

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

prof. dr. Matjaž Četina (KMTe), doc. dr. Mario Krzyk (IZH)

1. Uvod
2. Matematični model PCFLOW2D
3. Podatki
4. Rezultati
 - 4.1 *Hitrosti*
 - 4.2 *Globine*
 - 4.3 *Propagacija čela vala*
6. Zaključki

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Uvod

- Možnost porušitve majhna
- Preventivni izračuni
- VODPREG2 – pregrada Loče
 - Kategorija I
 - Točnejši LIDAR podatki
 - Izrazito 2D problem
 - Novejši 2D mat. modeli
 - Hitrejši računalniki



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Uvod

Osnovni podatki o pregradi Loče (velika pregrada – ICOLD)

• Ime pregrade:	Loče
• Leto dograditve:	1970
• Ime akumulacije:	Šmartinsko jezero
• Tip pregrade:	zemeljska nasuta pregrada
• Kota krone pregrade:	267,75 m n.m.
• Normalna zajezeitev na koti preлива Z_{norm} :	265,40 m n.m.
• Kota maksimalne gladine Z_{max} :	266,50 m n.m.
• Varnostno nadvišanje pregrade:	1,25 m
• Gradbena višina pregrade:	16,45 m
• Dolžina v kroni pregrade:	205,00 m
• Širina krone pregrade:	3,00 m
• Volumen akumulacije pri Z_{norm} :	5,25 x 10⁶ m³
• Volumen akumulacije pri Z_{max} :	6,50 x 10 ⁶ m ³
• Kapaciteta varnostnega preлива pri Z_{max} :	75,00 m ³ /s
• Kapaciteta talnega izpusta pri Z_{max} :	7,00 m ³ /s
• Ime vodotoka:	Koprivnica
• Dolžina Koprivnice od pregrade do izliva:	5,8 km
• Vodozbirna površina Koprivnice:	12,60 km ²

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Matematični model PCFLOW2D

Kontinuitetna enačba

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

Dinamični enačbi

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial x} - gh \frac{\partial z_d}{\partial x} - ghn^2 \frac{u\sqrt{u^2+v^2}}{h^{4/3}} + \frac{\partial}{\partial x} (hv_{ef} \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hv_{ef} \frac{\partial u}{\partial y})$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial y} - gh \frac{\partial z_d}{\partial y} - ghn^2 \frac{v\sqrt{u^2+v^2}}{h^{4/3}} + \frac{\partial}{\partial x} (hv_{ef} \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hv_{ef} \frac{\partial v}{\partial y})$$

Transportni enačbi za turbulentno kinetično energijo k in disipacijo ε

$$\frac{\partial(hk)}{\partial t} + \frac{\partial(huk)}{\partial x} + \frac{\partial(hvk)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (h \frac{v_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \frac{v_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y}) + hG - c_D h\varepsilon + hP_{kv}$$

$$\frac{\partial(h\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(hu\varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(hv\varepsilon)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (h \frac{v_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \frac{v_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}) + c_1 \frac{\varepsilon}{k} hG - c_2 \frac{\varepsilon^2}{k} h + hP_{\varepsilon v}$$

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Matematični model PCFLOW2D

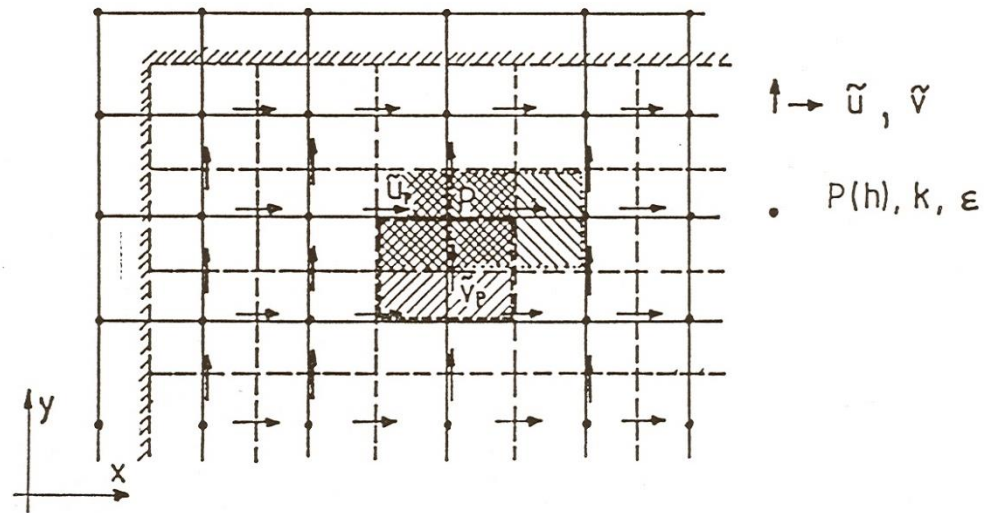
METODA KONČNIH VOLUMNOV (Patankar-Spalding)

- premaknjena mreža
- hibridna shema
- SIMPLE iterativni postopek
- implicitna metoda

PROGRAMSKA KODA

Osnova TEACH (Gosman, Ideriah)

