

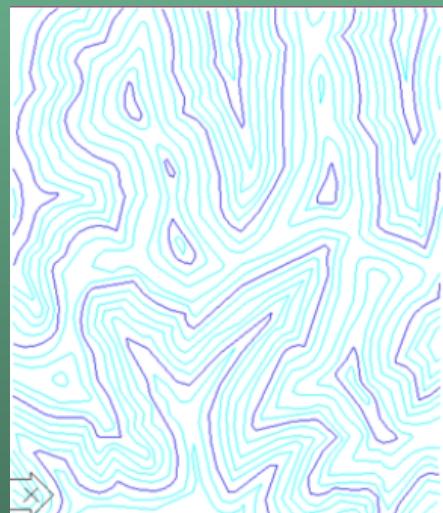
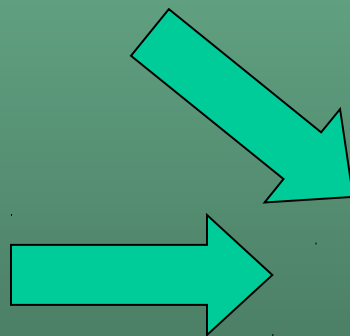
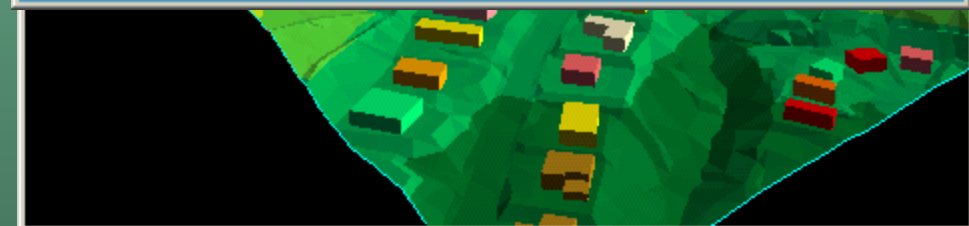
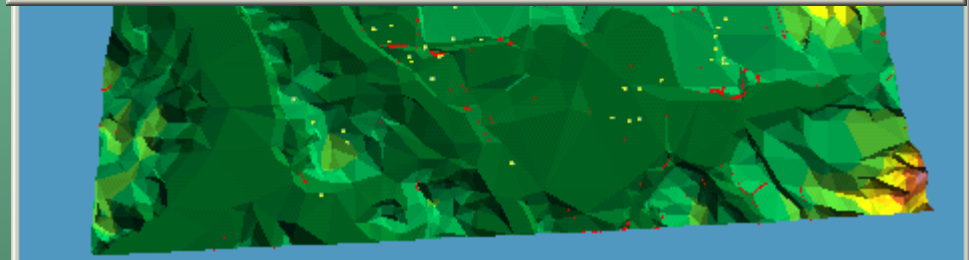
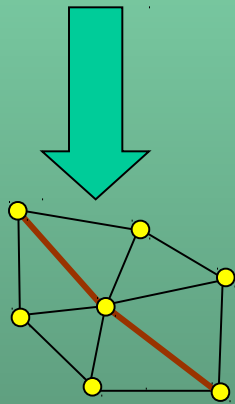
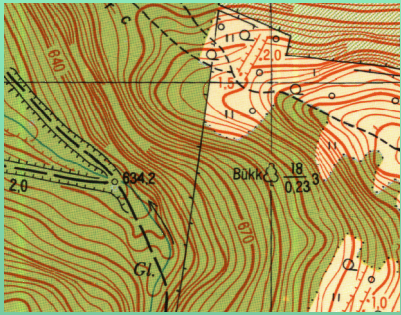
**Mérnöki létesítmények geodéziája**

**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](mailto:siki.zoltan@epito.bme.hu)

# Digitális Domborzat Modellek (DTM)



# DTM fogalma

A földfelszín számítógéppel kezelhető topográfiai modellje

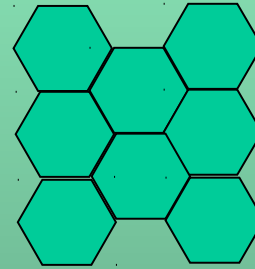
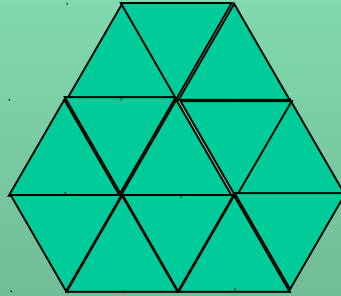
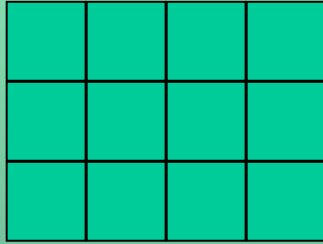
Cél: tetszőleges pontban magasság érték interpolálása a rendelkezésre álló támpontok alapján

