

SOLAR ACCESS AND ENERGY GAIN OF THE BUILDINGS IN A DENSELY BUILT URBAN AREA

TETŐK POTENCIÁLIS SZOLÁRIS ENERGIA-BEVÉTELÉNEK KISZÁMÍTÁSA EGY SŰRŰN BEÉPÍTETT VÁROSI TERÜLETEN

Gál, Tamás – Unger, János

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

tgál@geo.u-szeged.hu, unger@geo.u-szeged.hu

www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan

16th Building Services, Mechanical and Building Industry days

14-15 October 2010, Debrecen, Hungary

Bevezetés

A szoláris sugárzás jelentős forrás lehet városi környezetekben

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)

Hiány van olyan eszközökből, amelyek alkalmasak a besugárzás kiszámítására az összetett városi környezetben

Introduction

Solar radiation is a significant energy source in urban environments

The amount of solar energy

reaching the surface depends:

- the seasonal change of the Earth-Sun geometry
- the location of the place
- the atmospheric conditions (local weather, air pollution)
- urban surface geometry (building heights and distribution, shading)

There is a lack of methods which is suitable for calculation of the irradiation of the complex urban surface

Célkitűzés

- Új a módszer
→ besugárzás számítás városi területeken
- A napi besugárzás összegének kiszámítása Szegeden
- Az épületek kölcsönös leárnyékoló hatása
→
energia veszteség

Aims and objectives

- Develop a new method
→ solar radiation calculation for urban areas
- Calculate the daily sum of the solar radiation in Szeged
- Mutual shading
→
quantify solar energy loss

