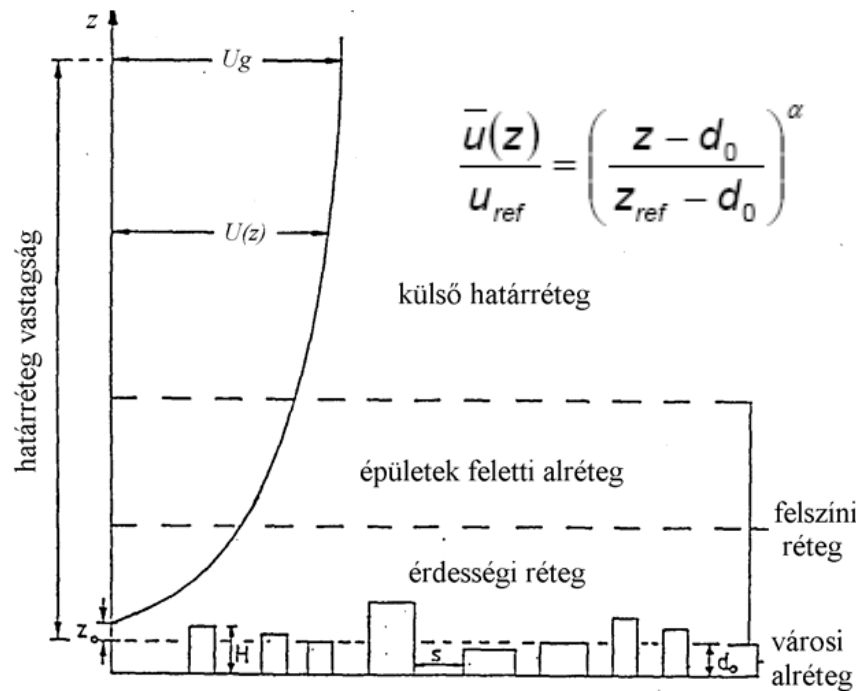


Az atmoszférikus határréteg jellemzői

Velocity distribution in atmospheric boundary layer



$$\frac{\bar{u}(z)}{u_{ref}} = \left(\frac{z - d_0}{z_{ref} - d_0} \right)^\alpha$$

- α profilkitevő [-]
 z felszín feletti magasság [m]
 z_{ref} referenciamagasság [m]
 u_{ref} átlagos szélesség z_{ref} magasságban [m/s]
 d_0 profileltolási magasság [m]
 az átlagos épületmagasság 70%-a.

$z < 100\text{m}$ constant impulse flux, $\tau \cong \text{const.}$

$$\frac{\bar{u}(z)}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z - d_0}{z_0} \right)$$

ahol:

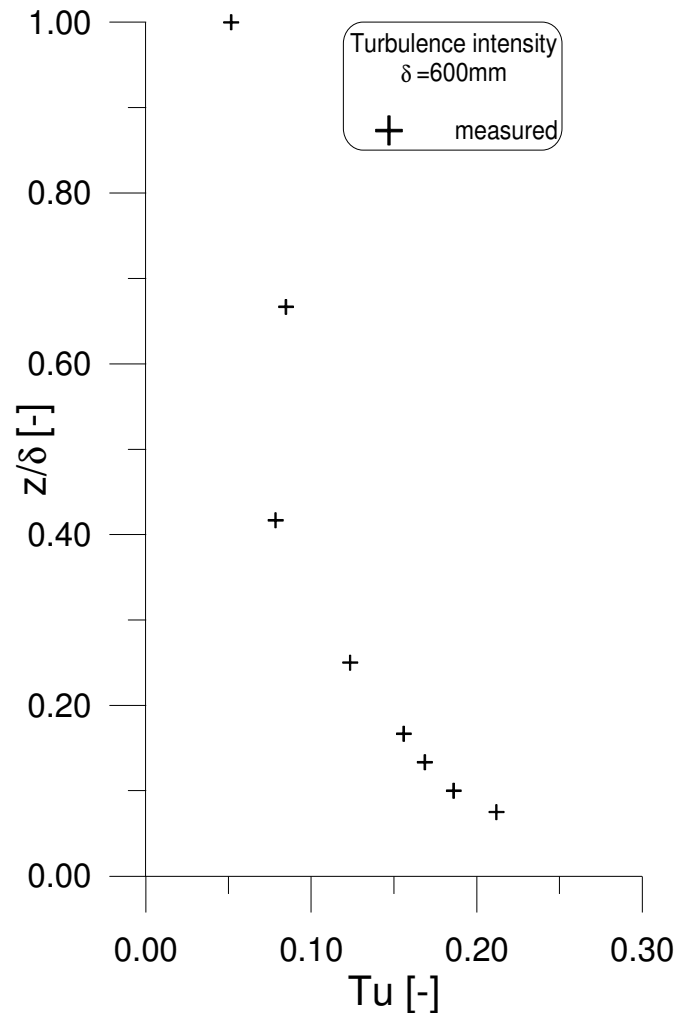
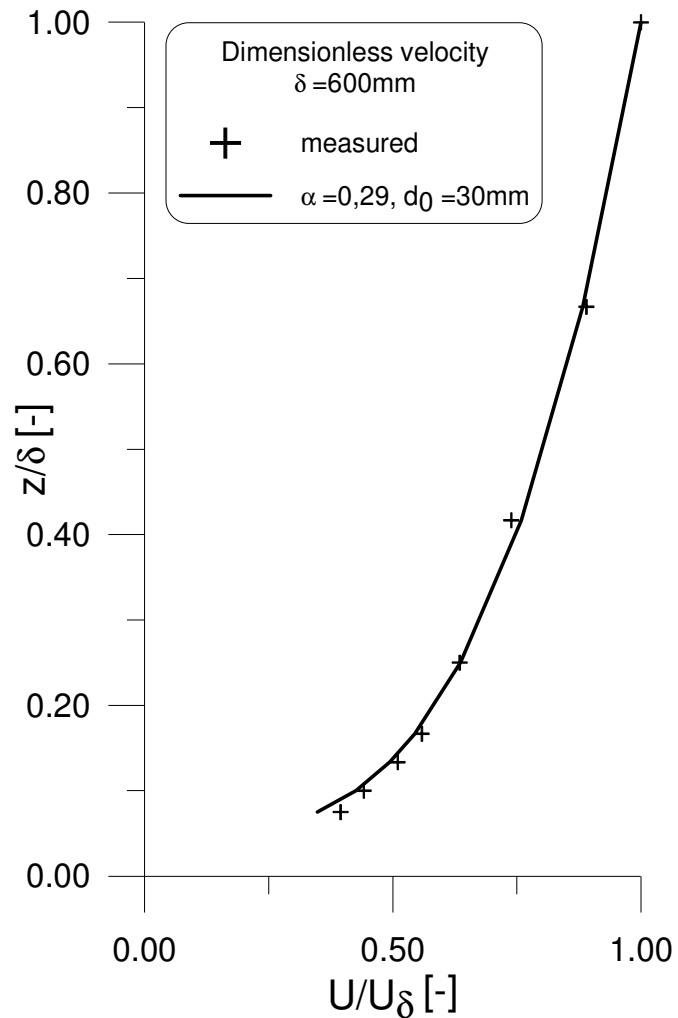
- u_* súrlódási sebesség [m/s]
 κ Kármán konstans $\approx 0,4$
 z_0 érdességmagasság [m]

$$u(x, y, z, t) = \bar{u}(x, y, z, t) + u'(x, y, z, t)$$

Érdességi osztály	Kismértékben érdes	Közepesen érdes	Érdes	Kiemelten érdes
Felület típusa	Jég, hó, vízfelület	Mező, rét, mezőgazdasági területek	Park, elővárosi terület	Erdő, nagyvárosi terület
z_0 [m]	$10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} - 10^{-1}$	0.1 - 0.5	0.5 - 2
α [-]	0.08 - 0.12	0.12 - 0.18	0.18 - 0.24	0.24 - 0.4
d_0 [m]	≈ 0	≈ 0	$\approx 0.75 \cdot h$	$\approx 0.75 \cdot h$

Boundary layer parameters

Velocity and turbulence profile measured with CTA



$$\frac{U(z)}{U_{\text{ref}}} = \left(\frac{z - d_0}{z_{\text{ref}} - d_0} \right)^\alpha$$

$$\frac{U(z)}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z - d_0}{z_0} \right)$$