Interpolációs eljárás

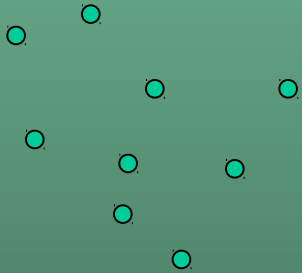
- Lehetőleg folytonos legyen (0. rendű, 1. rendű, 2. rendű)
- Jól közelítse az eredeti terepet

# Támpontok elrendezése

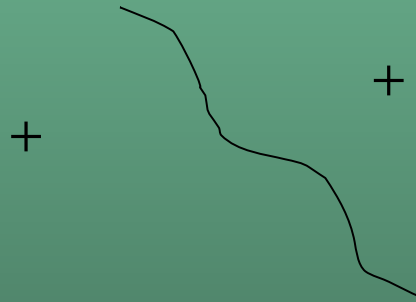
Szabályosan elrendezett pontok alapján (tesszeláció)



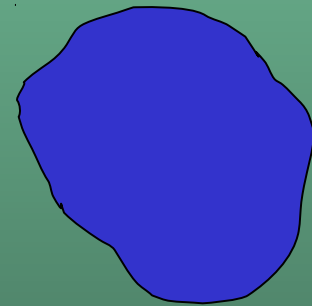
Szórt pontok alapján



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  
(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)

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

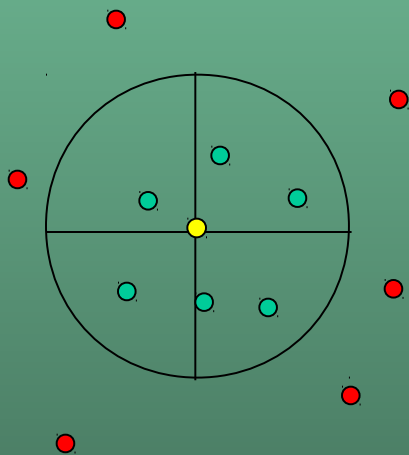
w – súly

f – függvény érték a támpontban

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

t – távolság a támpont és a  
levezetendő pont között

p – általában értéke 2



Távolság korlát

Írány figyelembe vétele (negyedek)

# Krigelés (Krige 1951)

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Támpontok magasságának lineáris kombinációja}$$

Feltétel a súlyok felvételére:

Torzítatlan becslés legyen

Becslési szórásnégyzet minimális legyen

Legkisebb négyzetek módszere

Variogrammok (geostatiztika)

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

$h$  – a támpontok távolsága

Hatástávolság, ahol  $h$  növelésével  $\gamma(h)$  nem változik



# Felülettel interpolálás

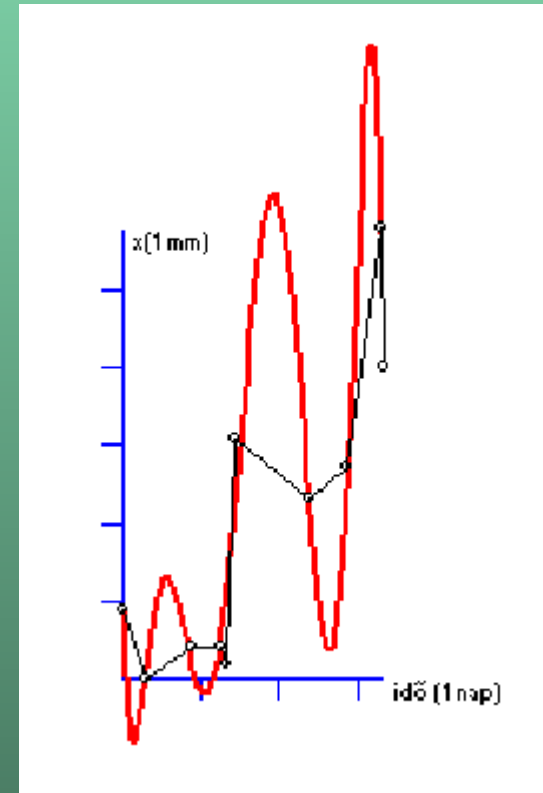
Polinom interpoláció  $f(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + \dots$

