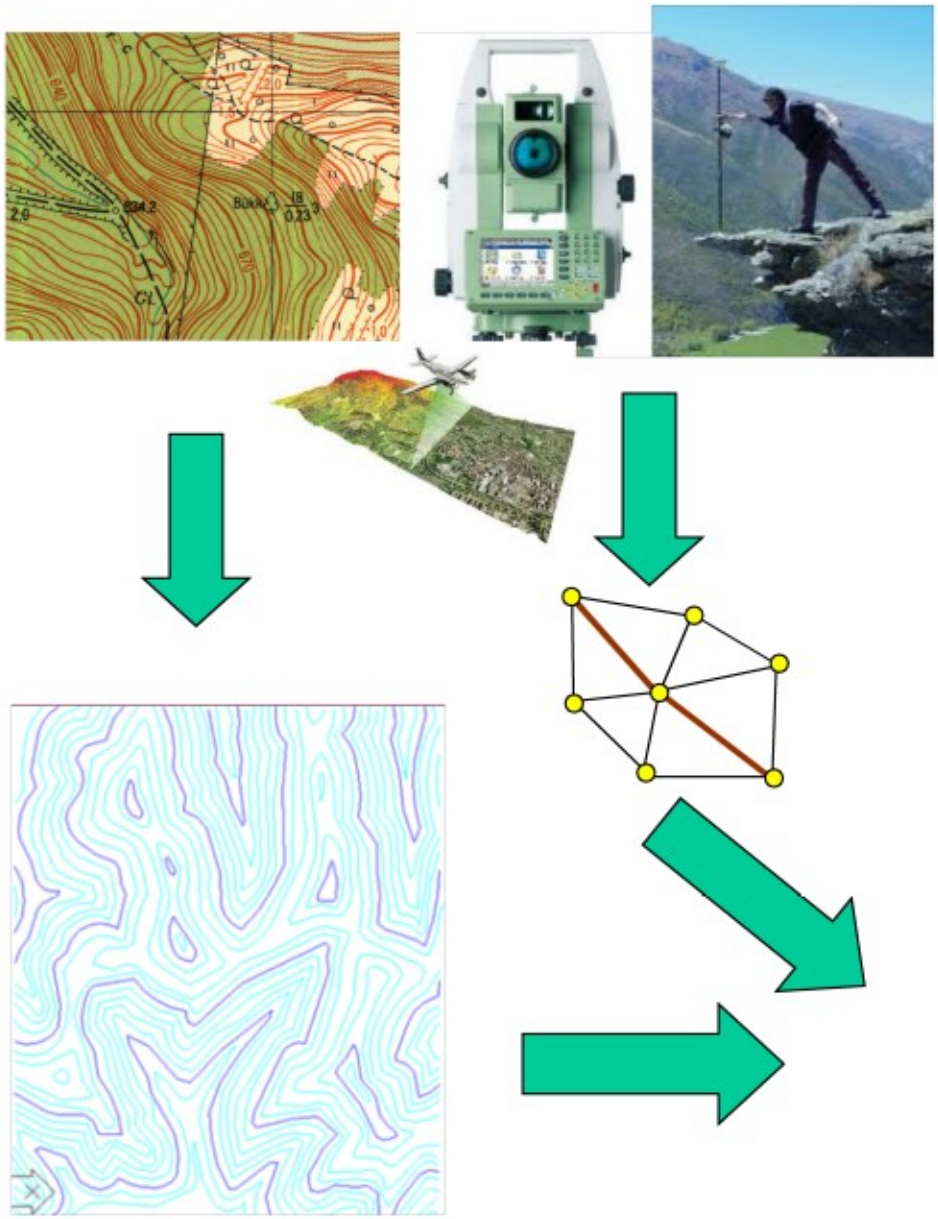
Mérnöki létesítmények geodéziája

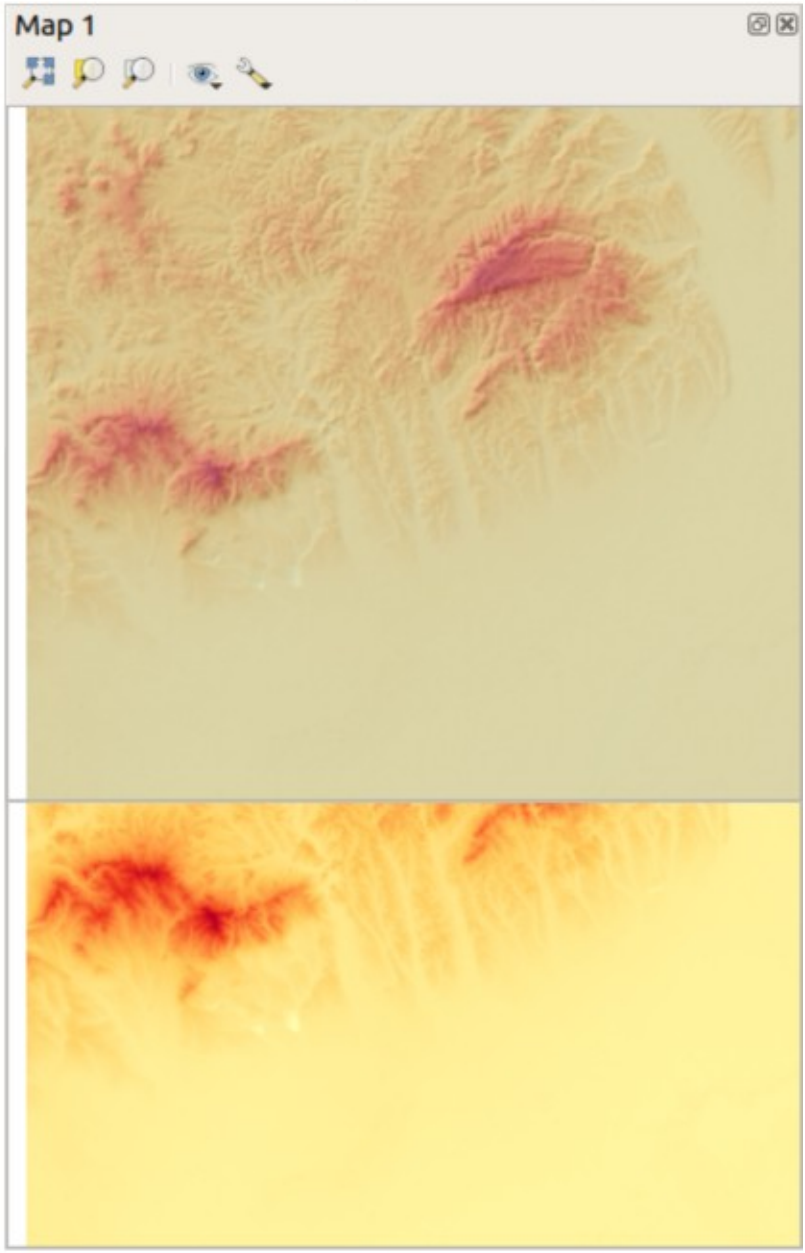
Digitális terepmodellek és felszínmodellek fogalma, mérési technológiák, létrehozási algoritmusok, interpolációs módszerek. Digitális domborzat-modellek használata a mérnöki létesítmények tervezése során, földtömeg számítás.

