

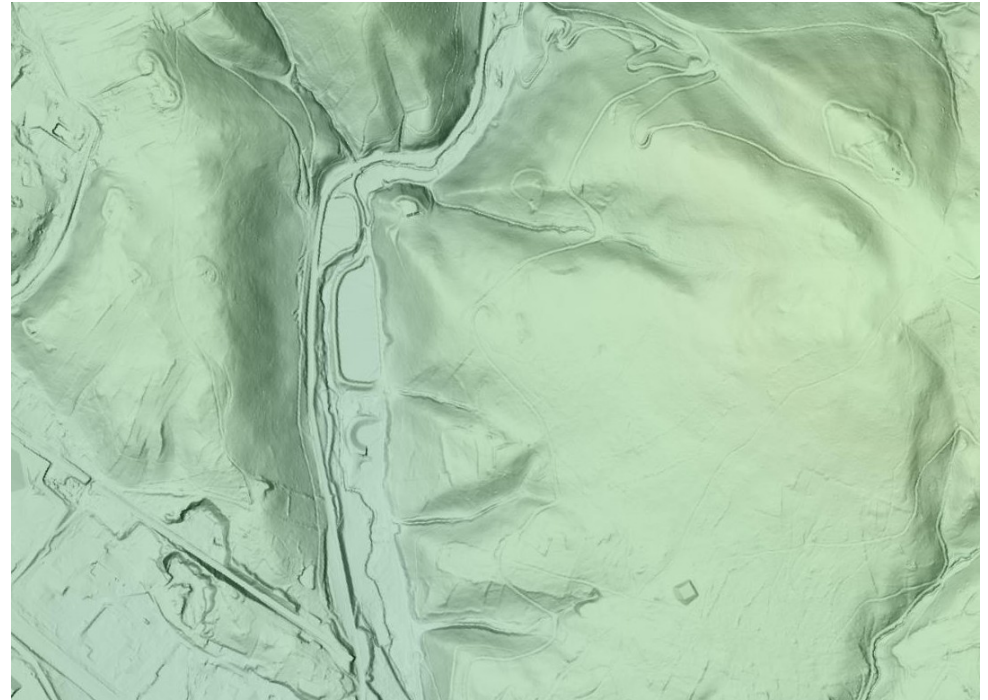
Tvorba 3D modelu terénu pomocou simulácie erózie v programe Blender

Marek Michalovič
školiteľ: RNDr. Róbert Bohdal, PhD.

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Potreba realisticky vyzerajúceho terénu

- **Zvyšujúce sa nároky na realizmus vo vizuálnych médiách**
- **Ručná tvorba terénu - náročné (nielen časovo)**
- **Využitie reálnych výškových dát - viditeľné stopy po ľudskom zásahu**
- **Šumy (Perlinov, Simplex) - nevelmi uveriteľné**
- **Simulácia prírodných javov**



Obrázok 1.: Digitálny model reliéfu zhotoveného leteckým laserovým skenovaním, poskytovaný Úradom geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky pod licenciou CC BY 4.0 DEED

SúčasnÉ riešenia - Simulovanie

- **Tektonická simulácia**
- **Simulácia vodnej erózie terénu - najväčší vplyv na výzor terénu**
 - Viac druhov
- **Svahové pohyby**
 - Zosuvy
 - Zosypy
 - Zliezanie
 - Termálna erózia



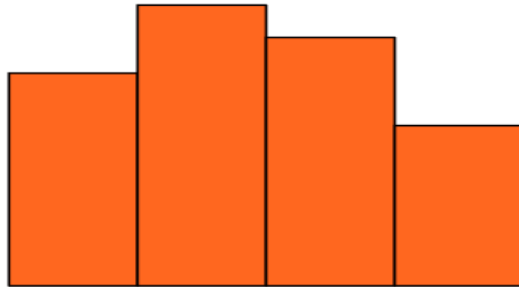
Obrázok 2.: Príklad vodnej erózie

Naše zameranie

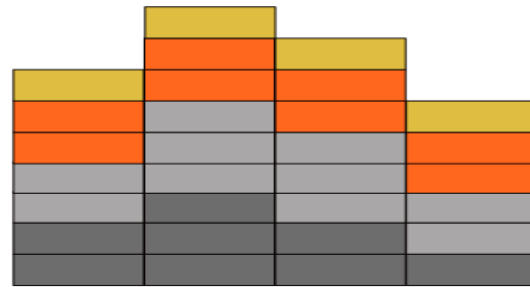
- **Implementácia vybraných existujúcich simulačných metód v doplnku pre 3D modelovací program Blender**
- **Vylepšenie existujúcich algoritmov**
- **Pridanie a popísanie nových simulačných algoritmov pre prírodné javy nezachytené existujúcimi metódami**



