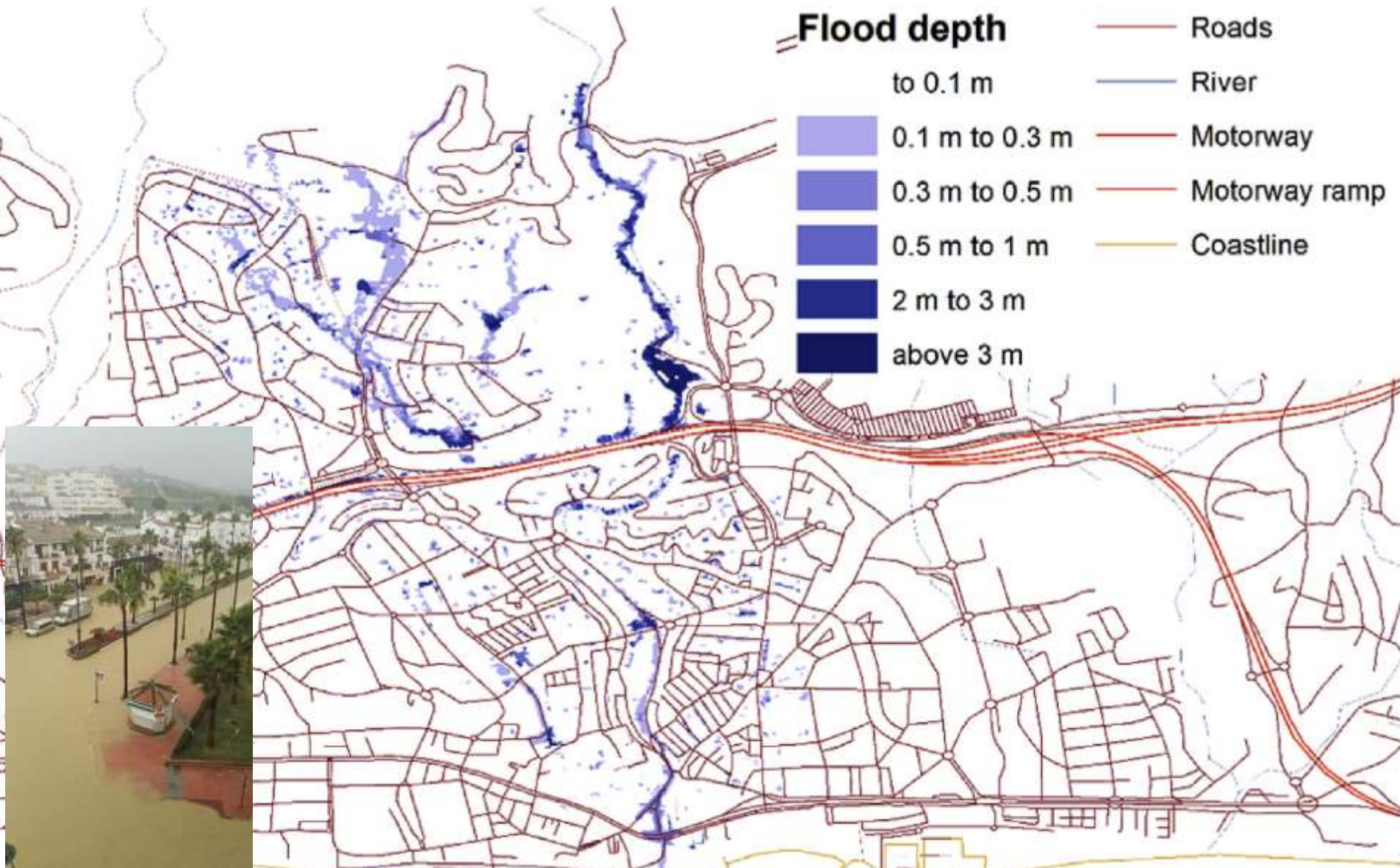
Uticaj poplava na saobraćaj

- Na osnovu hidrauličkog proračuna plavljenja:



- Mikro-simulacija saobraćaja na osnovu svih vožnji
- Kalibracija prema osmotrenom broju vozila
- Omogućava poređenje situacija sa i bez plavljenja

