



# ***Szoláris energia-bevétel számítása összetett városi felszínek esetén***

Gál Tamás

egyetemi adjunktus

[tgal@geo.u-szeged.hu](mailto:tgal@geo.u-szeged.hu)

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék



# Bevezetés

## A napenergia alkalmazása Magyarországon

- Kedvező éghajlati adottságok
- Egyre több pozitív példa
  - Naperőművek
  - Épületekre telepített rendszerek



## Városaink esetén is nagy potenciál

- Kedvező kihasználatlan felületek (tetők)

## Városi környezetben a napelemes rendszerek tervezése összetett feladat

- Épületek kölcsönös árnyékolása
- Növényzet árnyékoló hatása



# Tematika

## Napenergia potenciál becslése egyszerű térinformatikai eszközökkel

- Egyszerű közelítő számítás
- Épületek árnyékoló hatásának becslése
- Növényzet – növényzet nélküli állapotok összevetése
- Alkalmazás adott napokra, idealizált időjárási helyzetekre

## Napenergia potenciál becslése az SEBE alkalmazással

- QGIS térinformatikai szoftver nyílt forráskódú bővítményének (UMEP) a része
- A nyílt forráskódú eszköz fejlesztés alatt áll
- Összetett szimuláció
- Időjárási adatsorok részletes figyelembe vétele
- Első szegedi eredmények

# Napenergia potenciál becslése egyszerű térinformatikai eszközökkel

A beérkező szoláris energia kiszámítása

A felszínre jutó szoláris energia összege függ:

- Nap-Föld geometria évszakos változásától
- a hely földrajzi koordinátáitól
- a légköri körülményektől (időjárás, légszennyezettség)
- a városi felszíngeometriától (épületek, árnyékolás)

A besugárzás számítása városi területeken

- Az épületek kölcsönös leárnyékoló hatását
- A fák árnyékoló hatását
- Tiszta légkört feltételezve
- Klimatológiai szempontból jellemző időjárási viszonyok esetén



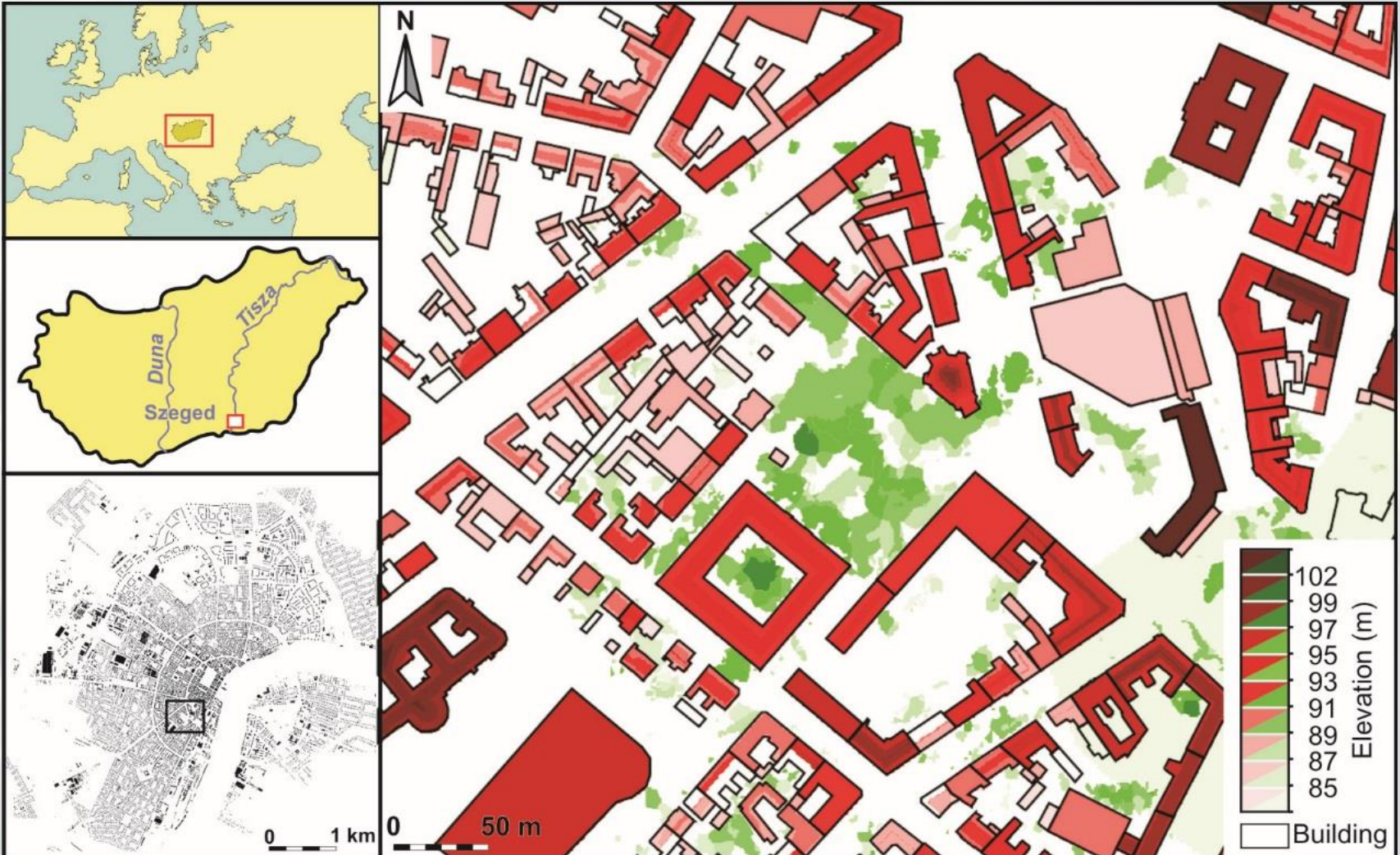
Szoláris energia potenciál

# Vizsgált terület

Szeged (46°N, 20°E)  
magasság 79 m  
sík terület

Számítási terület 0,3 km<sup>2</sup>,  
80 000 m<sup>2</sup> épület  
10 m átlag magasság

Besugárzás számítás

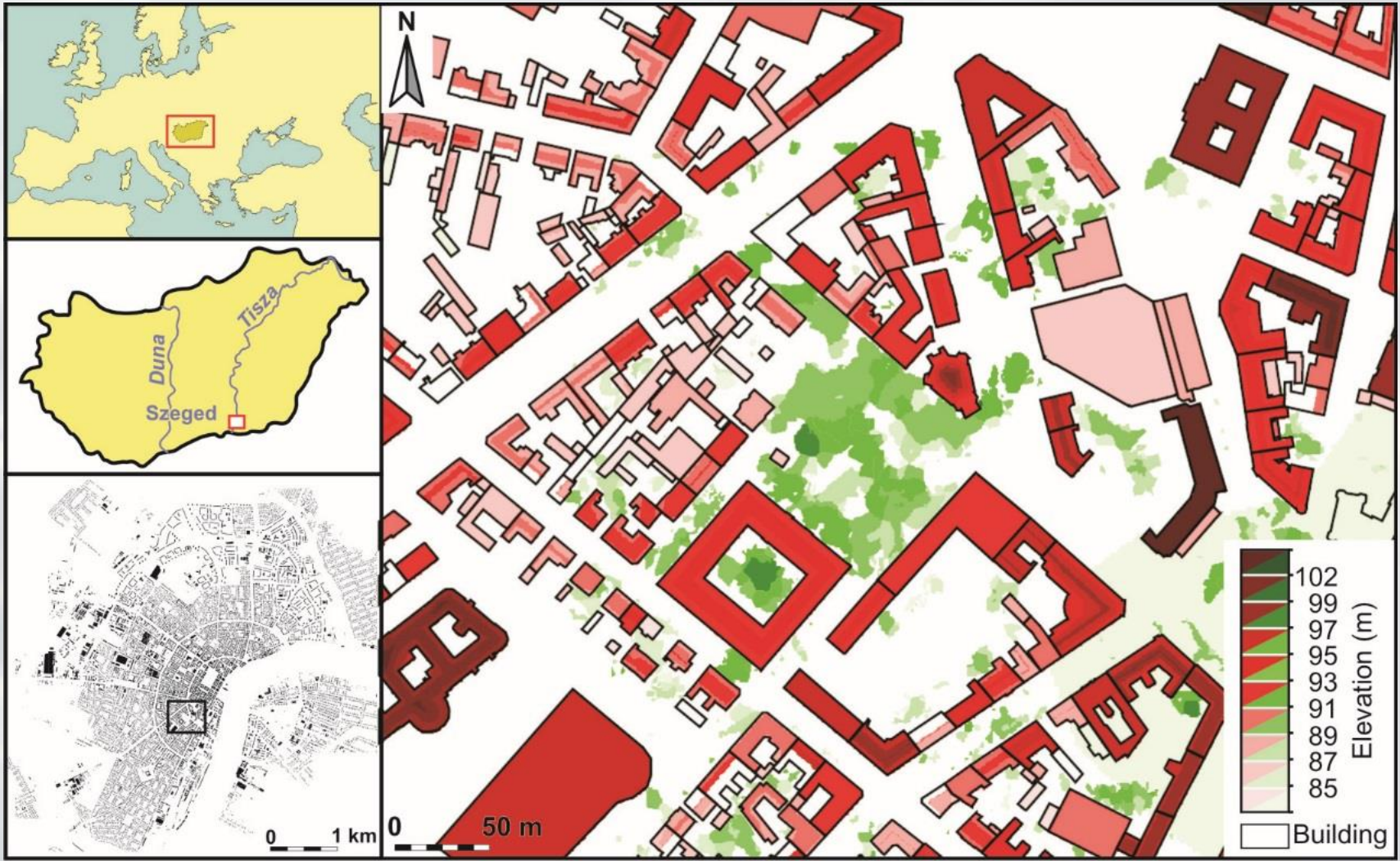


# Felhasznált adatok

Digitális felületmodell

→ Felszín geometria (épületek, fák)