Siki Zoltán

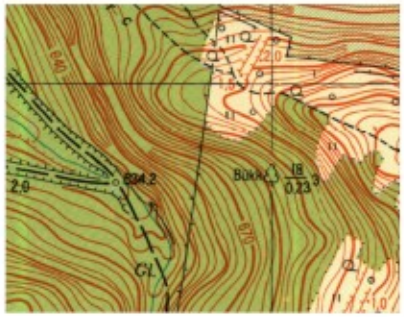
siki.zoltan@epito.bme.hu

Digitális Domborzat Modellek (DTM)





Digitális Domborzat Modellek (DTM)



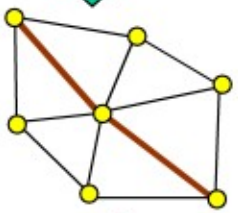


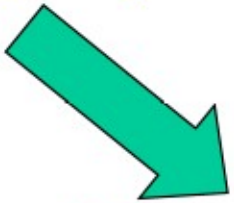




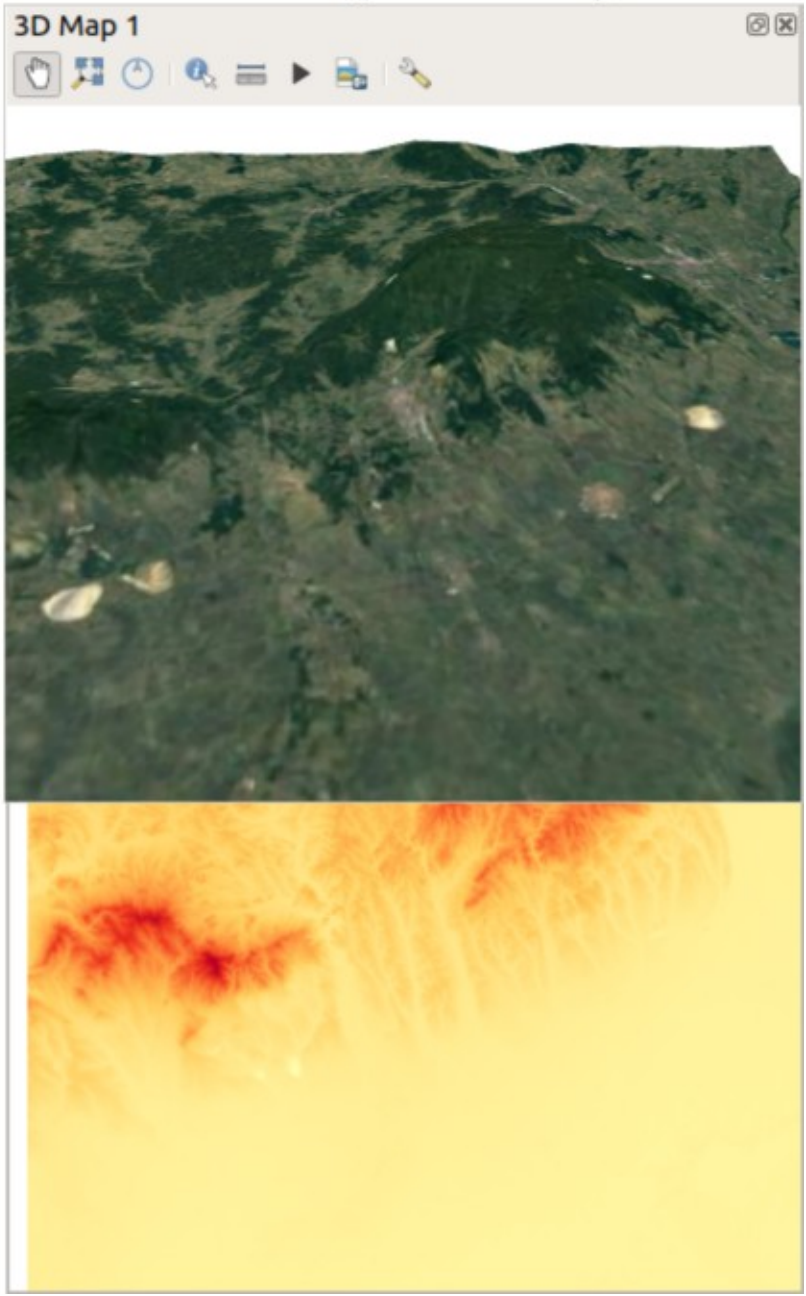




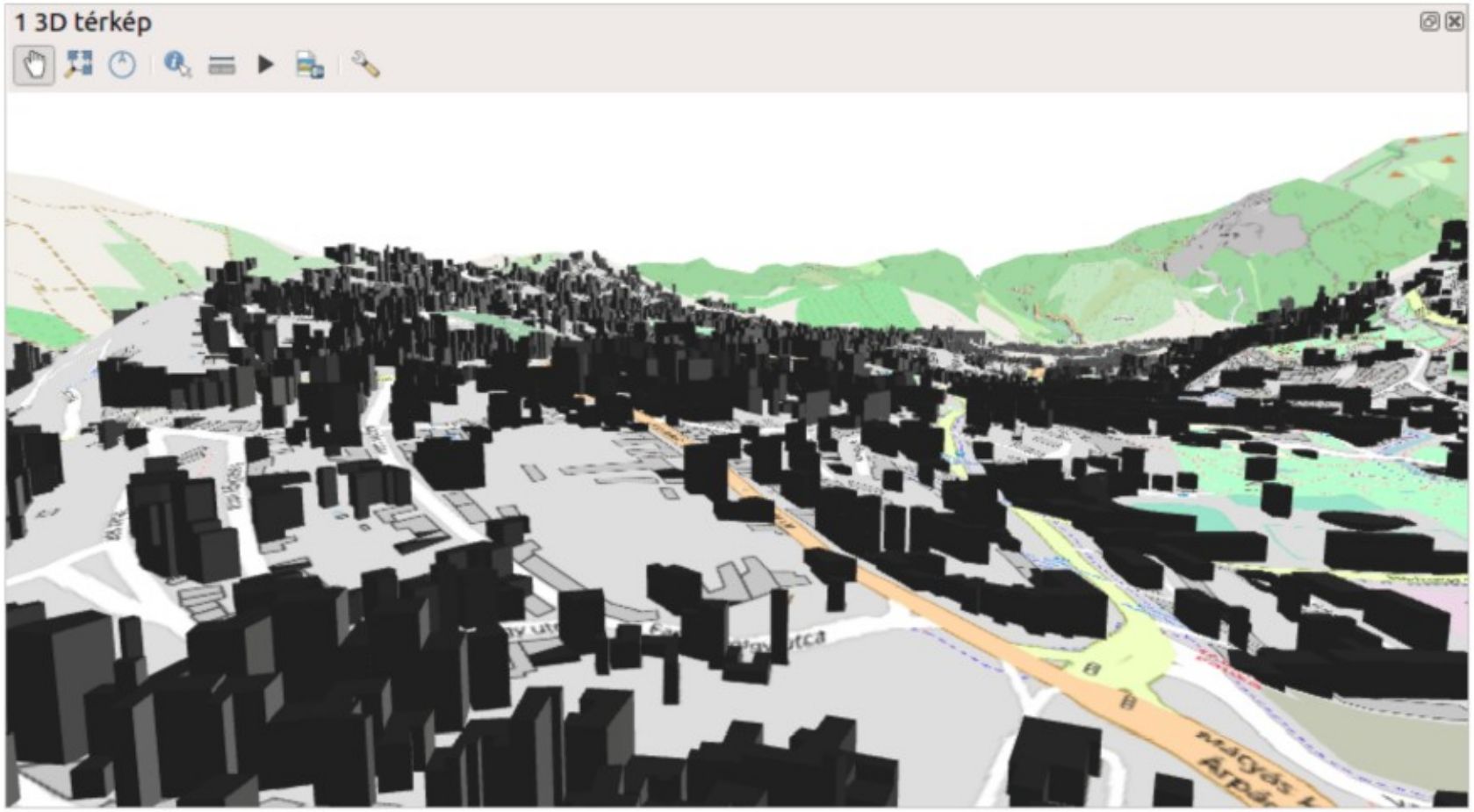








Digitális Domborzat Modellek (DTM)



DTM fogalma

A földfelszín számítógéppel kezelhető topográfiai modellje

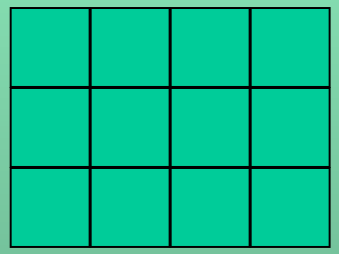
Cél: tetszőleges pontban magasság érték interpolálása