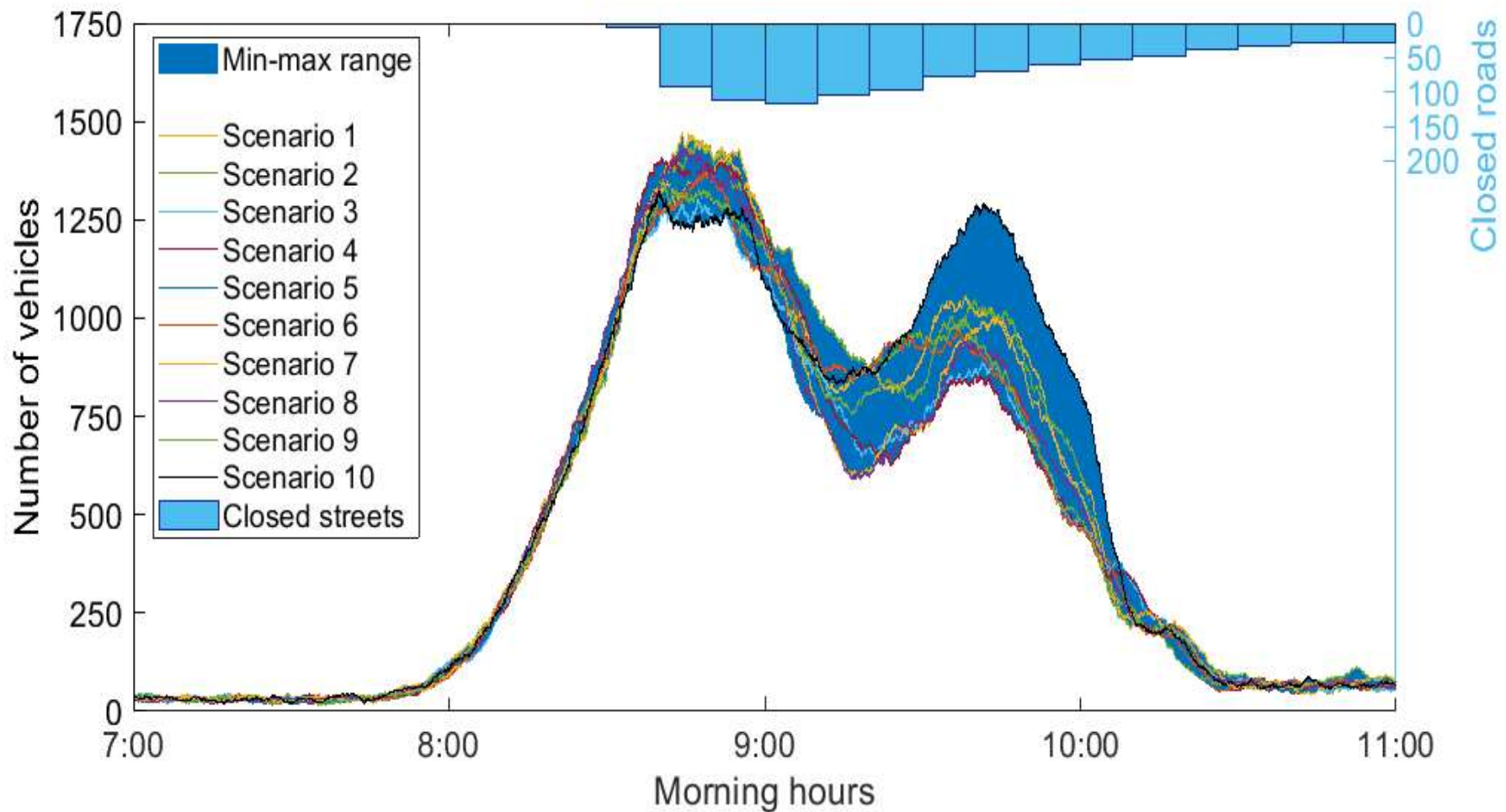
Uticaj poplava na saobraćaj – Marbelja



Uticaj poplava na saobraćaj – Marbelja



Broj vozila u saobraćaju



Pyatkova et al. (2019)

Sadržaj

- ✓ O plavljenju – vrste, uticaji, simulacija
- ✓ Procene uticaja poplava
 - ✓ Proračun štete na zgradama
 - ✓ Erozija oko mostovskih stubova
 - ✓ Uticaji na drumski saobraćaj
 - Problemi sa otpadom

Problemi sa otpadom za vreme poplava



Kontejneri za otpad u Barceloni (inventar)