→ Besugárzás



# Digitális felületmodell

## Alapja

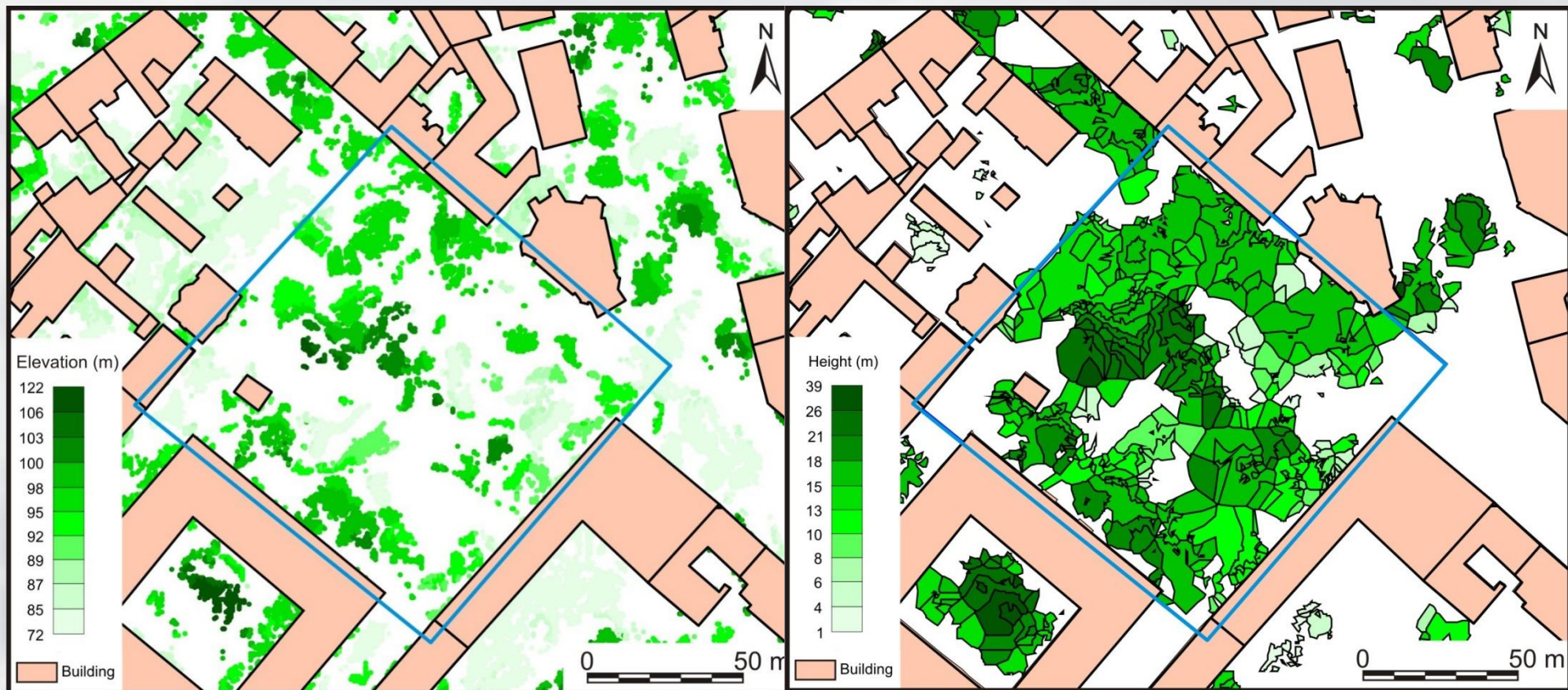
- digitális domborzat modell (természetes domborzat)
- Szeged 3D épület adatbázisa (épület alaprajzok és magasság)
- az eresz és tetőgerinc vonalak (légifotók alapján azonosítva)



# Fa adatbázis

## Előállítása

- 3D pontfelhő előállítása fotogrammetriai eszközökkel
- Határvonalak lehatárolása magasság és spektrális (NDVI) információk alapján





# A besugárzás számítása

A besugárzás számításának alapja adott felszín vagy tető normálisának és a Nap iránya közötti szög ( $i$ )

$$\cos i = \cos h_{slope} \cdot \sin h_{sun} + \sin h_{slope} \cdot \cos h_{sun} \cdot \cos(a_{sun} - a_{slope})$$

$h_{sun}$ : Nap horizont feletti magassága       $h_{slope}$ : lejtőszög

$a_{sun}$ : Nap azimut szöge       $a_{slope}$ : kitétség

A direkt ( $I_{dir}$ ), szórt ( $I_{diff}$ ) és a reflektált ( $I_{refl}$ ) sugárzás:

$$I_{dir} = I_0 \cdot \tau \cdot \cos i$$

$$I_{diff} = I_0 \cdot (0.271 - 2.294 \cdot \tau) \cdot \cos^2 \frac{h_{slope}}{2} \cdot \sin h_{sun}$$

$$I_{refl} = 0.15 \cdot I_0 \cdot (0.271 + 0.706 \cdot \tau) \cdot \sin^2 \frac{h_{slope}}{2} \cdot \cos h_{sun}$$

$I_0$ : napállandó

$\tau$ : a légkör átbecsátási együtthatója

$$M = \sqrt{1229 + (614 \cdot \sin h_{sun})^2} - 614 \cdot \sin h_{sun}$$

$$\tau = 0.56 \cdot \left( e^{-0.65M} + e^{-0.095M} \right)$$

Közelítő értéke 10 év besugárzás adatainak felhasználásával iterációs számítással

A besugárzás az árnyékolás figyelembevételével ( $K_{\downarrow \text{shade}}$ ):

Ha az adott pont

Napon van  $\longrightarrow K_{\downarrow} = I_{dir} + I_{diff} + I_{refl}$

Árnyékban van  $\longrightarrow K_{\downarrow} = I_{diff} + I_{refl}$

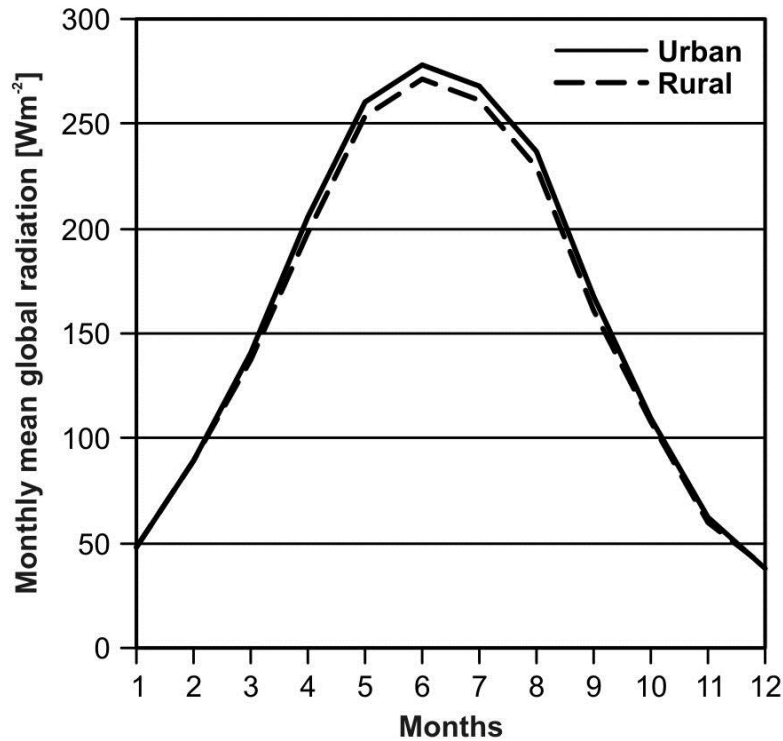
Számítás  $\longrightarrow$  Avenue algoritmus