	Urban boundary layer
Roughness height z_0 [mm]	6,56
Displacement height d_0 [mm]	30
Profile exponent [-]	0,29
Boundary layer thickness, δ [m]	0,6
Model-scale	1:500

Turbulence in ABL

$$Tu_i(z) = \frac{\sigma_i(z)}{\bar{u}(z)} \text{ turbulence intensity}$$

$$i = u, v, w$$

$$\sigma_u : \sigma_v : \sigma_w = 1 : 0.75 : 0.5$$

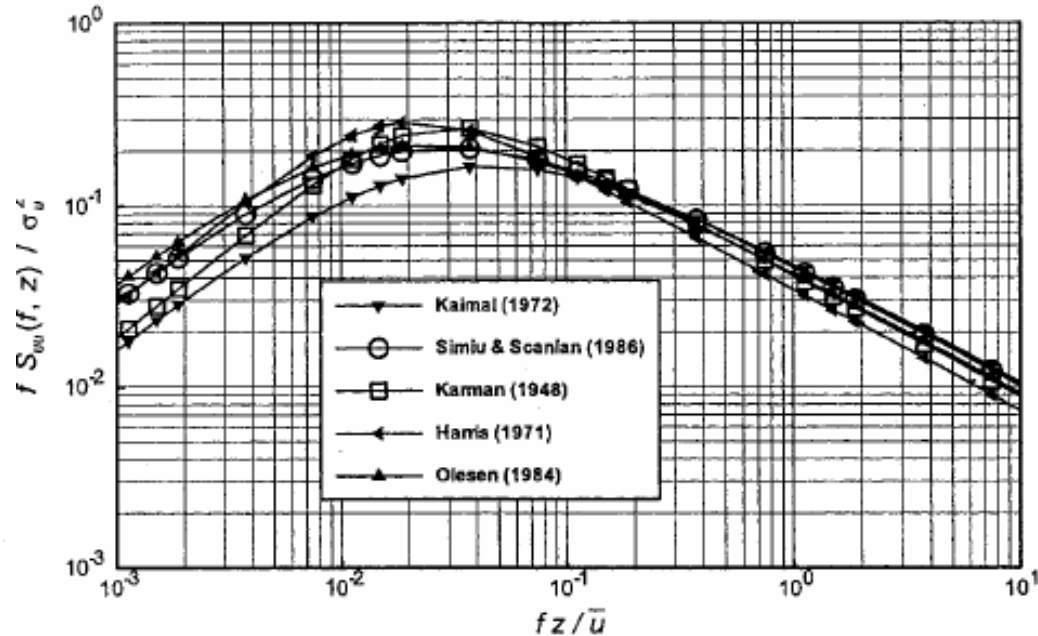
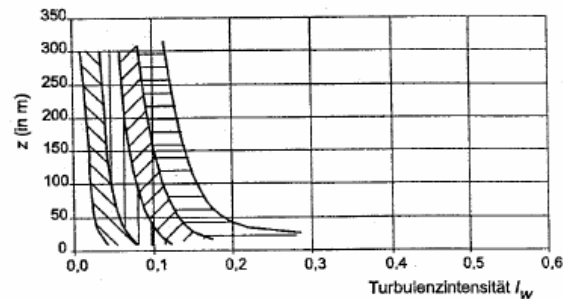
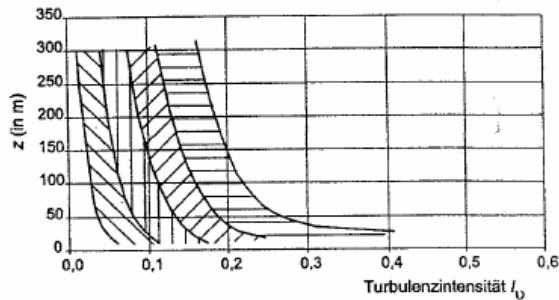
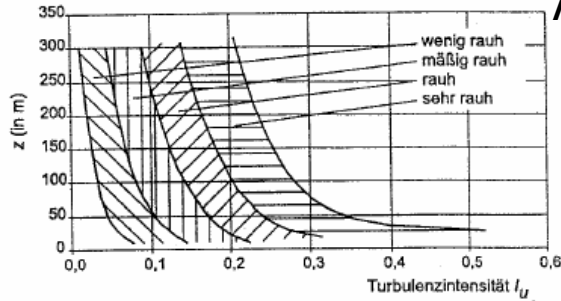
$$\sigma_u = 2.45 \div 2.5 \cdot u_*$$

