

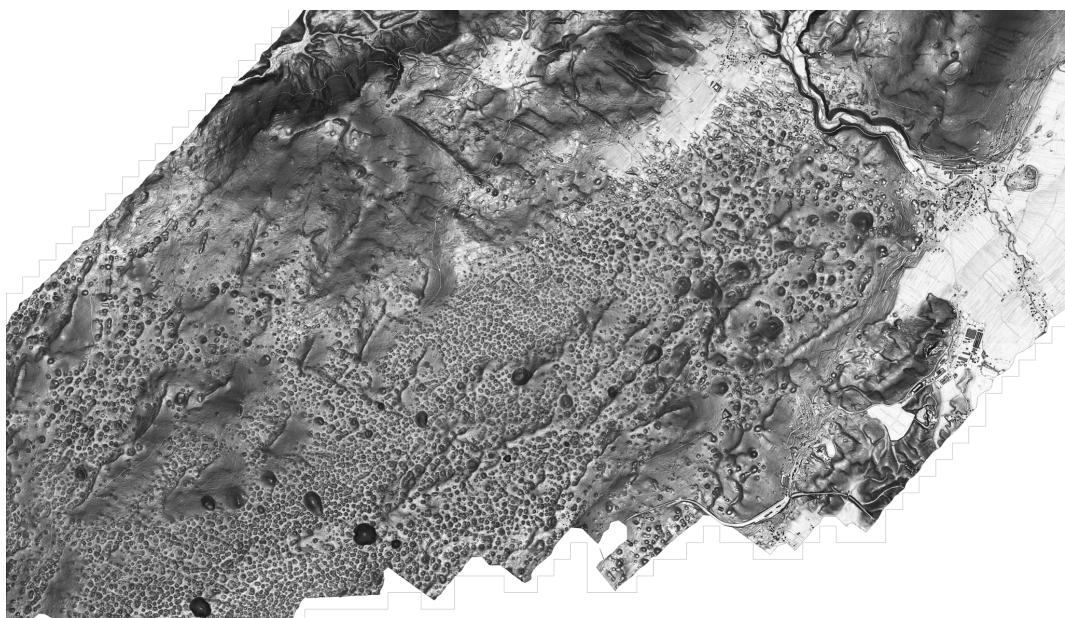
# Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Preučevanje realnih vrtač</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Analitično modeliranje vrtač</b>	<b>7</b>
3.1	Elastomehanični model . . . . .	7
3.2	Boussinesqov približek . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Numerično modeliranje vrtač</b>	<b>8</b>
4.1	Model naključnih korozijskih točk . . . . .	8
4.2	Naključne korozijске točke na realni kamnini . . . . .	8
4.3	Preizkus modela korozijskih točk na geološki karti . . . . .	8

# Poglavlje 1

## Uvod

Namen tega dela je na podlagi digitalnega modela reliefa dokumentirati in statistično preučiti velik vzorec realnih kraških vrtač na slovenskem Dinarškem krasu, predlagati analitično funkcijo, ki bi opisala idealno vrtačo, ter na podlagi le-te poiskusiti modelirati naravne procese, ki povzročajo nastanek in obliko vrtač.



Slika 1.1: Menišija,  $60\text{km}^2$  območje med Cerknico in Logatcem vsebuje nekaj tisoč vrtač in več udornic

## Poglavlje 2

### Preučevanje realnih vrtač

Vrtače so zaobljene lijakaste globeli, globine nekaj metrov in premera nekaj deset metrov. Za identifikacijo velike količine vrtač se poslužimo računske metode, ki jo uporabljajo tudi drugi avtorji [DY13] - izračunamo indeks konkavnosti reliefa in na podlagi le-tega klasificiramo dele površja kot vrtače.

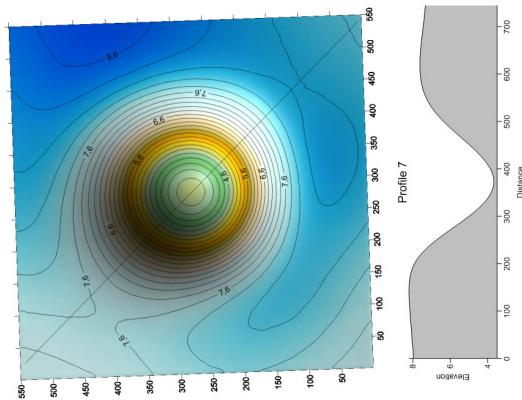
Konkavni objekti, ki jih najdemo imajo porazdelitev efektivnih polmerov ( $r_{eff} = \frac{\sqrt{A_{eff}}}{\pi}$ ), kot vidno na sliki 2.1.