4 jellegzetes napon

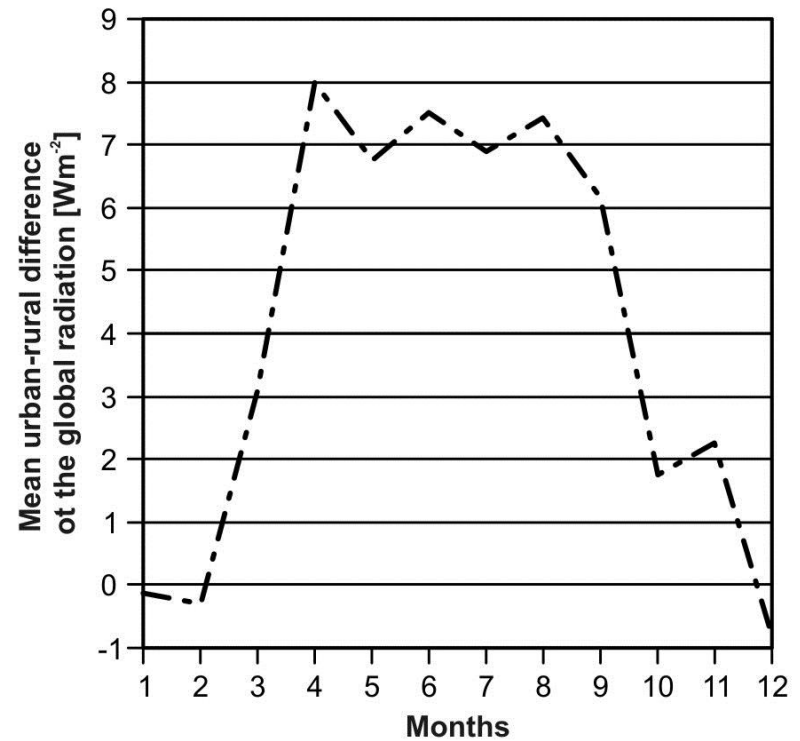
30 perces felbontással

# Eredmények

## Külterületi és Belterületi mért besugárzási adatainak összevetése



Átlagos havi besugárzás

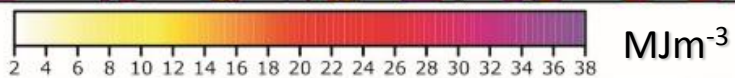
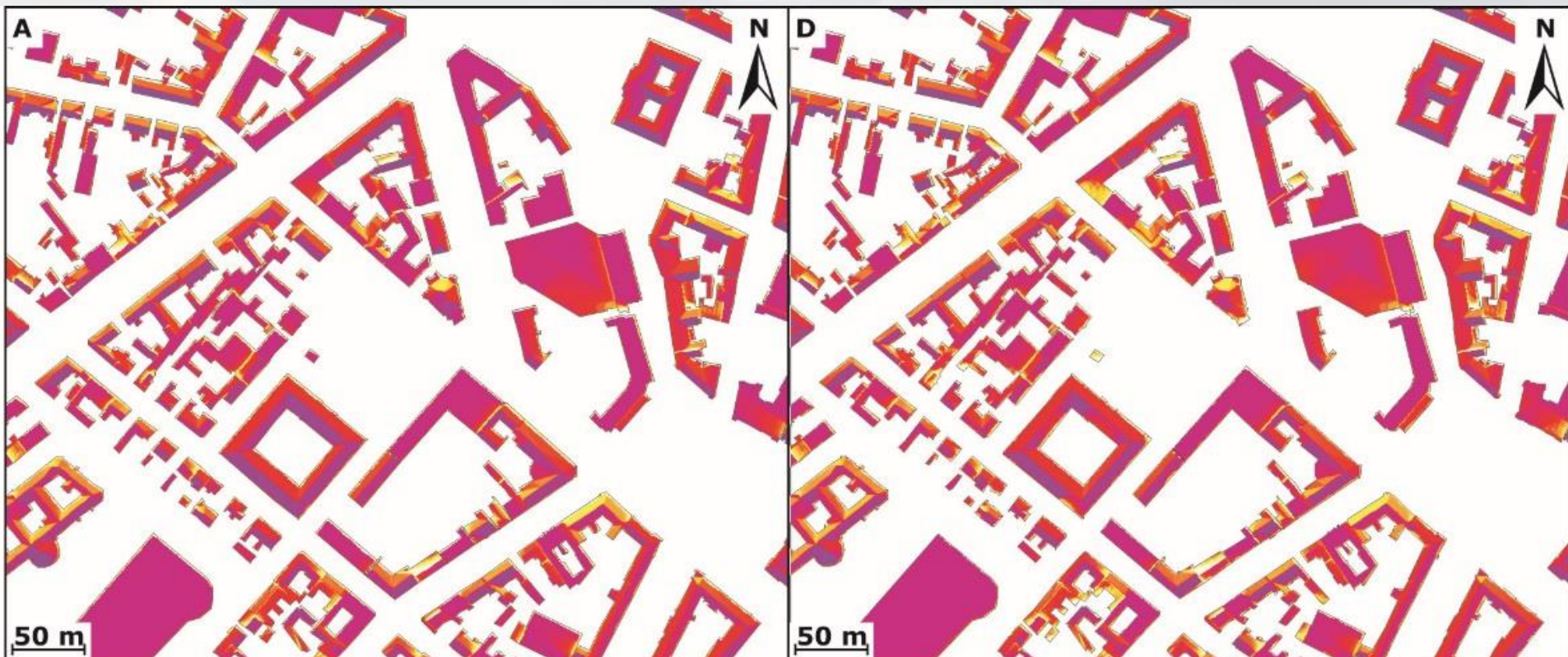


Átlagos havi besugárzás  
város – vidék különbség

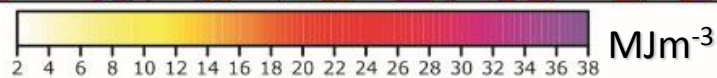
## Besugárzás (Tiszta légkör, nyári napforduló)

Maximum → Déli tetőkön

A számos helyen → Az alacsony épületeken besugárzás csökkenés



Fák nélkül



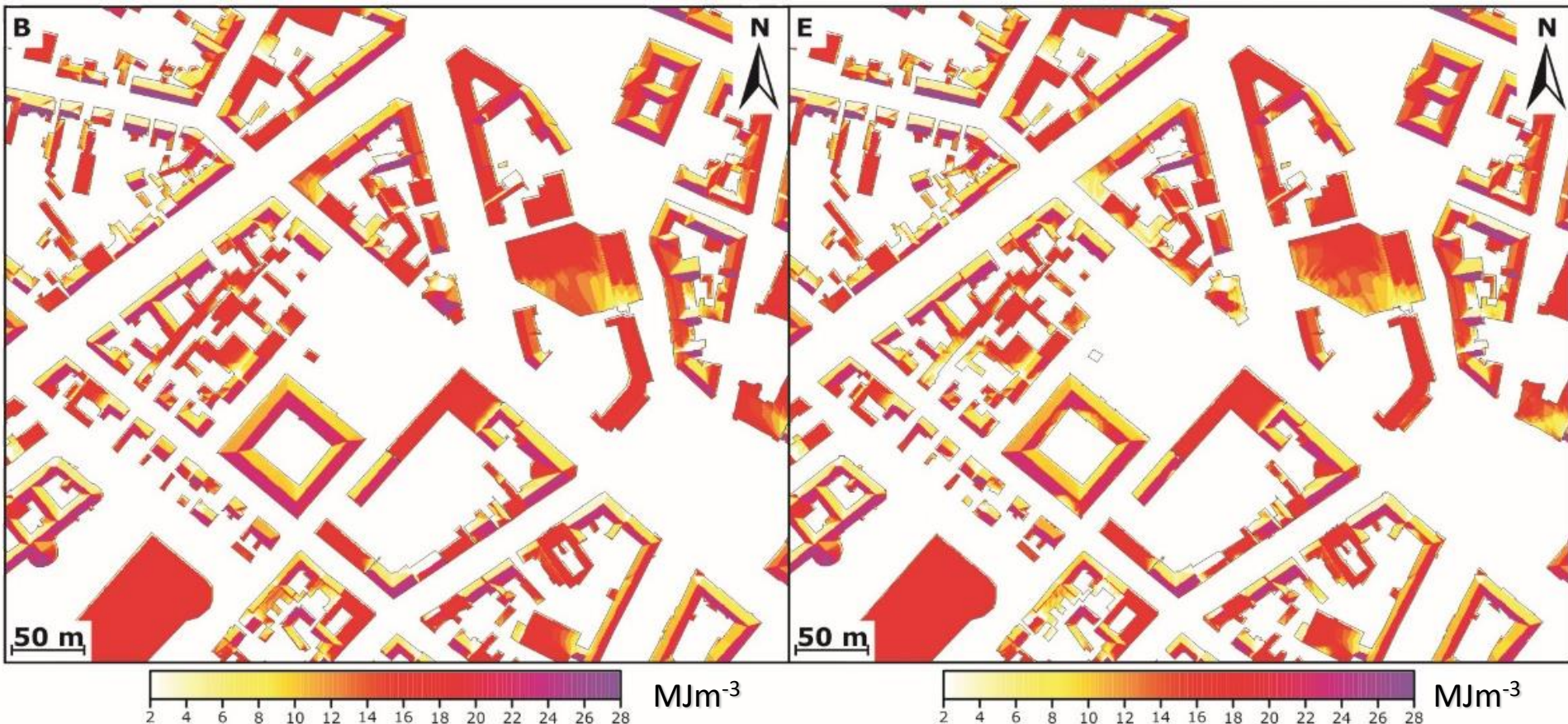
Fákkal

## Besugárzás (Tiszta légkör, tavaszi-őszi napéjegyenlőség)

Alacsonyabb napmagasság



Az árnyékolás hatása nagyobb területen jelentkezik



Fák nélkül

Fákkal

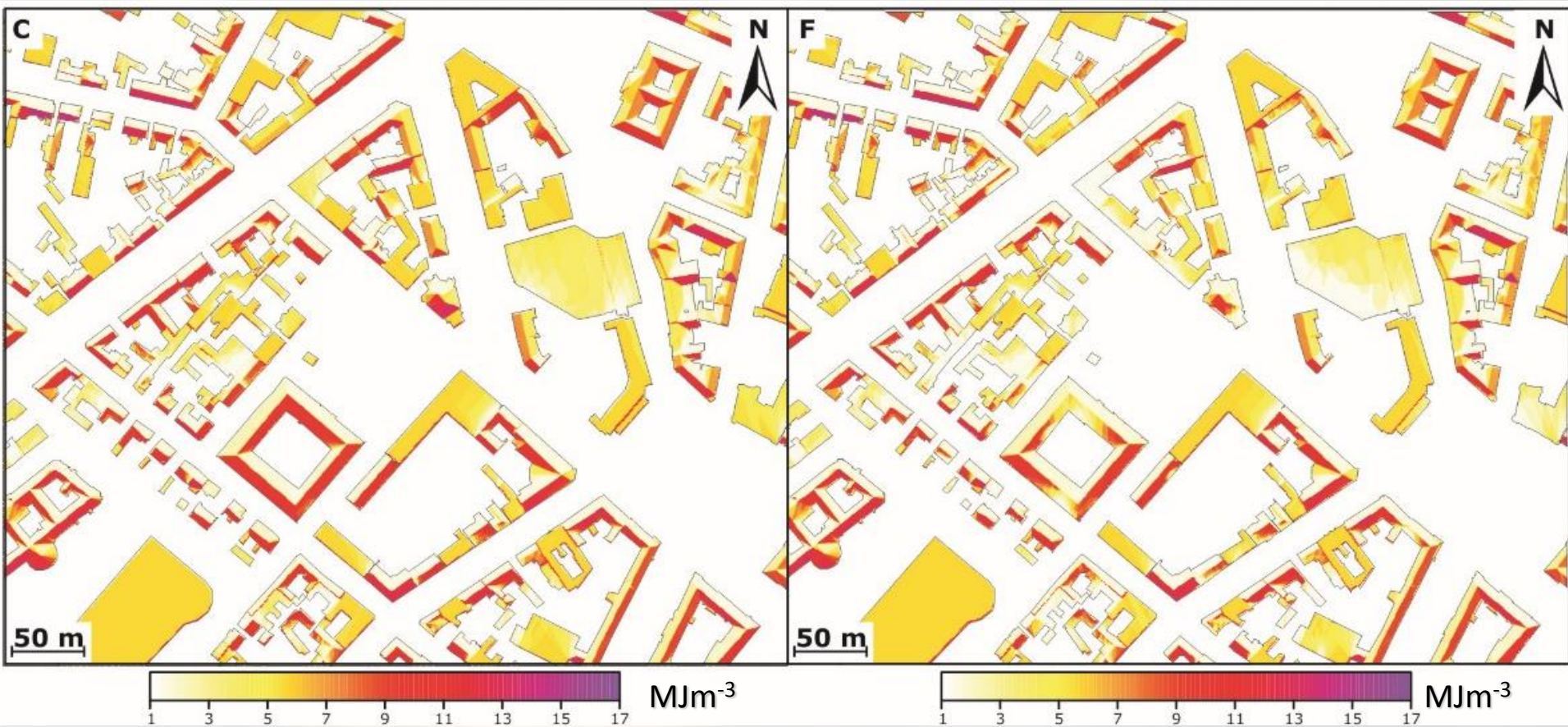
## Besugárzás (Tiszta légkör, téli napforduló)