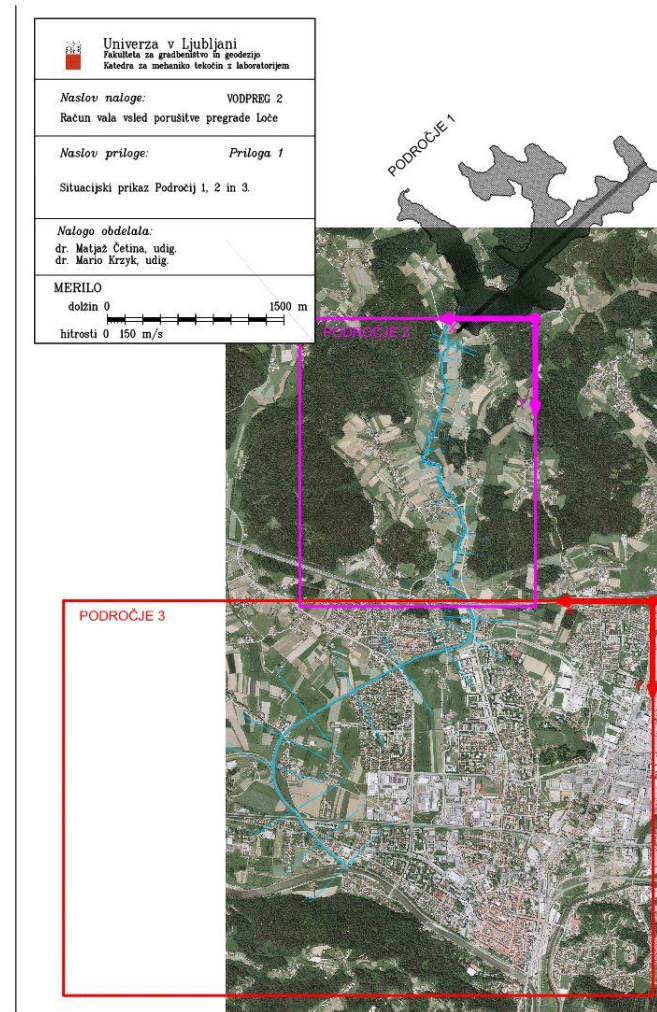
- nepravilna geometrija
- možne velike spremembe globine
- globinsko povprečniov $k-\varepsilon$ turb. model
- nestalni tok
- širjenje vala po suhem dnu
- različni robni pogoji



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Podatki

- Razdelitev področij
- Prepust po AC Lj. – Mb.



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Podatki

2D model PCFLOW2D,
računska mreža:

PODROČJE 1

Jezero: $183 \times 222 = 40626$
($Dx = Dy = 10$ m, $Dt = 0,5$ s)

PODROČJE 2

Zg. del do AC: $500 \times 611 = 346126$
($Dx = Dy = 4$ m, $Dt = 0,5$ s)

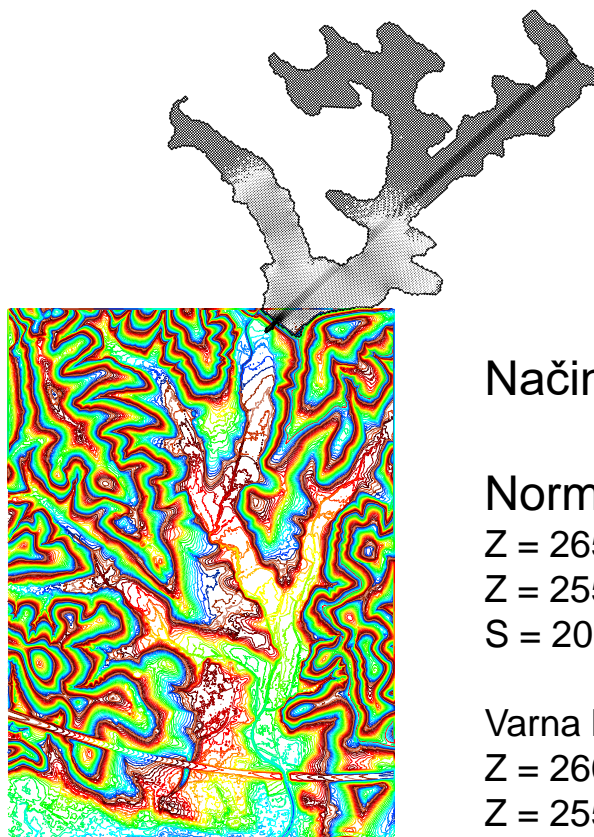
PODROČJE 3

Sp. del pod AC: $625 \times 419 = 261875$
($Dx = Dy = 8$ m, $Dt = 2$ s)

SKUPNO 648627 CELIC

$Ng = 0,025$ (jezero)

$Ng = 0,035$ (teren pod pregrado)



Način porušitve

Normalna kota

$Z = 265,4$ m, $B = 34,8$ m

$Z = 255,0$ m, $B = 3,0$ m

$S = 201$ m² (4 x 5 m)

Varna kota

$Z = 260,0$ m, $B = 18,6$ m

$Z = 255,0$ m, $B = 3,0$ m

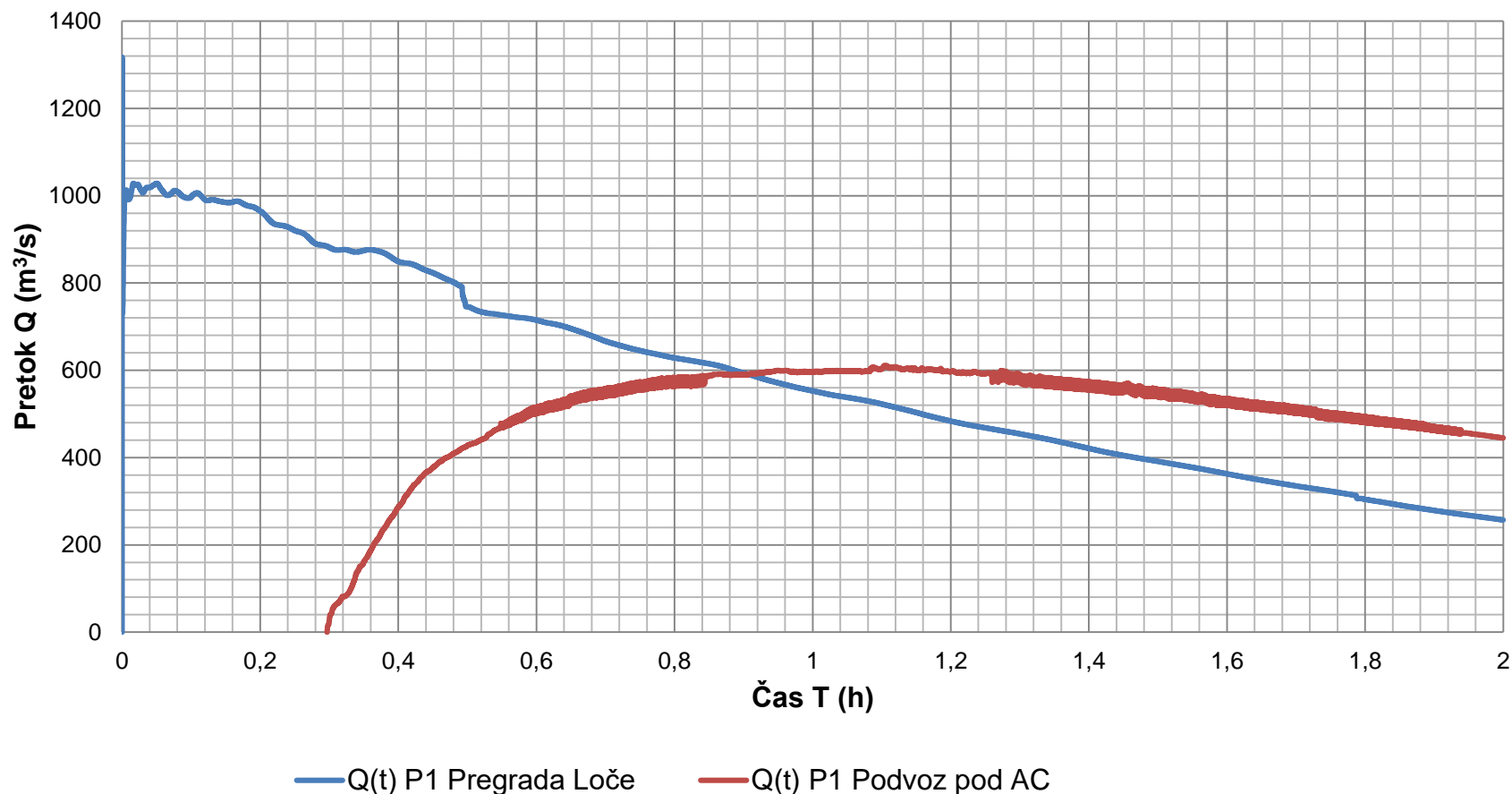
$S = 48,36$ m² (2 x 5 m)