$$\sigma_v = 2.2 \cdot u_*$$

$$\sigma_w = 1.25 \cdot u_*$$

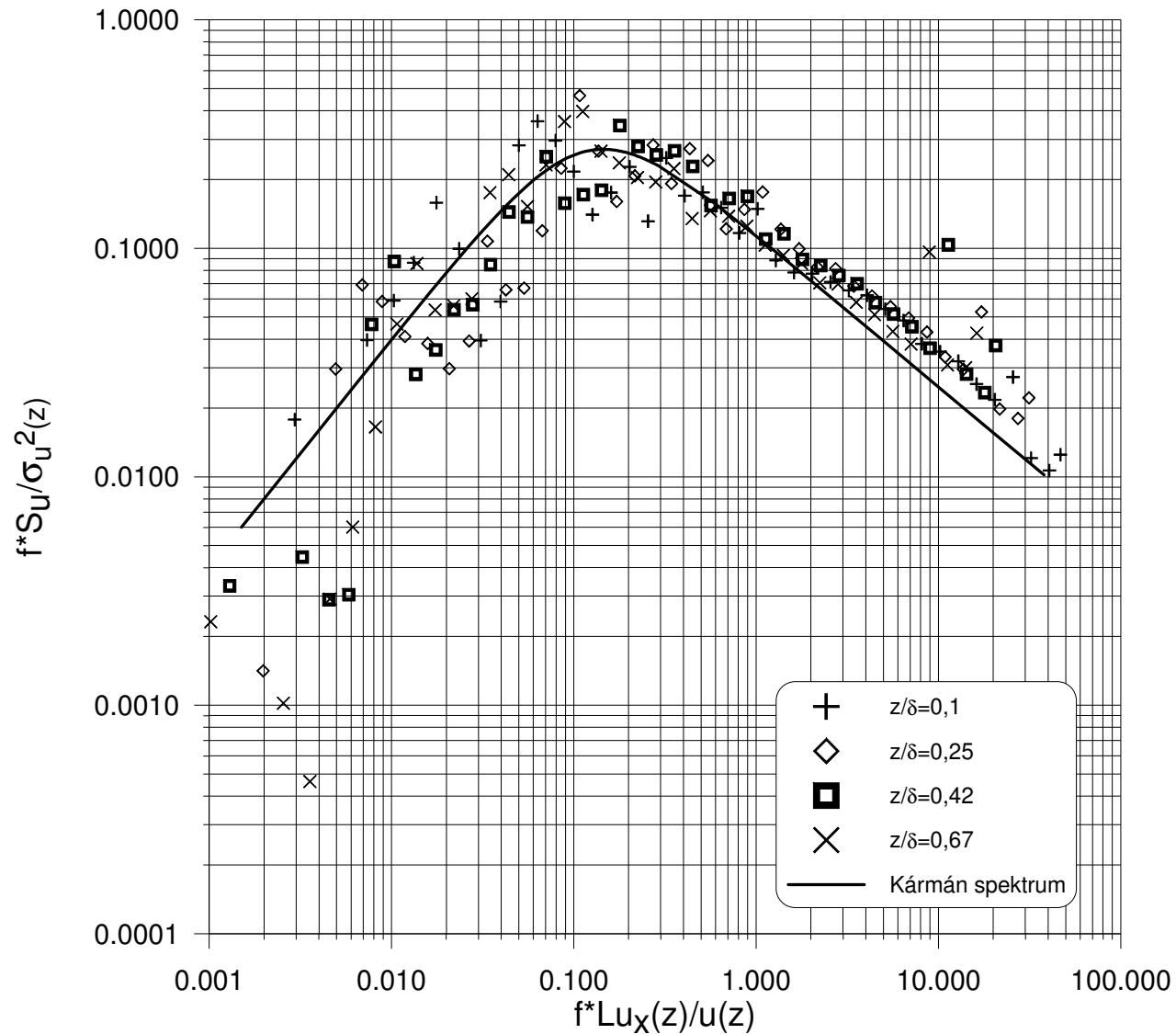
A súrlódási sebességgel (itt u_*) kifejezve:

Turbulent kinetic energy spectrum



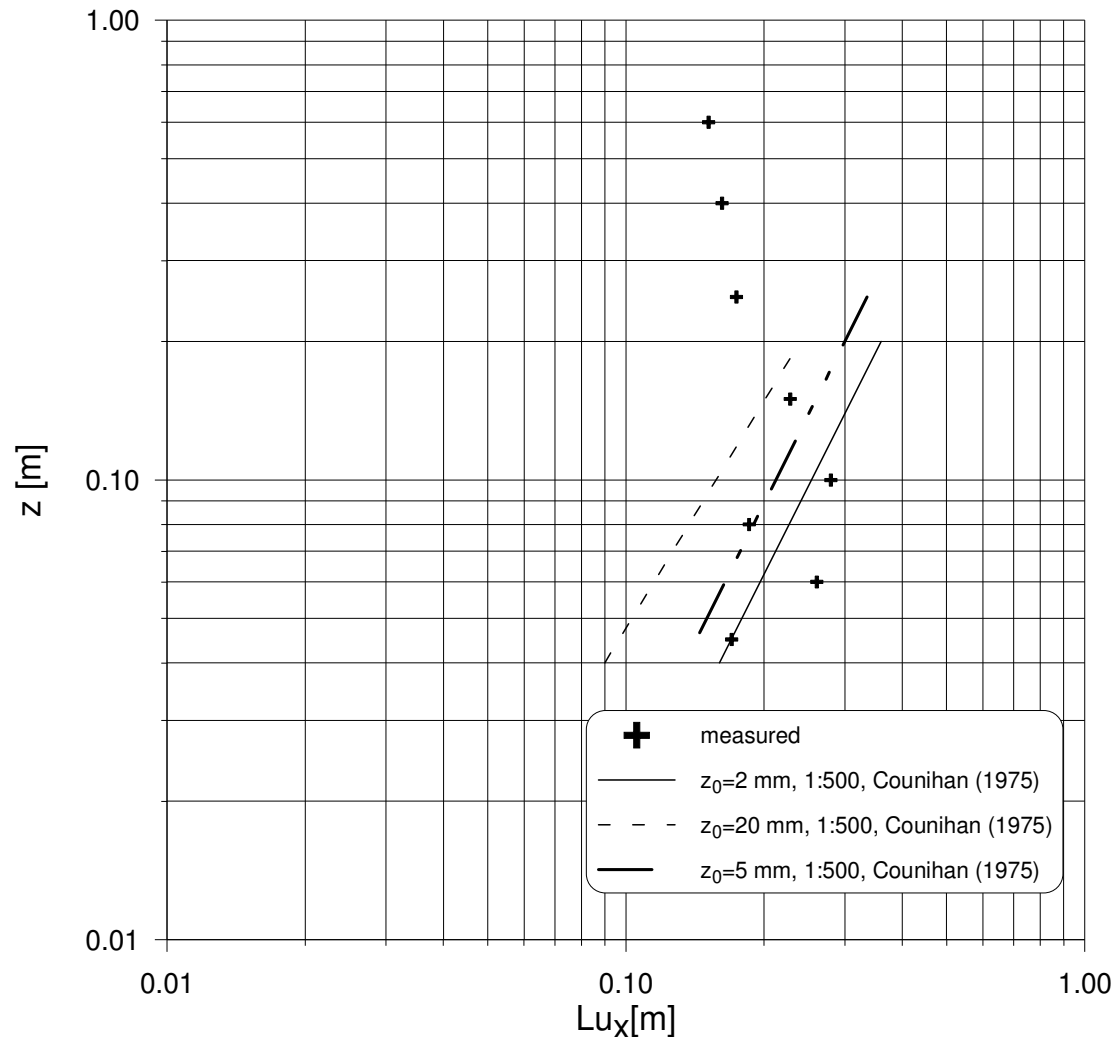
Boundary layer parameters

Turbulent kinetic energy spectrum



Boundary layer parameters

Length scale
distribution



Counihan, J. (1975) Adiabatic atmospheric boundary layers: A review and analysis of data from the period 1880-1972, *Atmospheric Environment*, vol 9. pp. 871-905