Árnyékolás miatti besugárzás csökkenés a teljes területen

A besugárzás értéke alacsonyabb



Az árnyékolás hatása jelentősebb

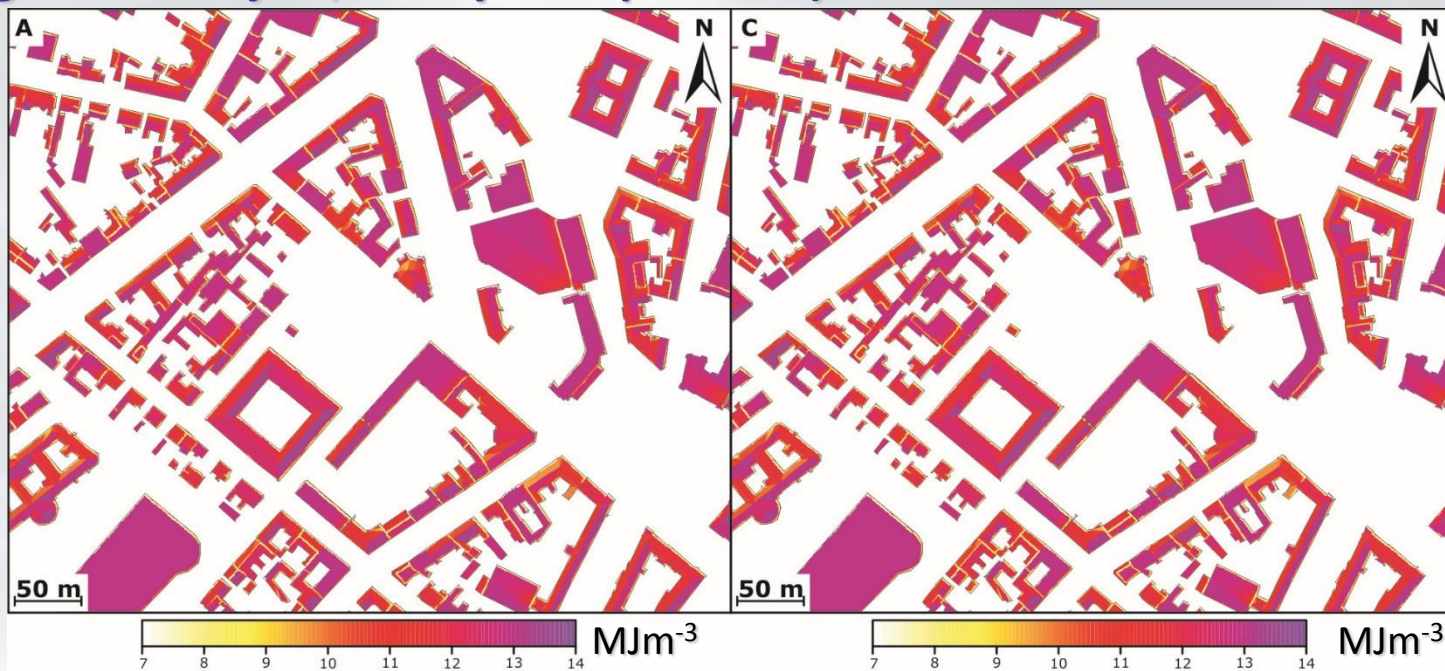


Fák nélkül

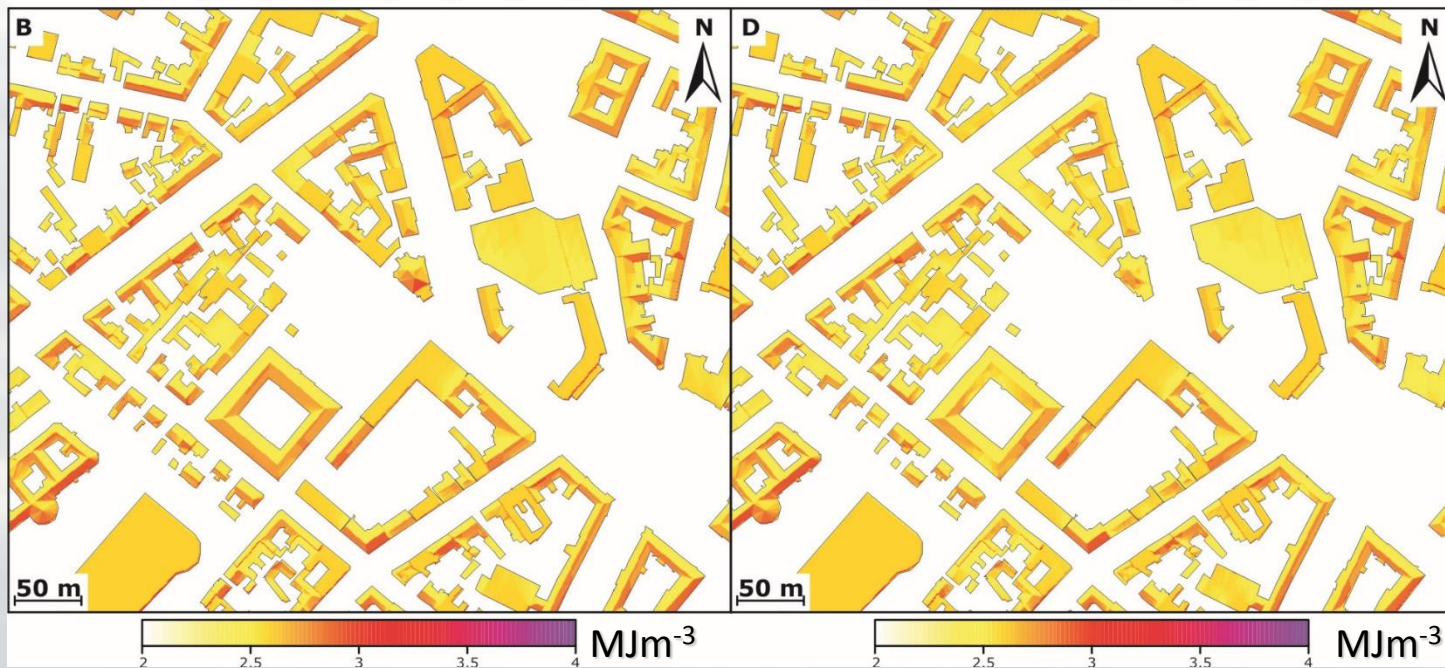
Fákkal

# Besugárzás (átlagos átbocsájtás, téli-nyári napforduló)

Nyár

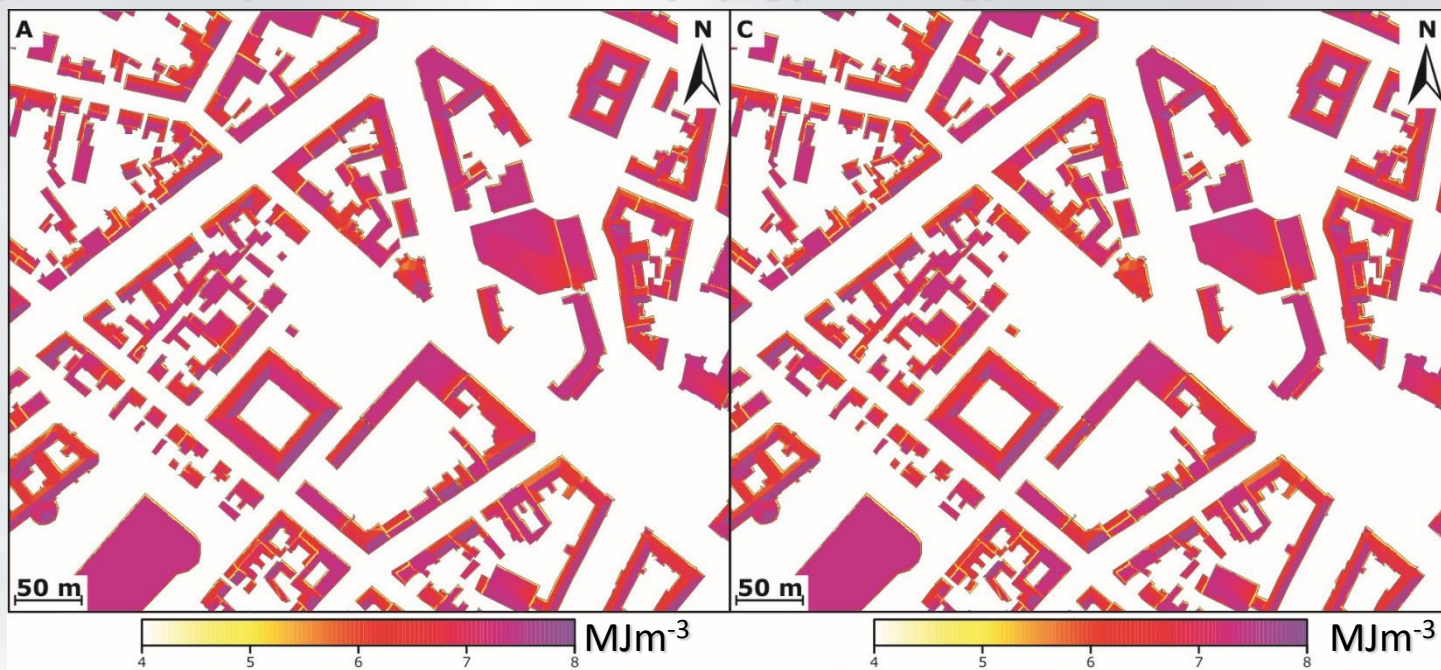


Tél

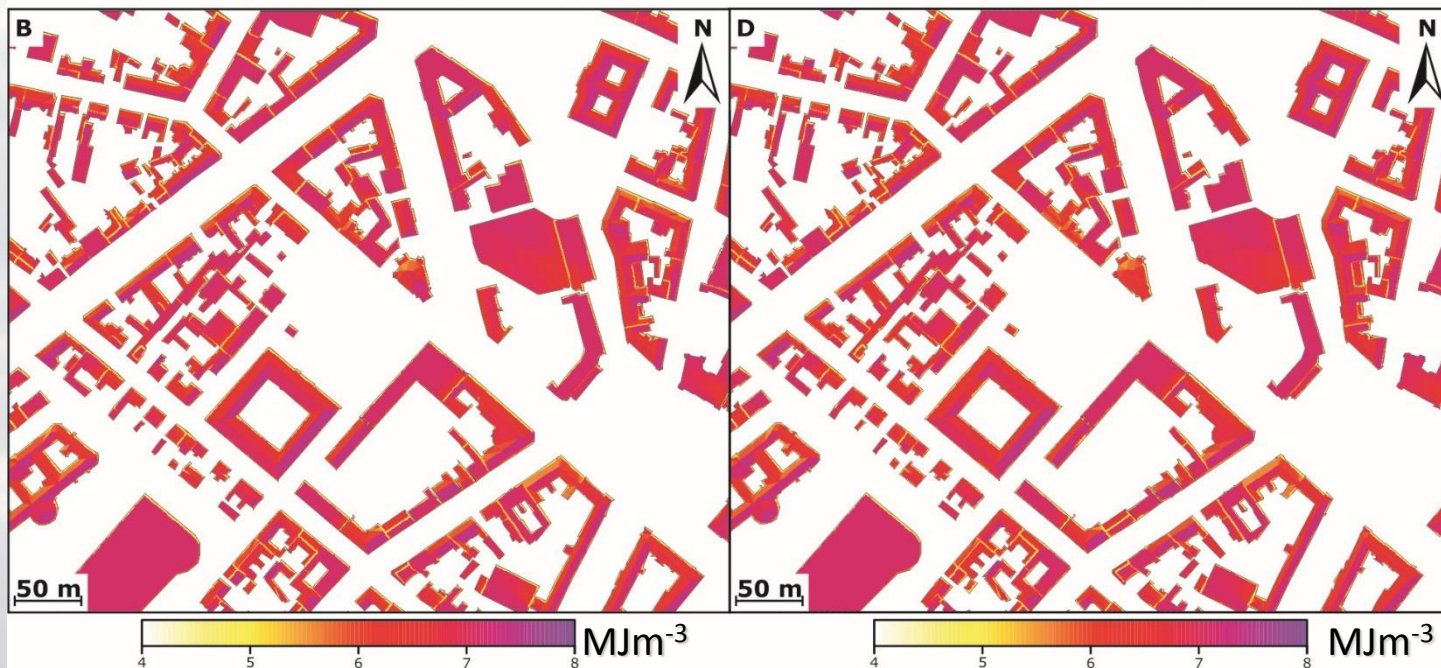


# Besugárzás (átlagos átboocsajtás, tavaszi-ősi napéjegyenlőség)

Nyár

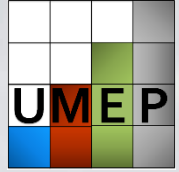


Tél



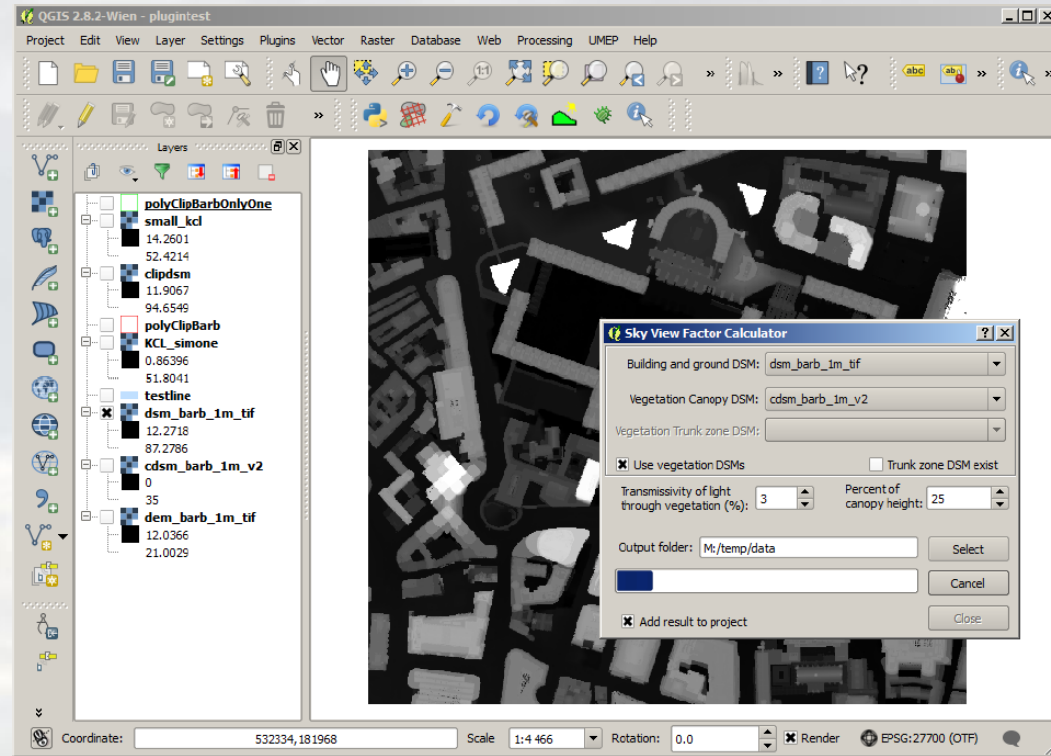


# Napenergia potenciál becslése az SEBE alkalmazással



Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP)  
Egyszerűen használható szoftver várostervezők számára:

- Felszínparaméterek (SVF, H/W, ...)
- kültéri humán komfort
- energia felhasználás
- 1-2D városklimatológiai modellek
- szoláris energia bevétel (SEBE)