LIDAR posnetek

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

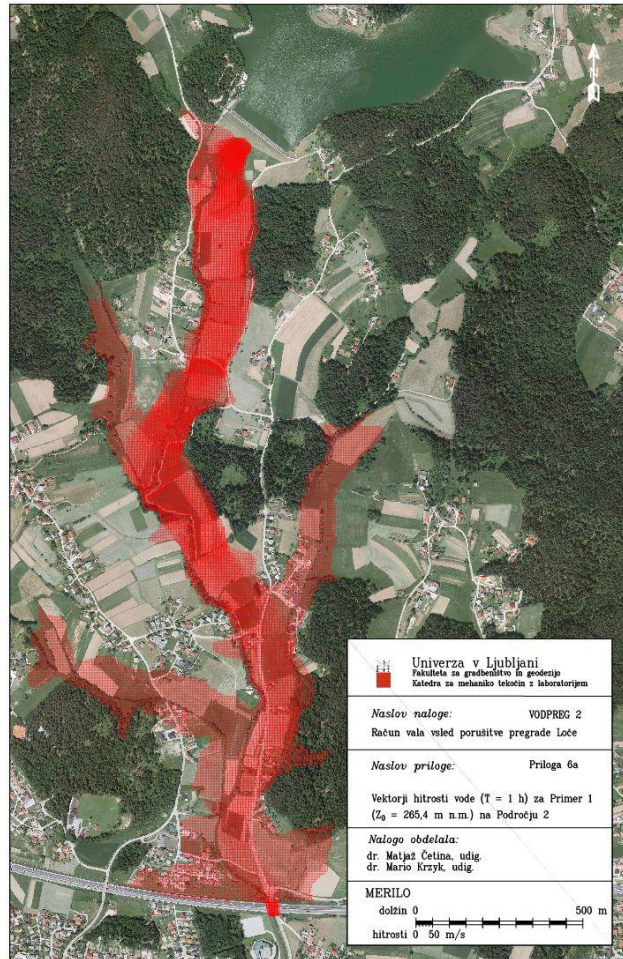
Rezultati

Hidrogrami odtoka za primer P1 - $Z_{\max} = 265,4$ m n.m.



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati



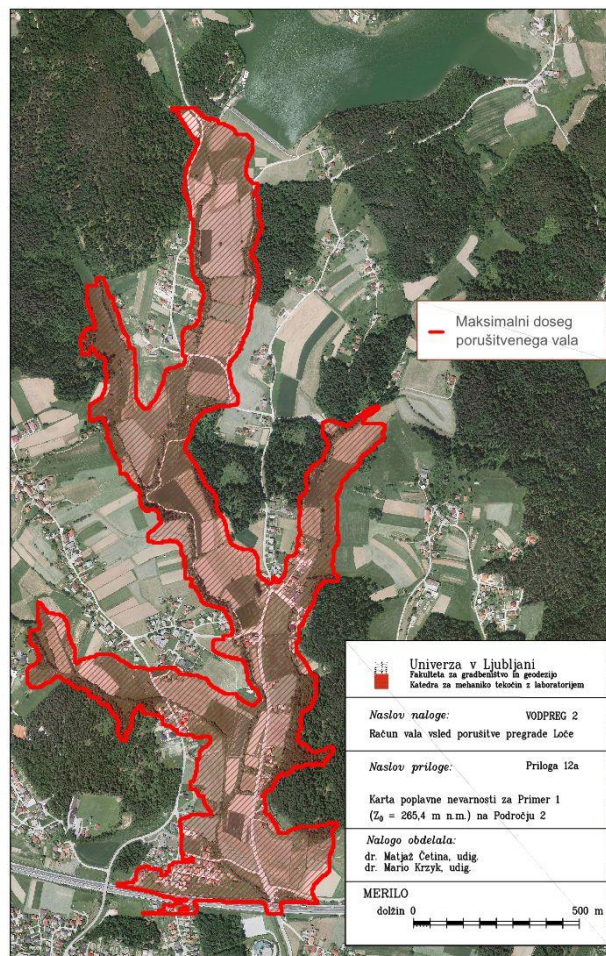
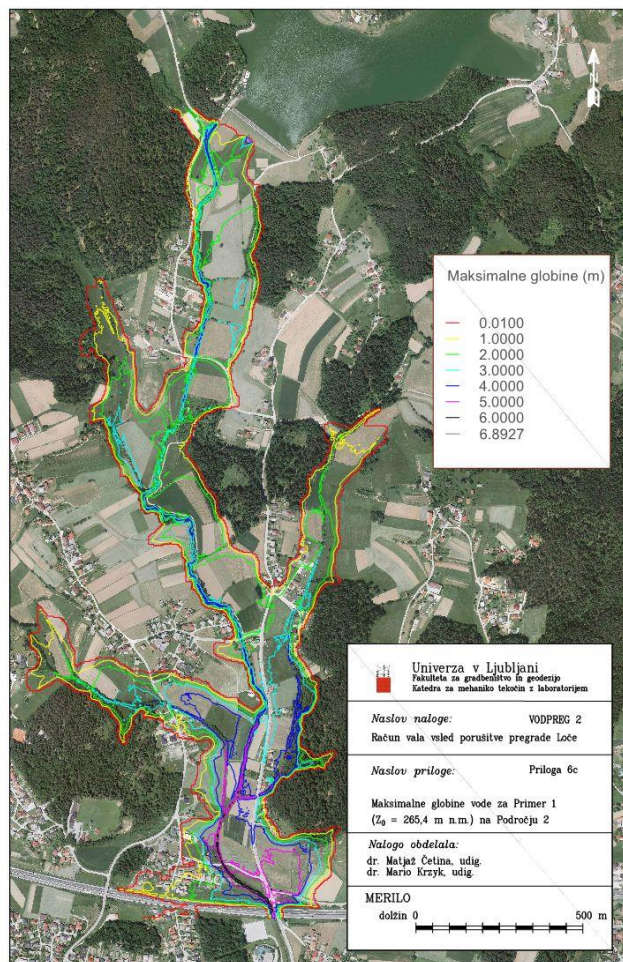
Levo: Hitrostno polje, Področje 2,
 $Z_0 = 265,4$ m n.m.