VDI 3783 Part 12. Environmental meteorology, Physical modelling of flow and dispersion processes in the atmospheric boundary layer, Application of wind tunnels

Similarity conditions at modelling ABL

Similarity of approaching flow

$$\left[\frac{\bar{u}(z)}{u_{ref}} \right]_{mod\ ell} = \left[\frac{\bar{u}(z)}{u_{ref}} \right]_{nagy\ kivitel} \quad \text{dimenziótlán sebességmegoszlás}$$

$$\left[\frac{\sigma_i(z)}{\bar{u}(z)} \right]_{mod\ ell} = \left[\frac{\sigma_i(z)}{\bar{u}(z)} \right]_{nagy\ kivitel}, \quad i = u, v, w \quad \text{turbulenciafok megoszlás}$$

$$\left[\frac{f \cdot S_{uu}(f, z)}{\sigma_u^2(z)} \right]_{mod\ ell} = \left[\frac{f \cdot S_{uu}(f, z)}{\sigma_u^2(z)} \right]_{nagy\ kivitel} \quad \text{turbulens teljesítmény sűrűség spektrum}$$

$$m = \frac{[L_{ux}]_{mod\ ell}}{[L_{ux}]_{nagy\ kivitel}} \quad \text{turbulencia hosszlépték}$$

Similarity of flow past buildings

$$Re = \left[\frac{u_{ref} \cdot L_{ref}}{\nu} \right]_{mod\ ell} = \left[\frac{u_{ref} \cdot L_{ref}}{\nu} \right]_{nagy\ kivitel} \quad (10.)$$

ahol

L_{ref} jellemző méret (pl. egy épületnél a valós, városrész esetén az átlagos épületmagasság) [m]

u_{ref} jellemző sebesség a jellemző méret által meghatározott magasságban [m/s]

ν kinematikai viszkozitás [m²/s]

„Éles” épületeknél $Re_{mod\ ell} = \frac{u_{ref} \cdot H}{\nu} \geq 10^4$ (H [m] átlagos épületmagasság)

Emission of tracer gas

A relatív impulzusáram legyen azonos

$$\left[\frac{\rho_Q \cdot u_Q^2}{\rho_a \cdot u_a^2} \right]_{\text{mod ell}} = \left[\frac{\rho_Q \cdot u_Q^2}{\rho_a \cdot u_a^2} \right]_{\text{nagy kivitel}}$$

ρ_Q a kibocsátott szennyezőanyag sűrűsége [kg/m³]
 ρ_a a levegő sűrűsége [kg/m³]
 u_Q a szennyezőanyag kilépési sebessége [m/s]
 u_a szélesség a referenciamagasságban [m/s]

a Reynolds szám legyen azonos

$$Re_Q = \left[\frac{u_Q \cdot D}{\nu} \right]_{\text{mod ell}} = \left[\frac{u_Q \cdot D}{\nu} \right]_{\text{nagy kivitel}}$$

Ha változik a sűrűség

$$\left[\frac{\rho_Q}{\rho_a} \right]_{\text{mod ell}} = \left[\frac{\rho_Q}{\rho_a} \right]_{\text{nagy kivitel}} \quad \text{sűrűségarány}$$

$$Fr_d = \left[\frac{u_Q}{\sqrt{D \cdot \frac{-g \cdot (\rho_Q - \rho_a)}{\rho_a}}} \right]_{\text{mod ell}} = \left[\frac{u_Q}{\sqrt{D \cdot \frac{-g \cdot (\rho_Q - \rho_a)}{\rho_a}}} \right]_{\text{nagy kivitel}} \quad \text{Froude szám}$$