Lateral 62%



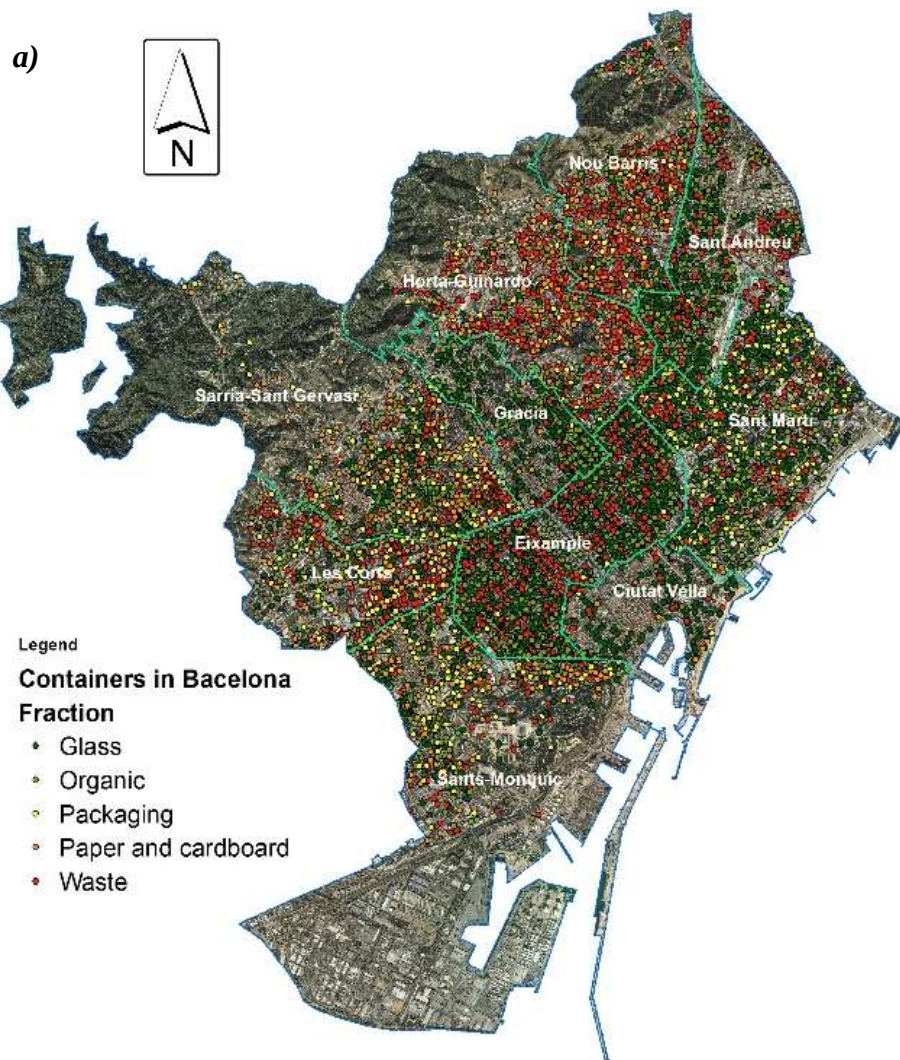
**Ukupno:
23141
kontejner**

Bilateral 25%

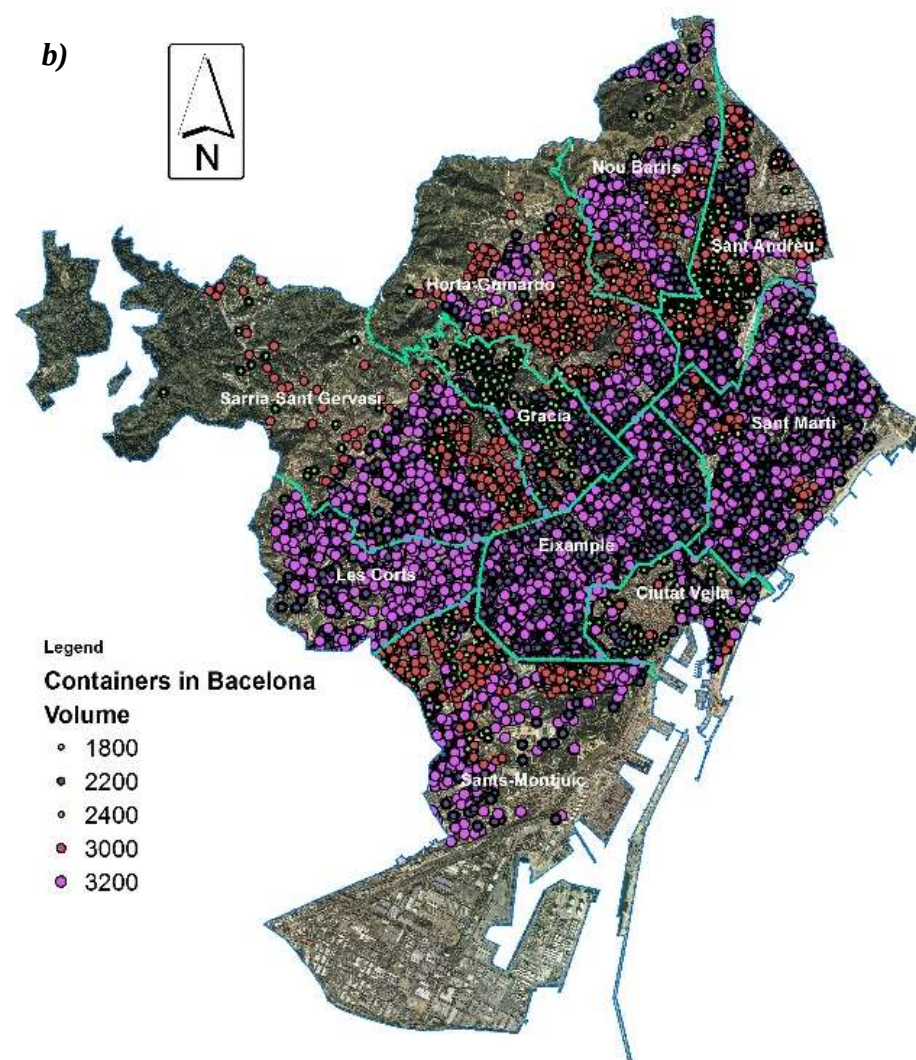


Kontejneri za otpad u Barceloni (lokacije)

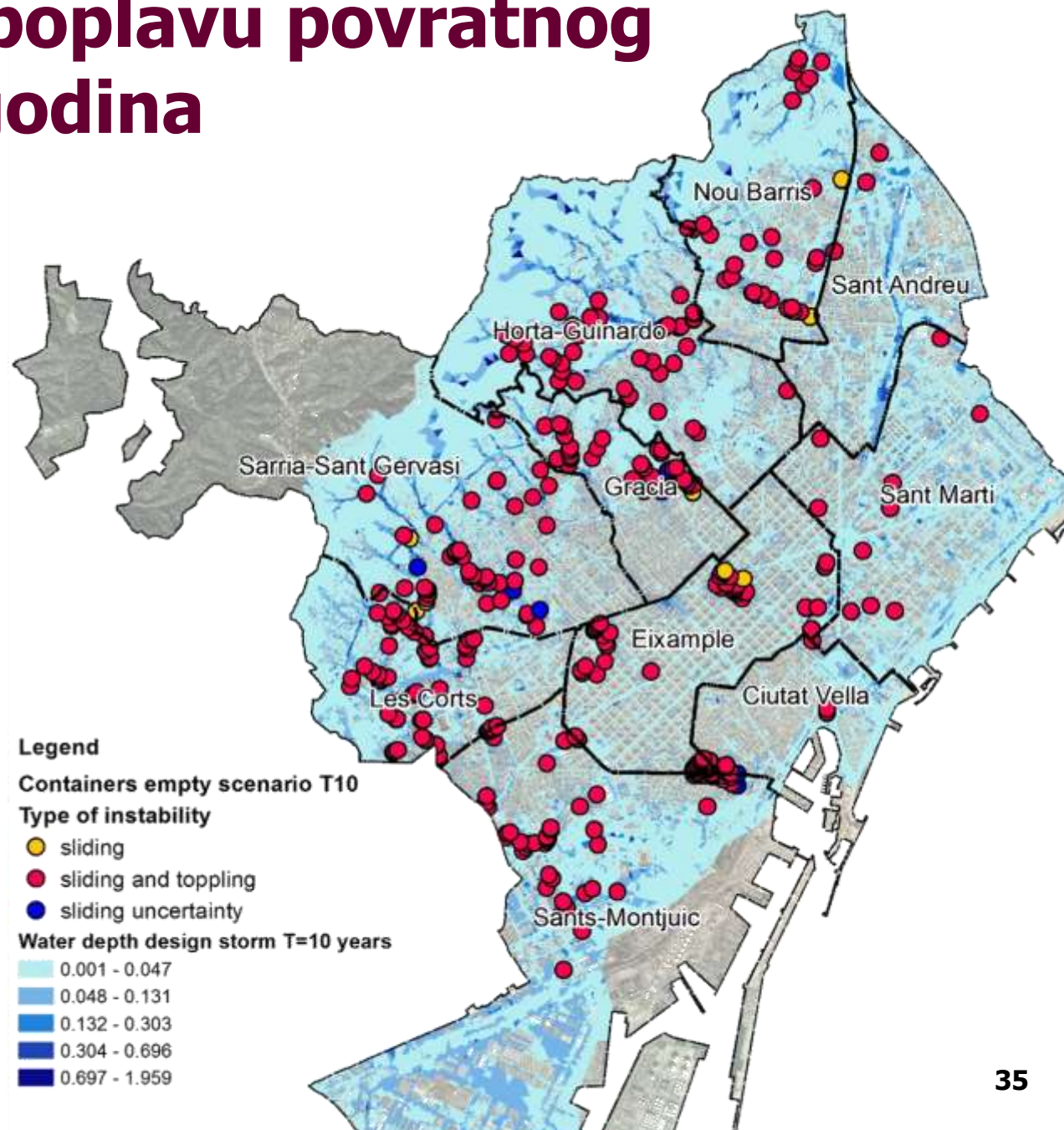
Po vrsti otpada:



Po zapremini:



Rezultat za poplavu povratnog perioda 10 godina



Martinez-Gomaris et al. (2020)

Sadržaj

- O plavljenju – vrste, uticaji, simulacija
- Procene uticaja poplava
 - Proračun štete na zgradama
 - Erozija oko mostovskih stubova
 - Uticaji na drumski saobraćaj
 - Problemi sa otpadom
 - **Uticaji na zdravlje**

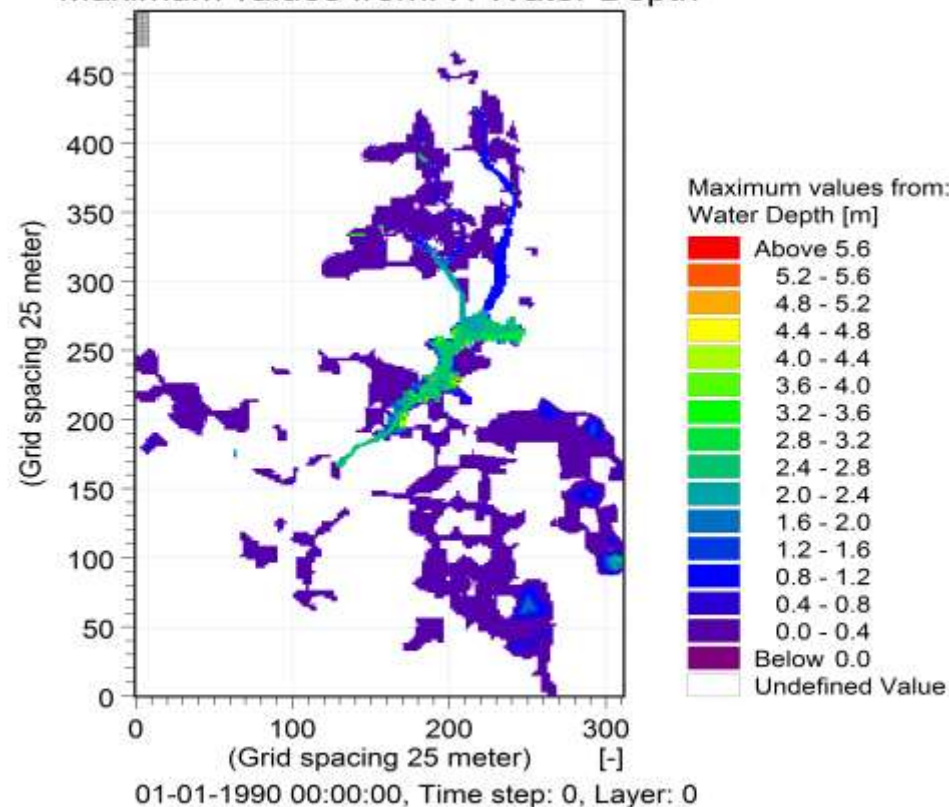
Procena uticaja na zdravlje

- ❑ **Mešanje vode izlivenne iz kanalizacije sa površinskom vodom**
- ❑ **Rezultat: raspored koncentracije patogenih materija**
- ❑ **Kalibracija modela na osnovu terenskih merenja**
- ❑ **Koncentracije + Podaci o stanovništvu = Izloženost**
- ❑ **Veza između „doze“ i „reakcije“**
- ❑ **Monte Carlo simulacija**
- ❑ **Verovatnoća zaraze**
- ❑ **Broj bolesnih ljudi**
- ❑ **Može se preračunati u novac**
- ❑ **Jedinica mere: 1 DALY (\$,€,...)**
(Disability Adjusted Life Years)

