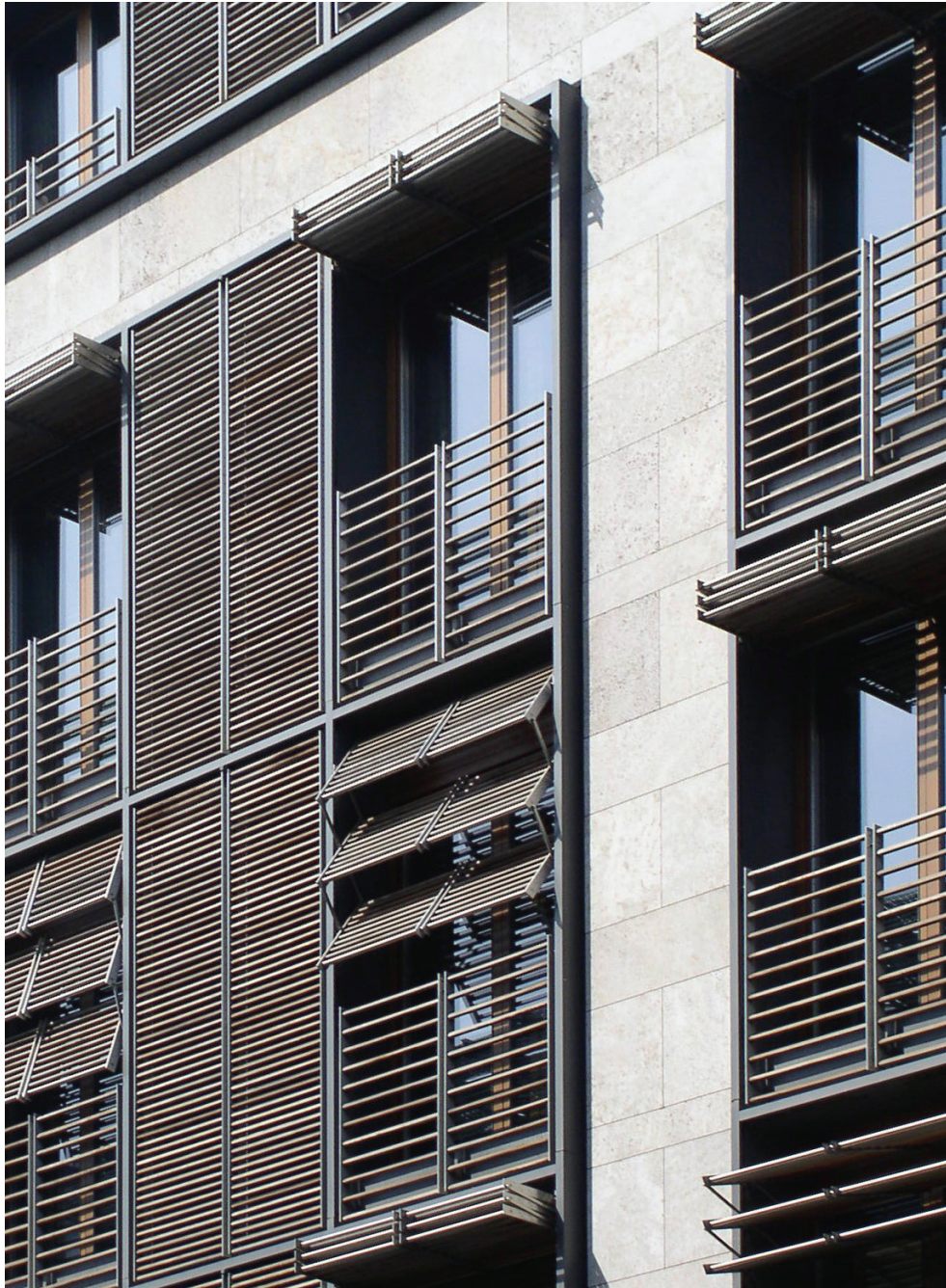


DR. ZÖLD ANDRÁS

# AZ ÉPÜLETEK NYÁRI FELMELEGEDÉSE ELLENI VÉDEKEZÉS TERMÉSZETES LEHETŐSÉGEI

TERVEZÉSI SEGÉDLET



ORSZÁGOS LAKÁS- ÉS ÉPÍTÉSÜGYI HIVATAL / VÁTI KHT. 2006

**Az épületek nyári felmelegedése elleni védekezés  
természetes lehetőségei tervezési segédlet**

Szerző

dr. Zöld András, egyetemi tanár

BME Épületenergetikai és Épületgépészeti tanszék

Lektor

Borostyánkői Mátyás DLA, okl. építészmérnök

Iparterv Rt.

A tervezési segédlet az Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal megbízásából és támogatásával készült, a megjelenéssel kapcsolatos feladatokat a VÁTI Kht. koordinálta.

Felelős kiadó: a VÁTI Kht. vezérigazgatója

Készült 600 példányban, 2006

A segédlet tördelését a szerző végezte

Borítóterv: Váli István Frigyes

Első borító: Jakob-Kaiser-Haus 4+8, Berlin, von Gerkan, Marg und Partner

Hátsó borító: grazi lakóházak, zürichi irodaház, Puls5, ETH Zürich

Nyomdai előkészítés: Intruder Kft.

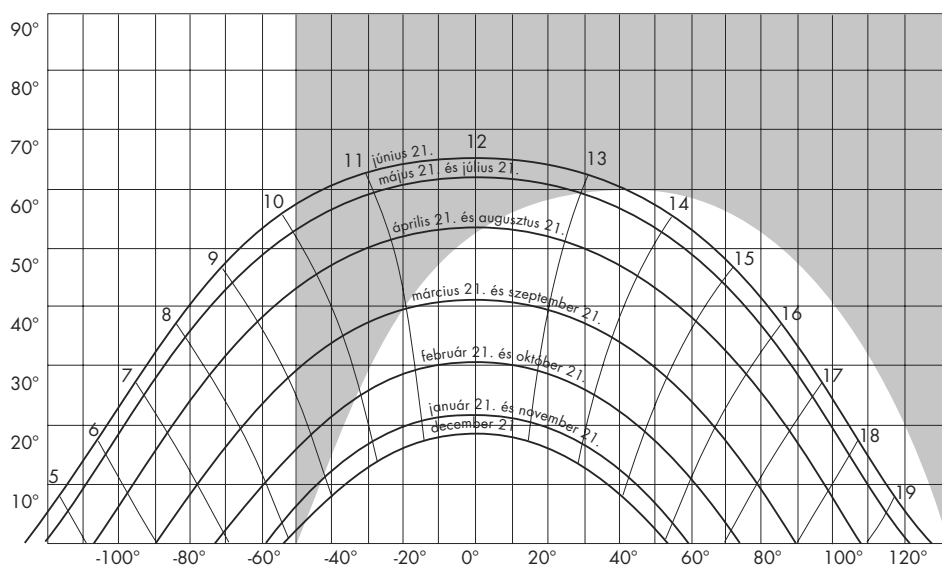
Nyomdai munkák: Komáromi Nyomda

© Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal, VÁTI Kht.

DR. ZÖLD ANDRÁS

# AZ ÉPÜLETEK NYÁRI FELMELEGEDÉSE ELLENI VÉDEKEZÉS TERMÉSZETES LEHETŐSÉGEI

TERVEZÉSI SEGÉDLET





# 1. BEVEZETÉS

*avagy hogylétünk a  
kánikula, az építészet és az  
energetika összefüggésében*

Az épületenergetika fogalma egyre gyakrabban szerepel szakmai körökben és a médiában egyaránt. 2005 - ben, e segédlet írásakor különös jelentőségre tett szert annak következtében, hogy az Európai Bizottság e tárgyban egy direktívát - kötelező hatályú dokumentumot - adott ki, amely 2006-tól új szabályozás és minőségtanúsítás kötelezettségét róta a tagállamokra. Ez a direktíva komplex épületenergetikai szemléletet tükröz.

Az "energetika" szó hallatán hajlamosak vagyunk elsősorban a bányákra, erőművekre, megawattok százaira gondolni. Ezek mellett egy-egy ház tíz-néhányszor tíz kilowattnyi igénye jelentéktelennek tűnhet. De erőmüből Magyarországon másfél tucat van, ezekből a valóban kicsi fogyasztókból viszont négymillió: a számok szorzata azonos nagyságrendű. Európa országaiban az épületszektorra jut az összes energiafogyasztás 35 - 40 %-a.

Ez a fogyasztás ráadásul az idényjelleg és a véletlenszerűen változó időjárási feltételek miatt még a tárolás, készletezés, a tartalékolás gondjaival is terhes. E fogyasztás gazdasági és politikai jelentőségénél is súlyosabb azonban ennek az energiafogyasztásnak a környezetre gyakorolt pusztító hatása. Szemben a gazdaság többi ágazataival, ahol egy technológiát 10-15 év alatt le lehet, sőt le kell cserélni (például a gépkocsikat, ahol általában ennyi a fizikai élettartam reális határa), vagy néhány nagy környezetszennyező forrást központi intézkedésekkel lehet semlegesíteni (például egy erőmű kéményeit elektrofilterekkel felszerelni), az építési ágazat helyzete sokkal nehezebb: egyrészt csaknem négymillió háztartás, szétszórtan telepített kisfogyasztó esetében sem műszaki, sem gazdasági lehetőség nincs például hatásos szűrők utólagos felszerelésére, másrészt az *épületek fizikai élettartama* száz év, a csere, az új épületek részarányának növekedése igen lassú. Ez jelzi azt is, hogy *az építész mai döntései egy évszázad múlva is kihatnak az ország energetikai, gazdasági, ökológiai helyzetére.*

Az "épületenergetika" tárgyát (a szerző magánvéleménye szerinti helyes értelmezésben) az épület és az épület rendeltetésszerű használatához szükséges épületgépészeti rendszerek energia- és anyagáramai, az épülettel szerkezetileg és funkcionálisan integrált épületgépészeti rendszerek képezik, beleértve az épület villamos rendszereit is. Az idézett direktíva komplex szemlélete abban nyilvánul meg, hogy

- a követelmények, számítási módszerek, minősítési osztályok az épület és az épületgépészeti rendszerek együttes energiamérlegére vonatkoznak,
- az energiafogyasztást primer energiahordozóban kell kifejezni,
- az energiamérleget az év egészére kell vizsgálni.

Az épületben felhasznált 1 kWh energia "értéke" jelentősen különbözhet aszerint, hogy milyen forrásból származik. A helyben eltüzelt földgázból nyert fűtőenergiát csak a fűtési rendszer veszteségei terhelik. Az épületben felhasznált

*Energiagazdálkodás és az  
épületszektor*

*Mit értsünk  
épületenergetikán?*

*Mit jelent az, hogy „primer  
energiatartalom”?*

Egy évnek átlalában 365  
napja van

1 kWh elektromos energia előállításához két és félszer annyi energiát kell az erőművekben felhasználni, ehhez hozzájönnek még az elosztóhálózat és az elektromos energiával működő gépészeti rendszerek veszteségei.

Az épületek fűtésére többféle, többnyire helyben eltüzelt energiahordozót alkalmaznak. Az épületek hűtésére, klimatizálására - ritka kivételektől eltekintve - elektromos árammal működő rendszerek szolgálnak, amelyek fogyasztása - primer energiában kifejezve - igen jelentős. Ráadásul ez a primer energiafogyasztás is hozzájárul globális (éghajlatváltozás) és lokális (városi hősziget) léptékben a környezet további melegeedéséhez.

Az idézett direktíva éppen ezért kifejezetten előírja az épületekben kialakuló nyári hőérzeti feltételek ellenőrzését, a túlzott felmelegedés kockázatának mérséklését, ugyanakkor az összesített éves primer energiafogyasztás korlátozását is. Mindebből az következik, hogy az elfogadható nyári hőérzeti feltételek a lehetőségek határáig "természetes", építészeti - épületszerkezeti eszközökkel kell biztosítani. A primer energiafogyasztásban meghatározott korlátozásba ugyanis nehezen „fér bele” a gépi hűtés energiaigénye, hiszen annak minden egyes kWh fogyasztását az elektromos áram – földgázhoz viszonyított – két és félszeres primer energiataralma sújtja. (Természetesen vannak olyan épületek, amelyek rendeltetésszerű használata gépi hűtés, klimatizálás nélkül nehezen képzelhető el – az ilyen rendeltetések esetén a szabályozás szerinti határérték erre is észszerű lehetőséget biztosít.)

A primer energiafogyasztás kérdése elvont szakmai-politikai kérdésnek tűnhet, de hogy mennyire nem az, azt az alábbi néhány sajtószemelvénnyel illusztrálja.

**Kapás Mihály**, a Magyar Villamosipari Rendszerirányító Rt. diszpécserszolgálatának vezetője a Magyarország.hu érdeklődésére elmondta: az utóbbi napok melegebb időjárása miatt érzékelhetően nőtt az ország áramfogyasztása. Míg egy hűvösebb napon 5 200 megawatt körül alakul a csúcsfogyasztás, addig kedden - nagy valószínűséggel a légkondicionáló berendezések miatt - csaknem 5 700 megawattal volt szükség (a többlet a Paksi Atomerőmű egy blokkjának teljesítményével ér fel). (MTI 2003. augusztus 6., szerda)

#### **Amerikai Egyesült Államok.**

Az amerikai Légkondicionáló és Hűtőipari Intézet az idén is megtartja "a légkondicionálás napjait" - persze július 3. és augusztus 15. között e nélkül is minden zárt térben halk berregésre és egészségtelenül fagyos léghullámra kell számítani az Egyesült Államokban.

.... A tavaly augusztusi nagy áramkimaradást részben az okozta, hogy a meleg időjárás miatt mindenki teljes kapacitással működtette a klímaberendezéseket.

Ez önmagában egyharmaddal növelte a hálózat terheit.

Horváth Gábor, washingtoni tudósítónk.

#### **Szimulátorokon gyakorolják az összeomlást**

*Munkatársunktól, 2004. augusztus 6. 00:00*

A kánikula legutóbb Athénben bénította meg az áramszolgáltatást. A hőségben túl sok légkondicionálót használtak.

Tavaly már Magyarországon is voltak jelei annak, hogy a légkondik elterjedése egyre nagyobb nyomással nehezdedtek az áramellátásra.

.....Az előzetes számítások szerint mintegy nyolc százalékkal növekszik meg a villamos energia iránti igény a nagy melegben, .....- mondta lapunk kérdésére Tombor Antal, a Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító Rt. (Mavir) vezérigazgatója.

.... Bár Magyarország is importál áramot, de egyelőre nem olyan mértékben, mint például Olaszország, ahol éppen az import túlzott aránya okozta azt a nagy áramszünetet, amelyben szinte az egész ország megbénult.

.... a külföldi rossz tapasztalatok miatt, nálunk is kidolgoztak egy rendszer-helyreállítási tervet, amelynek használatát szimulátorokkal rendszeresen gyakorolják a diszpécserok

.....a megnövekedett csúcsterhelést a hűtő-berendezések igénybevétele okozza.

Tombor Antal szerint a tartós hőség növeli a meghibásodás lehetőségét az erőművi blokkoknál.

A rendszer éves szinten 200-250 megawatt kieséssel számol, melyet a váratlan meghibásodások miatt pótolni kell.

Tavaly a nyári nagy áramszünet idején ugyanakkor az olaszoknak szembe kellett nézniük azzal a dermesztő ténnyel is, hogy a nemzeti áramellátó hálózatuk már nem tart lépést a hűsölés iránti igényükkel. A Corriere della Sera szerint Olaszországban az elmúlt években gyökeresen megfordult az áramfogyasztási trend. Miközben a lakosság hagyományosan a téli hónapokban használta el a legtöbb energiát, újabban a tikkasztó nyár terheli meg a leginkább a hálózatot. A lap szerint a június és a július egyenesen összeomlással fenyeget. Az energiaigény ugyanis ezekben a hónapokban elérheti az 55 800 megawattot, miközben a hazai rendszer csak 50 ezer megawatt előállítására képes, s importból is csak ötezer megawatt pótolható. Ráadásul a légkondicionálók frontján Olaszország a 22-es csapdájában vergődik: minél nagyobb a meleg, az emberek annál inkább hűtenek, ám az ország energiaellátását biztosító folyók annál inkább elapadnak. Polgár Demeter, római tudósítónk.

Nyilvánvaló, hogy az épületek tervezése során mind hőérzeti, mind energetikai szempontból az év teljes egészét figyelembe kell venni. Ezt azért sem felesleges hangsúlyozni, mert az elmúlt évek energiatudatos szemlélete elsősorban a fűtési energiafogyasztás csökkentéséről, a sugárzási nyereség hasznosításáról szólt. Az ezt célzó építészeti-épületszerkezeti megoldásoknak azonban egész évben vannak következményei, amelyekről nem feledkezhetünk meg. A cél nem a fűtési energiafogyasztás minimalizálása, a sugárzási nyereség maximális hasznosítása, hanem olyan kiegyensúlyozott megoldás keresése, amely az összesített egész évi primer energiafogyasztás csökkentését eredményezi döntően kellemes, rövidebb időszakokban elfogadható hőérzeti feltételek mellett.

Nyári időjárási feltételek esetén a kellemes, az elfogadható és a kellemetlen hőérzeti feltételek mellett nem hagyható figyelmen kívül a biztonság kérdése sem. Télen az épületben tartózkodók szinte sohasem szenvednek komoly egészségkárosodást a helyiségben kialakuló mikroklíma következtében – ez, ha nem is kellemesen, de megelőzhető, például öltözködéssel. Nyári hőség-szakaszok idején azonban az egészségkárosodás, sőt a tragédia kockázata jelentős – erre nemcsak akkor kell odafigyelni, amikor a napisajtó szenzációhajhász tudósításai megjelennek.

Mint arról lapunkban beszámoltunk 1994 és 2000 között hat hőhullám érte hazánkat. A hőhullámok a kánikulai napokon 14-52 százalékkal növelték a halálozást - a hőség miatt legtöbbször, 55-en 2000 júniusában hunytak el. A 2003-ban tapasztalt három hőhullám összesen 17 napig tartott. Ezen időszak alatt a becsült többlethalálozás 276 volt. *Kis Tibor, 2003. augusztus 30.*

**Hőségriadó Budapesten:** veszélyes a kánikula. Tavaly nyáron csaknem négyszáz ember vált a hőség áldozatává Magyarországon. ....A riadó voltaképpen nem más, mint egy időben elhangzó figyelmeztetés. .... Alapja a meteorológiai prognózis: ha három napon át 25 Celsius-foknál magasabb napi átlaghőmérsékletet jeleznek, életbe lép a rendszer. [www.magyarorszag.hu/hirek/egeszseg/hosegriado](http://www.magyarorszag.hu/hirek/egeszseg/hosegriado)

Legalább húsz személy életét követelte az elmúlt napokban tomboló kánikula Romániában - jelentette kolozsvári tudósítónk.

*Hírösszefoglalónk, 2003. augusztus 13. MTI*  
Olaszországban médiajelentések szerint 500-an haltak meg a rendkívüli hőség miatt, hivatalos adatok azonban nem állnak rendelkezésre.

**Több ezer áldozatot szedett Franciaországban a hőség** 2003. augusztus 15. (AFP)  
*Napról-napra százak, sőt, ezrek halnak meg a hőség miatt Nyugat-Európában. Különösen vészes a helyzet a francia fővárosban, ahol a hőség-halottak száma ijesztő méreteket öltött - írja a Le Figaro.*  
Az Általános Temetkezési Szolgálat...adatai szerint negyven százalékkal nőtt az elhalálozások aránya az elmúlt héten - írja az AP.  
"A növekedés egyértelműen augusztus 7-8-án kezdődött, ez egybeesik a hőhullám kezdetével" - áll az egészségügyi minisztérium írásos közleményében

Több mint tízezer áldozata van a franciaországi kánikulának. Ez háromszorosa a New York-i WTC elleni merénylet áldozatainak. *MTI 2003. augusztus 22.*

**A kánikula 9,2 erősségű földrengésként pusztított**

*Bihari László, 2003. augusztus 29.*

A francia egészségügyi miniszter szerint tizenegyezer-négyszázharmincöt ember halt meg idén a kánikula miatt augusztus elseje és tizenötödike között.

Lucien Abenhaim, az egészségügyi minisztérium volt főigazgatója szerint a hőség áldozatainak száma egy 9,2 erősségű földrengés okozta pusztítás mértékével mérhető.

**Hőségriadó figyelmeztet a forró nyári napokra**

A klímaváltozás következtében Európa-szerte növekszik a nyári átlagos hőmérséklet és a kánikulai napok száma.

A hőhullámok a tapasztalatok szerint jelentősen megemelik a megbetegedések és a halálozások számát.

2003 forró nyara - a WHO adatai szerint - csak Franciaországban 14802 halálesetet okozott, 2045-



Kánikulai időszakok eddig is voltak, ezután is lesznek – valószínűségük vélhetően növekedik, részben a gyanított, de még egyértelműen nem bizonyított globális felmelegedés okán, részben az ennek betudott és az utóbbi években egyre gyakrabban tapasztalt időjárási szélsőségek miatt. Ezek egyre több embert érintenek, hiszen folyamatosan nő azok száma, akik városias településeken élnek, ahol a helyi időjárási feltételek az átlagosnál jóval kedvezőtlenebbül alakulnak.

Az idézett sajtótudósítások az elmúlt évekről és néhány mérsékelt égővi európai országról szóltak. De emberek éltek évszázadokkal és évezredekkel ezelőtt is és nemcsak a mérsékelt égőben, hanem a trópusokon is – többnyire gépi hűtés nélküli épületekben. A térben és időben fellelhető tapasztalatok megismerése és ötvözése a ma rendelkezésre álló korszerű anyagokban és szerkezetekben rejlő lehetőségekkel, a tudatos építészeti koncepció és a részletek gondos megoldása az, ami a nagy vonalakban áttekintett környezeti, energetikai, hőérzeti és egészségügyi problémahalmaz megoldásának lehetőségét kínálja és – nem melléleg – elkerülhetővé teszi a rosszul tervezet épületek utólagos „feldíszítését”.

## 2. HŐÉRZET

*avagy miért érezzük  
magunkat rosszul, ha nagyon  
meleg van*

### 2.1. Az emberi szervezet hőegyensúlya

Az élő szervezet hőérzetét (a termikus komfortot) a szervezet és a környezet közötti hő- és anyagtranszport határozza meg. A hőérzet meghatározása nem egyszerű. A legáltalánosabban elfogadott az ASHRAE (1981) 55-81 szabvány megfogalmazása, amely szerint "... a kellemes hőérzet az a tudati állapot, amely a termikus környezettel kapcsolatos elégedettséget fejezi ki.....".

E szubjektív érzés kialakulását döntően a következő hat paraméter befolyásolja:

- a levegő hőmérséklete, annak térbeli, időbeli eloszlása, változása,
- a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete,
- a levegő relatív nedvességtartalma, illetve a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása,
- a levegő sebessége,
- az emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályozása,
- a ruházat hőszigetelő képessége, párolgást befolyásoló hatása.

Az első négy fizikai paraméter, míg az utóbbi kettő az emberi szervezet alkalmazkodóképességével függ össze; a hőháztartás egyensúlyának fenntartása érdekében fontos.

Az emberi testben lassú égési folyamat megy végbe, és az ennek során átalakuló energia részben hő formájában szabadul fel, részben fizikai értelemben vett hasznos, illetve izommunka végzésére fordítódik.

Általánosan elterjedt a munkák intenzitás szerinti osztályozása, amelyek szerint három kategóriát különböztetünk meg:

- Könnyű munkának nevezik azokat a tevékenységeket, amelyek során a teljes oxigénfogyasztás a nyugalmi állapot fogyasztásának kétszeresét nem haladja meg, Ide sorolhatók az ülőfoglalkozások.

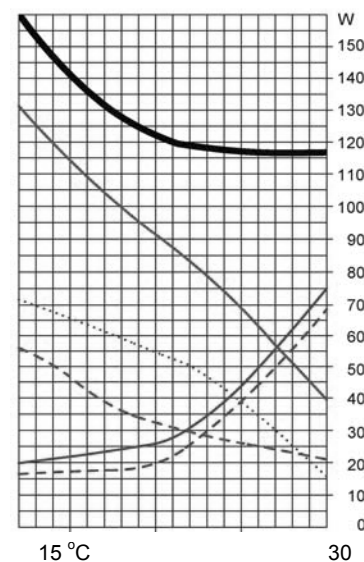
- Közepes nehézségű munka esetén az oxigénfogyasztás a nyugalmi érték 2-4-szerese, Ide sorolhatók a nem gépesített házimunkák, kézműipari tevékenységek stb.

- Nehéz munka esetén a teljes oxigénfogyasztás a nyugalmi érték 4-8-szorosa, Ide sorolható a nehézipari és mezőgazdasági munkák legnagyobb része.

Az irodalomban számos további részletesebb osztályozás is fellelhető.

*A kellemes hőérzeti állapot feltétele az, hogy az emberi test biológiai (metabolikus) hőtermelése az általánosan elfogadott (egészségre nem káros) test- és bőrfelületi hőmérséklet mellett jusson a környezetbe. Ennek a hőátzármaztatási folyamatnak négy legfontosabb tényezője:*

- a száraz hőleadás a környező levegőbe,
- a sugárzásos hőleadás,
- a légzés útján történő hőleadás, végül
- az elpárologtatás útján bekövetkező hőleadás.

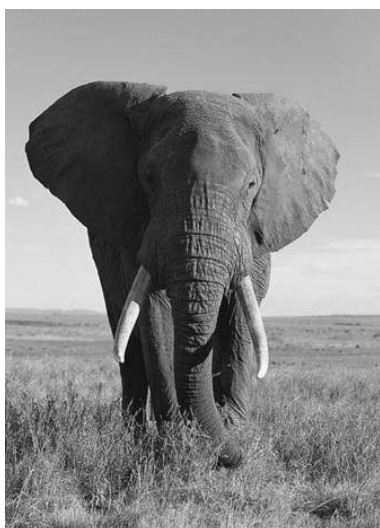


Hogyan változnak az emberi szervezet hőleadásának összetevői a hőmérséklet függvényében?

A görbék a jobboldali függőleges tengely mentén alulról felfelé:

- sugárzásos hőleadás a környező felületekre,
- konvektív hőátadás a levegőbe,
- az előző kettő összege, a „száraz hőleadás”,
- párologtatás (izzadság),
- „nedves hőleadás” az izzadság párologtatásával és légzéssel,
- az összes hőleadás.

A környezet hőmérsékletének növekedésével egyre csökken a „száraz hőleadás” lehetősége, az összes hőleadás egyre nagyobb hányadát a párologtatás teszi ki.



Az elefánt vérerekkel behálózott füle hűtőbordaként a hő elvezetésére is szolgál

A sugárzás és konvekció lehet pozitív és negatív, azaz hőfelvétel és hőleadás is, a párolgás csak negatív, azaz hőleadás lehet.

A konvektív hőátadás a testfelület és a levegő hőmérsékletei közötti *különbségtől* és a hőátadási tényezőtől, az utóbbi pedig a levegő mozgási sebességétől függ. A *különbség* szó használata fontos: meleg környezetben a bőr hőmérséklete megemelkedik – a szervezet így kíván szabadulni a metabolikus hőtől.

A sugárzásos hőleadást viszont az határozza meg, hogy az emberi test felülete milyen hőmérsékletű, milyen abszorpciós tényezőjű felületeket, milyen térszög alatt "lát". Jelentős sugárzási hőnyereség alakul ki, ha a testfelület egy része a direkt napsugárzásnak van kitéve – a szervezetnek az így nyert hőtől is szabadulnia kell. Ez a megjegyzés feleslegesnek tűnhet, de ne feledkezzünk meg azokról az esetekről, amikor – a helyiség rendeltetésének megfelelően – valaki egy ablak közelében „helyhez kötött”: például egy tanteremben, irodában, kórtérben!

Szokásos és kedvező körülmények között a kétféle hőátarmozgással leadott hőáramok közel egyforma nagyságúak és összegük, a „száraz hőleadás” a teljes hőleadás mintegy 80 %-át teszi ki.

A testfelület átlagos hőmérséklete normális esetben mintegy 28, a maghőmérséklet pedig 36-37 °C. A „mag” és a felület között a hőt a véráram szállítja. Magas környezeti hőmérséklet esetén az erek kitágulnak, a keringés intenzívebbé válik, a bőr felületi hőmérséklete közelíti a maghőmérséklet felé. Ezt a bőr kipirosodása is jelzi és e folyamat alapján érthető a keringési betegségekben szenvedőket fenyegető egészségkárosodási kockázat.

Természetesen e szabályozási folyamatnak megvannak a határai és nyilvánvaló, hogy ha a külső hőmérséklet megközelíti, sőt akár meg is haladja az emberi test maghőmérsékletét, akkor a hőmérsékletkülönbség „elfogyása”, sőt megfordulása esetén a száraz hőleadás lehetősége megszűnik. A metabolikus hőtől azonban meg kell szabadulni: ha a száraz hőleadás korlátozott vagy megszűnik, akkor nedvesség kiválasztásával és elpárologtatásával. A párologtatásos hőleadás a környező levegő nedvességtartalmától és a párolgási tényezőtől, utóbbi pedig a levegő mozgási sebességétől függ.

A nagymértékű párologtatásos hőleadás természetesen nem a kellemes hőérzet jellemzője, de mód a hőegyensúly fenntartására, végső esetben esély az életben maradásra. A testfelület izzadsággal borított hányada egyébként a nyári hőérzet egyik fontos jelzőszáma.

Az emberi szervezet hőtermelése a fizikában szokásos mértékegységekkel is megadható, de e célra újabban egy viszonylagos mérőszám, a metabolikus hőfejlődésre utaló ún. "met" használatos, amelynek viszonyítási alapja az irodai munkát végző ember átlagos hőtermelése. Ez fizikai mértékegységben kifejezve mintegy 100 W.

A hőtermelés a tevékenység, a munka jellegétől, az ahhoz szükséges erőfeszítéstől függ, és értéke 0,7 - 7 met között változhat. Értékét a nem, az életkor, a testsúly, az egészségi állapot és még számos más tényező is befolyásolja. Ugyanígy a hőleadással összefüggő más adatok is - mint például a test felülete, amelyen a transzportfolyamatok végbemennek - egyénenként változóak. Ezért a hőérzettel kapcsolatos adatok *statisztikai* jellegűek, s így a hőérzeti méretezés feladata sem lehet más, mint a várható (átlagos) igények szokásos mértékű kielégítése (hasonlóan az emberek által általánosan használt berendezések, használati tárgyak, bútorok alakjának és méretének megválasztásához).

A hőérzeti viszonyokat befolyásolja a ruházat hővezetési ellenállása. A ruházat az ember és környezete közötti hőátvitelben szigetelőként szerepel. Jellemezhető hővezetési ellenállásával, avagy egy e célra bevezetett, dimenzió nélküli jellemzővel, a "clo" értékkel. Ezeket az értékeket kísérleti úton határozták meg.



A hagyományos, bő ruházat lebegése „pumpáló” hatást fejt ki, amely a párolgásos és konvektív hőleadást segíti, a napsugárzás ellen védelmet nyújt

Miután az előzőekben vizsgált hőátszármaztatásnak több különböző összetevője van, és azok mindegyike is számos tényezőtől függ, egyes tényezők kellemetlen hatása más tényezők célszerű megváltoztatásával bizonyos fókig ellensúlyozható. Meleg környezetben a levegőbe irányuló konvektív hőátadást is és a párologtatásos hőleadást is intenzívebbé teszi az élénkebb légmozgás. A légmozgás hatását fokozza, ha a légáramlás turbulens, időben lüktető jelleggel változik. Ennek hőtani magyarázata az, hogy a test felülete mentén kialakuló vékony határréteg ismét és ismét leszakad, újra és újra kialakul (a határréteg kezdeti szakaszán a hőátadás intenzívebb), fiziológiai magyarázata pedig abban keresendő, hogy az érzékszerveket folyamatosan újabb és újabb ingerek érik.

## 2.2. A hőérzet jelzőszámai

Az elmondottakból következik, hogy a hőérzet számos tényező függvénye és a léghőmérséklet csak egy ezek közül. Ezért az előírt léghőmérséklet egyedül még nem garantálja a kellemes, a jó hőérzet kialakulásának feltételeit.

A feltételek között lényeges szerepet játszik a környező felületek hőmérsékletéből számított közepes sugárzási hőmérséklet.

A közepes sugárzási hőmérséklet meghatározására általában a szakirodalomban több összefüggést találunk.

A legegyszerűbb a felületek nagyságának és hőmérsékletének súlyozott átlagértékét adó

$$t_{ks} = \frac{F_1 t_1 + F_2 t_2 + \dots + F_n t_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} \quad (2.1.)$$

összefüggés, ahol

$F_1, \dots, F_n$  a környező felületek területe ( $m^2$ ),

$t_1, \dots, t_n$  az azonos indexű felületek hőmérséklete ( $^{\circ}C$ ).

A levegő és a környező felületek hőmérsékletének együttes hatását fejezi ki az eredő hőmérséklet, amely a következő összefüggéssel számítható

$$t_R = 0,5 t_{lb} + 0,5 t_{ks} \quad (2.2.)$$

A felsorolt tényezők közül a levegő hőmérséklete és a közepes sugárzási hőmérséklet (a sugárzást elnyelő gömbbel felszerelt hőmérővel) mérhető. E két érték számtani átlaga (vagy kisebb kiigazítással számított átlaga) az ún. eredő hőmérséklet illetve gömbhőmérséklet már jól jellemzi a "száraz" hőleadás feltételeit.

A párologtatásos hőleadás a levegő relatív nedvességtartalmának függvénye. Magasabb relatív nedvességtartalom – a telítettséghez közelebbi légállapot – esetében a párologtatásos hőleadás nehezebb.

A levegő nedvességtartalmát jellemzi még a – pontosan mérhető – nedves hőmérséklet. Ezt olyan hőmérővel mérik, amelynek érzékelőjét egy benedvesített gézpólya burkolja. Ez utóbbiról a víz párolog, ha a levegő szárazabb, a párologás intenzívebb, ami a hőmérő érzékelőjét lehűti és az alacsonyabb értéket mutat.

Annak érdekében, hogy a nedves hőmérő érzékelője körül ne alakuljon ki egy olyan burok, amelyben a levegő telítetté válik az elpárolgó víz miatt, a levegőt a hőmérő körül állandó áramlásban kell tartani. Ezért a két hőmérőt egységes keretbe építik be, az érzékelők egy nyitott végű, csőszerű tokban vannak, amelyen át a levegőt egy piciny, óramű vagy elemes meghajtású ventilátor mozgatja.