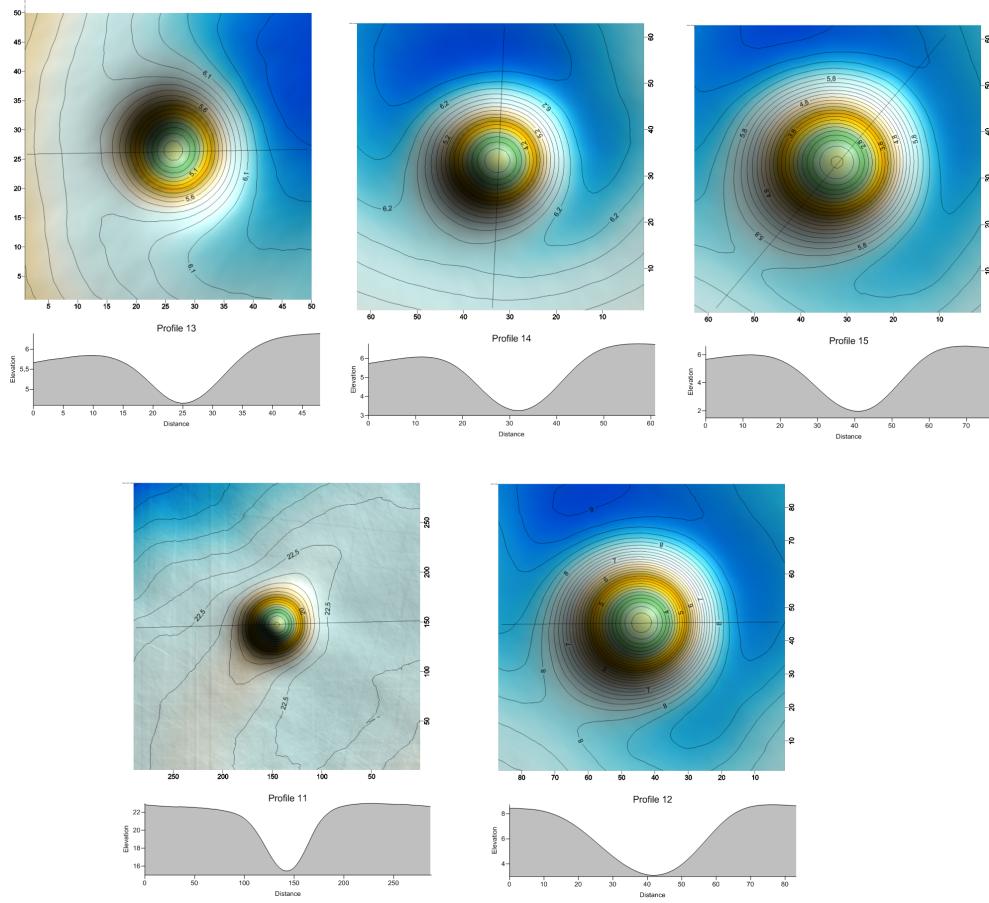
Slika 2.1: Polmeri konkavnih objektov v Menišiji, vrh pade v razred od 16m do 17m

Poradelitev efektivnih polmerov daje slutiti, da obstaja ravnovesna velikost vrtače, h kateri konvergirajo vse globeli v območju ne glede na njihov nastanek. To nas napelje na misel, da obstaja tudi ravnovesna oblika vrtače, ki bi se pojavila na idelani podlagi, če bi preteklo dovolj časa.

Posamezne realne vrtače zaradi lokalnih pogojev niso simetrične, a zdi se da so si med seboj podobne. Da bi ugotovili idealno obliko vrtače izračunamo povprečje velikega števila realnih vrtač. Uporabimo dva pristopa - pri prvem (Slika 2.2) vrtače različnih velikosti raztegnemo, pri drugem (Slika 2.3) pa jih razdelimo v velikostne razrede in jih povprečimo znotraj le-teh.



Slika 2.2: Povprečje 8687 realnih vrtač z območja Menišije, pred povprečjem so bile vrtače raztegnjene na velikost največje v setu.