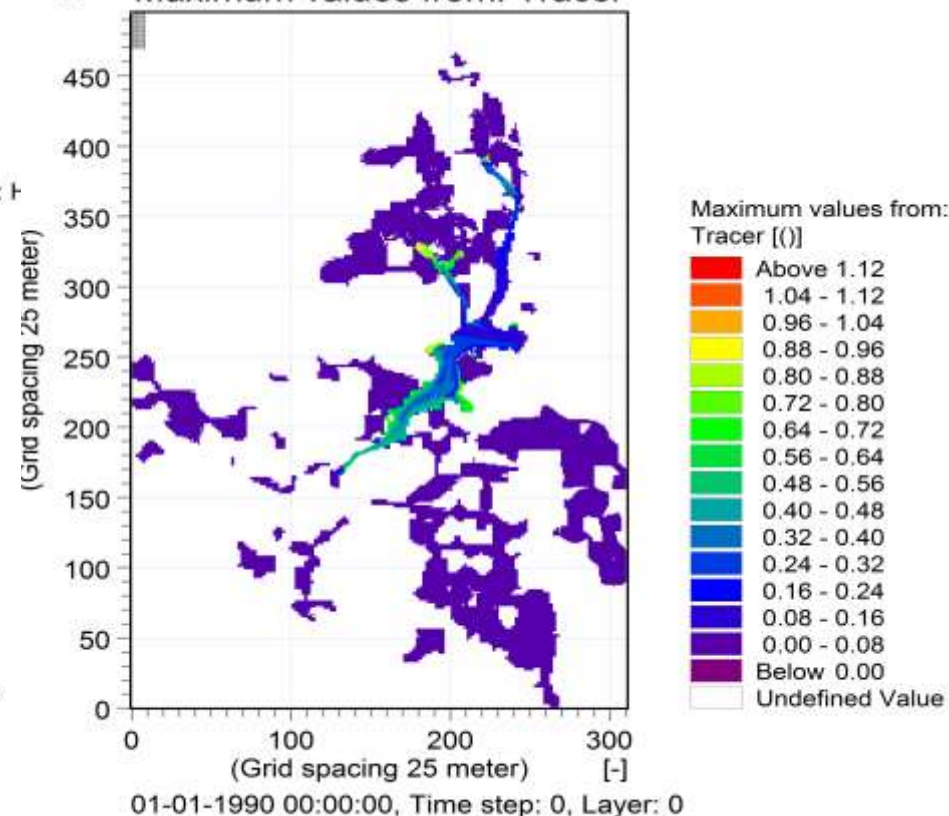


Procena uticaja na zdravlje – Daka

Maximum values from: H Water Depth



Maximum values from: Tracer

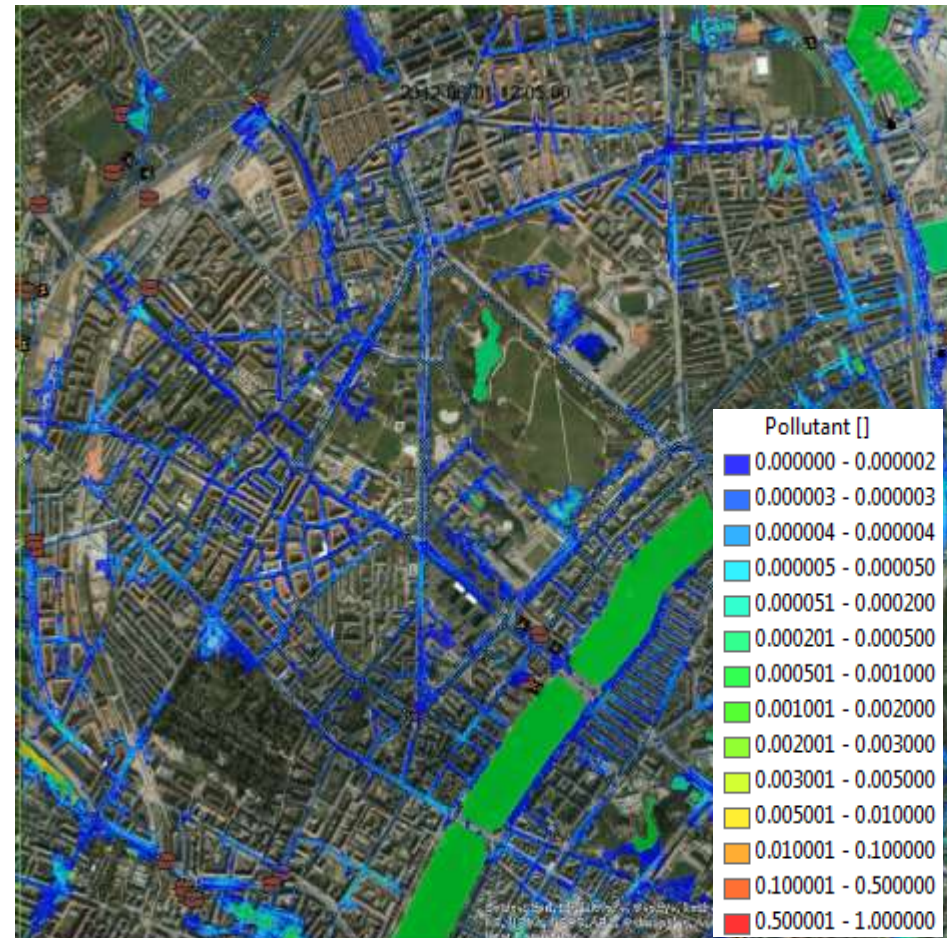
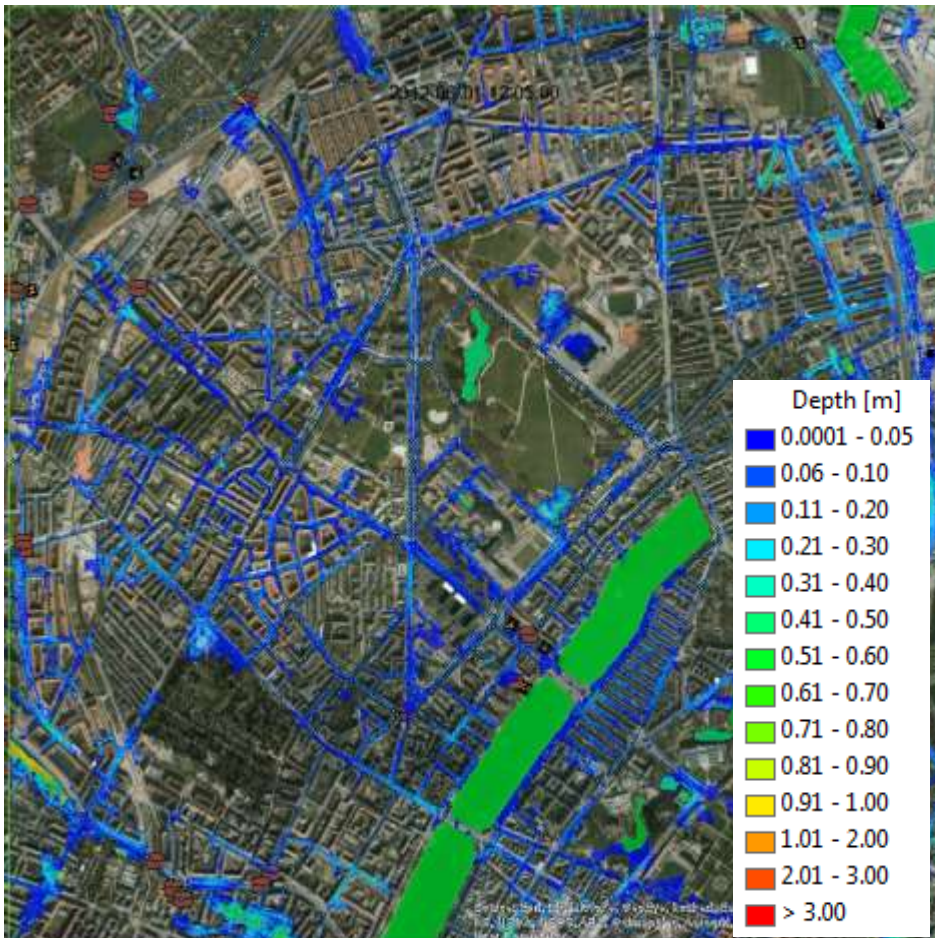