Modelling ABL, rules

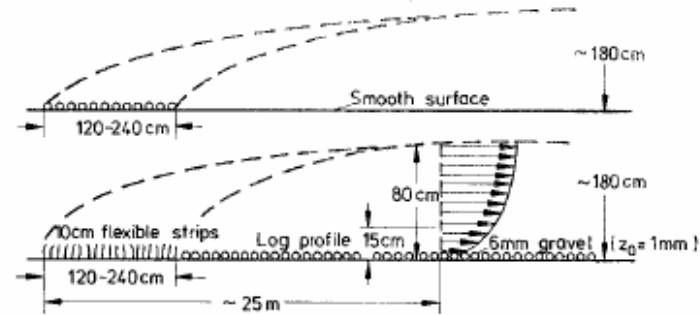
$$Re_* = \frac{u_* \cdot z_0}{\nu} > 5 \quad \frac{\left(\frac{\partial p}{\partial x} \cdot \delta\right)}{\left(\frac{\rho_a \cdot u_*^2}{2}\right)} \leq 0.05$$

Boundary layer wind tunnels

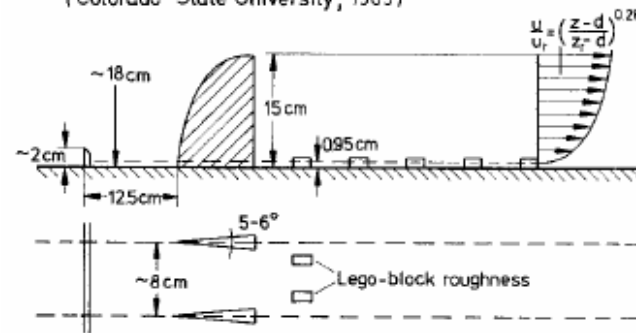
A határréteg alsó részét modellezzük, vastagsága legyen nagyobb, mint az épületek magasságának háromszorosa.

$$\Phi = \frac{A_{modell, vetített}}{A_{szélszatórna}} \text{ Keresztmetszet blokkolási arány}$$

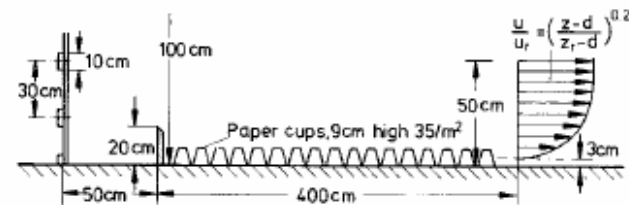
Zárt mérőtérenél $\Phi < 5\%$, nyitottnál $\Phi < 15\%$



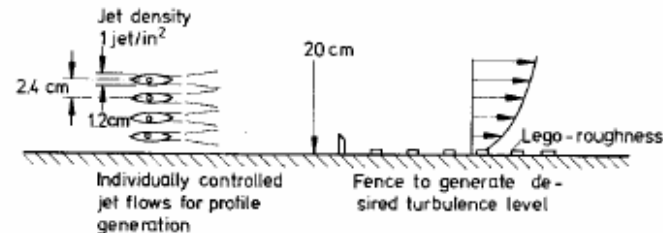
a. Boundary layer generation along test section floor (Colorado State University, 1963)



b. Boundary layer generation with vortex generators (Counihan, 1971)



c. Boundary layer generation with fence (Cook, 1973)



d. Boundary layer generation with jets (Teunissen, 1974)

The evaluation of pollutant dispersion

$$\Psi = \frac{u}{u_{ref}}$$

A feltételek betartása esetén a sebességarány megegyező

$$\Psi_{mod\ ell} = \Psi_{nagy\ kivitel}$$

$$c = \frac{K \cdot u_{ref} \cdot L_{ref}^n}{Q}$$

Dimensionless concentration

(21.)

ahol:

K mért tömegkoncentráció [kg/m³] vagy térfogati koncentráció [m³/m³]

u_{ref} referencia sebesség [m/s]

L_{ref} referencia hossz, forrástípustól függ [m]

Q kibocsátás tömegárama [kg/s] vagy térfogatárama [m³/s] egységnyi értékre vetítve, lásd a 3. táblázat

n kitevő, értékeit lásd a 3. táblázatban

<i>Forrás típusa</i>	<i>Kibocsátás tömegárama</i>	<i>Kibocsátás térfogatárama</i>	<i>n</i>
Pontforrás	m/t	L ³ /t	2
Vonalforrás	m/t/L	L ³ /t/L	1
Felületi forrás	m/t/L ²	L ³ /t/L ²	0
Térfogati forrás	m/t/L ³	L ³ /t/L ³	-1