Vizsgált terület

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

Számítási terület (C) 0,6 km²,
199 160 m² épület
13 m átlag magasság

→ Besugárzás számítás

Study area

Szeged (46°N, 20°E)
SW Hungary
at 79 m asl
on a flat plain

Calculation area (C) 0,6 km²,
199 160 m² buildings with
13 m average height

→ Irradiance calculation



Vizsgált terület

A Mintaterület, 230m x 160m,
Változékony épület magasság
6-35 m

B Mintaterület, 230m x 160m,
Egyenletes épület magasság
(2)-12-27 m

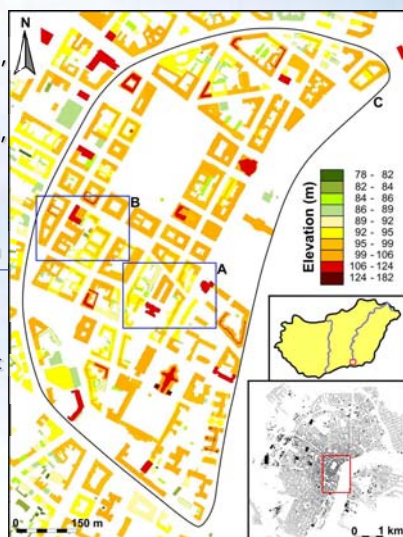
→ Az eredmények bemutatása

Study area

Study area A 230 m x 160 m,
Inhomogeneous building height
6-35 m

Study area B 230 m x 160 m,
Relatively homogeneous
building height
(2)-12-27 m

→ Present the results



Felhasznált adatok

Digitális felületmodell

→ Felszín geometria

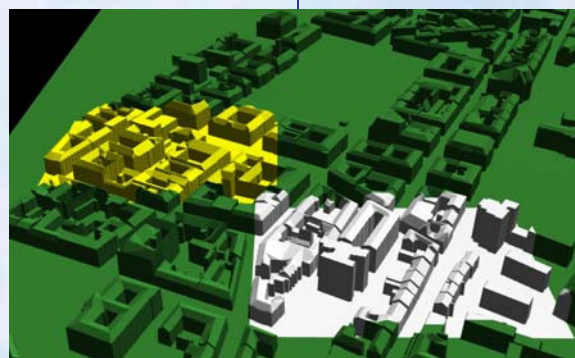
→ Besugárzás

Applied data

Digital surface model

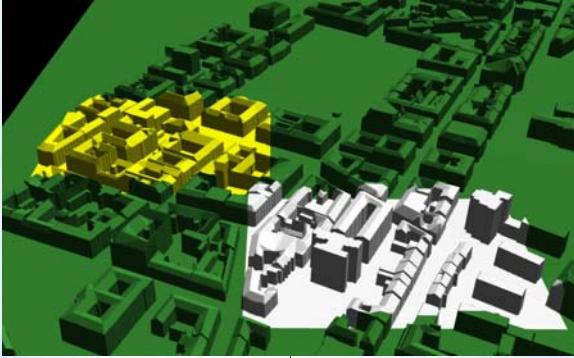
→ Surface geometry

→ Solar radiation



Digitális felületmodell

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



Digital surface model

- Based on
- the digital elevation model of the area (natural relief)
 - 3D building database of Szeged (building footprints, and height)
 - location of the ridges and eaves (digitized from aerial photographs)

A besugárzás számítása

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

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

h_{sun} : Nap horizont feletti magassága
 a_{sun} : Nap azimut szöge
 h_{slope} : lejtőszög
 a_{slope} : kitettség

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

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

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

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

I_0 : napállandó

τ : a légkör átbocsátási együtthatója

Calculation of the solar radiation

The key parameter is the angle (i) between the direction of the Sun and normal of the slope

h_{sun} : solar altitude angle
 a_{sun} : solar azimuth angle
 h_{slope} : slope angle
 a_{slope} : slope aspect

A direct (I_{dir}), diffuse (I_{diff}) and reflected (I_{refl}) radiation:

I_0 : solar constant

τ : atmospheric transmittance

A besugárzás számítása

A besugárzás az árnyékolás figyelembevételével ($K \downarrow_{\text{shade}}$):

Ha az adott pont

Napon van

$$K \downarrow = I_{\text{dir}} + I_{\text{diff}} + I_{\text{refl}}$$

If the point is

not in shade

Árnyékban van

$$K \downarrow = I_{\text{diff}} + I_{\text{refl}}$$

in shade

A besugárzás az árnyékolás nélkül ($K \downarrow_{\text{no-shade}}$):

$$K \downarrow = I_{\text{dir}} + I_{\text{diff}} + I_{\text{refl}}$$

Calculation of the solar radiation

The irradiation with the shading effect ($K \downarrow_{\text{shade}}$):

The irradiation without the shading effect ($K \downarrow_{\text{no-shade}}$):