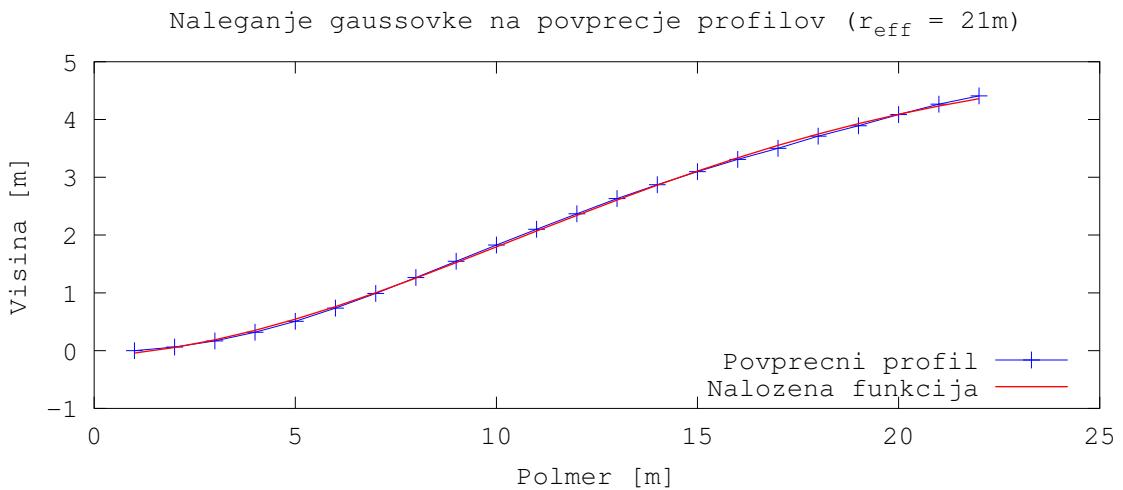


Slika 2.3: Vrtače po velikosti razdelimo v pet razredov (najmanjša petina gre v prvi razred, itn.), in jih znotraj razredov povprečimo.

Na prvi pogled se zdijo profili dobljenih oblik gaussove oblike (2.1), kar ne zbuja nujno zaupanja v metodo. Prav tako se ne zdi, da bi bil ta rezultat pretirano fizikalno uporaben.

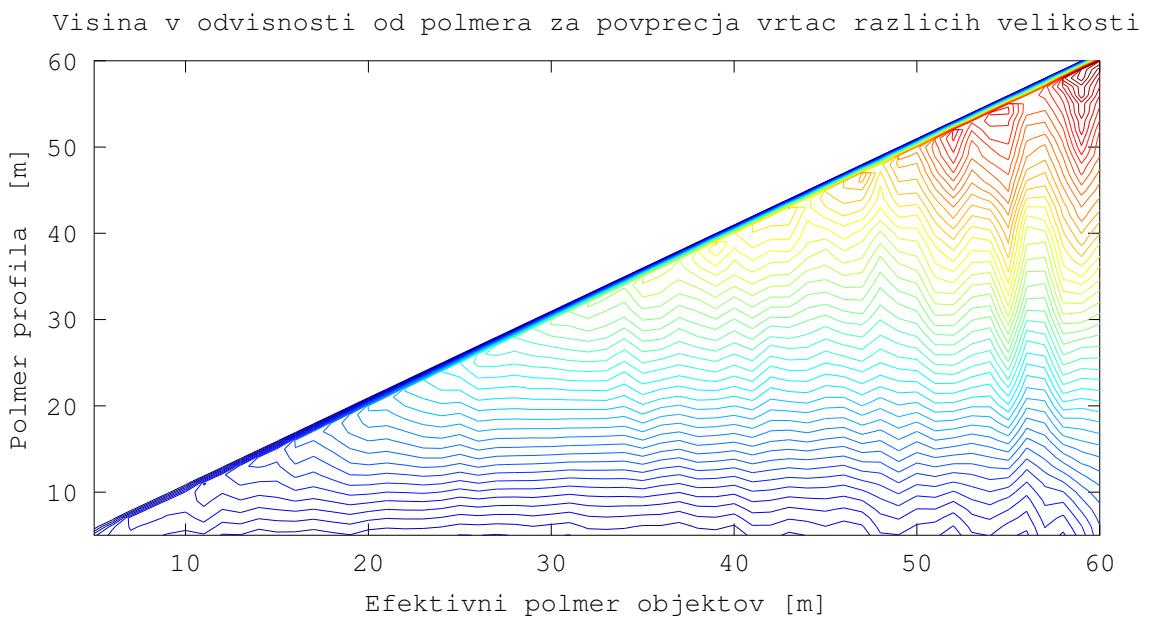
$$f(x, y) = A \cdot e^{-\frac{(x-x_0)^2}{\sigma_x^2} - \frac{(y-y_0)^2}{\sigma_y^2}} + B \cdot x + C \cdot y + D \quad (2.1)$$

Rezultat vseeno uporabimo tako da gaussovo funkcijo nalegamo na realne vrtače in tako dobimo precej dobre lokacije njihovih najnižjih točk, ter njihove  $\sigma_x$  in  $\sigma_y$ . Z lokacijami najnižjih točk lahko izmerimo povprečne profile vrtač, ki imajo enake efektivne polmere, naprimer: Slika 2.4



Slika 2.4: Povprecje profilov vrtač z efektivnimi polmeri med 21,5m in 22,5m.  
Prilegamo gaussovko (2.2).