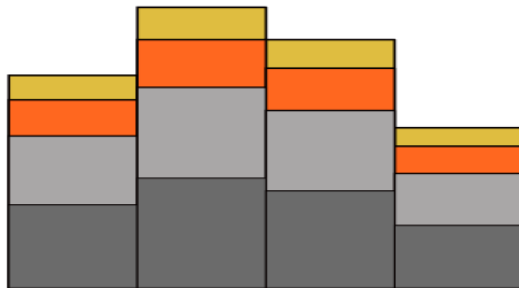
Reprezentácia terénu



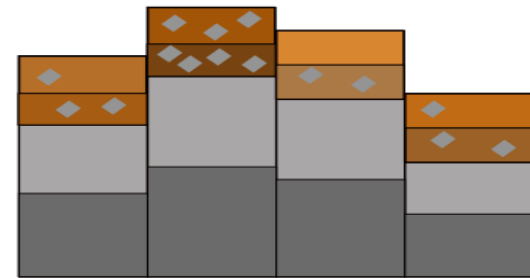
Výšková mapa



Voxelová reprezentácia



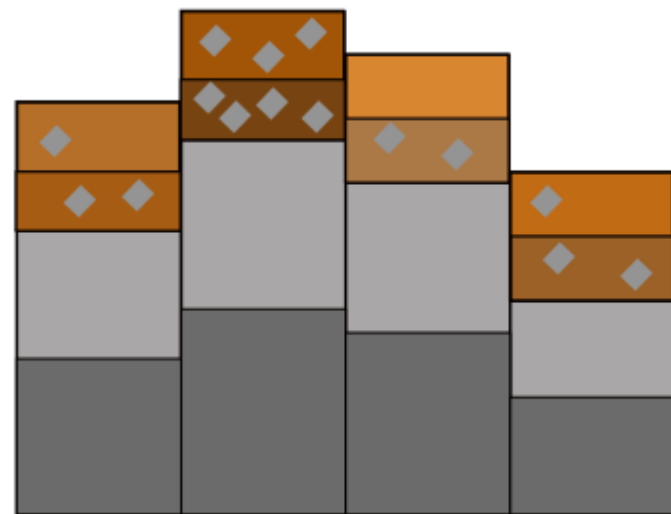
Vrstvová reprezentácia
(Beneš a Forsbach)



Naša pôdno-horninová
reprezentácia

Pôdno-horninová reprezentácia

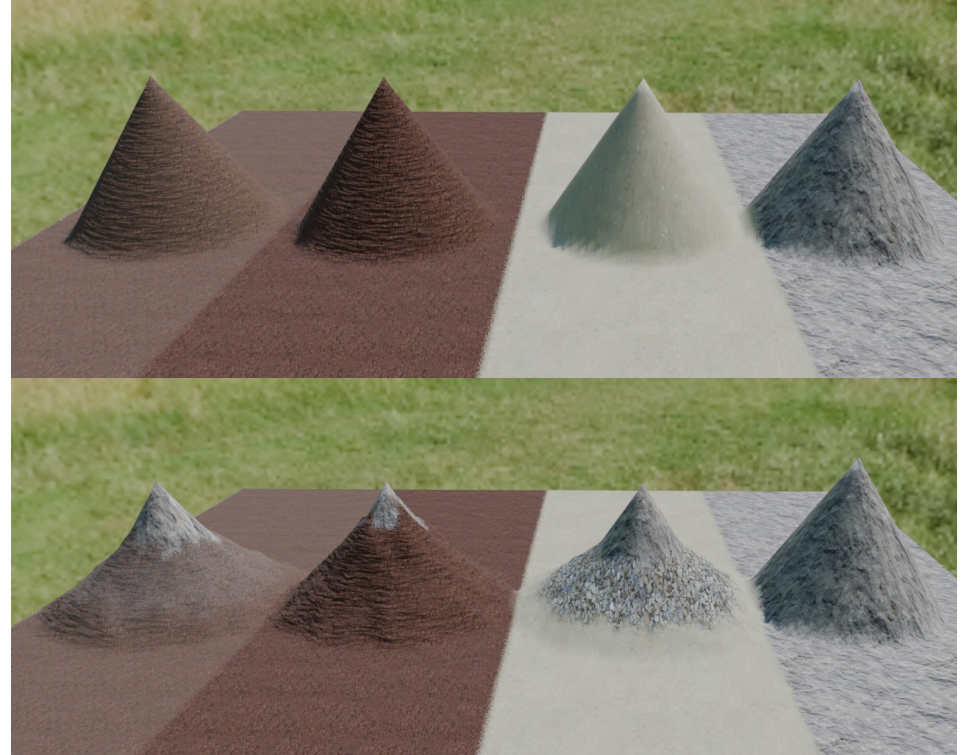
- **Terén je zložený z pôdno-horninových vrstiev v hornej časti a horninových vrstiev pod nimi**
- **Pôdno-horninová zmes**
 - Množstvo organickej/pôdnej zložky
 - Množstvá úlomkov hornín rôznych veľkostí (piesok, kamene, balvany)
- **Prenos zmesi do nižšej vrstvy**
- **Premena horniny na úlomky**



