

# Városi klímaindexek

- Az éghajlat a légkör fizikai tulajdonságainak és folyamatainak egy adott helyen hosszabb időszak során a többi geoszférával és egymással is kölcsönhatásban álló rendszere.

# Az éghajlati jelenségek az érintett légterek mérete alapján lehetnek

- egy-egy kontinens, nagyobb földrajzi terület esetében: zonális, regionális klíma – **makroklíma**,
- 10-100 négyzetkilométeres területek (medencék, tavak, erdők, városok) – **lokális** (helyi) vagy **mezoklíma**.
- kisebb területeken (lejtők, vízpartok, völgyek, városrészek) időlegesen uralkodik a **topo-** vagy **terepklíma**.
- a felszínközeli rétegeknek és a zárt helységeknek is van igen kis, alig néhány köbméternyi területen érvényesülő éghajlata, a **mikroklíma**

# A mikroklíma

igen változékony, rövid élettartamú, illetve létrejöttét egy adott időjárási szituáció határozza meg. A nagyvárosokban a helyi éghajlat vonásaira épülve különböző mikroklímák mozaikszerűen alakulnak ki: saját jellegzetességű klíma alakul ki egy parkban, egy téren, egy utcán, a vízparti töltéseken stb.

A város földrajzi elhelyezkedése az éghajlati övezetben, mérete, szerkezete, gazdaságának milyensége – hatnak a városi klíma kialakulására. A természetföldrajzi adottságok erősíthetik vagy gyengíthetik az antropogén okok hatására bekövetkező változások intenzitását.

# A városklíma kialakulásában két lévköri szint játszik szerepet

- a *városi határréteg* (600-1000 m) az érdességtől függ, és tetőszint alatti és tetőszint feletti részre oszlik. Gyakran burokként veszi körbe a várost, takarja azt be, s függőleges kiterjedése meghaladja a vidéki határréteg magasságát.
- a *tetőszintréteg* az átlagos tetőszint magasságában alakul ki, tulajdonságait a mikroskálájú folyamatok határozzák meg.

# Története

- Hippokrátesz i.e. V. sz.
- Deuer – 1783 Mannheim (6°C a külváros és botanikus kert között)
- Daniel Defoe
- Luke Howard 1811 – London
- Adalbert Stifter 1843 /városklíma/
- Wilhelm Schmidt 1927 (Bécs)

# A városi változások okai:

- a felszín térbeli rendellenességei
- az anyag fizikai tulajdonságai (nagyobb hővezetés és hőkapacitás)
- mesterséges hő
- idegen anyagok (aeroszol)

# A városi léghő összetétele

- *Aeroszok* – lassan leülepedő szén, ólom, szilikát és alumínium összetételű anyagi részecskék. Általában természetes eredetűek (vulkánok, sivatagok porfelhői – Bali szigete 1963 – Eurázsia területén is érződött, El Alamein tankcsata – a Karibi térségbe is eljutott).

## Szemcsenagyság szerint

- • – 0,01-0,1  $\mu\text{m}$  átmérőjű részecskék, vidéken 150 ezer/cm<sup>3</sup>, míg a városban eléri a 4 millió/cm<sup>3</sup> értéket.
- • – 0,5-10  $\mu\text{m}$  átmérőjű részecskék, 1-2, illetve a városban 25-30 db/cm<sup>3</sup> (Lipcse). Minél nagyobb egy város, annál magasabb a nagyobb átmérőjű szemcsék mennyisége a levegőben.



- *Gázok* – szén-dioxid, szén-monoxid, kén-dioxid, aldehidek, oxidánsok, kloridok és fotokémiai szmog, ozon (London a Clean Air Act előtt, Los Angeles-i medence, Athén, Bhopal, Odessa–Texas/benzen).

# A városi területek klímaparamétereinek változása a környezethez képest (Horbert et al, 1982 alapján)

Éghajlati elem	Paraméter	Környezethez képest	Okok
Sugárzás	globális sugárzás	20%-al kevesebb	felhőzet, köd
	UV télen	30-45%-al kevesebb	
	UV nyáron	10-20%-al kevesebb	
	albedo	12-14%-al alacsonyabb	
	napfénytartam	5-15%-al kevesebb	
Légszennyezés	kicsapódási részecskék száma	10-szer több	emisszió, imisszió
	gázkeverékek	5-20-szor több	
Hőmérséklet	évi középhőmérséklet	1,5-2 fokkal magasabb	üvegházhatás
	téli középhőmérséklet	3 fokkal magasabb	antropogén hatás
	a téli fagy gyakorisága	25%-al kisebb	
	fűtési fokszám	10-12%-al alacsonyabb	
	fűtési napok száma	10-el kisebb	
Relatív nedvesség	télen	2%-al kisebb	nedvesség
	nyáron	8%-al kisebb	
Csapadék	évi középérték	10%-al több	felhőzet,
	hó gyakorisága	5%-al kisebb	hósziget
	hóréteg megmaradásának ideje	15%-al kisebb	
	5 mm-nél kevesebb csapadékú napok száma	10%-al több	
	harmat	50%-al kevesebb	alacsonyabb nedvesség
Szél	évi középérték	25%-al alacsonyabb	épületek
	szelelend	5-20%-al gyakoribb	
Felhők	borultság	5-10%-al magasabb	antropogén hatás
	téli köd	100%-al gyakoribb	
	nyári köd	30%-al gyakoribb	
Párolgás		50%-al alacsonyabb	

# *A városi területek energiaegyenlete*

- Természetes felszín esetében

$$R=Q(1-a)-Q_e$$

$Q=S+D$  (globális = szórt és direkt)

- Városi felszín esetében

$$R+Q_a=Q_h+Q_{la}+\Delta Q_s$$

$Q_a$  – antropogén hő, nem lehet kiszámítani, csak következtetni, ha a fűtőanyag-felhasználás térbeli és időbeli mennyisége rendelkezésre áll (az északi városokban nagyobb a jelentősége)

$Q_h$  – függőleges szállítású hő

$Q_{la}$  – látens hő

$\Delta Q_s$  – energiatárolási tényező

# A városi energiaháztartás módosulásainak okai:

- a beépített anyagtömeg növekvő hőkapacitása
- a párologtató felszínek csökkenése
- a felszíni lefolyás arányának növekedése
- a növényzettel borított területek csökkenése
- növekvő légszennyezés
- a fűtés okozta energiatöbblet

# A hőháztartás jellemzői

- megnő mind a ki, mind a besugárzás értéke a városban, s a teljes sugárzási egyenlegnek ( $R$ ) a város és a külterület közötti különbsége nem jelentős, kb. 5%-al kevesebb.
- A belvárosban a látens hő ( $Q_{la}$ ) értéke kisebb mint a külvárosban, illetve a környező természetes térségek felett, de szerepe nem elhanyagolható.
- Ami a függőleges szállítású hőt illeti, ennek csökkentése a délutáni órákban a teljes sugárzás értékét is csökkenti, de az éjszakai órákban pozitív maradhat.
- A város hőtárolása ( $\Delta Q_s$ ) általában jóval nagyobb a külterületekénél, ami az építkezési anyagok nagyobb hővezetésével és hőkapacitásával magyarázható. Ennek nagy a jelentősége a későesti és éjszakai órákban.

# A sugárzási mérleg tényezői és az antropogén hőtermelés (W/m-2) a nap különböző időpontjában Cincinnatiban nyáron

SUGÁRZÁS TÍPUSA	VÁROS			VIDEK		
	08	13	20	08	13	20
Bejövő rövidhullámú sugárzás	288	763	–	306	813	–
Visszavert rövidhullámú sugárzás	42	120	–	80	159	–
Hosszúhullámú sugárzási egyenleg	-61	-100	-98	-61	-67	-67
Teljes sugárzási egyenleg	14	543	-98	165	587	-67
Antropogén hőtermelés	36	29	26	–	–	–

# *A városi hősziget (UHI)*

- 10-200/300 m vastag
- télen, kora ősszel erős
- 3-5 óra eltolódás a max. T és max. hősziget között
- Berlin 9<sup>0</sup>C, London 5-7<sup>0</sup>C, Budapest átlag 1,5<sup>0</sup>C, Bp. 2003 tele max. 6<sup>0</sup>C
- Fenofázis eltolódás

# A hősziget intenzitását hivatott kiszámítani

$$\Delta T_m = 2,01_{\log} P - 4,06 \text{ és}$$

$$\Delta T_m = 1,92_{\log} P - 3,46$$

$$\Delta T_m = 7,54 + 3,94_{\log} (H/W)$$

- A hősziget stabilitását hivatott kimutatni az empirikus képlet, mely a hőmérsékletkülönbség megszüntetéséhez szükséges szélesebbesség (V) minimális értékét fejezi ki a városi lakosság (P) függvényében (Szeged esetében ez az érték 6,2 m/sec):

- $V = 3,41_{\log} P - 11,6$













# *Emberi komfort és bioklimatikus indexek*

- A város levegőkörnyezetének fizikai állapotát az ember komfortérzetét meghatározó meteorológiai paraméterek jellemzik. A számszerűsítés érdekében több olyan mérőszámot, indexet dolgoztak ki, amelyek értéke tükrözi ezt a komfortérzetet.
- Egyszerű **bioklimatikus indexként** a napi középhőmérséklet menete, a nyári, a kánikulai, a téli és a fagyos napok száma, a levegő nedvességének és a vízgőz feszültségének napi és havi menete, a besugárzás értéke fogadható el.

# Pulmonáris stressz index (PSI)

- a tüdő nyálkahártyájával közvetlen kapcsolatba lépő nedvesség reális értékét tükrözi.
- A tüdő számára az ideális működési állapotot egy 7,5 és 11,6 hPa értékek közötti nyomás biztosítja. A tüdő párologtatása ekkor optimális. A légnyomás csökkenése következtében nő a párologtatás, ami dehidratációs folyamatokat indít el, míg a túlzott nyomásnövekedés a párologtatás gyors csökkenésével, a vér hidratálódásával jár együtt. Ezek a szervezet homeosztázisát kilendítő hatások egy készenléti, védekezési állapotot (stressz) generálnak a tüdőben, amelyre a szervezet bizonyos határok között tud reagálni.
- A PSI két szélső értéke +2 (0–4 hPa) és -4 (26,6–31,2 hPa) azt a két szélső állapotot adja meg, mely között a szervezet képes a homeosztázis fenntartására.

# Effektív hőmérséklet

- a telített és a nyugalomban levő levegőnek a hőmérséklete. Ennek a legmegfelelőbb mutatója **Thom-féle termo-higrometrikus index (THI)**, mely a nedves és a száraz hőmérsékletek összegéből számítható ki, Fahrenheit fokban.

$$\text{THI}=(t_n+t_{sz})+15 \quad (^\circ\text{F})$$



# Beçancenot

- a meteorológiai feltételek szélesebb skálájára is kiterjesztette. A mutató a relatív nedvességtartalom (RH) és a Celsius fokban mért hőmérséklet (t) alapján számítható ki:

$$THI = t - (0,55 - 0,0055RH) (t - 58) \quad (^\circ\text{C})$$

$$^\circ\text{F} \rightarrow ^\circ\text{C} \quad (-32 \times 5/9)$$

$$^\circ\text{C} \rightarrow ^\circ\text{F} \quad (\times 9/5 + 32)$$

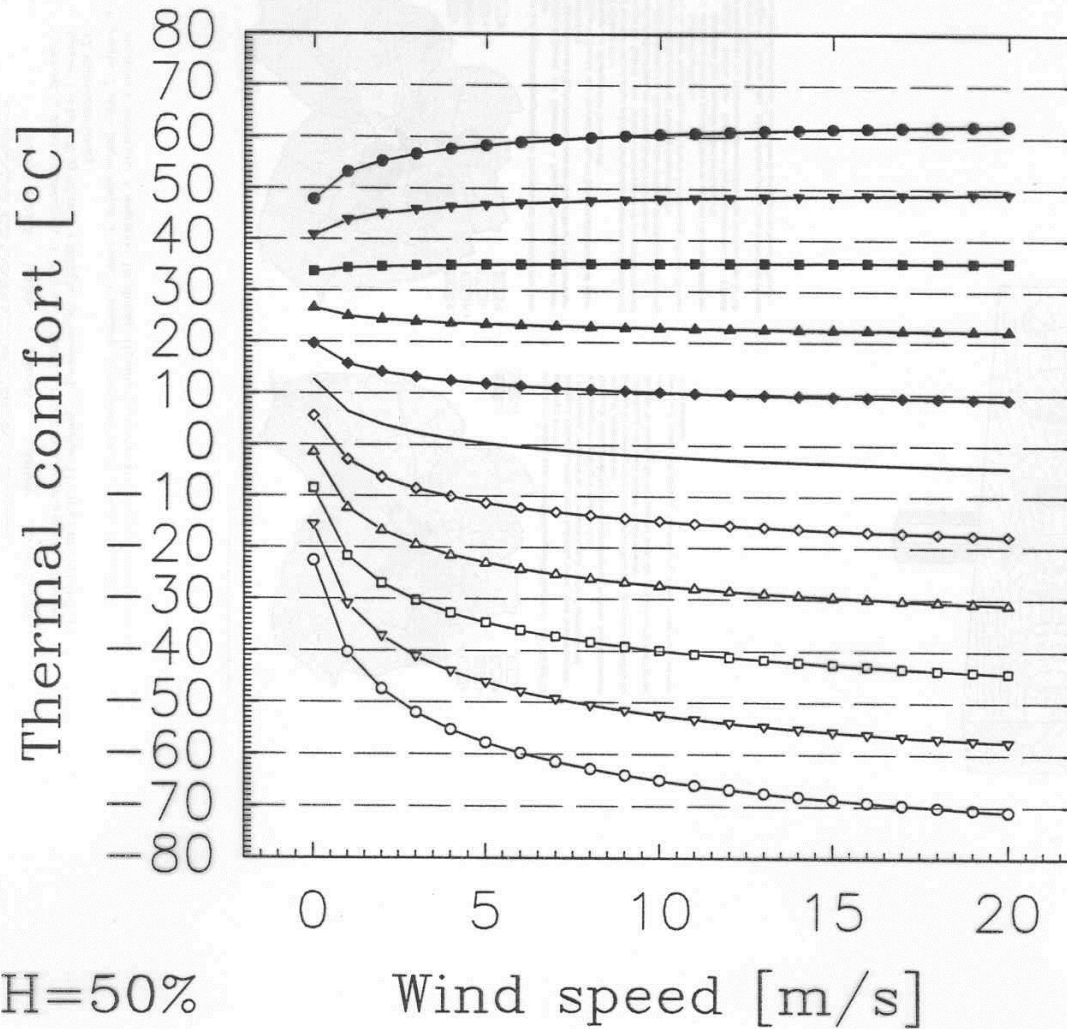
# A termális komfort mutatója (ET), Missenard, Krawczyk

- $ET = t - 0,4(t-10) [(1-f)/100]$

a relatív nedvesség (f) és a levegő hőmérsékletének esetében (t) Celsiusban kifejezve

$$TEE = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014H + \frac{1}{1,76 + 1,4w^{0,75}}} - 0,29t \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