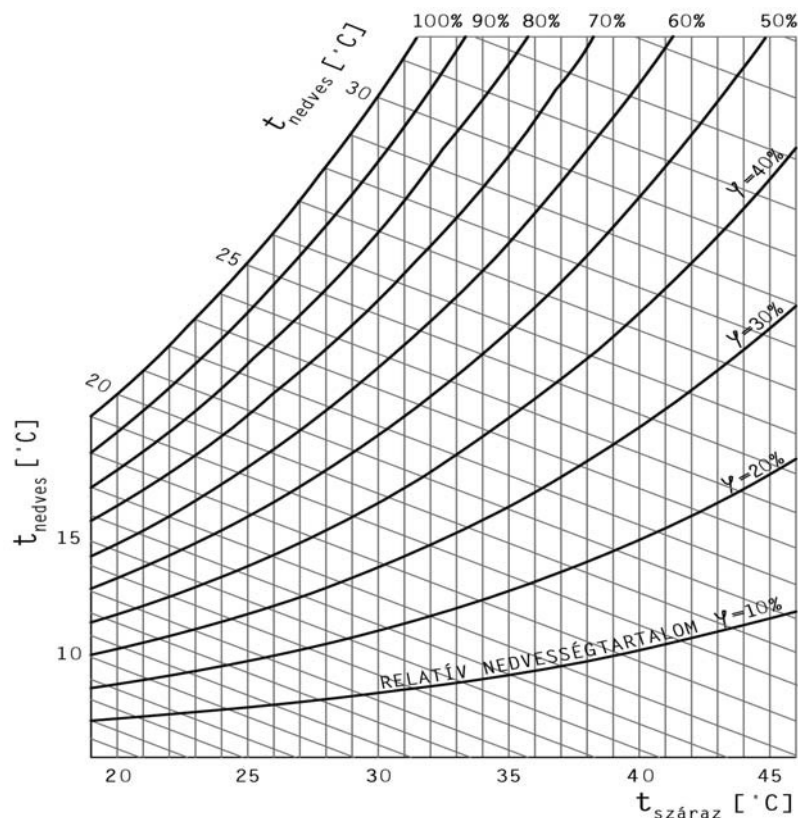
Minél nagyobb a szokványos száraz és a nedves hőmérővel mért értékek különbsége, annál szárazabb a levegő, ha pedig a száraz és a nedves hőmérséklet egyenlő, az telített légállapotot jelez.

A nedves levegő egyik állapotdiagramjának, a pszichrometrikus diagramnak egy részlete.

Az állapotdiagramok a nedves levegő állapotjellemzői közötti összefüggéseket mutatják. Bármely két állapotjelző meghatározza az összes többi értékét.

Itt a vízszintes tengelyen a száraz, a ferde vonalakon a nedves hőmérséklet értéke szerepel. Az íves vonalak egy-egy megadott relatív nedvességtartalom értékéhez tartoznak. A telített levegőben (100% relatív nedvességtartalom) a száraz és a nedves hőmérséklet vonalai egy pontban találkoznak.

A diagram ismerete egyrészt azért fontos, mert a relatív nedvességtartalom a szokásos hajszálas hygrométerekkel csak pontatlanul, a nedves hőmérséklet viszont pontosan mérhető. Másrészt azokban a hőérzeti diagramokban, amelyek alapján több tényező hatását kifejező hőérzeti jellemzőt határozzunk meg, a nedves hőmérséklet szerepel.

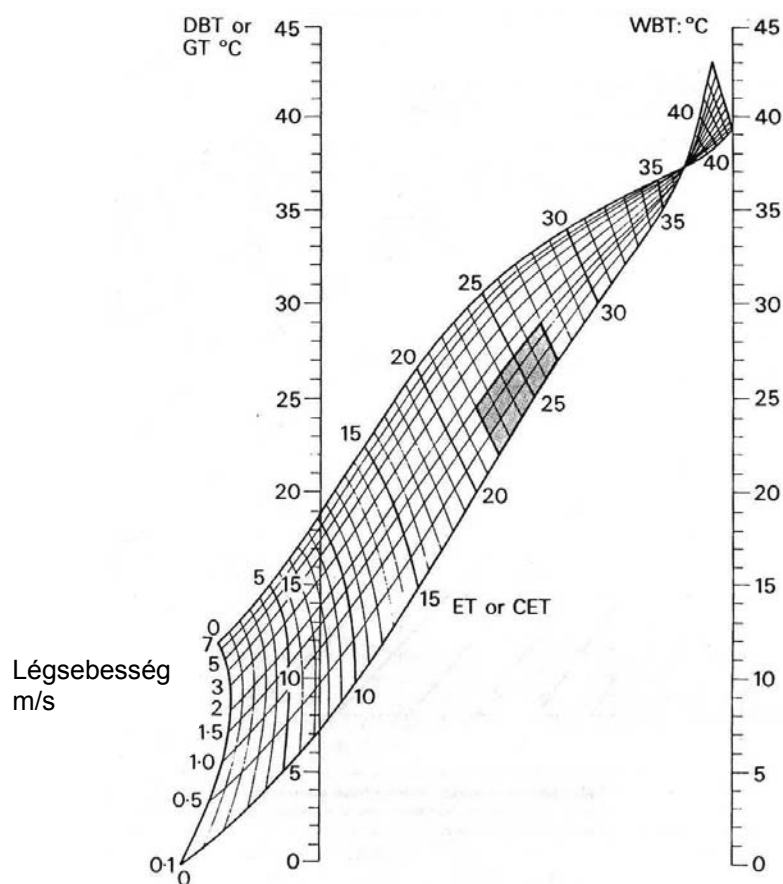


Az effektív hőmérséklet (ET) diagramja. A baloldali függőleges tengelyen a levegő száraz hőmérséklete, a jobboldalon a nedves hőmérséklet van feltüntetve.

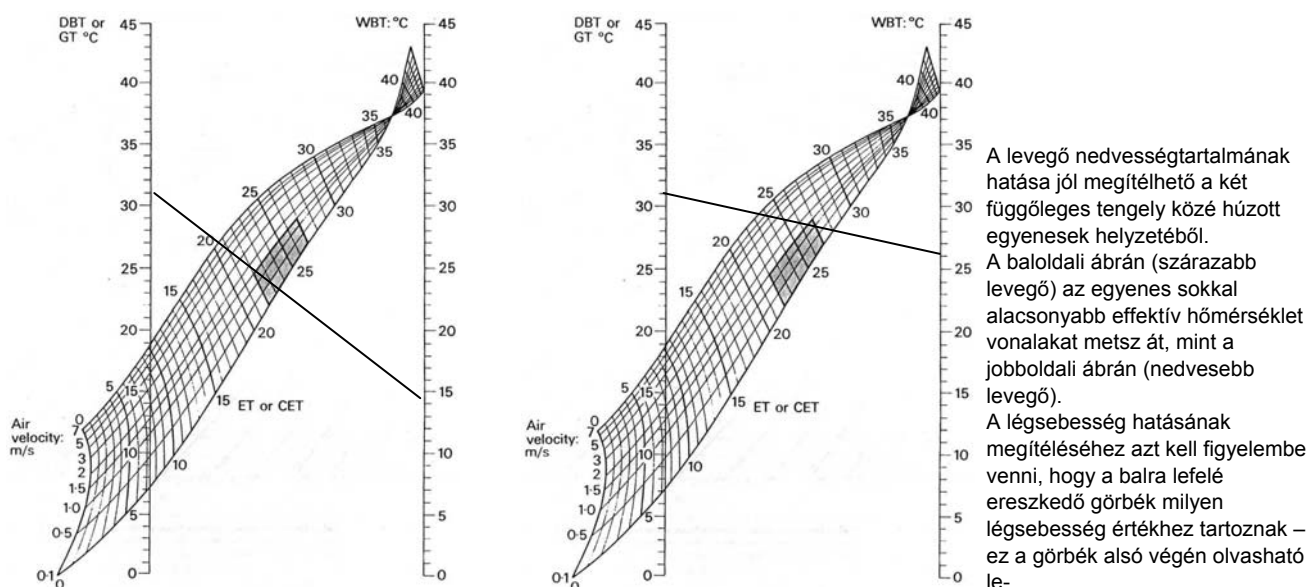
A jobbról felülről balra lefelé ereszkedő görbék (befoglaló alakjukról „hal” görbék) paraméterei az alul felírt légsebesség értékek, az azokat átszelő vonalak az effektív hőmérséklet vonalai.

A diagram használata: a két függőleges tengelyen jelöljük ki a levegő száraz és nedves hőmérséklet értékeit és kössük ezeket össze egy egyenessel. Az egyenes metszi a légsebesség görbéket, keressük meg az adott esetre jellemző légsebesség vonallal való metszéspontot. E pont helye valamelyik effektív hőmérsékletvonalon vagy két effektív hőmérsékletvonal között határozza meg azt az effektív hőmérsékletet, amely az adott esetre jellemző. A hőérzet olyan, mint az ezzel azonos hőmérsékletű nyugvó levegőben, 50% relatív nedvességtartalom mellett.

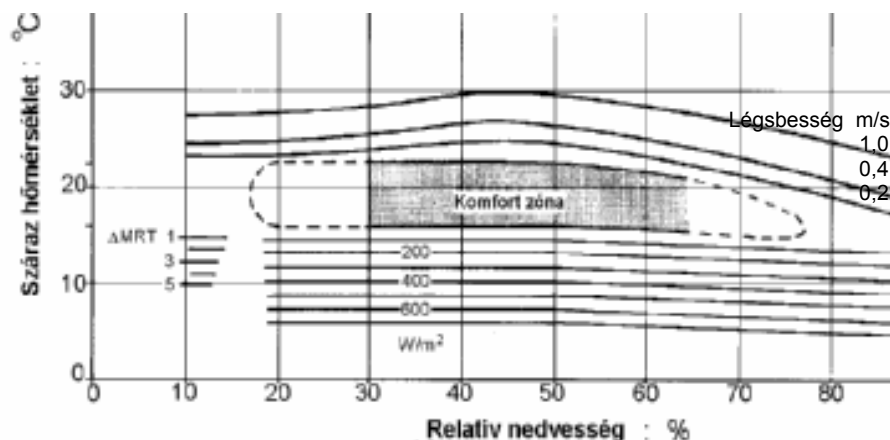
Az új vagy korrigált effektív hőmérséklet (CET) diagramja ettől annyiban különbözik, hogy a levegő száraz hőmérséklete helyett az operatív vagy eredő hőmérséklet értékét kell kitűzni a baloldali függőleges tengelyen.



A hőérzetet befolyásolja a levegő sebessége is. A légsebesség és a relatív nedvességtartalom hatását is kifejező hőérzeti jellemző számok közül legismertebbek: az "effektív hőmérséklet" és az "új effektív hőmérséklet".



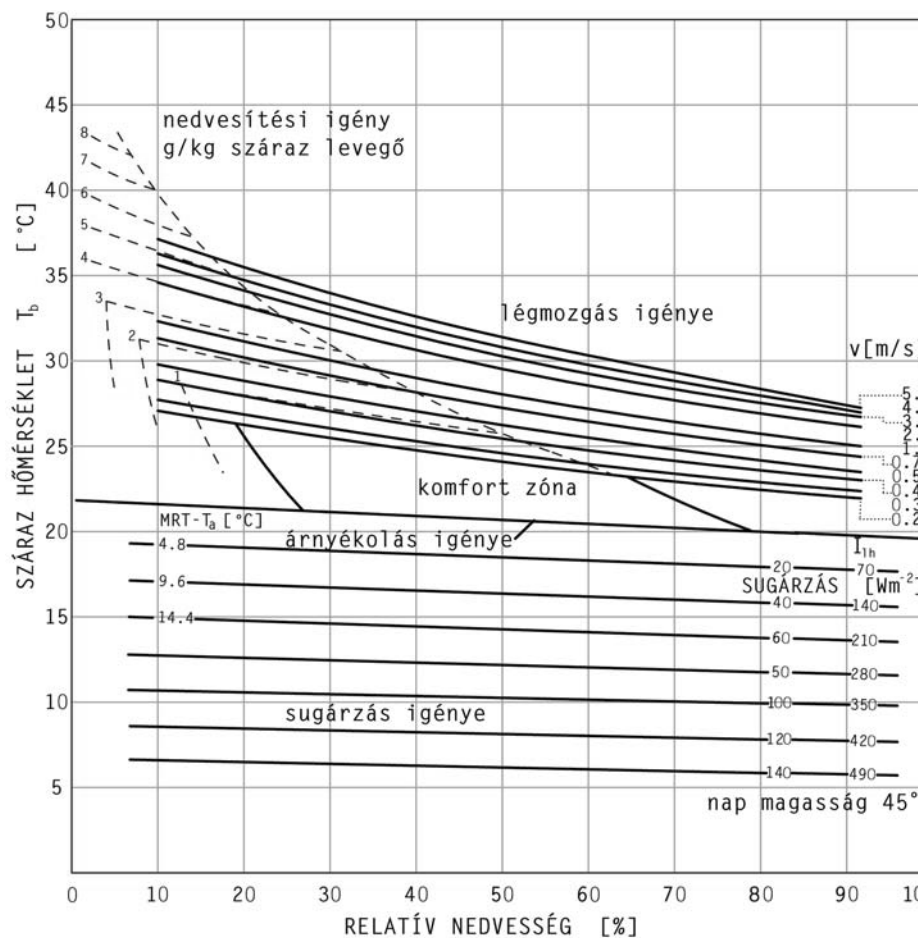
Meg kell még említeni a bioklimatikus diagramot, amely a hőmérséklet, a relatív nedvesség, a szélsősebesség és a sugárzásintenzitás összefüggéseit fejezi ki. Ez a - szoláris építészetben klasszikusnak számító és szabad terek értékelésére is alkalmas - diagram a léghőmérséklet, a relatív nedvesség tartalom, a sugárzás és a légmozgás közötti összefüggéseket fejezi ki



Ezen a diagramon vonalkázás jelöli a komfort zóna területét (egy diagram egy-egy meghatározott *clo* és *met* értékpárhoz tartozik). Ha egy ezen kívüli pontot jelölünk ki, ahol a hőmérséklet alacsonyabb, a sugárzás intenzitás görbékre írt számok alapján becsülhetjük meg, milyen intenzitású sugárzás (illetve mennyivel magasabb sugárzási hőmérséklet szükséges ahhoz, hogy az alacsonyabb hőmérséklet hőérzeti hatását ellentételezze. Magasabb hőmérséklet esetén az annak hatását ellentételező légsebesség értéke olvasható le a komfortzóna feletti görbéről.

Ha a hőmérséklet alacsonyabb, de a vonalakra paraméterként felírt intenzitású sugárzás éri az embert, hőérzete ugyanolyan jó lesz, mint a jelölt komfortzónában. Figyeljük meg a levegő relatív nedvességtartalmának hatását, valamint azt, hogy nyáron a légmozgás ellentételezheti a magas hőmérséklet hatását.

Az Arens és társai által átdolgozott bioklimatikus diagram. A vonalkázott terület a komfort zóna, a vízszintes tengelyen a relatív nedvességtartalom, a függőlegesen a hőmérséklet van feltüntetve. Figyelmet érdemel, hogy a komfortzóna felső határa nem vízszintes: szárazabb levegőben magasabb, nedvesebb levegőben alacsonyabb az elfogadható felső határ. A komfortzóna alatti vonalakon az az effektív sugárzásintenzitás érték van, amely (nyugvó levegőben) az alacsony hőmérséklet hatását ellentételezi, vagyis komfortos állapotot eredményez. A komfortzóna feletti vonalakon az a légsebesség van feltüntetve, amely (árnyékban) a magas hőmérséklet hatását ellentételezi, vagyis a komfortzónába úgymond visszajuttat. Az ábra bal felső sarkában futó görbék azt jelzik, hogy száraz melegben mennyi vízgőzt célszerű a levegőbe juttatni – ez jól összevág azzal, hogy ilyen esetekben az adiabatus vagy evaporatív hűtés gépi vagy természetes változata (növényzet, vízfelület, szökőkút) – az együttjáró hőelvonással kísérve hatásos hőérzetjavító eszköz.



Az Olgyay féle bioklimatikus diagramot fejlesztette tovább szerzőtársaival Arens – természetesen ebben az esetben is egy diagram egy-egy meghatározott clo és met értékhez (azaz öltözközéshez és tevékenységi szinthez tartozik).

Ebben új tényezőként jelenik meg az effektív sugárzásintenzitás, amely a direkt és szórt, valamint a környező felületekről visszavert napsugárzás együttes hatását fejezi ki.

Az elfogadható hőérzetet eredményező helyiséghőmérséklet nem egy rögzített érték: függ az emberek adaptációjától, az évszaktól, nyáron magasabb, télen alacsonyabb (még mesterséges hűtés, klimatizálás esetén sem tanácsos a külső hőmérséklettől függetlenül állandó, például 24 °C hőmérsékletet tartani).

Ezt (a külső hőmérsékletek Celsius skálán mért pozitív tartományára) lineáris összefüggéssel lehet kifejezni. Az egyik ilyen kifejezés (Nicot-Roaf):

$$t_i = 17 + 0,38t_{e,m} \quad (2.3.)$$

ahol

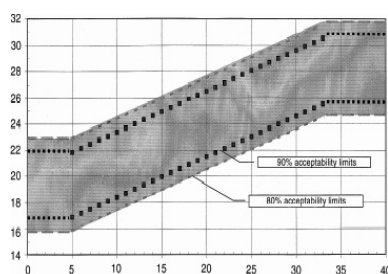
$t_n$  a semleges hőérzetet eredményező helyiséghőmérséklet

$t_{e,m}$  a külső hőmérséklet havi középértéke

Csak csekély eltérést látni a de Dear – Brager által javasolt, hasonló alakú összefüggésben, amelyben az összeadandó 17,8, a szorzó pedig 0,31.

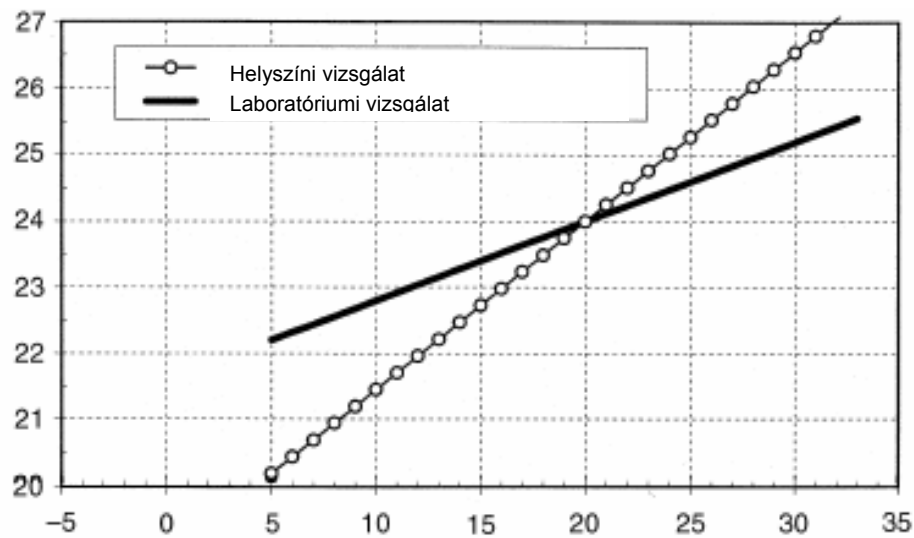
A hőérzet függ az akklimatizációtól, pszichológiai tényezőktől.

Helyszíni vizsgálatokat laboratóriumi eredményekkel összevetve bizonyítható, hogy az emberek adaptációja, adott éghajlati feltételekhez való akklimatizációja a kellemesnek vagy elfogadhatónak ítélt hőérzeti feltételek lényeges módosulását eredményezi.



Brager és de Dear vizsgálatai szerint 5 és 35 °C havi középhőmérséklet mellett az elfogadható belső hőmérséklet alsó határa 17 és 26, felső határa 22 és 31 °C között változik. +25 °C havi középhőmérséklet mellett a felső határ 28 °C. Ez a változás sokkal meredekebb, mint az elméletileg (PMV értékekből) számított (alsó ábra pontozott, illetve folytonos vonalai).

Ezek a vizsgálatok azt igazolják, hogy az emberi szervezetnek nem egy megadott, a külső időjárástól független és állandó hőmérsékletű környezetre van szüksége: nemhogy a tűrhető, de még a kellemes beltéri hőmérséklet is követi a külső hőmérséklet havi középértékét.



A kellemesnek ítélt hőmérséklet változása a külső hőmérséklet havi középértékének függvényében.  
Folytonos vonal a laboratóriumi mérések szerint.  
Pontozott vonal: az év megfelelő időszakában elvégzett helyszíni vizsgálatok szerint olyan alanyokkal, akik az éves ciklust az adott földrajzi helyen töltve adaptálódtak.

Ehhez még számos kisebb-nagyobb jelentőségű tényező járul: az öltözék esetleges "pumpáló" hatása (a hagyományos arab viselet bő ruházata a mozgással a ruha és a testfelület között légcseréhez vezet, ami a hőátadás és a párologtatás intenzitását növeli), az expozíciós idő, vagyis hogy mennyi ideig van valaki egy bizonyos hatásnak kitéve, az a körülmény, hogy az ember helyzetét a helyiségben szabadon változtathatja-e, a szokásos napirend (egyes mediterrán területeken a szieszta).

Miért lesz meleg az épületben,  
avagy

### 3. ÉPÜLETFIZIKAI ALAPFOGALMAK

#### 3.1. A sugárzás

Minden test a felületi hőmérsékletétől és a felület minőségétől függő intenzitású és hullámhosszúságú sugárzást bocsát ki.

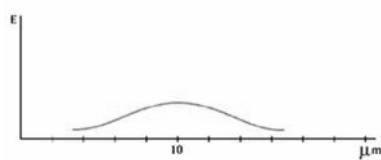
A kisugárzott energia mennyisége a sugárzást kibocsátó test (abszolút skálán mért) felületi hőmérsékletének negyedik hatványával és a felület minőségétől függő emissziós tényezővel arányos.

A kisugárzott energiának egy bizonyos hullámhosszon maximuma van. A maximumhoz tartozó  $\lambda_m$  hullámhossz és a felületi hőmérséklet közötti összefüggést - a továbbiak szempontjából döntő fontosságú - Wien törvény határozza meg, amely szerint

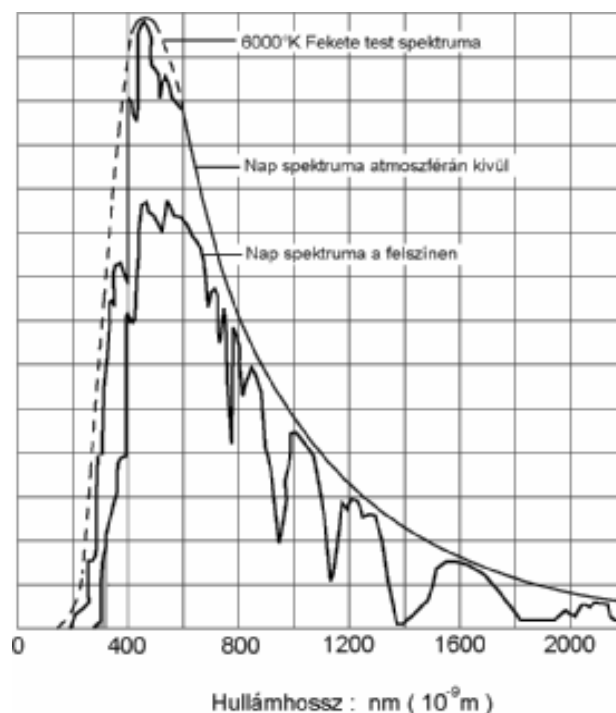
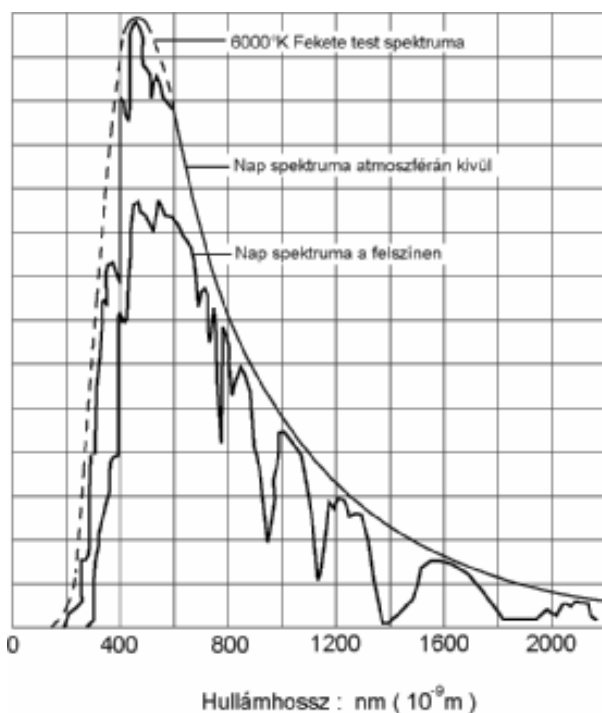
$$\lambda_m T = \text{const} \quad (\approx 3000) \quad (3.1.)$$

A kisugárzott energia hullámhossz szerinti megoszlása a sugárzás úgynevezett „színképe”, spektrális eloszlása.

Ami a felületi hőmérsékleteket illeti, a továbbiakban két eset bír jelentőséggel. Az egyik a napsugárzás. A Nap felületi hőmérséklete 6000 °K. A másik a "földi felszín" (terep, határoló szerkezet) sugárzása, ezek felületi hőmérséklete a 250-350 °K tartományba esik.



A földi felszín (talaj, burkolatok, falak) által kibocsátott – saját – sugárzás a hosszúhullámú infravörös tartományba esik, a maximum 10  $\mu$  környékén van – az abszolút skálán mért hőmérséklet 300 °K körüli.



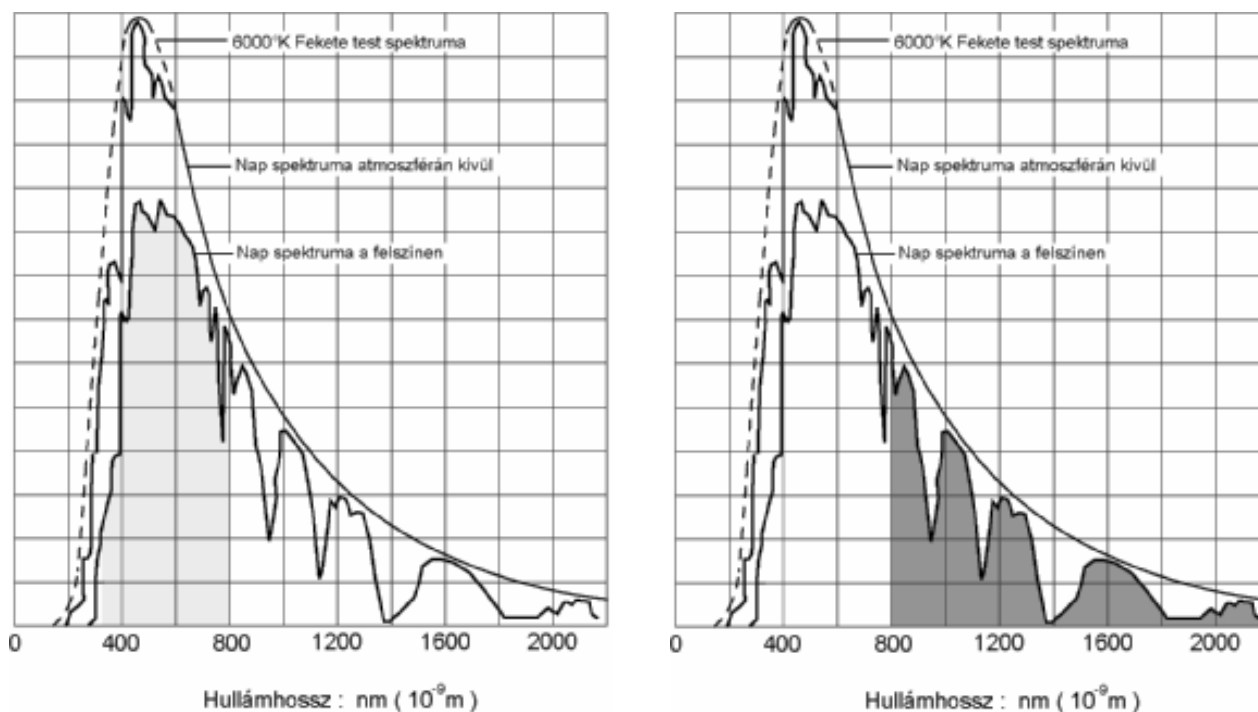
A napsugárzás spektrális eloszlása a világűrben az ábra felső görbéje szerinti, mire azonban a földi felszínt eléri az alsó görbe szerinti alakot veszi fel. Ennek oka az, hogy a levegőben lévő vízgőz, a felhőzet, a szilárd szennyezőanyagok a sugárzás egy részét (bizonyos hullámhossztartományokban többet, másokban

kevesebbet) elnyelik, továbbá maguk is bocsátanak ki sugárzást. Ennek megfelelően a görbe alakja is kisebb-nagyobb mértékben változik, a levegő pillanatnyi nedvességtartalmának és szennyezettségének függvényében.

Az ábra szerinti spektrumban három intervallumot különböztethetünk meg. Az első az ultraibolya sugárzásé. Ennek élettani szerepe igen fontos, egyes anyagok, felületképzések öregedése miatt állagvédelmi szempontból ugyancsak jelentős, energetikai szerepe elhanyagolható.

A második a látható fényé, ebben az intervallumban érkezik a sugárzási energiának majdnem a fele. A látható fény intervalluma az ibolyától a vörösig terjed.

A harmadik intervallum a - rövid hullámhosszú - infravörös sugárzásé - ebben az intervallumban a sugárzási energiának valamivel több, mint a fele érkezik.

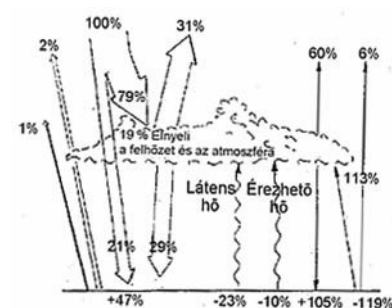


A sugárzás egy része mint párhuzamos sugárnyaláb éri a földi felszíneket – ez a direkt sugárzás. A légkörben lebegő vízgőz- és többatomos gázmolekulák, a felhőzet, a szilárd szennyeződés azonban a beérkező sugárzás egy részét tükrözi (reflektálja), más részét elnyeli és saját maguk is bocsátanak ki – hőmérsékletüknek megfelelő hullámhosszon – sugárzást. Így alakul ki a tér minden irányából érkező szórt (diffúz) sugárzás, amely különösen párás időben válik jelentőssé. Nem elhanyagolható a földi felszínek (talaj, burkolat) által visszavert sugárzás sem: pontosabb információ hiányában ezt a reflexió tényezőt 0,2 értékkel vesszük figyelembe.

A mennyiségi adatokat illetően a napsugárzást az egységnyi felfogó felületre érkező,  $W/m^2$  mértékegységben kifejezett intenzitásával jellemezzük. Ezek a felület tájolásától és dőlésétől függenek, a Nap járásának megfelelően az idő függvényében (naptári napok és a nap órái szerint) változnak. Figyelembe véve azt is, hogy a külső hőmérséklet napi maximuma általában 14 – 15 óra között alakul ki, a derült időben lehetséges intenzitásadatokat feltüntető ábráról a kritikus napszakok megállapíthatók.

Fontos adat még az adott felületegységre egy nap alatt érkező sugárzásösszeg: ez megadható a derült időben lehetséges értékkel is és a mérési adatok feldolgozásából származó átlagértékkel is.

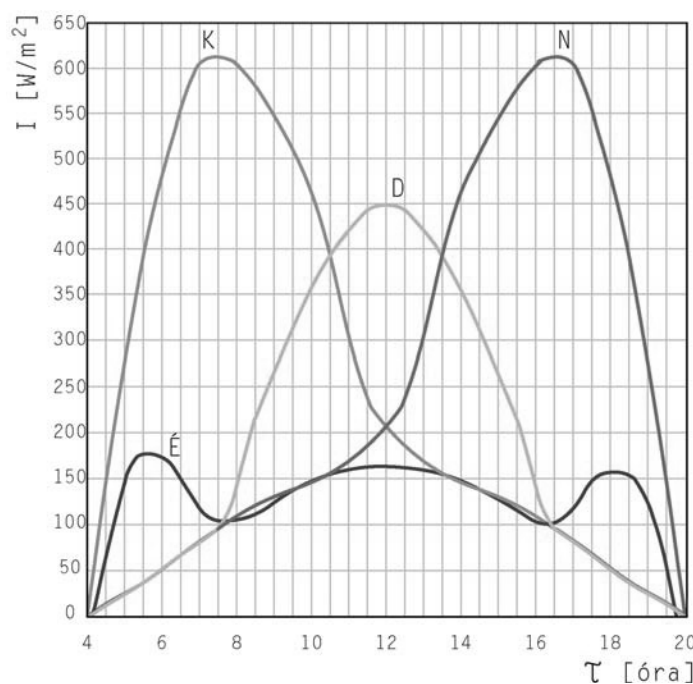
Mindkét jellemző esetében természetesen feltételeztük, hogy a felfogó felület és a Nap között nincs akadály, a benapozás zavartalan.



A Nap, a légkör és a földi felszínek sugárzásának összetevői.

A függőleges felületekre jutó globálisugárzás  
 átlagos havi és évi értékei Budapesten  
 (kWh/m<sup>2</sup>).

| Hónap      | Észak | Dél | Kelet | Nyugat |
|------------|-------|-----|-------|--------|
| Január     | 12    | 40  | 19    | 19     |
| Február    | 16    | 59  | 32    | 31     |
| Március    | 27    | 86  | 54    | 51     |
| Április    | 38    | 92  | 76    | 69     |
| Május      | 57    | 101 | 103   | 94     |
| Június     | 60    | 89  | 107   | 98     |
| Július     | 59    | 95  | 112   | 99     |
| Augusztus  | 47    | 106 | 101   | 89     |
| Szeptember | 33    | 102 | 72    | 65     |
| Október    | 22    | 88  | 47    | 45     |
| November   | 14    | 55  | 25    | 23     |
| December   | 10    | 38  | 17    | 16     |
| ÉV         | 394   | 948 | 764   | 700    |



A napsugárzás intenzitása júniusban, különböző tájolású függőleges felületeken.