Obrázok 3.: Pôdno-horninová reprezentácia

Svahové pohyby - zosypávanie

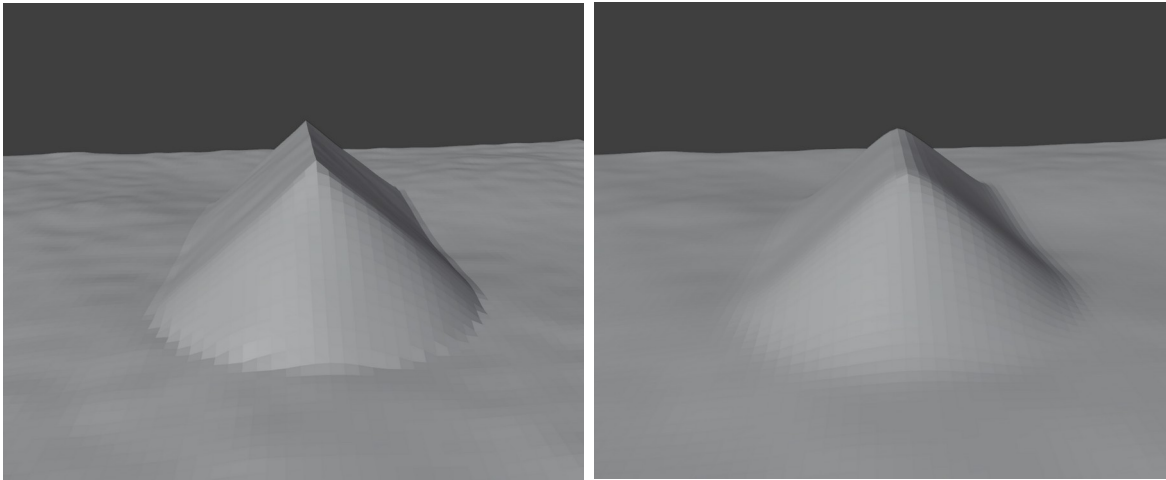
- Súvisiace, ale nie zhodné s termálnou eróziou
- Pre každý materiál definovaný tzv. sypný uhol
- Ak je uhol medzi susednými stĺpcami väčší než sypný uhol -> premiestni časť materiálu
- Nižšie pôdno-horninové vrstvy považujeme za utlačenejšie - menej náchylné na zosypanie



Obrázok 4.: Porovnanie sypných uhlov rôznych látok: zľava doprava zmes orgackých látok a skál, čistá organická hmota, vrstva piesku na vrstve štrku, horninová vrstva

Svahové pohyby - zliezanie

- Zdanlivo nepretržitý pohyb pôdy dolu brehom
- Deje sa pri akomkoľvek sklone svahu
- Nie sme si vedomí predošlej implementácie



Obrázok 5.: Efekt zliezania v simulácii



Obrázok 6.: Efekt zliezania v prírode

Vodná erózia - vymývanie dna

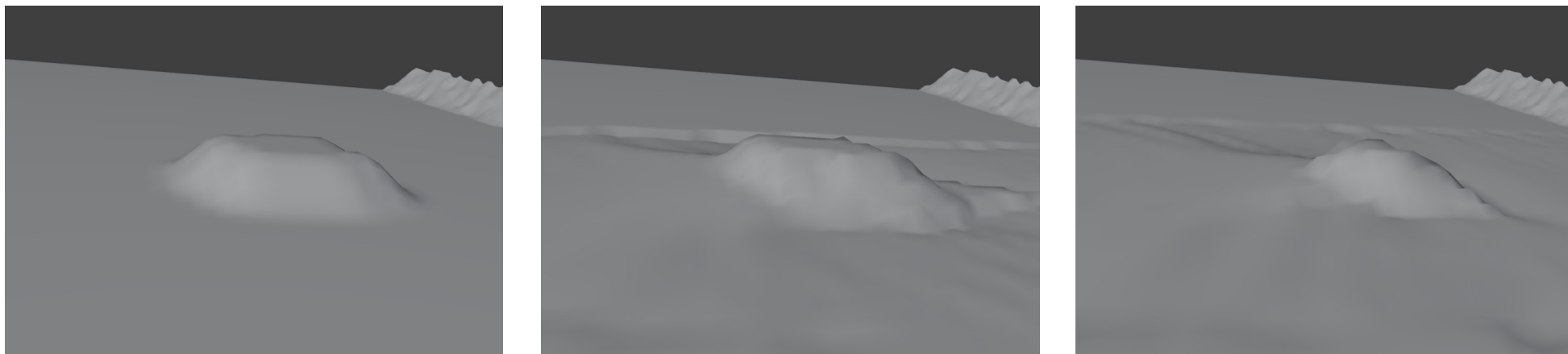
- **Simuluje eróziu častíc z terénu tečúcou vodou a ich neskoršie uloženie**
- **Množstvo sedimentu, ktoré voda môže niesť závisí od jej rýchlosti, množstva a sklonu svahu**
 - Eroduj materiál z vrchnej* vrstvy
 - Ak je nesené množstvo väčšie než rovnovážny stav - ulož
- **V našej implementácii môže voda erodovať prenášať všetky zložky pôdno-horninovej zložky**

Vodná erózia - vyhladzovanie dna

- **Simuluje suspenziu malých častíc na dne vodnej plochy a ich pomalý presun**
- **Efekt - vyhladzovanie dna (odtiaľ názov)**
- **Odstraňuje prípadné nežiadúce efekty iných erózií**