Sue Grimmond – University of Reading, UK  
Fredrik Lindberg – University of Gothenburg – Sweden  
Leena Järvi – University of Helsinki – Finland  
Frans Olofsson - University of Gothenburg – Sweden  
Helen Ward - University of Reading, UK  
Niklas Krave - University of Gothenburg – Sweden  
Christoph. W. Kent - University of Reading, UK  
Shiho Onomura - University of Gothenburg – Sweden

# Solar Energy on Building Envelopes (SEBE)

## Felszínadatok

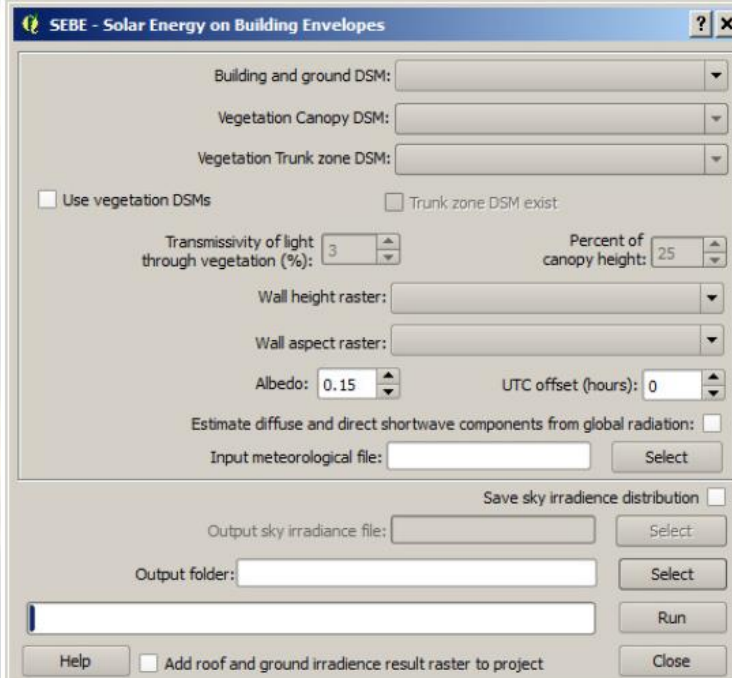
- Digitális felület modell (épületek, felszín)
- 2 opcionális további digitális felületmodell (lombkorona, törzs zóna)

## Meteorológiai adatok

- órás időjárási adatok
- mindenképpen szükséges: hőmérséklet, szél, nedvesség
- opcionális: felhőzet, globálsugárzás, rövid és hosszú hullámú sugárzási komponensek

## Eredmények

- Tetőkre és falakra külön
- Évi és havi besugárzás ( $\text{kWhm}^{-3}$ )



