

Városklíma kalauz



Döntéshozóknak és döntés-előkészítőknak

Tartalom

1. Bevezető	3
2. Város és éghajlat	4
2.1. Város, klíma → városlíma.....	4
2.2. Beépítés, városszerkezet és domborzat	6
2.3. Bioklíma és humán komfort	8
2.4. Városi levegőminőség	9
3. Közterület és éghajlat	13
3.1. Utcák, terek.....	13
3.2. Parkok és egyéb zöldterületek	15
3.3. Vizek, vízpartok.....	17
4. Épület és éghajlat	17
4.1. Miért előnyös a körültekintő várostervezés?	17
4.2. Mire érdemes odafigyelni egy épület tervezése során klimatikus szempontból?.....	18
5. Közlekedés és éghajlat	21
6. Ajánlások.....	23
IMPRESSZUM	25



1. Bevezető

*Miből fizessük ki a középületek fűtésszámláját?
Mi történt a vadonatúj útburkolattal a télen?
Hogyan takarékoskodjunk a városháza villanyszámláján?
Hogyan tehetjük népszerűbbé a városi buszokat?
Miért használják szívesen az emberek az egyik városi parkot, míg a másikat elkerülik?
Hogyan védekezünk a hirtelen esőzésekkel szemben?
Mire jó a klímastratégia?*

Hétköznapi kérdések, amikkel a települések vezetői naponta találkozhatnak, és naponta válaszokat is kell találniuk rájuk. A közös bennük, hogy mind az éghajlathoz, az éghajlat kiváltotta jelenségekhez, vagy a városi épületek, építmények, közterületek, szabadterek mikroklímájához kapcsolódnak. Mérsékelt éghajlatunk és hegláncokkal védett földrajzi helyzetünk ugyan sokszor megkímél a drasztikus hatású meteorológiai jelenségektől, mégsem függetleníthetjük magunkat a hőmérséklet, a napfény, a páratartalom, a légmozgás alakulásától, még a legmodernebb városrészekben sem. Többnyire oly magától értetődők ezek a hatások, hogy akaratlanul alkalmazkodunk hozzájuk. Egészen addig, míg ezek a hatások meg nem haladják spontán alkalmazkodási lehetőségeinket.

Mi történik körülöttünk?

A városi éghajlat sok szempontból különbözik a tágabb térség éghajlatától, az épületek, utcák, terek, parkok mind sajátos klimatikus adottságokkal rendelkeznek, amiket tervezésüknél, használatuknál, karbantartásuknál figyelembe kell venni. Ezért a felkészült és előrelátó településirányítás egyre pontosabb ismereteket kíván a város szakembereitől, tervezőktől és döntéshozóktól ezen a téren. Ismernünk kell a minket körülvevő ember alkotta környezetet ahhoz, hogy kellemesebb, élhető és fenntartható városaink legyenek.

Tényleg érdemes ezzel foglalkozni?

Az éghajlati adottságok előrelátó figyelembevételére és különösen a globális éghajlatváltozás hatásaira fel kell készülniük a településeknek is. Egyre több jel mutat arra, hogy az éghajlati viszonyok megváltoznak, szaporodnak a szokatlan időtartamú, gyakoriságú vagy intenzitásátú időjárási jelenségek. A változó éghajlat egyre komolyabb alkalmazkodási lépéseket kíván, ám emellett a változások megelőzése is legalább olyan fontos. Csak az vezet eredményre, ha párhuzamosan teszünk lépéseket a globális melegedést előidéző hatások érdemi csökkentésére, valamint a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodásra. Ehhez pedig már most cselekednünk kell. Rendkívül fontos a városok egyre nagyobb szerepe a fejlesztéspolitikában is. Fel kell készülni az önkormányzatoknak arra, hogy a klímapolitikában is döntő szerepet vállaljanak, politikai befolyásukat, beavatkozási lehetőségeiket felmérjék és alkalmazzák.

Tanuljunk egymástól!

Nem kell mindent a nulláról kezdeni! Az Ön által éppen most forgatott kiadvány célja, hogy a legjobb hazai szakemberek segítségével megismertesse Önt a városi klíma és a klímaváltozás legalapvetőbb, gyakorlatban legfontosabb összefüggéseivel, várható hatásaival és a lehetséges válaszintézkedésekkel. Bemutatjuk a városi éghajlat sajátosságait, azok vizsgálatát, a vizsgálatok felhasználási lehetőségeit a legkülönbözőbb területeken, akár tervezésről, akár politikai döntésekről van szó. Mindehhez már számos, jó tanácsokkal



szolgáltató könyv, weboldal, példagyűjtemény, szakmai és civil szervezet, tudáshálózat nyújt segítséget, immár magyarul is. E téren az egyik legújabb és legátfogóbb hazai mű a Belügyminisztérium kiadásában és a VÁTI Nonprofit Kft. gondozásában készült „*KlímaBarát városok - Kézikönyv az európai városok klímaváltozással kapcsolatos feladatairól és lehetőségeiről*”, mely ehhez a kiadványhoz is kiindulópontul szolgált.

A „Városklíma kalauz” ebbe a témakörbe vezeti be az olvasót, hasznos és továbbgondolásra érdemes ismereteket, tanácsokat nyújt az önkormányzat és településüzemeltetés, a tervezés döntéshozóinak és döntés-előkészítőinek. Iránymutatást szeretnénk adni a városi klímastratégiák előkészítéséhez, közterületek, középületek, infrastruktúra hálózatok és zöldfelületi rendszerek fejlesztéséhez. Kiadványunk segítséget nyújt a klímavédelem fejlesztési tervekbe, környezetvédelmi programokba integrálásához és a legalkalmasabb beavatkozási lehetőségek kiválasztásához mind a klímaváltozás megelőzése (mitigáció), mind az alkalmazkodás (adaptáció) szempontjából.

2. Város és éghajlat

2.1. Város, klíma → városlíma

Ugyanaz és mégis más!

A városi ember jól tudja, nyáron – különösen éjjel – legjobb a kertben vagy a hétvégi házban, de még a szomszédos park is enyhülést nyújthat. A városban ugyanis sajátos klimatikus viszonyok alakulnak ki (*városlíma*), amelyek hőhullámok idején különösen megterhelőek lehetnek.

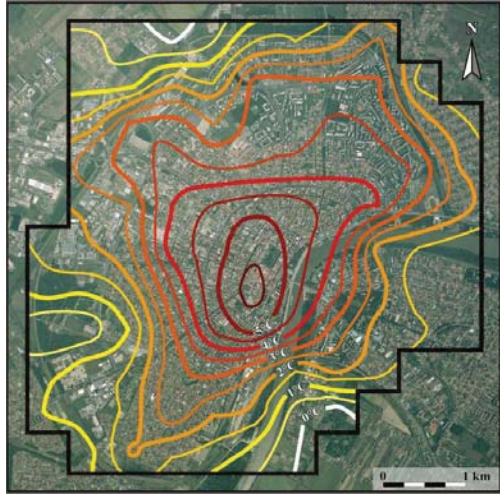
Az eltérés alapja sokrétű: adódik egyrészt az épületek, építmények, burkolatok fizikai jelenlétéből, vagyis az összetett beépítési struktúrából, a burkolatokon használt vízzáró anyagok (aszfalt, beton...) miatt megváltozott lefolyási viszonyokból, az alacsony növényborítottságból, a sokféle emberi tevékenység általi (közlekedés, fűtés, ipar) kibocsátásból (hő, vízgőz, szennyező anyagok, stb.). E sok tényező együttesen jelentősen módosítja a városok klimatikus viszonyait a szabad térszínéhez képest. Ennek legszembevetőbb megnyilvánulásai például

- a város légtérében kialakult hőtöbbllet (ún. *városi hősziget*),
- a megváltozott átszellőzési viszonyok,
- a levegőtisztasági problémák.

A változás mértéke általában a város méretével arányosan nő. A globális felmelegedés egyik következményeként várhatóan emelkedik a hőhullámok száma és intenzitása is, ami a sajátos városi jelenségekkel összeadódva a városlakók számára egyre kedvezőtlenebb életkörülményeket jelent – elsősorban a nyári időszakban. Ez városrendezési és -tervezési szempontból új kihívást jelent! Szükségszerű, hogy a településszerkezeti, a szabályozási és beépítési tervekben, a zöldfelületi rendszer tervezésben és a közút- és közműtervezés során az eddigieknél nagyobb hangsúlyt kapjanak a klimatikus szempontok.



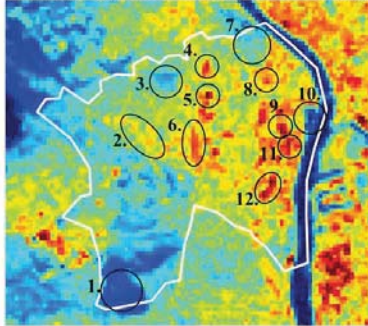
A városi környezetben naplemente után jóval lassabban hűl le a levegő, mint a külterületen, így az éjjeli órákban a belváros felé haladva egyre nagyobb hő-többlet mutatkozik; ez a városi hősziget jelensége. A hősziget erősségét a városon belüli, illetve a külterületi állomáson mért hőmérsékletek különbségeként jellemezhetjük – ez a hősziget intenzitása. Ez a felszínközeli hőmérsékletben kimutatható különbség egy Szeged méretű város esetében elérheti az 5-8 °C-ot (1. ábra), milliós nagyvárosokban akár a 10-12 °C-ot is, ami extrém esetekben szinte egész éjjel megmarad. Ez a hőtöbblet egyrészt befolyásolja télen a fűtésre, nyáron a hűtésre használt energia mennyiségét, másrészt nyáron a belvárosban jelentősen növeli a hőterhelést.



1. ábra: A városi hősziget intenzitásának területi eloszlása Szegeden (2003.03.25.)

A városi felszínhőmérsékletek még az előbbieknél is változatosabb képet mutatnak. A műholdképek felbontásának javulásával – mely esetenként akár néhányszor 10 méteres finomságú – lehetővé vált a városi felszín hőmérsékleti mintázatának részletesebb, térben folytonos feltárása. Az elmúlt évtizedekben a világ több nagyvárosára vonatkozóan történtek ilyen elemzések, így Budapestre is (2. ábra).

ASTER/Terra műholdkép (2001.07.06.)



BUDAPEST - XI. kerület

1. Kamaraerdő
2. Gazdagréti Lakótelep
3. Sas-hegy
4. Csarnoképület (Karolina út)
5. Kelenföldi buszgarázs
6. Kelenföldi pályaudvar
7. Gellért-hegy
8. Skála Bevásárlóközpont
9. Csarnoképületek (Budafoki és Szerémi út között)
10. Kopaszi-gát
11. Újbuda center
12. Csarnoképületek (Szerémi és Fehérvári út között)

A felszínhőmérséklet és a városkörnyéki átlaghőmérséklet (30,6 °C) különbsége

-10 -5 0 5 10 15 (°C)

2. ábra: A felszínhőmérséklet alapján beazonosítható hűvös és forró pontok Budapest XI. kerületének (90 m felbontású műholdkép alapján)

Budapest egy kisebb területén (XI. kerület) is óriási eltéréseket okozhat a különböző beépítettség, a zöldfelület aránya vagy a beépített területen használt anyagok közötti fizikai különbségek. Egy meleg nyári napon a kerület jelentős részén az érzékelt felszínhőmérséklet



legalább 10 °C-kal meghaladja a városkörnyéki átlagos felszínhőmérsékletet, mely többet a példaként bemutatott napon elérte a 30 °C-ot. A Duna hőmérséklete viszont ugyanennyivel volt hidegebb ezen a napon. Néhány példa a számokkal azonosított objektumok közül (2. ábra):

(a) A kerület legmelegebb térségei: (6) 12 °C-kal, (5) illetve 18 °C-kal, a nagyterjedésű, lapos tetejű csarnoképületek és a körülöttük lévő aszfaltburkolatok felszíne (4, 9, 12) mintegy 15-18 °C-kal melegebb a városkörnyéki átlagos felszínhőmérsékletnél.

(b) A hűvös térségek: (1), (3), (7), ahol a városkörnyéki átlaghoz viszonyítva 2-6 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletű a felszín, mely a nagy zöldfelületi aránnyal és borítottsággal, valamint a helyenként párszáz méteres szintkülönbséggel magyarázható.

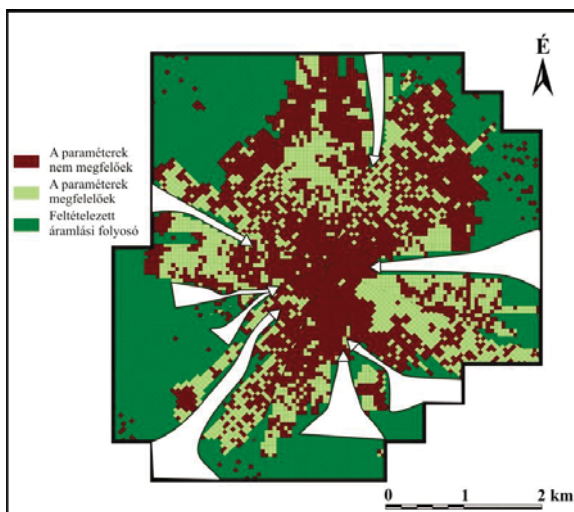
2.2. Beépítés, városszerkezet és domborzat

Áldás vagy átok a belvárosi lakás?

Hőmérsékleti és szélviszonyok

Egy forró nyári nap után éjjel is hiába tárjuk szélesre belvárosi lakásunk ablakát, egy szemernyi sem enyhül a meleg, a sűrűn beépített belvárosban ugyanis a vízzáró burkolatok és az épületek területeinek magas aránya nagyon erős hősziget intenzitást eredményez. 70%-os beépítettség esetén a hősziget intenzitás éves átlagban eléri az 1,5-3 °C-ot. Ha a sűrű beépítettség nagy kiterjedésű, az átlagos érték még magasabb is lehet. A beépítettségben történt változás (pl. egy új lakópark, vagy bevásárló központ építése egy korábbi park vagy sportpálya helyén) tovább emeli ezt az értéket, nem csak közvetlenül a beépítés helyén, hanem annak tágabb környezetében is.

A városszerkezet jelentős hatást fejt ki a település *átszellőzésére* is. A beépítés sűrűsége, a különböző magasságú és elhelyezkedésű épületek kijelölnek a városokban olyan területeket (*átszellőzési* vagy *ventilációs folyosókat*), amelyeken keresztül a külterületek irányából friss és tiszta levegő érkezik a városmagok irányába. Ezen területek azonosítása és tudatos fejlesztése jelentősen javíthatja a város belső területein a levegőminőséget (3. ábra).



3. ábra: Felszíngéometriai paraméterek alapján lehatárolt lehetséges átszellőzési folyosók (nyilak) elhelyezkedése Szegeden



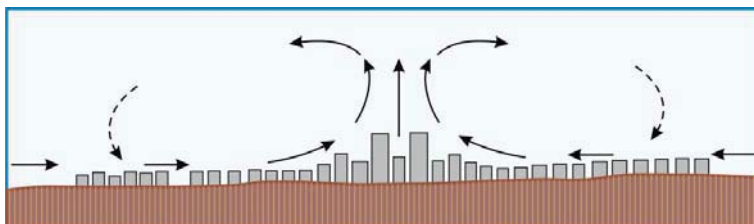
Míg sík területre épített városok esetén a városklíma jellegzetességei zavartalanul jelentkeznek, az élénk domborzatú városoknál háttérbe szorulnak és inkább a domborzati hatások alakítják a lokális klímát. Ilyen jelenségek a völgyekre jellemző napszaktól függően változó irányú hegy-völgyi szél, a lejtőkön kialakuló fagyzugok, vagy a különböző kitettségű lejtők eltérő felmelegedése. A domborzat okozta jelenségeket természetesen a városi beépítés is befolyásolja, például a magasabb térszínek felől éjjel leáramló hidegebb levegőt az épületek és kerítések feltartóztathatják, és így annak kedvező hatásai (a hősziget vagy légszennyezettség mérséklése) elveszhetnek.

Ahhoz, hogy az átszellőzési folyosók valóban hatékonyak legyenek, a következőkre érdemes odafigyelni a várostervezés folyamatában:

- meg kell őrizni a közel egyenes, nyílt és a központ felé irányuló területeket,
- ezeken a szabad területeken a felszín érdességét alacsony szinten kell tartani (kerülve ezek – különösen magas házakkal és zárt épülettömbökkel való – beépítését és a zárt, erdőszerű fásítást),
- a beáramlási területek felszínborítását úgy érdemes változtatni, hogy hűtő hatást fejtsen ki a városközpont felé áramló levegőre (lígetes, füves-fás zöldfelületek kialakítása),
- minimalizálni kell a légszennyezést azokon a területeken, ahonnan a beáramló levegő származik,
- csökkenteni kell az átszellőzési folyosók légszennyezését is, hogy a külterületek felől beáramló hűvösebb levegő minősége minél kisebb mértékben romoljon, mielőtt a belvárost eléri.

A város által generált légmozgás

A belső területek erős felmelegedése miatt a városok *saját szélrendszer*t is létrehozhatnak (4. ábra). Derült, szélszemes időjárási helyzetekben a városközpont felett, a városi hősziget hatására felmelegedő levegő felemelkedik, helyére a külterületek irányából hűvösebb, tisztább levegő áramolhat a ventilációs folyosókon, ha a beépítés laza, sugárutas szerkezete ezt engedi. A központ felett felemelkedett levegő a magasban szétáramlik, lehűlve visszaereszkedik, kisméretű helyi lépkörzést hozva létre. A légáramlás nappal főképp a tetők, éjjel elsődlegesen az utcák szintjében halad. A városi légkörzés sajátosan alakul az éjszaka folyamán. A légáramlás a központ melegebb levegőjét elszállítja, a hőmérsékleti kontraszt tehát csökken, így a légmozgás gyengül vagy megáll. Ez a központ felmelegedését eredményezi, ami újraindíthatja a légcserét. Ez a beáramlás tehát, ha tiszta és hűvös levegőt hoz, akkor kifejezetten előnyös jelenségnek tekinthető a légszennyezettség, a humán komfort javítása szempontjából.



4. ábra: A város által létrehozott szélrendszer

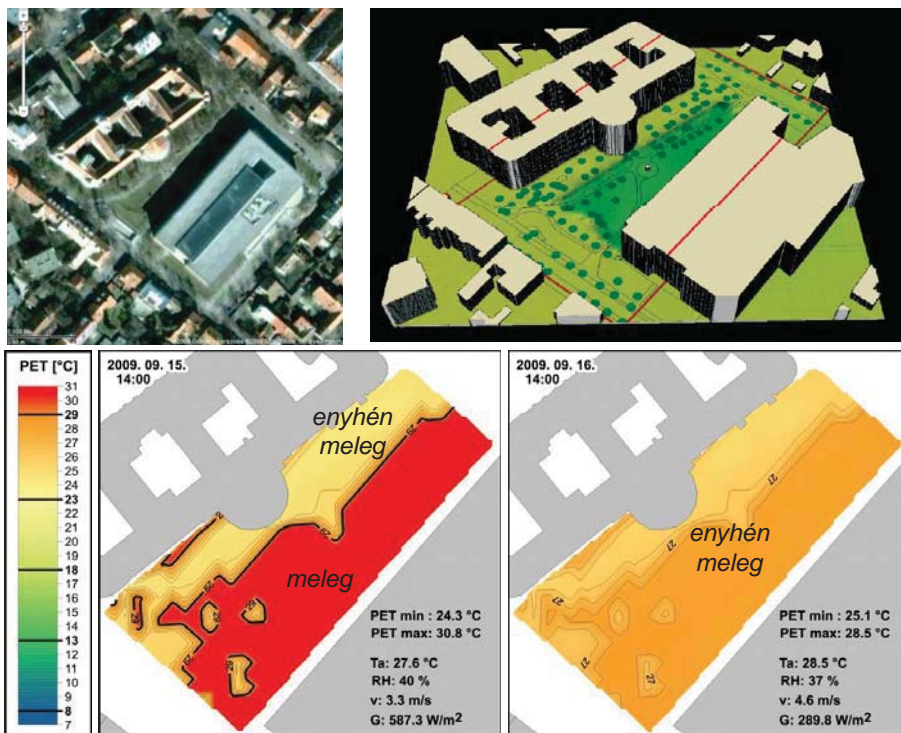


2.3. Bioklíma és humán komfort

Befolyásolható-e a hőérzet?

Nagy nyári kánikulában mi városlakók ösztönösen sajátos alkalmazkodási technikákat „fejlesztünk” ki a hőség okozta stressz csökkentésére: ha a hőmérő higanyszála magasra kúszik, kerüljük a tűző napot, ha tehetjük, az utca árnyékos oldalán haladunk vagy szellős parkokon át vezet az utunk, szökőkutaknál keresünk felfrissülést, esetleg a legmelegebb koradélutáni órákra időzítjük a (légkondicionált) banki elintéznivalókat.

Hőérzetünk ugyanis korántsem csupán a *hőmérséklet* függvénye. Magyarország földrajzi helyzetében legalább ennyire fontos tényező a *napsugárzás* (annak is a nagy publicitást kapott bőrkárosító ultraibolyán kívüli, némileg hosszabb hullámhosszú tartományai), de nem elhanyagolható a *szél* és a *légnedvesség* szerepe sem. E négy alaptényező (együttes vagy egyenkénti) befolyásolásával lehet klimatikusán komfortosabb környezetet kialakítani a városok szabadterein, a mindennapi városi életet szolgáló közterületeken, azaz utcákon, sétányokon, tereken, közkertekben és parkokban. Ez azért is fontos, hogy a parkok, kertek, terek, játszóterek, sétányok és szabadtéri vendéglátóhelyek jó kihasználtsággal, valóban a pihenést, felfrissülést szolgálva közkedvelté váljanak a városlakók és a látogatók körében. Különösen lényeges ez amikor a globális klímaváltozási tendenciák hatására kis léptékben, a mindennapjaink szintjén is egyre kedvezőtlenebb körülmények alakulhatnak ki a városokban.



5. ábra: Egy napos és egy felhős nap hőérzet-térképei egy összetett komfort index (PET) eloszlása alapján (Szeged, Ady tér)



A kérdés elméleti hátterével a humán bioklimatológia tudománya, azon belül is a kültéri humánkomfort kutatás foglalkozik. E kutatás eredményei segítségével pontos és részletes képet kaphatunk pl. egy közpark, közkert, játszótér vagy sétálóutca termikus komfort viszonyairól. Pontról-pontra meg lehet mondani, hogy hol, mekkora hőterhelés éri az ott tartózkodók szervezetét, milyen a kapcsolat egy terület látogatottsága (kihasználtsága) és a klimatikus viszonyai között. Gyakorlati szinten tehát ahhoz jelent segítséget, hogy klimatikus (humán komfort) szempontból hol vannak egy terület kritikus pontjai (5. ábra). A tervezés során – település-, építész- és tájépítész-mérnök szakemberekkel együttműködve – e szempontok figyelembe vételével hatékonyabb zöldfelületi, szabadtéripítészeti és építészeti (zöldfelület arány, természetes és művi-mesterséges árnyékolók, csapadékvíz visszatartás, lélegző burkolatok, vízarchitektúra, átszellőzés) megoldásokat keresve lehet eljutni az optimális térkialakításhoz, ami nem csak esztétikai –, de komfortviszonyait tekintve is a legkedvezőbb.

2.4. Városi levegőminőség

Az emberi tevékenység következtében vízgőz és különféle szennyező anyagok (különbéle gázok, füst, por, korom) kerülnek a légkörbe, melyek összességükben káros hatással vannak az ott élő emberek életterére. A szennyezett városi levegő egészségkárosító hatásait általánosságban régóta ismerjük. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) becslése szerint világszerte évi 865 000 haláleset közvetlenül az erős városi légszennyezettségnek tulajdonítható. Ezen belül Magyarország légszennyezettsége az egyik legsúlyosabb Európában. Például hazánkban évente kb. 16 000 idő előtti halálozás hozható összefüggésbe a levegő megnövekedett porszennyezettségével.

A legfontosabb légszennyező anyagok és humán egészségi hatásaik

A legfőbb városi légszennyező anyagok az aeroszol-részecskék, a felszínközeli ózon, a nitrogén-dioxid, a kén-dioxid és az ólom.

A *légköri aeroszol-részecskék* alapvetően a fosszilis tüzelőanyagok – különösen a szén és a dízel olaj – elégetéséhez kapcsolódnak, szilárd és cseppfolyós fázisúak, s hamut, kormot, ásványi sókat, valamint oxidokat és egyéb szerves vegyületeket tartalmaznak. A felszínközeli ózon, mely a fotokémiai szmog egyik fő komponense, akkor keletkezik, amikor elsődleges légszennyezőanyagok, mint pl. a nitrogén-dioxid és a szén-monoxid reakcióba lépnek a nap sugarzás hatására.

A fentiek közül a részecskék és az ózon hordozzák a legsúlyosabb egészségi kockázatot. A kisebb méretű aeroszol-részecskék bejuthatnak a tüdőbe, befolyásolhatják a vér oxigénnel történő frissítését és gyulladást okozhatnak. A finom részecskék hatására kialakulhat a krónikus tüdő- és szív-érrendszeri károsodás, ezáltal súlyosbodnak az ehhez kapcsolódó megbetegedések (pl. akut és krónikus hörghurut, asztma, tüdőrák), növekszik a halálozási ráta. Ez amellet, hogy rontja az életminőséget, jelentős munkaerő kiesést is jelent.

A városiaknak a tüdeje, a szeme, a bőre egyaránt ki van téve a szennyezett levegő káros hatásainak. A kitettség fokozódik, ha intenzív fizikai munkát végzünk, mivel ilyenkor a légszennyező anyagok mélyebben hatolnak be a tüdőbe. Emissziós források (pl. erőmű, ipari üzemek, autópálya/főút) közelében lakók számára – akik gyakran ki vannak téve jelentős mértékű és tartós légszennyezettségnek – megnő az akut és/vagy krónikus légúti megbetegedések kockázata. A hosszú tartamú kitettség viszonylag alacsony légszennyezettség koncentrációk esetén is komoly egészségi problémákat okozhat. A légszennyezettség egészségi hatásai leginkább a csecsemőket, gyerekeket és az időseket érintik.



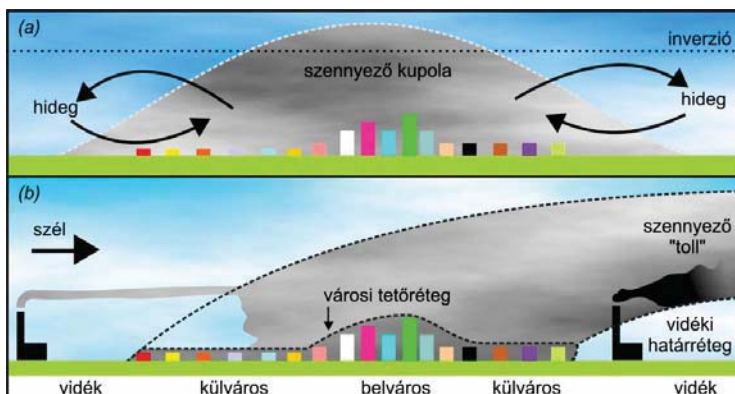
Légszennyezettség és időjárás

Ahogy a hősziget kialakulása és intenzitása, úgy a légszennyezettség is erősen függ az aktuális időjárástól. Minél zavartalanabb a napsugárzás, illetve minél gyengébb a vízszintes légáramlás és a függőleges átkeveredés (amiről a szélcsend és a derült ég műszer nélkül is árulkodik), annál inkább érvényesülnek a városi felszín sajátosságai és a sűrű szennyező források kellemetlen hatásai. Ez az időjárás a magas légnyomású központonl térségünk felett tanyázó ún. anticiklonok sajátja, míg a ciklonok szeles és felhős időjárásában a városi hatások részben elmosódnak.

A globális klímaváltozással párhuzamosan az általános légkörzés is módosul, mégpedig minden jel szerint az eddiginél több anticiklont és kevesebb ciklont terelve a Kárpát-medence térségébe. Ennek következtében a korábinál kevesebb felhő és nyugodtabb időjárás várható, ami – más olyan következmények mellett, mint az erősebb nyári-, de mérsékeltébb téli melegedés, a több csapadékmentes nap, valószínű csapadék-csökkenéssel – fokozottan érvényre juttatja a helyi, pl. városi sajátosságok hatásait. Ez a folyamat immár az elmúlt évtizedek légnyomási és felhőzeti adatain is megfigyelhető. A légkörzés e változásai miatt a városi hatások a következő évtizedekben valamelyest akkor is erősödhetnek, ha egyetlen új épület és gépkocsi sem terhelné tovább a környezetünket.

Szélcsendes időjárású napokon, télen az átkeveredést gátló, a magassággal növekvő (inverziós) hőmérsékleti rétegződés miatt felgyülemelő szennyezőanyagokból a város felett egy szennyező kupola formálódik (6. ábra (a)). Ezt erősítheti, ha a korábban említett – hősziget okozta – légkörzés révén az áramlás a felszínen, a külterületeken lévő ipartelepekről is a belváros felé szállítja a szennyeződést. Hosszabb ideig fennálló nyugodt időjárás esetén ez szélsőséges esetben ún. *téli szmog* kialakulását eredményezheti. Ha pedig ez a folyamat nyáron napfényes időjárással párosul, akkor az ennek hatására meginduló fotokémiai folyamatok ún. *fotokémiai szmog* kialakulásához vezethetnek. Mindkét helyzet jelentős egészségkárosító hatással bír.

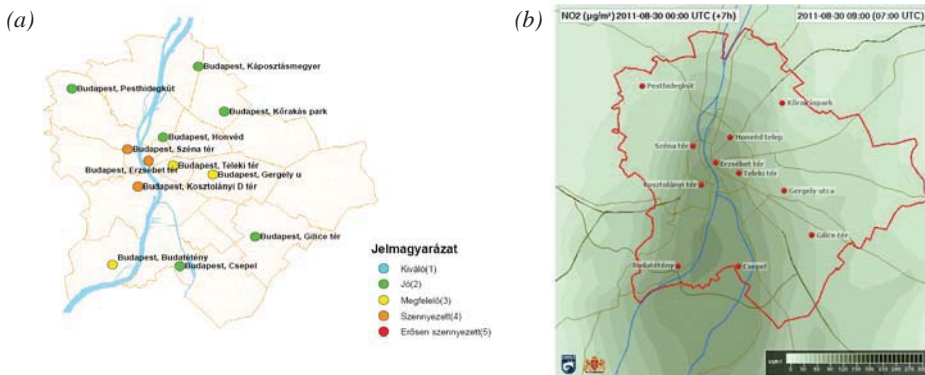
Nagyobb szélsébség hatására a város feletti szennyeződés-kupolának a városi tetőszint feletti része átkeveredik, kedvezően felhígul és az uralkodó szél irányába elmozdul (6. ábra (b)). Ilyenkor a város szél felőli oldalán tiszta, szinte természetes légkör-összetétel alakulhat ki, ugyanakkor a város mögötti területeken erősen szennyezett a levegő. Ez esetben az inverziós rétegződés miatt ez a szennyezett csóva („toll”) nem tud a magasabb rétegekbe emelkedni és ott elkeveredni, hanem a talajra visszajutva, a szélárnyékos oldalon okoz magas koncentrációkat.



6. ábra: A városi szennyeződés alakzatai: (a) a városi szennyező kupola, szélcsendben, (b) a városi szennyező toll stabil légköri rétegződés és szél esetén



Látható, hogy a légáramlásnak milyen nagy a jelentősége a települések átszellőzésében, a légszennyezés (és a kánikulai hőterhelés) alakulásában, amit a várostervezés és -rendezés során érdemes figyelembe venni. A tervezést segítheti, hogy minden városban kiszámítható, hogy melyik szélirány milyen gyakoriságú, illetve milyen valószínűséggel párosul stabil, a fenti képet létrehozó rétegződéssel.



7. ábra: (a) Budapest levegőjének szennyezettsége nitrogén-oxidokkal a 2010. év átlagában (b) Előrejelzett NO_2 koncentráció Budapest térségében 2011. augusztus 30-án 9 órára a hét órával korábbi időjárási- és koncentráció-adatok alapján. (Operatív terjedési modell.)

Magyarországon az aktuális légszennyezettségi értékekről a városi mérőhálózatok tájékoztatnak. A nagyobb és szennyezettebb városainkban több mérőponton is történnek szabványos, akkreditált automatikus, illetve kézi mérések. Például a fővárosban több mint 10 ilyen állomás működik, ahol folyamatosan mérik a levegő szennyezettségét. E megfigyeléseket légszennyező anyagoként más-más határértékekkel jellemzett kategóriákba osztják (7. ábra (a)), hogy a helyzet érthető és az egyes anyagok vonatkozásában összehasonlítható legyen. A légszennyezettségnek a kibocsátások (időben is változó) mértékétől és az időjárás változásaitól való függését operatív szennyezés-terjedési modellekkel is előre lehet jelezni. Egyes nagyobb városokra készülnek is ilyen előrejelzések, Budapestre például a www.met.hu honlap-címen megtalálhatók a következő néhány nap várható szennyezőanyag-koncentrációi (7. ábra (b)).

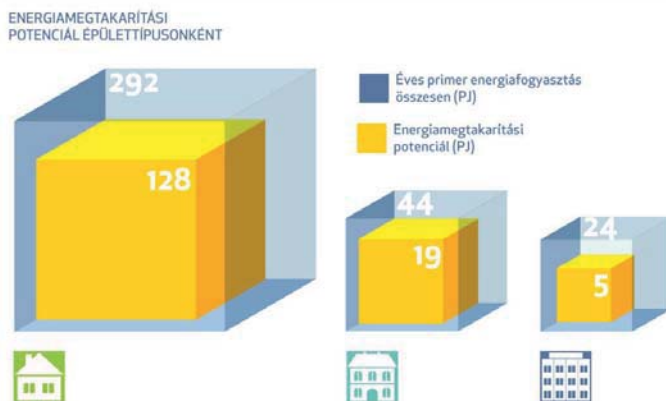
A városokban a légszennyezettség mértéke sajátos napi menetet mutat, ami a gépjárművek emisszióira vezethető vissza, következésképp, a közlekedési eredetű légszennyezettség értékek csak a város területére reprezentatívak.

A légszennyezettség és a klímaváltozás

Az említett közvetlen egészségkárosító hatás mellett a légszennyezés bizonyos szegmensei (üvegházhatású gázok) nagyobb léptékben a globális klímaváltozásért felelősek. E gázok kibocsátásának kb. 80%-a az energiatermelés, illetve -felhasználás során kerül a légkörbe. Az energiarendszerek, az energiafelhasználás, illetve a közlekedés hatékonyabb tételével nem csak a szén-dioxid kibocsátását csökkenthetjük, hanem a település és az ott lakók költségeit is. A helyi megújuló energiaforrások bevonása az energiatermelésbe szintén csökkenti a kibocsátást és kedvezően hat az energiafüggetlenségre, valamint a foglalkoztatásra is. Az ipar energiafelhasználásának racionalizálása mellett rengeteg szén-



dioxidot spórolhatunk meg a köz- és lakóépületek korszerűsítésével, szigetelésével, illetve a lakossági szemléletformálással. Egy közepes méretű településen évente kb. 10 000 tonna szén-dioxidot lehet megtakarítani az épületek energetikai felújításával, ami kb. 10%-os kibocsátás csökkentés. A jó hír tehát az, hogy ezek az intézkedések önmagukban (az éghajlatváltozástól függetlenül) is előnyösek, és hozzáadott haszonnal is járnak.



8. ábra: A különböző épület típusokban (családi ház, társasház, panel) rejlő energiamegtakarítási lehetőségek Magyarországon. (Forrás: Negajoule 2020, Energiaklub)

A 8. ábra jól mutatja, hogy a hazai lakóépületek energiafelhasználását több mint 40%-kal lehetne csökkenteni (a sárga kockák az ábrán) energiahatékonysági korszerűsítések révén – homlokzat és nyílászáró szigeteléssel, fűtőkorszerűsítéssel.

Az összes háztartás 24%-a rendelkezik korszerű nyílászárókkal, 25%-uk hajtott végre külső hőszigetelést az épületen és 16%-uk újította fel a fűtési rendszerét. Az elmúlt időszakban állami támogatási programok is segítették a lakóépületek korszerűsítését (pl. a Panelprogram, Nemzeti Energiahatékonysági Program, Zöld Beruházási Rendszer).

A légszennyezés káros hatásai mérsékelhetők abszolút és relatív módon is. Abszolút csökkentésről akkor beszélünk, ha technológiai újításokkal, hatékonyabb munkaszervezéssel ténylegesen csökken a szennyezőanyag-kibocsátás. Relatív csökkenést pedig úgy érthetünk el, hogy pl. magasabb kéményeket, vagy alacsonyabb, egymástól távolabb eső házakat építünk, ami elősegíti a levegő jobb átkeveredését, végső soron a kisebb koncentrációk kialakulását.

A lakóterületeken belül a közutak megfelelő kiépítése szintén hozzájárulhat a levegőminőség javításához. Az elkerülő utak (körgyűrűk) rendszerének kialakításával az átmenő forgalom jelentősen mérséklődhet, ami csökkenti a légszennyezettség szinteket. Emellett a városi úthálózat korszerűsítésével a városi forgalom átlagos sebessége, s ezzel a városi úthálózat áteresztő képessége is jelentősen megnő. A városi forgalom növekvő átlagsebessége mérsékli az egységnyi út megtételéhez szükséges kibocsátást, s ezáltal a koncentrációkat is.

Az utak mentén kialakított zöldfelületek kedvezőbbé teszik a mikroklimatikus komfortviszonyokat. Cserjék, fák ültetésével jelentős zajcsökkentő hatás érhető el, különösen a legkellemetlenebb magas hangok frekvenciartományában. Ugyanakkor az út menti fák – különösen zárt lombkorona-alagút esetében – csökkenthetik a vertikális átszellőzést, ami nagy forgalmú városi főútvonal esetében a légszennyezettség időszakos, átmeneti növekedését okozhatja (a fasorok árnyékoló hatása, a légszennyező anyagok kiszűrése viszont javítja a helyi klímát és a helyi komfortérzetet).



A városi levegőminőség tehát igencsak összetett probléma, melynek megoldása több tudományterület és intézmény összefogását igényli. A szaktudományok képviselőin túl fontos a várostervezők, az építészek és tájépítészek, a közlekedési mérnökök, az energia- és környezetpolitikai szakemberek, valamint közgazdászok együttműködése annak érdekében, hogy érdemben mérsékelni tudjuk a városi légszennyezettséget és az azzal járó egészségromlást.

A kibocsátás csökkentő lépéseket nem lehet és nem kell egyik napról a másikra megtenni, de ki kell tűzni egy települési szintű célt – mint ahogy azt sok európai város már megtette. A célhoz vezető ütemtervet ki kell dolgozni és végrehajtani. Jó példa erre a „Polgármesterek Szövetsége” kezdeményezés (www.eumayors.eu): több mint 2 800 település írta alá eddig, hogy 2020-ig legalább 20%-kal csökkenti a szén-dioxid kibocsátását. Ebből 729-en már el is készítették ennek ütemtervét. Az Égei-tenger szigetein több kis település 100%-os csökkentést, néhány német nagyváros (többek között Duisburg, Hamburg, Hannover, Nürnberg) 40%-os csökkentést vállalt. A szomszédos országokban a romániai Targu Jiu (Zsilvásárhely) tűnik ki 63%-os vállalásával. Hazánkban is 6 település csatlakozott a szövetséghez (Budapest, Biharkeresztes, Budaörs, Felsőnyék, Tata és Veszprém).

3. Közterület és éghajlat

A városiakok szabadban töltött idejük jelentős részében a közterületeket használják, ezért alapvető jelentőségű, hogy tervezésüknél a humánkomfort szempontok is érvényre jussanak.

3.1. Utcák, terek

Az épületek közti területeken, az ún. városi szabadtereken a természeteshez képest csökken a talajfelszín és a növényzettel borított felszínnek kiterjedése, amelyek a párolgás és párolgotatás fő forrásai. A mesterséges, vízzáró talajfedés akadályozza a beszivárgást, ami ugyancsak csökkenti a párolgást és a tárolt víz mennyiségét is. A mesterséges felszínekről az ember igyekszik eltávolítani a vizet, csatornázza ezeket. A sima, növényzet nélküli felszíneknek egyébként is kisebb a vízvisszatartó képessége: a lefolyás rajtuk rendkívül gyors. Az 1. táblázat a lefolyás mértékét mutatja be különböző felszínborítottsági típusok esetén.

1. táblázat: A lefolyás mértéke %-ban (a felszínre hulló csapadék és a lefolyó vízmennyiség aránya) különböző típusú felszínnek esetében

aszfaltburkolat	85–95
bitumennel kiöntött kockakő	80–85
kockakő bitumen kiöntés nélkül	50–70
faragott terméskő burkolat	40–50
kavicsolt, v. mechanikailag stabilizált út	15–30
rét	15–30
szántó	8–20
erdő	3–10
park	5–10

Hogyan befolyásolja a városi közterületek öntözése a humánkomfort viszonyokat?

Elterjedt gyakorlat a közterületek öntözése. A zöldterületek esetében a városi környezetben a vegetáció vízigényének kielégítése céljából ez általában elkerülhetetlen.



Azonban az utcák és terek locsolása nem minden esetben hasznos a humánkomfort szempontjából! A nyári forróságban az erősen felmelegedett burkolatot csak jelentős mennyiségű (legalább $5-15 \text{ l/m}^2$) víz képes olyan mértékben lehűteni, hogy az a léghőmérsékletet is csökkentse. Elégtelen vízmennyiség esetén az elpárolgva a levegő nedvességtartamát növeli, fülledtséget és így a hőérzet romlását idézi elő.

Hogyan javíthatjuk a városi közterületek humánkomfort viszonyait?

Az utcák és terek humánkomfort igényeket figyelembe vevő tervezése, fenntartása szempontjából fontos eszköz az *árnyékolás*, ami az épületek árnyékoló hatásának kihasználását, növelését (árkádok, fraktál tetők), illetve a széles utak mentén fasorok telepítését jelenti.

Általános elvként megfogalmazható, hogy minél kisebb mértékben módosítjuk a természetes felszínt, annál kevesebb később kivendődő hatást váltunk ki. Más szavakkal: amit nem kell beépíteni, mesterséges talajfedéssel, vízelvezetéssel ellátni, azt ne építsük be, ne burkoljuk le! A talajfelszín és a növényzet jelentős mennyiségű csapadékvizet tart vissza, növeli a párolgást, a levegő nedvességtartamát, így csökkenti a léghőmérsékletet. A természetes felszínnek nagyobb vízviszartartó képessége a lefolyás csökkentése révén gátolja a hirtelen árhullámok kialakulását a városi vízfolyásokon, növeli a talaj nedvességtartamát, és egyúttal a csatornarendszer terhelését is csökkenti.



9. ábra: Oszlopos megjelenésű juhar (*Acer sp.*) fajból álló utcai fasor (József Attila Tudományos és Információs Központ, Szeged)

A városi fasorok telepítése során körültekintő fajválasztással olyan fasor alakítható ki, amely maga is ellenálló a megváltozó klimatikus adottságokkal szemben, illetve árnyékolásával hosszú évtizedekig hatékonyan csillapítja az épültre és a városlakókra gyakorolt hőterhelést. A 9. ábrán látható oszlopjuhar faj idős korában sem hoz oldalágakat, ezáltal nem ad árnyékot sem az épület délnyugati homlokzata, sem a létesítmény körül évente megforduló több millió látogató számára. Telepítése tehát – noha esztétikailag az oszlopcsarnokkal összhangban indokolható lenne – a hosszú távú humánkomfort szempontú gondolkodás jegyében azonban kifejezetten ellenjavalt.



3.2. Parkok és egyéb zöldterületek

Mi a különbség a zöldterület és a zöldfelület közt?

A városon belüli növényzettel borított területeket zöldfelületnek nevezik. A köznyelvben használt zöld terület, vagy zöldterület azonban más. Ez utóbbit a településrendezés önálló funkciójú területfelhasználási kategóriaként különíti el. A városklíma, illetve humánkomfort szempontból a különböző zöldfelületeknek más és más lehet a szerepük.

Zöldterület: a város állandóan növényzettel fedett közterülete, önálló funkcionális egysége, amely elsősorban rekreációs feladatokat (pihenés, üdülés, sport, stb.), higiénés és esztétikai funkciókat tölt be. A városi parkok, közparkok és közkertek tartoznak ide.

Zöldfelület: a zöldterületeknél általánosabb fogalom. Minden olyan felület ide tartozik, amelyet döntő mértékben növényzet borít, függetlenül attól, hogy a település melyik funkcionális területi egységén (ipari terület, lakóterület, közlekedési terület, intézményterület, stb.) belül helyezkedik el. Legismertebb formái: lakóterületi lakókert vagy közös használatú lakókert, intézményi (köztük közintézményi) területek kertjei, zöldfelületei, mint pl. temetők, múzeumkertek, állat- és növénykertek, közlekedési terület fasora és zöldsávja, ipari vagy munkahelyi területek kertjei, védőfásítások, közműterületek növényzettel borított területei, stb. A zöldfelületi rendszerre vonatkozó jogszabályi értelmezésben a mezőgazdasági területek nem tartoznak a zöldfelületi rendszerbe, de környezeti kondicionáló hatásuk ezeknek is jelentős, s ezért településökológiai és klimatikai szempontból a zöldfelületek közé kell sorolni.

Használati szempontból a városi zöldfelületeket három csoportba sorolhatjuk:

1. Korlátlan közhasználatra szánt (zöldterületek, vagyis közparkok, közkertek, fásított terek, sétányok, közlekedési területek zöldfelületei, erdőterületek, természetvédelmi területek).
2. Korlátozott közhasználatú (temető, botanikus kert, állatkert, arborétum, fürdő, strand, sportkert, múzeumkert, intézményi kertek, korlátozottan látogatható természetvédelmi területek).
3. Közhasználat elől elzárt (intézményi kertek, magántulajdonban lévő kertek, kertvárosi, falusi lakóterületek kertjei, közműüzemi területek zöldfelületei, honvédségi terület zöldfelületei, védelmi célú véderdők, kertgazdasági területek, rét-legelő területek, mezőgazdasági területek).

A városok zöldfelülete általában rendszert alkot, aminek négy alaptípusa van:

1. a gyűrűs rendszerben a városmagot több, egymással párhuzamos zöld gyűrűvel fogja össze, a zöld gyűrűk között ipari-, lakó és egyéb funkciójú területek helyezkednek el (Frankfurt, Krakkó),
2. a sugaras rendszerben a városközpontból ék alakban, egyre szélesebb zöldfelületek jelennek meg (budai Ördögárok mentén lévő zöldfolyosó, Stuttgart),
3. a szigetes rendszerben egymástól megfelelő távolságban önálló, nagy zöldfelületek vannak (Párizs).
4. A vonalas, illetve sávos rendszer is gyakran előfordul, főleg településföldrajzi okok miatt (völgy, folyó, stb.).

A valóságban e rendszerek tervezettek és kombináltan jelennek meg. A tájszerkezeti, településföldrajzi adottságokra alapozottan a tervezés során szükséges a rekreációs jellegű zöldhálózati ellátás és a településökológiai, kondicionáló szempontok együttes figyelembe vétele.

Hogyan befolyásolják a zöldfelületek a humánkomfort viszonyokat?

A városi parkok és egyéb közhasználatú zöldfelületek egyik legfontosabb funkciója a fizikai és szellemi rekreáció, a humánkomfort és az általános környezetminőség javító szerepe, s hogy a természeteshez viszonylag közeli feltételek közt teremtenek kikapcsolódási



lehetőséget a városlakók számára. Ezzel együtt *a jól elhelyezett, megfelelő méretű és kialakítású parkok* vagy más zöldfelületi létesítmények fontos szerepet töltenek be a levegőtisztaság- és zajvédelem, valamint a termikus komfortfeltételek javítása területén is.

A beépített területek közé ékelt zöldterületeken a klíma kevésbé változik a természeteshez képest. A parkok és más nagyobb zöldfelület esetében a mesterséges felszínekhez képest az energia és vízmérleg a természetes felszínre jellemzőhöz hasonlóan alakul. Kisebb a lefolyás mértéke, a csapadék nagyobb hányada szivárog be és tárolódik a talajban, vagy párolog el, növelve a levegő nedvességtartalmát. Ennek hatásai közvetlenül elsősorban a szomszédos területekhez viszonyítva gyengébb hősíget-hatás formájában, ún. *hűvös szigetként* jelentkeznek (a hőmérsékletjárás szempontjából a természetes felszínekhez hasonlatosabb módon viselkednek). A hűvös sziget erősségét a városközpont és a park léghőmérséklete közötti különbség nagyságával jellemezhetjük. Azt, hogy a beépített terület és a zöldfelületek közt milyen mértékű és időbeli dinamikájú a hőmérsékleti különbség, a zöldfelületek jellemzői határozzák meg.

Mekkora és milyen a humánkomfort szempontjából az „ideális” park?

A megfigyelések szerint ahhoz, hogy a park hűtő hatást fejthessen ki, vízszintes kiterjedése minimálisan 60-80 méter kell legyen. A megfelelően nagy kiterjedésű parkok belső részén felhalmozódó nagy mennyiségű hűvös levegő áramlik ki (parki szellő) a szomszédos beépített területek felé, nyáron kedvező, hűtő hatást gyakorolva azokra. A ligetesen fásított, nagy zöldfelületi arányú parkok hűtő hatása a vizsgálatok szerint kb. *a park szélességével megegyező távolságon belül* érvényesül.

Fontos, hogy a park uralkodóan és állandóan növényzettel, vagyis fákkal, cserjékkel vagy gyepel borított legyen. A gyeses park részeken az égboltláthatóság mértéke nagy, ezért a városon kívüli füves területekhez (rét, legelő) hasonlatosan a felszín és a levegő napközben gyorsan melegszik, éjjel gyorsan hűl. Ezzel ellentétben az uralkodóan fás parkokban (60%-nál nagyobb lombkorona borítottság) az égboltláthatóság kisebb, ami napközben a gyengébb besugárzás miatt csökkenti a felmelegedést, tehát elősegíti a hűvös sziget kialakulását, míg éjjel a gyengébb kisugárzás révén csökkenti a lehűlés mértékét, vagyis gyengíti a park hűvös sziget jelenségét. A fás területek előnye, hogy a hő nem jut el a felszínre, ill. embermagasságba, ezért ezeket a területeket hűvösebbnek érezzük. Az erdők, illetve kisebb fás területek remek árnyékolók. Magyarország éghajlati viszonyai közt a legalább felerészben fás (a felszín legalább felét takarja a fák lombozata) parkok tekinthetők megfelelőnek.

A beépített területek fásítása is kedvező humánkomfort hatásokkal rendelkezik. Vizsgálatok szerint egy 40%-os beépítettségű lakótelepi beépítés esetében egy jól fásított zöldfelület (a szabad terület legalább 50%-a) a humánkomfort szempontból legterhelőbb nyári időszakokban alacsonyabb léghőmérsékletet biztosít, mint a városon kívüli füves területek.



10. ábra Humánkomfort szempontból kifogásolható, hogy a park ülőbutorai árnyékmentesek, részben ezzel is magyarázható, hogy nyári melegben a park látogatottsága nagyon alacsony (Szent István tér, Szeged)



Régi parkok rekonstrukciója, vagy újak tervezése során a sajátos városklíma, illetve a klímaváltozás kapcsán várható humánkomfort viszonyok romlása jelentette új kihívásokat is figyelembe kell venni. Hazai klimatikus adottságaink között ezért legalább 40%-os lombkorona borítottság szükséges a parkokban, de a városi szabadtereken, köztereken is kívánatos a 25-30% fásítottság. A 10. ábrán látható park felújítása során a padok ezen szempontokat nem figyelembe vevő elhelyezése miatt azok 90%-át napfelkeltétől naplementéig direkt napsütés éri. A kellemetlen hőérzeti viszonyok miatt a park látogatottsága – noha kialakítása a városlakók szerint is esztétikus – nyári időszakban nappal rendkívül alacsony, hiszen nem szolgálja megfelelően a látogatók pihenését, felfrissülését.

3.3. Vizek, vízpartok

Mivel jár a tó- vagy folyóparti elhelyezkedés?

A városokon átvezető folyók fontos *átszellőzési folyosókként* működhetnek, felettük a városon kívüli területek tisztább, hűvösebb levegője elérheti a város belső területeit. A *vízfelszínnek párolgása* növeli a külterületekhez képest általában szárazabb városi légtér nedvességtartamát. A folyók és tavak *talajvízszint emelő hatása* is pozitívként értékelhető, hiszen a vízzáró városi felszín alatt általában talajnedvesség és talajvízszint csökkenés figyelhető meg.

Tóparti városok esetében kialakulhat egy sajátos, a víz és a beépített területek közötti légkörzés, amely nappal frissítheti a város levegőjét.

A *városi területek*, mint a rajtuk áthaladó vízfolyások vízgyűjtő területének részei kedvezőtlenül befolyásolják, *kiegyenlítetlenebbé teszik az érintett vízfolyások vízjárását*: a vízzáró burkolatoknak és csatornázásnak köszönhetően a városi vízfolyásokon a lefolyás felgyorsul, heves áradások alakulnak ki záporok idején. Ehhez az is hozzájárul, hogy a városi terület fölött gyakoribb a záporok kialakulása. Megfigyelték, hogy *a városok méretének növekedésével a hirtelen áradások magassága és hevesége is növekszik*.

A fenti megfontolások alapján a legelőnyösebb módja a vízfelszínnek területének növelése. Továbbá tartózkodni kell a városon átvezető folyók partjainak, illetve a várossal határos tópartok egybefüggő, magas épületekkel történő beépítésétől, mivel az megakadályozza a légcserét a mögöttes beépített területekkel. Célszerű a partokon gyepek-ligetes parkok és nem egybefüggő fasorok, erdősavok létesítése. Amennyiben a folyópart már korábban beépült, törekedni kell arra, hogy ahol lehet, zöldfelületekkel bontsuk meg a beépített part menti sávot, lehetőleg úgy, hogy azok a mögöttes városi területek felé utat nyitó átszellőzési folyosókhoz csatlakozzanak.

4. Épület és éghajlat

4.1. Miért előnyös a körültekintő várostervezés?

Az eddigiekből is látható, hogy az épületek jelentősen befolyásolják egy város klímáját. Ha például egy területet sűrűn beépítünk, akkor ott melegebb lesz (hősziget jelenség), mintha üresen vagy zöldfelületként meghagyjuk, vagy esetleg parkot építünk ott. Mivel a városok fejlődése térbeli terjeszkedéssel is jár, a szabad területek beépítésével, ezért a várostervezés és építési engedélyezés során oda kell figyelni a városklíma alakulására. Klímatudatos várostervezéssel csökkenthetjük a városban kialakuló hősziget intenzitását.



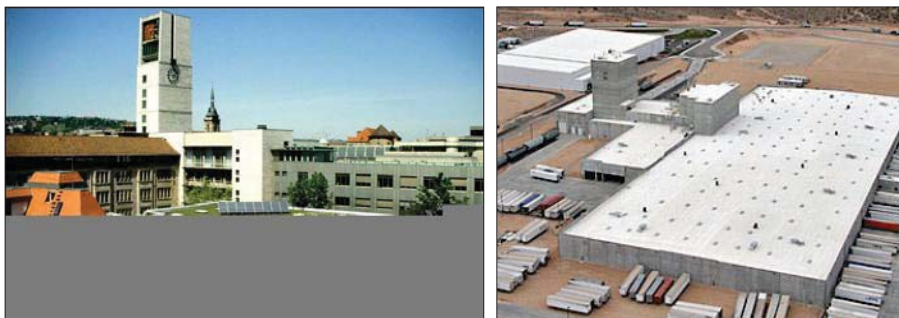
4.2. Mire érdemes odafigyelni egy épület tervezése során klimatikus szempontból?

Árnyékoló hatás

Számottevően mérsékelhetőek a városi hősziget kedvezőtlen hatásai megfelelő árnyékolási módszerek alkalmazásával. A magasabb beépítettség ilyen szempontból kedvező hatást gyakorolhat, ráadásul a mélyebb utcakanyonok a nedvességet is hosszabb ideig tartják meg. Például egy lakótelep-szerű beépítettség esetére végzett elemzés szerint kb. 45 m magas épületek esetén alakul ki a legkedvezőbb komfort az utcaszinten. Hasonló hatás érhető el megfelelően kialakított fasorok vagy más árnyékoló megoldások alkalmazásával is.

Épület burkolata

A tetők hagyományos fedésének módosítása jelentősen javíthatja a városi klímát, ugyanis növények telepítésével (zöldtetők alkalmazásával) növelhető a tető hőtároló kapacitása, a tetőről kisugárzott hő vagy a tetők fehérre festésével a visszavert napsugárzás mennyisége (11. ábra). A zöldtetőknek, illetve a zöldhomlokzatnak további hűsítő szerepe van a növények párologtatásának, illetve az árnyékolásnak köszönhetően.



11. ábra: Zöldtető és fehér (reflektív) tető

Épület-energetika

Sokszor halljuk, hogy mennyire fontos a fosszilis energiaforrások környezetbarát, megújuló energiaforrásokkal történő kiváltása. Azt azonban kevésbé szokás kihangsúlyozni, hogy az előállított energiának a környezettudatos, takarékos felhasználása szintén fontos szempont a környezetvédelemben. Nem is gondolnánk, hogy az antropogén hőforrások kb. fele az épületek által kibocsátott hő, és mindössze 28%-a a közlekedés és 22%-a az ipari tevékenység következménye. Látjuk tehát, hogy energiatakarékos épületek tervezése, a meglévő épületek energiatakarékos felújítása fontos szempont, nemcsak a környezetvédelem, hanem a városi klíma szempontjából is.

Ami a megújuló energiaforrások használatát illeti, városi környezetben számolni kell azzal, hogy egyes épületek homlokzatainak, sőt tetejének a benapozottsága korlátozott lehet az épületek egymásra vetett árnyéka miatt. A biomasszát is a megújuló források közé szokás sorolni, de sűrűn beépített városi környezetben ezzel is óvatosan kell bánni. Igaz ugyan, hogy a fatüzelés globális, de akár regionális léptékben szén-dioxid semleges abban az értelemben, hogy az elégetésekor csak az a szén-dioxid szabadul fel, amiből a növény „teste” felépült, csak hogy ez utóbbi történet valahol az erdőben játszódott le, a kibocsátás viszont helyileg ott történik, ahol lakunk. Az egészségügyi szempontokon túl itt a szmogképződés magasabb kockázatával is számolni kell. Természetesen nem kell lemondanunk a biomassza tüzelésről



külső kerületekben, még kevésbé jól telepített, magas kéményű, jó kazánokkal felszerelt fűtőművek esetében.

Ami az épületek téli hővesztését illeti, az hőszigeteléssel, korszerű nyílászárókkal és jól szabályozott fűtési rendszerekkel csökkenthető. A városklíma szempontjából be fog állni egy egyensúlyi helyzet: nagyobb hővesztés → melegebb utca → kevesebb fűtés kell → hidegebb utca. Energiafogyasztás tekintetében nem mindegy, hogy hol, de a mérleg beáll.

Más a helyzet nyáron, ha légkondicionálókat használunk: ekkor egy veszélyes öngerjesztő folyamat alakul ki. A légkondicionálók ugyanis a hűtés céljából az épületekből elvont hőt a környezetbe dobják ki az épület tetején, homlokzatán vagy az épület mellett. A következményeket nem nehéz felmérni: intenzívebb hűtés → melegebb utca → még több hűtés → még melegebb utca. A klímaberendezések a hőt az épületek közötti légtérbe juttatják, ennek következményeit más épületek és az utcákon tartózkodók is megszenvedik. Még rosszabb a helyzet, ha csak egyes lakásokat, irodákat klimatizálunk, és a hőleadás a homlokzaton, gyakorta közvetlenül az ablakok alatt történik. Ebben az esetben egy szinttel feljebb már többlet hő jelentkezik, és ha ablakot nyitnak, azon meleg levegő fog beáramlani – az egyedi klimatizálást alkalmazó lakó láncreakciószerű kényszerpályára állítja számos szomszédját is, a hőleadó kondenzátorokkal zsúfolt homlokzatú épület a saját levében, egyfajta hóbuborékban „fürdik”, ahol a fal közelében mérhető hőmérséklet még a „városi” értéket is több fokkal meghaladja. Ha mesterséges klimatizálást alkalmazunk, akkor célszerű a berendezést az épület tetején elhelyezni.

Ráadásul a klímaberendezések magas primer energiatartalmú elektromos árammal üzemelnek, és tömeges alkalmazásuk olyan csúcsterhelést eredményez az országos hálózaton, amely komoly üzemzavarokhoz vezethet.

A megfelelő szellőzés nemcsak a humánkomfort viszonyok optimalizálása miatt célszerű, hanem környezetegészségügyi és katasztrófavédelmi szempontból is fontos, különösen a közösségi épületek (iskola, kórház, sportlétesítmény, bevásárlóközpont, stb.) esetében. Egy jól megtervezett városban is előfordulhatnak olyan időszakok, amikor a kinti hőmérsékletet hosszabb időre nehezen lehet elviselni, akár a hideg, akár a meleg miatt. Ilyen esetekben fontos szerepet töltenek be a megfelelően klimatizált közösségi épületek, de legalább ennyire hasznosak a jól tervezett, ápolt és öntözött növényzettel, szökőkutakkal vagy kisebb medencékkel, esetleg pergolákkal és épített árnyékvetőkkel ellátott parkok, kertek, játszóterek, szabadterek.

Épület elhelyezése – hogyan biztosíthatjuk városunk átszellőzését?

Fontos, hogy biztosítsunk olyan átszellőzősi útvonalakat a városban, ahol a külterületekről a friss levegő a belvárosba tud áramlani, tisztítva és hűtve ezzel a városi levegőt. Mérés és modellezés segítségével kialakítható egy optimális elrendezés, hogy a lehető legjobb irányba befolyásoljuk a városunk klímáját egy épület megépítésekor. Ez különösen fontos, ha nagy kiterjedésű vagy magas épület, esetleg egy egész városrész kialakítását tervezzük.



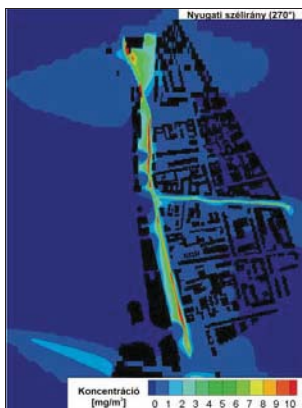


12. ábra: A Millenniumi Városcsopont modellje a szélsatornában

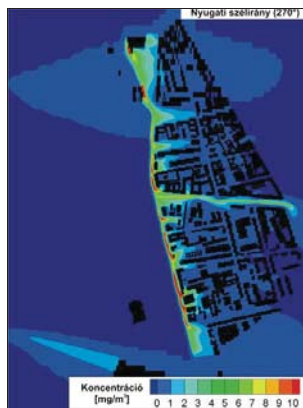
Budapesten a Millenniumi Városcsopont (Nemzeti Színház, Művészetek Palotája és környékük) tervezésénél egy átfogó szélsatorna (12. ábra) és numerikus szimulációs városklíma vizsgálatot végeztek annak megállapítására, hogy hogyan fogja befolyásolni Ferencváros átszellőzését ez az új városrész.

Az eredmények szerint a Millenniumi Városcsopont a Soroksári útra koncentrálja a szennyezőanyagot, ezáltal Ferencváros belső utcái tisztábbak lesznek (13. és 14. ábra). Meg kell azonban azt is jegyezni, hogy a vizsgált esetben az új fejlesztés, magas, tömörszerű beépítés, iroda és kulturális funkcióval, nagy forgalmat generáló létesítmények, amelyek az eredeti forgalmi terhelést tovább növelik. A magas épületek tehát abban segítenek, hogy a szennyezőanyag koncentrálódjon egy szennyezett útszakaszon és ne jusson el távolabbi területekre.

A példa tehát akkor állja meg a helyét, ha a folyópart mellett nagy forgalmú, erősen szennyezett útvonal van. Ez a területhasználat azonban rendkívül előnytelen. Ezt igazolja, hogy Budapesten a Dunához közeli terek (pl. Szent Gellért tér, Clark Ádám tér, stb.) rendre erősen szennyezettek. Célszerű tehát a folyó- illetve tóparton zöldterületet, szabadteret létesíteni, hogy a tiszta levegő áramoljon a városi területekre, és ne szennyezett levegőt juttassunk a belterületekre.



13. ábra: Szennyezőanyag-koncentráció a Millenniumi Városcsopont megépítése esetén



14. ábra: Szennyezőanyag-koncentráció a Millenniumi Városcsopont nélkül



5. Közlekedés és éghajlat

Hogyan hat a klímaváltozás a közlekedésre – miért ne hagyjuk a nagymamát a parkolóban?

A közlekedés minden formája szabadtéri tevékenység, így ki van téve az időjárás viszontagságainak. Gondoljunk csak a nyári hőségben dugóban álló járművek forróságára vagy a téli csúszós utakra. Klimatizálás nélkül megtapasztalhatjuk az *üvegházhatást* a járművekben, amelyek akár 50-60 °C-ra is felmelegedhetnek. Zárt járműben (például parkolóban állva!) *hősokkot* kaphatnak az utasok, ájulás, sőt gyermekeknél és idősebbeknél akár halál is lehet a következmény. A melegben fáradékonyabbak vagyunk és a figyelem is csökken, ami különösen veszélyes a vezetők és a többi közlekedő (gyalogosok, kerékpárosok) számára. A klímaváltozás másik várható hatása a változékonyabb téli időjárás lesz, ami az ónos esők gyakoribbá válását jelenti. Ez legalább annyira kritikus, mint a hőség, minden közlekedőt érint, felkészülést igényel a városüzemeltetéstől és az egészségügytől is. Az extrém időjárás helyzetek a közlekedés műszaki infrastruktúráját is igénybe veszik: a megolvadó aszfalt, elgörbülő villamossín, leszakadt felsővezeték mindennapi tapasztalatok.

Közlekedési megoldások a szélsőséges klímahelyzetek kezelésére

A fentiek elkerüléséhez a településeknek ismerniük kell a helyi klímát és annak alakulását, az éghajlatváltozás várható következményeit és kockázatait. Ezt a *városklíma* vizsgálatok és a *klímamodellekkel* felállított *előrejelzések* mutathatják meg. Így kijelölhetők az alkalmazkodás legjobb lehetőségei. A legalapvetőbb klímajelenségek felismeréséhez és azok kezeléséhez azonban nem kellene bonyolult modellek. Ugyanis a tájegységi eltérések ellenére minden hazai város klímájában nagyjából hasonló gyakorisággal jelenhetnek meg olyan szélsőséges időjárás helyzetek, melyekre érdemes felkészülni. A közlekedés az egyik fontos terepe a szélsőséges időjárásból fakadó kockázatok csökkentésének. Például a közösségi közlekedési eszközök fejlesztése, a buszok és villamosok *léghkondicionálása* akár életet is menthet, de a legtöbb esetben a jobb *átszellőzés* biztosítása is elengedő. A gyalogos közlekedési terek, járdák, parkolók, megálló *árnyékolása* (pl. fákkal vagy árnyékoló szerkezetekkel) élhetőbbé teszi az utcát, a zivatarok elől is védelmet nyújt, így segítheti a gépkocsiról sétára váltást is. A hőhullámok idején legalább a forgalmasabb csomópontoknál, megállóknál biztosítani kell az *ivóvizet*. Az *útburkolatok* megfelelő kialakításával meg kell előzni a nyári aszfaltolvadásokat. A *vízáteresztő burkolat* a talajvíz megőrzésével jól szolgálja a víztakarékosságot (pl. öntözési igény csökken), de emellett a téli lefagyások, ónos eső ellen is védhet, hiszen nem marad meg a felszínén víz, ami síkossá tenné.

A közlekedés a klímaváltozás egyik legfontosabb előidézője

A belsőégésű motorok kipufogógázaiban levő szén-dioxid és nitrogén-oxidok a *léggör üvegházhatásának* fokozódását okozzák, így globális felmelegedéshez vezetnek. A közlekedés adja az EU kibocsátásának ötödét ilyen gázokból. A városi közlekedés üvegházgáz kibocsátása legnagyobb mértékben az egyéni gépkocsi használatból származik. Az egyre több gépkocsi több torlódást okoz, ami több elpazarolt energiát, feleslegesen elégetett üzemanyagot jelent. Emiatt a közösségi közlekedés sem működhet ideálisan (dugóban álló buszok, kevesebb utas=kevesebb bevétel, járatleépítések). A nagy forgalom okozta egészségügyi kockázatokról (zaj, légszennyezés) nem is beszélve. A visszaféjlődő közösségi közlekedés miatt viszont még több autó lesz. Ebből az ördögi körből kell kitörni, ez a klímabarát közlekedés egyik alappillére.



A klímabarát közlekedés lehetőségei

Nem kell feltétlenül mindig komoly műszaki beruházásokra gondolni! A közösségi közlekedés vonzóbbá tehető összehangolt menetrendekkel, tarifarendszerrel, járatok átszervezésével is. Nagyvárosi agglomerációkban kiválóan működik az *egységes menetrend és tarifarendszer*, ami összekapcsolja a városi és városkörnyéki, távolsági közlekedést egységes és összehangolt menetrendekkel, jegyárakkal, több eszközön is használható jegyekkel, bérletekkel. Az egyes közlekedési módok egymást kiegészítve szolgálják a városlakók érdekeit. A versenyképes jegyárak, a megállók könnyű elérhetősége, a járművek színvonala teszik igazán vonzóvá az autókkal szemben a közösségi közlekedést.

Nemcsak a klímavédelem, de városkép szempontjából is nagyon kedvező a *zöld villamospálya*, vagyis a villamosínek közötti és melletti forgalommentes területek füvesítése.

A *kerékpárkölcsonzó rendszer* átgondoltan kialakítva, jó tarifarendszerrel hasznos alternatívája lehet a gépkocsi használatnak, a turisták számára pedig az egyik legjobb és legolcsóbb megoldás (15. ábra). Általában a kerékpározás (kerékpárutak, tárolók, közlekedésszervezés kerékpárbarátta alakítása) a legismertebb az alternatív közlekedési lehetőségek közül, de ne feledkezzünk meg a gyaloglásról sem. A nyáron árnyékos, télen napsütötte járdák, kényelmes sétálóutcák a városklíma kedvezőtlen hatásaival szemben is hatékony védekezési eszközök.

Bármilyen közlekedési eszközt választunk, a legfontosabb a megfelelő forgalomszervezés. Hiába járnak sokan biciklivel, ha közben akadályozzák a gépjárműforgalmat. A legnagyobb szennyezést a forgalmi dugóban araszoló autók okozzák. Ezért fontos, hogy megfelelően tervezzük meg a közlekedési rendszert.



15. ábra: Kölcsönözhető kerékpárok (Lyon)

Az iskolabusz és az autós iskolába hordás kiváltására egyre terjedő megoldás a *pedibusz* vagyis *lábbusz* (16. ábra). Az iskolás gyerekek előre meghatározott útvonalakon felnőtt felügyelete mellett közösen, gyalog járnak iskolába. Az iskolásmenethez kijelölt „megállóhelyeken” lehet csatlakozni, a felnőtt felügyelők is ezeken a helyeken váltják egymást. Nemcsak energiatakarékos, de szemléletformáló és közösségépítő is egyben.



16. ábra: Iskolások a „lábbuszon” (Eisenstadt)



Szankcionálás is lehet a módszerünk. A behajtási és parkolási díj, ill. a *dugódíj* rendszerének kialakításával csökkenthető egyes városrészek terhelése, ám csak körültekintően alkalmazva lehetünk sikeresek.

Autóknál kisebb üvegházgáz kibocsátású megoldásokat használhatunk. A *hibrid járművek* alkalmazása az önkormányzat és a közszolgáltatások terén példamutató a lakosság részére. A városi közlekedésben praktikusabbak a csendes, tiszta járművek, dugóban araszolva sem fogyasztanak annyi üzemanyagot, kifejezetten előnyösek pl. taxik, buszok, kukaskocsik esetében.

A városi *teherszállítás* is sokat tehet ezen a téren. A modern módszerekkel, számítógéppel optimalizált útvonaltervezés lényegesen csökkentheti a járművek fogyasztását, egyszerre spórolva üvegházgázt, költséget és időt. A környezetbarát technika alkalmazása itt kifejezetten fontos, hiszen a városi közszolgáltatások járművei, a kiskereskedelmi áruiterítő járművek általában egyszerre keveset futnak, viszont jó szervizhátterrel rendelkeznek, s így ideálisak a legmodernebb megoldások kipróbálására, akár hibrid, tisztán elektromos, hidrogén- vagy biogáz-hajtású vagy üzemanyagcellás meghajtásról van szó.

Az egyéni autózás is környezetbarátta tehető az *autómegosztás*, *car-sharing* rendszerével. Rövid, néhány órás időtartamra, de akár napokra is kölcsönözhetőek a járművek. Az autótak bármelyik előre kijelölt állomáson fel lehet venni, illetve le lehet adni. Így a magántulajdonban lévő személygépkocsik száma és használata csökkenthető.

A céges autóflokkák *car-pooling* rendszerben használhatók. A vállalati kocsik reggelente összegyűjtik az alkalmazottakat, és délután hazaviszik őket. Megfelelő ösztönzési rendszerrel a vállalatok és a munkavállalók is rábírhatók a használatra. Az autók pl. különleges jelzést kaphatnak és használhatják a buszsávokat, de ösztönözhető munkaadó munkavállalói juttatások és adókedvezmények révén is.

6. Ajánlások

- Ismernünk kell a minket körülvevő ember alkotta környezetet ahhoz, hogy biztonságosabb, az ember számára kellemesebb és fenntartható módon fejlődő városaink legyenek.
- A városklíma javítása érdekében a városszerkezeti tervben célszerű az átszellőzést javító átfogó, városi és térségi zöldfelületi rendszertervet készíteni. A szabályozási- és beépítési tervekben indokolt érvényre juttatni a hő- és vízháztartás javítását szolgáló megoldásokat (árnyékolás, borítottág, vízáteresztő burkolatok, stb.)
- A zárt beépítéssel korlátozott átszellőzés, a természetesnél sötétebb felszín, a csatornázással és vízzáró burkolattal korlátozott párolgás miatt kialakuló ún. *városi hősziget-hatás* minden évszakban több fokkal emeli a belső területek hőmérsékletét, nyáron a késő esti órákig tartó fülledt meleg-érzetet okozva. A városi hőtöbblet mérséklése a sugárzás-bevétel mérséklésével, a párologtatás növelésével, valamint az átszellőzés fokozásával érhető el.
- A *világos felületek* (háztetők, homlokzatok, utcakövek) kiépítése növeli a sugárzás-visszaverést, a *zöldfelületek* pedig fokozzák a párolgást, vagyis csökkentik a levegő közvetlen melegítését. Ha a zöldfelület egy-egy háztetőn kel életre, az segíti a vízvisszatartást, így heves záporok idején csökkentik a csatornarendszer kiugró terhelését (tűlfolyását).
- Az *átszellőzés* érdekében a várostervezés eszközeivel meg kell őrizni a városközpont felé tartó egyenes és kellően széles útvonalakat. Ezekon az útvonalakon a felszín beépítettségét alacsony szinten kell tartani, a fásításnál pedig kerülni kell a zárt, erdőszerű állományokat.
- A *légszennyezettség* még ma is sok ember betegségét és idő előtti elhalálását okozza. A levegő minősége elsősorban a belvárosi közlekedés egyenletes térbeli elosztásával és



ütemességének biztosításával javítható. Ugyanakkor törekedni kell a légszennyezés csökkentésére azon városperemi területeken is, ahonnan a belvárosba beáramló levegő származik.

- Ha az emberi szervezet kikerül a számára optimális hőérzeti tartományból, azaz a belső hőtermelés túl kevés, vagy túl sok, akkor *hőstressz* léphet fel. A városokban inkább a meleg stressz gyakori, hiszen a hideg ellen a hősziget-hatás és a betonrengeteg többé-kevésbé védelmet nyújt. Ezt az állapotot a legkisebb egyszeri beruházással, hűsítő parkok létrehozásával és karbantartásával tudjuk fenntartható (mesterséges hűtés nélküli) módon enyhíteni. E parkokban a sok árnyék, a víz és a természetes szellőzés a túl meleg hőérzet egyszerre több összetevőjét is mérsékeli.
- Azokban a városokban, amelyek részben vagy egészben egy-egy *völgyben fekszenek*, e sajátosság javíthatja, de akár ronthatja is a levegőminőség és hőérzet városi sajátosságait, az időjárási helyzettől és a beépítettség mértékétől függően. Bár e témakörben még vannak nyitott kérdések, annyi bizonyos, hogy éppen a dombokról történő leáramlás enyhítő, átkeverő hatását nem szabad nagy kiterjedésű épületekkel korlátozni.
- Minden eddig megélt *időjárási szélsőség* bármikor újra előfordulhat, sőt a globális klímaváltozás következménye, hogy számos szélsőség gyakorisága és intenzitása növekszik! Ezek kártételeinek mérséklése az élet- és a vagyónvédelem feladata.
- Városainkban nemcsak *alkalmazkodnunk* kell az egyre sűrűbben beépített város és a globális folyamatok sok tekintetben egy irányba mutató hatásaihoz, hanem hozzá kell járulnunk a globális változás *mérsékléséhez* is. Enélkül a városokban és azokon kívül is egyre többször lesz elviselhetetlenül meleg, nem beszélve olyan globális kockázatokról, mint például a tengerszint emelkedése miatt otthonaikat elhagyni kényszerülőkhöz növekvő száma.
- Szerencsére, az ezt segítő lépések egyben tompítják a városi lét kellemetlenségeit is. Például, ha jó a *házaink hőszigetelése*, akkor télen kevesebb fűtésre, nyáron kevesebb hűtésre kell pénzt és energiát fordítanunk, ami segít csökkenteni a szén-dioxid-kibocsátást is.
- A nagyvárosi agglomerációkban rendszeres ingázás minél nagyobb hányadát célszerű a *közösségi közlekedésre* áttérlni. Ehhez összehangolt menetrendekre és tarifarendszerre, az egyéni közlekedésnél kedvezőbb jegyárakra, optimális megálló-tervezésre és színvonalas járművekre van szükség.
- Jó lenne, ha elterjedne az *iskolabuszok* – rövidtávon a felügyelt közös gyaloglás (!) – több országban ismert rendszere. Segítené a forgalom csökkentésében és a levegőminőség javításában a *car-pooling*, vagyis az alkalmazottak tervszerű be- és hazaszállítása, illetve a *gépjárművek rugalmas*, akár pár órás *kölcsönzése* úgy, hogy ne kelljen azokat ugyanoda visszavinni. A hálózatos leadást és felvételt a *kerékpárok kölcsönzésére* is ki lehet terjeszteni, így az jó tarifarendszerrel kombinálva, biztos alternatívája lehet a gépkocsi használatnak.
- Bármilyen közlekedési eszközt választunk, fontos a megfelelő, a változásokhoz (új lakótelep, bevásárló központ, egészségügyi intézmény) azonnal igazodó *forgalomszervezés*, hiszen a legnagyobb szennyezést a forgalmi dugóban araszoló autók okozzák.
- A „Városklíma kalauz”-ban vázolt lehetőségek világszerte ismertek, sőt már néhány hazai városban egy részüket a gyakorlatban is alkalmazzák. Érdemes tájékozódni ezekről, amiben a jelen kiadvány szerzői, a városklíma kutatói is szívesen nyújtanak segítséget.



IMPRESSZUM

A *Városlíma kalauz* a témával foglalkozó tudományos kutatókból és gyakorlati szakemberekből álló *Városlíma Műhely* kiadványa. Ez a szakmai közösség 2011 júniusában a Magyar Urbanisztikai Társaság kezdeményezésére alakult. Tagjai a főváros és egyes vidéki városok szakmai intézményeiben dolgozó személyek, akik a saját ismereteiket és ezek gyakorlati hasznosítása iránti elkötelezettségüket képviselik. A *Városlíma kalauz*ban leírtak nem szükségszerűen jelentik az alábbiakban jelzett intézmények hivatalos álláspontját.

A *Városlíma kalauz* szerzői:

BCE Kert- és Szabadtértervezési Tanszék: *Szilágyi Kinga*

BME Áramlástan Tanszék: *Berbecár Éva, Kristóf Gergely*

DE Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék: *Zöld András*

DE Meteorológiai Tanszék: *Szegedi Sándor*

EKF Földrajz Tanszék és OMSZ: *Mika János*

ELTE Meteorológiai Tanszék: *Bartholy Judit, Pongrácz Rita*

ENERGIAKLUB: *Bozsó Brigitta, Lohász Cecília*

MUT: *Ongjerth Richárd*

OMSZ: *Baranka Györgyi*

SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék: *Gál Tamás, Gulyás Ágnes, Kántor Noémi, Makra László, Unger János*

VÁTI: *Kohán Zoltán, Péti Márton, Rideg Adrienn*

A szerzők közül *öten* az MTA doktorai, *kilencen* PhD címviselők.

Felelős Kiadó:

Magyar Urbanisztikai Tudásközpont Nonprofit Kft., *Ongjerth Richárd* ügyvezető igazgató

Rövidítések:

BCE	- Budapesti Corvinus Egyetem
BME	- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
DE	- Debreceni Egyetem
EKF	- Eszterházy Károly Főiskola
ELTE	- Eötvös Loránd Tudományegyetem
ENERGIAKLUB	- ENERGIAKLUB Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ
MUT	- Magyar Urbanisztikai Tudásközpont Nonprofit Kft.
OMSZ	- Országos Meteorológiai Szolgálat
SZTE	- Szegedi Tudományegyetem
VÁTI	- VÁTI Magyar Regionális Fejlesztési és Urbanisztikai Nonprofit Kft.