Egy folytonos felület (globális)

Dinamikus felületek (lokális)

Spline interpoláció

Folytonosan csatlakozó harmadfokú felületek



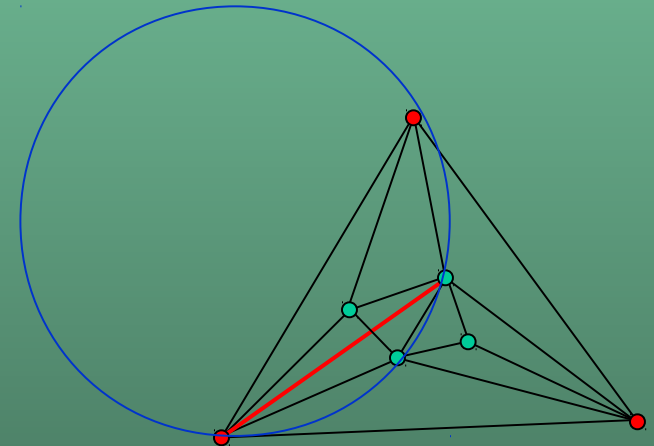
# Delaunay háromszögelés

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



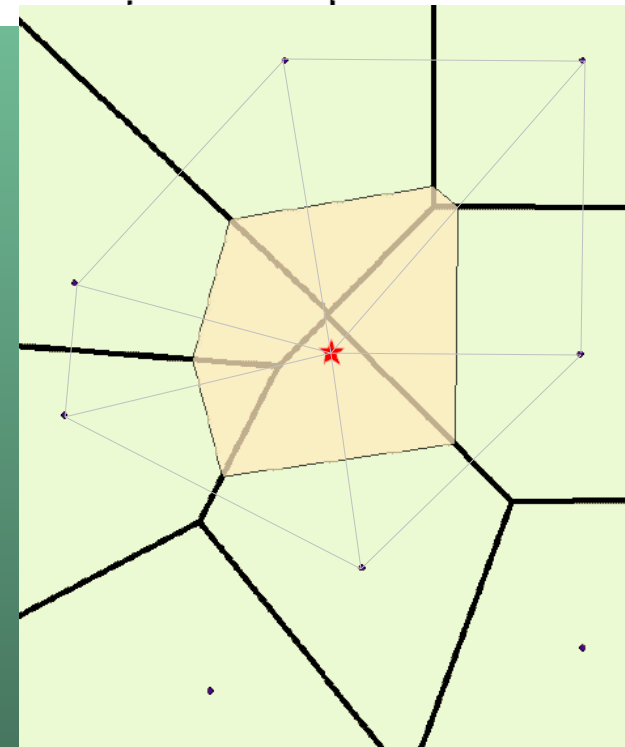
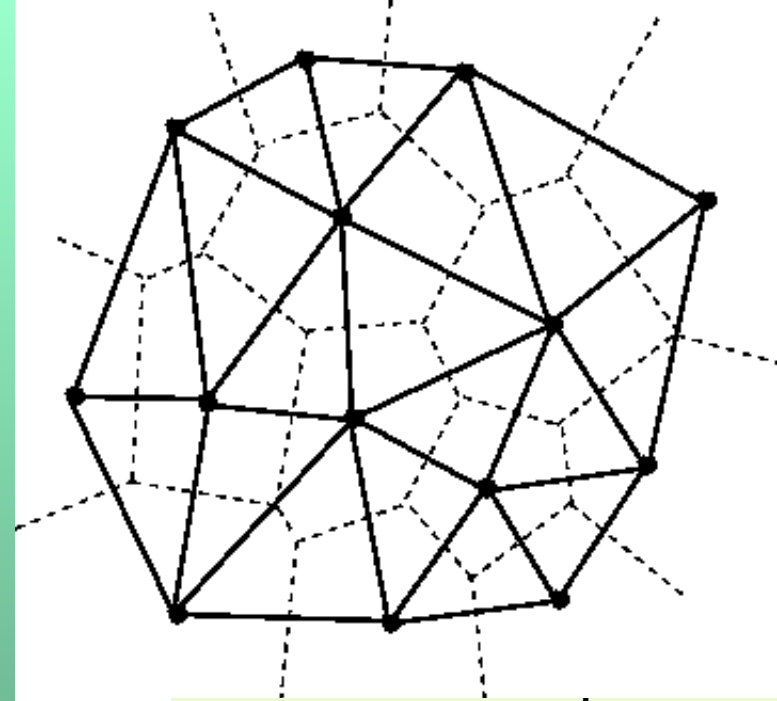
# Voronoi cellák