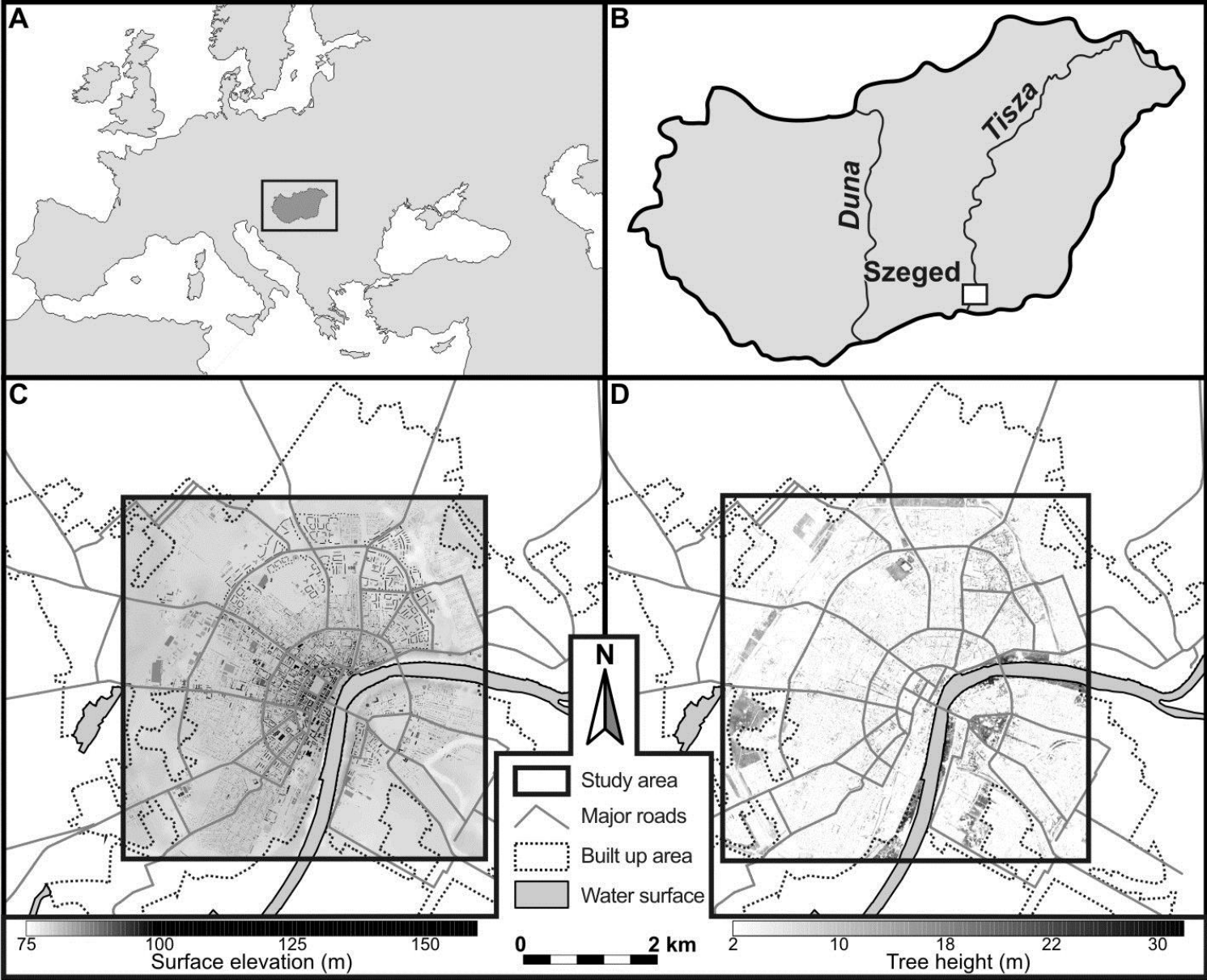
The screenshot shows the SEBE - Solar Energy on Building Envelopes software interface. The window title is "SEBE - Solar Energy on Building Envelopes". The interface includes several input fields and checkboxes:

- Building and ground DSM: [Dropdown menu]
- Vegetation Canopy DSM: [Dropdown menu]
- Vegetation Trunk zone DSM: [Dropdown menu]
- Use vegetation DSMs
- Trunk zone DSM exist
- Transmissivity of light through vegetation (%): [Spin box, value: 3]
- Percent of canopy height: [Spin box, value: 25]
- Wall height raster: [Dropdown menu]
- Wall aspect raster: [Dropdown menu]
- Albedo: [Spin box, value: 0.15]
- UTC offset (hours): [Spin box, value: 0]
- Estimate diffuse and direct shortwave components from global radiation:
- Input meteorological file: [Text field] [Select]
- Save sky irradiance distribution:
- Output sky irradiance file: [Text field] [Select]
- Output folder: [Text field] [Select]
- [Text field]
- [Run]
- [Help]  Add roof and ground irradiance result raster to project [Close]

[https://bitbucket.org/fredrik\\_ucg/umep](https://bitbucket.org/fredrik_ucg/umep)

# Vizsgált terület

## Szeged városias területe



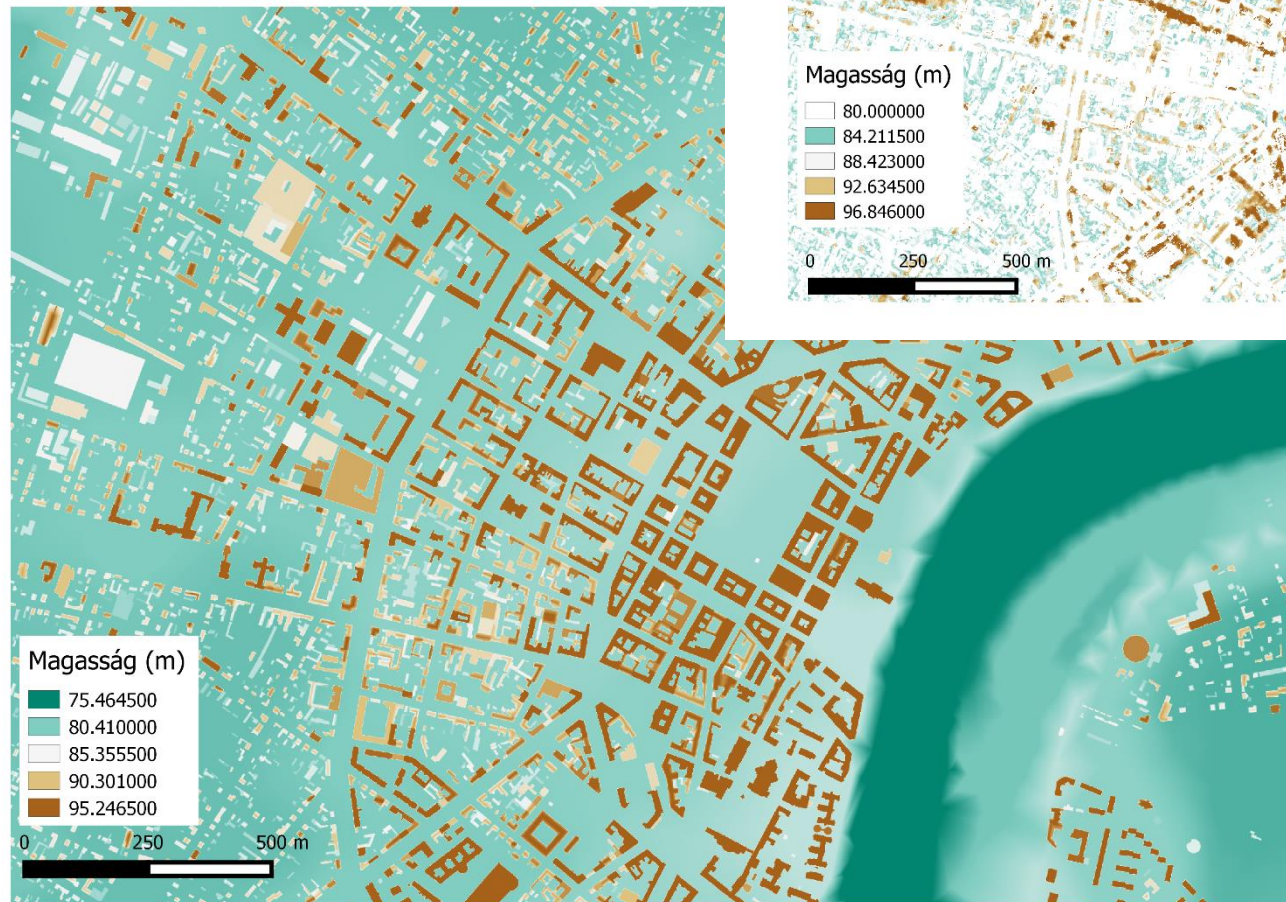
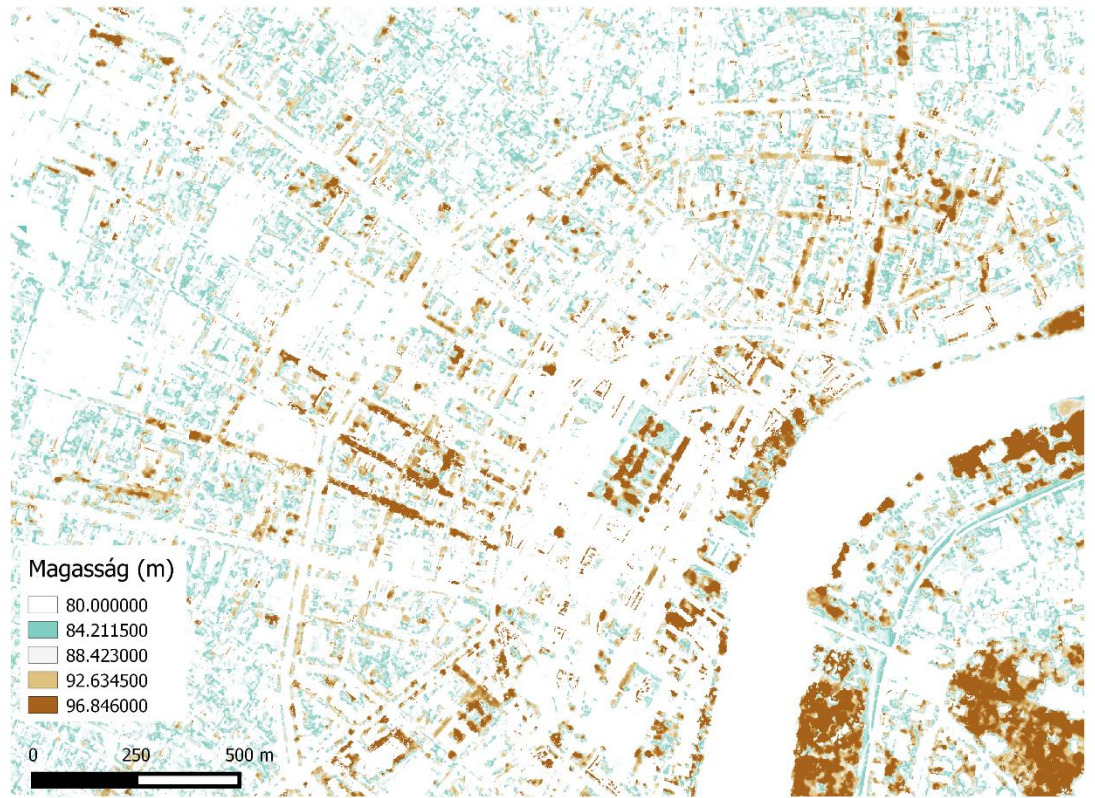
# Felszínadatok