Verovatnoća zaraze od kolere

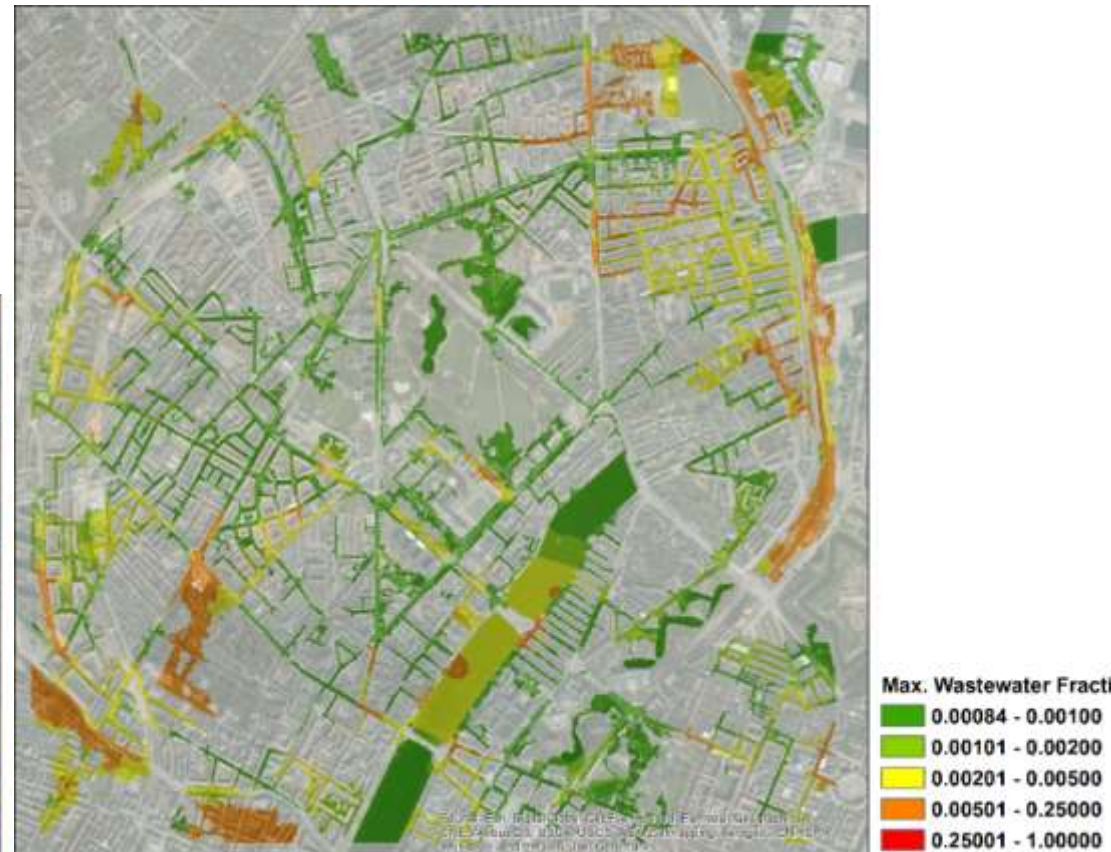
Location and dilution factor	Estimated cholera risk during the highest modelled concentrations		
	Children	95th percentile	Adults
	Average		Average
Razarbag			
Slum/Poor	2.2×10^{-3}	0	2.1×10^{-4}
Middle class	1.2×10^{-4}	0	1.5×10^{-6}
Paltan			
Slum/Poor	5.6×10^{-3}	0,059	5.5×10^{-4}
Middle class	5.2×10^{-5}	0	0
East of BSMK-Stadium			
Slum/Poor	1.1×10^{-3}	0	1.1×10^{-4}
*Middle class	2.6×10^{-4}	0	3.1×10^{-6}

Mark et al. (2020)

Procena uticaja na zdravlje – Kopenhagen



Procena uticaja na zdravlje – Kopenhagen



Jørgensen et al. (2020)

Sadržaj

- ✓ O plavljenju – vrste, uticaji, simulacija
- ✓ Procene uticaja poplava
 - ✓ Proračun štete na zgradama
 - ✓ Erozija oko mostovskih stubova
 - ✓ Uticaji na drumski saobraćaj
 - ✓ Problemi sa otpadom
 - ✓ Uticaji na zdravlje
- **Scenariji budućeg razvoja**

