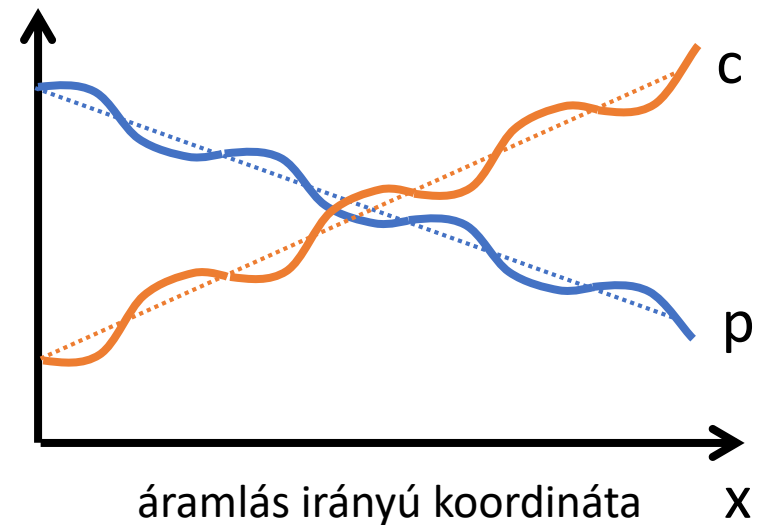




# Nyomás tendenciája a csatorna-áramlásban



**S.V. Patankar, C.H. Liu, E.M. Sparrow:**  
Fully Developed Flow and Heat Transfer in Ducts  
Having Streamwise Periodic Variations of Cross-  
Sectional Area,  
Journal of Heat Transfer, 180–186, 1977.

Periodikus rész

Lineáris rész

$$p = \tilde{p} + \bar{p}$$
$$c = \tilde{c} + \bar{c}$$

# Periodikus terjedésmodell

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

Mozgásegyenlet: 
$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \cdot (\nu_t \nabla \vec{v})$$

Szennyező transzport: 
$$\frac{\partial c}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla c = \nabla \cdot (D_t \nabla c)$$

$$p = \tilde{p} + \bar{p} \quad c = \tilde{c} + \bar{c} \quad \vec{d} = d_x \vec{e}_x + d_y \vec{e}_y$$

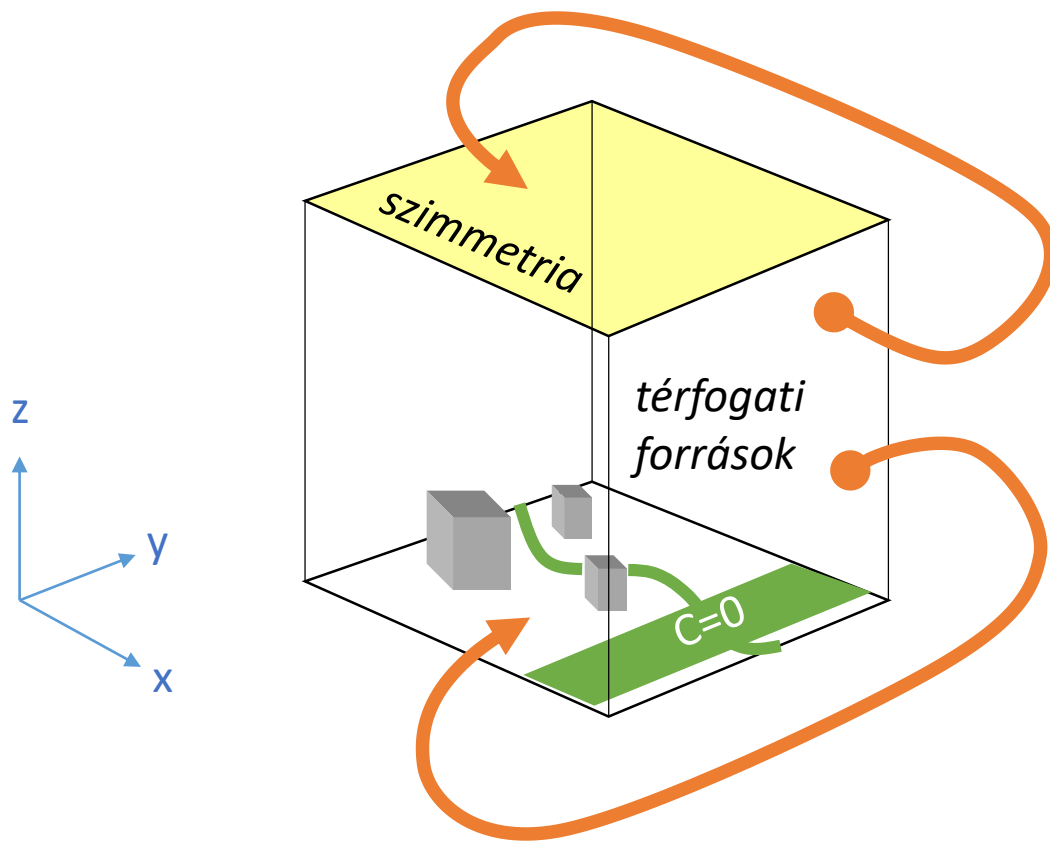
$$\nabla p = \nabla \tilde{p} - \vec{d} \Pi, \quad \nabla c = \nabla \tilde{c} + \vec{d} \sigma$$