Számítás → Avenue algoritmus

3 jellegzetes napon

30 perces felbontással

Calculation → Avenue algorithm

3 representative day

15 min time step

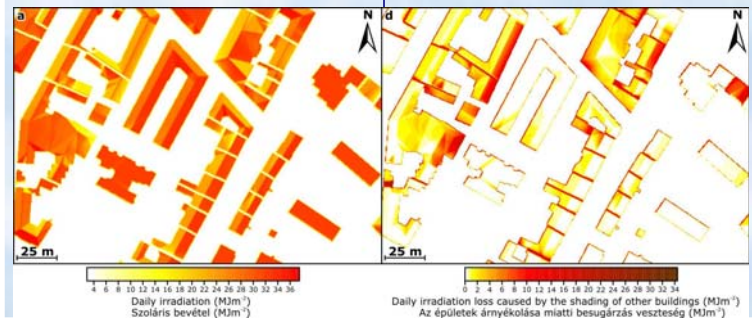
Eredmények

A Mintaterület, nyári napforduló

Maximum → Déli tetőkön

A magas épületek környezetében

Az alacsony épületeken besugárzás csökkenés



Results

Study area A, Summer solstice

Maximum → Southern roofs

Around the higher buildings

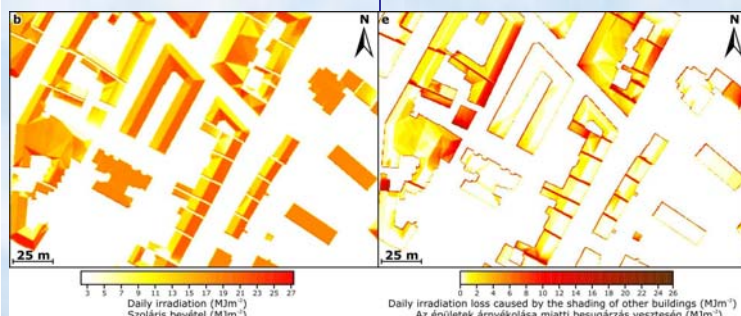
Energy loss at the low buildings

Eredmények

A Mintaterület, tavaszi-őszi napéjegyenlőség

Alacsonyabb napmagasság

Az árnyékolás hatása nagyobb területen jelentkezik



Results

Study area A, March-September equinoxes

Lower Sun altitude

The shading effect occurs in a wider area

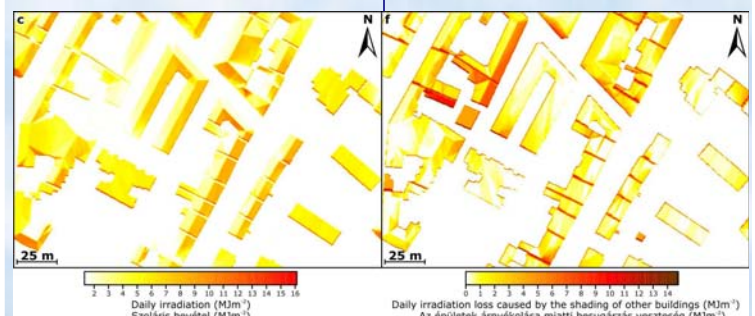
Eredmények

A Mintaterület, téli napforduló

Árnyékolás miatti besugárzás csökkenés a teljes területen

A besugárzás értéke alacsonyabb

Az árnyékolás hatása jelentősebb



Results

Study area A, Winter solstice

The shading decreases the solar energy gain in the whole area

The value of the irradiation is lower

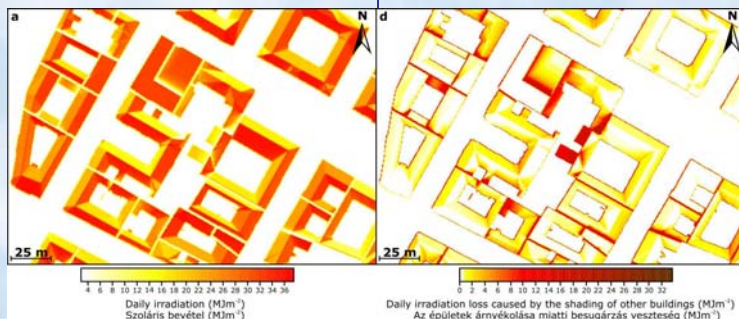
The energy loss is relatively higher

Eredmények

B Mintaterület, nyári napforduló

Közel azonos tetőmagasság

Csak egy két melléképület esetében jelentős az árnyékolás



Results

Study area B, Summer solstice

Almost homogenous building height

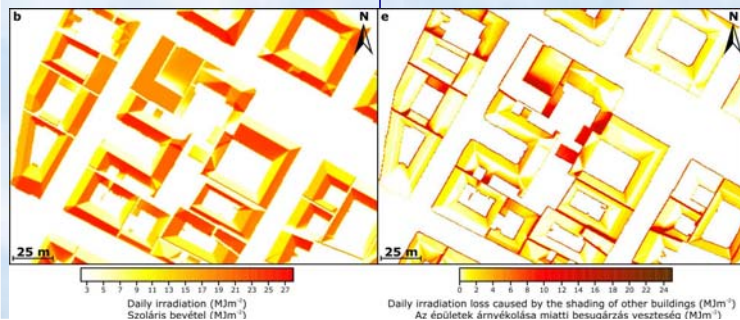
The effect of the shading is significant only in few low buildings