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

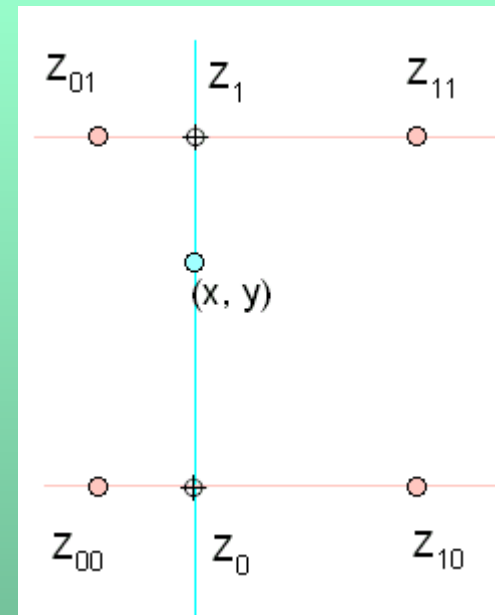
Az azonos pozícióban lévő elemek közötti művelet

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

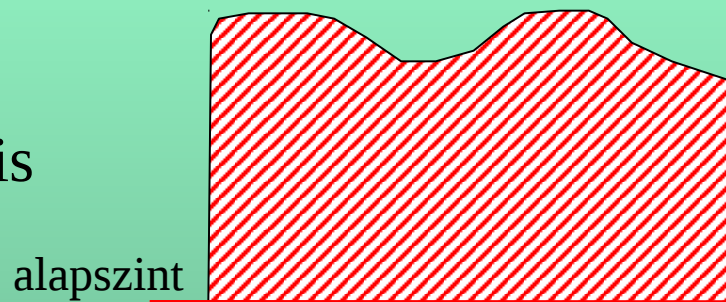
...

# Térfogat/földtömeg számítás

Egy adott alapszint feletti térfogat

Használható TIN és GRID esetén is

Hasáb térfogatok összegzése



Térfogat változás

Két DTM közötti eltérés kimutatása

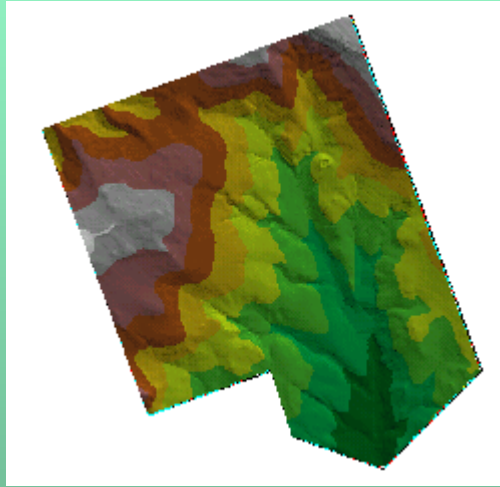
TIN esetén a két DTM-nek azonos határral kell rendelkeznie

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

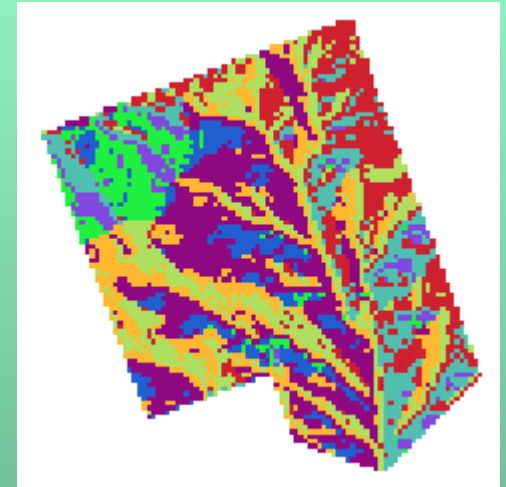
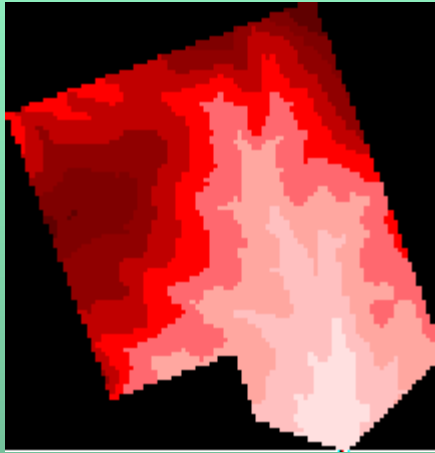
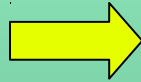
GRID esetén azonos felbontás szükséges (NODATA!)