### 3.2. A sugárzásos hőcsere

A sugárzást illetően egyrészt azt vizsgáljuk, hogy egy test felületéről ilyen módon mennyi energia jut a környezetbe, másrészt azt, hogy mi történik, ha egy test felületére sugárzás jut.

Ha egy test felületét sugárzás éri, a felületre jutó energiával három dolog történhet, nevezetesen:

- a felület az energia egy részét elnyeli, az elnyelt hányad nagyságát az " $a$ " elnyelési (abszorpció) tényező jellemzi,
- a felület a sugárzás egy részét visszaveri, a visszavert hányadot az " $r$ " visszaverési (tükrözési, reflexiós) tényező jellemzi,
- a felület és a mögöttes anyag a sugárzás egy részét átereszt, az áteresztett hányadot a " $t$ " áteresztési (transzmittálási) tényező jellemzi.

Az elnyelt, visszavert és áteresztett energia összeg megegyezik a felületre jutó energiával, azaz

$$a + r + t = 1 \quad (3.2.)$$

Ha mindhárom tényező zérusnál nagyobb, akkor a test áteresztő (transzparens).

Ha az áteresztési tényező  $t = 0$ , a test nem áteresztő (opak).

Ha  $a = 1$ ,  $r = t = 0$ , akkor fekete testről beszélünk, amely a ráeső sugárzást teljes egészében elnyeli

*Ne keverjük össze az áteresztő és az átlátszó test fogalmát! Utóbbi csak a látható fény tartományára értelmezhető, a vizuális érzékeléssel összefüggő dolog, az előbbi bővebb fogalom, nemcsak a látható fényre, hanem más hullámhossztartományba eső sugárzásra is értelmezhető.*

Az áteresztési, elnyelési és visszaverési tényezőkkel kapcsolatban mindig meg kell adnunk azt is, hogy milyen hullámhossztartományú, milyen spektrumú sugárzásra vonatkoznak. Így beszélhetünk a napsugárzásra vonatkozó elnyelési tényezőről, de a földi felszín sugárzására (az úgynevezett "alacsony-hőmérsékleti sugárzásra") vonatkozóóról is. Az *emissziós tényező* számértéke

megegyezik az ugyanazon hullámhossztartományra vonatkozó *elnyelési tényező* számértékével.

### 3.3. Az opak szerkezetek energiamérlege

Tekintsük egy át nem eresztő (opak) szerkezet egységnyi külső felületét, amelyet napsugárzás ér.

Egy adott pillanatban itt a következő folyamatok játszódnak le:

A felületre jutó napsugárzás intenzitása  $I$  ( $\text{W/m}^2$ ). Ennek  $rI$  hányadát a felület visszaveri, ez a rész a továbbiakban a vizsgált szerkezet szempontjából érdektelen. Az elnyelt hányad:  $q_N = a_N * I$ , amelynek következtében a felület és a közvetlenül alatta fekvő réteg felmelegszik.

A felmelegedett felületről vezetékes hőáram indul meg a szerkezet mélyebben fekvő rétegei felé ( $q_v$ ), amely a korábban tárgyalt módon részben az útjába eső rétegeket melegíti fel, részben továbbjut a helyiség felé.

A felület és a külső levegő között hőátadás játszódik le a  $q_k = \alpha_e(t_f - t_e)$  összefüggés szerint.

A felület saját maga is bocsát ki sugárzást, amely arányos a felület "alacsonyhőmérsékleti sugárzásra" vonatkozó emissziós tényezőjével.

Az egyensúly feltétele az, hogy az előbbi négy összetevő algebrai összege zérus:

$$q_N + q_v + q_k + q_s = 0 \quad (3.3.)$$

Vegyük észre a (3.3.) összefüggésből azt, hogy a felület felmelegedésében a napsugárzásra vonatkozó elnyelési tényező -  $a_N$  - csak az egyik szereplő. Azon túl ugyanis, hogy mennyi hőt nyel el a felület, az is fontos kérdés, hogy mennyit *sugároz* ő a környezetbe. Ez az alacsonyhőmérsékleti emissziós tényezőtől függ, amelynek számértéke megegyezik az  $a_A$  alacsonyhőmérsékleti abszorpciós tényezővel.

A felület hőmérséklete

$$t_f = t_e + \frac{a_N * I}{\alpha_e} - E \frac{1}{\alpha_e} \quad (3.4.)$$

ahol

$I$  a napsugárzás intenzitása,

$\alpha_e$  a hőátadási tényező,

$E$  a felület saját hosszuhullámú infrasugárzása,  $20-90 \text{ W/m}^2$ , az  $a_A$  a felhőzet, a páratartalom, a felület és az égbolt közötti térszög függvényében.

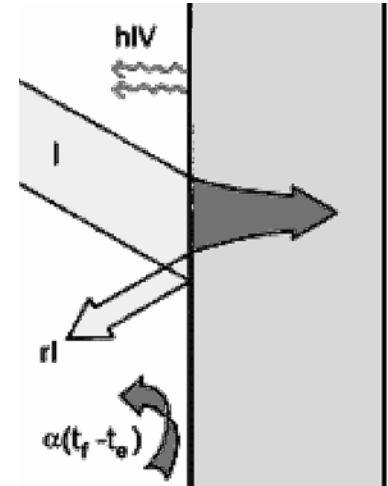
$t_e$  a külső levegő hőmérséklete,

Ha tehát például azt akarjuk, hogy a felület lehetőleg ne melegedjen fel, nem a legkisebb  $a_N$  tényezőre, hanem a legkedvezőbb  $a_N/a_A$  viszonyra kell törekednünk. (Ezért például a befestett alumíniumlemez kevésbé melegszik fel, mint a tükröző fémtiszta).

Egyes különleges felületbevonatolási megoldásokkal igen szélsőséges  $a_N/a_A$  viszonyok érhetők el, e megoldások a *szelektív felületképzések*.

A gyakorlati számítások megkönnyítésére szolgál a *naplég hőmérséklet*. A kifejezés egy szerencsétlen tükörfodítás "eredménye". Egy valós fizikai tartalom nélküli fogalomról van szó, amelyet a számítások megkönnyítése végett találtak ki.

A (3.4.) összefüggésből kiindulva a helyiségbe jutó hőáramot elég hosszadalmas munkával lehet meghatározni. Ezt a munkát bizonyos esetekre előre elvégezték, a  $q$  hőáramot kiszámították. A végeredményből visszafelé olyan  $t_s$  "naplég hőmérséklet" nevű számokat határoztak meg, amelyeket a jól ismert



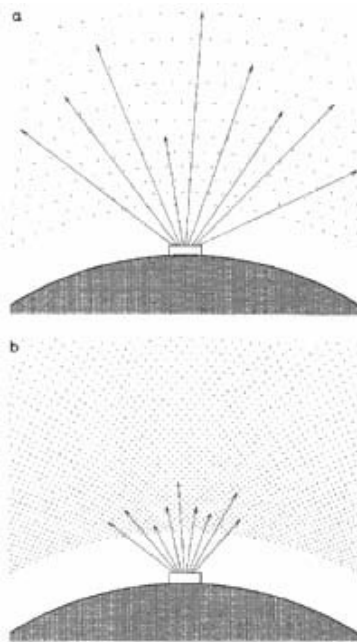
Opak szerkezetek (fal, tető) energiamérlegének sémája. A beeső napsugárzás jelentős részét (szokványos felületképzések esetén 75 – 90 %-át) a felület elnyeli, a maradékot visszaveri. Ennek következtében a felület hőmérséklete megemelkedik, magasabb lesz, mint a külső levegő hőmérséklete, így onnan hőátadással ez elnyelt hő egy része a külső levegőbe távozik. A magasabb felületi hőmérséklet miatt a felület sugárzásos hőleadása is megnő. (Figyelem: nem a visszavert hányadról van szó, hanem arról a hosszuhullámú infravörös sugárzásról, amit a felület bocsát ki!) Ez a sugárzásos hőleadás az alacsonyhőmérsékletű emissziós (=abszorpciós) tényezőtől függ, ami nem feltétlenül azonos a napsugárzásra vonatkozó abszorpciós tényezővel: szelektív felületképzés esetén arányuk akár 1:4 is lehet.

A meleg felületről hőáram indul a szerkezeten át a helyiség felé is, amelynek egy része az útjába eső rétegek felmelegedésére fordítódik, ezért a hőáram csak jelentősen csillapítva és késleltetve jut a belső felületre.

$$q = k(t_s - t_i) \quad (3.5.)$$

összefüggésbe helyettesítve a helyes végeredményt kapjuk. Az elnevezés arra utal, hogy  $t_s$  egy olyan fiktív szám, amely nemcsak a fal és a levegő, hanem a fal és a napsugárzás kölcsönhatását is kifejezi.

A (3.5.) összefüggés alapján nyilvánvaló, hogy  $t_s$  függvénye  $I$ ,  $t_e$ ,  $a_N$ ,  $a_A$  és  $\alpha_e$  értékeinek, tehát földrajzi helyhez, tájoláshoz, időhöz és felületképzéshez kötött. Ezért csak olyan naplég hőmérséklet táblázatok használhatók, amelyek a szempontokból a vizsgált esettel azonosak.



Ha a légkör páratartalma kicsi, a tetőről távozó sugarak többsége valószínűleg csak a nagyobb magasságban (hidegebb rétegben) lebegő vízgőzmolekulákkal ütközik, a tető több hőt ad le, felületi hőmérséklete akár 10-12 fokkal is a külső levegő hőmérséklete alá süllyedhet. Ha a páratartalom nagy, a sugarak többsége nagy valószínűséggel már az alacsonyabb rétegekben lebegő vízgőzmolekulákkal ütközik, a tető sugárzással kevesebb hőt ad le.

#### Felületek közötti sugárzásos hőcsere

Minden felület bocsát ki sugárzást. Ha az egyik felületről a másikra sugárzás jut, annak egy részét a másik felület elnyeli, egy részét visszaveri. A visszavert sugárzás egy része az első felületet éri, ahol az részben elnyelődik, részben visszaverődik és a folyamat végtelen sokszor ismétlődik, természetesen az ide-oda verődő energiaáram csökkenése mellett.

Ugyanez a folyamat természetesen a "másik-egyik" felület viszonylatában is lejátszódik.

Mindkét felület vesz is fel hőt és ad is le hőt, hogy végül melyiknek lesz nyeresége és melyiknek vesztesége, az attól függ, hogy a felvett hő több-e a leadottnál, vagy fordítva.

#### Lapostetők hőmérlege

Abban a térszögben, amelyben a vizsgált felület nem más földi felületet, hanem az égboltot "látja", a sugárzásos hőcserében résztvevő "másik felület" a levegőben lebegő vízgőz, az aeroszolok és a felhőzet együttese. Az égboltot nagy térszögben elsősorban a lapostetők látják. A másik, képzeletbeli "felület" diszperz és több ezer méter vastagságú légrétegben szétszórott és ha a szétszóródás "ritka", akkor a nagy magasságokban elhelyezkedő elemi felületek szerepe is számottevő, míg ha a szétszóródás "sűrű", akkor az első rétegek már önmagukban meghatározó jelentőségűek.

A "ritkaság", illetve "sűrűség" a levegőben lévő vízgőz résznyomásától, a felhőzettől, a felhőzet fajtájától függ.

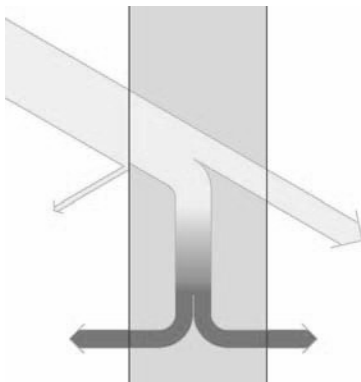
Miután a légkör és a benne lebegő elemi részecskék hőmérséklete általában a magassággal arányosan csökken, e képzeletbeli felület képzeletbeli - egyenértékű - hőmérséklete attól függ, hogy e tekintetben még milyen magasságban lévő légrétegek figyelembevétele indokolt.

Az égbolt felé sugárzással leadott hőnek sok esetben nagyon is számottevő szerepe van. Például: e jelenség következtében felhőtlen éjszakákon a tetőfelületek hőmérséklete akár 10-12 °C-kal is a külső levegő hőfoka alá hűlhet. Ez az alapja a sugárzó hűtésnek nevezett egyik passzív hűtési technikának, amely nem keverendő össze a beágyazott csőkiágokkal vagy álmennyezettel megvalósított (gépi) sugárzó hűtéssel.

### 3.4. Transzparens szerkezetek energiamérlege

Tekintsünk egy sugárzást áteresztő réteget, például egy üvegtáblát. A külső felületre érkező napsugárzás egy része visszaverődik. Egy másik részt a réteg átereszt, ez változatlan hullámhosszúságú sugárzás formájában a helyiségbe jut. A külső felületre érkező sugárzás egy része elnyelődik, ettől a szerkezet felmelegszik. Miután többnyire kis tömegű és igen vékony rétegről van szó, az üvegtáblák felmelegedése gyors és gyakorlatilag a teljes keresztmetszetben (vastagságban) egyenletes.

A felmelegedett szerkezetről annak mindkét oldalán hőátadással hő jut a külső, illetve a belső levegőbe. A felmelegedett szerkezet mindkét felülete bocsát ki sugárzást is a környezet, illetve a helyiség felé.



Már ebből az egyszerű sémából is látszik, hogy a helyiségbe *nemcsak* az áteresztett sugárzás révén jut be energia, hanem az *elnyelt hő egy része is* a helyiségbe jut a szerkezet belső felületéről, hőátadás és saját sugárzás formájában.

A valódi transzparens szerkezetek általában több rétegből állnak (két-három üvegtábla, árnyékoló, függöny, valamint a köztes légrétegek). Energiamérlegük sémája a most vizsgálthoz hasonló, de igen bonyolulttá teszi egyrészt az, hogy az egyes felületek között többszörös visszaverődés játszódik le, másrészt az, hogy a légrétegekben összetett vezetési, átadási és sugárzási folyamatokat kell figyelembe vennünk.

Az áteresztési tényező a beesési szög függvénye. A sík normálisa körüli mintegy 60 fokos kúpszögön belül gyakorlatilag állandó, azon kívül rohamosan csökken.

A "befelé" döntött üvegezés által áteresztett sugárzás ezért több, a "kifelé" döntötté kevesebb, ez akár tudatosan is hasznosítható olyan szög megválasztásával, amely mellett a téli napállások esetén a direkt sugárzás a normális körüli 60 fokos kúpszögben van, nyáron viszont azon kívül.

#### A naptényező

Az áteresztő szerkezetek energiámérlegének szabatosabb számítása nagyon bonyolult és hosszadalmas lenne. A tervezés megkönnyítésére ezért egy egyszerűsített eljárást dolgoztak ki.

Ennek alapja az a tapasztalat, hogy ha van két áteresztő szerkezetünk (A és B), az ezeken át a helyiségbe jutó hőmennyiségek aránya gyakorlatilag állandó, akármilyen szög alatt is esik a napsugárzás a felületükre.

E tapasztalat alapján választottak egy etalonszerkezetet, amely a 3 mm vastag, egyrétegű, tiszta közönséges ablaküveg. Különböző beesési szögek mellett (ami egyben különböző tájolásokat, naptári és napi időpontokat is jelent!) részletes vizsgálatokkal meghatározták, hogy az etalonszerkezeten át mennyi hő jut a helyiségbe. Ezek az adatok táblázatos formában feldolgozva rendelkezésünkre állnak. (Angol betűszó alapján  $I_{SRG}$  jelöléssel.)

Ha most van egy új transzparens szerkezetünk, elegendő egyetlen beesési szög mellett megmérni, hogy a rajta át a helyiségbe bejutó hőmennyiség hogyan aránylik az etalonszerkezeten át - azonos feltételek mellett - bejutó hőmennyiséghez. Ez az arányszám a *naptényező*. A naptényező ismeretében az áteresztő szerkezet egységnyi felületén át a helyiségbe jutó energiaáram

$$q = N \times I_{SRG} \quad (3.6.)$$

ahol

$I_{SRG}$  az etalonszerkezeten bejutó energiaáram,

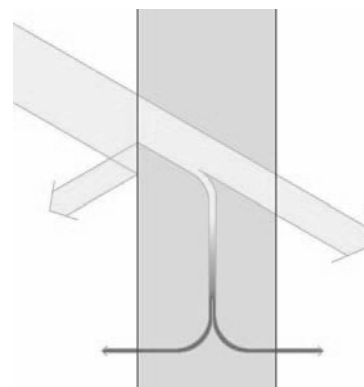
$N$  a naptényező

A naptényező nevezetlen szám, értéke 0 és 1 között van. A naptényező fogalma helyett újabban szokásos a hasonlóan értelmezett és hasonlóan használható  $g$  jelű összesített sugárzásátbocsátási tényező használata.

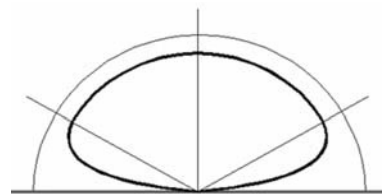
Ne feledjük, hogy nemcsak a szerkezet által áteresztett sugárzásról, hanem az elnyelt energiából hőátadás és saját sugárzás révén a helyiségbe jutó energiaáramról is szó van.

### 3.5. Az üvegházhatás

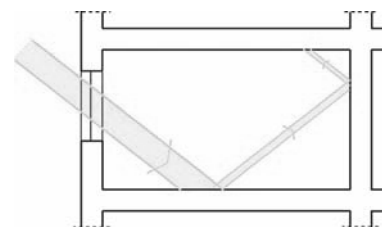
Ha egy áteresztő (transzparens) szerkezetet napsugárzás ér, a sugárzás egy része a szerkezet mögötti helyiségbe érkezik. A helyiségbe jutó hányad valamelyik belső határolószerkezet vagy a bútorzat felületére esik, ahol egy része elnyelődik (a szokásos belső felületképzésekre  $a_N : 0,8-0,9$ ), másik része pedig visszaverődik. A visszavert hányad ismét belső felületeknek ütközik,

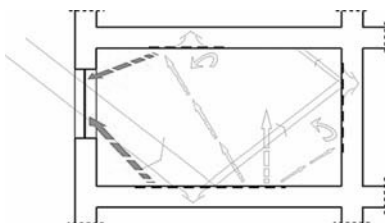
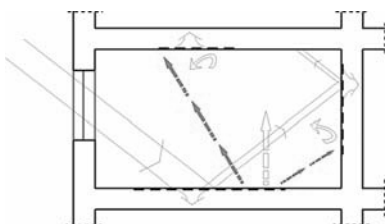
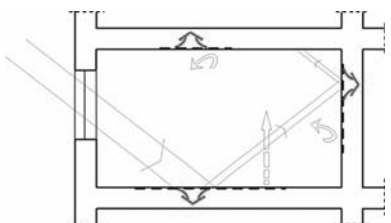
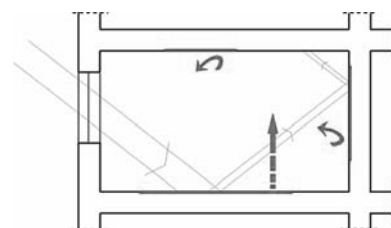


Az üveg is elnyeli a ráeső napsugárzás egy részét, a felmelegedett üvegtábla melegíti a vele érintkező külső és belső levegőt és mindkét irányban hosszuhullámú infravörös sugárzással is ad le hőt, ezért az áteresztőképesség mellett az sem közömbös, hogy elnyelési és visszaverési tényezői mekkorák – ráadásul ezek a tényezők különböző hullámhosszúságú sugárzásra (látható fény, rövid és hosszuhullámú infrásugárzás) különbözőek lehetnek.



Az üvegezés áteresztőképessége a beesési szög függvényében (polárkoordinátás ábrázolás).





Az üvegezés a látható fényt és a rövidhullámú infrasugárzás nagy részét átengedi, de a  $4\mu$ -nál nagyobb hullámhosszúságú sugárzást nem: az energia sugárzás révén be tudott jutni a helyiségbe, de sugárzással onnan távozni már nem tud: „csapdába esett”, amelyből már csak szellőztetés és transzmissziós hőveszteség révén van kiút! Ehhez viszont napi átlagban a helyiség hőmérsékletnek magasabbnak kell lennie, mint a külső hőmérséklet napi átlagának, hiszen a hő távozásának ez az alapfeltétele.

könnyen belátható, hogy két-három visszaverődés után a helyiségbe bejutó sugárzás gyakorlatilag teljes mértékben elnyelődik.

A belső felületeken lejátszódó folyamat ugyanaz, mint a külső felületeken: az elnyelt energiától a felület felmelegszik és

- vezetéssel hőáram indul a szerkezet belsejébe,
- hőátadással a felület melegíti a vele érintkező (ez esetben belső) levegőt,
- a felület - a saját hőmérsékletének megfelelő hullámhosszon - sugárzást bocsát ki.

Ami a vezetékes hőáramot illeti, minél nagyobb a szerkezet hőtároló-képessége, annál nagyobb mennyiségű energiát (annál kisebb hőmérséklet-növekedés mellett) vesz fel.

A szerkezet nagyobb mélységben lévő rétegeinek átmelegedése (a hőtárolás folyamatába való bekapcsolódása) időt vesz igénybe. Ugyanez persze fordított irányú folyamatnál is igaz (amikor a szerkezet kihűl, a tárolt hő a helyiségbe jut). Ez a jelenség mérsékli a helyiség hőmérsékletének ingadozását.

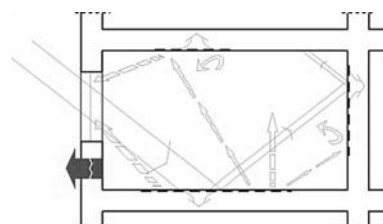
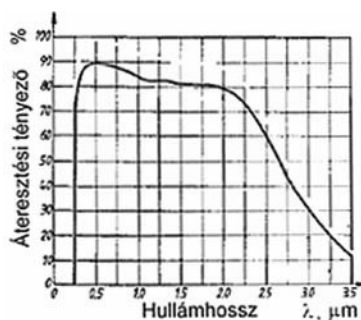
A hőátadás következtében a belső levegő hőmérséklete mindaddig nő, amíg el nem éri a belső felületek hőmérsékletét. Ez egy gyors folyamat, a levegő felmelegedése néhány perc késéssel követi a sugárzás változásait, tekintettel arra, hogy (az épületszerkezetek tömegével összehasonlítva) elhanyagolható tömegű levegő felmelegítéséről van szó.

Ami a felületek által kibocsátott sugárzást illeti, az -a Wien törvény értelmében - hosszuhullámú infrasugárzás.

A belső felületek által kibocsátott hosszuhullámú infrasugárzás a hőátadással együtt a belső felületek közötti hőmérsékletkülönbségek kiegyenlítődése irányában hat.

E sugárzás többek között az áteresztő szerkezet belső felületét is éri. Az üvegezések a belső felületek által kibocsátott hosszuhullámú infrasugárzást illetően azonban *átlátszatlanok*.

Ezért a helyiségbe az üvegezésen keresztül sugárzással (a látható fény és a rövidhullámú infra tartományban) bejutó energia a helyiségből az üvegezésen áthaladó (a belső felületek által kibocsátott hosszuhullámú infra-) sugárzás formájában nem tud távozni. A távozás csak hőátbocsátással (és a felmelegedett belső levegő cseréjével: szellőztetéssel) lehetséges, amihez azonban hőmérsékletkülönbség - a belső hőmérséklet megemelkedése - szükséges.



E jelenséget nevezik *üvegházhatásnak*. Szerepe az épület energiamérlegében igen jelentős, akár a sugárzási energia fűtési célú hasznosítását, akár a helyiségek túlzott felmelegedésének kérdését vizsgáljuk.

A "téli" és a "nyári" igények ellentétesek, feloldásukra a gondos árnyékszerkesztésen alapuló tájolás, formálás és a mozgatható árnyékolószerkezetek kínálnak lehetőséget.

A globális léptékű üvegházhatás az előzőekhez hasonló: a helyiség szerepét a Föld, az üveg szerepét az atmoszféra játssza,

### 3.6. A hőtárolás

Időben nem állandósult folyamatok esetében a szerkezetbe belépő és az onnan távozó áramok különbsége a szerkezetben tárolt energia - és ezzel a hőmérséklet - változásával jár. A tárolt hő adott mértékű megváltozása felírható tömeg és fajhő szorzatával:

$$\Delta q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (3.7.)$$

Az építőiparban használatos anyagok túlnyomó részének fajhőjére  $c \approx 0,84-0,95 \text{ kJ/kgK}$ , ezért többnyire csak a hőmérsékletváltozás és a tömeg fordított arányáról szoktak beszélni. Kivételt képeznek a szerves adalékanyagokkal készített vályogfalak és a faanyagok. A fa fajhője  $c \approx 1,7-3,0 \text{ kJ/kgK}$ , ezért hőtárolás szempontjából 1 kg fa 2-3 kg betont "ér", (megint más kérdés, hogy adott térfogatban-rétegvastagságban csak csekély tömegű fa fér el).

A tárolt hőről mindig csak valamilyen szinthez viszonyítva beszélhetünk:  $\Delta t$  valamihez viszonyítva jelent egy hőmérsékletkülönbséget.

*A hőtárolóképességnek természetesen csak akkor van jelentősége, ha valamilyen időbeli változás történik!* Egy helyiség hőtechnikai viselkedését, a hőhatásokra adott válaszát persze nemcsak a külső, hanem a belső szerkezetek hőtárolóképessége is befolyásolja, hiszen a hőterhelés is a helyiségben jelentkezik. Az esetek nagy részében a belső szerkezetek hatása a jelentősebb, mert egyes belső szerkezetek - elsősorban a födémek – tömege is és felülete is nagy.

A belső hőmérséklet ingadozása kisebb, ha a helyiséget burkoló (belső és külső) szerkezetek hőtároló képessége nagy. A hő felvételének és leadásának folyamatát azonban a ciklus időtartama korlátozza.

Amikor megkezdődik a hőáram behatolása, a szerkezet még "hideg", a bejutó hőmennyiség egy része tehát az útjába eső elemi réteg felmelegítésére fordítódik, "ott marad". A továbbiakban a behatoló hőáram a második, harmadik stb. egyre mélyebben fekvő rétegeket éri el és melegíti fel, azonban ahhoz, hogy odáig jusson, le kell küzdeni az útjába eső külsőbb rétegek ellenállását is. Ez pedig hőmérsékletesést jelent, hiszen hőáram csak hőmérsékletkülönbség hatására folyik. Azaz: *a mélyebben fekvő rétegek hőmérséklete már kevésbé fog megemelkedni: annál kevésbé, minél mélyebben fekszenek, illetve minél nagyobb a külsőbb rétegek ellenállása.*

A periódus másik részében a helyiség-hőmérséklet csökkenni kezd, a szerkezet ehhez képest most "meleg", tehát a melegebb szerkezetből indul meg a hőáram kifelé. A periódus végére az "első félidőben" elnyelt, feltárolt hő távozik.

A két előbb leírt körülményből az következik, hogy a periodikus - gyakorlatunkban a napi periódusú - hőtárolási folyamatban a szerkezetnek *csak egy bizonyos mélységű zónája vesz részt aktívan*: amely nincs túl mélyen, nincs nagy ellenállással elszigetelve a helyiségtől - tehát még érdemi hőmérsékletváltozás alakul ki benne, - amilyen mélységig a hőáramnak a periódus első felében még ideje van behatolni.

Gyakorlati ökölszabály és hatályos MSz – EN szabvány szerint ezért hőtároló tömegként a szerkezetek helyiség felőli 10 cm vastag rétege vehető figyelembe napi periódusban változó hatások esetén. A mélyebben fekvő rétegek csak a hosszabb időtartamú változások esetén játszanak szerepet, például egy többnapos kánikulai időszak elején.

### 3.7. Csillapítás, késleltetés

Annak érdekében, hogy a külső határolószerkezeteknek a periodikus hőhatásokra adott válasza könnyebben legyen jellemezhető, a tervezési

$$\nu = \frac{A_{te}}{A_{bf}} \quad (3.8.)$$

A csillapítási tényező annál nagyobb, minél nagyobb tömegű és fajhőjű rétegekből áll a szerkezet, továbbá minél nagyobb e rétegek hővezetési ellenállása. A rétegsorrend hatása is jelentős.

Bármely szerkezetre igaz az, hogy csillapítási tényezője nagyobb, mint a belső oldali hőátadási tényező és a hőátbocsátási tényező hányadosa:

$$\nu > \frac{\alpha_i}{k} \quad (3.9.)$$

Ahhoz, hogy a hőáram az útjába eső rétegeket felmelegítse, majd maradékával a belső síkot elérje, időre van szükség. (Tájékoztató ökölszabály: a hőmérséklet frontja a nehezebb szilikátbázisú anyagokban óránként kb. 3 cm -t halad előre.) Ezért a belső síkon lejátszódó hőmérsékletlengés a környezet hőmérsékletének lengését időben megkésve követi. Ezt jellemzi a késleltetés, amely a belső síkon és a környezetben lejátszódó hőmérsékletlengések két azonos fázisú pontja (például a két maximum) között mérhető.

## 4. A PASSZÍV HŰTÉS LEHETŐSÉGEI

*avagy hogyan  
akadályozzuk meg az épületek  
túlzott felmelegedését*

Ha figyelembe vesszük a gépi hűtés primer energiaigényét, költségeit és környezeti kockázatait, akkor belátható, hogy annak elkerülése vagy legalábbis csökkentése végett minden észszerű építészeti és épületszerkezeti eszközt igénybe kell venni. Jó koncepció és gondosan megoldott részletek révén a nyári időszakban kellemesnek vagy elfogadhatónak tekinthető belső hőmérséklet épületeink túlnyomó többségében „passzív hűtéssel” biztosítható.

A "passzív hűtés" kifejezés azt jelenti, hogy a helyiség hőmérsékletét külső energiaforrás igénybevétele nélkül tartjuk elfogadható alacsony értéken.

A gépi hűtés és a passzív hűtés között átmeneti, hibrid megoldások is léteznek. A hibrid rendszerek külső energiaforrást is használnak valamilyen közvetítő hőhordozó közeg (víz, levegő) keringtetésére, azaz szivattyú vagy ventilátor hajtására, de nincs bennük hűtőgép, nem használnak hűtőközeget. E rendszerek energiafogyasztása csak tört része a valódi gépi hűtőberendezések energiafogyasztásának.

### 4.1. A belső hőmérséklet alakulása

Ha az épületben nem is működik fűtő vagy hűtő berendezés, energiamérlegében akkor is számos összetevő szerepel, amelyek következtében (ember vagy automatika által szabályozott épületgépészeti rendszer hiányában) a belső hőmérséklet „spontán” módon alakul. A belső hőmérséklet szezonális és napi változása jelképes egyensúlyi egyenletek alapján és részletes számításokkal is követhető.

Az egyensúlyt a következő összetevők algebrai összegezése fejezi ki:

$Q_t$  – a transzmissziós hőáramok,

$Q_{hh}$  – a hőhidak mentén kialakuló hőáramok (mindkettő létezik nyáron is, ha csekély is a hőmérsékletkülönbség, irányuk változhat),

$Q_{sz}$  – szellőző levegővel szállított hőáram (iránya változó, értéke nagy lehet),

$Q_s$  – napsugárzásból származó hőáram (elsősorban az üvegezésen bejutó hőáram),

$Q_b$  – a helyiségen belüli forrásokból származó hőáram,

$\frac{\Delta Q_T}{\tau}$  – a tárolt hő változása

Az egyensúly feltétele:

$$Q_t + Q_{hh} + Q_{sz} + Q_s + Q_b + \frac{\Delta Q_T}{\Delta \tau} + Q_G = 0 \quad (4.1.)$$

(Az egyenletben algebrai összegezés szerepel, egyes összetevők pozitív, mások negatív előjelűek, a pillanatnyi időjárási és üzemeltetési feltételektől függően.)

*Ez az egyensúly mindig kialakul – a kérdés „mindössze csak” az, hogy milyen helyiség-hőmérséklet mellett.*

Napi átlagos adatok alapján a belső és a külső hőmérsékletek napi átlagainak különbségét aránylag egyszerűen meg lehet határozni a

$$(t_i - t_e) = \frac{Q_s + Q_b}{(\sum AU + \sum lk_l + 0,35nV)} \quad (4.2.)$$

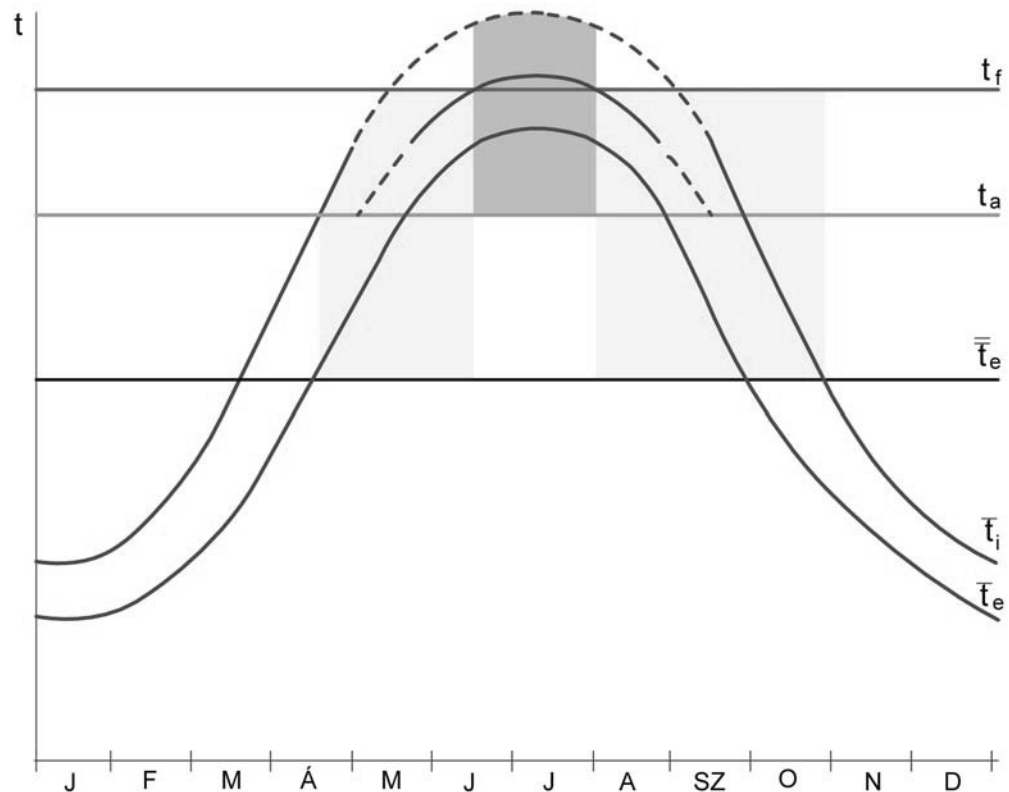
összefüggésből, ha a 4.1. egyenlet összetevőit részletesen felírjuk. Abban három olyan tag van, amely a belső és a külső hőmérséklet különbségével arányos: a transzmissziós, a hőhidak menti és a szellőzési hőáram. A sugárzási hőáram és a belső hőterhelés nem függ a külső hőmérséklettől, a tárolt hő változásának napi összege pedig zérus (a nap egyik felében nő, a másikban csökken). A részletesen felírt (4.1.) összefüggésből a (4.2.) egyszerű átrendezéssel adódik. A számlálóban a nyereségáramok vannak, a nevezőben lévő kifejezés pedig azt fejezi ki, mennyi hő távozik, ha a belső és a külső hőmérséklet különbsége egységnyi. A nevezőben az első tag a külső szerkezetek felületének és hőátbocsátási tényezőinek szorzatösszege, a második a csatlakozási élhosszak és a vonalmenti hőátbocsátási tényezők szorzatösszege, a harmadik pedig a légcsereszámmal és a helyiség térfogatával arányos).