a rendelkezésre álló támpontok alapján

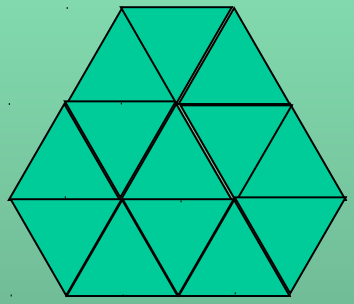
Interpolációs eljárás

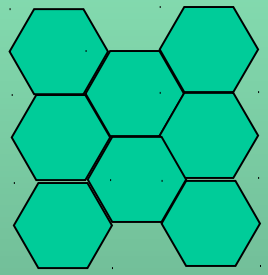
- Lehetőleg folytonos legyen (0. rendű, 1. rendű, 2. rendű)
- Jól közelítse az eredeti terepet

Támpontok elrendezése

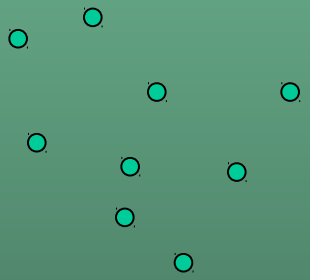
Szabályosan elrendezett pontok alapján (tesszeláció)



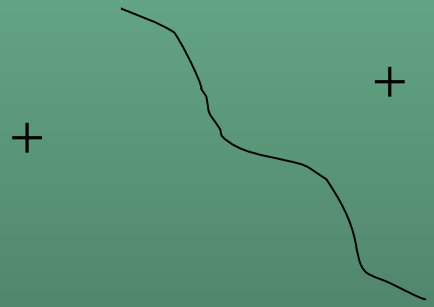




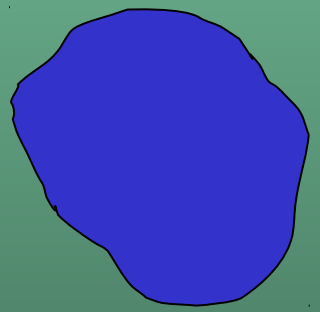
Szórt pontok alapján



idomvonalak



korlátok (pl. tó)



Támpontok beszerzése

Topográfiai felmérés (szórt pontok és idomvonalak)

Területszintezés (rács)

Fotogrammetriai kiértékelés (szintvonal, rács)

Szintvonal digitalizálás (szintvonal + kótált pontok + idomvonal)

LiDAR

EU-DEM Copernicus projekt (felbontás 25 m)
http://www.agt.bme.hu/gis/wms/gmap.php?config=eudem

Radar letapogatás (SRTM Shuttle Radar Topography Mission)
1” felbontás (30 m)
3” felbontás (100 m)

GTOPO 30” felbontás

5 x 5 m DEM Magyarországra
(Lechner (korábban FÖMI))



DTM létrehozása

Szabályos elrendezésű rács (GRID/DEM)

- Támpontokból levezetett pontok
- Inverse Distance Weight (IDW)
- Krigelés
- Felületekkel interpolálás (trend)
- Természetes szomszédok (lopott területek)

Háromszögrács (TIN)

- Eredetei támpontokra támaszkodva
- Optimális háromszögrács, minimális kerületösszeg + kényszerek
- Delaunay háromszögelés

IDW (Shepard 1968)

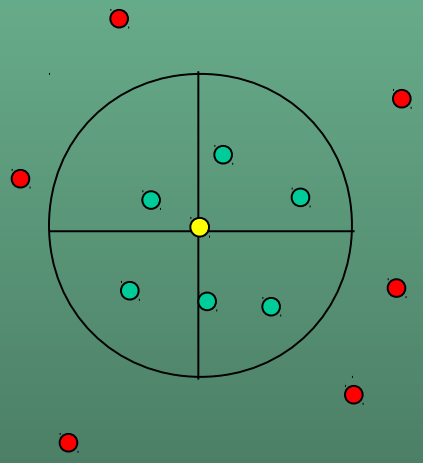
$$F(x,y)=\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot f_i$$

w – súly
f – függvény érték a támpontban

$$w_i=\frac{t_i^{-p}}{\sum_{j=1}^{n} t_j^{-p}} \qquad \sum_{i=1}^{n} w_i=1$$

t – távolság a támpont és a levezetendő pont között

p – általában értéke 2



Távolság korlát

Irány figyelembe vétele (negyedek)

Krigelés (Krige 1951)

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot v_i \qquad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Támpontok magasságának lineáris kombinációja

Feltétel a súlyok felvételére:

- Torzítatlan becslés legyen
- Becslési szórásnégyzet minimális legyen
- Legkisebb négyzetek módszere

Variogrammok (geostatisztika)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} \left(Z_{P_i} - Z_{P_{i+h}} \right)^2$$

h – a támpontok távolsága

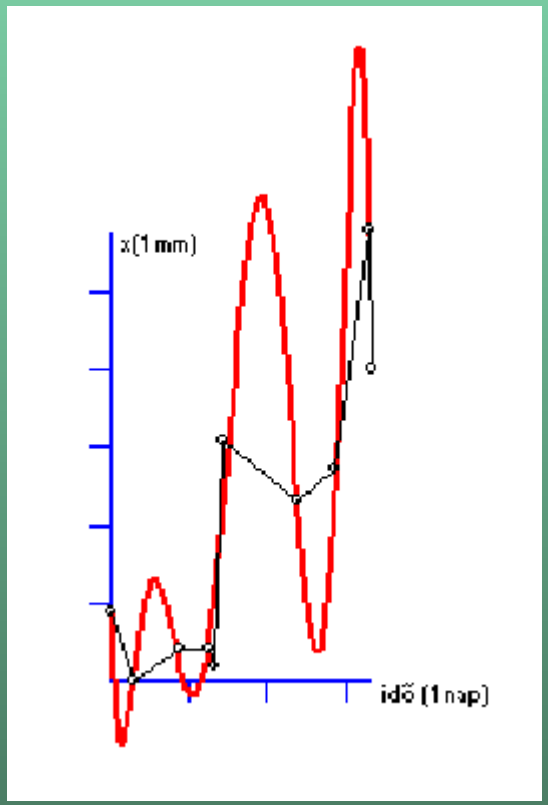
Hatástávolság, ahol h növelésével gamma(h) nem változik

Felülettel interpolálás

Polinom interpoláció $f(x,y) = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + \ldots$

Egy folytonos felület (globális)

Dinamikus felületek (lokális)