Raszteres adatmodell

1 m-es felbontás

Egyszerűsített formájú tetők

Minden legalább 1 m magas  
növény (fák bokrok)

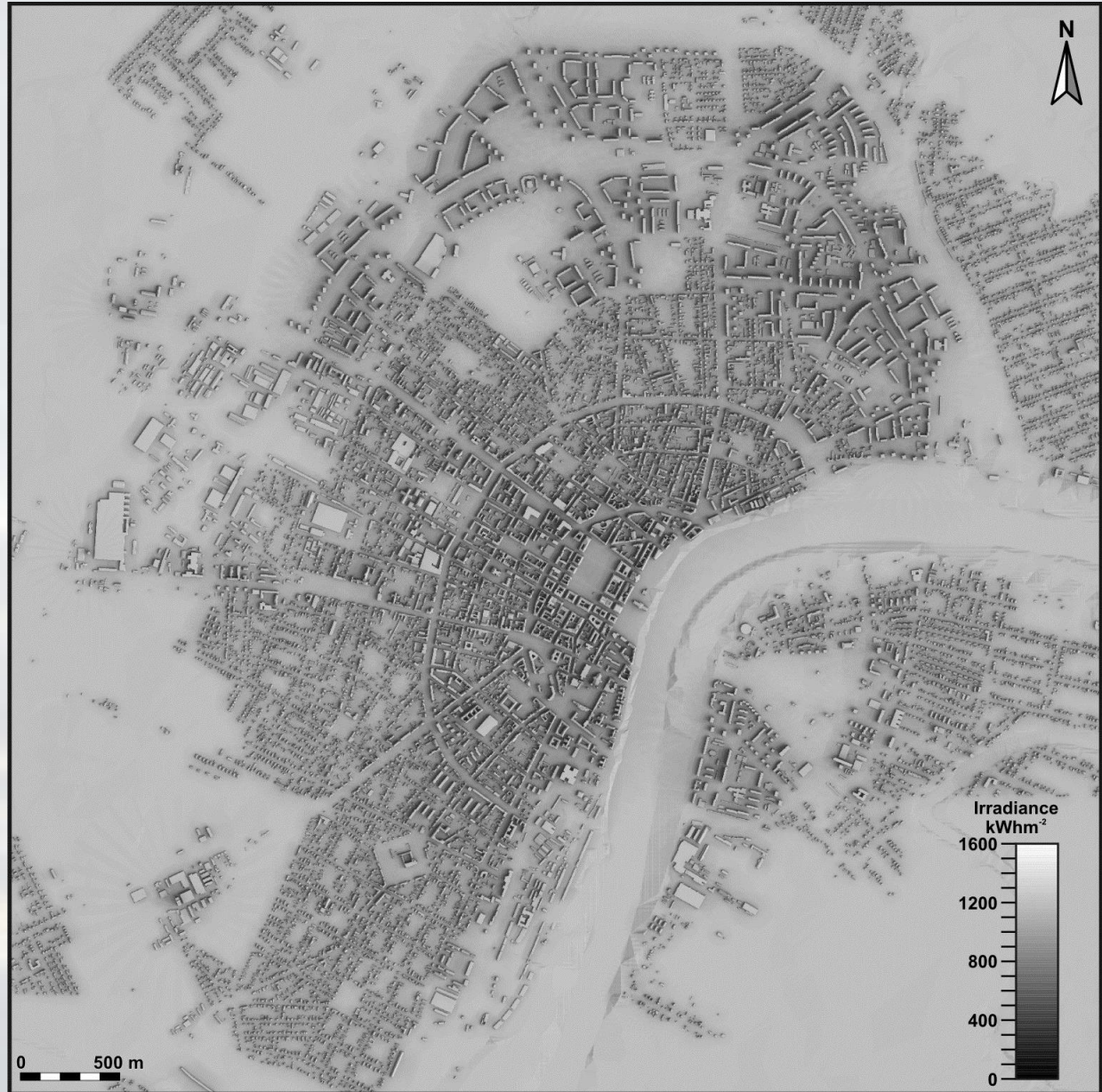


# Eredmények

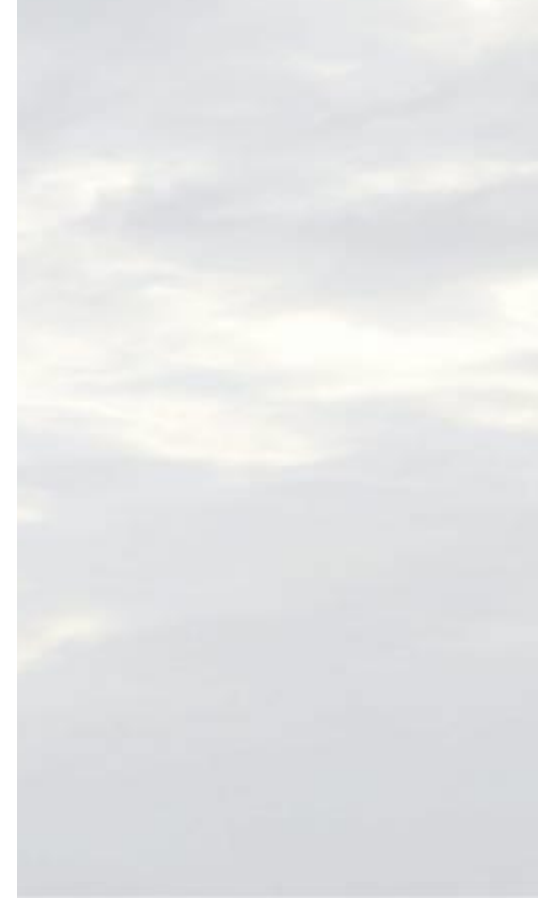
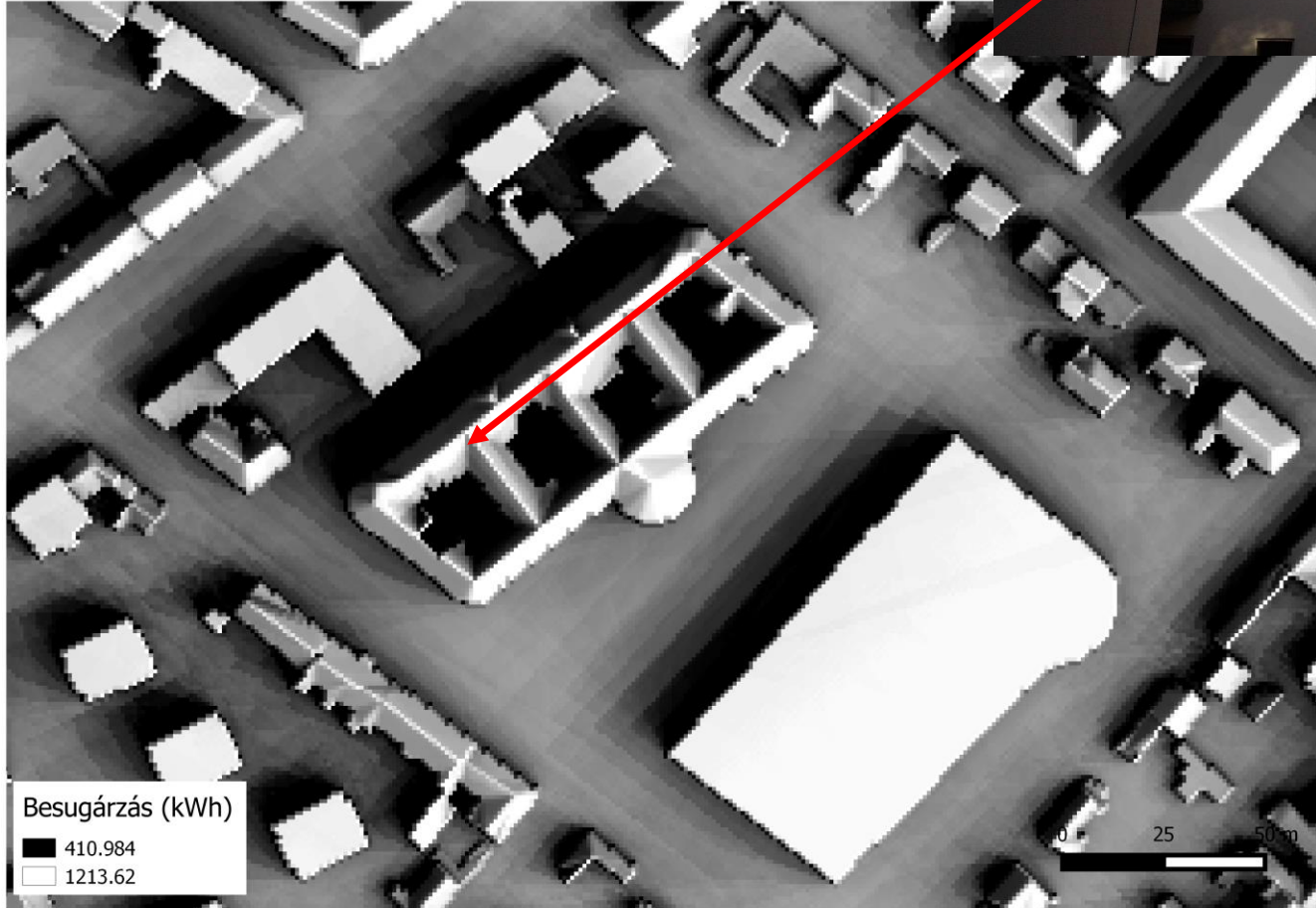
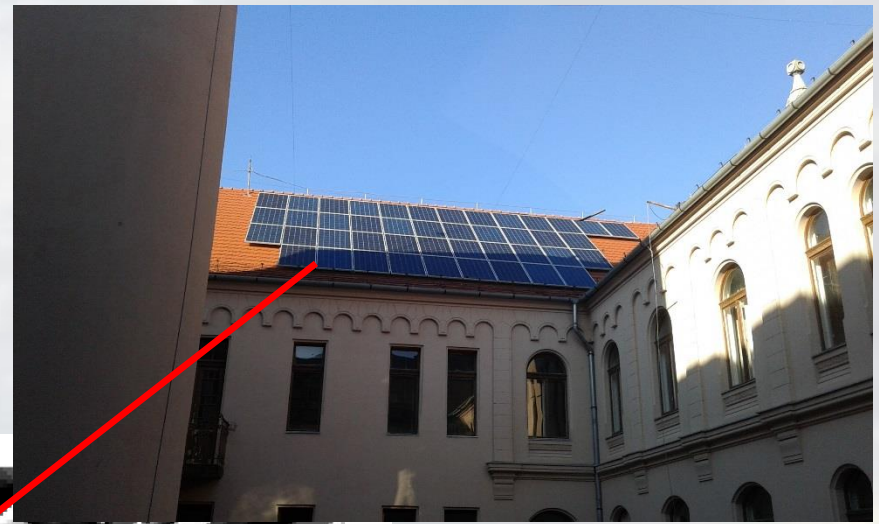
2015 meteorológiai adatai alapján