Eredmények

B Mintaterület, tavaszi-ősz napéjegyenlőség

Hasonló változás, mint az A területnél

De a besugárzás veszteség messze nem annyira jelentős



Results

Study area B, March-September equinoxes

Similar to study area A

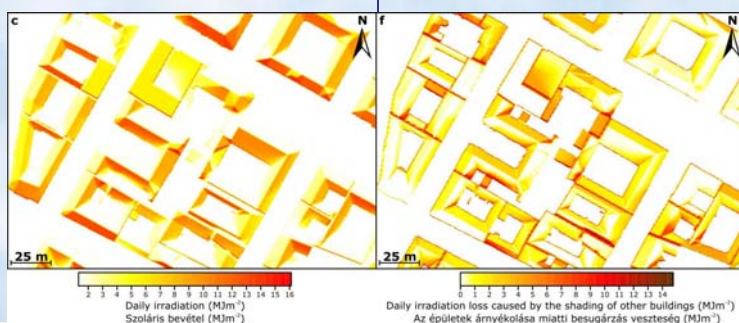
But the energy loss is much lower

Eredmények

B Mintaterület, téli napforduló

Az árnyékolás hatása a területen egyenletesen jelentkezik

Nagysága kevésbé jelentős mint az A területen



Results

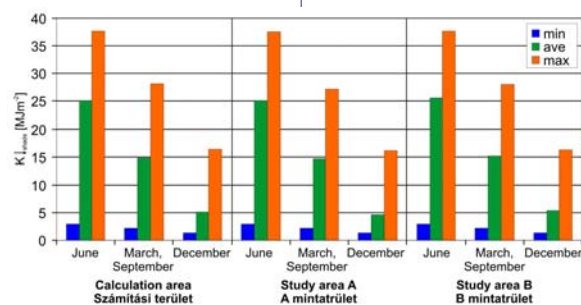
Study area B, Winter solstice

The effect of the shading is equable

The energy loss is less significant than in area A

Eredmények

Az átlagos és a maximális szoláris energia bevétel a B mintaterületen magasabb

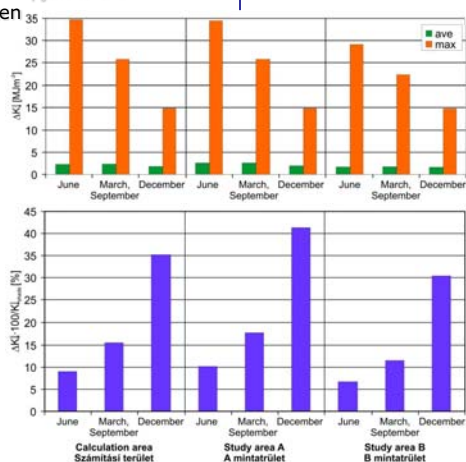


Results

The average and the maximum of the solar energy gain is higher in study area B

Eredmények

A két módon számolást eredmények különbségei alapján a B mintaterületen kisebb a szoláris energia veszteség



Results

The differences of the values of the two calculation method reveals the lower energy loss in study area B

Összegzés

- Létrehoztunk egy módszert a besugárzás számítására
- Ez az új módszer figyelembe veszi az épületek egymásra gyakorolt árnyékhátását
- Kiszámítottuk egy jelentős méretű városi terület potenciális energia szoláris energia bevételét
- Ráműtöttünk, hogy a homogén tetőmagasságú városrészek a napenergia alkalmazás szempontjából előnyösebb

Conclusions

- We have developed a method for irradiance calculation
- This novel method takes into account the effect of the mutual shading
- We carried out irradiance calculation for a large urban area
- Our results reveal the importance of the effect of mutual shading on the possible solar energy gain



University of Szeged
Dep. of Climatology and Landscape Ecology



Köszönjük a figyelmet!
Thank You for your attention!

Gál, Tamás – Unger, János
SZTE, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
tgál@geo.u-szeged.hu, unger@geo.u-szeged.hu
www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan