



Városi lakókörnyezet javítása zöldszerkezetekkel 1.

V. Horn Valéria

BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, horn.valeria@zmk.bme.hu

DOI:10.56474/legkor.2023.3.3

Az éghajlatváltozás a belvárosi területeket fokozottan érinti. A hősziget hatás az ökoszisztéma helyreállításával mérsékelhető. A zöldszerkezetek alkalmazása a településen, az épületek környezetében és az épületek belsejében kedvező hatást gyakorolnak. Csökkentik a nyári hőterhelést, árnyékolnak, ezáltal az épületek üzemeltetési energiáját mérsékelik. Csökkentik a légszennyezés mértékét, a csapadék jelentős részét visszatartják. A zöldtetők és zöldhomlokzatok típusai és épületszerkezeti megoldásai kerülnek bemutatásra.

Improving urban living environment with green structures

Climate change has an increased impact on inner city areas. The heat island effect can be mitigated by restoring the ecosystem. The use of green structures in the settlement, around and inside buildings has a positive impact. They reduce summer heat loads and provide shading, thus reducing the energy needed to operate buildings. They also reduce air pollution and retain a significant portion of precipitation. Types and building construction solutions of green roofs and green facades are presented.

Bevezetés

Az utóbbi időszakban egyértelműen növekszik a 30 °C feletti napok száma, 2019-ben 55, míg 2020-ban 38 hőségnap volt [1]. Ezzel együtt az épületek hűtésére fordított energia folyamatosan nő (Kirschbaum et al., 2019). A földfelszín leburkolása a talaj és a levegő kölcsönhatások (víz, energia) megváltozását eredményezi, amelynek súlyos mikroklimatikus hatásai vannak (Brysse et al., 2013). A burkolt felületek gyorsabban felmelegednek, tárolják a hőt és éjszaka lassabban hűlnek le, mint a növényekkel fedett nyitott területek. Az egyre hosszabb kánikulai periódusok miatt egyre

több klímaberendezés kültéri egysége látható belvárosi területeken, ezek a léghőmérsékletet tovább növelik. Zöld felületek növelésével és zöldszerkezetek telepítésével ez a hatás jelentős mértékben mérsékelhető.

Az uniós, országos és városi irányelvek az éghajlatváltozás okozta problémák csökkentését tűzték ki célul. A magyar és külföldi stratégiák olyan területfejlesztéseket irányoznak elő, amelyekkel a városi közterületek és az épületek klímamoptimalizált rekonstrukciója megoldható, továbbá az új építési területekre érvényes szabályzást adnak, mint pl. Európai zöldmegállapodás 2022, EU Biodiverzitási stratégiája 2030-ig, Az éghajlatváltozás hatásaival szembeni reziliens Unió létrehozása –

Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó stratégia, EU Zöld infrastruktúra stratégia, Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2018–2030, Budapest klímastratégiája 2018. Ezen irányelvekben kiemelt szerep jut az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak, a levegőminőség javításának, a csapadék talajban történő tárolásának, a biológiai sokféleség megőrzésének, a települések ökoszisztéma-helyreállításának. Ehhez több eszköz alkalmazható:

- zöldfelületek arányának növelése közterületen és az épületeken,
- zárt burkolatok cseréje lélegző és vízáteresztő burkolatra,
- vízfelületek kialakítása – csobogó, szökőkút – olyan helyeken, ahol a fásítás nem valósítható meg,
- esővíz visszatartása és öntözési célú tárolása,
- hűtő pontok telepítése,
- optimális légáramlás biztosítása, egyben a légszennyezés csökkentése.

A Településtervezési Szabályzat 419/2021. (VII. 15.) Korm. rendelet – fejlesztési és rendezési koncepció és a települések építési szabályzata csak a különböző építési övezetekben a zöld felületek minimális nagyságát írja elő. Az új épületek aránya azonban alacsony, ezért az épületek rekonstrukciójánál és a közterületeknél olyan megoldásokat szükséges alkalmazni, amelyekkel a mikroklimatikus helyzet javul. Az új építésű épületekhez a helyi szabályzatok elő is írhatják a zöldhomlokzatok telepítését. Budapesten az egy főre jutó zöldterület nagysága 5 m², míg az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 9 m²-t ajánl [2]. Városi környezetben gondot okoz, hogy a közparkok területi eloszlása egyenetlen. Ezt az arányt javították az elmúlt évtizedben végzett faültetések, illetve az erdőterületek fapótlása és önkormányzati telepítések, emellett a meglévő állomány megfelelő gondozása is fontos feladat.

Zöld szerkezetek előzményei

A XX. század egyik legnagyobb építésze, Le Corbusier 1923-ben jelentette meg Új építészet felé című művét (*Le Corbusier*, 1981), melyben az építészeti elveit fogalmazta meg. Egyik alapelve, hogy azt a területet, amelyet az épületek elfoglalnak, a természetnek vissza kell adni. Ez az épületek pillérváz szerkezetével, a földszint minimális beépítésével – csak lépcsőház és előtér megépítésével –, továbbá az épület tetején kialakított tetőkert kialakításával biztosítható, pl. Maisons Jaoul, Neuilly sur Seine, La Tourette kolostor. Mindemellett a modern építészet további kiemelkedő alakjai, mint Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto,

is alkalmazták a 1930-as évektől épületeiken zöldtetőt. Ez a zöldgondolat kevés kivételtől eltekintve csak az utóbbi évtizedekben vált egyre elfogadottabbá.

A népi építészetben is vannak előzményei a zöldszerkezeteknek. Skandináviában igen elterjedtek a fűtetők. Magyarországon a déli tájolású tornácok elé ültetett egygyári futónövények időszakos árnyékolást biztosítottak. Hasonlóképpen az épített borospincék, a falakra emelt téglá vagy kő dongaboltozat készültek, ezeket földdel takarták, amelyen megtelepedtek a növények, így e térlefedések is zöldtetőnek tekinthetők.

Városi zöldfelületek

A városi hőszigetelést a burkolt felületek fokozzák. Épületeink térelhatároló szerkezetei hosszúhullámú kisugárzása, a légszennyezés, épületeink téli-nyári üzemeltetése és a kialakult városszerkezet, utcahálózat a hőszigetelést tovább növeli. A hatások mérsékelhetők zöldszerkezetek telepítésével, szabad vízfelületek biztosításával, csapadékot áteresztő burkolatok alkalmazásával, továbbá a közlekedési terhelés csökkentésével. Nagyobb beavatkozással, a városszerkezet módosításával jár, ha szellőző légcatornákat nyitnak épületek bontásával.

A városi zöldfelületek a szabadidős tevékenységeknek, rekreációnak biztosítanak teret. A köztertek, közparkok bioklimatikus értéke nagy, a városok igen értékes területei. A növények transzpirációjának köszönhetően ezek a területek tudják hatékonyan hűteni a szomszédos területeket (*Fricke et al.*, 2014). Egy hektáros füves terület hűtőhatása már kimutatható, bár a hatás nagymértékben függ a talaj nedvességtartalmától. Legkedvezőbbek a változatos növényállományú, különböző magasságú fákkal, cserjékkel és füvesített területtel rendelkező parkok. Ugyanakkor a parkok füves területe gyorsabban hűl le a kisugárzás miatt.

Meleg nyári napokon a napsütötte területekhez képest erdős területen mintegy 7 °C-kal alacsonyabb hőmérséklet mérhető (*Weber*, 2018; *Baumüller*, 2019). A városi zöldfelületek ennél lényegesen kisebb hőmérsékletcsökkenést eredményeznek. Vegyes beültetésű fásított területen 2,1 °C, nyílt pázsitos területen viszont 1 °C hőmérséklet-csökkenés mutatható ki (*Mathey*, 2012), ugyanakkor az emberi hőérzet ennél jóval nagyobb különbséget érzel.

A kisebb kiterjedésű zöldfelületek a belvárosi tömbökben jól megközelíthetők, árnyékolt területeket biztosítanak, bár hatékonyságuk jóval kisebb az összefüggő, nagy zöldterületekhez képest. A fasorok jelentősége a csatlakozó járdák, kerékpárutak árnyékolásában van.

Csökkentik a direkt sugárzást, ezáltal javul a hőérzet. Kísérleti jelleggel több kötőpályás közlekedési felületet zöldítettek, melyek nyáron a sínek hőmérsékletét csökkentik.

A települések szabad felületeinek fásítása és fapótlása a nagy koronát növesztő, szárazságtűrő fajok ültetésével a legkedvezőbb. A gyalogos zónák, kerékpár utak, közösségi közlekedési megállók fasorokkal való szegélyezése előnyös és egyben árnyékolják a területet. Hasonlóképp a játszóterek árnyékolása is elengedhetetlen. Mindezen intézkedésekkel a zöldterület aránya növekszik. Sűrű beépítésű belvárosi környezetben zöldtetőkkel – akár közösségi kertként kialakított zöldtetőkkel (1. ábra) –, illetve zöldhomlokzatokkal javítható ez az arány.



1. ábra. Dán közösségi tetőkert, Østerbro.

Növényzet hatása az épített környezetre

A növények oxigéntermelése, a hőterhelés csökkentése, a hőmérséklet- és páratartalom ingadozás mérséklése, a párologtatással járó hőelvonás, melyeket ökoszisztéma-szolgáltatásoknak is neveznek, ezek hatása mind a teljes településeken, mind az épületek közvetlen közelében és az épületek belső tereiben is egyaránt kimutatható.

Település viszonylatában:

- kedvező klimatikus hatás,
- CO₂ szint csökkentése,
- levegő tisztítása, finom por megkötése,
- település vízháztartásának szabályozása,
- jó közérzet.

Épület környezetében:

- mikroklíma szabályozása,
- csapadék tárolása/lassabb elszikkasztása,
- ökológiai értéktöbblet, biodiverzitás.

Épületben:

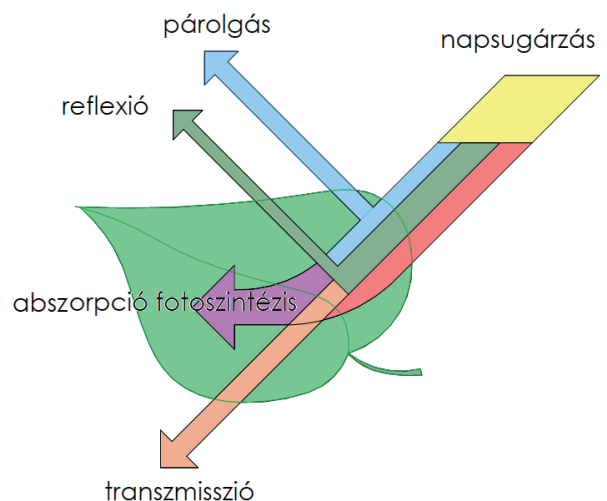
- hőkomfort javítása, természetes hűtés,
- hőszigetelés, CO₂-hasznosítási potenciál,
- épületszerkezetek védelme az időjárási hatásoktól,
- üzemeltetési költségek pénzügyi hatása,
- jobb hangszigetelés,
- épület határoló rétegének UV sugárzás elleni védelme,
- kedvezőbb épület megjelenés.

Nem elhanyagolható a zöldfelületek kedvező pszichikai hatása sem. Noha ezt számszerűsíteni nem lehet.

Levélnet növényélettani működése

A levélnet energiafelhasználása kedvező; Köhler szerint a beérkező napsugárzás mintegy 5–20%-a fotoszintézisre, 5–30% reflexióra, 5–30%-a transzmisszióra, 20–40%-a párologásra – az energia látens hővé alakul –, és 10–50%-a hőelnyelésre fordítódik (2. ábra) (Köhler et al., 2022). A növény a sugárzási spektrum 380 nm < λ < 760 nm közötti tartományát hasznosítja fotoszintézisre. Az áteresztett hányad függ a napsugárzás intenzitásától, a levelek térbeli elrendeződésétől, a levélfelület nagyságától (Anda et al., 2010).

A növény a gázcseré-nyílásain (sztóma) keresztül szabályozza a saját és ezzel együtt a levelek felületi hőmérsékletét, és ezeken keresztül valósul meg a vízgőz leadása is. A növények viszont csak



2. ábra. Levél napenergia hasznosítása.

akkor képesek jelentős párologtatásra, ha a talajban vagy ültetőközegben a víz és a tápanyag biztosított. A levéltet a felvett víz döntő mennyiségét elpárologtatja, ezáltal a környezetből hőt von el, azaz csökkenti a léghőmérsékletet (Báder, 2021). A párolgással igen jelentős energiamennyiség távozik, hiszen a víz párolgáshője 2256 kJ/kg. A levéltet párolgása nyári napokon 0,5–8,5 liter/m² között változik (Köhler et al., 2015). Száraz, aszályos időben a gázcsere-nyílások bezáródnak, azaz megszűnik a hűtőhatás.

A városi fák levélfelületi hőmérséklete akár 5 °C-kal is meghaladhatja a léghőmérsékletet, megfelelő vízutánpótlás nélkül akár 10 °C-kal. Kivételt képez a vadgesztenye, levele 1 °C-kal marad alacsonyabb, mint a léghőmérséklet. A hőkárosodás 50 °C körül következik be, és ilyen magas hőmérsékleten a kártevők még aktívabbakká válnak (Leuzinger, 2011).

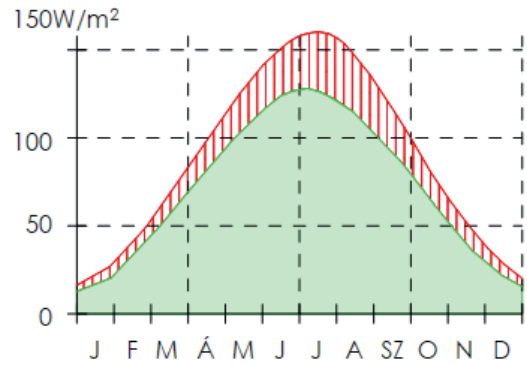


3. ábra. Hőterhelés csökkentése homlokzatra futtatott borostyánnal, Veszprém, Petőfi Színház.



Növények hatása az épített környezetre

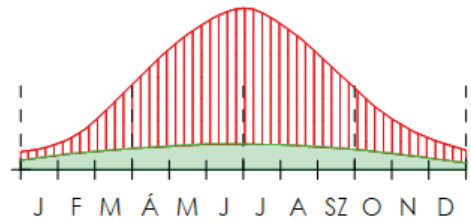
1. Hővédelem

Nyáron a napsütötte falazatok külső felületi hőmérséklete vagy a járdák gyakran elérik a 40–60 °C-t, míg bitumenes lemezzel fedett tetők hőmérséklete akár 80 °C-ra is emelkedhet. A növényzettel árnyékolt szerkezetek felületi hőmérséklete kisebb, mint a direkt sugárzásnak kitett felületeké (3. ábra). Ezáltal az árnyékolt felületek hosszuhullámú kisugárzása is csökken.



öntözött zöldtető

 levegő felmelegítése
 párolgás



kavicsszórású tető energia-leadása

4. ábra. Zöldtető és kavicszórású tető energia-leadásának összehasonlítása Baumüller alapján.

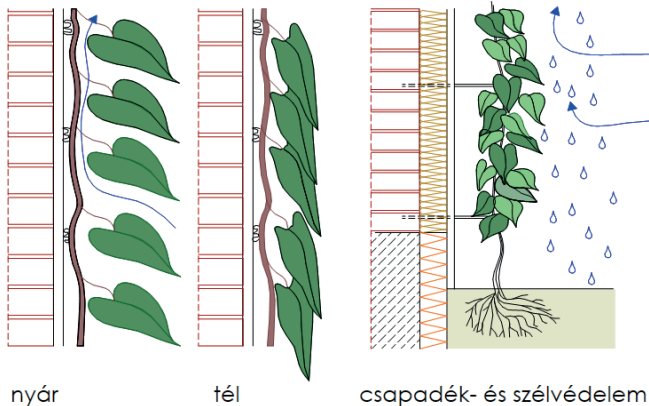
A növények transzpirációja és a talaj evaporációja hőelvonással jár, csökkentve ezzel a környezet hőmérsékletét (4. ábra). Ez csak akkor érvényesül, ha a zöldterületek vízellátása kánikulában is biztosított. Emiatt a növénytelepítéssel a hűtésre fordított energia egy része megtakarítható. A belső léghőmérséklet 0,5 °C-os csökkentésével az épület hűtési energiája mintegy 8%-kal csökken (Perini et al., 2011).

A zöldfalak hőterhelést csillapító hatásában a szakirodalom elég eltérő értékeket ad meg. Köhler és munkatársai több hetes vizsgálata 1 °C hőmérsékletcsökkenést mutattak ki a növényfal mögött (Köhler et al., 2015). Ottelé és munkatársai szerint ez a jól szigetelt falak esetén csak 1–2% javulás jelent, attól függően, hogy a zöldszerkezetet miként integrálják a homlokzati falhoz. Azonban rosszul szigetelt vagy szigetetlen falak esetén a javulás mértéke lényegesen nagyobb (Ottelé et al., 2011). Davis és munkatársai 0,44–2 °C közötti hőmérséklet-csökkenést mutattak

ki (Davis et al., 2016). Mediterrán és forró éghajlaton a hőmérséklet-csökkenés sokkal nagyobb, akár 10 °C-ot meghaladó különbség is lehet (Morakinyo et al., 2019). A hőmérsékletek közötti különbség természetesen nappal magasabb. Megállapították, hogy a léghőmérséklet változása a növénybeültetéstől mért 1 méteren belül mutatható ki.

A hőmérséklet-csökkentésre vonatkozó eltérések onnan adódnak, hogy a vizsgált falszerkezetek típusa, hőszigetelése, valamint a külső és belső hőmérsékletek eltérők. Egyértelmű, hogy a növénytelepítés hőszigetelő értéke annál jobb, minél rosszabb a fal eredeti hőszigetelő képessége. (Mindamellet az épületszerkezetek hőszigetelésétől nem lehet eltekinteni).

A hőterhelés csökkentésében fontos szerepe van a levelek közötti légáramlásnak (Perini et al., 2011). A fototropizmus következtében a növények levelei, hajtásai a nap felé fordulnak, fény irányába növekednek. Ez a helyzetváltozás lehetővé teszi, hogy a levelek között légáramlás jöjjön létre (5. ábra).



5. ábra. Fototropizmus és légáramlás.

A nyári hőterhelés csökkentésén kívül a zöldszerkezetek a téli hővédelemben is részt vesznek. Ahogy a különböző felületek egymásra sugároznak, úgy a tetőszerkezetek és az égbolt között valósul meg a sugárzásos hőcsere. Derült téli éjszakán a tetőfelület a léghőmérséklet aláhűl, ezáltal fokozódik a tető hővesztése. A zöldszerkezetekkel azonban a sugárzásos hőcsere a növényzet és az égbolt között történik. Az egymásra záródó örökzöld levelek mögött a levegő áramlási sebessége lecsökken, vagy megszűnik, azaz a konvekció is minimalizálódik.

terület típusa	esővíz visszatartása (%)	párolgotatás (%)	elfolyó esővíz (%)
erdő	50	45	5
fűves terület	45	40	15
lakóövezet kertekkel és burkolt felületekkel	35	35	30
ipari övezet burkolt felületekkel	20	20	60

1. táblázat. Esővíz visszatartása különböző beépítésű és zöld területeken, Oke alapján.

2. Csapadék visszatartása

A növények esővíz visszatartásával felszín alatti vizek pótlódnak. Különböző fedettségű területeken való esővíz-hasznosulást foglalja össze az 1. táblázat.

A levelek a lehulló csapadék egy részét felfogják (intercepció), tárolják, majd elpárologtatják. A dús levélzettel, magas párolgási rátával rendelkező fajok, mint a madárbirs (Cotoneaster) és a galagonya fajok (Crataegus), a csapadék 95%-át vissza tudják tartani. Hosszantartó esőzések esetén a talajba lefolyást mintegy 10–15 perccel késleltetik a takaratlan területhez képest (Blanuša and Haldey, 2019). Nagy záporintenzitás esetén a csapadékvíz-hálózat terhelése kiegyenlítettebbé válik.

A csapadék talajba szivárgásának feltétele, hogy a talaj pórustartalma ne csökkenjen, a talaj lazításával a talajtömörödés elkerülhető. A burkolatlan és vízáteresztő burkolatok a talaj nedvesség-utánpótlását javítják.

3. Légszennyezés mértékének csökkentése, nehézfémek megkötése

Egy 7 m átmérőjű fa átlagosan 150 m² lombfelülettel rendelkezik. Ez a lombmennyiség 1 fő éves oxigénszükségletét képes biztosítani. 12 óra alatt 1 m²-nyi levélfelület 4 liter oxigént "termel" és egy év alatt ~0,5 kg port köt meg (Krusche et al., 1982).

A zöldfelületek légszűrő képessége annál jobb, minél nagyobb összefüggő terület kialakítására van lehetőség. A fák a lágyszárú növényekhez képest – jelentős lombfelületüknek köszönhetően – nagyban

javítják a levegő minőségét. (Főként a PM_{10} részecskék koncentrációja és a csapadékviszonyok befolyásolják a kiülepedő por mennyiségét). Három, városi környezetben gyakran előforduló fafaj – a korai juhar (*Acer platanoides*), az ezüst hárs (*Tilila tomentosa*) és a magas kőrís (*Fraxinus excelsior*) – levélzetén kiülepedett por nehézfém tartalmát vizsgálták a MATE és ELTE kutatói. A három faj közül az ezüst hárs molyhos levelei kötötték meg a legtöbb port, és itt mutatták ki legnagyobb mennyiségben a nehézfémeket. A vas és az ólom a vegetációs időszak végére dúsult fel, míg a nikkel, cink és réz mennyisége viszont az őszi időszakra csökkent. A kutatók kimutatták, hogy a forgalmas városi utak melletti fasorok hatásához hasonló a parkokban élő fák nehézfém megkötő képessége (*Hrotkó et al.*, 2021).



6. ábra. Vaskoslevelű madárbirs (*Cotoneaster franchetii*).
Forrás: Florapont

A Brit Királyi Kertészeti Társaság (RHS) egyik kutatása kimutatta, hogy a sövények is nagy szerepet vállalnak a légszennyezés csökkentésében. Azon fajok, melyek sűrű nagy levélzettel, molyhos levélfelülettel és magas transzpirációs sebességgel rendelkeznek, a légszennyezés csökkentése mellett hatékonyan hűtik környezetüket és visszatartják a csapadékot. A vaskoslevelű madárbirs (*Cotoneaster franchetii*) egyedekből álló sövény kimagaslóan csökkenti a légszennyezést, köszönhető mindez sűrűn elágazó felépítésének, levélstruktúrájának (6. ábra) (*Blanuša et al.*, 2020; *Blanuša and Hadley*,

2019). (Mintegy 1,5 m szélességű, megfelelően gondozott madárbirs-sövény képes annyi légszennyezést elnyelni, mint amennyit egy gépkocsi 800 km-en kibocsát [3]). De számos más faj kedvezően csökkenti a légszennyezést, mint pl. a bükk (*Fagus sylvatica*), a magyal (*Ilex aquifolium*) és a japán rózsza (*Rosa rugosa*) stb. (*Blanuša*, 2019).

4. Árnyékolás

A napsugárzás az épület homlokzatát – tömör és üvegezett felületeit –, továbbá a tetőt éri. Az üvegezett felületek napvédelme legtöbbször árnyékolókkal biztosítható, bár a változó vagy változtatható tulajdonságú (pl. hőmérséklet, áram hatására) smart-üvegek egyre nagyobb teret hódítanak, de a hagyományos árnyékolókat nem lehet nélkülözni. A hagyományos árnyékoló szerkezetekre vonatkozó legfontosabb követelmények:

- a transzmittált energiahányad a lehető legkisebb,
- a reflexió a lehető legnagyobb,
- az abszorpció a lehető legkisebb legyen,
- az elnyelt hányadot lehetőleg kifelé sugározza,
- működtetése egyszerű legyen.

A fentebb részletezett energiamérleg alapján a levélzet transzmissziója igen kedvező, azaz a bejövő napsugárzás harmada sem terheli a mögöttes épületszerkezetet.

Kísérleteket végeztek növényi árnyékolók hatékonyságának megállapítására jó minőségű hőszigetelő üveg előtt. Nyáron $\sim 650 \text{ W/m}^2$ -es globálsugárzás mellett a hőszigetelő üveg mögött 220 W/m^2 és a borostyánnal befuttatott felület mögött 90 W/m^2 sugárzás intenzitási értékeket mutattak ki (*Pataky*, 2015). Ugyanakkor lombhullató fák télen a napsugárzásból származó hőnyereség hasznosulását viszont nem akadályozzák. Noha az északi tájolású homlokzatnál szükségtelen az árnyékolók alkalmazása, a fák telepítése fontos, mivel a transzpirációnak köszönhetően csökkentik a léghőmérsékletet.

A természetes árnyékolás alkalmazása mellett a homlokzatok külső síkján olyan építőanyagokat célszerű alkalmazni, amelyek hővezetése alacsony. Világos színek használatával csökkenthető az elnyelt energiahányad. A hagyományos görög lakóházak jól példázzák ezt. Los Angelesben számos tetőfelületet és burkolatot festettek fehérre (*Weber*, 2018), míg Magyarországon fehér tetőcserepek is elérhetők.

Irodalom

- Anda, A. Kocsis T., Kovács A., Tőkei L., Varga Z., 2010: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismertek. <https://docplayer.hu/6722367-Agrometeorologiai-es-klimatologiai-alapismertek-anda-angela-kocsis-timea-kovacs-alfred-tokei-laszlo-varga-zoltan.html>
- Baumüller, J., 2019: Grüne Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel in Städten. In: (Szerk.: Lozán, J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler & A. Matzarakis.). Warnsignal Klima: Die Städte. 203–212. <https://doi.org/10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.16>
- Báder, L., 2021: A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia- és vízmérlegre. *Légekör* 66 (3). 16–21. <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/index.php?id=5760>
- Blanuša, T., Garratt, M., Cathcart-James, M., Hunt, L., and Cameron, R.W.F., 2019: Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe. *Urban Fores. Urban Green.* 44, 126391. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126391>
- Blanusa, T. and Hadley, J., 2019: Impact of plant choice on rainfall runoff delay and reduction by hedge species. *Landsc. Ecol. Engin.* 15, 401–411. <https://dx.doi.org/10.1007/s11355-019-00390-x>
- Brysse, K., Orekes, N., O’Reilly, J. and Oppenheimer, M., 2013: Climate change prediction: erring on the side of least drama? *Glob. Environ. Change* 23, 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.008>
- Davis, M.J.M., Ramirez, F., and Pérez, M.E., 2016: More than just a Green Façade: vertical gardens as active air conditioning units. *Procedia Engin.* 145, 1250–1257. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.161>
- Fricke, C., Pongrácz, R., Dezső, Zs., Bartholy, J., 2014: A vegetáció szerepe a budapesti városi hősziget jelenségében, *Légekör* 59, 150–153.
- Hrotkó, M., Gyeviki, M., Sütöriné Diószegi M., Magyar L., Szabó, V., Honfi P., Mészáros, R., Kardos, L., 2021: Aeroszol részecskék kiülepedése és nehézfém-tartalma három fajfajfajtáinak levelein Budapesten, *Kertgazdaság* 51, 14–31.
- Kirschbaum, B., Sieker, H., Steyer, R., Büter, B., Lessmann, D., von Tils, R., Becker, C., Hübner, S., 2019: Maßnahmen zur Hitzestress-Reduzierung anhand Verdunstung-sabkühlung. In: (Lozán J. L. S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler und A. Matzarakis) Warnsignal Klima: Die Städte, 227–232.
- Köhler, M., Mann, G., Scherf, B., Kraus, F., 2022: Handbuch Bauwerkbegrünung 2. Auflage, R. Müller Verlag, Köln.
- Köhler, M., Rares Nistor, C., 2015: Wandgebundene Begrünungen Quantifizierungen einer neuen Bauweise in der Klima-Architektur. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL Schriftenreihe Forschungsvorhaben) 2015/1.
- Krusche, P. Krusche, M., Althaus, D., Gabriel, D., 1982: Ökologisch Bauen, Bauverlag, Wiesbaden.
- Le Corbusier, 1981: Új építészet felé (Vers une architecture) Corvina, Budapest.
- Leuzinger, S., 2011: Blattemperatur von Bäumen im städtischen Umfeld, Pro Baum Zeitschrift für Pflanzung, Pflege und Erhaltung, Patzer Verlag Berlin-Hannover.
- Mathey, J., Röber S., Lehmann, I., Bräuer, A., 2012: Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün - klimatische Ausgleichs-potenziale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte, Nachhaltiges Flächenmanagement von Industrie- und Gewerbebrachen, 17–20.
- Morakinyo, T. E., Lai, A., Ka-Lun Lau, K., Ng, E., 2019: Thermal benefits of vertical greening in a high-density city: Case study of Hong Kong. *Urban Forest. Urban Green.* 37, 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.010>
- Ottel, M., Perini, K., Fraaij, A.L., Haas, E.M., Raiteri, R., 2011: Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems, *Energy Build.* 43, 3419–3429. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010>
- Pataky R., 2015: Növényárnyékolók szerepe, összehasonlításuk gyári árnyékolókkal. VI. Épületszerkezeti konferencia, BME Építészmérnöki Kar, Épületszerkezettani Tanszék.
- Perini, K., Ottel, M., Fraaij, A.L., Haas, E.M., Raiteri, R., 2011: Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Build. Environ.* 46, 2287–2294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>
- Weber, C., 2018: Hitze in Städten, Bundesamt für Umwelt, Bonn. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/hitze-in-staedten.html>

[1]: <https://www.ksh.hu/ffi/3-8.html>(letöltés: 2022. IX. 30.)

[2]: Budapest klímastratégiája 2018, https://budapest.hu/Documents/klimastrategia/Bp_Klimastrategi%C3%A1ja_vegleges_KGY%20elfogadott.pdf (letöltés: 2022. X. 30.)

[3]: <https://www.rhs.org.uk/science/articles/super-cotoneaster> (letöltés: 2022.IX. 8.)