Spline intepoláció

Folytonosan csatlakozó harmadfokú felületek



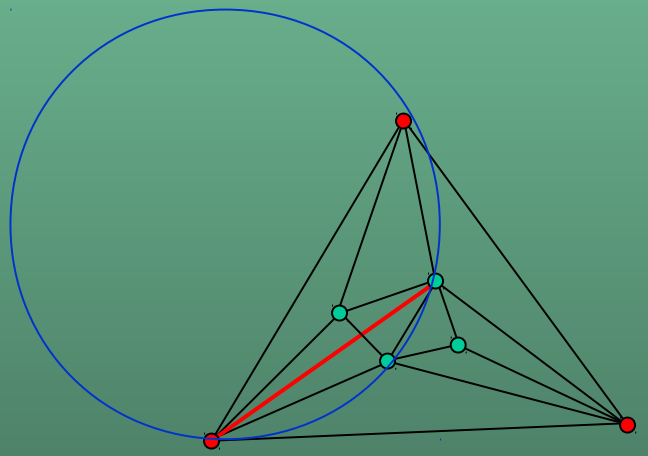
Delaunay háromszögelés

A támpontokra illeszkedő minimális kerületösszegű háromszögrács

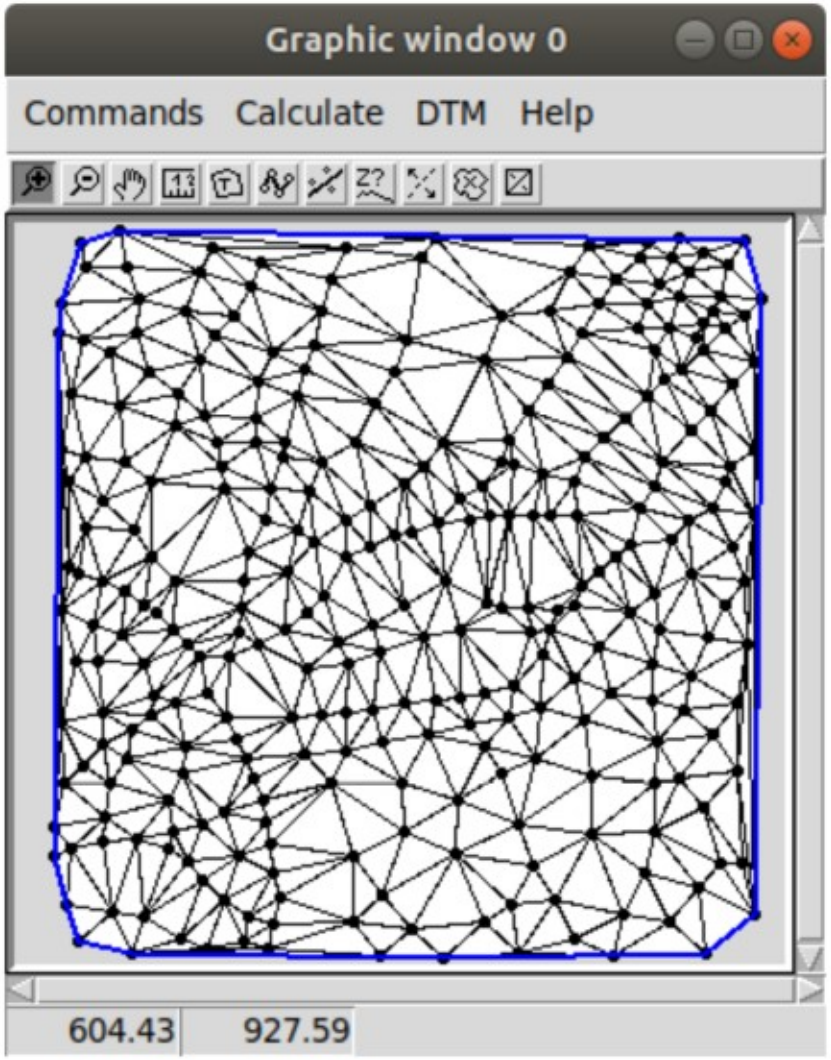
Létrehozás módszere:

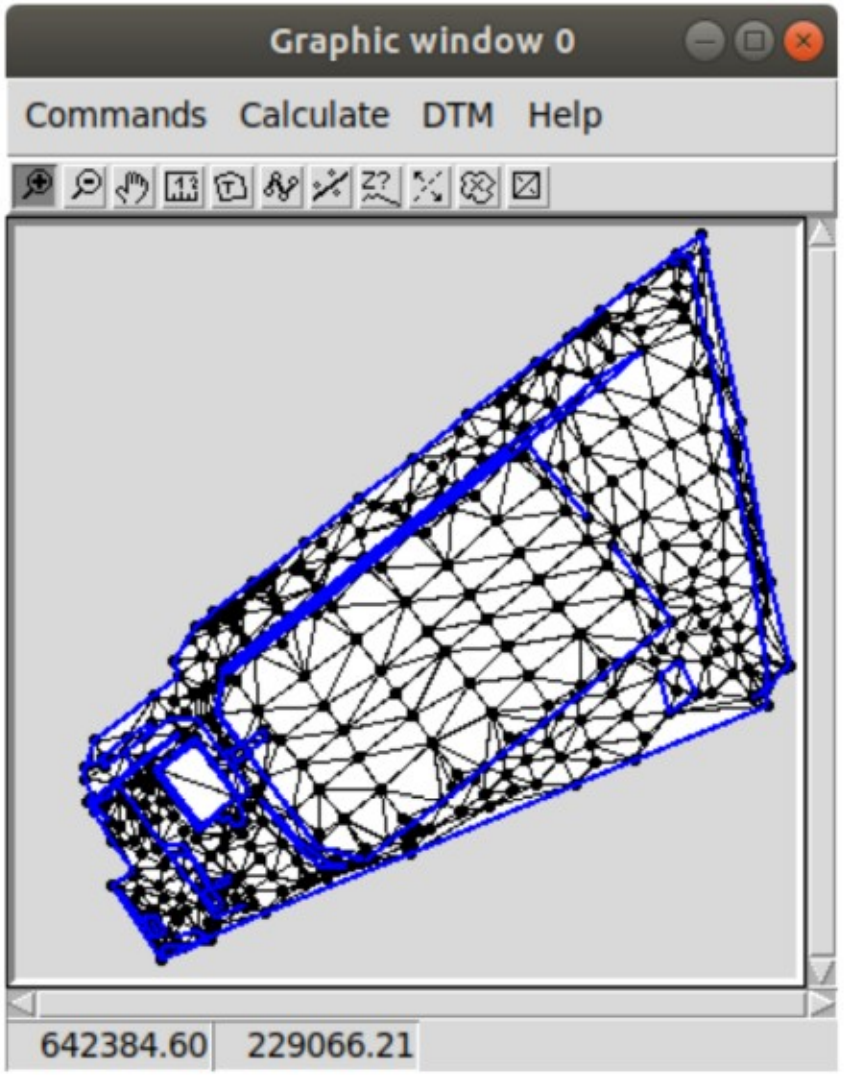
Kiindulunk egy optimális rácsból és azt bővítjük újabb pontokkal

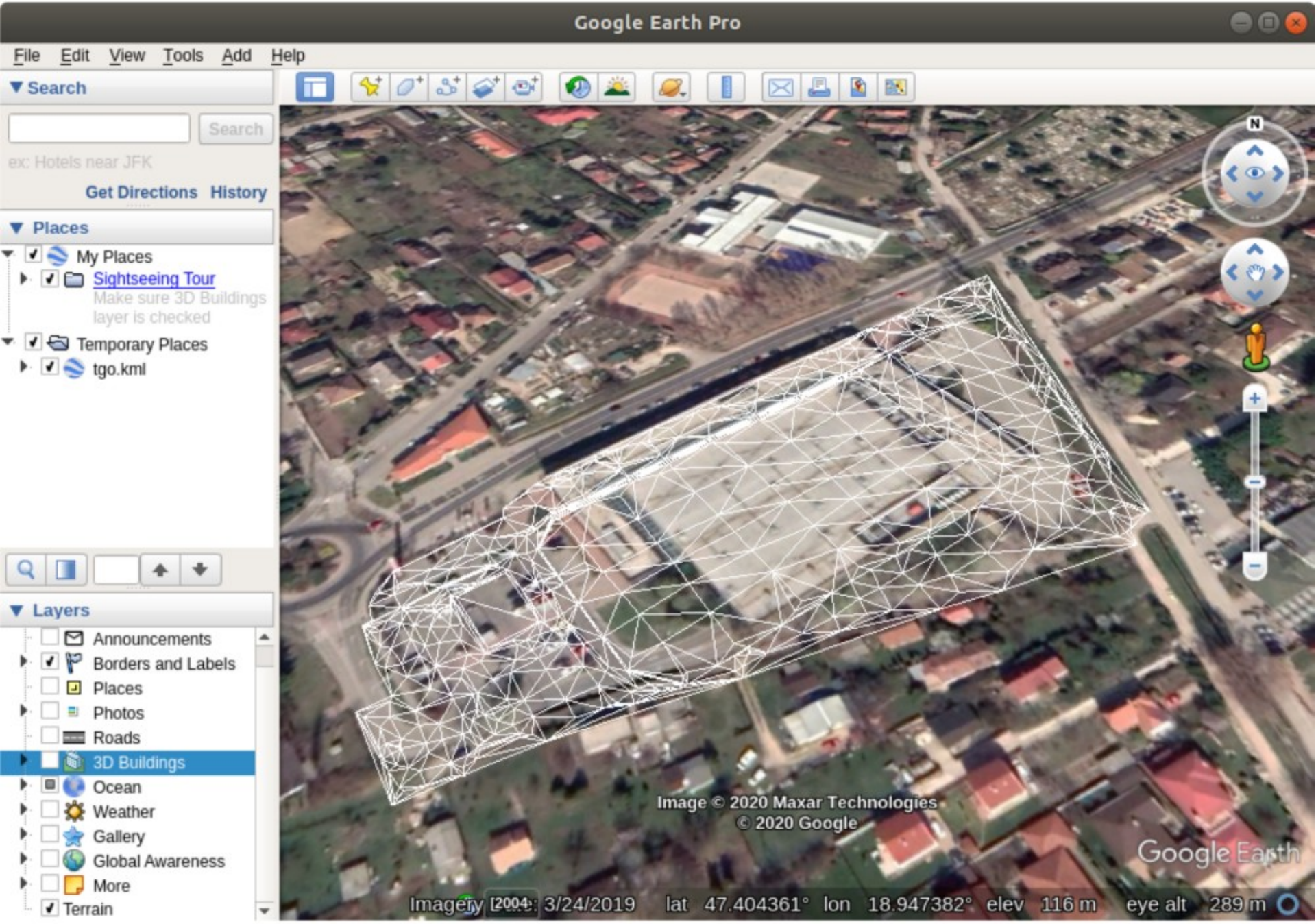
Feltétel: a háromszög köré írható körbe nem eshet támpont



TIN modellek

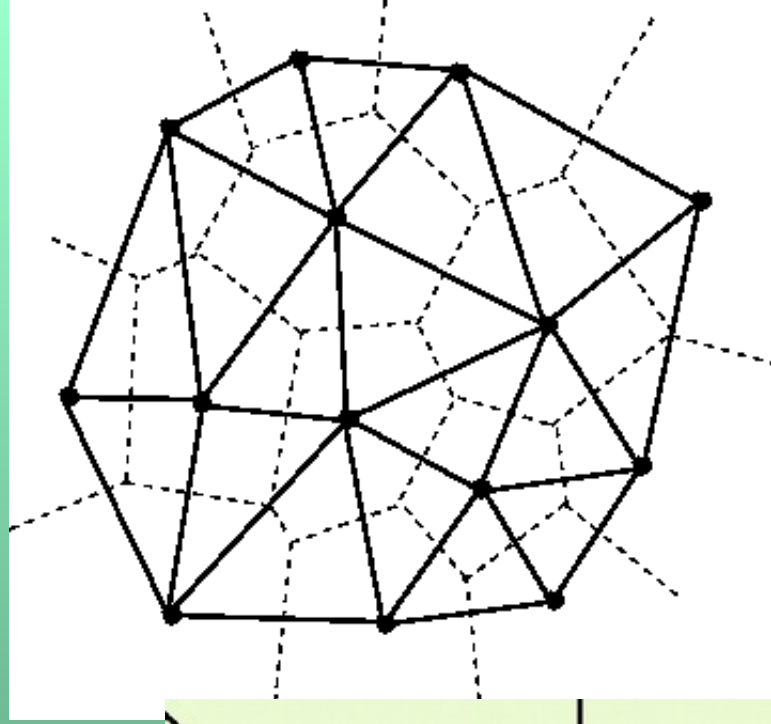





Google Earth Pro
File Edit View Tools Add Help
Search
Search
ex: Hotels near JFK
Get Directions History
Places
My Places
Sightseeing Tour
Make sure 3D Buildings layer is checked
Temporary Places
tgo.kml
Layers
Announcements
Borders and Labels
Places
Photos
Roads
3D Buildings
Ocean
Weather
Gallery
Global Awareness
More
Terrain
Image © 2020 Maxar Technologies
© 2020 Google
Google Earth
Imagery 2004: 3/24/2019 lat 47.404361° lon 18.947382° elev 116 m eye alt 289 m