Če pa vse profile združimo v eno sliko, tako da polmer postavimo v smeri osi  $y$  in efektivni polmer v smeri  $x$  osi, dobimo sledečo sliko 2.5



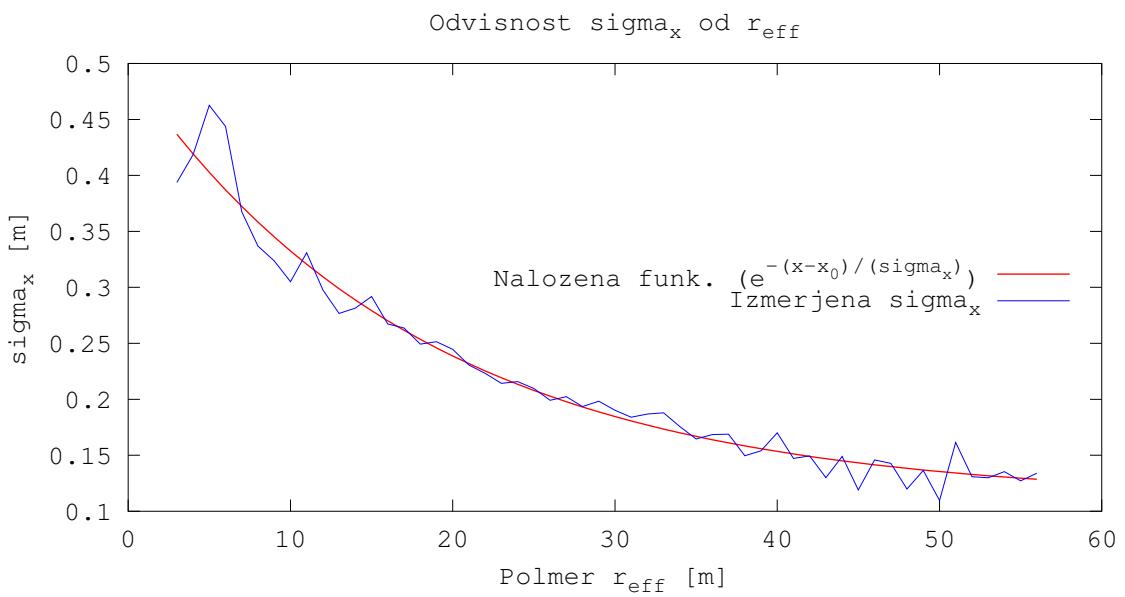
Slika 2.5: Odvisnost profila vrtace od velikosti vrtace

Zdi se torej, da so si vrtače podobne oblike ne glede na velikost in to po celi njihovi površini, le v normalno površje se iztečejo prej ali kasneje, a zopet na podoben način. Če na dobljene profile ponovno nalegamo gaussovko (2.2) in izrišemo odvisnost  $\sigma_x(r_{eff})$  vidimo, da to ne drži popolnoma (Slika 2.6).

$$f(r) = A \cdot e^{-\frac{(r-r_0)^2}{\sigma^2}} + C \quad (2.2)$$

Odvisnost  $\sigma_x(r_{eff})$  je iz naših podatkov težko določiti, zaenkrat poskusimo z eksponentno funkcijo (2.3)

$$\sigma(r_{eff}) = A \cdot e^{-\frac{r_{eff}-r_{eff0}}{\sigma\sigma}} + C \quad (2.3)$$



Slika 2.6:  $\sigma$  s polmerom pada, torej večje kot so vrtače, bolj položna so njihova pobočja.

Na podlagi teh podatkov bi težko skleniti, da (2.2) opiše profil idealne vrtače, a ujemanje je dobro in ga bomo uporabili za analitično modeliranje.

## Poglavlje 3

# Analitično modeliranje vrtač

### 3.1 Elastomehanični model

### 3.2 Boussinesqov približek

## Poglavlje 4

# Numerično modeliranje vrtač

- 4.1 Model naključnih korozijskih točk
- 4.2 Naključne korozijске točke na realni kamini
- 4.3 Preizkus modela korozijskih točk na geološki karti

# Literatura

- [DY13] Daniel H. Doctor and John A. Young. An evaluation of automated gis tools for delineating karst sinkholes and closed depressions from 1-meter lidar-derived digital elevation data. *Proceedings of the Thirteenth Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst*, pages 449–458, 2013.