Fák nélkül

410-1216 kWh



A módszer alkalmas egyedi tetők szolár potenciáljának számítására is



2015 meteorológiai adatai alapján

Fák figyelembe vételével

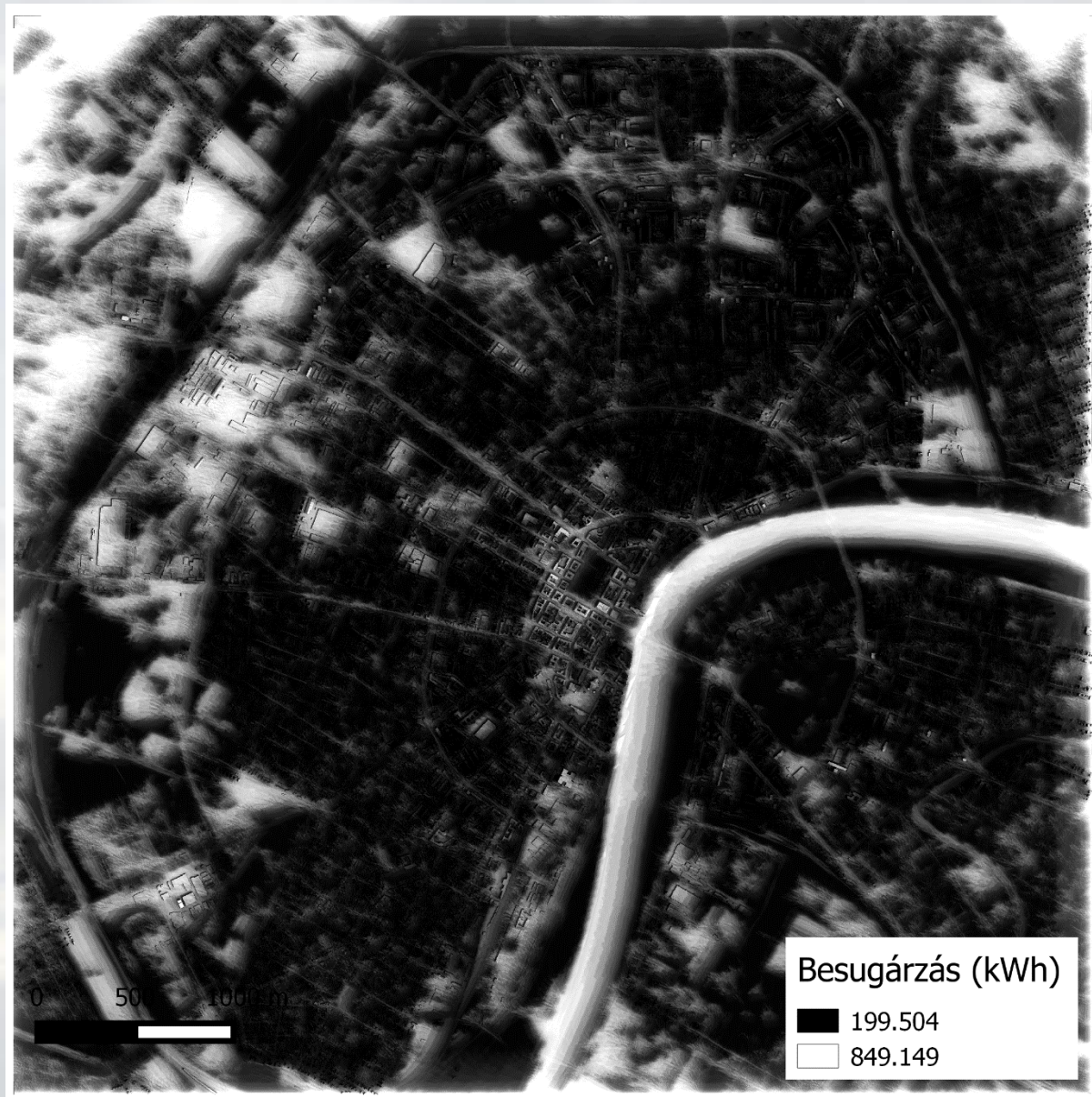
200-850 kWh

Jelentős csökkenés

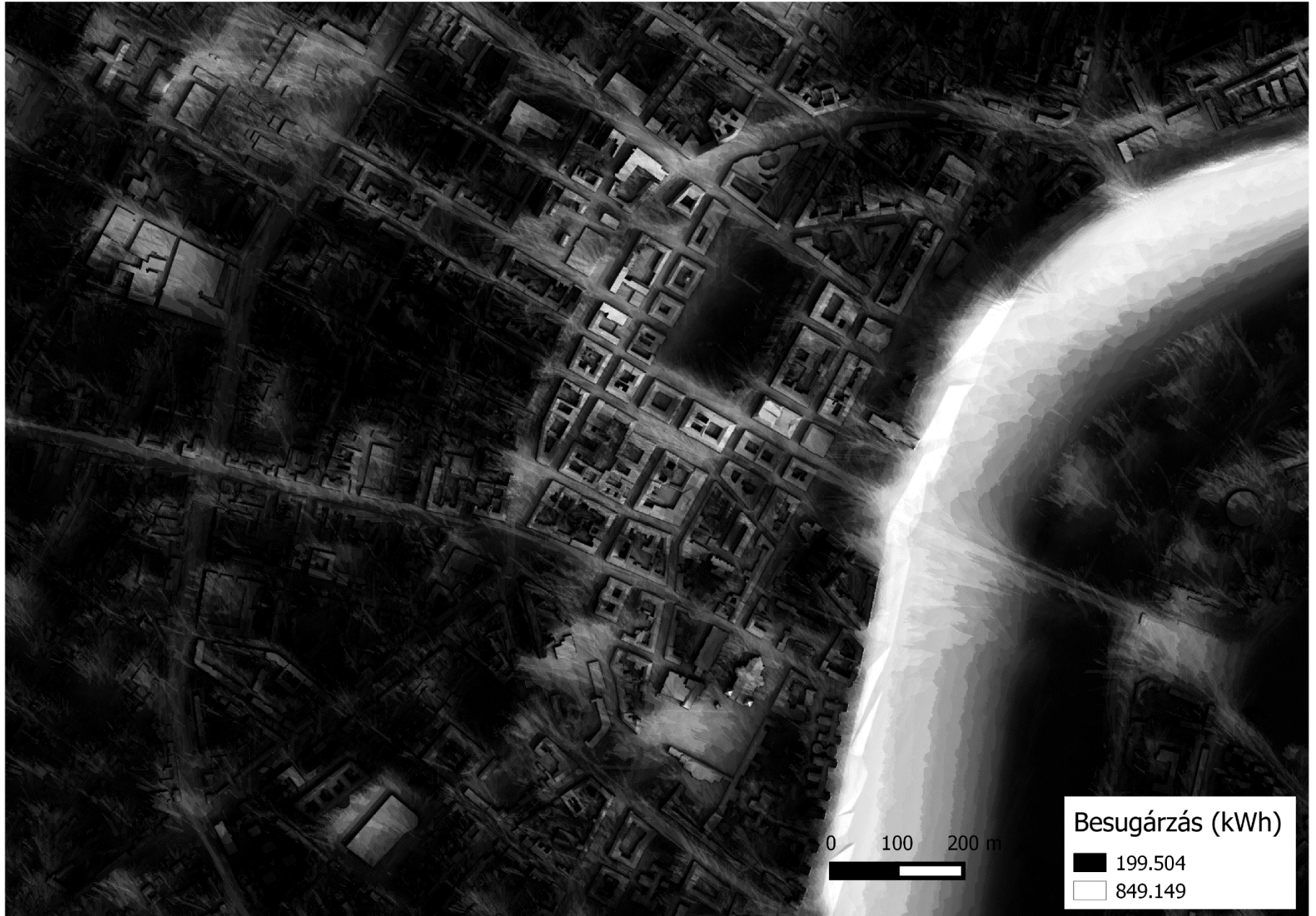
Utcaszinten

Családi házas területeken

Viszonylag magas értékek a  
„fátlan” belvárosban



# Épületek szintjén is alkalmazható eredmények





# Összegzés

A városi területeken besugárzás pontos számítása elengedhetetlen

Több módszer is létezik erre a célra

A legfőbb korlátozó tényezők

- épületek egymásra vetett árnyékai
- Fák vetett árnyéka

Lehetséges a besugárzás pontos számítása a valós időjárási adatok alkalmazásával

- Épületekre
- Városokra városrészekre
- Adott település bizonyos épülettípusaira (nem műemlék, közintézmény, csak D-i tetők, stb.)

Elkerülhetők a nem kedvező tetősíkokra történő napelem telepítés

Pontosan megismerhető a szolár potenciál városaink esetén



# Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék



***Köszönöm a figyelmet!***

Gál Tamás

egyetemi adjunktus

[tgal@geo.u-szeged.hu](mailto:tgal@geo.u-szeged.hu)

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