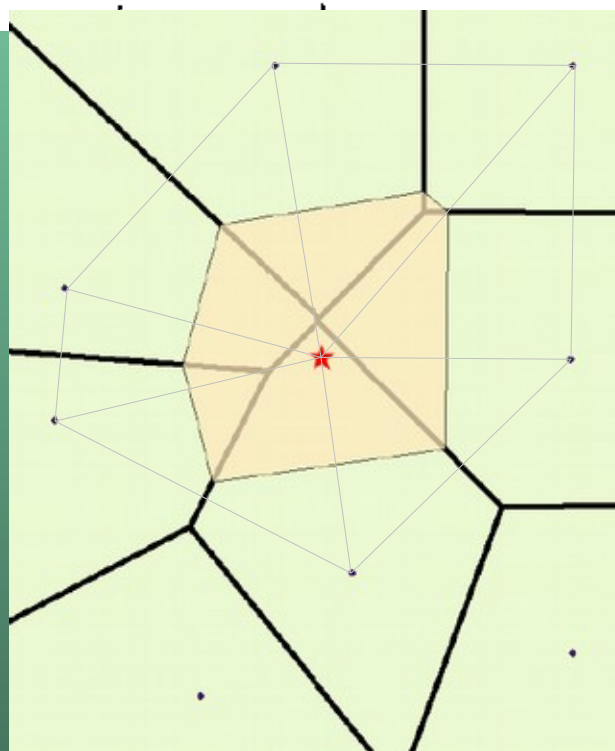
Voronoi cellák

Pontokhoz rendelt területek
a háromszög oldalak felező
merőlegesei alkotják
A természetes szomszédok
módszerénél interpolálásra is
használják

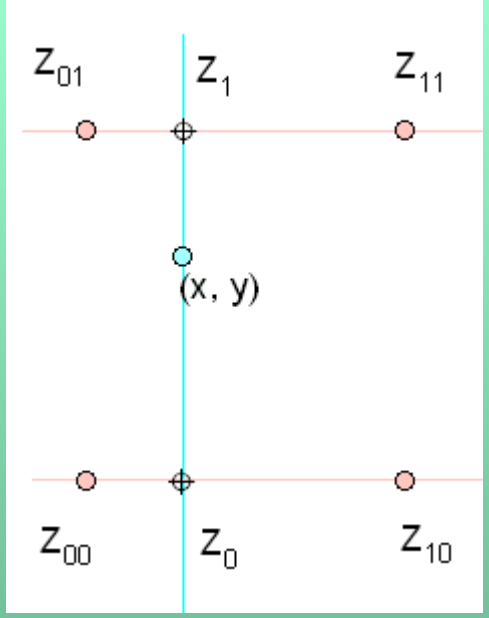


Természetes szomszédok módszere

1. interpolálandó pont beillesztése a TIN-be
2. új voronoi cella kialakítása
3. súlyozás az eredeti voronoi cellákból kimetszett területekkel



Rács (DEM)



No data (nincs adat érték)

Interpolációs módszerek a rácsban:

- Legközelebbi szomszéd
- Bilineáris,
- Bikubikus

Grid algebra

- Azonos kiterjedésű és felbontású rácsokra
- Az azonos pozícióban lévő elemek közötti művelet
- Aritmetikai műveletek +, -, *, /
- Függvények

„Nincs adat” érték, bármely műveletbe bevonva az eredmény „Nincs adat” lesz

DTM felhasználása

Szintvonal generálás

Metszet készítés

Esésvonal keresés

Összelátás vizsgálat

Lejtőkategória térkép

Kitettség (lejtő irány)

Térfogatszámítás

Ortofotó készítés

Topográfiai javítás (felsőgeodézia)

Vízgyűjtő terület lehatárolás

Lefolyási irány

Modellezések (pl. erózió)

Vonalas létesítmények tervezése

Belátható terület

Látványtervek

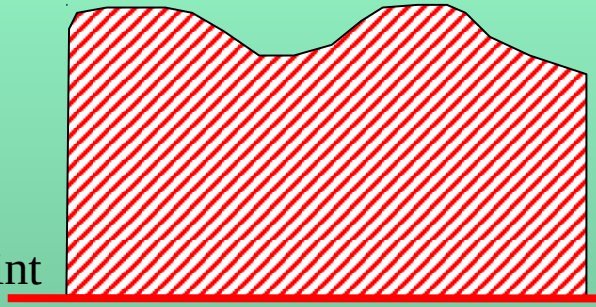
...

Térfogat/földtömeg számítás

Egy adott alapszint feletti térfogat

Használható TIN és GRID esetén is

Hasáb térfogatok összegzése



Térfogat változás

Két DTM közötti eltérés kimutatása

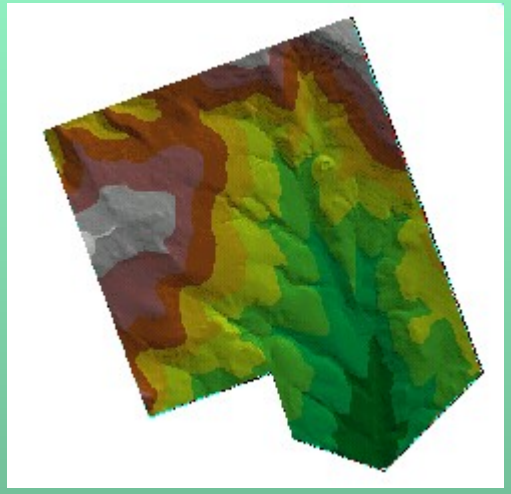
TIN esetén a két DTM-nek azonos határral kell rendelkeznie

A térfogat változás ugyanahhoz az alapszinthez viszonyított térfogatok különbsége, a területen belüli tömeg mozgásokat nem lehet könnyen kimutatni vele

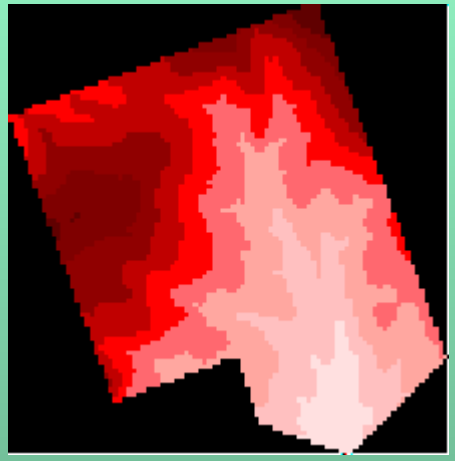
GRID esetén azonos felbontás szükséges (NODATA!)

A területen belüli tömegmozgások egyszerűen kimutathatók
Azonos felbontásra áttérés pl. bilineáris transzformáció

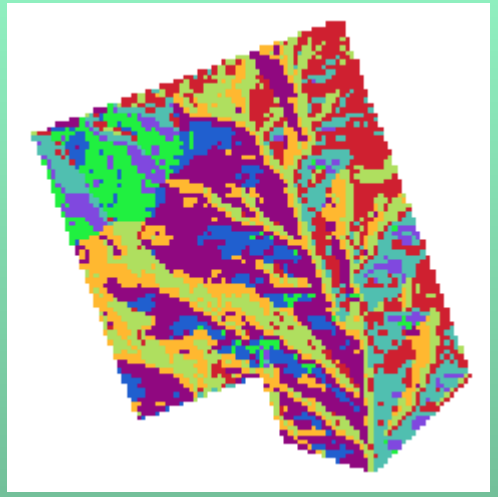
Hidrológiai modellezés



DTM



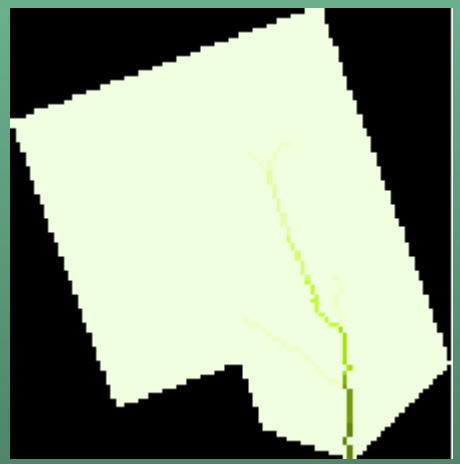
Rácsra áttérés lefolyástalan területek feltöltése



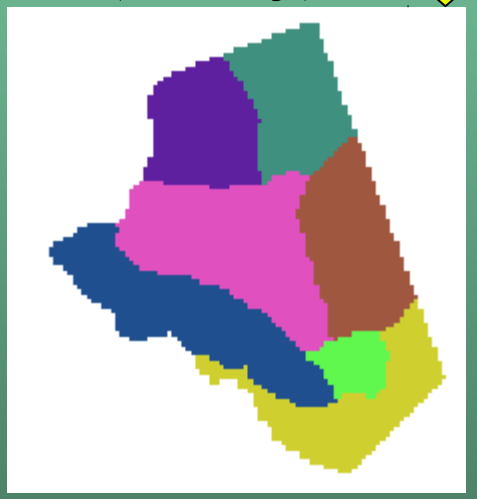
Folyásirány (8 irány)



Lejtőkategóriák

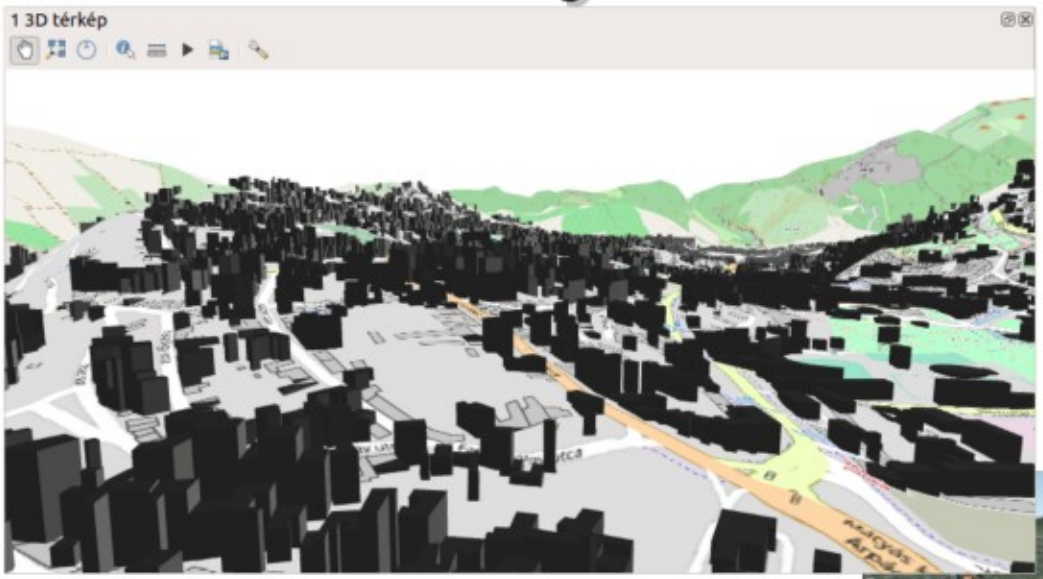


Folyásirány összegzés



Vízgyűjtő területek

Látványtervek DTM alapján



Térkép vetítése DTM-re + épületek kihúzása



Építmények megjelenítése