Spodaj: Detajl hitrosti pod pregrado



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

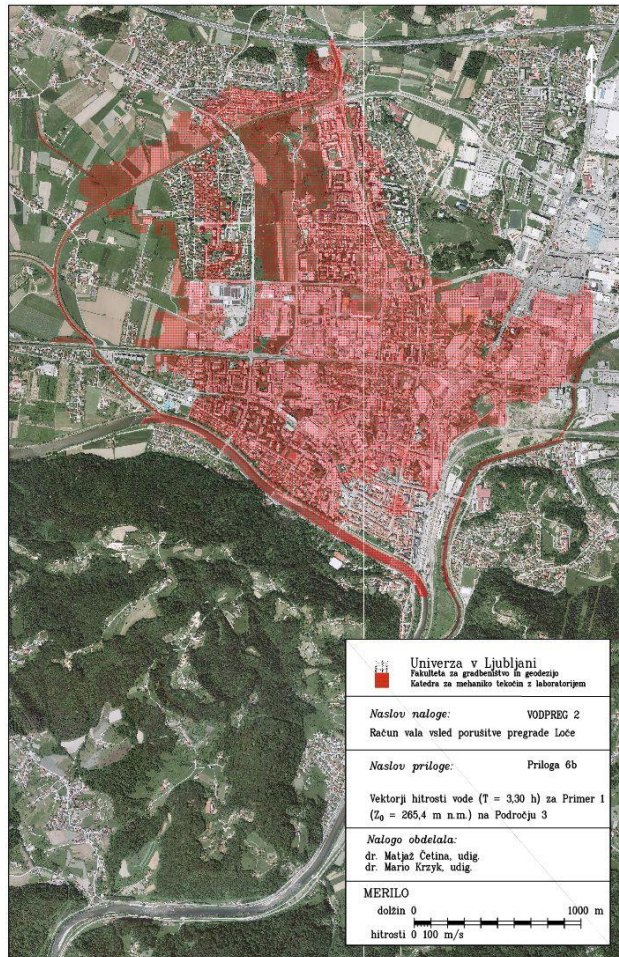
Rezultati



$Z_0 = 265,4$ m n.m.

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati



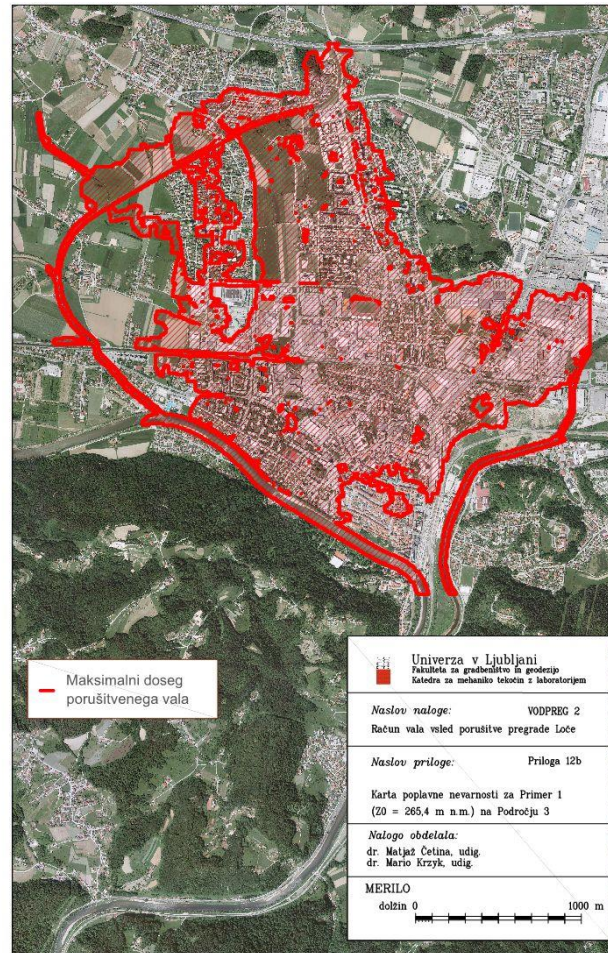
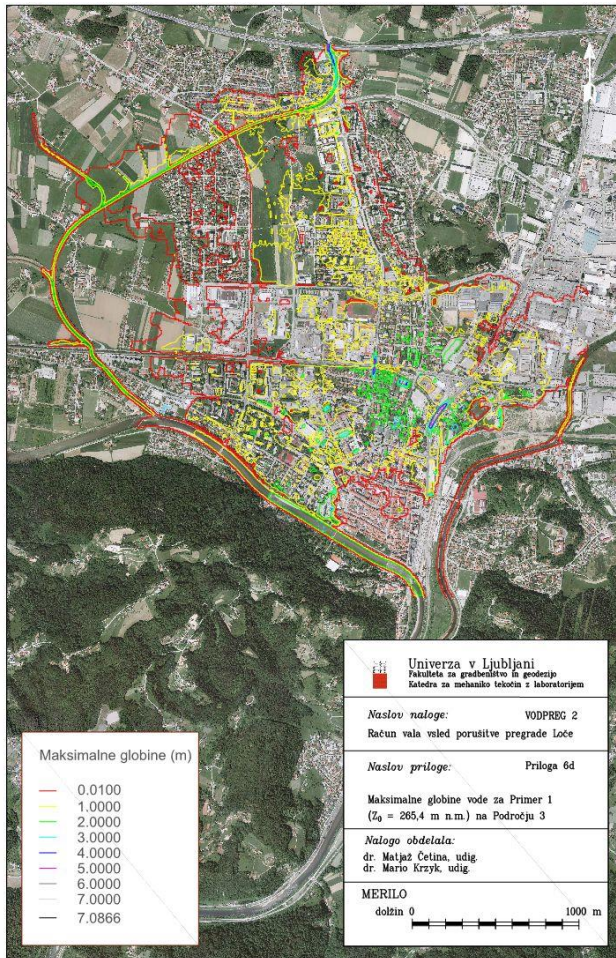
Levo: Hitrostno polje, Področje 3,
 $Z_0 = 265,4$ m n.m.

Spodaj: Detajl hitrosti, propust pod AC



2D račun vala zaradi poružitvi pregrade Loče

Rezultati

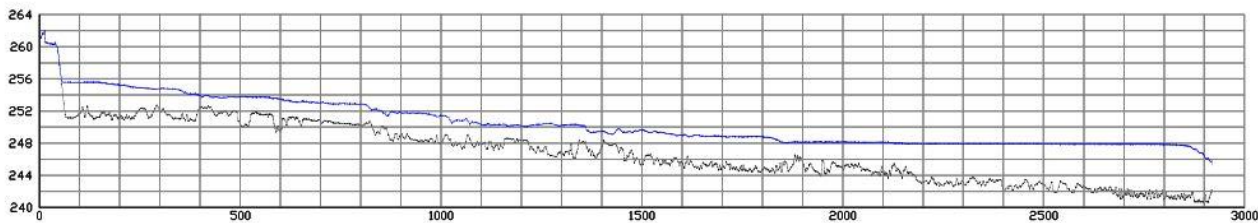



$Z_0 = 265,4$ m n.m.

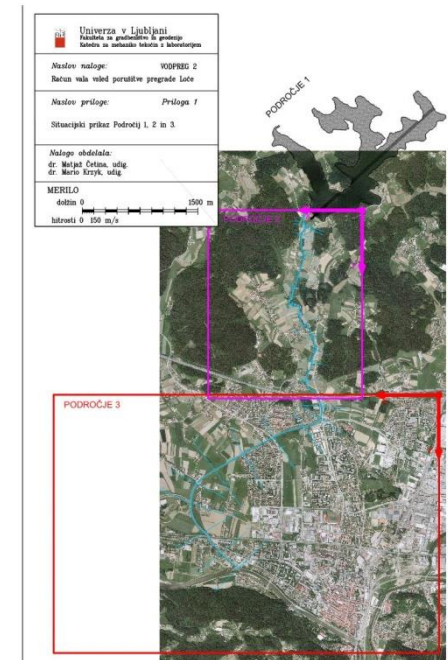
V2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati

Podolžni profil,
Področje 2,
 $Z_0 = 265,4$ m n.m.



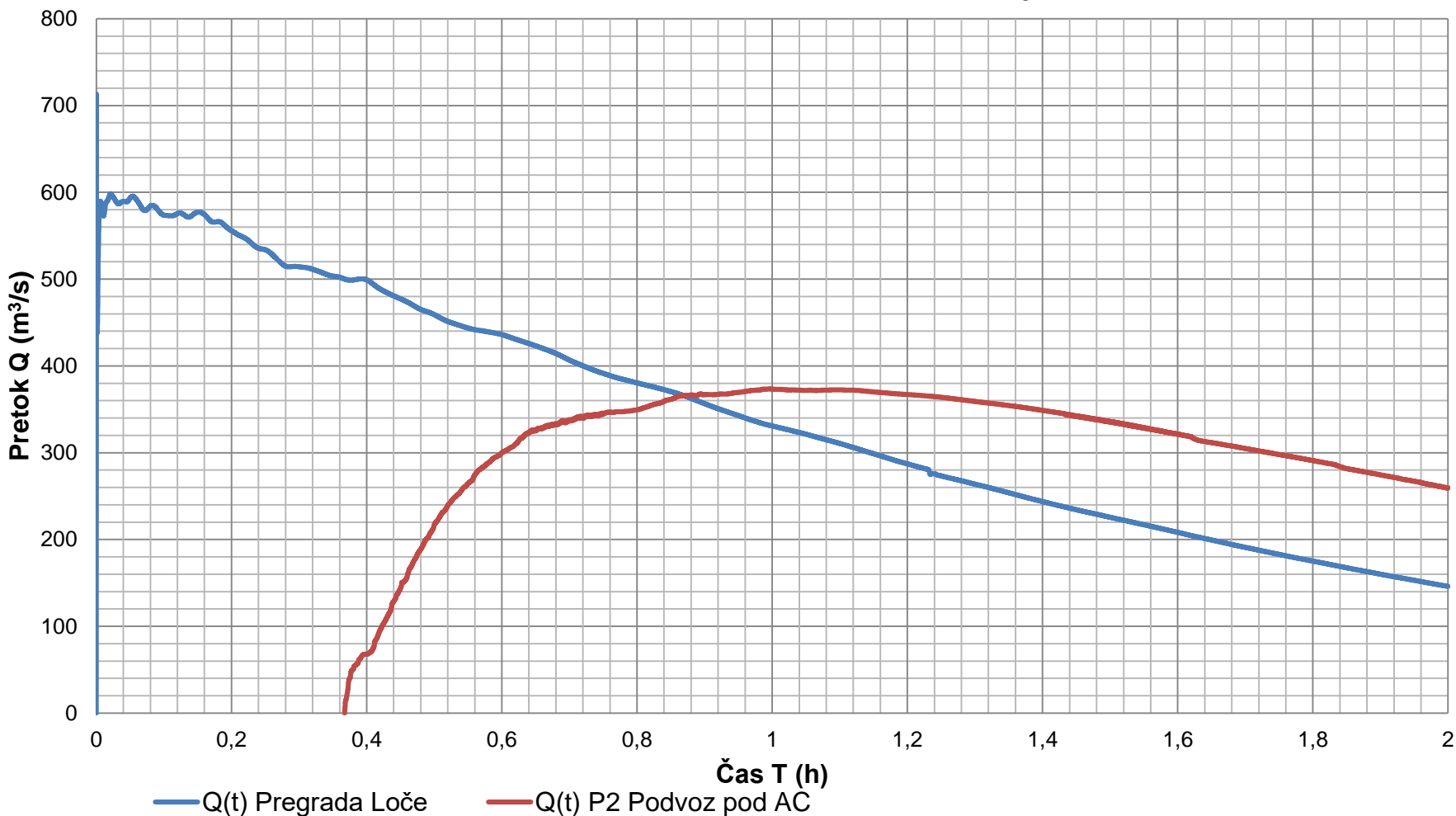
 Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem
<i>Naslov naloge:</i> VODPREG 2 Račun vala vsled porušitve pregrade Loče
<i>Naslov priloge:</i> Priloga 9a
Podolžni profil vala za Primer 1 ($Z_0 = 265,4$ m n.m.) na Področju 2
<i>Nalogo obdelala:</i> dr. Matjaž Četina, udig. dr. Mario Krzyk, udig.



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

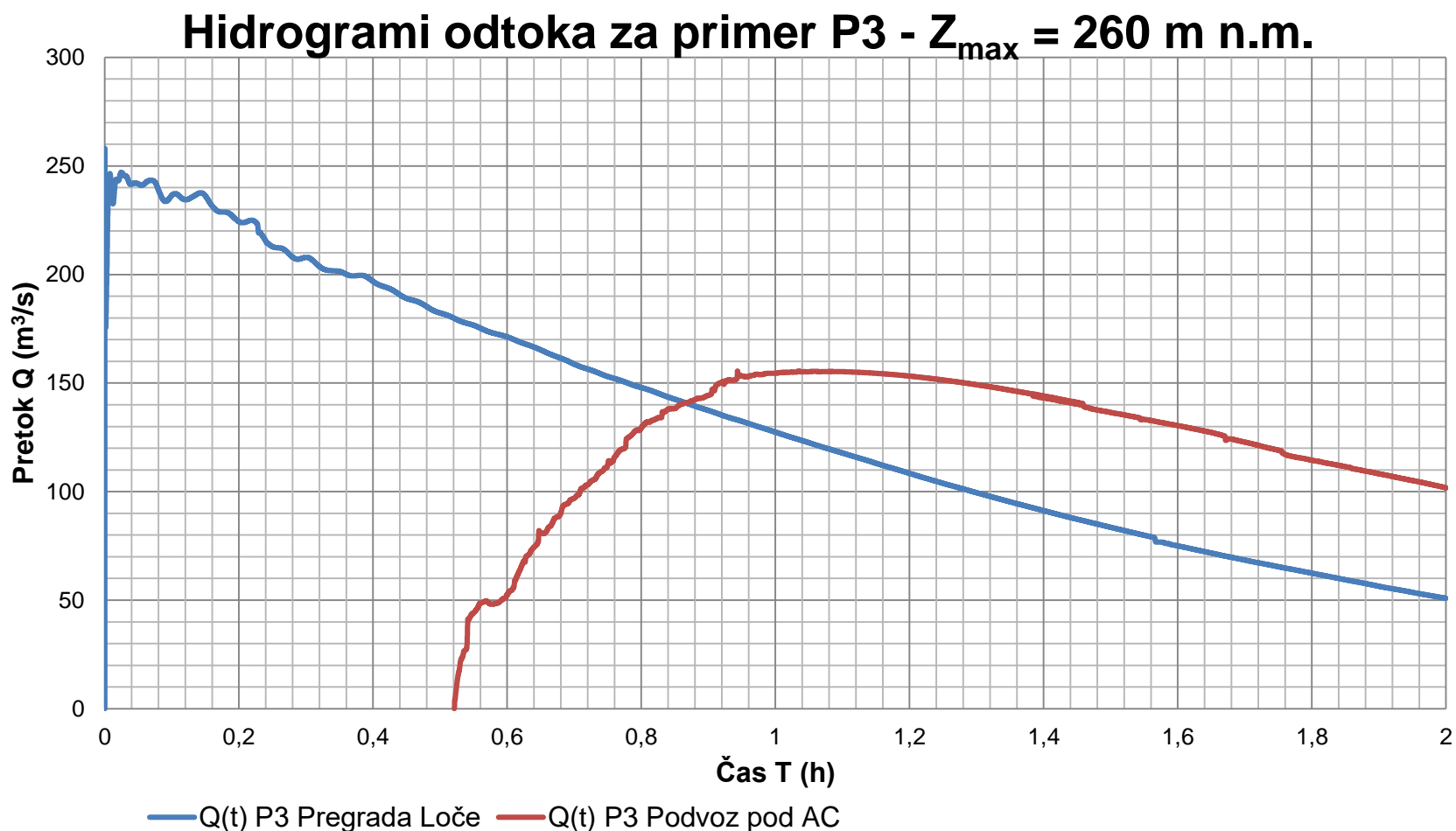
Rezultati

Hidrogrami porušitvenega vala za Primer 2 ($Z_0 = 263$ m n.m.)



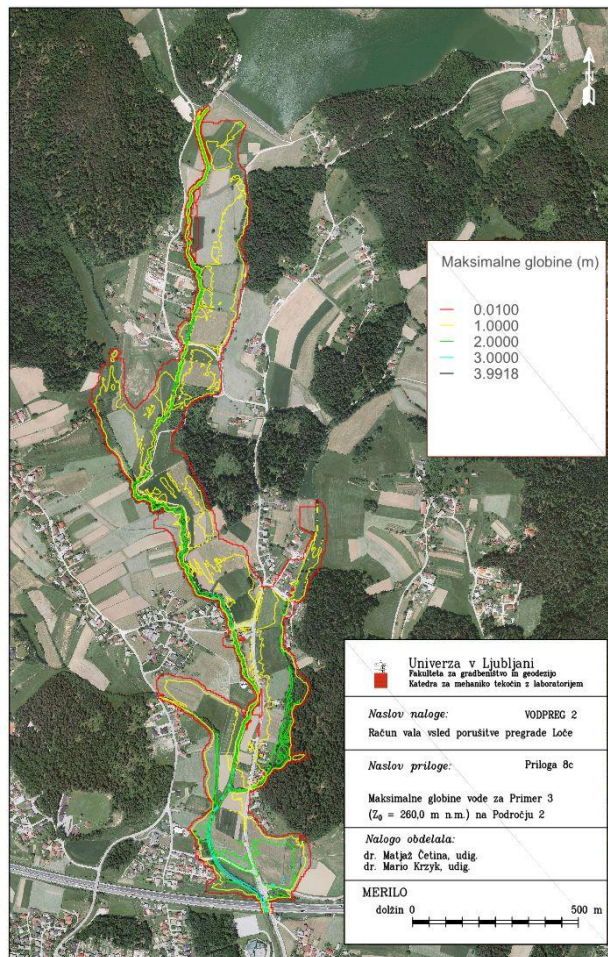
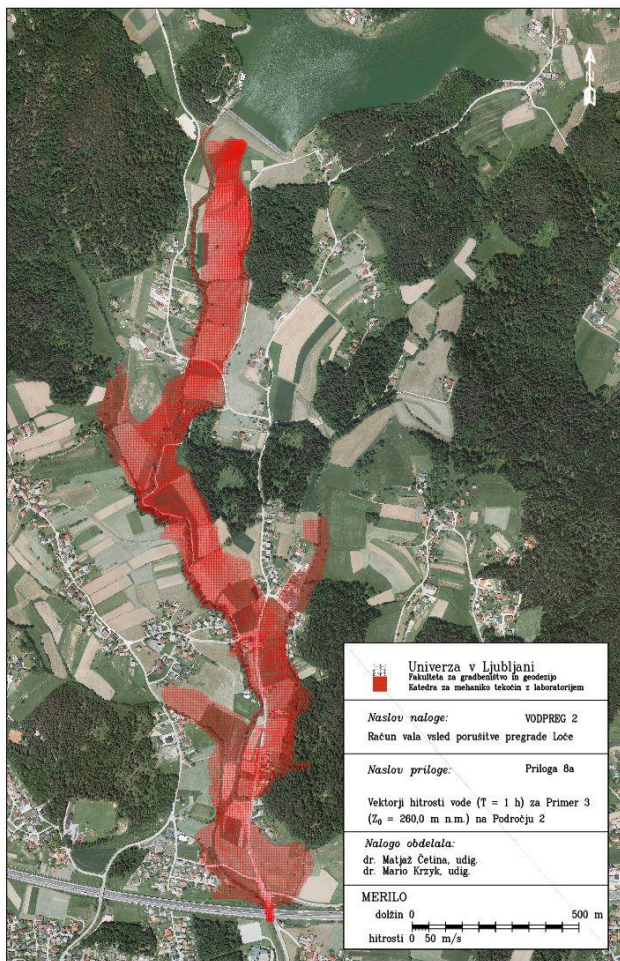
2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati



2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

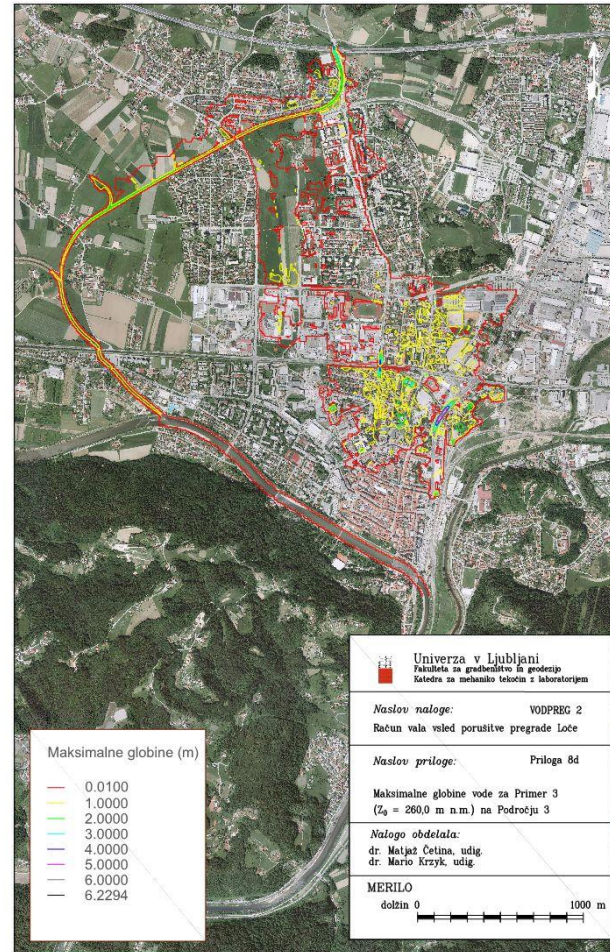
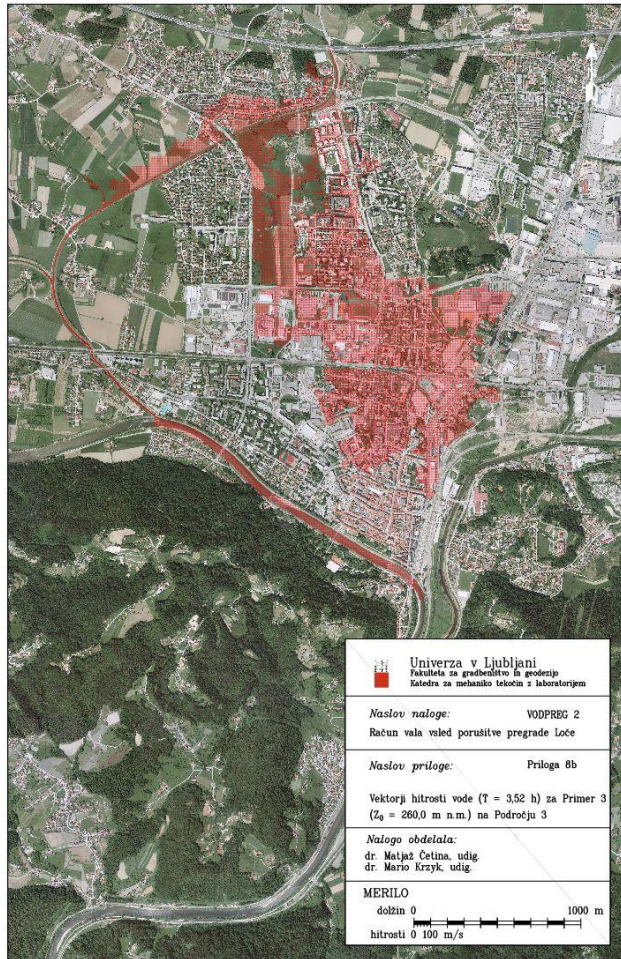
Rezultati



$Z_0 = 260,0 \text{ m n.m.}$

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati

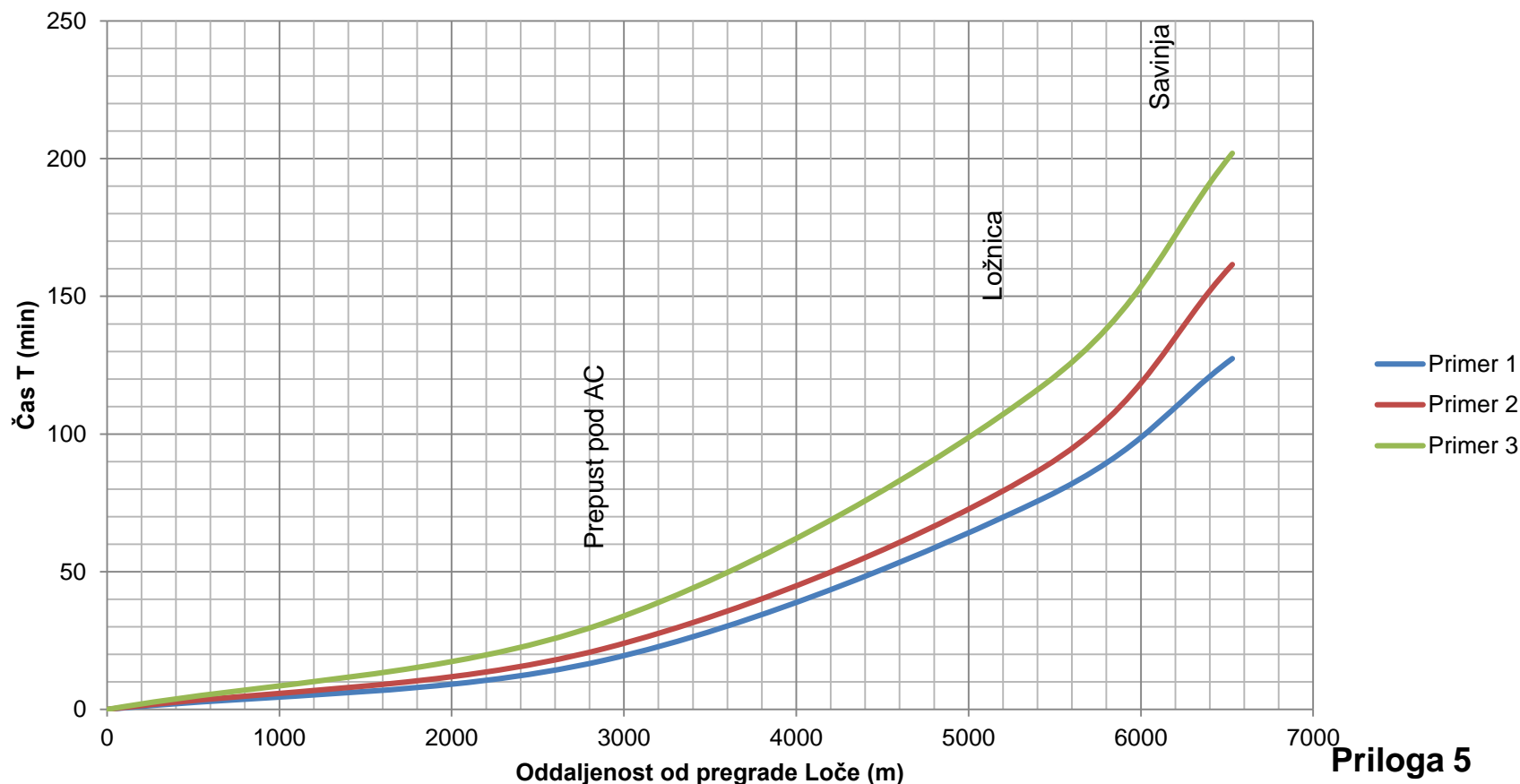


$Z_0 = 260,0$ m n.m.

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Rezultati

Potovanje čela vala za Primere 1, 2 in 3



Priloga 5

2D račun vala zaradi porušitve pregrade Loče

Zaključki

Zaključki ponovnih izračunov porušitve

- Počasnejše potovanje čela vala
- Nekoliko večji maksimalni doseg vala
- Normalna zajezba $Z_0 = 265,4$ m pri porušitvi pregrade predstavlja nevarnost dolvodno
- V primeru nevarnosti je treba znižati gladino na „varno koto“ $Z_0 = 260,0$ m
- Osnova za načrt ZiR
- Pomen rednega vzdrževanja in monitoringa pregrade