Vodná erózia - nárazová erózia

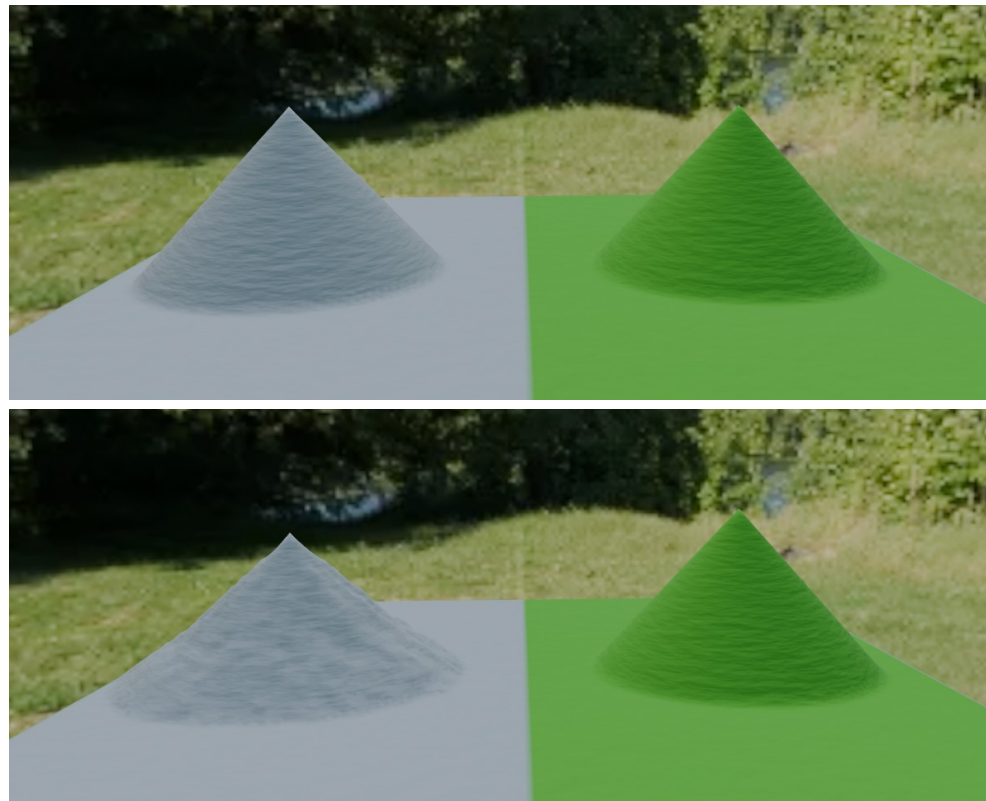
- **Voda odstraňuje materiál aj zo susedných stípcov**
- **Vypočíta sa styčná plocha vodného stĺpca s vrstvou susedného stĺpca**
- **Ak vektor rýchlosti vody smeruje do susedného stĺpca, nastáva erózia**



Obrázok 7.: Porovnanie stavu pred eróziou, po erózii bez a s nárazovou eróziou

Vegetácia

- **Korene rastlín bránia erózii svahov**
- **Na rast vyžaduje vhodné podmienky**
- **Pre lepšiu integráciu s ostatnými simulátormi je vhodná komplexnejšia simulácia**



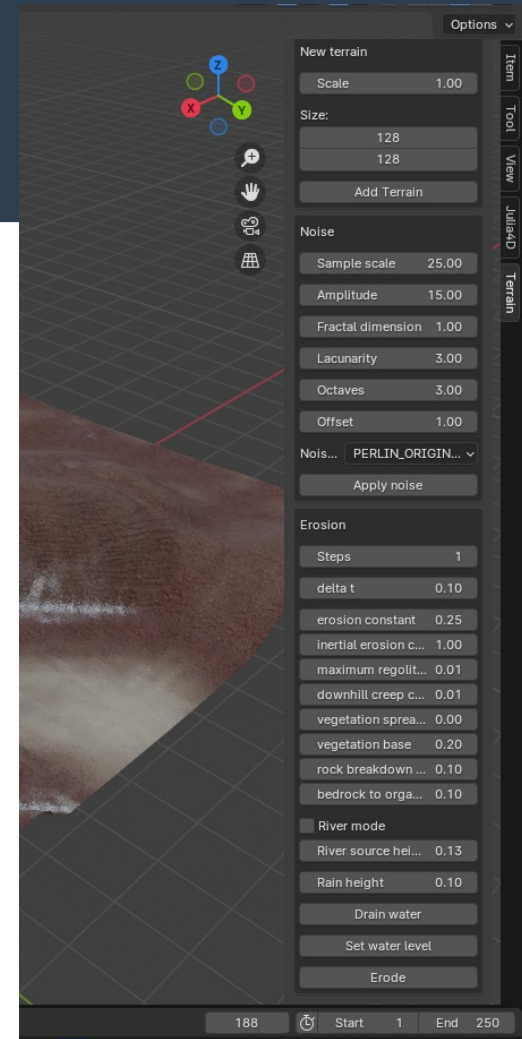
Obrázok 8.: Efekt vegetácie na sypný uhol

Premena materiálov

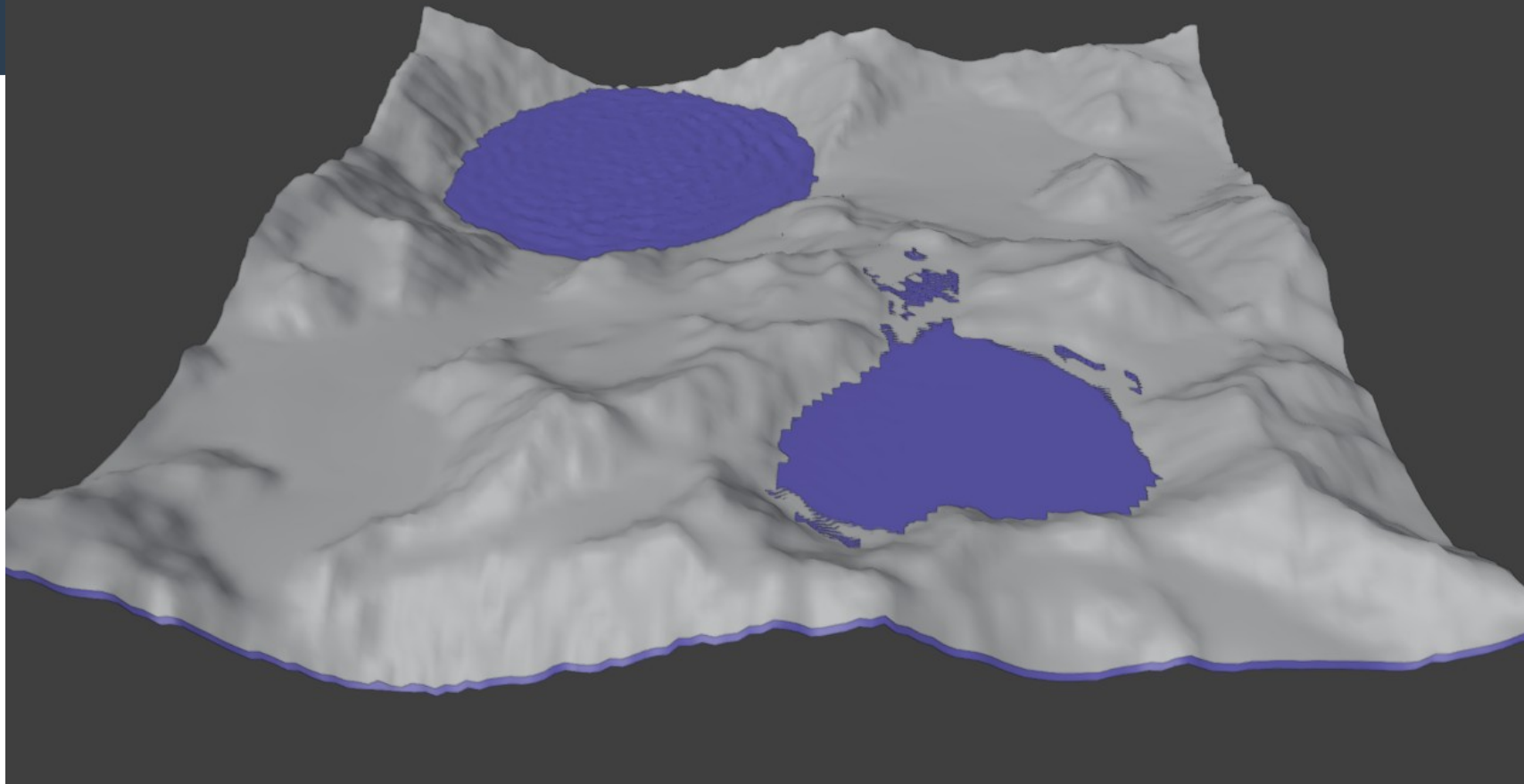
- **Korene rastlín lámu úlomky hornín**
- **Premena anorganických zložiek na organické**
- **Premena hornín na pôdno-horninovú zmes**
 - Významný protiklad k zliezaniu

Výsledok

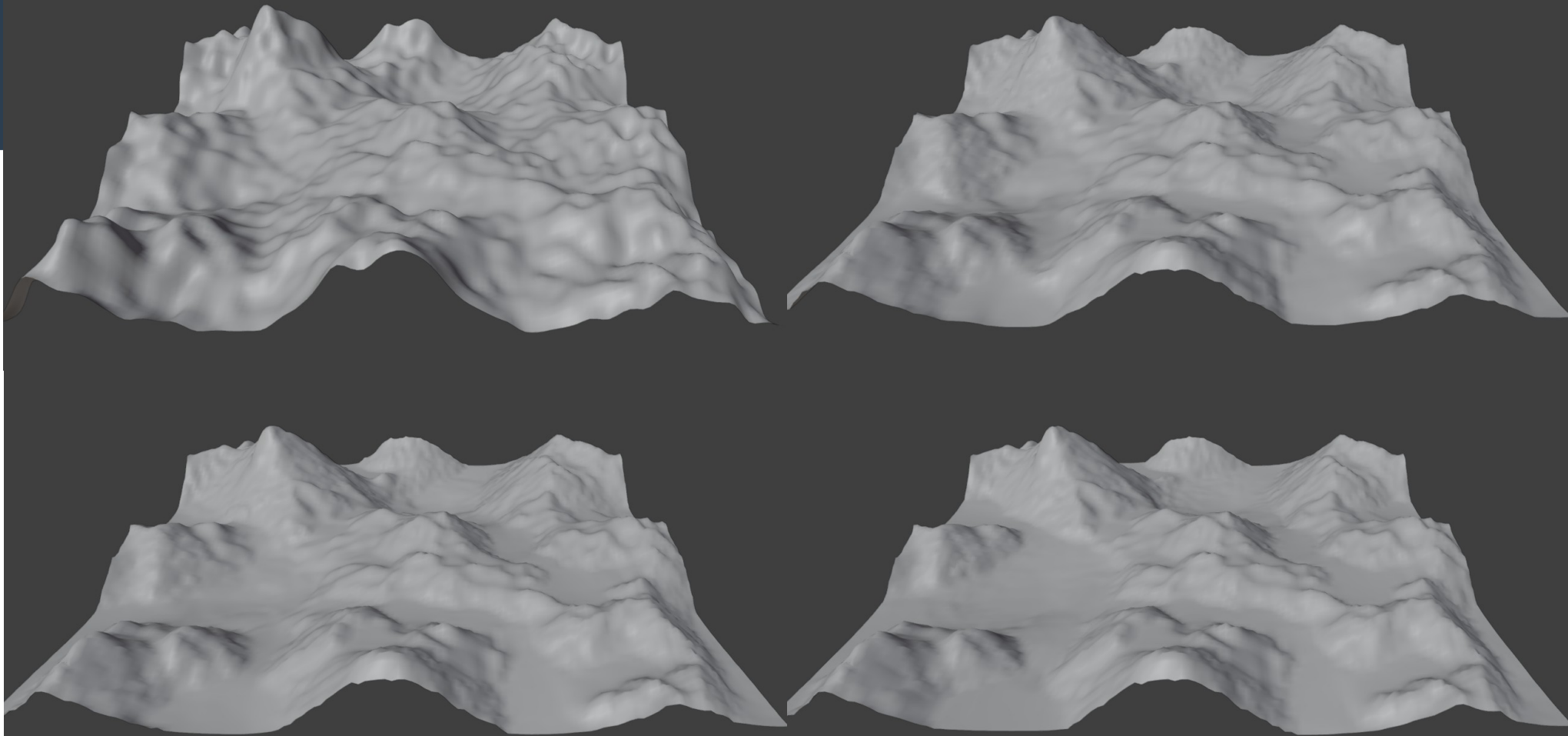
- **Doplnok pre Blender 4.1**
- **Mnoho konštánt simulácie**
- **Vstupný šum**
- **Možnosť upraviť vstupný terén**
- **128x128 za 0.03-0.045s**



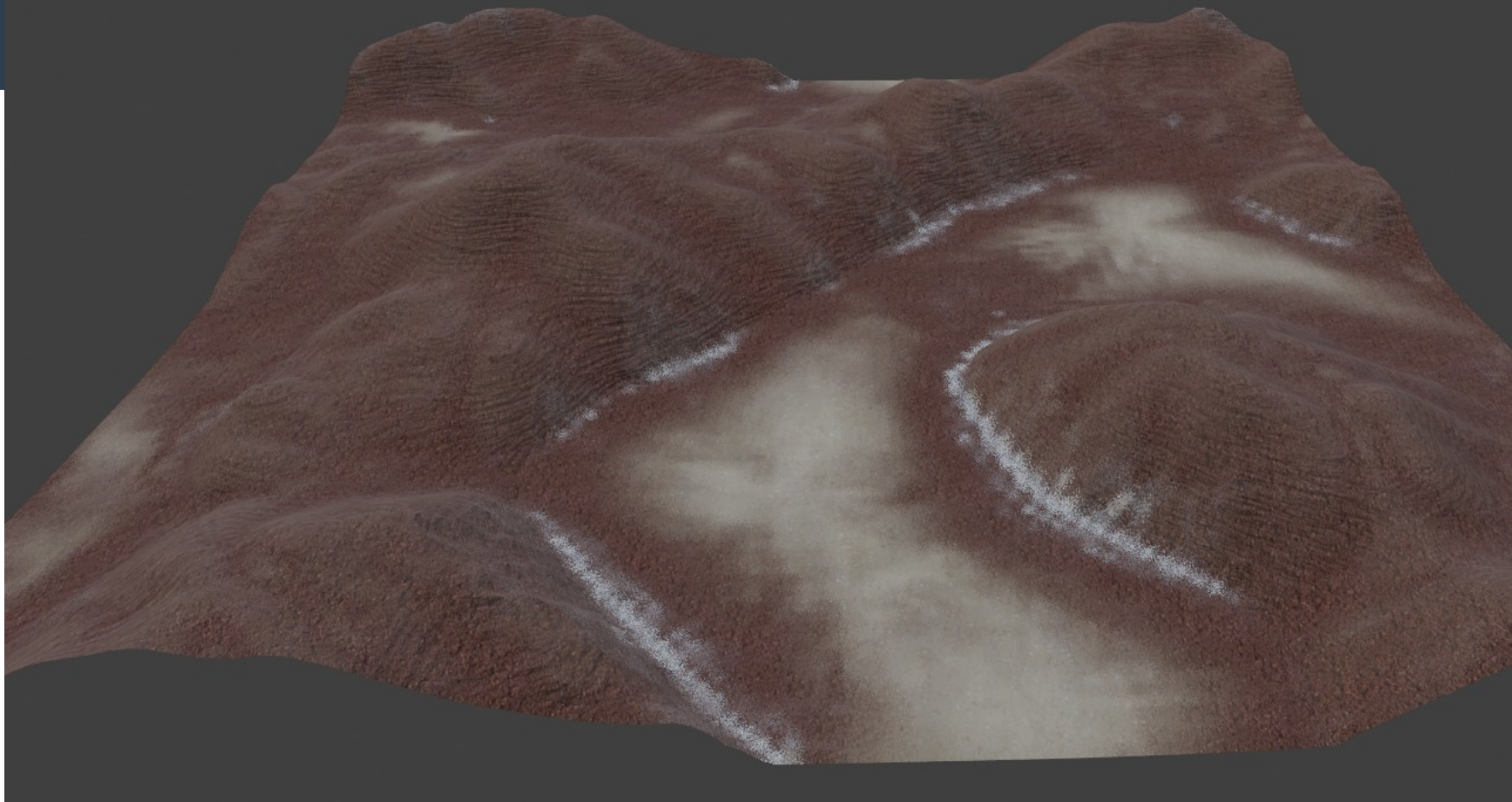
Obrázok 9.: Používateľské rozhranie



Obrázok 10.: Príklad zerodovaného terénu aj s vodou



Obrázok 11.: Premena vstupu a postupná erózia terénu



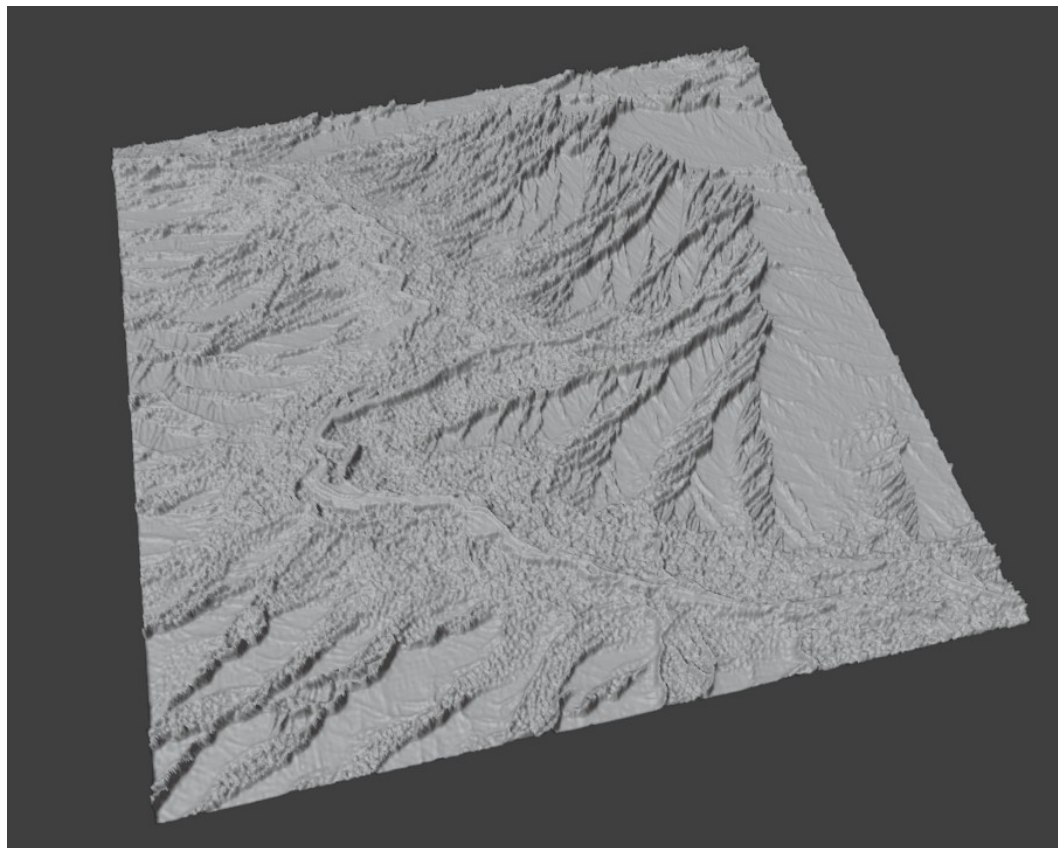
Obrázok 12.: Zerodovaný terén so zobrazenými materiálmi

Využitie umelej inteligencie - Copilot + DALL-E3



Obrázok 13.: Výsledky generované AI Copilot na vstupe: *Create an image of a heightmap of a terrain. It should include a meandering river and a mountain.*

Využitie umelej inteligencie




Obrázok 14.: Pokus interpretovať výstup generatívnej umelej inteligencie ako výškovú mapu

Využitie umelej inteligencie

 Vy

Create a 2D heightmap representing terrain heights.

 Copilot

Certainly! A 2D heightmap is a grayscale image where each pixel's brightness corresponds to the elevation of the terrain at that point. Darker pixels represent lower elevations, while lighter pixels indicate higher areas. Let's create a simple example of a 2D heightmap.

Here's a basic 2D heightmap with random terrain elevations:

```
0  10  20  30  40  50  60  70  80  90  100
-----
10  20  30  40  50  60  70  80  90  100  110
20  30  40  50  60  70  80  90  100  110  120
30  40  50  60  70  80  90  100  110  120  130
40  50  60  70  80  90  100  110  120  130  140
50  60  70  80  90  100  110  120  130  140  150
60  70  80  90  100  110  120  130  140  150  160
70  80  90  100  110  120  130  140  150  160  170
80  90  100  110  120  130  140  150  160  170  180
90  100  110  120  130  140  150  160  170  180  190
100 110  120  130  140  150  160  170  180  190  200
```

Obrázok 15.: Prompt a textová odpoveď

Využitie umelej inteligencie

Vy

Create a 2D heightmap representing terrain heights.

Copilot

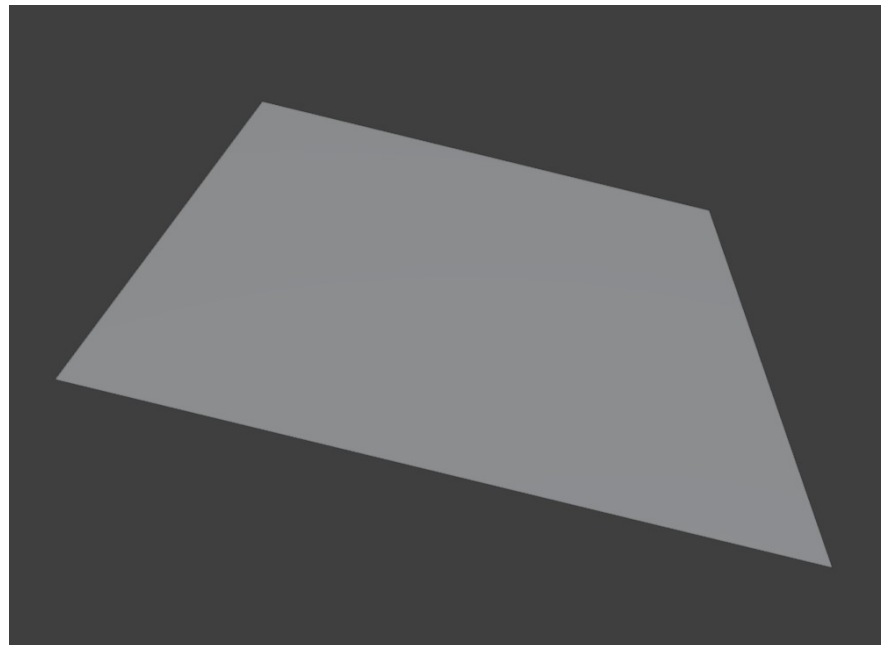
Certainly! A 2D heightmap is a grayscale image where each pixel's brightness corresponds to the elevation of the terrain at that point. Darker pixels represent lower elevations, while lighter pixels indicate higher areas. Let's create a simple example of a 2D heightmap.

Here's a basic 2D heightmap with random terrain elevations:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

Obrázok 15.: Prompt a textová odpoveď



Obrázok 16.: Približná reprezentácia umelou-inteligenciou dodaných dát

Využitie umelej inteligencie



Obr. 17.: Výstup pre prompt „Create a picture of a hill which underwent [sic] fluvial erosion“



Obr. 18.: Výstup pre prompt „Create a picture of a hill which underwent fluvial and thermal erosion“

Využitie umelej inteligencie - ChatGPT

Create a picture of a black-and-white heightmap representing a real-world terrain

Let's create a black-and-white heightmap of a real-world terrain. We'll use elevation data from NASA's SRTM for this purpose. I'll use a predefined dataset of a specific region to generate the heightmap.

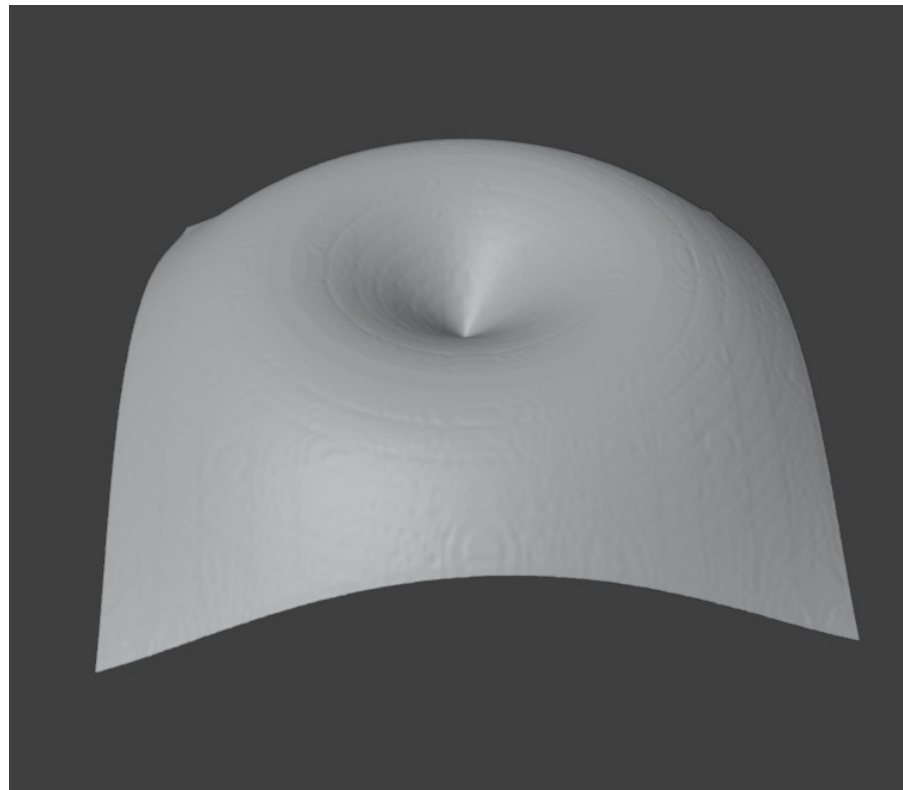
First, I'll generate a synthetic example since I don't have access to the internet to download actual SRTM data during this session. Here is how you can do it using Python:

1. **Load the DEM Data:** Normally, you would load the DEM data from a file, but here we'll generate a synthetic dataset.
2. **Process and Normalize the Data:** Convert the DEM data to a grayscale image.

Let's proceed with the code to handle these steps.

Step-by-Step Code

```
python Kopírovať kód  
  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
import matplotlib.cm as cm  
  
# Generate synthetic DEM data for the example  
# In practice, you would load this data from a real DEM file  
x = np.linspace(-3.0, 3.0, 1000)  
y = np.linspace(-3.0, 3.0, 1000)  
x, y = np.meshgrid(x, y)  
z = np.sin(np.sqrt(x**2 + y**2))
```



Obr. 19.: Kód generujúci textúru výškovej mapy a jej použitie