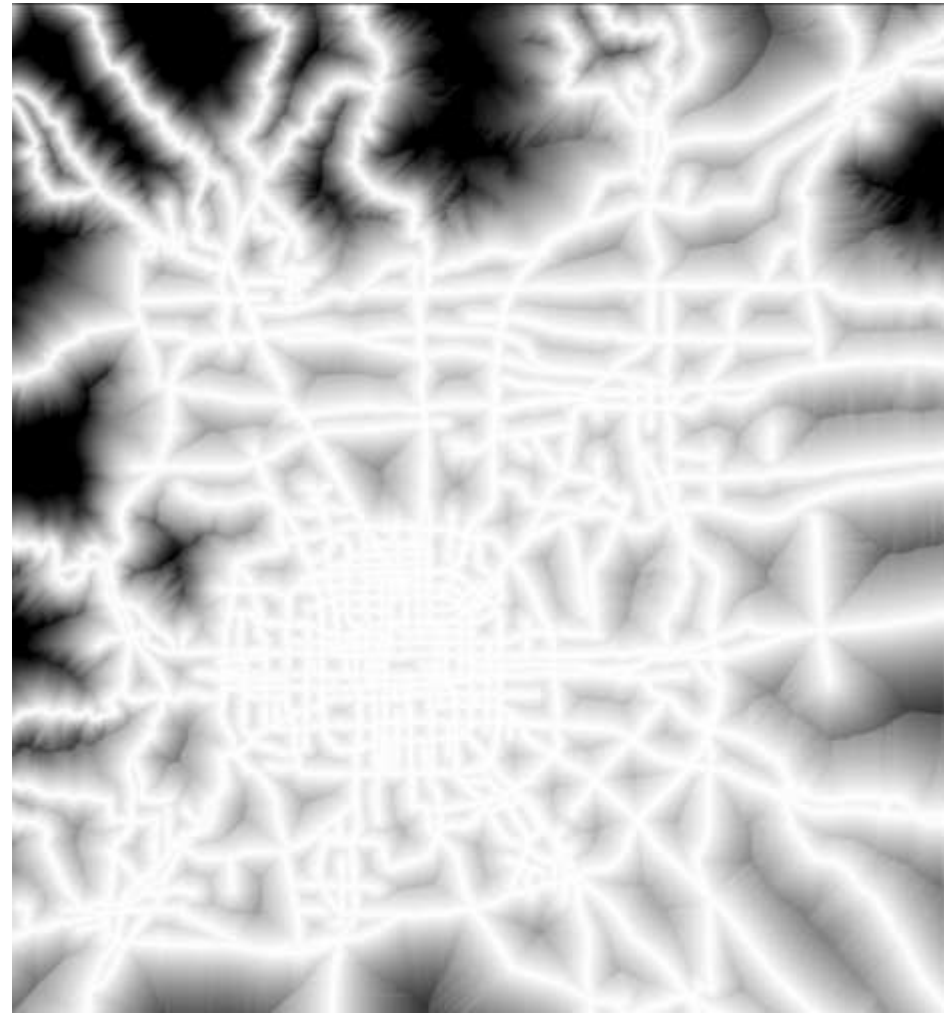
Scenariji budućeg razvoja

■ Uslovi razmatranja:

- ekonomski razvoj, rast stanovništva, migracije sa sela u grad
... urbanizacija
- očekivane klimatske promene
... intenzivnije jake kiše, porast nivoa mora
- kombinacije mera za zaštitu od poplava

Buduća urbanizacija

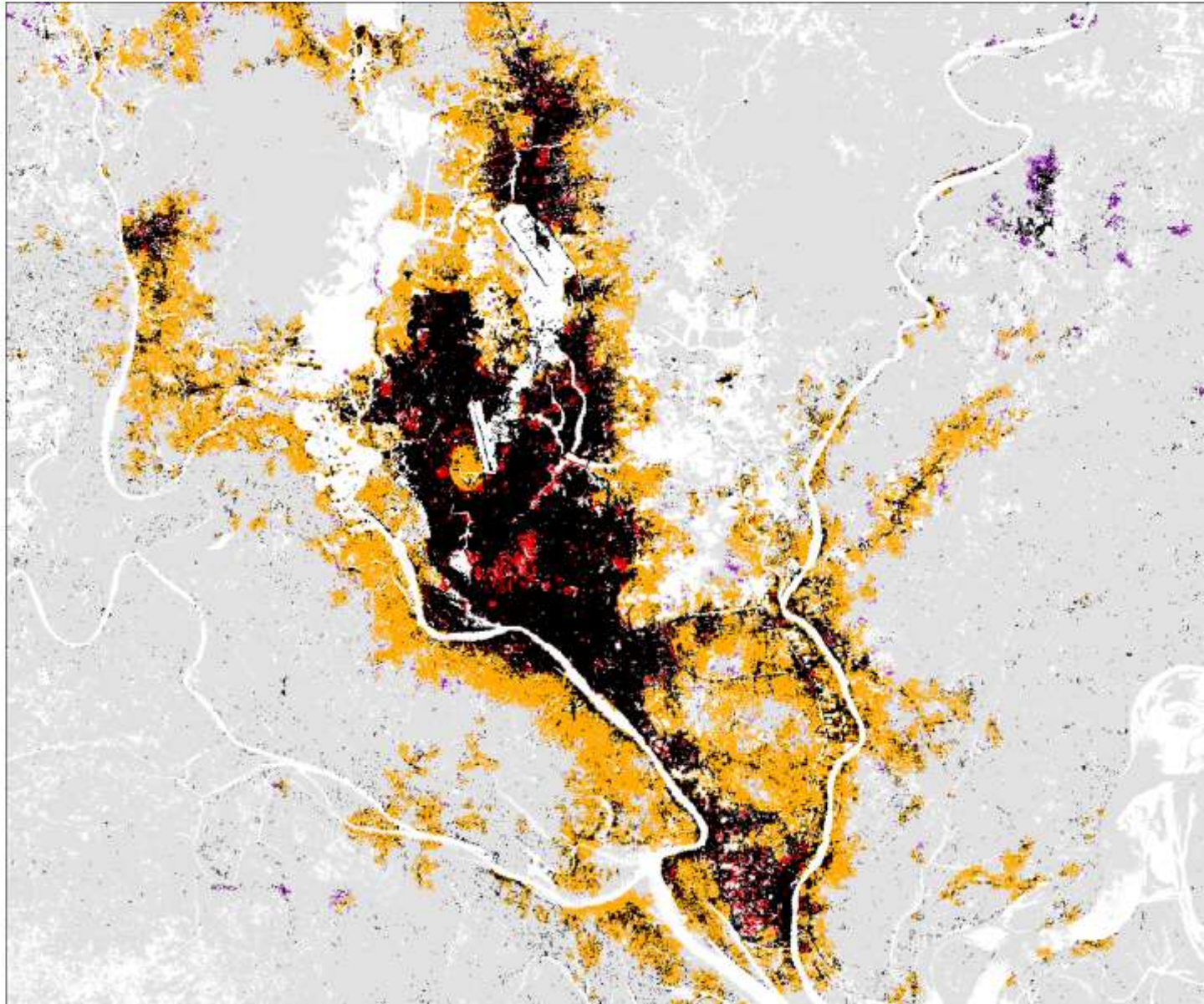
- **Modeliranje promene namene površina**
- **Potrebni podaci:**
 - **Satelitski snimci**
 - **Digitalni modeli terena**
 - **Nagibi terena**
 - **Mape rastojanja do:**
 - puteva**
 - vodotoka**
 - biznisa**