Periodizált  
munkaegyenletek

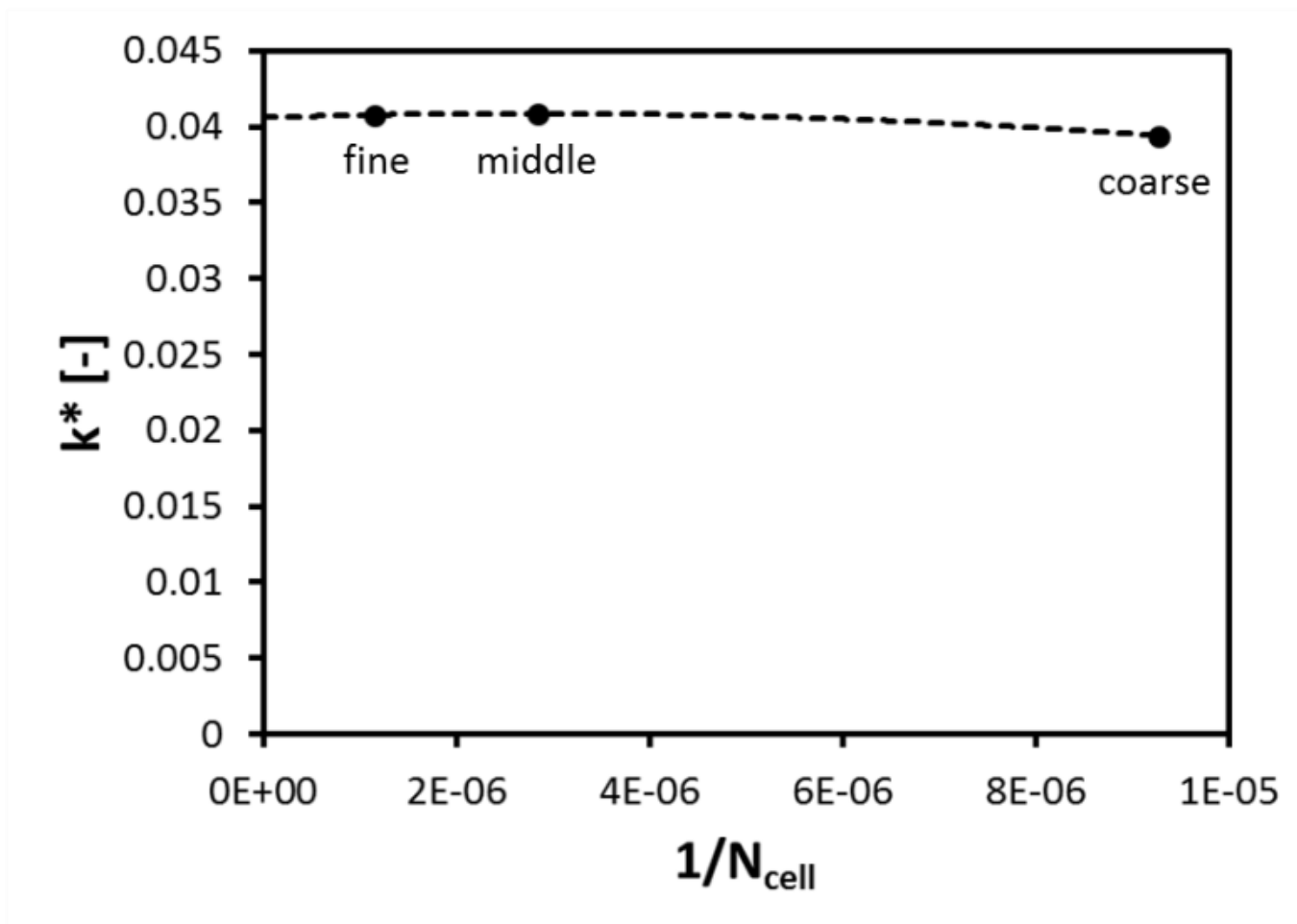
$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla \tilde{p} + \nabla \cdot (\nu_t \nabla \vec{v}) + \frac{1}{\rho} \vec{d} \Pi$$

$$\frac{\partial \tilde{c}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \tilde{c} = \nabla \cdot (D_t \nabla \tilde{c}) - \vec{v} \cdot \vec{d} \sigma$$

# Periodikus terjedésmodell

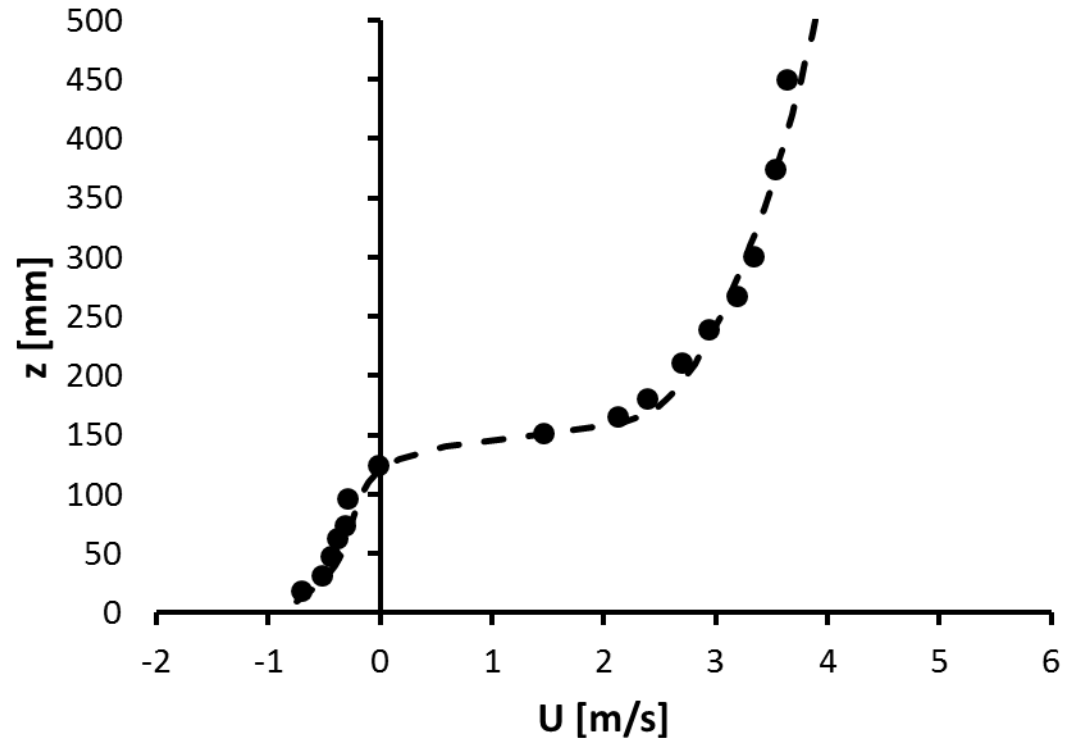
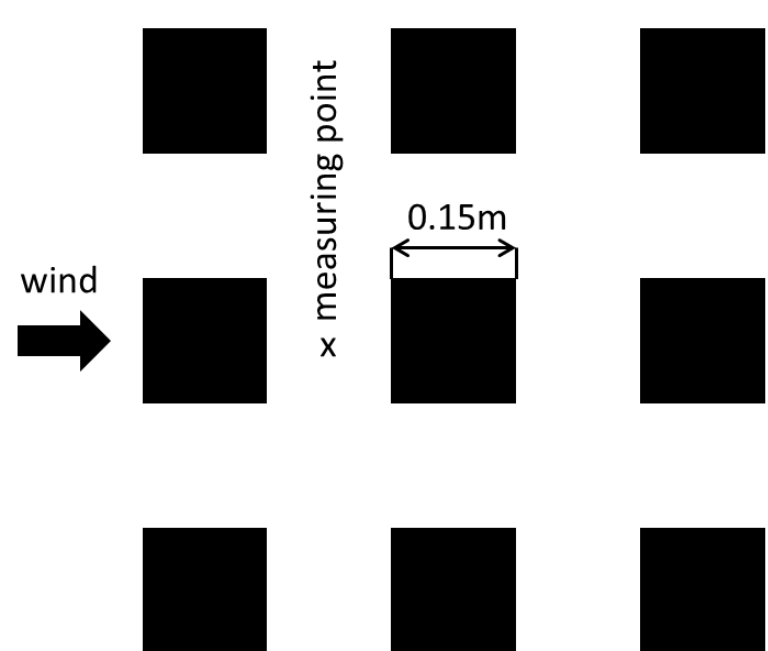


# Hálókönvergenca



# A modell validációja

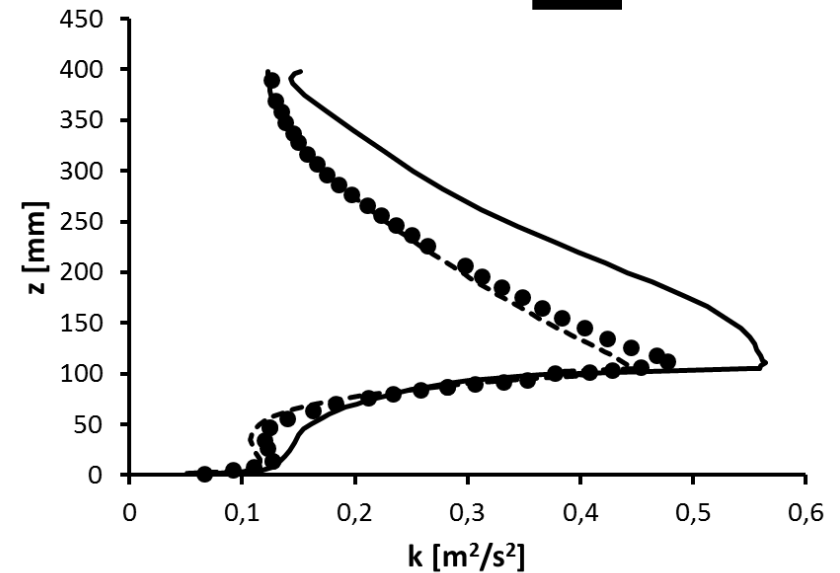
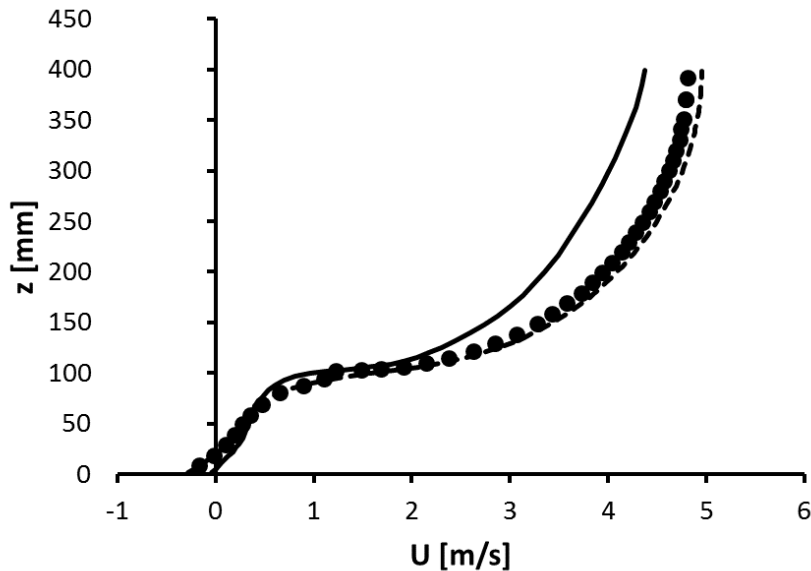
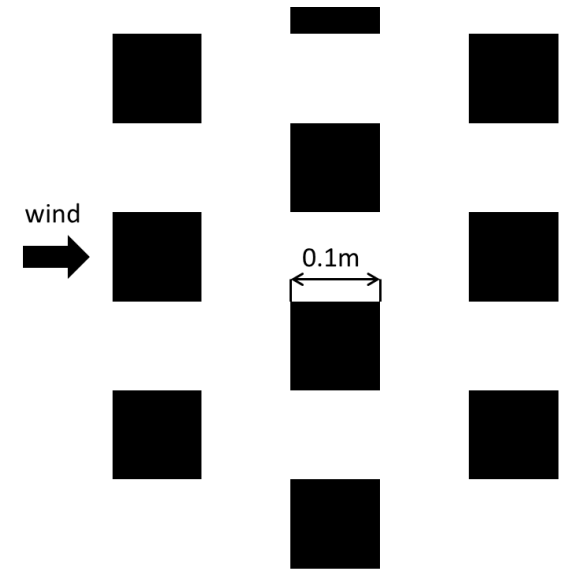
**F. Lien, E. Yee:** Numerical modelling of the turbulent flow developing within and over a 3-D building array, Part I: a high-resolution Reynolds-averaged Navier-Stokes approach, *Boundary-Layer Meteorology* 112: 427–466, 2004.



Round symbols: wind tunnel measurement of Lien et al. (2004)

# A modell valivációja

**J.L. Santiago, O. Coceal, A. Martilli, S.E. Belcher:**  
Variation of the Sectional Drag Coefficient of a Group of Buildings with Packing Density, Boundary-Layer Meteorol 128:445–457, 2008-



Dashed line: RANS model of Santiago et al. (2008)  
Heavy solid line: DNS model of Santiago et al. (2008)

# Az átszellőzés hatékonysága

Felületi nyíróerő [N]:  $\vec{F} = \int_V \vec{d} \Pi dV = \vec{d} \rho u_*^2 A \rightarrow u^*$  súrlódási sebesség

Kibocsátás [kg/s]:  $E = \int_V \vec{v} \cdot \vec{d} \sigma dV$

Anyagátadási tényező [kg/m<sup>2</sup>-s]:  $k_c = \frac{E}{A(c_{ground} - c_{bulk})}$

Hígítási  
tényező

Speciálisan  
értelmezett  
Stanton-szám.

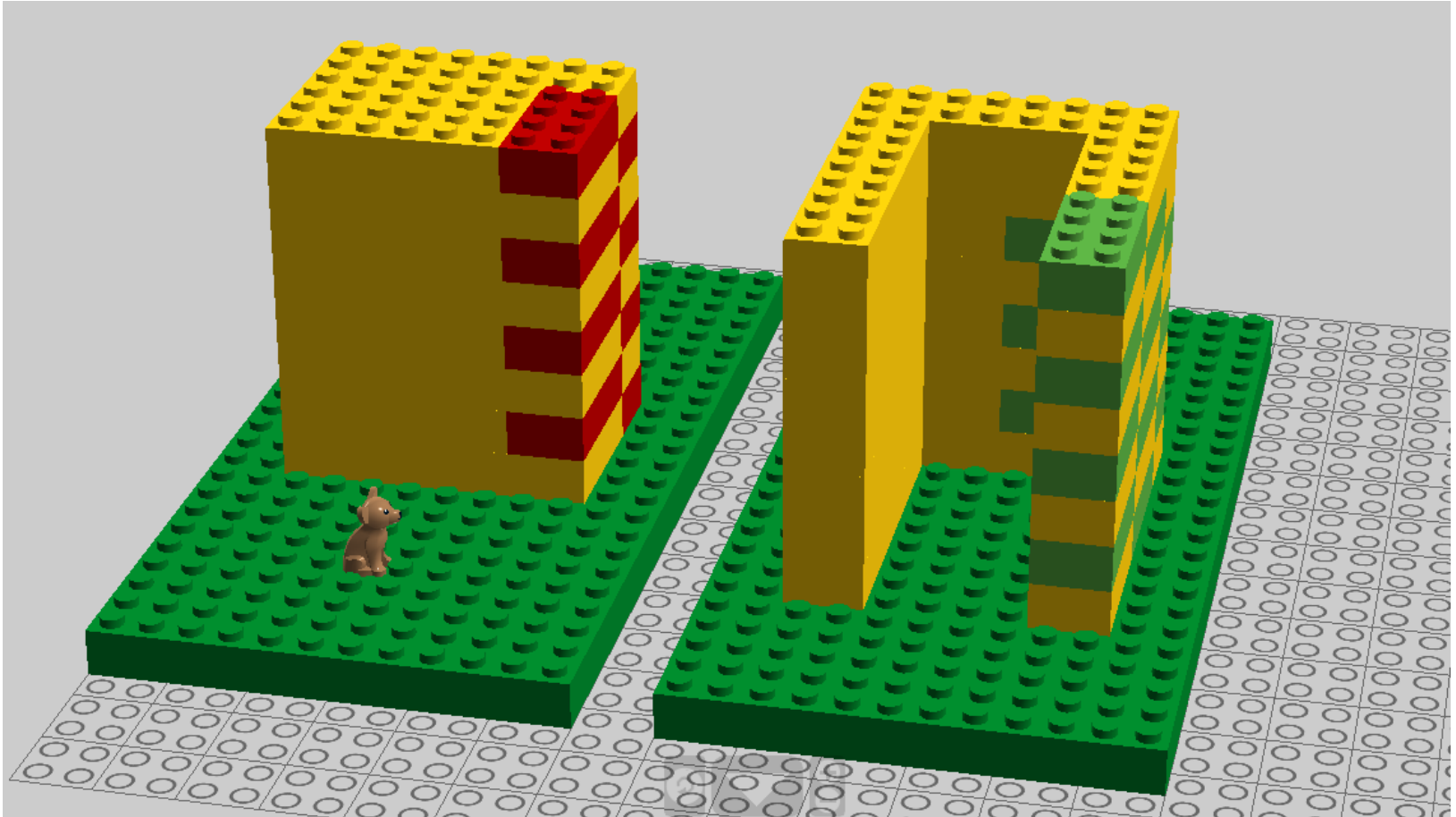
$$k^* = \frac{k_c}{\rho u^*}$$

Dimenzió nélküli  
koncentráció  
(mezőváltozó).

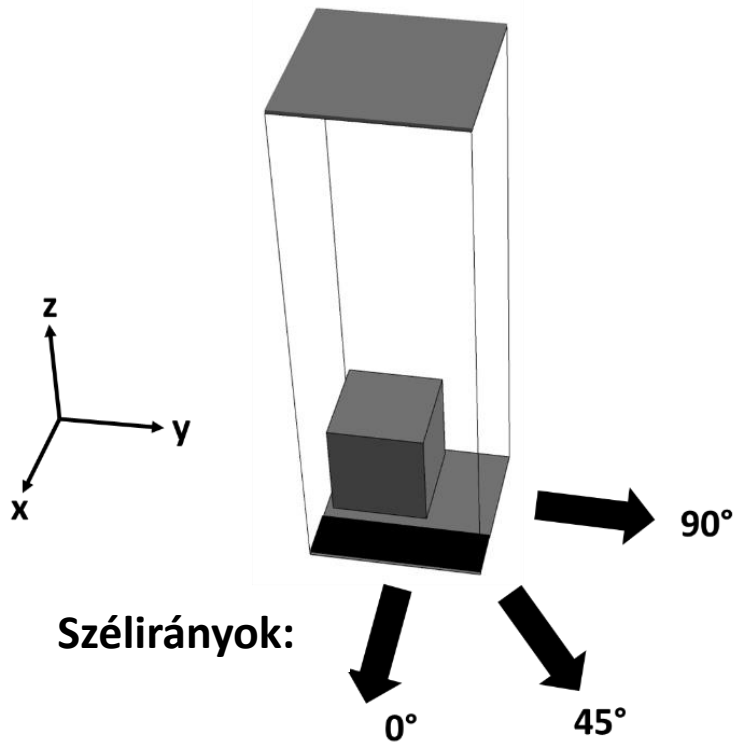
$$c^* = \frac{c - c_{bulk}}{A \rho u^*}$$



Hogyan rendezzünk el adott épülettömeget, adott területen a legjobb átszellőzés érdekében?



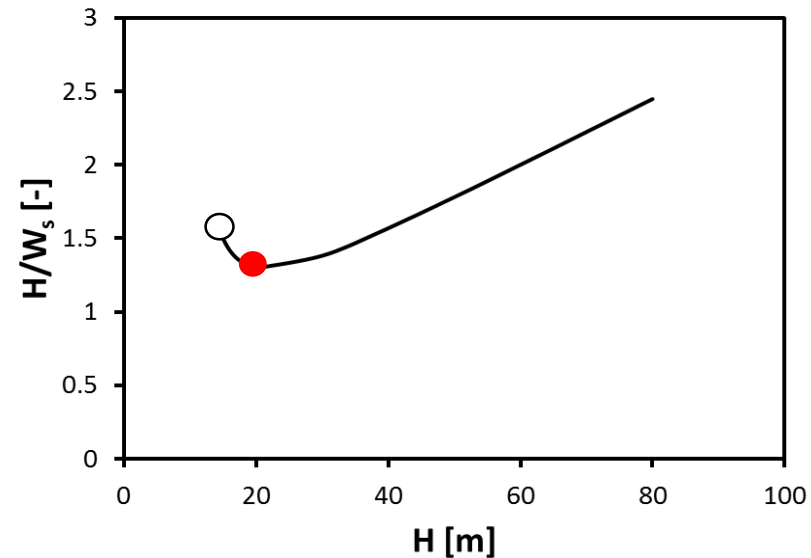
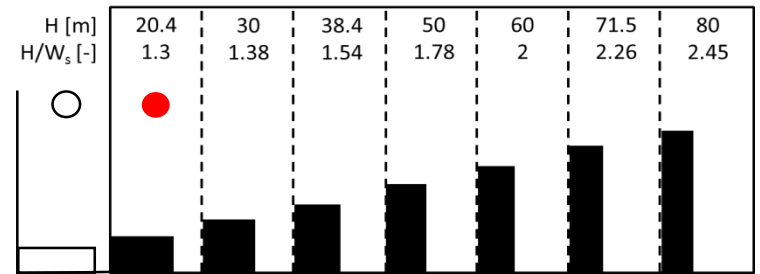
# Négyzetes oszlop alakú épületek magasságának optimalizálása



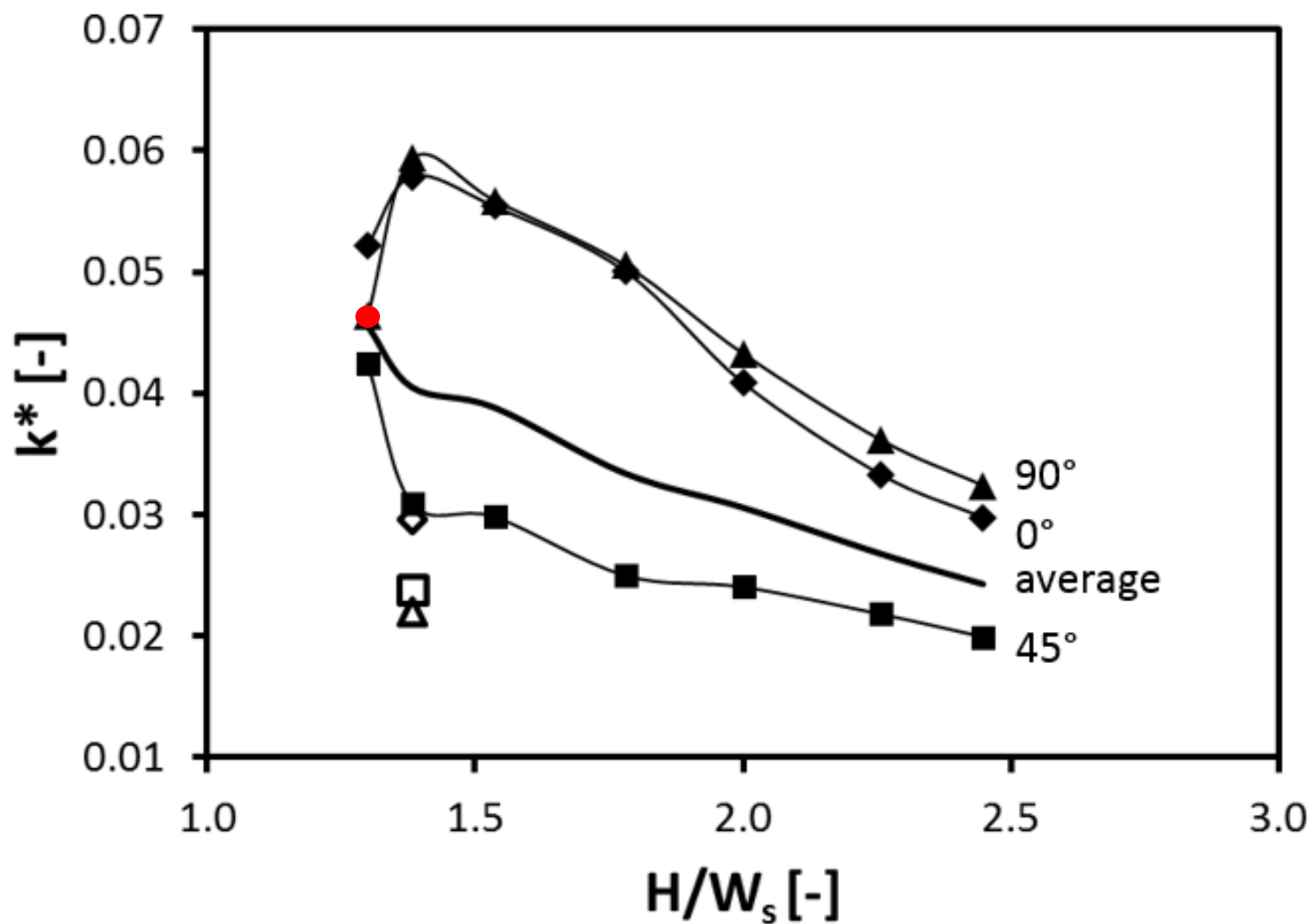
Átlagolás irány szerint:

$$k^* = \left( 0.25 c_{0^\circ}^* + 0.50 c_{45^\circ}^* + 0.25 c_{90^\circ}^* \right)^{-1}$$

## Vizsgált változatok

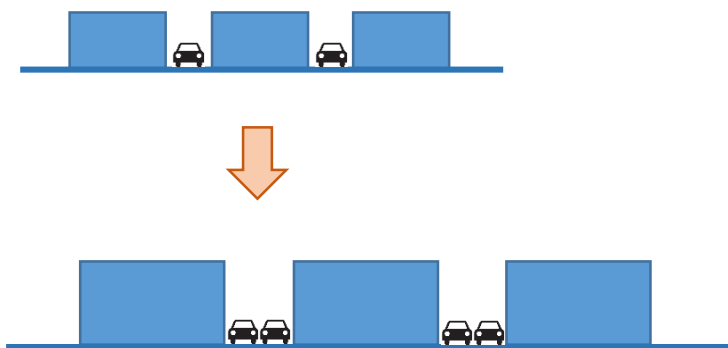


# Az átszellőzés hatásossága



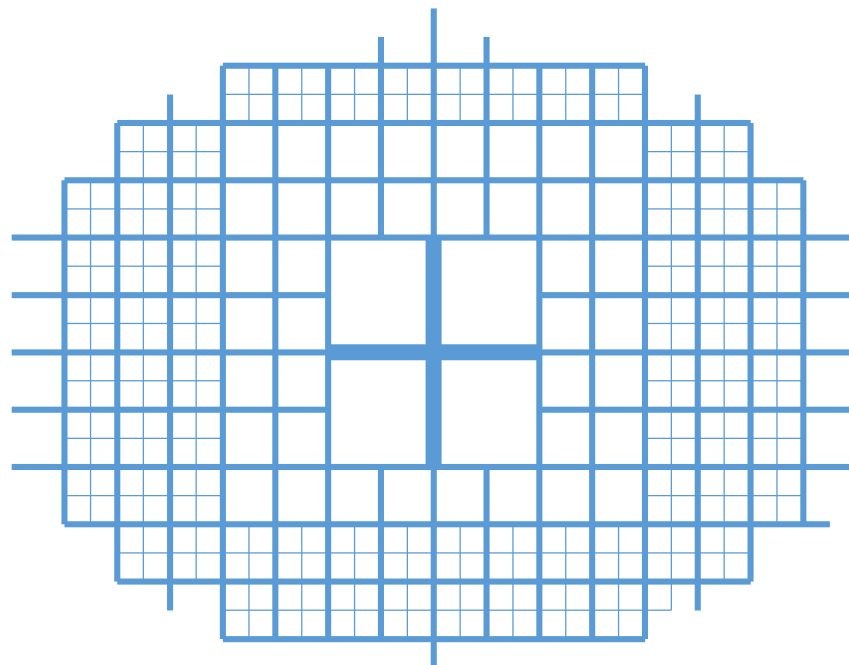
# Az optimális megoldás skálázhatósága

Felnagyított geometrián  $k^*$  hígítási tényező értéke azonos:



**Azonban a beépítés  $V_b/A$  a mérettel arányosan nő!**

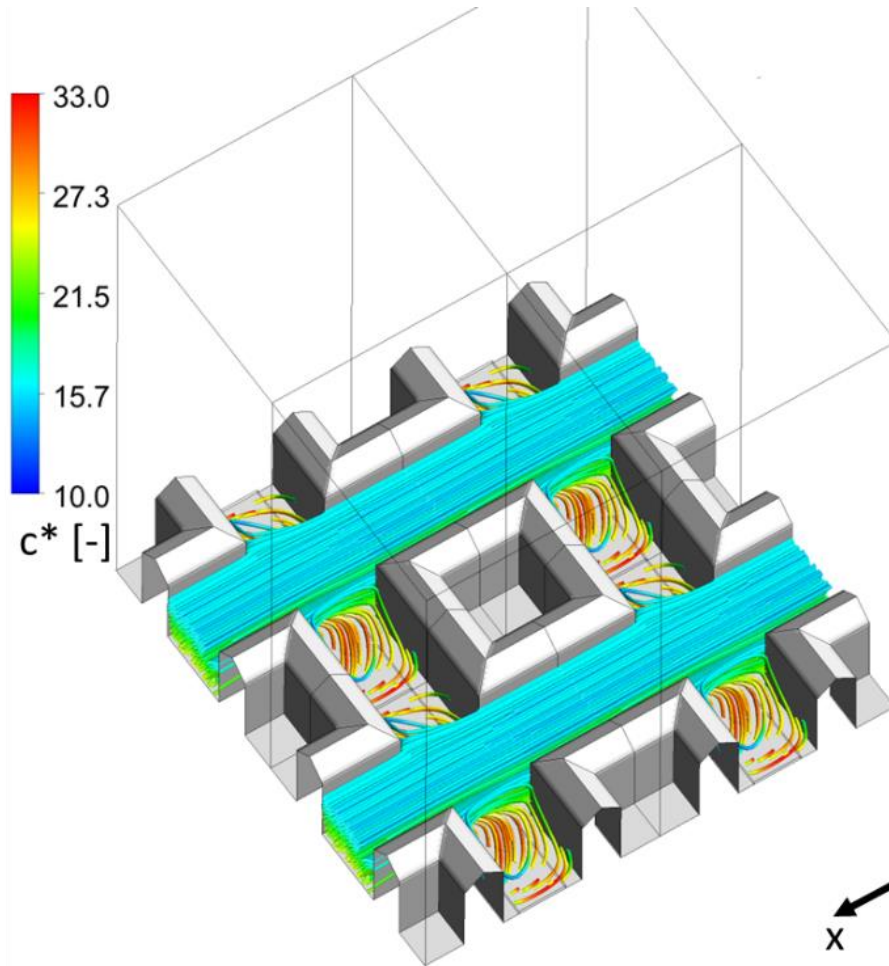
Nagyobb raszter méret nagyobb épületeket enged meg:



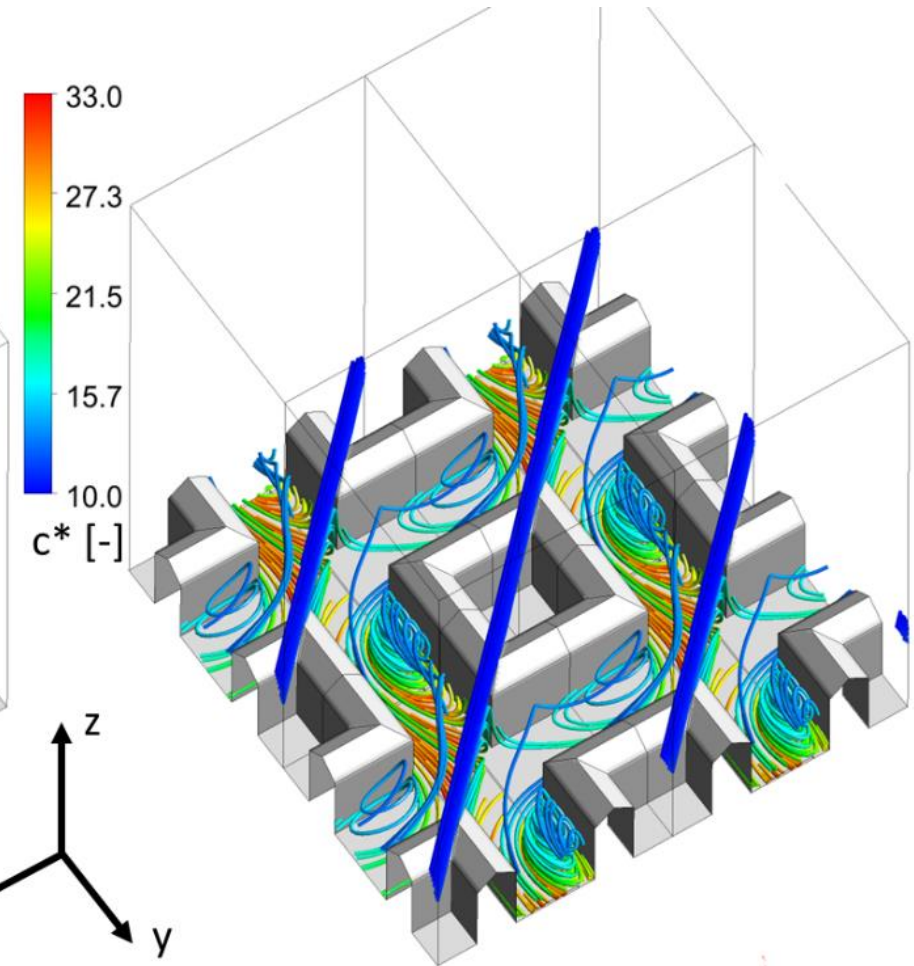
...ami kevesebb, széles utcát igényel a városközpontban.

# Összetettebb beépítés - közép-európai belváros

0°-os szélirány

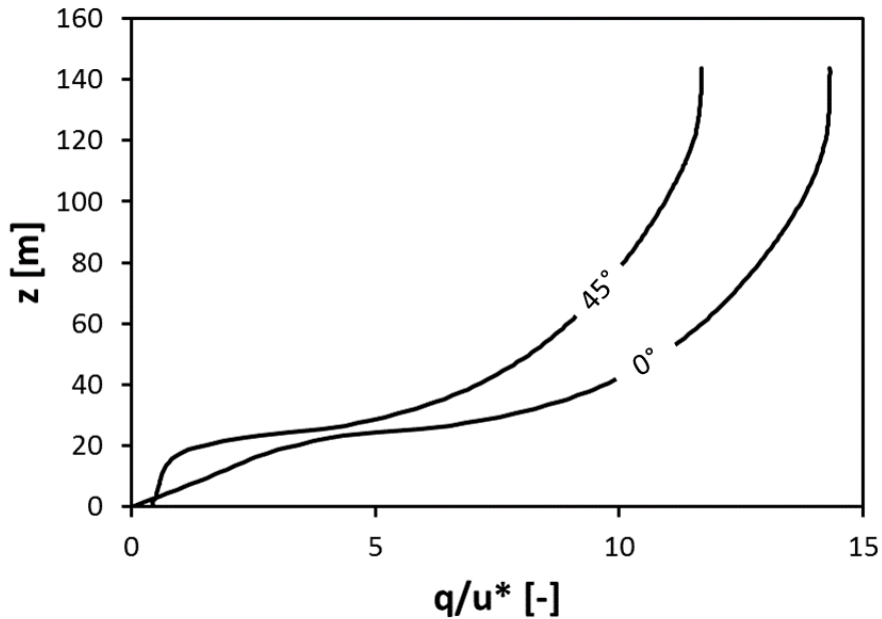


45°-os szélirány

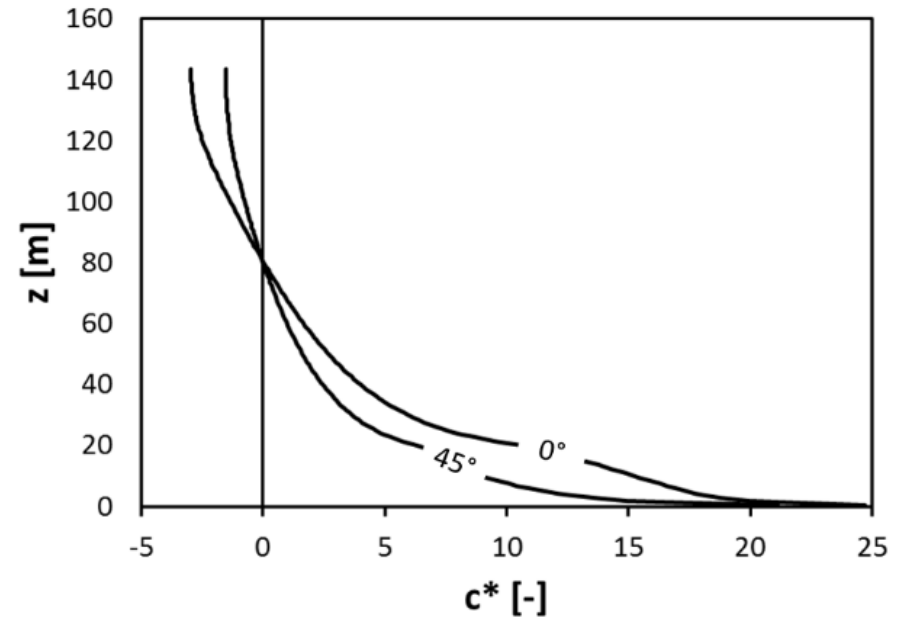


# Vízszintes átlagértékek felhasználása porózus modellek paraméterezéséhez

Vízszintes sebesség



Dimenzió nélküli koncentráció



# Összefoglalás és kitekintés

- Komplex felszínek anyagátadási jellemzői **tetszőleges szélirány** esetében meghatározhatók periodikus áramlásmodell segítségével.
- Adott területen, adott hasznos épülettérfogat feltételezésével **optimális beépítési mód** (geometriai kialakítás) kereshető.
- Egyenközű négyszögrácsban elrendezett négyzet alapú épületek esetén az optimális épületmagasság a **minimális épületmagasság/utca-szélesség** viszony esetében adódik.
- Adott átszellőzési hatásosság esetén növelhető a területhasználat intenzitása az **optimális beépítési mintázat fölnagyításával**.
- A periodikus áramlásmodell előnye, hogy belépő peremfeltételeket nem igényel, ezért a turbulencia felbontására alkalmas modellek használhatók (**DNS, LES, DES, SAS**).
- A modelleredmények felhasználhatók **porózus felszínmodellek** magasságtól függő **paraméterezésére**.
- A periodikus áramlásmodell **termikus hatások** figyelembe vételével tovább fejleszthető.

Köszönöm a figyelmet!