Szabatosan fogalmazva itt azt tételeztük fel, hogy a folyamat kvázistacioner, azaz egyforma napok követik egymást. Valós körülmények között négy-öt egymásra következő derült nap elegendő ahhoz, hogy az épület "felgerjedjen" és a belső hőmérséklet napi menete gyakorlatilag olyan legyen, mintha a vizsgált napot végtelen sok, azonos lefutású nap előzte volna meg.

A mesterséges fűtés és hűtés nélküli épületben kialakuló napi átlagos belső hőmérséklet menetét a  $t_b$  görbe mutatja.

E görbének a  $t_{i,min}$  vonallal való metszéspontjai jelölik ki a fűtési idény kezdetét és végét. A  $t_{i,min}$  és a  $t_b$  görbék által határolt terület az a (változó bázisú) hőfokhíd, amellyel arányos a fűtési hőfogyasztás. A  $t_b$  és  $t_e$  görbék közötti sáv az épület veszteségeinek az a része, amelyet a szoláris és a belső nyereségek fedeznek.

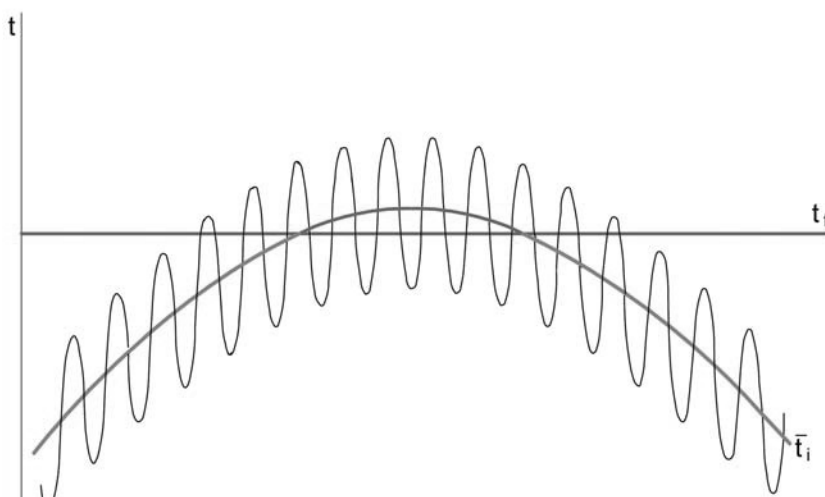
A napi átlagos belső hőmérséklet spontán alakulása az év folyamán. A legalsó görbe a külső hőmérséklet napi átlagos menetét mutatja. A sugárzás és a belső hőforrások következtében a belső hőmérséklet napi átlaga ennél magasabb – minél kisebb az épület hővesztése, annál inkább. A legalsó vízszintes a külső hőmérséklet éves középértéke. A felette lévő vízszintesek a hőérzeti szempontból elfogadható belső hőmérséklet alsó, illetve felső határát mutatják. Amíg a belső hőmérséklet e két érték között van, fűtésre – hűtésre nincs szükség. Amikor a spontán módon alakuló belső hőmérséklet alacsonyabb, mint a hőérzetileg elfogadható alsó határ, fűtésre van szükség. Minél nagyobb a belső és külső hőmérséklet vonalai közötti metszék (az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség), annál rövidebb a fűtési idény és annál kisebb a fűtési energiafogyasztás. A nyári idényben viszont az az előnyös, ha ez a metszék kicsi, a belső hőmérséklet csak kevéssel haladja meg a külsőt. Ez elérhető részben azzal, hogy a sugárzási hőterhelést csökkentjük (árnyékolás), részben azzal, hogy a nyereségeknek a helyiségből való távozását megkönnyítjük (növeljük a hővesztéseket – szellőzés). A „nyári üzemre” történő áttérés (árnyékolás, szellőztetés) az átmeneti időszakban történik, ezt jelzi a görbe szakadása. A cél az, hogy a belső hőmérséklet a felső határt minél kisebb mértékben és minél rövidebb időtartamban haladja meg.



A  $t_b$  és  $t_e$  görbék közötti metszések nem állandó értékűek: kisebbek a téli hónapokban, amikor kevesebb a sugárzási nyereség.

Ezek a metszések még nagyobbak lennének nyáron, (szaggatott vonallal jelzett szakasz), ha az épület tulajdonságait nem változtatnánk meg. Azokban az időszakokban azonban, amikor a  $t_b$  görbe áthalad a  $t_{i,\min} - t_{i,\max}$  sávon, az épület "üzemeltetését" nyárra állítjuk át: intenzív szellőztetéssel növeljük a hővesztéseket, árnyékolással mérsékeljük a sugárzási hőterhelést. Ezzel a  $(t_b - t_e)$  metszéseket lényegesen csökkenthetjük.

A belső hőmérséklet a nap folyamán nem állandó, hanem a napi középértéke körül ingadozik. Az ingadozás egyenesen arányos a hőterhelések ingadozásával és fordítottan arányos a helyiség hőtároló tömegével. Ezt az ingadozást az átlagértékek köré rajzolva ítéltető meg a helyiség túlmelegedésének kockázata.



A függőleges tengelyen hőmérséklet, a vízszintes tengelyen idő – az ábra az előző ábrának egy kiragadott és kiegészített részletét mutatja.

A belső hőmérséklet a nap folyamán a napi középérték körül leng. Ezt a lengést a napi középértékek görbéjére „ráültetve” mutatja az ábra a túlmelegedés szempontjából kritikus időszakokra. Ennek ismeretében órára bontva is meghatározható a hőérzeti szempontból kritikus időtartam. Szokványos helyiséghasználat esetén általában az az előnyösebb, ha ezek a napi lengések kisebbek.

## 4.2. A passzív hűtés stratégiái

Az eddigiek egyértelműen mutatják a passzív hűtés lehetséges módozatait. E lehetőségek a következők:

### *A hőnyereség csökkentése*

A (4.2.) összefüggés jobboldalán a számláló csökkentése egyértelműen a belső átlaghőmérséklet csökkenését eredményezi. Ha a hőterheléseket csökkentjük, a hőterhelések időbeli lengése is csökken, következésképpen kisebb lesz a belső hőmérséklet lengése és maximális értéke is.

### *A hőterhelés eltávolítása*

Minél nagyobb a (4.2.) összefüggés jobboldalának nevezője, annál alacsonyabb lesz a helyiség hőmérséklet.

A nevezőben a  $\sum Ak$  tag általában rögzítettnek tekintendő – csak a hőszigetelő hatású társított szerkezetek és egyes különleges mozgatható hőszigetelések képeznek kivételt. A hőhidak miatti veszteségeket kifejező  $\sum l_j k_{lj}$  tag gyakorlatilag állandó.

A nevező nyilván a szellőzés intenzitásának fokozásával növelhető. A légcsereszám növelését lehetőleg természetes szellőztetéssel célszerű elérni. A szellőztetési stratégiával azonban igazodni kell egyrészt a külső és a belső hőmérséklet pillanatnyi értékeihez, másrészt a helyiség használatának módjához.

### *A hőterhelés hatásának csillapítása*

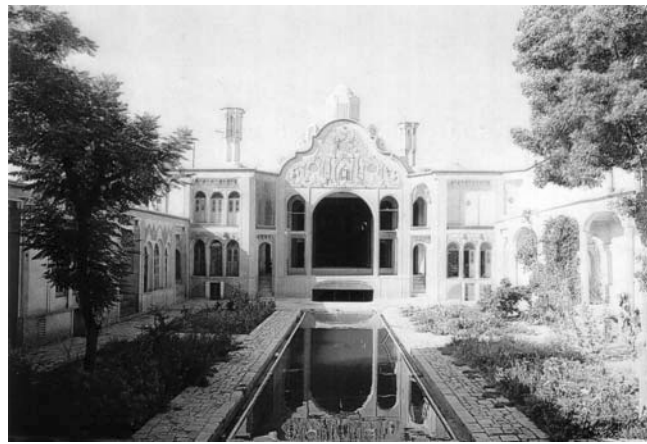
A belső hőmérséklet ingadozása annál kisebb, minél nagyobb a helyiség hőtároló képessége. Ha kisebb a belső hőmérséklet ingadozása, kisebb lesz a

maximuma is és alacsonyabbak azok az értékek, amelyek az átlag fölött vannak. (Ennek fordítottja is igaz: magasabb lesz a minimum. Vigyázzunk, ha olyan helyiségről van szó, ahol a hőterhelések és a foglaltsági időszak nincs szinkronban - például egy hálószoba - a nagy hőtárolóképesség nem feltétlenül előnyös!)

A hőtárolóképesség a helyiséget burkoló szerkezetek rétegrendjétől, különösen a helyiség felőli rétegektől függ.

#### 4.3. Történelmi példák

A passzív hűtés stratégiái régóta ismertek, ezt Vitruvius ma is helytálló elméleti fejtegetése mellett számos példa is bizonyítja. Magától értetődően a legjobb példák olyan helyeken találhatók, ahol az éghajlati adottságok miatt a nyári hőérzet jelentett komoly problémát.



A bemutatott képeken ibériai és perzsi emlékek láthatók. Az árnyékolás megoldása mély árkádokkal, az épület saját tagozataival és növényzettel nyilvánvaló. Mindkét területen fontos szerepet játszik a víz és a növényzet evaporatív hűtőhatása, azaz a víz és a lomboszat felületéről elpárolgó víz által a közvetlen környezetből elvont hő. A nyílások direkt sugárzás ellen védettek, jó természetes szellőzésre adnak lehetőséget. A belső udvarok, ha árnyékoltak, ha azokban a víz és a növényzet is jelen van, igen hatásos szellőztetési stratégiára adnak lehetőséget – a friss levegő bevezetése nappal innen történhet. A perzsi példán ezen túlmenően szellőztető tornyokat („badgir”) találni. Ezek belseje





függőleges válaszfalakkal osztott, így egyaránt alkalmasak arra, hogy a szél felőli oldalon a levegőt bevezetve, a szél alatti oldalon a szívó hatás következtében a levegőt elvezetve intenzív légcserét biztosítsanak. A szélfogó tornyokból a levegő rendszerint a pincébe jutott, ahol a talaj (és a gyakran ott lévő vízmedence) nagy hőtárolóképessége eredményezte a külső hőmérséklet ingadozásának jelentős csillapítását, a viszonylag egyenletes szellőző levegő hőmérsékletet.

Ezek az épületek ma is kellemes mikroklimát biztosítanak nyári időszakban, elvi megoldásaik tudatos alkalmazása ma is számos korszerű épületen látható.

#### 4.4. Távoli példák

A következő példák jól illusztrálják azt, hogyan alkalmazkodtak az építők szélsőséges száraz és nedves trópusi feltételekhez. Előbbi esetben az épületek egymást is árnyékolják, a nyílások kicsinyek, az alkalmazott anyag nagy tömegű. A másik esetben az épület szellős, előtetők, verandák képeznek átmeneti zónákat a belső terek és a külvilág között.



*A közeli környezet hatása a benapozásra, a hőmérsékletre, a szélre, avagy*

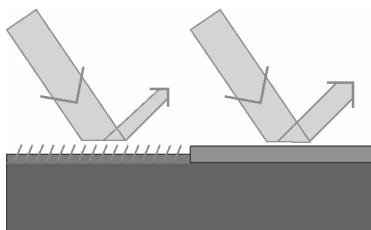
## 5. AZ ÉPÜLET TELEPÍTÉSE

### 5.1. Mezo- és mikroklíma

Az épület telepítését természetesen számos tényező befolyásolja, korlátozza. A domborzati viszonyok, nagyobb vízfelszínek közelsége, a növényzet, a talaj vagy a burkolatok, a tájolás, az uralkodó szélirány és a széljárás, a környező beépítés mindegyike szerepet játszik az épület körüli szűkebb vagy tágabb térben kialakuló „helyi éghajlatot”, a mikro- és mezoklímát. E tényezők hatásának ismerete fontos lehet akkor, ha a tervezőnek a hely kiválasztásában, a telepítésben, a közvetlen környezet egyes elemeinek (növényzet, burkolat) alakításában döntési lehetősége van, de nem lényegtelenek akkor sem, ha nincs mód egy adott helyzeten változtatni. Utóbbi esetben legalább a lényeges problémák felismeréséhez és a megfelelő válasz kereséséhez nyerünk némi támpontot.

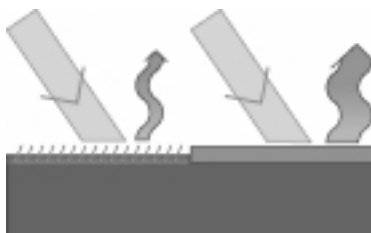
A mezo- és mikroklíma jelen értelmezésben mindazoknak a tér aránylag kicsiny részére vonatkozó és egymással kölcsönhatásban lévő elemeknek az összessége, amelyek az e térrészben lévő tárgyak és élő szervezetek energiamérlegét közvetlenül vagy közvetve befolyásolják. A térrész meghatározása önkényes, azt határolhatják valódi vagy képzeletbeli felületek. Így lehet beszélni egy udvar, egy kert vagy akár egy utca, egy tér „helyi éghajlatáról” is.

### 5.2. A napsugárzás



Az épületek túlmelegedésének csökkentése szempontjából nagy jelentősége van a napsugárzásból származó hőterhelés csökkentésének, különösen egyrészt a lakóépületek esetében (mert azokban aránylag kicsi a belső forrásokból származó hőterhelés, másrészt a bármilyen rendeltetésű, nagy üvegezési arányú épületek körében.

A környező beépítés és a terepalakulatok összefüggése a benapozási feltételekkel kézenfekvő – a benapozás – árnyékolás kérdései a következő fejezetben kerülnek részletesebb tárgyalásra. A napsugárzásnak azonban van néhány olyan – gyakorta elhanyagolt – másodlagos, közvetett hatása, amelyek figyelembevétele indokolt.



A domborzati viszonyokkal változik a napsugárzás beesési szöge, a felszín felmelegedése. Ennek következtében változik a felszín és a levegő közötti hőcsere, a levegő hőmérséklete. A levegő hőmérsékletében kialakuló különbségek sűrűségkülönbséggel, utóbbi pedig légáramlás kialakulásával jár együtt. A lejtőnek nemcsak a kitettségét, meredekségét kell figyelembe venni, hanem a formáját is. A domború domboldalokon a hőmérsékletingadozás amplitúdója kisebb, a homorúakon nagyobb.

A napsugárzásból származó hőterhelés egyik összetevője a visszavert (reflektált) sugárzás - utóbbinak egy része az épületre jut. A reflektált sugárzás a globálisugárzás 10-30 %-a is lehet, a jellemző átlagérték, amellyel egyéb adat hiányában számolni lehet, 20%. „Egyéb adat” az irodalomban szórványosan található, mint a különböző felszínek albedó értékei.

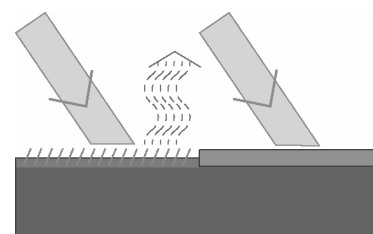
A reflektált sugárzás elleni védelemnek elvileg két módja van: az épület homlokzatával párhuzamosan, attól nem túl távol húzódó sövény, összefüggő vetületi felületű kerítés árnyékoló hatása a homlokzat kisebb magasságú sávján nyilvánvaló. A másik lehetőség a kisebb reflexiós tényezőjű felületek alkalmazása, ha erre lehetőség van.

Természetesen a felszín kisebb visszaverési tényezője nagyobb elnyelési tényezővel, ez pedig magasabb felszíni hőmérséklettel jár együtt. A burkolat minőségétől, a vízelvezetéstől, a növénytakarótól és a talaj nedvességtartó képességétől függ az elpárolgó víz mennyisége. A növénytakaró párologtatás és árnyékolás révén befolyásolja az energiamérleget.

E tényezők következtében akár egyazon épület különböző homlokzatai előtt is különböző lehet a léghőmérséklet, még nagyobb eltérések alakulhatnak ki a homlokzat előtti térrészek és az udvarok között. Ezek figyelembe vétele a szellőzés tervezése során célszerű: a friss levegőt nyilván az alacsonyabb hőmérsékletű helyről kell vételezni, amennyiben erre mód van.

A felszín minőségétől függ az éjszaka az égbolt felé hosszúhullámú infrasugárzás formájában leadott hő, amelynek következtében a felszín hőmérséklete akár több fokkal is a külső levegő hőmérséklete alá süllyedhet. A léghőmérséklet szempontjából ez egyes esetekben nagyfokú napi hőmérsékletingadozást eredményezhet, amely az éjszakai szellőztetés szempontjából bír jelentőséggel. Ez azt is jelenti, hogy az épület körül a magasabb és az alacsonyabb hőmérsékletű zónák - foltok napi ciklusban helyet cserélhetnek.

Tekintélyes lehet a visszavert sugárzás egy szemközti épület homlokzatáról is, különösen akkor, ha azon visszaverő tulajdonságú (hővédő) üvegezés van.



### 5.3. A szél

A széljárás ismerete a hőterhelés eltávolítását célzó természetes szellőztetés szempontjából fontos. Egy-egy nagyobb körzet tekintetében az uralkodó szélirány a statisztikai adatokból ismert, ezt úgynevezett szélrózsa formájában szokták ábrázolni, ahol a sugarak hossza a gyakoriságot, a különböző vastagságú vonalak ezen belül a különböző sebességű szelek gyakoriságát jelzik. Fontos további információ a szélcsendes időszakok gyakorisága.

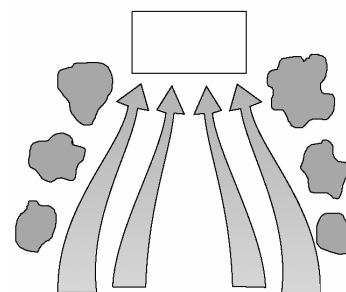
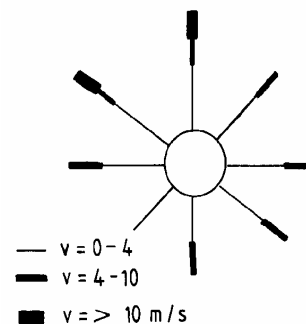
A nagyobb területekre vonatkozó széljárási adatok azonban a domborzat és a beépítés okán helyileg módosulnak. Erről célszerű információkat gyűjteni – akár a növényzet (ha van) árulkodó jelei (fakoronák formája) alapján is.

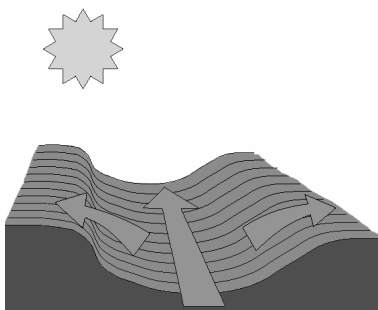
Az utcák vonalvezetésének szerepe, az úgynevezett kanyonhatás – főleg a keskenyebb, magas épületekkel szegélyezett utcák esetében – ismert. A kanyonhatás azonban az épületek természetes szellőzését kevésbé serkenti, hiszen az áramlás a homlokzatokkal párhuzamos. Kedvezőbbek a természetes szellőztetés lehetőségei a lazább beépítések esetében, különösen, ha az épületek eltolt elrendezésűek.

A szél terelése növényzet – sövények, fasorok – alkalmazásával is lehetséges.

A domborzat és a nagyobb vízfelszínek is módosítják a széljárást és bizonyos szabályszerűségű napi ciklusú változást okoznak.

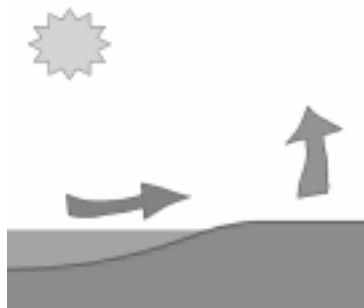
Amennyiben makroléptékű szél nincs, a hegyoldalakon kialakulhat a hegy-völgyi szél, aminek az oka a völgy és a hegyoldal különböző felmelegedése és lehűlése. Bár csak kis szélességek keletkeznek, mégis fontos lehet ez a



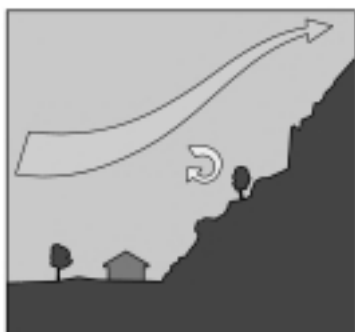
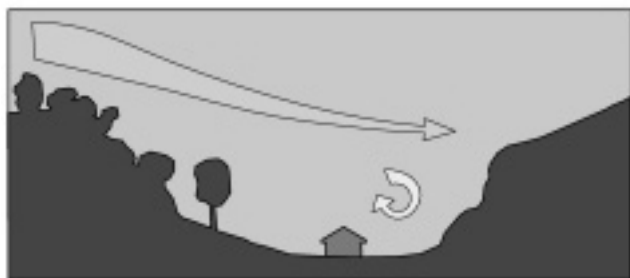


légmozgás. Hasonlóan a víznek a szárazföldhöz viszonyítva kisebb napi hőmérsékletingadozása is egy szabályos napi széljárást okozó hatással bír. A nappali órákban a szárazföld, az éjszakai órákban a vízfelszín melegebb. A melegebb felszínek feletti felfelé irányuló légmozgás alakul ki, a felszálló levegő helyére vízszintes irányban áramlik levegő és így napi ciklusban szabályosan változó irányú, mezo-léptékű széljárás alakul ki.

A domborzat szél felőli oldalán a szél sebessége nagyobb, mint a másik oldalon. A maximális szélsébség a lejtők közepe tájékán figyelhető meg, mert magasabb részekben az emelkedés miatt a sebesség csökken. Így például egy 20-50 m magas domb oldalán a sebesség 1.55-szeres is lehet a sík részhez viszonyítva.



Természetesen nem mindegy az, hogy lejtős terep esetében hol helyezkedik el az épület: a szélárnyékos oldalon, völgyben a szél hatása a természetes szellőzést kevésbé serkenti.



A természetes szellőzés és ezzel összefüggésben a szél szerepének kedvező megítélése a hagyományos gondolkodásmód szerint furcsának tűnhet, hiszen aszerint az élénkebb szél az épület transzmissziós és szellőzési veszteségeit növeli télen. Ez nem vitás, de

- a korszerű határolószervezetek hőátbocsátási ellenállása olyan nagy, hogy abban a külső hőátadási tényező változása csak tized százalék nagyságrendű változást okoz,
- a korszerű nyílászáró szerkezetek légtömörsége olyan jó, hogy zárt állapotukban a szél miatti néhány Pa nyomásnövekedés még nem okoz az igényelnél nagyobb, spontán (filtrációs) légcserét

Ha a szél hatása miatt növekednének is a fűtési költségek (bár ennek mértéke korszerű épület esetében elenyésző), kellő kárpótlást jelent a kedvezőbb nyári mikroklima és bőséges kárpótlást jelent, ha a jó természetes szellőztetés révén a nagy primer energiafogyasztású gépi hűtés mellőzhető.

A meteorológiai állomásokon a szélsébséget megadott, 10 m-es geodetikus magasságban mérik. Az áramló levegő a talajon természetesen sűrűlódik, annak "érdességtől" függő mértékben fékeződik. Az "érdességet" a növényzet, az épületek képezik. E sűrűlőség miatt a sebesség a magasság függvényében közel parabolikus jelleggel változik, a függvény kitevője az érdességtől függ. A mérőállomásokról származó adatokat tehát ebből a szempontból is át kell értékelni: a talaj közelében, az egy-két szintes épületek magassági sávjában a

szélsebesség kisebb. Ez a terep szintjén, a szabadban tartózkodó ember számára nem egészen így tűnik a talajközeli levegő örvényes áramlása, turbulenciája miatt.

A turbulencia, az áramlási sebesség ingadozása a tér mindhárom irányában a magasság függvényében a sebességgel ellentétes értelemben változik: a talajhoz közelebb nagyobb, magasabban lévő rétegekben kisebb.

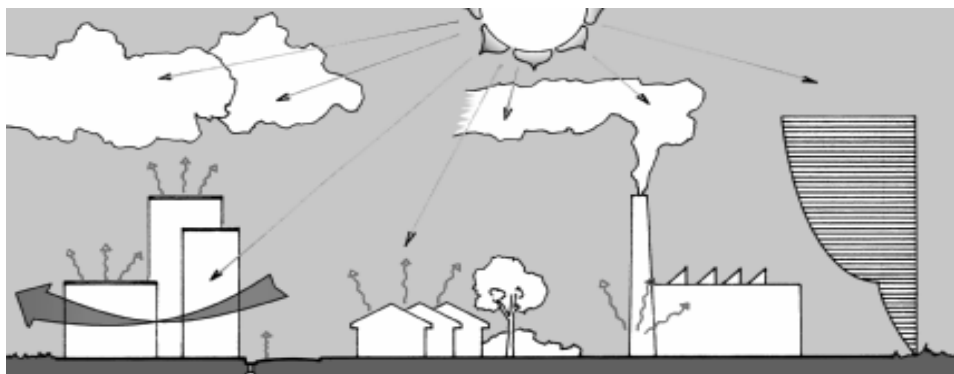


#### 5.4. A városi hősziget

Az emberi beavatkozás egy sajátos következménye a "városi hősziget". A városi beépítés a szabad területekhez viszonyítva lényegesen eltérő energiamérleggel jellemezhető. A városi klíma függ a város szerkezetétől, domborzatától, földrajzi elhelyezkedésétől, nagyságától, a benne található ipar jellegétől stb.

A háttérviszonyokhoz képest a mérsékelt övi városokban található főbb eltérések: a porrézecskek mennyisége több mint 10-szeres, a vízszintes felületre jutó globálisugárzás 15-20 %-kal kevesebb. Változik a felszín által elnyelt sugárzás - a városléptékű érdesség (az épületek) és a mesterséges burkolatok, a hóeltakarítás miatt. Kisebb a párolgás a burkolt felületekről történő vízelvezetés következtében. Általában kevesebb a direkt sugárzás a légszennyezés miatt, de kisebb a földi felszínek kisugárzása is az égbolt felé ugyanezért, az épületek hővesztesége, az ipari tevékenység és a járművek használata a levegőt fűtő hőtéljesítményként jelentkezik.

A felhőzet mintegy 5-10 %-kal több, télen a ködgyakoriság kétszeres, nyáron körülbelül 30 %-kal több, a csapadék mennyisége 5-10 %-kal több. A hőmérséklet esetében az évi átlag 0.5-1.0 °C-kal több, a téli minimum 1.0-1.5 °C-kal magasabb, a relatív nedvesség évi átlaga 6 %-kal, télen 2 %-kal, nyáron 8 %-kal alacsonyabb, míg a szélsebesség átlagban 20-30 %-kal alacsonyabb és a széleses időszak 5-20 %-kal növekszik.



A beépítés miatt változik a szél sebessége: az átlagsebesség kisebb, de egyes esetekben az épületek közötti terekben a csatornahatás miatt nagyobb.

Mindezek okán a hőmérséklet a város centruma felé növekszik. A peremkerületekben ez az emelkedés nem jelentős, általában elhanyagolható, a központ felé közeledve elérheti a 4 °C/km-t is. A hősziget szerkezetére erősen hatnak a parkok, tavak („hideg szigetek”) és a sűrűn beépített területek („meleg szigetek”). A város centrumában mérhető maximális hőmérséklet és a városon kívüli hőmérséklet különbsége a városi hősziget intenzitása. Ez az intenzitás maximális (stabil légköri viszonyok mellett) a napnyugta után néhány órával és minimális a nap közepe táján.

A városi hősziget kérdései már a településtervezés területéhez tartoznak, de természetesen az egyes épületek tervezésekor sem hagyhatók figyelmen kívül.

## 6. A HŐTERHELÉS CSÖKKENTÉSE

### 6.1. A napsugárzás geometriája

A helyiségek felmelegedése értelemszerűen kisebb, ha a helyiség hőterhelése kisebb. A belső hőforrások mérséklésére a tervezőnek vajmi kevés lehetősége van, a napsugárzásból származó hőnyereség azonban többféle módon is csökkenthető. Ez egy meglehetősen összetett, gondos mérlegelést kívánó feladat, hiszen a téli félévben a napsugárzásból származó hőáram (a szóhasználat is kifejezi: ilyen esetben *hőnyereséget* említünk) hatása kedvező és egész évben szükség van a kielégítő természetes világításra. Épületenként változik, melyik tétel a fontosabb – a megítélés lényeges szempontja az esetleges gépi hűtés magas primer energiaigénye.

A benapozás – árnyékolás kérdésének vizsgálatához, egyáltalán annak eldöntéséhez, hogy az adott homlokzaton van-e szükség ilyen vizsgálatra a napsugárzás geometriai adatainak ismerete szükséges. Erre többféle számítógépes és grafikus módszer használható. A gyakorlat számos feladata viszonylag egyszerűen oldható meg hengeres vetületű nappálya diagramok segítségével.

Ez úgy származtatható, hogy a Nap pályáját egy henger palástjára vetítjük. A szemlélő az Egyenlítő irányába néz. A vetületi görbék felrajzolása után a henger palástját az ellentétes oldali alkotó mentén felvágjuk és kiterítjük. (A vetítés során különböző "trükkök" alkalmazásával érik el azt, hogy a kiterített vetületi görbék a leolvasás szempontjából könnyen kezelhetők legyenek - e tekintetben más és más eljárás célszerű az Egyenlítőhöz közeli és az azoktól távoli szélességi körök esetében.). Egy-egy görbe az év egy meghatározott napjára vonatkozik (általában egy hónapot egy reprezentáns nappal ábrázolnak). A Nap szimmetrikus járása következtében a júniustól (decembertől) egyforma "távol" eső hónapok görbéi egybeesnek. A trajektóriák paraméterei az óra szerinti időpontok.

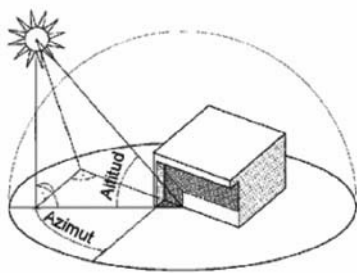
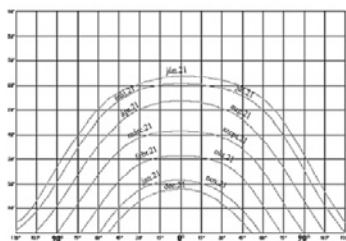
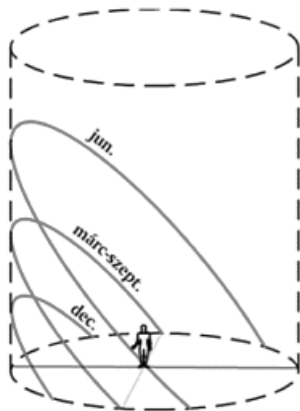
A nappálya diagramról egyszerűen leolvasható, hogy az év egy adott napjának adott órájában "hol van" a Nap. A Nap helyzetét két szöggel adjuk meg. A magassági szög (altitúd) a vízszintes síktól mért, függőleges síkban lévő szög. A másik szög a vizsgált felület normálisa és a direkt sugárzás vonala által bezárt, vízszintes vetületben mért azimut. Mindkét vonal irányát egy kitüntetett irányhoz (északhoz vagy délhez - a különböző források e tekintetben eltérőek), jelen esetben a déltől való  $\pm$  eltérést adjuk meg.

#### Az idő értelmezése

Az órai időpont szabatos értelmezéséhez három tényezőt kell figyelembe venni:

- az időzónán belüli helyet,
- a Föld nem egyenletes keringését,
- a hatóságilag előírt "nyári időszámítást".

A Föld a Naphoz képest óránként  $15^{\circ}$ -nyi szögfordulást végez, azaz ennyi hosszúsági fokkal fordul keleti irányba.



Az idő egységes értelmezhetősége céljából nemzetközi megegyezés alapján 15<sup>o</sup>-os hosszúságokénti egységes, úgynevezett zónaidőt vezettek be. Ez a két egymástól 15<sup>o</sup>-ra lévő hosszúság között a közepes hosszúságra vonatkoztatott középido. A zónaidő nem kötődik a közbülső hosszúságok mentén a Nap tényleges állásához (nem akkor van déli 12 óra, amikor a Nap pályájának legmagasabb pontját -a zenitet- éri el).

A zónásítás a London melletti Greenwich-en átmenő 0 fokos földrajzi hosszúságtól indul ki. Ettől keletre haladva a zónaidő 15<sup>o</sup>-ként egy órával növekszik, nyugat felé csökken. Tehát ha Greenwichben pontosan dél van - azaz a Nap a zeniten áll - akkor ettől keletre pl. 30<sup>o</sup>-os hosszúság mentén és az ahhoz tartozó zónában a középido szerint mindenütt már 14<sup>h</sup> van.

A földrajzi helyzeten túl a zónahatárok az ország- és közigazgatási határokhoz is igazodnak.

Magyarország az első zónába tartozik, azaz az ország területén a 15<sup>o</sup>-os hosszúságra vonatkozó középido az érvényes. Mivel ez a hosszúság Ausztrián halad át, a magyarországi "pontos idő" soha nem egyezhet a Nap állásának megfelelő középidoval. Így amikor nálunk deket jeleznek, akkor Budapesten a Nap a valóságban már 16 perccel túlhaladt pályája delelőjén Pontos napszögek meghatározásához a zónaidőt ("pontos időt") a vizsgált földrajzi hely földrajzi hosszúságának megfelelő tényleges középido-re kell átszámítani, ami hosszúsági fokoként 4 perc korrekciót igényel. Ez a korrekció Magyarország nyugati részein 12 perc, a keleti részeken 20-24 perc.

A Föld mozgása nem egyenletes, így az egymást követő napok időtartama sem állandó. Bár a napi eltérés csekély, de a felhalmozódás folytán az évszaktól függően a maximális eltérés egyes hónapokban mintegy negyed órát is kitehet. Az óraidő nem korrigálható naponként, ezért az időmérés egységesen középido szerint történik.

A valós időt a középido alapján határozhatjuk meg, úgy hogy az időegyenlítés hónapnak, napnak megfelelő értékét hozzáadjuk, vagy levonjuk a középido-ból.

További korrekció válhat szükségessé, ha nyári vagy téli időszámítást vezetnek be. Ilyenkor az eredeti zónaidőt kell a korrekciós számítások alapjául venni.

## 6.2. Az élleképző görbék

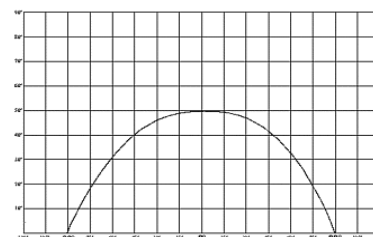
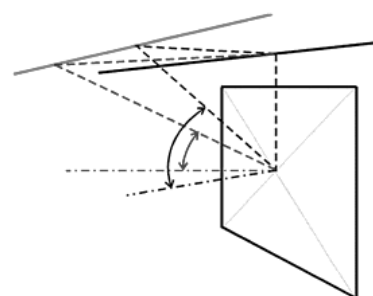
A benapozást befolyásolhatják az épület saját tagozatai, árnyékvetői, a környező beépítés, a növényzet, a terepalakulatok.

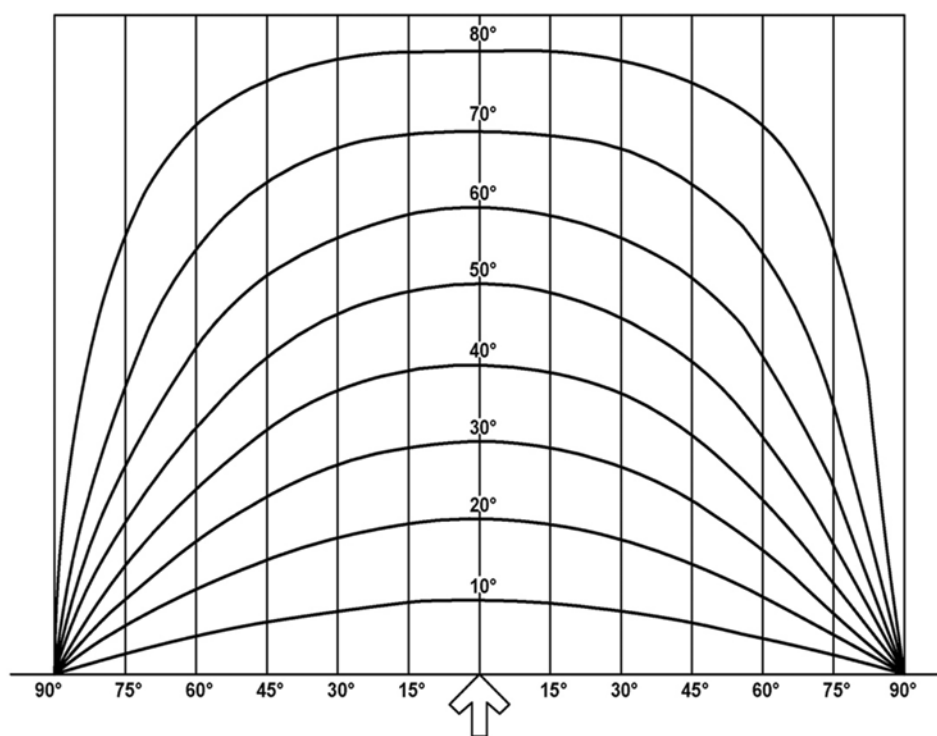
Tekintsük először egy vízszintes tagozatot, amely a vizsgált ablak szélességéhez viszonyítva "végtelen" hosszúságban fut végig a homlokzaton. Az ablak középpontjából a tagozat éle 45<sup>o</sup>-os szög alatt látszik. Ha innen kifelé nézünk, annál kisebb szög alatt látjuk a tagozat kontúrját, minél inkább oldalra fordítjuk tekintetünket.

Rajzoljuk fel, milyen (függőleges síkban mért) szög alatt látjuk a tagozat élet, ha különböző (vízszintes síkban mért) szög irányában nézünk kifelé: az ábra szerinti élleképző görbét kapjuk.

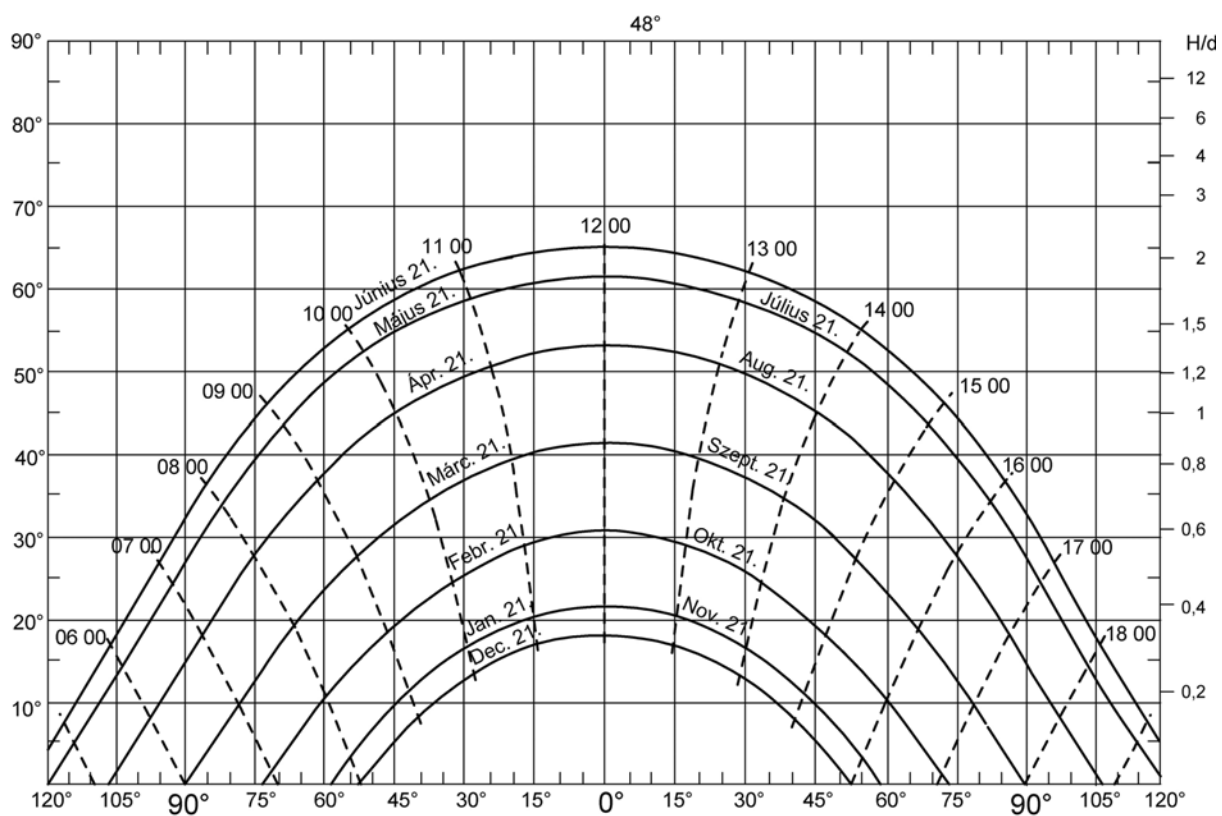
Adott esetben a tagozat az ablak szemöldöke felett van, a számítás - szerkesztés során ezt a tényt ne hagyjuk figyelmen kívül!

Ha ismert, hogy a tagozat éle a homlokzatra merőleges irányban kitekintve milyen szög alatt látszik, akkor az élleképző görbéket nem kell esetről esetre megszerkeszteni - ezek "előregyártva" rendelkezésre állanak, a későbbi vizsgálatokhoz az ábráról készített transzparens másolatot használhatjuk.



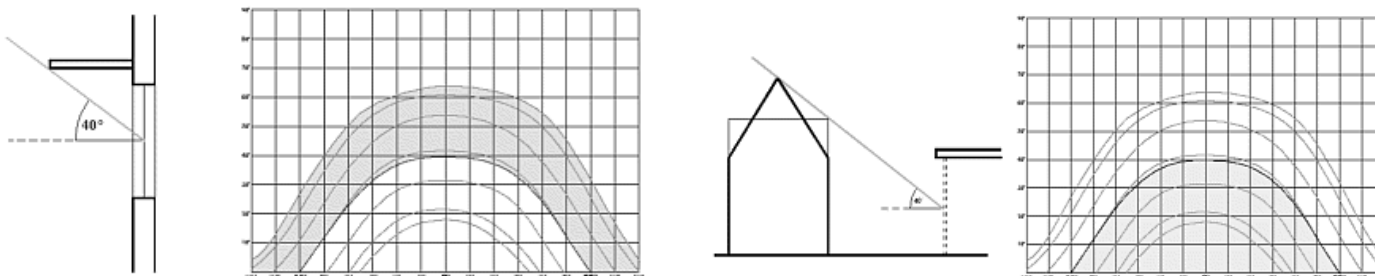


Az ábrákon élelképző görbék és hengeres nappálya diagram látható (A jobboldali tengelyen  $d$  a párkány kiülése,  $H$  a vizsgált pont és a párkány közti távolság.) Transzparens papírra, fóliára másolva árnyékmásk szerkesztésre használható. A két diagram tengelyein a skálabeosztásnak azonosnak kell lennie.



### 6.3. Árnyékmaszok szerkesztés

Az élleképző görbesereg birtokában könnyen megállapítható, hogy egy adott pontból kitekintve az égboltnak mely része látszik és a komplementer tartomány: mely része van takarásban. A takart tartomány határait magassági és azimut szögekkel adjuk meg. A takart tartományt a nappálya diagramra helyezve az árnyékmaszot kapjuk. A hónap- és óravonalak mentén leolvasható, az év mely részében, a nap mely órákőzeiben nem éri direkt sugárnyaláb a vizsgált pontot.



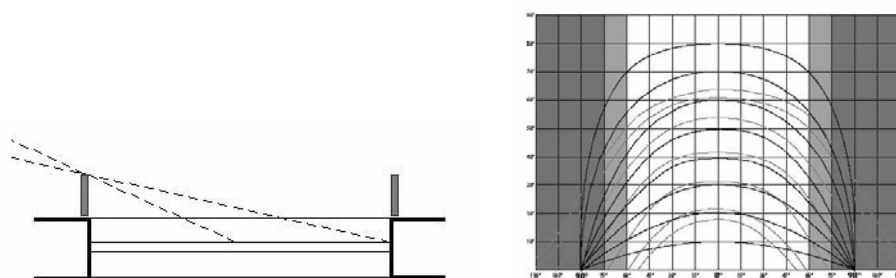
Az akadály jelen esetben egy párkány volt. A kiválasztott pontból az égboltnak az a tartománya nem látható, amely az élleképző görbe *fölött* van. Ha az akadály egy szemközti épület és annak gerincét képezzük le, akkor az égboltnak az a tartománya nem látható a vizsgált pontból, amely az élleképző görbe *alatt* van. Az akadály lehet egy függőleges síkú árnyékvető is, ebben az esetben annak mind a felső, mind az alsó élét leképezzük, az égboltnak az a tartománya nem látható, amely a két élleképző görbe *között* van.

Az égbolt "kitakart" tartományait jelölve az árnyékmaszokat kapjuk.

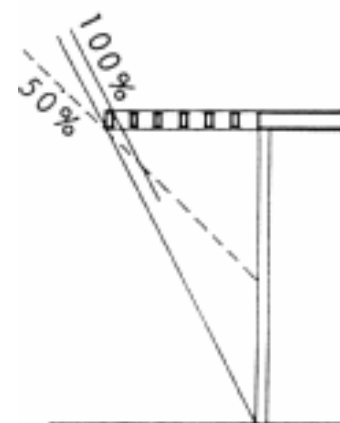
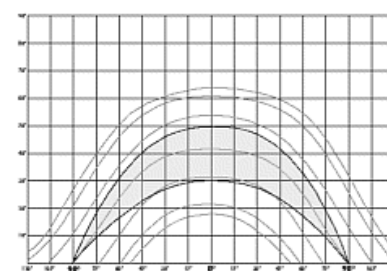
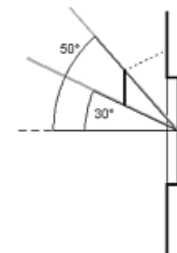
Az eddigi példákban azt vizsgáltuk, hogy egy ablak középpontjából kitekintve az égboltnak mely tartománya nem látható. Az ismertetett technika használható a részbeni és a teljes benapozás, illetve árnyékoltság vizsgálatára is. Az. ábra szerinti esetben a tagozat éle (a homlokzat normálisának irányában) az ablak alsó éléről kitekintve  $60^\circ$ -os szög alatt látszik. Ez az élleképző görbe jelöli ki az égboltnak azt a tartományát, amely az ablak alsó éléről kitekintve sem látszik. Ugyanez a szög az ablak középmezőmagasságából - egyszerű trigonometrikus összefüggések alapján -  $40,9^\circ$ , ez az élleképző görbe jelöli ki az égboltnak azt a tartományát, amely az ablak közepéből kitekintve nem látszik. Ha az ablak középmezőmagasságig van árnyékolva, árnyékoltságát 50%-osnak tekintjük. A teljes és a részleges árnyékoláshoz tartozó árnyékmaszok egy ábrán is bemutatathatók.

Hasonló módon végezhetünk vizsgálatokat tetszés szerinti százalékos arányú benapozottságra, illetve árnyékoltságra.

A módszerben semmi elvi vagy gyakorlati változást nem jelent, ha nem egy tagozatról és egy ablakról, hanem több tagozatról (árnyékoló lamellákról) és ablaksávokról van szó.



A függőleges tagozatok hatásának vizsgálata hasonló technikával történik.



Az árnyékmáskok a geometriai viszonyoktól függenek, az egyes akadályok, árnyékvetők sajátjainak tekintendők. Hogy mikor jut egy vizsgált pontra direkt napsugárzás, az az árnyékmásk és a nappálya diagram összevetésével határozható meg.

#### *A grafikus ellenőrzés*

Helyezzük az árnyékmáskot a nappálya diagramra. Tételezzük fel, hogy az ablak déli tájolású, ebben az esetben az élleképző görbe és a nappálya diagram vízszintes tengelyén a  $0^\circ$  értékek egybeesnek. A két ábra egyesítéséből látható, hogy mely hónapokban és mely órákban van a vizsgált ablak teljesen árnyékban.

Ha a vizsgált felület nem déli tájolású, az élleképző görbesereg vízszintes tengelyének 0 pontját a nappálya diagram vízszintes tengelyén ahhoz a szögértékhez kell csúsztatni, amely a vizsgált felület azimutjához tartozik. Tételezzük fel, hogy ablakunk délkeleti tájolású. Ekkor az élleképző görbe vízszintes skáláján lévő  $0^\circ$  értéket a nappálya diagram vízszintes skáláján keleti irányban lévő  $45^\circ$  értékkel kell fedésbe hozni.

Tételezzük fel, hogy ablakunk nyugati tájolású. Ekkor az élleképző görbe vízszintes skáláján lévő  $0^\circ$  értéket a nappálya diagram vízszintes skáláján nyugati irányban lévő  $90^\circ$  értékkel kell fedésbe hozni.

Ha egy ablak körül mind vízszintes, mind függőleges tagozatok vannak (akár csak a káva egy mélyebben behúzott ablak esetében), akkor az összehatást a vízszintes és a függőleges tagozatokra szerkesztett árnyékmáskok egyesítése mutatja.

Tetszőleges helyzetű akadályok által vetett árnyék a fentiek alapján határozható meg.

A szerkesztés céljára összetartozó, azonos léptékű élleképző görbesereget és nappálya diagramot kell használni!

## **6.4. Üvegezések**

A transzparens szerkezetek esetében helyiségenként, évszakonként és napszakonként változik, hogy a sok, avagy a kevés sugárzási energia áteresztése-e a kedvező (természetes világítási biztosítása, káprázás elkerülése, túlzott nyári felmelegedés megelőzése, napenergia fűtési célú hasznosítása).

Az áteresztett hányad elvileg kétféle módon csökkenthető: az elnyelt és/vagy a visszavert hányad növelésével. Erre nemcsak az árnyékoló szerkezetek, hanem a különleges üvegezések is lehetőséget adnak. E kategórián belül több elvi változatot különböztethetünk meg egyrészt aszerint, hogy az üvegezés tulajdonságai állandóak, változóak vagy változtathatók, másrészt abból a szempontból, hogy az áteresztett hányad csökkenése a napsugárzás teljes spektrumában arányos-e avagy egyes hullámhossztartományokban nagyobb, másokban kisebb. Az utóbbiak a selektív tulajdonságú üvegek.

#### *Állandó tulajdonságú üvegezések*

Az elnyelt hányad növelése az üveg anyagába kevert fémoxidokkal lehetséges. Ez az *elnyelő* (abszorbeáló) üvegnek határozott színt kölcsönöz: a nikkeloxid zöld, a szelén bronz árnyalatot.

Az elnyelési tényező a sugárzás hullámhosszától függ: a látható fény tartományában kisebb, a rövidhullámú infratartományban nagyobb, azaz a természetes világítás szintje nem csökken olyan mértékben, mint az átlagos áteresztési tényező.

Az elnyelt hányad növelése kevésbé előnyös, hiszen az elnyelt energia egy része hőátadás és az üvegfelület saját sugárzása miatt a helyiség felé irányul, vagyis a hőterhelés nem csökken annyira, amennyire az áteresztett hányad.

Az elnyelő üvegek dilatációs mozgása különös figyelmet kíván. Hőmérsékletük nyáron a 60-70 °C-t is könnyen elérheti. Ez különösen akkor okozhat gondot, ha egy üvegtábla felmelegedése nem egyenletes - például azért, mert egy része az ablakkáva miatt vetett árnyékban van, más részét viszont direkt napsugárzás éri.

Az elnyelő üveget normál üvegtáblával párosítva hőszigetelő üvegezésként, önmagában fűtetlen terek üvegezéseként, valamint függőleges síkban konzolokra szerelt árnyékvetőként alkalmazzák.

A *visszaverő* (reflexív, esetleg ezen felül szelektív) üvegek a sík üvegfelületre felhordott vékony tükröző (pl. nemesfém, titánoxid) réteggel készülnek. Ezek fóliára is felhordhatók és ily módon meglévő normál üvegezésre utólag is felragaszthatók. Az átlagos áteresztési tényező, a szelektivitás és a színhatás szempontjából egyaránt nagy a választék.

A zománcbevonatos üveg felületén 100-150 nm (nanométer) vastag kerámiaréteg van, ami lehet opak vagy színes, transzparens.

Az üveg felületére is felvihető olyan bevonat, amelynek áteresztési tényezője szögfüggő, a szög a gyártás során állítható be. Ez a -vízszintes síkhoz közeli irányban- a kitekintést és alacsonyabb napállásoknál a sugárzás bejutását nem gátolja.

Az úgynevezett *fotoszenzitív* üvegekben fotokémiai eljárással az üvegtáblán belül -annak anyagában- egy mikrolamella rendszert hoznak létre (a jellemző méretek 1 mm vastag lamellák 3 mm osztásközzel). Az így kialakított struktúra visszaverési tényezője *szögfüggő*, a szög a gyártási folyamat során állítható be.

#### *Változó tulajdonságú üvegezések*

E kategóriába olyan különleges üvegezések tartoznak, amelyek áteresztőképessége a környezeti hatásoktól függ.

Egy ideális ablak más tulajdonságokkal rendelkezik télen és nyáron, nappal és éjszaka, derült és borult időben, aszerint, hogy az energianyereség vagy annak kizárása, a lehető legtöbb fény bebocsátása vagy a káprázás megakadályozása, a hőszigetelés, a kitekintés biztosítása vagy a belátás megakadályozása képezi-e az adott helyzetben az elsődleges célt. Az ideális tulajdonságok megközelítését a nem állandó tulajdonságú üvegezések teszik lehetővé.

A kromogenikus anyagok jelentős mértékben változtatják optikai tulajdonságaikat a fényintenzitás, a sugárzás spektrális összetétele, hőmérsékletváltozás vagy elektromos mező hatására.

Az optikai tulajdonságok változása következtében a kromogenikus anyag nagy átbocsátó képességű állapotból elnyelő vagy visszaverő tulajdonságú állapotba megy át a sugárzási spektrum teljes tartományában vagy -szelektív módon- annak egy részében.

A *termotróp* üvegezések áteresztőképessége az üveg *hőmérsékletének* függvénye. Az áteresztett hányad adott, a gyártás során 1~2 °C pontossággal beállított üveghőmérsékletnél a napsugárzás teljes spektrumában nagyjából egyforma mértékben, mintegy többször tíz százalékkal csökken, így ezek télen, derült időben nem sötétednek el. Ezt a megoldást először a transzparens hőszigetelések nyári védelmére fejlesztették ki.

A megoldás lényege két normál üvegréteg között vékony rétegben elhelyezett gél.

#### *Változtatható tulajdonságú üvegezések*

Az e kategóriába tartozó megoldások az *elektrokromogenikus* üvegezések. Több fajtájuk ismert, valamennyi lényege az, hogy a több rétegből egy táblává összeépített "üveg" két szemközti felületére villamos törpefeszültség kapcsolható. Az áteresztőképesség a feszültség ki - bekapcsolásával változtatható, kézi vagy automatikus úton.

A működés lényege az, hogy a katód és az anód között létrehozott elektromos mező hatására töltéshordozók, ionok mozdulnak el a szerkezet elemi rétegei között. A folyamat megfordítható, a feszültségkülönbség irányának változtatásával. Egy elektrokromogenikus üvegezés a következő rétegeket tartalmazza

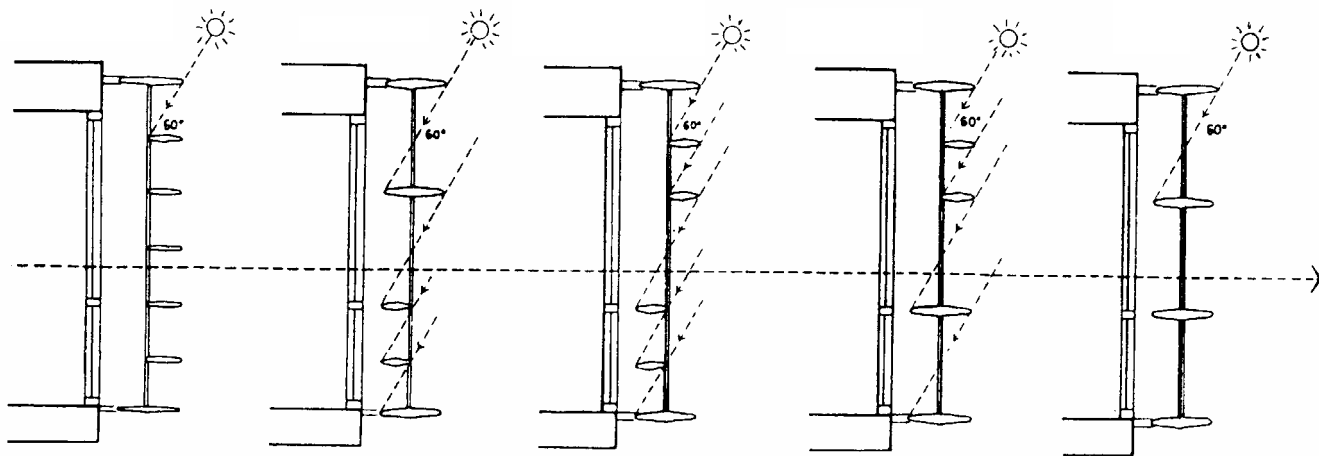
- elektrolit amelyben az ionok és az elektronok elmozdulhatnak,
- két elektrokromatikus réteg amelyekből ionok, illetve elektronok távoznak és amelyekben ezek felhalmozódhatnak,
- átlátszó -üveg- fedés mindkét oldalon, a belső felületeiken elektromosan vezető réteggel.

A *folyékony kristállyal* működő üvegezésben a szerkezet átlátszó -üveg- fedőrétegei között folyékony kristályokat tartalmazó rétegből áll. Az üvegek belső felületein elektromosan vezető bevonat van. Az elektromos mező hatására a folyékony kristályok irányítása (polarizációja) változik. Az elektromos feszültségkülönbséget a "homályos" állapot teljes időtartama alatt fenn kell tartani. "Átlátszó" állapotban az üvegezés transzlucens, azaz diffúz megvilágítást biztosít.

## 6.5. Árnyékvetők

A hőterhelés csökkentésének kézenfekvő módja a direkt sugárzás beesésének megakadályozása a nyári időszakban saját épülettagezatokkal, fix árnyékvetőkkel.

A vízszintes fősíkú árnyékvető egyaránt lehet egy nagyobb, összefüggő felület, például egy párkány, egy erkélylemez vagy több kisebb elem, például lamellák sorozata. Utóbbi esetben az egyes lamellák mérete, egymástól és a homlokzat síkjától való távolsága lehet állandó vagy változó. Az árnyékvetés szempontjából egy a lényeg: a vizsgált pontból kitekintve az árnyékvető éle milyen szög alatt látszik.

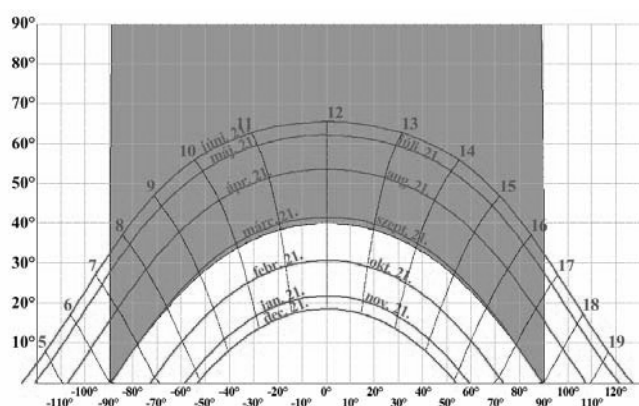
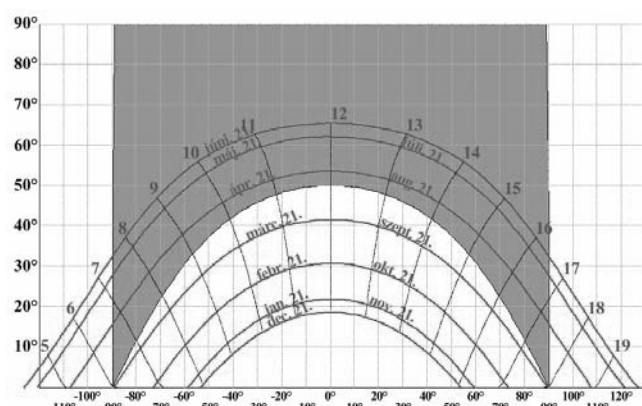
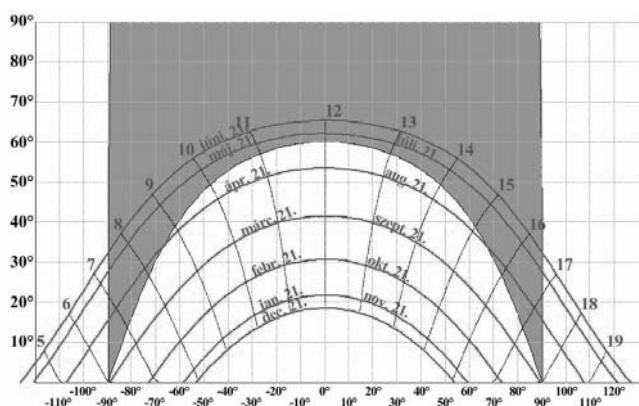


A lamellák méretének, egymástól és a homlokzat síkjától való távolságának változtatásával elérhető az, hogy miközben az üvegezés teljes felületén azonosak a benapozás – árnyékolás feltételei, kialakítható egy olyan sáv, amely a környezettel való jó vizuális kapcsolatot biztosítja.

Egy-egy lamella síkja természetesen eltérhet a vízszintestől – ebben az esetben az égbolt nagyobb része lesz kitakarva.

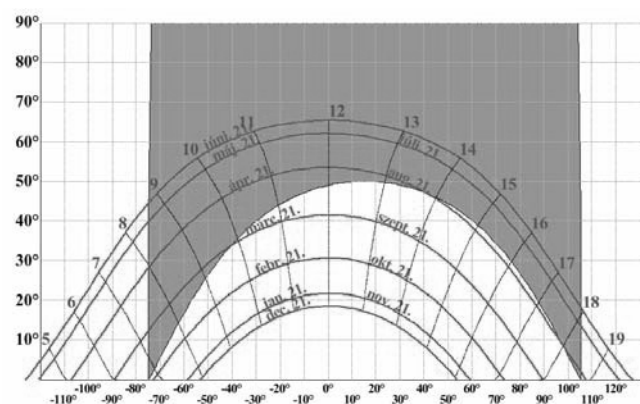
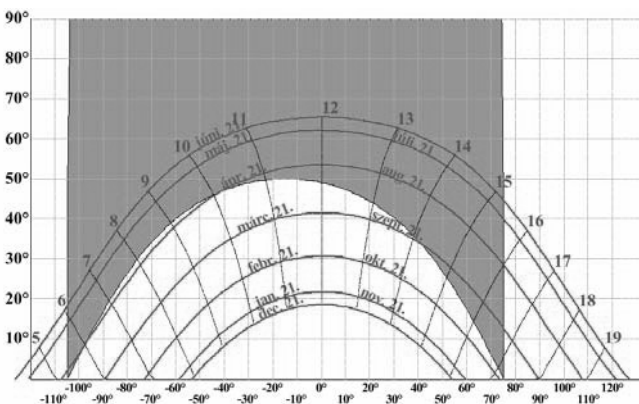
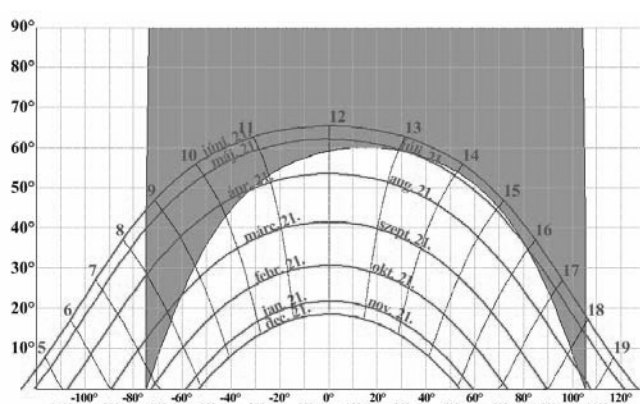
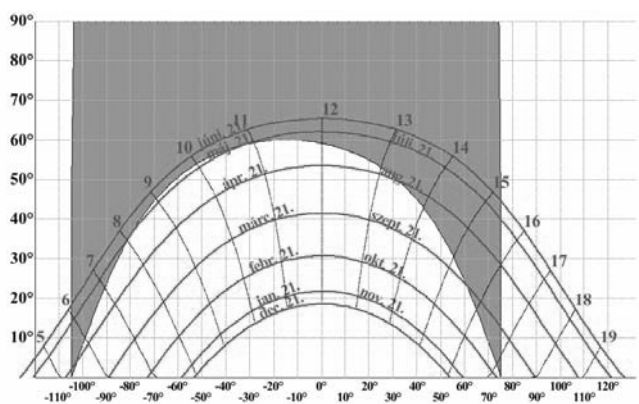
A pillanatnyi feltételekhez való jó igazodást a vízszintes tengelyeik körül elforgatható lamellák teszik lehetővé.

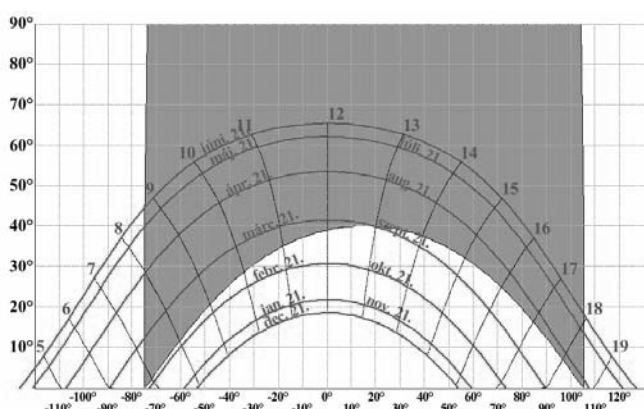
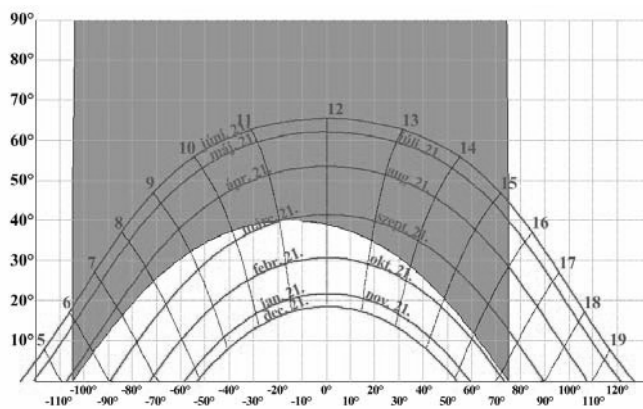
A vízszintes árnyékvetők a déli szektorba tájolt homlokzatok esetében hatásosak.



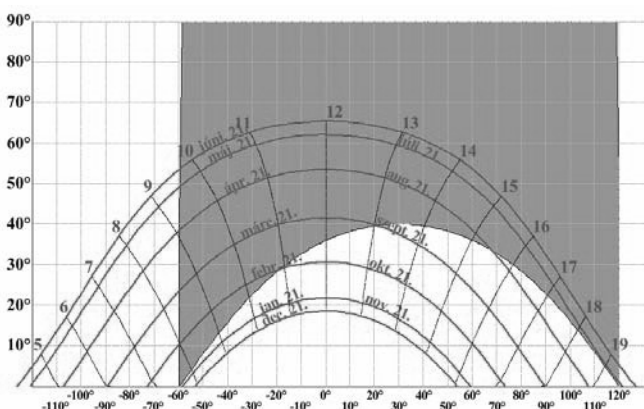
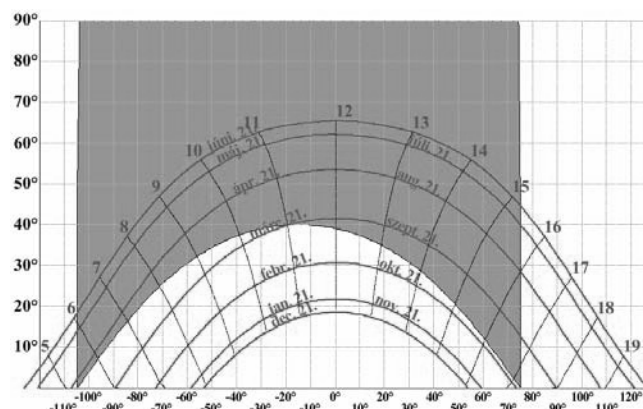
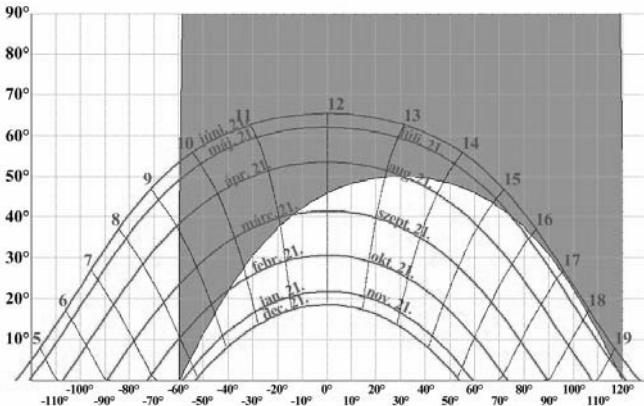
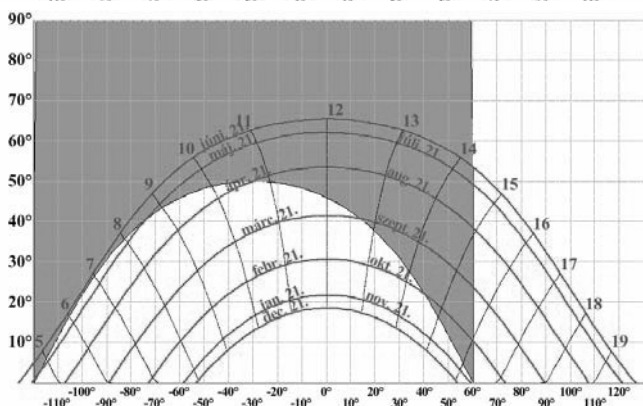
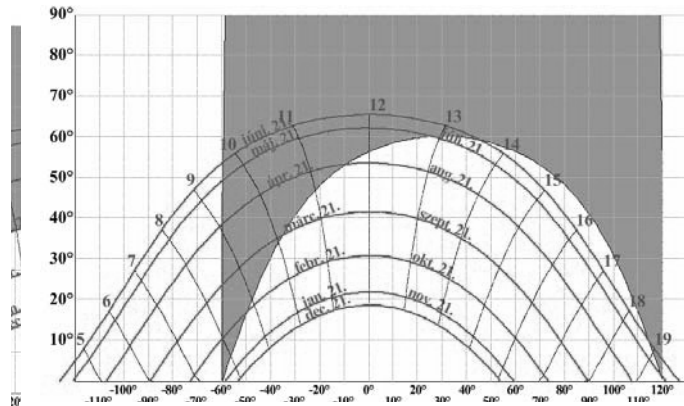
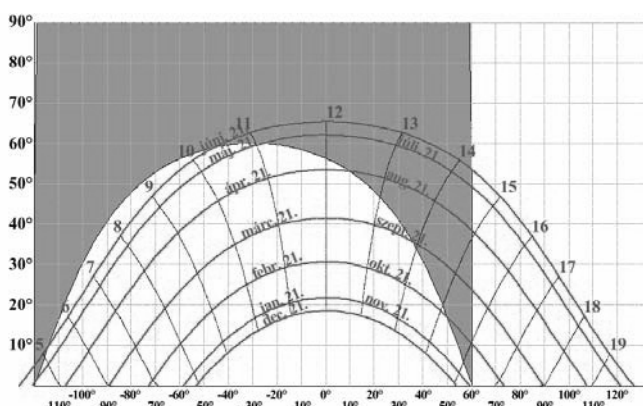
Árnyékmáskok déli tájolásra. 60 fokos függőleges árnyékszög esetén augusztusban már nincs védelem, 40 fok esetén az átmeneti hónapokban is van árnyékhátas – ez csak nagy hőterhelésű helyiség esetén ajánlható. Megfelelő kompromisszumnak tűnik az 50 fok: az árnyékhátas dátum szerint ugyan túl korán jelentkezik, de a nyár végén is van megfelelő védelem. .

A délitől kissé eltérő ( $\pm 15$  fok) tájolás esetén a 60 fokos függőleges árnyékszög csak a késő délutáni, illetve a kora reggeli órákban biztosít árnyékolást a teljes nyári időny folyamán (lásd az alábbi sorban lévő két ábrát).



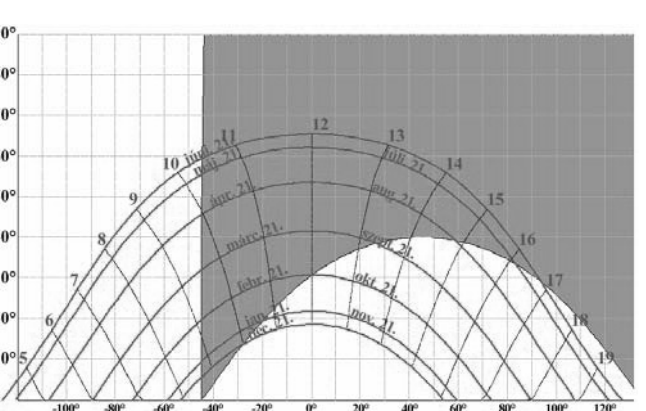
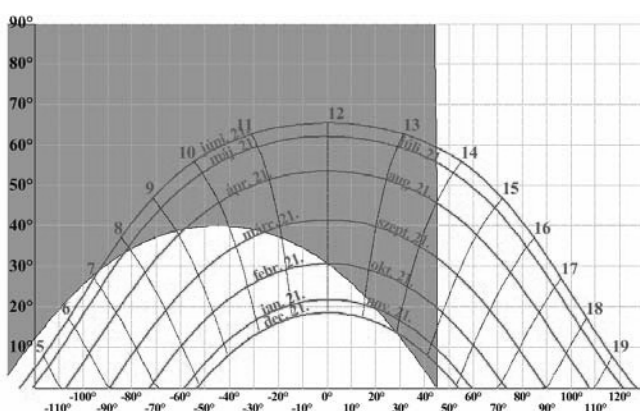
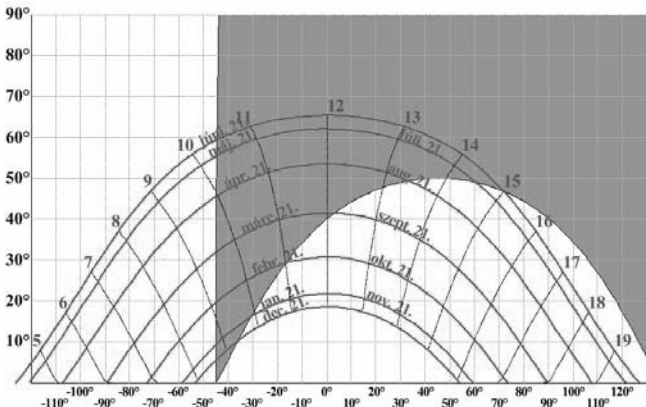
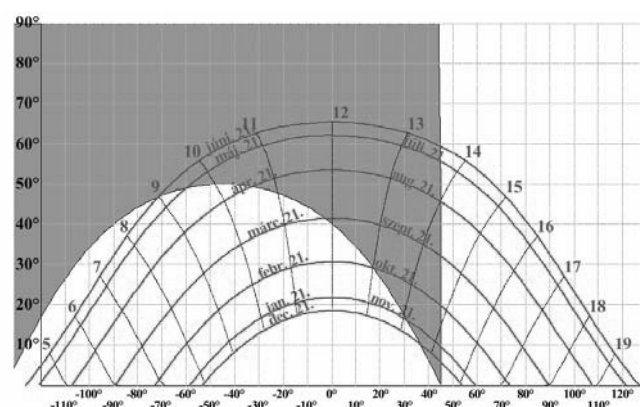
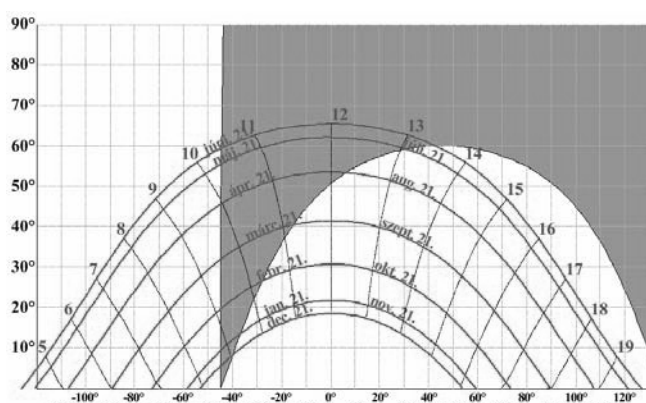
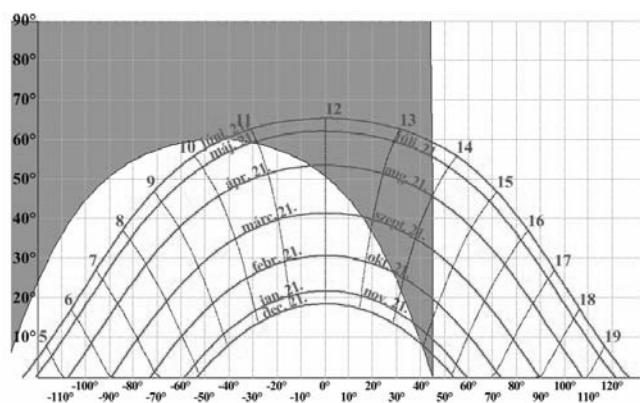


Más függőleges árnyékszögekkel (50 és 40 fok) a védelem a teljes nyári időnyre megvalósítható annak árán, hogy a késő délutáni, illetve a kora délelőtti órákban olyan hónapokban is árnyékolt a felület, amikor ez nem kívánatos (felső két sor ábrái). Fokozottan áll ez a délitől  $\pm 30$  fokkal eltérő tájolások esetére (.az alábbi sorokban felülről lefelé haladva a 60, 50 és 40 fokos függőleges árnyékszögek esetére szerkesztett árnyékmáskok láthatók).



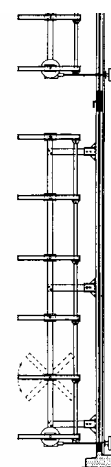
A mellékégtájak irányában a helyzet tovább rosszabbodik: hosszabb az az időszak, amikor az árnyék nem lenne kívánatos és ugyancsak hosszabb az az időszak is, amikor a védelem hiányzik.

Árnyékmaszkok a mellékégtájakra, felülről lefelé 60, 50 és 40 fokos függőleges árnyékszögek esetére



A vízszintes fősíkú árnyékvetők alkalmazásával számolni kell egy olyan ténnyel, amely kompromisszumra késztet. A Nap járása dátum szerint június 21-ére „szimmetrikus”, a külső hőmérséklet éves menete ehhez viszonyítva „késik”, a legmagasabb érték július végén – augusztus elején várható. Ennek következtében ha az árnyékvetőt úgy szerkesztjük, hogy az augusztus végén – szeptember elején is még védelmet nyújtson (amikor erre ténylegesen szükség is van – akkor (a nappála „szimmetriája” okán) a „tükör hónapokban, március végén, áprilisban is árnyékban lesz az üvegezés, holott akkor erre nem lenne szükség. Ha viszont áprilisban lehetővé tesszük a benapozást, akkor augusztusban is benapozott lesz a felület.

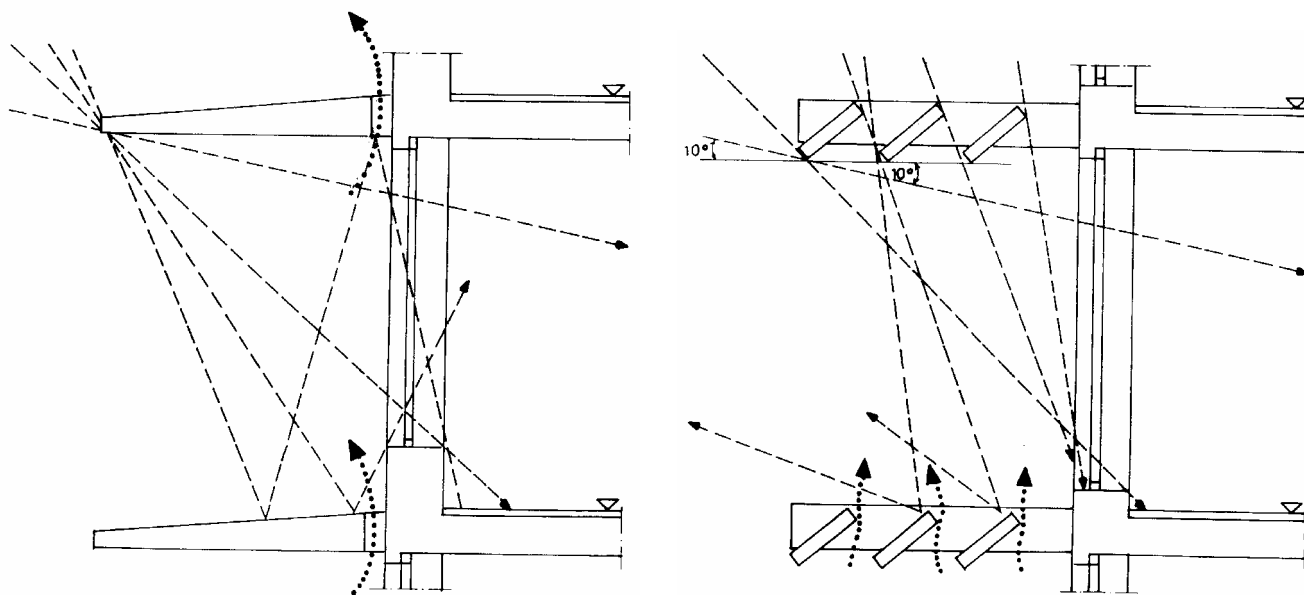
Ha a lamellák vízszintes tengelyük körül mozgathatók, akkor az árnyékmaszok a dőlésszög függvényében változik. Így fokozatmentesen lehet igazodni a pillanatnyi időjárási feltételekhez, a hőmérsékleti és sugárzási



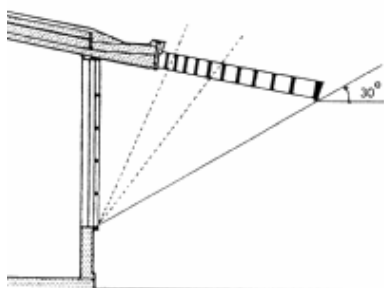
viszonyokhoz, a természetes világítási feltételekhez. A direkt sugárzás teljes kizárása is lehetséges. A kitekintés korlátozott voltával ilyen esetben természetesen számolni kell.

A -fő síkjukat tekintve- "vízszintes" árnyékvető szerkezetek lehetnek összefüggő felületűek vagy állhatnak elemekből-lamellákból és kezelő-tisztító járdaként is használhatók.

Fontos, hogy az árnyékvetők ne képezzenek hőhidakat, inkább csak pontszerűen és ne él mentén kapcsolódjanak a falszerkezethez.



A felfogó felület kifelé döntésével mérsékelhető az ablak irányába visszaverődő sugárzás. Mivel az árnyékolók a napsugárzás elnyelt hányadától felmelegednek, a pangó meleg légpárnák kialakulásának megakadályozása végett a gravitációs átöblítés lehetőségét biztosítani kell - e szempontból a lamellás kialakítás előnyösebb. Ugyancsak a lamellás kialakítás mellett szól a kisebb hó- és szélterhelés.



Az egyenletesen kiosztott lamellák között egy, a geometriai arányoktól függő szögnél magasabb napállás esetén a direkt sugárzás átjuthat. Ez természetesen a lamellák magassági méretének növelésével és/vagy a lamellák sűrítésével megakadályozható, de ez az indokoltnál nagyobb anyagfelhasználással és költséggel járna. Ha az árnyékvető lamelláinak osztása a homlokzat felé haladva sűrűsödik vagy dőlésszöge nő, akkor ez a jelenség kizárható.

Ha a tagozat az ablak szélességéhez viszonyítva nem tekinthető végtelen hosszúnak, akkor az árnyékmásk területa csökken. E szempontból a szélesebb ablakok előnyösebbek: minél kisebb a "vízszintes fősíkú" árnyékvető (a homlokzati vetületben mért) szélességi mérete, annál kevésbé véd az "oldalról jövő" sugárzás ellen.



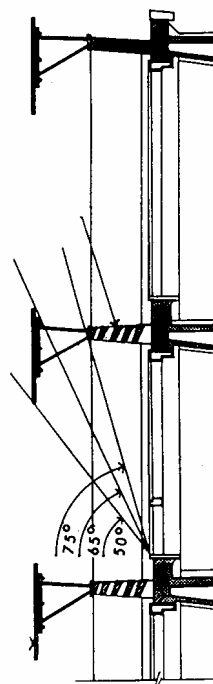
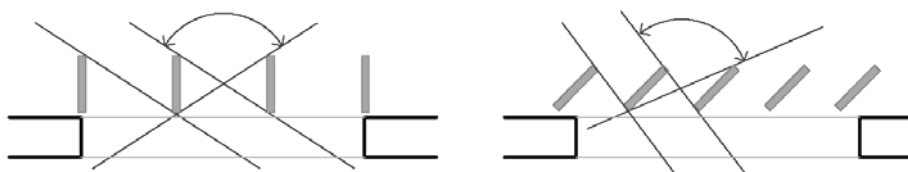
Az árnyékvetők kialakítása során az öntisztulás szempontjait is figyelembe kell venni - ez szintén a lamellás változat mellett szól. A napsugárzásnak kitett árnyékolók felmelegedése jelentős lehet. Különösen a könnyű lamellákkal

kialakított árnyékolók esetében okozhat gondot a dilatáció, a lamellák mozgásával járó, pattogó hangjelenség.

Az árnyékvető kialakítható konzolokra rögzített függőleges síkú lemezként is. Ez a megoldás lehetővé teszi az akadálytalan légmozgást, elmarad a hőterhelés. A "lemez" anyaga gyakorta hőelnyelő üveg, így a kilátás is biztosítható. Miután a lemez teljes felületét éri a sugárzás, nem keletkeznek az egyenlőtlen felmelegedésből származó feszültségek.

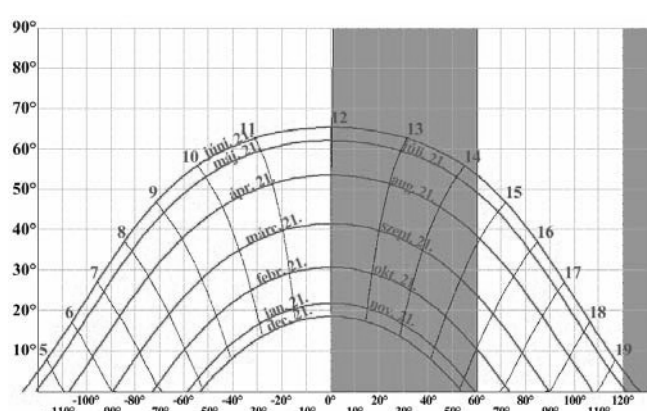
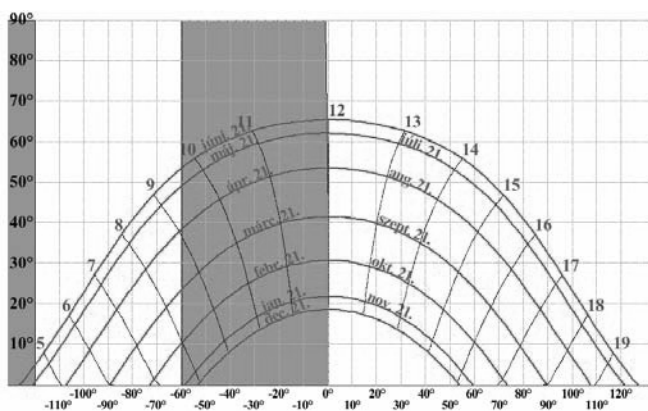
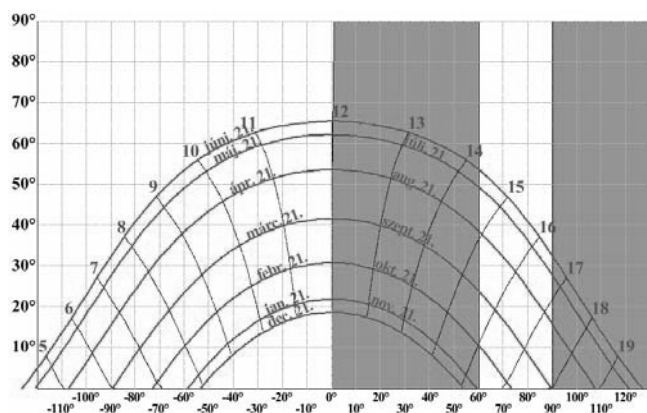
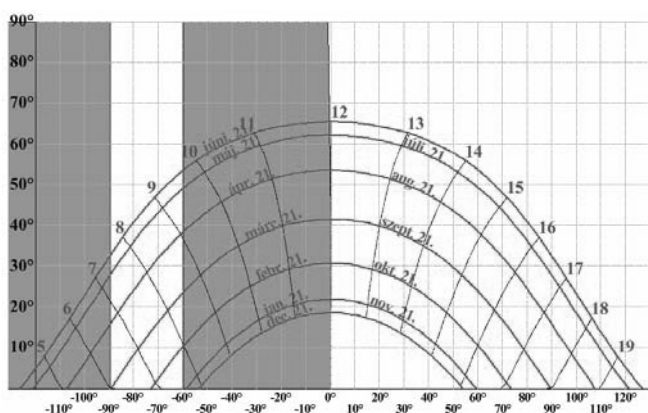
A délitől eltérő tájolás és/vagy a korlátozott szélességi méretű "vízszintes fősíkú" árnyékolók esetén függőleges síkú árnyékvetők alkalmazása (is) szükséges.

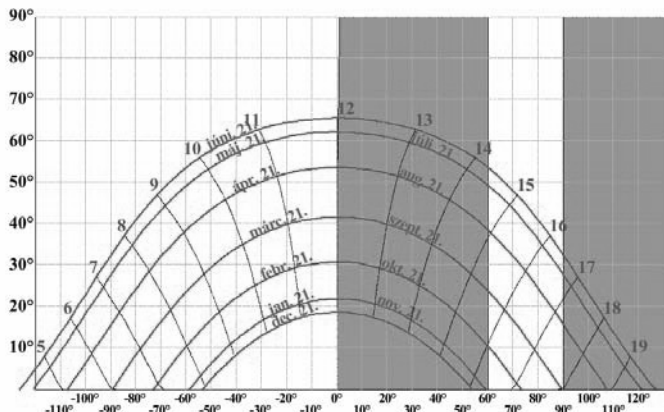
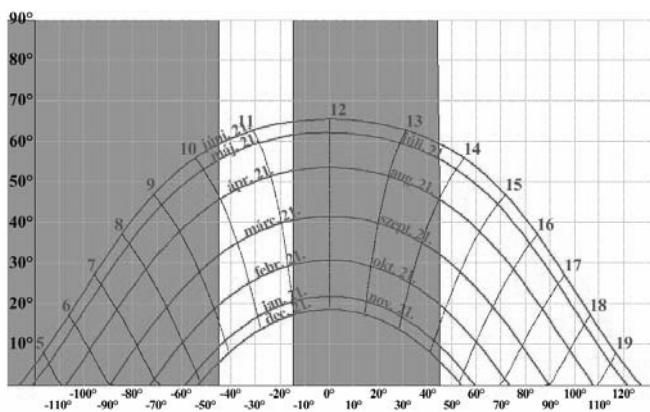
Keleti vagy nyugati tájolás esetén függőleges tagozatot elegendő csak az ablak egyik oldalán alkalmazni, aszerint, hogy az ablak keleti vagy nyugati tájolású -e. Ha a kiülés mérséklése kívánatos, az ablak elemi sávjai függőleges lamellákkal árnyékolhatók. Az elemek elforgatásával aszimmetrikus megoldás is tervezhető.



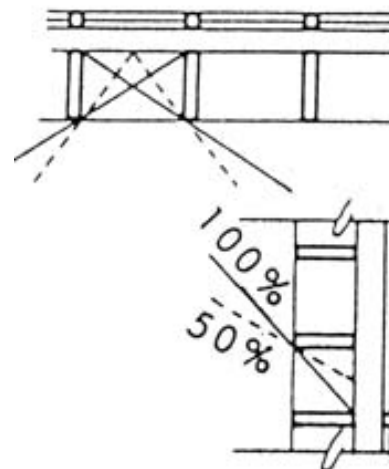
Az árnyékmásk keleti és nyugati tájolásokra függélyes sávokban jelenik meg a nappálya diagramon – a példák aszimmetrikus, 0 és 30 fokos, illetve szimmetrikus,  $2 \times 30$  fokos vízszintes árnyékszögekhez tartoznak.

Az eredményekből látható, hogy a függélyes tagozatok télen - nyáron egyaránt árnyékolnak. E kedvezőtlen hatás miatt alkalmazásuk csak különösen indokolt esetben célszerű, vagy tengelyük körül forgatható elemeket kell használni.





Spanyolországi példa függőleges  
sík árnyékvetők alkalmazására



Az ábrán látható lamella sor célja  
nem a hőterhelés  
megakadályozása, hanem a  
direkt sugárzás továbbjutásának  
megakadályozása az egyenletes  
természetes világítás érdekében.  
Figyelemreméltó a lamellák  
sűrűsödő kiosztása. (Egyetemi  
előadó a Sevillai Expo  
épületének hasznosításával, J.  
Lopez, J.M. Cabeza)



A jól szerkesztett árnyékvetők nemcsak a nyári hőérzet szempontjából hasznosak, hanem az épület vagy a tér megjelenését is érdekesebbé, vonzóvá tehetik.

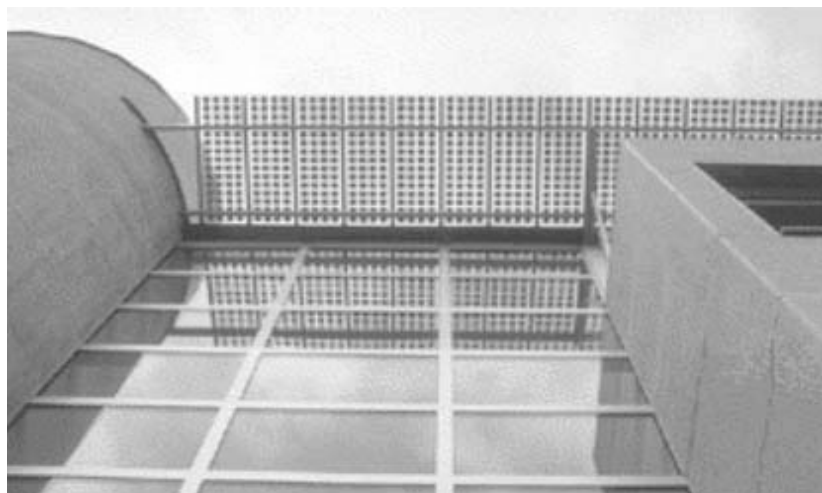
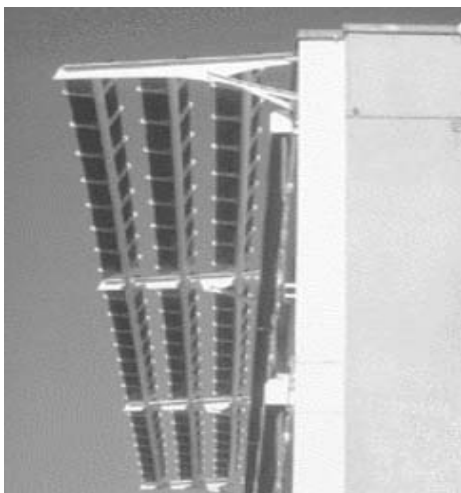


A felső sorban a példák balról jobbra az Egyesült Királyságból és Franciaországból, az alsók Németországból valók.



A jobboldalon látható megoldás érdekessége az ablakok kifelé döntött síkja. Ha a beesési szög az üvegfelület normálisától hatvan foknál nagyobb szögben tér el, akkor az üveg átteresztési tényezője rohamosan csökken. Így önmagában az üvegezés síkjának döntése is már jelentős hőterhelés csökkenést eredményez. Hogy a dőlésszög mekkora legyen e határérték eléréséhez és ugyanakkor a téli hőnyereség biztosításához, az a nappálya diagram alapján egyszerűen meghatározható.

Az árnyékvetők akár energiatermelésre is befoghatók, amennyiben elemeiket vagy felületüket fotovoltaiikus cellákkal alakítják ki. A fotovoltaiikus cellák a napsugárzás hatására közvetlenül elektromos energiát termelnek. Ez az energia (miután egyenáram keletkezik) akkumulátorokban tárolható, konverter alkalmazásával váltóárammá alakítható át. A tárolás természetesen csak

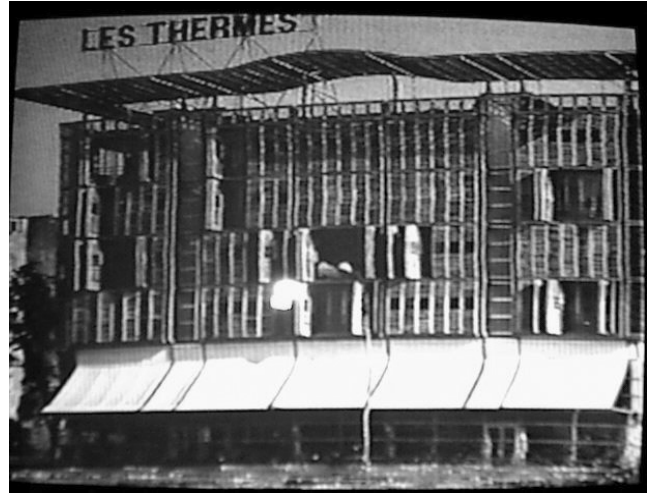


elszigetelt épületek esetében célszerű, egyébként a felesleges energia az országos hálózatba táplálható – természetesen megfelelő díj elszámolása mellett.

A mozgatható árnyékvető elemek példája a müncheni repülőtérrel: az elemek három keretben vannak összefogva, egy keret rögzített, a másik kettő saját síkjában elcsúsztatható, így az elemek az árnyékolt felület kétharmadát szabadon is hagyhatják, de teljes „zárás” is elérhető.



Ugyancsak a mozgatható árnyékvetők körébe tartoznak a különböző kigördíthető ponyvák. Ezek működése automatizálható is: időkapcsoló, hőmérsékletérzékelő, sugárzásérzékelő szolgáltathatja a jelet, a szerkezet védelmére pedig szélérzékelő alkalmazható, amely bizonyos szélsébség felett a ponyvát felgördíti.



Természetesen egy homlokzaton többféle árnyékvető is alkalmazható, amint az a jobboldali képen is látszik. A teljes épület árnyékolására is van példa, akár fix



árnyékvetőkkel, akár gördülő ponyvával.

## 6.6. Társított szerkezetek

A változó igények követésének legkézenfekvőbb és jól bevált módja a mozgatható árnyékolószerkezetek alkalmazása. Ezeknek számos, természetes anyagból készült és korszerű változata ismert

A mobil árnyékoló szerkezeteknek számos kiviteli formája ismert. Hőtechnikai szempontból azt nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az árnyékoló szerkezet maga a ráeső napsugárzás egy részét elnyeli és ettől

| Típus                  | Árnyékolás nélkül                            | Belső velencei redőny/45° vízszintes vagy belső függöny/ |       |       | Külső velencei redőny /45° vízszintes/ |                  | Külső árnyékoló zsalu /17° vízszintes/ |       | Külső ponyvanapernyő |                  |
|------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------|-------|----------------------------------------|------------------|----------------------------------------|-------|----------------------|------------------|
|                        |                                              | világos                                                  | közép | sötét | világos                                | közép vagy sötét | közép                                  | sötét | világos              | közép vagy sötét |
| Normál üveg            | 1,0                                          | 0,56                                                     | 0,65  | 0,73  | 0,15                                   | 0,13             | 0,22                                   | 0,15  | 0,20                 | 0,25             |
| Tábla üveg 6 mm vastag | 0,94                                         | 0,56                                                     | 0,65  | 0,74  | 0,14                                   | 0,12             | 0,21                                   | 0,14  | 0,19                 | 0,24             |
| Abszorbens üveg        | 40-48% absz.                                 | 0,80                                                     | 0,56  | 0,62  | 0,72                                   | 0,12             | 0,11                                   | 0,18  | 0,12                 | 0,16             |
|                        | 48-56% "                                     | 0,73                                                     | 0,53  | 0,59  | 0,62                                   | 0,11             | 0,10                                   | 0,10  | 0,11                 | 0,15             |
|                        | 56-70% "                                     | 0,62                                                     | 0,51  | 0,54  | 0,56                                   | 0,10             | 0,10                                   | 0,14  | 0,10                 | 0,12             |
|                        | Normál üveg                                  | 0,90                                                     | 0,54  | 0,61  | 0,67                                   | 0,14             | 0,12                                   | 0,20  | 0,14                 | 0,18             |
|                        | Tábla üveg 6 mm vastag                       | 0,80                                                     | 0,52  | 0,59  | 0,65                                   | 0,12             | 0,11                                   | 0,18  | 0,12                 | 0,16             |
|                        | Kívül 48-56% abszorpciójú, belül normál üveg | 0,52                                                     | 0,36  | 0,39  | 0,43                                   | 0,10             | 0,10                                   | 0,11  | 0,10                 | 0,10             |
|                        | Kívül 48-56% abszorpciójú, belül tábla üveg  | 0,50                                                     | 0,36  | 0,39  | 0,43                                   | 0,10             | 0,10                                   | 0,11  | 0,10                 | 0,10             |
| Hármas üvegezés        | Normál üveg                                  | 0,83                                                     | 0,48  | 0,56  | 0,64                                   | 0,12             | 0,11                                   | 0,18  | 0,12                 | 0,16             |
|                        | Tábla üveg                                   | 0,69                                                     | 0,47  | 0,52  | 0,57                                   | 0,10             | 0,10                                   | 0,15  | 0,10                 | 0,14             |

felmelegszik. A meleg árnyékolószerkezet konvektív úton melegíti a vele érintkezésben lévő levegőt és hosszúhullámú infravörös hőszugárzást bocsát ki. Ezért nagyon nem mindegy, hogy az árnyékoló az üvegezéshez viszonyítva hol helyezkedik el: ha belül van, akkor az előbb felsorolt hőáramok a helyiséget terhelik, ha kívül van, akkor a környezetet. Ugyanaz az árnyékoló szerkezet tehát a külső oldalon sokkal hatékonyabb (a naptényező sokkal kisebb), mint belső oldalon.



A hőterhelés csökkentése végett a külső oldalon elhelyezett árnyékoló hűtéséről - a gravitációs átöblítés lehetőségéről - is gondoskodni kell.

Hatékony külső árnyékolást és egyszersmind a jó szellőztetés lehetőségét biztosítják a hagyományos szerkezetek: tengelyük körül elforgatható zsalulevelek, kitámasztható és nyitható táblák.

Természetesen az energetikai előnyök mellett a magasabb beruházási költségeket, a működtetés, a karbantartás, a tisztítás kérdéseit is mérlegelni kell.

## **6.7. Az opak szerkezeteken bejutó hőterhelés csökkentése**

Az opak külső határolószerkezeteken át bejutó hőterhelés mérséklésének egyik módja olyan külső felületképzés alkalmazása, amelynek a napsugárzás hatására kialakuló felmelegedése csekély mértékű.

Ez a felmelegedés függ a felületnek a napsugárzás spektrumára vonatkozó abszorpciós tényezőjétől valamint a hosszuhullámú infrasugárzás tartományára vonatkozó emissziós tényezőjétől. A felület felmelegedése akkor csekély mértékű, ha az első tényező számértéke kicsi és az utóbbi nagy. Általában igaz, hogy a világos színű és sima felületek kevésbé melegednek fel, mint a sötét és érdes felületek, de ismételt megemlítendő, hogy a "világos" és "sötét" jelzők a szavak hétköznapi értelmében csak a látható fény tartományára vonatkoznak.

Az anyagok és rétegrendek tekintetében nagy csillapítási tényezőre kell törekedni annak érdekében, hogy a helyiségbe az opak szerkezeteken át bejutó hőterhelés ingadozása és ezzel maximuma is kicsi legyen. A fűtési hőigény csökkentése végett hatékony hőszigetelésre van szükség, ami abból a szempontból a nyári feltételek mellett is előnyös, hogy a csillapítási tényező nagyobb, ha a hőátbocsátási tényező kisebb. A jobb hőszigetelés ugyan a helyiségbe bejutó vagy ott keletkező hőterhelés (hőátbocsátással történő) eltávolításának lehetőségét jobban gátolja, de a hőterhelés eltávolításában amúgy sem a hőátbocsátás, hanem a szellőzés játszik döntő szerepet.

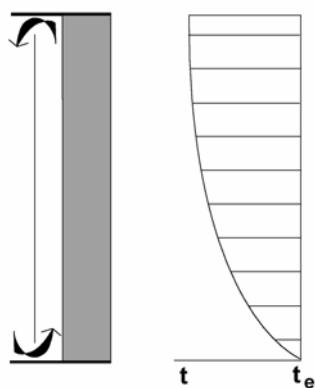
A késleltetés annál nagyobb, minél nagyobb hőtároló képességgel bír a szerkezet. A nehéz, teherhordó szilikátbázisú falak késleltetése 8-10 óra. Az anyagok és a rétegrend megválasztásánál a felület tájolására (ettől függ, mikor van a naplég hőmérséklet maximuma) és a helyiség használati menetrendjére (mikor elviselhetőbb a hőterhelés maximumának beérkezése) kell figyelemmel lenni. Minél nagyobb azonban a csillapítási tényező, annál kevésbé fontos a késleltetés, hiszen annál kisebb a szerkezeten átjutó hőáram ingadozása.

A környezetből a helyiségbe (térbe) bejutó hőáramok csökkentésének egyik hatékony módszere, építészeti-épületszerkezeti eszköze a határoló szerkezet kéthéjú, kiszellőztetett légréses kialakítása.

Ennek legegyszerűbb esete, ha a határoló szerkezet két héja között áramló levegő mozgását a sűrűségkülönbségből származó felhajtó erő és a szél hatására kialakuló nyomáskülönbség idézi elő. A felhajtó erő hatása értelemszerűen a falak és a nagyhajlású (meredek) tetők esetén érvényesül, a szél hatása pedig főként a kishajlású és a lapos tetők esetében használható ki. Míg a felhajtóerő kialakulása mondhatni "automatikus", addig a szél hatása nagyon is esetleges. Ezért a mesterséges kiszellőztetés elsősorban a lapostetők esetében indokolt.

A legegyszerűbb és leggyakoribb változatokban a két héj közötti légrétegbe külső levegő kerül. Abban az esetben, ha az épületben légtechnikai berendezés is működik, további célszerű változatok is kialakíthatók, így pl. nyáron az épületszerkezetek az éjszakai hidegebb levegővel előhűthetők, télen pedig a belülről távozó melegebb szellőző levegővel átöblíthetők.

A határoló szerkezet külső héja a felületét érő napsugárzás következtében felmelegszik. Ennek következményeként egyrészt sugárzásos hőátvezetés jön létre a két héj egymással szembenéző felületei között, másrészt hőátadás alakul ki a felületek és az általuk közrezárt rétegben levő levegő között. A



A levegő hőmérsékletének változása a szellőztetett légrétegben az úthossz – a magasság mentén.

sugárzással átjutó hőáram a negyedére csökkenthető, ha a légrés szembenéző felületeit (a hosszúhullámú infrasugárzás tartományában) kis emissziós tényezőjű felületbevonatolással, fóliával látjuk el. A konvektív hőátadás következtében a levegő hőmérséklete megnő, sűrűsége csökken, a légréteg és a környezet között pedig légkörzés alakul ki. A légrétegből távozó levegővel együtt a szerkezetből konvektív hőáram jut ki a környezetbe, ami által a helyiségbe kerülő hőáram csökken. A külső héjon átjutó hőáramnak csak egy része jut a belső héjra, más részé az áramló levegővel visszajut a környezetbe. a környezetbe visszajutó rész annál nagyobb, minél intenzívebb a légáramlás. Ez két módon érhető el: egyrészt kis áramlási ellenállású, bő légréteget kell kialakítani, amelynek keresztmetszetében kevés szűkület, irányváltoztatás van, másrészt a belépő és a kilépő nyílások között elegendő magasságkülönbségre van szükség ahhoz, hogy a felhajtóerő kialakuljon. Ami a „bő légréteget” illeti, tíz cm-nél nagyobb vastagsági méretre és ugyanilyen szabad keresztmetszetű belépő és kilépő keresztmetszetre van szükség, vagyis a diffúzióból származó páraáram elvezetésénél szokásos keresztmetszetek többszörösére. A túl nagy magasságkülönbség nem előnyös, mert egy bizonyos áramlási úthossz után a levegő hőmérséklete már oly mértékben megnő, hogy alig lesz hőmérsékletkülönbség a külső héj és a levegő között, így az utóbbi már nem képes további hőfelvételre.

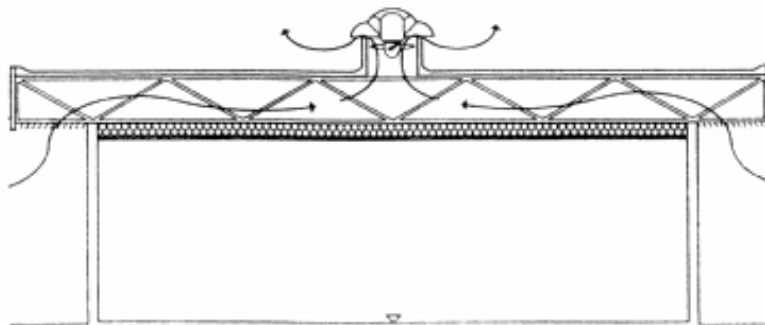
A szellőztetett légréteges falakhoz hasonlóan működnek a magastető rétegrendjében kialakítható szellőztetett légrétegek.

Méretezési szempontból különleges esetnek minősülnek a kéthéjús szellőztetett lapos tetők.

Ha a kiszellőztetés a szél hatására jön létre, akkor a számítás módszere nem különbözik a korábban ismertetett módszertől: a levegő az egyik homlokzaton kiképzett belépőnyílástól a másik szembenéző homlokzaton kialakított kilépőnyílásig egy irányban áramlik, a szél okozta torlónyomások különbsége és az áramlási út ellenállása által meghatározott sebességgel.

Ha a kiszellőztetést gépi elszívással oldják meg, akkor a méretezési módszer lényegesen megváltozik. A gépi elszívás ugyanis gyakorlatilag pontszerűnek tekinthető, hiszen a tető alapterületéhez viszonyítva az elszívó ventilátor szívócsonkjának átmérője elhanyagolható.

A tetőfödémek kiszellőztetésével a szerkezeten átjutó hőterhelés felületmenti eloszlása egyenletesebb, mint a külső falak esetén. Ez a centrális elrendezés következménye. A belépéshez közel a levegő hőmérséklet-növekedése viszonylag gyorsabb, részben a nagyobb hőmérséklet - különbség, részben az egységnyi felületre jutó légtömegáram kisebb értéke miatt. A sugár mentén tovább haladva az elszívás helye felé, a hőmérséklet-különbség csökken, ugyanakkor az egységnyi felületre jutó légtömegáram nagyobb lesz. Így a sugár függvényében lassabban éri el az aszimptotikus jelleget.



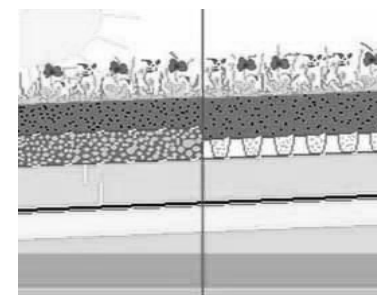
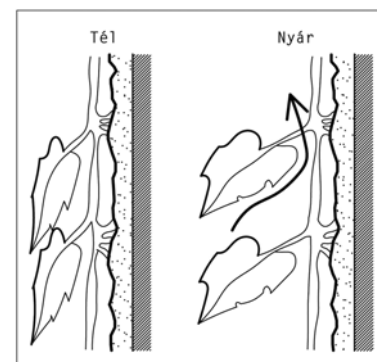
A külső kerület (az épület párkánya) mentén 0,1 m/s nagyságrendű belépő légsebesség minden tekintetében reális érték. A külső kerület mentén e sebesség az áramlási ellenállás szempontjából kedvező. Az elvileg pontszerű elszívás helyére egy valóságos ventilátor szívócsonkját képzelve az áramlási sebesség a

szívócsonk sugarának megfelelő henger palástfelületén 10 m/s nagyságrendű lesz, ami szintén megfelel az áramlási ellenállások, a kapcsolatos akusztikai problémák szempontjából és megegyezik a légtechnikai rendszerekben szokásos értékkel.

Minél nagyobb a szellőző levegő tömegárama és minél kisebb a levegő áramlási úthossza, annál kevésbé melegszik fel a légrétegben áramló levegő. A hőátadási és hőátbocsátási tényezők átlagos értékét, a levegő fajhője és sűrűsége közepes értékeit figyelembe véve irányzámként az adható meg, hogy a fűdém kiszellőztetésére szolgáló légtömegáram ( $V \text{ m}^3/\text{h}$ ) számértéke a fűdém alapterületének mintegy harmincszorosa legyen, azaz pl.  $100 \text{ m}^2$  fűdémterületre  $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ennél kisebb érték nem nyújt eléggé hatékony megoldást, ennél nagyobb érték esetén a ventilátormunkában, a zaj- és rezgésproblémákban jelentkező többletgondok pedig egyre kevésbé állanak arányban az elérhető eredményekkel.

A hőterhelés csökkentésének másik irányzata a „zöldesítés”. A falak esetében ez futónövények alkalmazását jelenti. A növénytakaró szerepe kettős: egyrészt árnyékol, mégpedig bizonyos mértékig szabályozottan, télen zárt, nyáron átöblített légréteget képezve a fal előtt, másrészt a levélzetről párolgó víz révén hűtőhatást fejt ki. A légréteg jellegének változása abból adódik, hogy a levelek a napsugárzásra merőleges helyzetet igyekeznek elfoglalni.

Tetők esetében – lapos- és magastetőknél egyaránt – alkalmazható az ültetett „zöldesítés”. A zöldtetők talajrétegének hőszigetelő hatásánál fontosabb a talajréteg hőtárolóképessége, amihez még a növényzet némi árnyékoló hatása és a párologtatás miatti hűtőhatás járul.



## 7. A HŐTERHELÉS ELTÁVOLÍTÁSA

### 7.1. Természetes szellőztetés

A hőterhelés eltávolításának legkézenfekvőbb módja a szellőztetés: ha a helyiség hőmérséklete magasabb, mint a helyiségbe belépő szellőző levegőé, akkor a szellőző levegő, miközben a helyiség levegőjének hőmérsékletére felmelegszik, hőt vesz fel, ami a levegővel együtt a környezetbe jut. A hőterhelés eltávolítása szempontjából a nagyobb légcsereszám előnyösebb: a nagyobb légtömegáram adott hőterhelés felvétele során kevésbé melegszik fel, a helyiség léghőmérséklete alacsonyabb lesz. A légcsereszám növelésének azonban egyrészt fizikai, másrészt hőérzeti korlátai vannak.

A fizikai korlát abból ered, hogy az áramló levegőnek le kell győznie az útjába eső áramlási ellenállásokat. Ehhez nyomáskülönbségre van szükség. Természetes szellőztetés esetén a nyomáskülönbség a felhajtóerőből és a szél hatásából származik és ezért meglehetősen csekély. De gépi szellőztetés esetén is határt szab a légcsereszám növelésének a ventilátorok energiafogyasztása és a légszatórnák helyigénye.

A hőérzeti korlátot a huzathatás jelenti: a helyiségben magában áramló levegő sebessége nem haladhat meg egy bizonyos értéket. Utóbbi magasabb lehet, ha a hőmérséklet és/vagy a levegő relatív nedvességtartalma magasabb: mintegy 27 – 28 °C hőmérséklet felett az emberi szervezet hőleadásában egyre nagyobb szerepet játszik az izzadság elpárologtatása, amelynek intenzitása a levegő áramlási sebességétől függ. Ilyenkor az élénkebb légmozgás már hőérzeti szempontból kellemes. A hőérzeti szempontok természetesen csak akkor képeznek korlátot, ha a helyiség "foglalt", abban emberek tartózkodnak. A foglaltsági időszakok egyes esetekben (iroda, iskola) elég pontosan adottak.

Napi periódusban változó hőterhelés esetén a helyiség hőmérsékletének napi átlagértéke magasabb, mint a külső hőmérséklet napi átlaga. A nap folyamán azonban adódnak olyan időszakok is, amikor a külső léghőmérséklet magasabb, mint a belső.

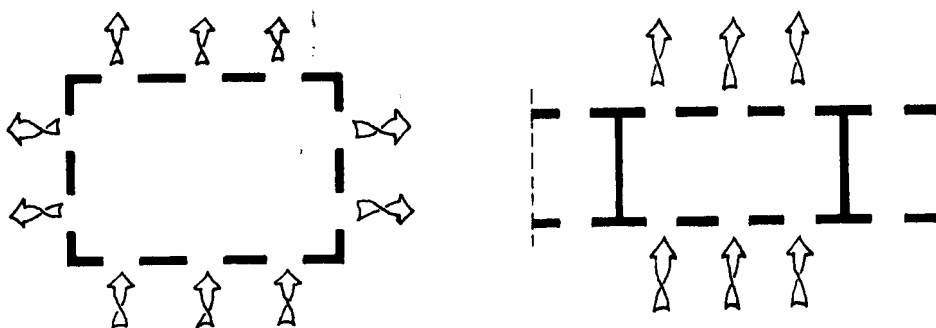
A passzív hűtés szempontjából a célszerű szellőztetési stratégia a következő:

- a huzat-panaszok kockázatának határáig maximális intenzitással szellőztetni, ha a helyiség foglalt és a külső hőmérséklet alacsonyabb, mint a belső;
- a fizikailag lehetséges maximális intenzitással szellőztetni, ha a helyiség nem foglalt és a külső hőmérséklet alacsonyabb, mint a belső;
- csak a benntartózkodó emberek száma és a helyiségben folyó tevékenység alapján számított kötelező légcsereszámmal szellőztetni, ha a helyiség foglalt és a külső hőmérséklet magasabb, mint a belső;
- nem szellőztetni, ha a helyiség nem foglalt és a külső hőmérséklet magasabb, mint a belső.

Egy további változatnak tekintendő magas belső hőmérséklet esetén a helyiség levegőjének mozgatása, keverése, akár légcseré nélkül, (amennyiben a külső hőmérséklet magas), kizárólag csak azért, hogy a légmozgás kellemes hőérzeti hatását kihasználjuk.

Az épületen belüli légmozgás a felhajtóerőből és a szél hatásából származó nyomáskülönbségek összegeződésének megfelelően alakul ki - a levegő belépése jellemzően az alsó és a szél felőli nyílásokon, kilépése a felső és szélárnyékban lévő nyílásokon és kürtőkitorkolásokon történik. Ez tendenciaszerűen meghatározza a levegő útvonalát mind vízszintes, mind függőleges vetületben.

A szél által okozott légcseré intenzitása jelentős mértékben függ attól, hogy az épületnek hány homlokzatán vannak nyílászárók és milyen az épület belső térostsága. Más szavakkal az épület "vízszintes légáteresztőképességét" említhetnénk.



Ha egy épületnek négy homlokzatán vannak nyílászárói ("pontház"), bármilyen szélirány esetén legalább egy homlokzat túlnyomás alá kerül és legalább két homlokzat mentén szívás alakul ki, a légcseréhez - a keresztzellőzéshez - tehát a nyomáskülönbség biztosított.

Kevesebb esély van a keresztzellőzésre, ha az épületnek csak két szemközti homlokzatán vannak nyílászárók ("sávház"). Ekkor jó esetben egy homlokzat kerül nyomás alá és a másik szívott lesz. Ha azonban a szél a homlokzatokkal párhuzamosan vagy közel párhuzamosan fúj, akkor nyomáskülönbség nem vagy alig alakul ki. (Ezen segíthetnek a szélterelő falak, sövények.) Még kedvezőtlenebb a helyzet, ha csak egy homlokzatán vannak nyílászárók.

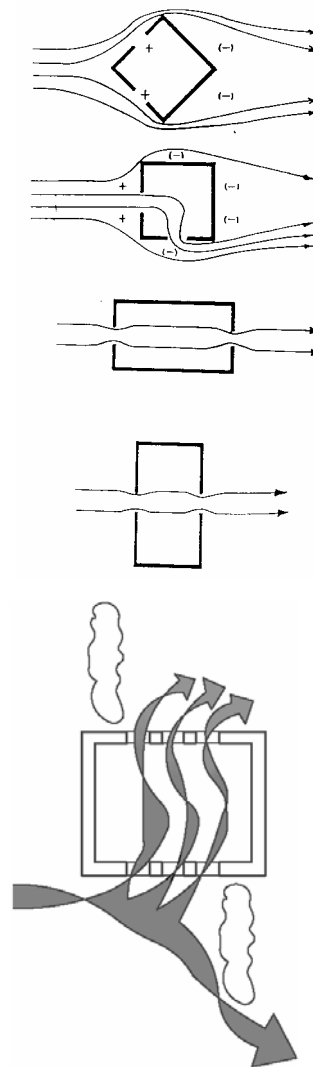
A helyiség átöblítése a méretarányoknak, az ablak elhelyezésének, méreteinek és működési módjának függvénye.

A szellőztetés intenzitása szélterelő falakkal fokozható. Ezek váltakozó elhelyezése egyes ablakoknál túlnyomást, másoknál szívást eredményez. A szélterelő falak a mediterrán övezetben ismertek. Mérsékelt, kontinentális éghajlati feltételek mellett ilyeneket alkalmazni - a téli félév miatt - esetleg célszerűtlen lenne, bár adott körülmények között függőleges árnyékoló lamellák szélterelő falként is kialakíthatóak. Alacsonyabb épületek esetén lombhullató növényzetet, sövényeket lehet használni szélterelő falnyúlványként.

A keresztzellőzés intenzitása a belső térostságnak is függvénye. A levegőnek vízszintes síkban, keresztirányban nemcsak a nyomott és a szívott homlokzatok nyílászáróin kell áthaladnia, hanem az azokkal sorbakapcsolt ellenállást képező belső ajtókon és esetleg lakásbejáratok ajtókon is. Az előbbiek ellenállása elhanyagolhatóan kicsiny, az utóbbiak viszont már jelentősebbek, - miután küszöbvel és jobban záródó profilal készülnek és nincsenek huzamos ideig nyitva.

Nem közömbös tehát, hogy az áramló levegőnek le kell-e győznie ilyen ellenállást, ha igen, hányat, és egy-egy lakásbejárat ajtójánál hány helyiségből odafolyó légáram torlódik.

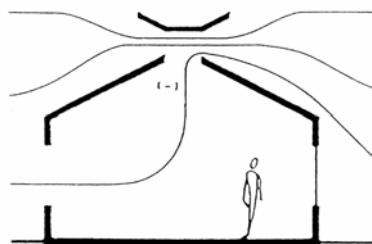
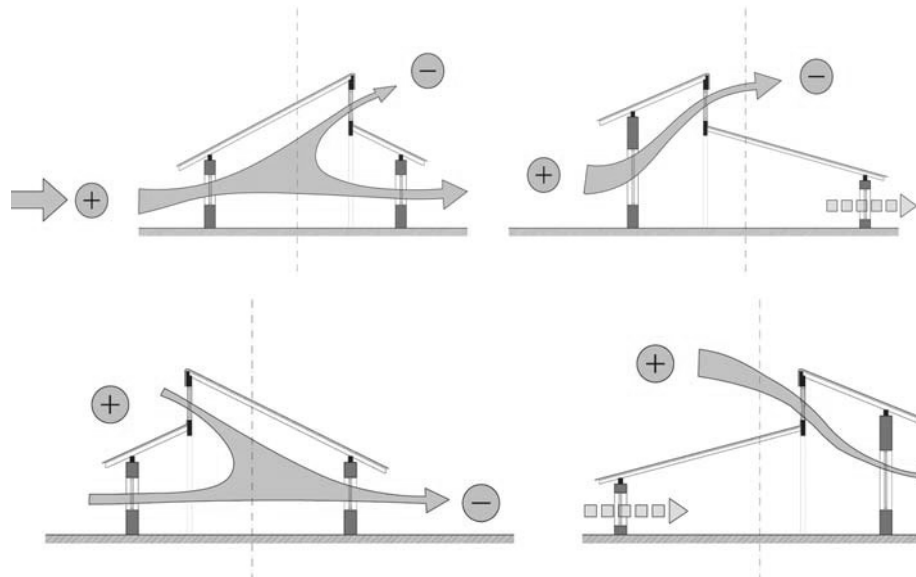
A keresztzellőzés intenzívebb, ha a levegő áramútjában lévő helyiségek "légtechnikai kapcsolata" kis ellenállású és kevésbé az, ha a levegőnek ahhoz,



hogy az egyik homlokzattól a másikig jusson, előszoba ajtók ellenállását is le kell győznie.

Holt zónák alakulhatnak ki kétszintes épületben a szélesebbség magasság szerinti változása okán is, ha a nyílászárók aránya nem megfelelő.

A szélesebbség a magasság függvényében változik. Ezzel négyzetes arányban változik az épület felületén kialakuló torlónyomás, illetve szívóhatás. Ha a szélárnyékos oldalon az alsó nyílás nem elég nagy, a kisebb szélesebbség (kisebb szívóhatás) miatt a levegő zöme a felső nyíláson távozik, alul holt zóna alakul ki (felső ábrák). Hasonló a helyzet, ha a felső nyílás a szél felőli oldalon van, ebben az esetben is alul holt zóna alakul ki.

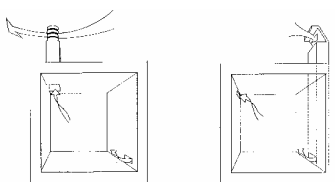


A szél hatásának fokozása lehetséges annak a törvényszerűségnek az alapján is, amely szerint az áramlási sebesség növelése a statikus nyomás csökkenésével, azaz szívóhatással (Venturi hatás) jár együtt. Ez a jelenség tetőszellőzők, felülvilágítók megfelelő kialakításával, a szellőzőkürtők kitorkolására szerelt deflektorokkal, különböző irányba néző csonkokkal használható ki.

A szél terelésére szolgálnak a hagyományos mediterrán és arab épületeken alkalmazott széltornyok (wind tower). Ezek olyan épített, kürtőszerű szerkezetek, amelyek nyílása az uralkodó szélirányba néz és a légáramlást az épületbe kényszeríti.

A hagyományos alapelvek ma is alkalmazhatók. Széltornyok alkalmazhatók a levegő bevezetésére, kürtők a levegő kivezetésére. Az utóbbiak kitorkolását huzatnövelő szívófejjel ellátva a Venturi hatás is kihasználható. A kürtők az épület karakterét meghatározó motívumokként is megjeleníthetők.

Természetesen mind a bevezető, mind a kivezető áramutak szabályozási-zárási lehetőségét biztosítani kell. A hűtőhatás szempontjából fontos a friss levegő vételezésének helye is. Tapasztalati tény, hogy az épület közvetlen környezetében a levegő hőmérséklete nem egyforma, az eltérések a benapozás, a burkolat, a növényzet következményei. A növényzet kisebb vízfelületekkel,



szőkőkutakkal kombinálva az adiabatikus hűtéshez hasonló folyamatot idéz elő. Nem véletlen, hogy a mediterrán övezet hagyományos épületeinek nyáron legkedveltebb tartózkodási helye - és egyszerűen az épület szellőztetésére szolgáló levegő "beszerzési helye" is - az átrium, ahol e két egyszerű eszközzel

- növényzettel és vízzel - a tágabb környezethez viszonyítva 5-7 K-nel alacsonyabb hőmérsékletet lehet elérni. Ha nem is ennyire látványos, de érdemi eredmények érhetők el a mérsékelt öv feltételei között is.

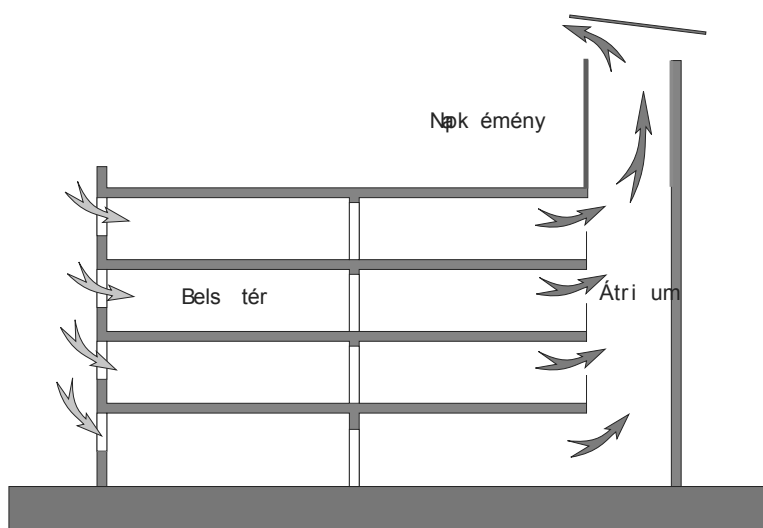
Szokványos épületek esetében nyári feltételek között a természetes szellőzés inkább a szél hatására alakul ki, hiszen a belső és a külső hőmérséklet különbsége - jó esetben - csekély és előjele is változó.

A nyáron korlátozott felhajtóerő egy speciális megoldással növelhető. Ez - jobb híján "napkéménynek" nevezhető a *solar chimney* tükörfordítása alapján. A szerkezet egyaránt lehet valóban kéményszerű vagy egy vonalszerű felülvilágítóhoz hasonló felépítmény, levegő elvezető nyílással. A működés lényege az, hogy a "napkéményben" a levegő a napsugárzás hatására jelentősen felmelegedik (ez nem okoz gondot, hiszen a felmelegedés már a helyiség légterén kívül történik). A nagy hőmérsékletkülönbség nagy felhajtóerővel jár.

Bár kéményről beszélünk, legjobban a lapos csatorna alakú kialakítás vált be. Ez egyértelmű, mivel egy napkollektor akkor hatásos, ha egységnyi térfogatra nagyobb kollektorfelület jut; így a henger alakú, vagy a négyzethez közeli keresztmetszetű kialakítás hátrányosabb. Van még egy ok, ami csökkenti az ilyen kémények teljesítményét: ha túl nagy ugyanis a távolság a kollektor és az üvegezés között, akkor a kollektornál felmelegedő levegő nem tölti ki a kürtöt az üvegezésig, így az effektív meleg keresztmetszet kisebb lesz, ami rontja a teljesítményt. Hiába tehát a nagyobb kémény.

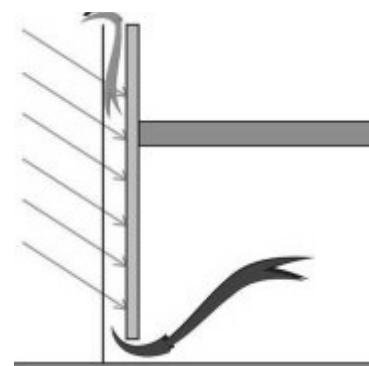
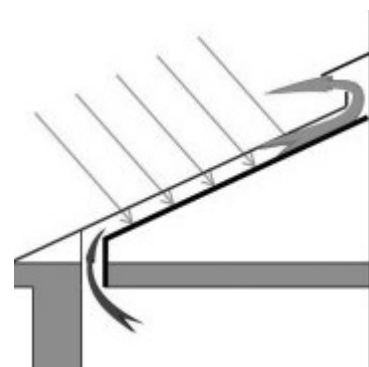
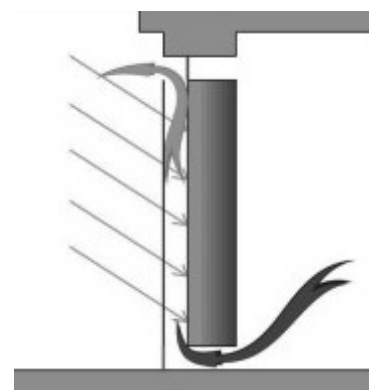
Ide kapcsolódik a kémény helyzete is: a függőleges helyzet adja a legnagyobb effektív magasságot, de a döntött kéményeknek több előnye is van: egyrészt kedvezőbb beesési szöggel gyűjtik a napsugárzás hőjét, másrészt az áramló levegő is hamarabb „leválik” a kollektorfelületről, és jobban kitölti a kéményt. Egyértelmű, hogy a függőleges kémény hátrányban van a döntött társaival szemben, ugyanakkora elnyelt sugárzás mellett [Ádám Z.].

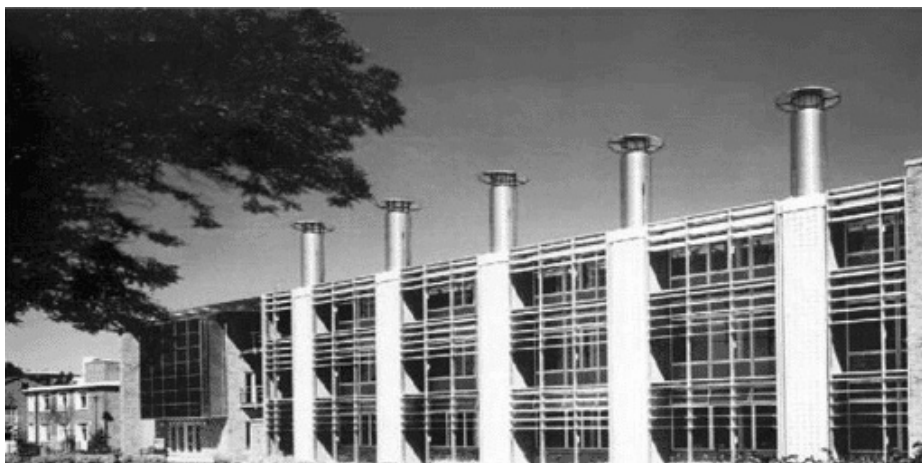
A vonalszerű kialakítás könnyen megvalósítható magastetők és homlokzatok esetében. Nagyvonalú kialakítás lehetőségét kínálják az átriumos épületek.



Ebben az esetben az átrium önmaga szolgál „kémény” gyanánt. Ha ez a tető síkja fölé emelkedik, akkor ott lehetőség van függőleges síkú energiagyűjtő felület kialakítására. Az átrium felső részében természetesen a hőmérséklet magas lesz, de miután ez a térrész már kívül esik a tartózkodás és az épületen belüli közlekedés zónáján, emiatt hőérzeti panaszok nem merülnek fel.

A pontszerű napkémények a homlokzat kialakításának hangsúlyos elemeit képezhetik.