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

# Hidrologiai modellezés



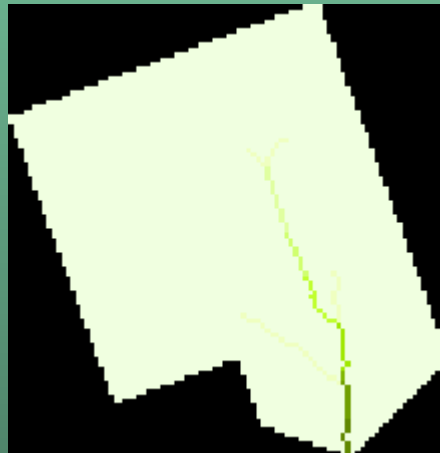
DTM



Folyásirány  
(8 irány)

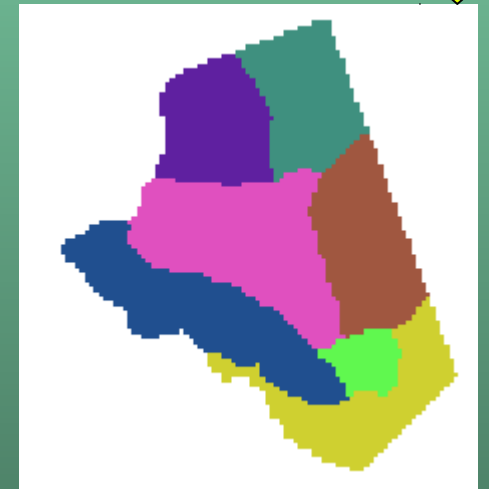


Lejtőkategóriák



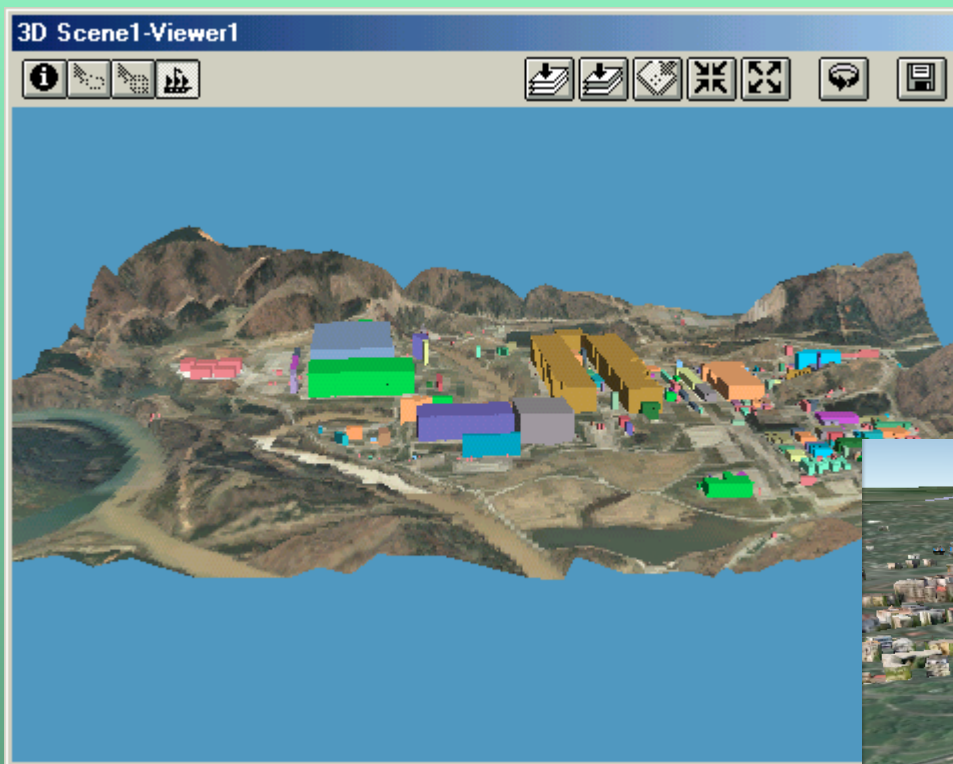
Folyásirány  
összegzés

Rácsra áttérés lefolyástalan  
területek feltöltése



Vízgyűjtő területek

# Látványtervek DTM alapján



Ortofotó vetítése DTM-re

Építmények megjelenítése