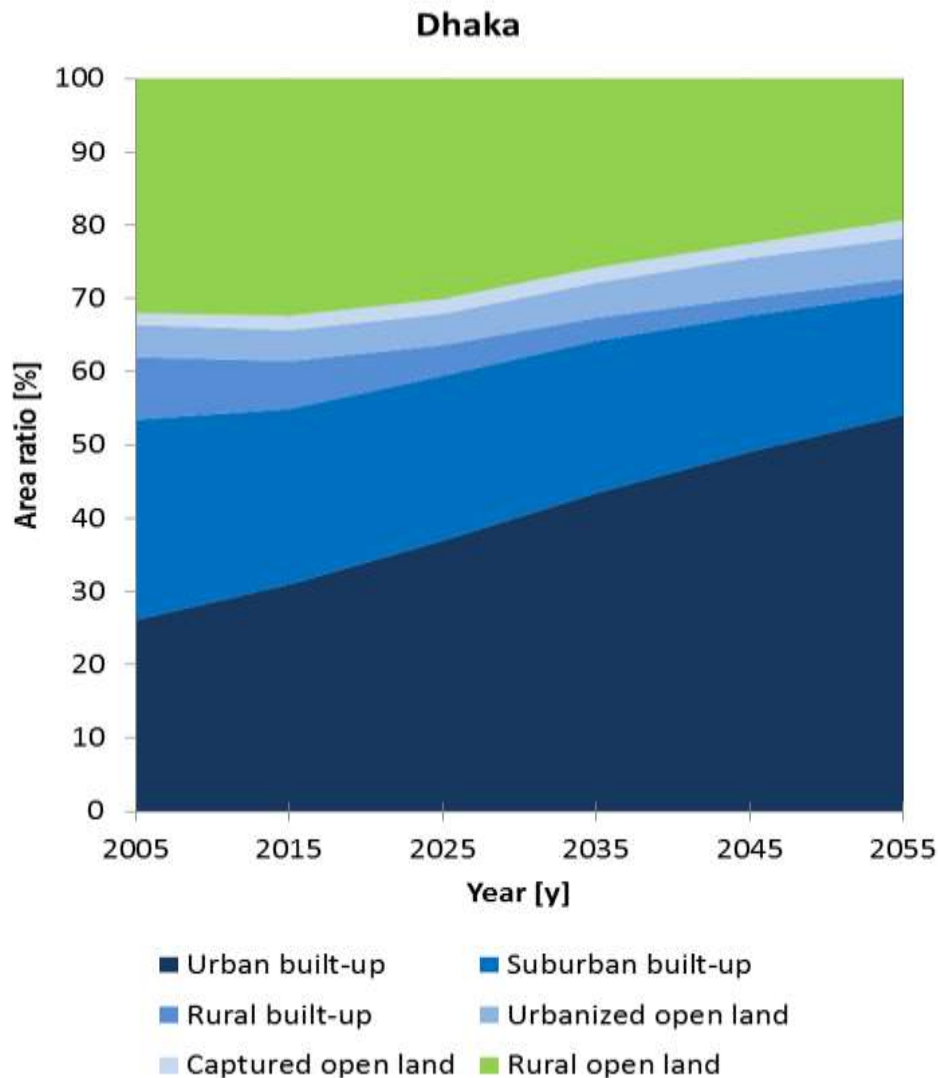
2010-2050

Projected urban growth under BAU

 Infill
 Extension
 Leapfrog



Posledica: porast nepropusnih površina



Veerbeek and Zevenbergen (2013)

Scenariji budućeg razvoja

■ Svrha:

- upoređenje investicija sa smanjenjem svih šteta
- procena isplativosti različitih strategija i mera
- analiza „puteva u budućnost“ (npr. project London 2100)



Završne napomene

- **Poplave mogu imati najrazličitije uticaje na gradove**
- **Sve se to može računati i analizirati**
- **Neki primeri su ovde prikazani**
- **Cilj je da se omogući:**
 - **upravljanje rizikom od poplava**
 - **dugoročno smanjenje šteta**
 - **analiza mogućih puteva u budućnost**
 - **„flood resilience“**

Zahvalnost

Kolege:

Albert Chen
Barry Evans
David Khan
Prakash Kripakaran
Ole Mark
Eduardo Martínez-Gomariz
Katya Pyatkova
William Veerbeek
Zoran Vojinović
Lydia Vamvakeridou-Lyroudia

Projekti koje je finansirala EU:

CORFU
PEARL
EU-CIRCLE
RESCCUE

Reference

- Allitt R.A. et al. (2009) Investigations into 1D-1D and 1D-2D urban flood modelling, *WaPUG Autumn Conference*, Blackpool, UK.
- Chen A.S. et al. (2016) [From hazard to impact: the flood damage assessment tools for mega cities](#), *Natural Hazards*, 82.
- Djordjević S. et al. (2004) [Simulation of transcritical flow in pipe/channel networks](#), *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(12).
- Ebrahimi M. et al. (2018) [Experimental study on scour at a sharp-nose bridge pier with debris blockage](#), *Journal of Hydraulic Engineering*, 144(12), 04018071.
- Hammond M. et al. (2015) [Urban flood impact assessment: A state-of-the-art](#), *Urban Water Journal*, 12(1).
- Jørgensen C. et al. (2016) Dynamic modelling of health risks during wastewater influenced urban flooding, *Novatech 2016 – 9^{ème} Conférence internationale sur les techniques et stratégies pour la gestion durable de l'Eau dans la Ville*, Lyon, France.
- Khan D.M. et al. (2018) [Back to the future: assessing the damage of 2004 Dhaka flood in the 2050 urban environment](#), *Journal of Flood Risk Management*, 11(S1).
- Mark O. et al. (2018) [A new methodology for modelling of health risk from urban flooding exemplified by cholera – Case Dhaka, Bangladesh](#), *Journal of Flood Risk Management*, 11(S1).
- Martínez-Gomariz E. et al. (2020) [An approach to the modelling of stability of waste containers during urban flooding](#), *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1).
- Pyatkova K. et al. (2019) [Assessing the knock-on effects of flooding on road transportation](#), *Journal of Environmental Management*, 244.
- Vamvakieridou-Lyroudia L. et al. (2020) [Assessing and visualising hazard impacts to enhance the resilience of Critical Infrastructures to urban flooding](#), *Science of The Total Environment*, 707, 136078.