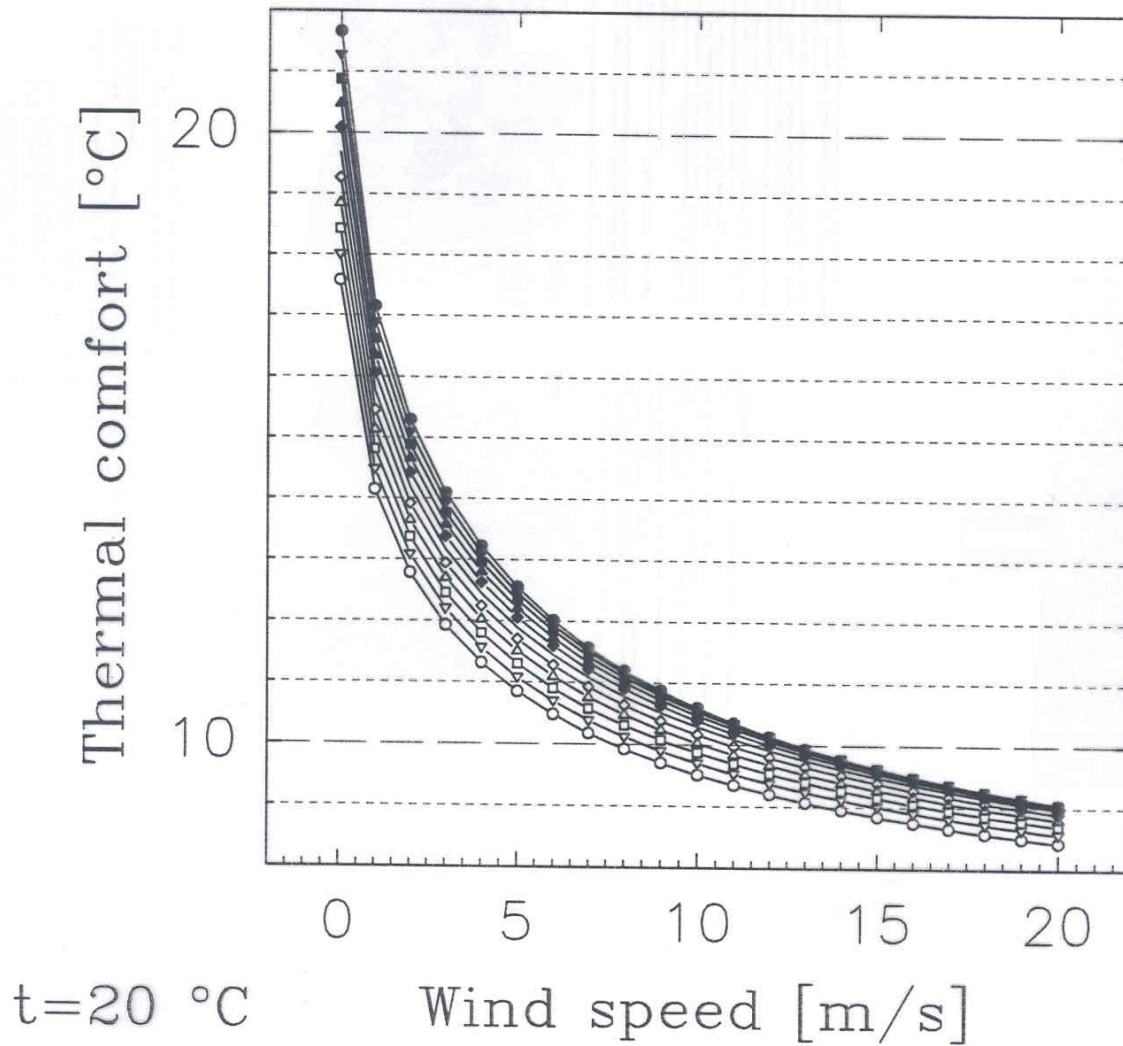
$t = -40, -30, \dots, 0, \dots, 50, 60 \text{ } ^\circ\text{C}$



H=50%

Wind speed [m/s]

H=0,10,...,90,100 %



# Relatív terhelési index (RSI)

- száraz léghőmérséklet (t) és a párányomás (e)
  - $RSI = (t - 21) / (58 - e)$ 
    - Az index osztályozási típusai zárt, levegőmozgástól mentes fedett helyen, öltönyös, egészséges, ülő fiatal férfire vonatkoznak. Általában a meleg és magasabb páratartalmú övezetekben szokásos használni (Hong Kong, Singapore).

# Sörkerti napok száma

- az enyhe estek kellemességére utaló bioklímatikai index,
- sörkerti napnak minősülnek azok a napok, amikor a hőmérséklet még 21 órakor meghaladja a 20°C-t.

# Humidex (Höppe)

- Értéke a nyári hónapok emberi komfortérzetet tükrözi. A hőmérséklet (T) OC-ban és a párányomás (e) hPa-ban mért adatait felhasználva a következő képlet segítségével számítható ki:

$$H = T + 5 (e - 10) / 9$$

# A levegő minőségének terhelési indexe (AQSI)

- Alakulását a hőmérséklet, a szél és a légköri víz jellemzői határozzák meg, s részben az emberi komfortérzetet tükrözi. Kiszámításánál az  $\text{SO}_2$ , az ülepedő por (TDS) és  $\text{NO}_2$  adatait kell felhasználni
- $\text{AQSI} = 1/3 (N(\text{SO}_2))/50 + (N(\text{NO}_2))/50 + (N(\text{TDS})/50)$
- Értékei:
  - I. kategória  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nél kisebb,
  - II. kategória  $0,5$ - $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  közötti közepes terhelési szintet jelentenek,
  - III. kategória  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  felett nagyon magas a terhelés.



**Vége**