Elviekben a napkémények működési elvén alapul a csatlakozó üvegházakban, napterekben kialakított gravitációs szellőzés: A bemutatott megoldás [Kuba G.] szerint a naptér legfelső részében látható szellőző nyílások egy rövid légszatórával a kéménypillérben kialakított szellőzőkürtőhöz csatlakoznak, az ebből adódó magasságkülönbség tovább fokozza a hatásos nyomást.

Tájolás szempontjából a dél felé tájolt elrendezés adja a legjobb hatásfokot. Ugyanakkor a tájolás egy nagyon hatásos eszköz arra, hogy a napkéményt „időzítsék”. A tájolás határozza meg ugyanis, hogy mikor lesz a beeső napenergia maximuma. A keletre néző kémény délelőtt, a nyugatra tájolt pedig délután eredményez intenzívebb szellőztetést.

Figyelembe kell venni azonban azt a körülményt is, hogy a reggeli órákban a keletre tájolt napkémény viszonylag hűvösebb levegőt „szív be” az épületbe, tehát nemcsak légcserelet, hanem hűtést is biztosíthat, míg a nyugati tájolású napkémény a kora délutáni órák magas hőmérsékletű külső levegőjével nem ez a helyzet: kedvezőtlen esetben ebben a napszakban a külső léghőmérséklet magasabb, mint a belső.

## 7.2. Talajba fektetett szellőző légszatórák

A talaj hőmérséklete az év folyamán annál stabilabb, minél mélyebben mérjük (lásd fagyhatár). Ha a szellőző levegőt a talajba elegendően mélyen fektetett légszatórában szállítjuk, az alacsonyabb hőmérsékletű környezetben a levegő lehűl, energiataralmának egy részét a környezetnek átadja. Ettől a légszatórát körülvevő talaj hőmérséklete persze megemelkedik, de miután igen nagy tömegről van szó, ez a hőmérsékletemelkedés csekély mértékű és lassú. (Az egyensúly éves szinten helyrebillenthető, ha télen - a levegő előmelegítése céljából - ugyanezen a légszatórán át szívjuk be a levegőt).

Hosszabb és kisebb keresztmetszetű légszatóra esetén – annak nagy áramlási ellenállása miatt – a levegő szállítására ventilátort kell alkalmazni. Bár a gépi szellőztetés külső energiabevezetést igényel, ha a rendszerben nincs hűtőgép, akkor az a passzív vagy hibrid kategóriába sorolható. Ebben az esetben nyáron a levegőt vagy kezeletlenül juttatjuk a helyiségbe, vagy csak olyan légkezelést alkalmazunk, amely nem igényel mesterséges hűtést. Természetesen ugyanaz a gépi szellőztető rendszer, amelynek nyáron az egyik legfontosabb funkciója a hőterhelés eltávolítása, az év további időszakában általános szellőztetési, esetleg légfűtési funkciókat is elláthat, így többek között talajba fektetett légszatóra esetén a levegő előmelegítését.

A légszatóra célszerűen a csatornázási vezetékek céljaira használt műanyag csőből készül, átmérője néhányszor tíz cm.

Túl lassú légáramlás mellett a hőátadás feltételei romlanak, túl nagy légsebesség esetén a ventilátor hajtómotorjának energiafogyasztása meredeken

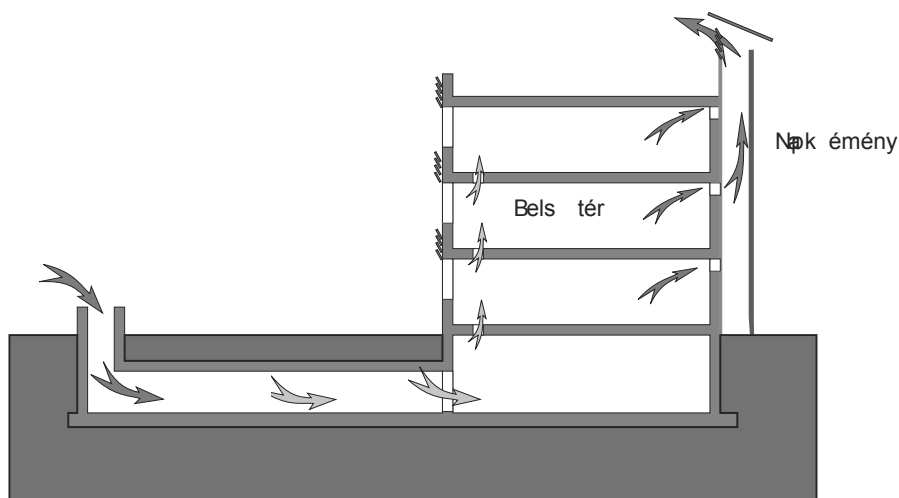
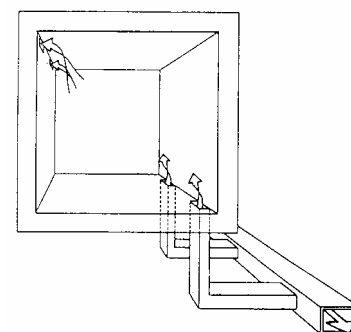
nő. Több párhuzamos légszatóna esetén a hőcserébe bevont talaj tömege nagyobb lehet.

A légszatónát enyhe lejtéssel kell fektetni, a levegőből esetleg kicsapódó víz összegyűjtéséről és eltávolításáról, valamint a légszatóna elszennyeződésének megelőzéséről gondoskodni kell.

A talaj hőmérséklete függ a felszíntől. Alacsonyabb talajhőmérséklet alakul ki, ha a felszín árnyékban van, növényzettel van betelepítve (párologtatásos hűtés) és a növényeket rendszeresen locsolják.

A talajvíz (az építési nehézségektől eltekintve) előnyös: a nedves talajnak nagyobb a hővezetési tényezője és a fajhője, ha pedig a talajvíz mozog (filtrálódik) is, akkor az energiacserébe bevont tömeg - a konvektív áramok miatt - tetemesen megnő.

A talaj mellett a levegő előhűtésében jó szolgálatot tehet egy nehéz szerkezetekkel épített, a talajtól el nem szigetelt pince is, amennyiben ott nincs semmi, ami a levegő minősége szempontjából kockázatot jelentene. Ilyen megoldásra nemcsak gépi szellőztetés esetén van példa: a rendelkezésre álló nagy áramlási keresztmetszetek következtében a szükséges nyomáskülönbség napkéményekkel is biztosítható.



### 7.3. A gépi szellőztetés mint passzív hűtés

A gépi szellőztetés hűtőgép nélkül átmenetet képez a passzív és az aktív rendszerek között.

A gépi szellőztetés kiegyenlített, ha a befűvott légáram ugyanakkora, mint az elszívott. Ez a spontán filtrációs levegőforgalmat nem befolyásolja.

Ha a befűvott és az elszívott légáram különböző, a szellőztetés kiegyenlítetlen. Ha a befűvott légáram a nagyobb (akár úgy is, hogy csak befűvás van), a helyiségben túlnyomás alakul ki, - akkora, hogy az el nem szívott levegő a réseken keresztül távozni tudjon. Ezzel a helyiséget a környezettől védjük, mert a túlnyomással a külső levegő beáramlását akadályozzuk.

Ha az elszívott légáram a nagyobb (akár úgy is, hogy csak elszívás van), a helyiségben depresszió alakul ki, - akkora, hogy a be nem fűvott levegő a réseken keresztül be tudjon lépni a helyiségbe. Ezzel a környezetet védjük a helyiségtől, mert a depresszióval a helyiségből való kiáramlást megakadályozzuk.

A gépi elszívást gyakran alkalmazzák a "vizes helyiségek" (konyha, fürdőszoba, WC) szellőztetésére. Az itt kialakuló depresszió akadályozza a

nedvesség és a szagok továbbterjedését a szomszédos helyiségekbe. Ugyanez a depresszió megnöveli az épületbe infiltrálódó légáramot.

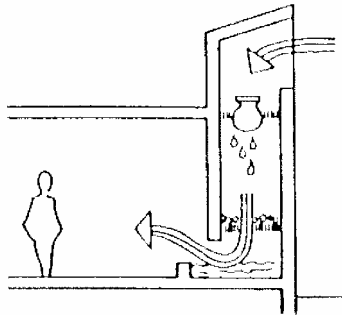
#### *Mennyezeti ventilátorok*

Az emberi test konvektív és párologtatásos hőleadása a légmozgás intenzitásának függvénye. Különösen fontos ez akkor, ha a levegő hőmérséklete magas, hőleadásban az izzadság elpárologtatása nagyobb hányadot képvisel. Magasabb léghőmérséklet mellett tehát az intenzív légmozgással járó szellőztetés a légmozgást tekintve is előnyös.

Ha azonban a külső hőmérséklet pillanatnyi értéke magasabb, mint a belső, akkor az intenzív szellőztetés nem célszerű; a jóval szerényebb kötelező légcserre viszont nem eredményez élénk légmozgást.

Ennek áthidalására alkalmaznak olyan - rendszerint a mennyezetre függesztett, függőleges tengelyű, kisebb méretben hordozható asztali - ventilátorokat, amelyek a levegőt nem cserélik, csak keverik a légmozgás élénkítése, a hőérzet javítása céljából. E "szellőzési" módot az irodalom néha - félreérthető módon - "komfort szellőztetésnek" is nevezi.

### **7.4. Adiabatus hűtés**



Az adiabatus hűtés egy olyan folyamat, amelynek során a levegő hőmérsékletét csökkentjük, anélkül, hogy hőtartalmát megváltoztatnánk. Ez úgy lehetséges, hogy a levegőt nagy felületen vízzel hozzuk érintkezésbe, ami leginkább a víz porlasztásával vagy nagy felületű vízfilm kialakításával lehetséges. A levegő a vizet felmelegíti, ekkor hőt ad le, a víz egy része ettől a levegőbe bepárolg és a felvett párolgási hőt a levegőbe visszaviszi. Így a levegő hőtartalma nem változik, hőmérséklete csökken, nedvességtartalma nő. A folyamat természetes szellőztetéssel is megvalósítható, de a hatásosabb működés fenntartásához külső energiaforrást kell igénybe vennünk, ha a víz keringtetésére - porlasztására szivattyút, a levegő keringtetésére ventilátort alkalmazunk.

A rendszer klasszikus példái az arab országokban találhatók. A korszerű épületgépészeti megoldásban a levegő egy beszívó nyíláson, majd cseppleválasztón keresztül a mosókamrába jut, ahol 2-3 csőkereten elhelyezett porlasztókból vizet permeteznek az áramló levegőbe. Az el nem párolgó víz a mosókamra alján gyűlik össze, ahonnan a keringtető szivattyúhoz folyik. Az elpárolgó vizet pótolni kell. A lehűlt, nedvesebb levegő az utcseppleválasztón keresztül a ventilátorhoz, majd légszűrőn át a helyiségbe jut.

A levegő állapotváltozása állandó hőtartalom mellett megy végbe. Ez a folyamat a  $h-x$  diagramban egy, az állandó hőtartalom vonalakkal párhuzamos egyenessel ábrázolható. Hogy e vonal mentén milyen relatív nedvességtartalmat érünk el, az a porlasztás intenzitásától függ. Miután a magasabb relatív nedvességtartalom csökkenti az emberi szervezet párolgás útján történő hőleadását, hőérzeti szempontok miatt legfeljebb  $\varphi=60-70\%$  értékig célszerű vinni az állapotváltozást. Ebből következik, hogy érdemi hőmérsékletcsökkenést csak akkor lehet megvalósítani, ha a külső levegő elég száraz..

Ha a külső levegő nedvességtartalma túl magas, az adiabatus hűtés indirekt úton, két lépcsőben valósítható meg. Az első lépcsőben a levegőt hőérzeti korlátozások nélkül a lehető legnagyobb mértékben lehűtjük és ezzel nedvesítjük is. Ezt a levegőt egy hőcserélőbe, majd onnan a szabadba vezetjük. A hőcserélő másik oldalán a szabadból beszívott külső friss levegőt áramoltatunk át, amelyet ezután a helyiségbe juttatunk. A felületi hőcserélőben ez a levegő lehül, de abszolút nedvességtartalma nem változik, relatív nedvességtartalma is csak a lehülésnek megfelelő mértékben.

## 8. A HŐMÉRSÉKLETINGADOZÁS CSILLAPÍTÁSA

A belső hőmérsékletingadozás csillapítása a helyiséget burkoló szerkezetek hőtároló képességétől függ. Általában a nagy hőtárolóképesség az előnyösebb, mert ekkor a belső hőmérséklet lengése és maximuma kisebb, de ha a helyiség használata arra az időszakra esik, amikor a belső hőmérséklet az átlagérték alatt van, a kis hőtárolóképesség is lehet előny.

A hőtárolóképesség a rétegrendtől és az alkalmazott anyagoktól függ és vagy az aktív hőtároló tömeggel, vagy a hőstabilitással szokták kifejezni.

Hatása leginkább egy "vizes" analógiával mutatható be, ahol a víz térfogata játssza az energia, szintjének magassága a hőmérséklet szerepét.

Az ábrán rajzolt közlekedőedény baloldali első eleme felel meg a helyiségnek, a továbbiak az egyes szerkezeti rétegeknek, a helyiség felől a szerkezet belseje felé. Az edények átmérője a hőtárolótömeggel, egyenesen az edények közötti összekötő csőszakasz átmérője a réteg hővezetési ellenállásával fordítva arányos. A flexibilis csövön folyik a "hőterhelés" a helyiségbe.

Emeljük fel fél periódusidőre a flexibilis csőhöz csatlakozó edényt. A víz a "helyiségbe" folyik. Ha a vízszintes csövön könnyen tovább folyik, a "helyiség" edényben a vízszint kevésbé emelkedik meg. Az "első réteg" edényben is alacsonyabb lesz a víz szintje, ha az edény és/vagy a következő összekötő cső átmérője nagyobb; ugyanez érvényes a további szakaszokra is.

Miután a víz becsorgatása csak egy adott időtartamban történik, a túlságosan jobbra lévő edényekig el sem jut.

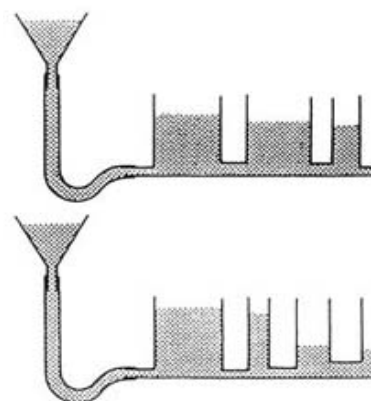
A következő fél periódusidőre süllyesszük le a flexibilis csövön lévő edényt - a víz abba visszafolyik.

Ha a helyiség felőli rétegek hővezetési ellenállása nagy, hőtárolóképessége kicsiny (a kettő összefügg, a könnyebb anyagok hővezetési tényezője kisebb), akkor az analóg modellben vékonyabb csövek jelennek meg, ezek torlasztó hatása miatt a vízszint magasabb lesz.

A hőtárolóképesség szerepét nem szabad túlértékelni abban az értelemben, hogy a valós helyzet lényegesen rosszabb is lehet, mint amit a számított érték alapján várni lehet. Ez akkor következik be, ha a helyiség bútorzata, szőnyegek, stb. a direkt napsugárzás útját részben blokkolják, a felületeket a helyiség levegőjétől elszigetelik. Így az elsődleges tárolók másodlagossá válnak, a szerkezetek és a helyiség közé egy hőszigetelő hatású réteg ékelődik.

A hőtárolóképesség fokozásának legegyszerűbb módja a nagy tömegű, nehéz szerkezetek alkalmazása.

Önmagukban a nehéz szerkezetek azonban még nem garantálják a nagy hőtároló képességet. Az csak akkor alakul ki, ha ezek a szerkezetek "hozzáférhető", aktívan részt vesznek a hő felvételében és leadásában. E szempontból kitüntetett szerepe van a helyiség felőli első réteg(ek)nek. A hőtároló képesség annál nagyobb, minél nagyobb e (felületképző, burkoló,



ágyazó) rétegek hővezetési tényezője és tömege. Az állítás fordított megfogalmazásban is igaz: a legnehezebb teherhordó szerkezetek hőtároló képessége sem érvényesülhet, ha azokat a helyiségtől jó hőszigetelőképeségű, könnyű rétegek (például padlászőnyeg, álmennyezet, hangelnyelő burkolat, légréssel szerelt burkolólemezek) választják el.

A hőtárolóképeség nagyobb, ha azon belül az elsődleges hőtároló tömeg aránya magasabb. Ugyancsak segíti a hőtárolóképeség érvényesülését az, ha a belső felületeken a hőátadási tényező nagyobb (például az intenzív szellőztetés következtében).

A szerkezetek mélyebben fekvő rétegeinek hőtároló képessége oly módon aktivizálható, hogy abban légjáratokat alakítunk ki. A levegő keringtetésének időbeli szabályozásával a hőfelvétel és -leadás is bizonyos fokig szabályozható.

A helyiségeket burkoló határoló szerkezetek felülete, a szokványos szerkezetek és az ésszerűség a hőtároló képességet korlátozzák. E határon túllépni kétféle módon lehet.

A hőterhelések csillapítását illetően lehetőséget kínál a talaj hőtárolóképeségének kihasználása. Ezen alapul a talajba fektetett légszűrő nyári hűtő - téli fűtő hatása vagy a szellőző levegőnek a pincén keresztül történő bevezetése.

A talaj és az épület között közvetlenebb, "építészeti" jellegű kapcsolat is lehetséges. Ennek kézenfekvő példája –elsősorban egyszintes épületekben - a talajra fektetett padló. A padló szerkezet alatti talaj hőtároló képessége azonban csak akkor játszik komoly szerepet, ha a padló szerkezetben nincs hőszigetelés. Ez azonban a téli hővesztés miatt csak olyan éghajlati feltételek mellett járható út, ahol a fűtési energiaigény ezzel együtt elhanyagolható.

A mérsékelt éghajlati övezetben a kis alapterületű és/vagy tagolt körirajzú épületek teljes padlófelületét célszerű szigetelni, hiszen annak minden pontja aránylag közel van az épület kontúrjához. Ebben a változatban csak a hőszigetelés feletti rétegek hőtárolóképesége aktív.

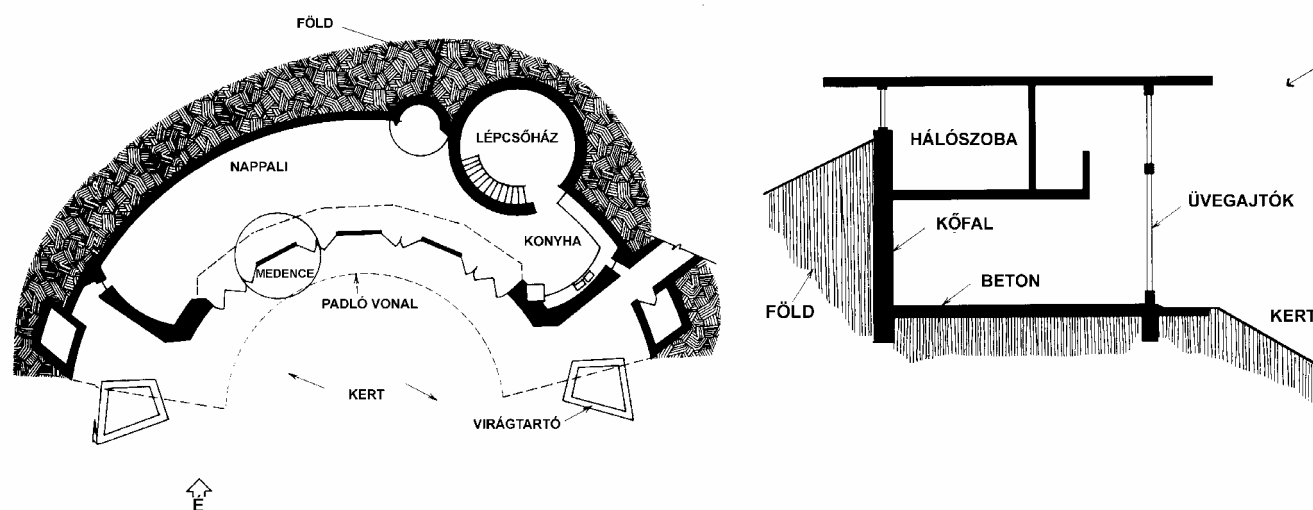
A talajra fektetett padlón át hővesztés elsősorban az épület kerülete mentén húzódó sávban és a lábazon keresztül lép fel. E veszteség mérséklésére egyaránt alkalmazható a padló szerkezetbe vízszintes helyzetben beépített vagy a lábazon függőlegesen elhelyezett - a talajba is benyúló - hőszigetelés. Ez utóbbi megoldással a padló alatti talaj hőtárolóképesége kihasználható anélkül, hogy a hővesztés túlzottan nagy lenne.

Lejtős terep esetén vagy feltöltéssel az épület egy vagy több oldalfal is érintkezhet a talajjal. A tetőn a zöldtető talajrétege jelenhet meg. Szélső esetben a földbe süllyesztett vagy földbe vájt épület csak egy felületen érintkezik a külső levegővel.

## 9. PÉLDÁK

Számos példa igazolja, hogy a hagyományos alapelvek ma is sikerrel alkalmazhatók.

Frank Lloyd Wright épületén a téli és a nyári követelmények kielégítését célzó kompromisszumos megoldások fedezhetők fel.

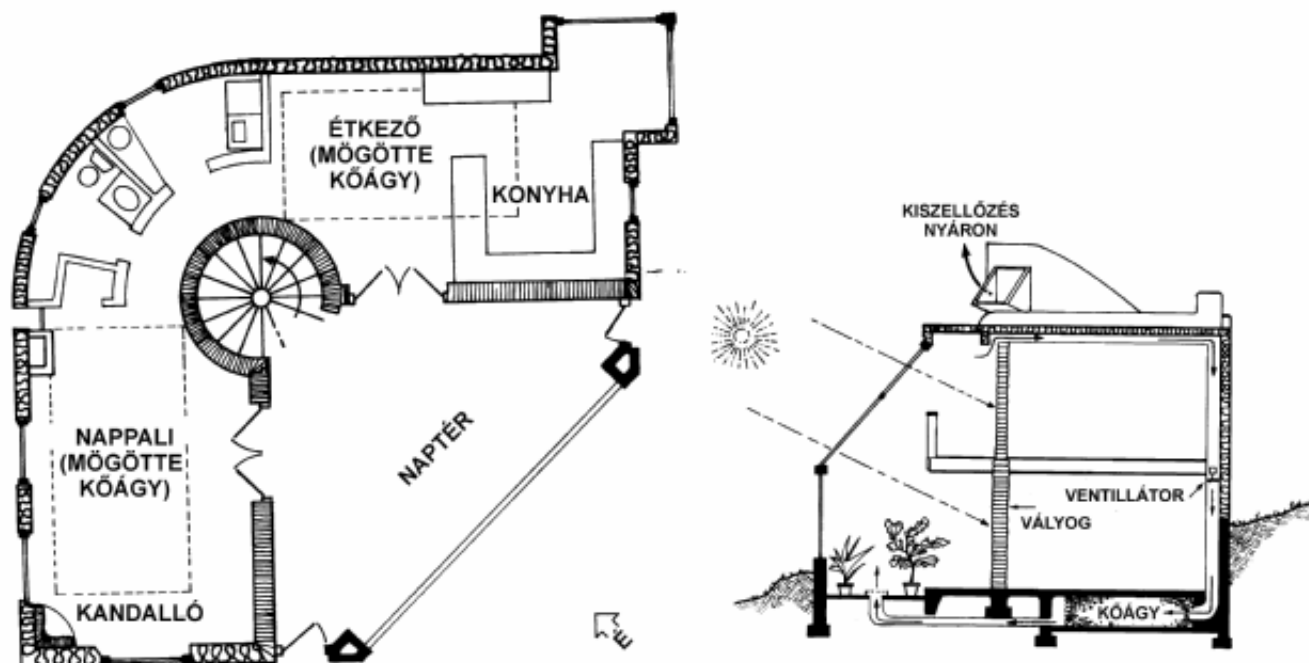


A homlokzat íves kialakítása jó benapozást biztosít a nap folyamán, ugyanakkor magas napállások esetén a párkány árnyékolja az üvegezett homlokzatot. A hőtároló képesség igen nagy: a belső szerkezetek nehezek és nagy az épület talajjal érintkező felülete.

A nyílászárók szemben lévő homlokzatokon helyezkednek el, így a keresztzellőzés lehetősége biztosított. Erre szélcsendes időben is lehet számítani a nyílászárók közti magasságkülönbség miatt.

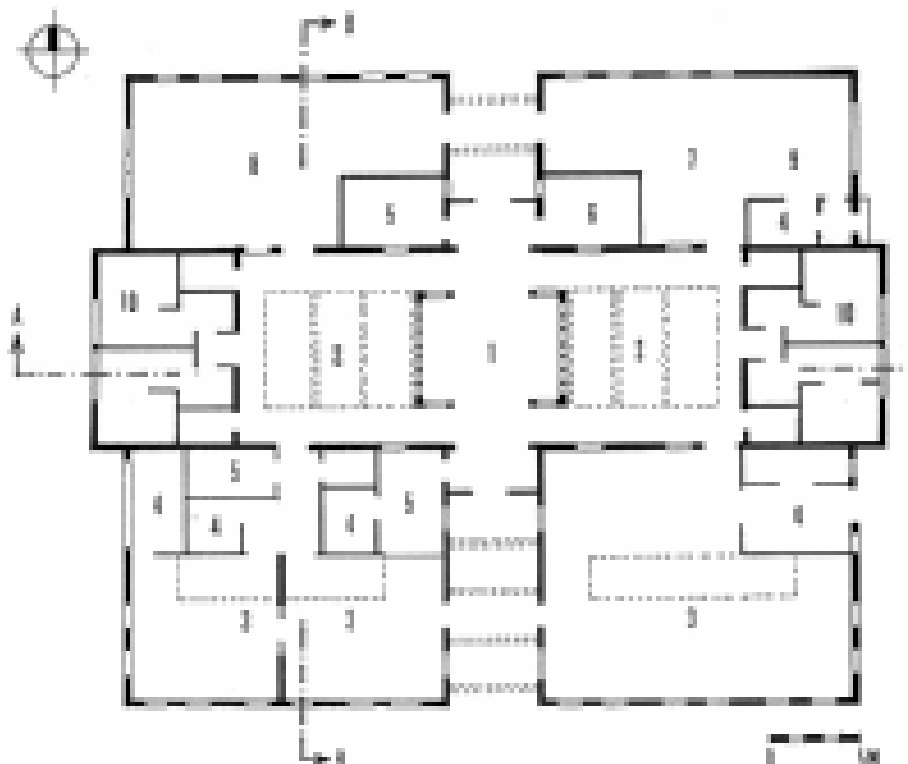
Vitatható talán a földszint hátsó részének átszellőzése, ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy nyáron ez a rész ígérkezik a leghűvösebbnek, hiszen több oldalról érintkezik a talajjal és mély fekvése okán direkt sugárzás nem éri.

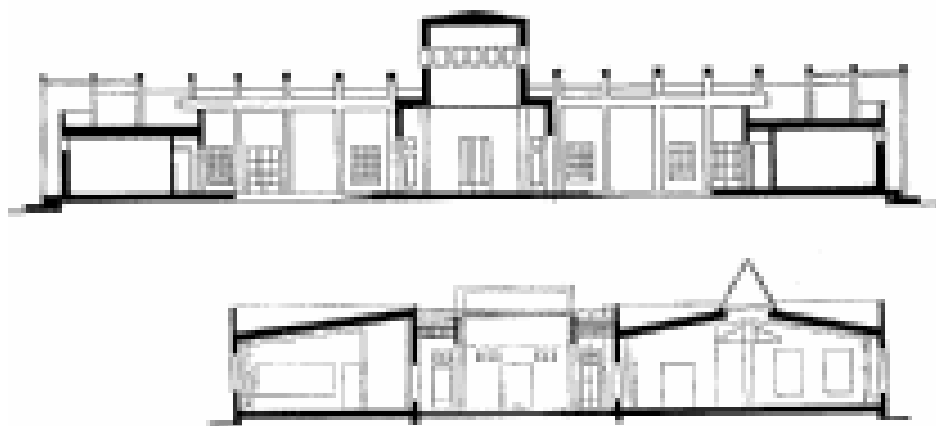
D. Balcomb épületét is a nehéz szerkezetek és a sugárzást „tárt karokkal” befogadó alaprajz jellemzi. A talajjal hőtároló képességének kihasználása szintén megfigyelhető, bár a hátsó homlokzat földszinti nyílászárói miatt a falak földtakarása kisebb. Ezt ellentételezi az, hogy a hőtárolóképesség fokozása végett az épület alatt két kőágy található. Ezeket az egyszemcsés, laza struktúrákat ventilátor segítségével át lehet öblíteni. Télen az üvegházból elszívott meleg levegővel, nyáron éjszaka a hűvösebb külső levegővel a kőágyat elő lehet melegíteni, illetve hűteni. Télen éjszaka a kőágyban tárolt hő visszanyerhető: ekkor az abba befűvott levegő felmelegszik és így vezethető a lakótérbe. Nyáron nappal a magasabb hőmérsékletű külső levegőt az éjszaka előhűtött kőágyon át vezetve a lakótérbe befűvott szellőző levegő hőmérséklete csökken.



Ebben az esetben a keresztzellőzés egyenletesebb átöblítést eredményez a szemközti homlokzatokon lévő nyílászárókon át, amelyek két szinten helyezkednek el. A magasságkülönbség okán szélcsendes időben is lehet számítani kielégítő légcserére.

A nyári hővédelem számos építészeti eszköze látható J. Lopez és P. Sottomayor ATAM Centrum épületén (Sevilla), amelyben telefonkészülékeket és központokat szerelő technikusok képzése folyik.





Ennek megfelelően az épületben oktató terem, tanműhely, étkező, öltöző, szociális blokk és néhány iroda található. Az épület alaprajzát, metszeteit és homlokzatát az ábrák mutatják.



Az épület tengelyében lévő centrális térről jobbra és balra egy –egy patio nyílik. A helyiségek túlnyomó többsége ezekről szellőztethető, vagyis a friss levegő vételezése egy jól árnyékolt térből történik – az árnyékolást biztosító rács egyben vagyonvédelmi célokat is szolgál. A patiókban növényzet és kis szökőkút biztosít evaporatív (párologtatásos) hűtést. A megvilágítás is részben innen biztosított, de a tanműhely és az előadó – mély alaprajzuk miatt – felülvilágítót is kapott.

Az épület centrális tere fölött kialakított felépítmény szintén a természetes szellőztetést szolgálja, egyrészt a magasságkülönbség révén, másrészt pedig a minden oldalán megtalálható nyílásokkal.



Ezek a nyílások részben szél felőli, részben szél alatti helyzetben vannak, bármilyen is legyen az adott pillanatban a szélirány. A felépítményen átáramló levegő a Venturi hatás révén serkenti a szellőzést.

A belső hőmérséklet ingadozásának csillapításában jelentős szerepe van annak, hogy a helyiségeket nehéz szerkezetek határolják.

A külső homlokzaton lévő nyílászárók hatékony árnyékolást kaptak. Az árnyékoló szerkezet a fal külső (burkoló) téglarétegébe van beépítve, így – a közbenső hőszigetelő réteg miatt – a hőhídhatást gyakorlatilag kiküszöbölték.

A zsalulevelek állíthatóak a napállásnak és a pillanatnyi igényeknek megfelelően.

Az árnyékoló szerkezet egy nagyobb alsó és egy kisebb felső mezőre van osztva. A két mezőben – beállítástól függően – a zsalulevelek állásszöge eltérő lehet. Ezzel az érhető el, hogy az alsó mező „zárt” állása mellett is a felső mezőn a sugárzás a helyiségbe jusson – a felső mező lamelláinak felső síkjáról mintegy a mennyezetre verődve eredményezzen egyenletesebb megvilágítást.

## 10. ADATOK, BECSLÉSEK

### 10.1. A nyári túlmelegedés kockázatának becslése

Ha figyelembe vesszük a gépi hűtés primer energiaigényét, költségeit és környezeti kockázatait, akkor belátható, hogy annak elkerülése vagy legalábbis csökkentése végett minden észszerű építészeti és épületszerkezeti eszközt be kell vetni.

A józan ész és a felelős tervezői magatartás mellett ez szabályozásból eredő feladat is. A 2006. januárjától hatályos szabályozás az épületek összesített energetikai mutatóját korlátozza, amely az épület rendeltetésszerű használatához szükséges valamennyi épületgépészeti rendszer (veszteségekkel, hatásfokkal és önfogyasztással számított) primer energiahordozóban kifejezett fajlagos fogyasztását tartalmazza.

A kompresszoros gépi hűtés elektromos áramot fogyaszt. Az elektromos áram primer energiatartalma mintegy háromszorosa a tüzelőanyagok primer energiatartalmának, ami jelentős tétel az összes fogyasztásban.

Természetesen vannak olyan helyzetek, amikor az épület rendeltetése miatt a gépi hűtés elkerülhetetlen. Ilyen eset például, ha a belső hőterhelés nagy, mint gyülekezési terekben a benttartózkodók nagy száma és „sűrűsége” miatt, vagy ha a technológia elkerülhetetlen velejárója a hőfejlődés. Más esetekben a technológiai igény vagy egészségügyi követelmények miatt van szükség szigorúan szabályozott beltéri klímára.

A szabályozás ebből a szempontból differenciált. Amennyiben a rendeltetésszerű használat elkerülhetlenné teszi a gépi hűtést, az összesített energetikai mutató fajlagos értékének megengedett maximuma tartalmazza a gépi hűtés primer energiaigényét is, a gépi hűtés úgymond „belefejr” a megadott határértékbe.

Nem áll ez azokban az esetekben, amikor a gépi hűtés gondos építészeti – épületszerkezeti tervezés esetén nélkülözhető. Ebben az esetben, ha a tervező mégis gépi hűtést alkalmaz, akkor a szűkebbre szabott összesített energetikai mutató miatt a gépi hűtés fogyasztását valamilyen módon ellentételeznie kell. Az ellentételezés módja többféle lehet: jobb hőszigetelés, jobb használati melegvízellátás, - a lényeg az, hogy az összfogyasztás a határérték alatt maradjon.

Az energiafogyasztás mellett a szabályozás kitér az épületek nyári túlmelegedésének kérdésére is, előírva a túlmelegedés kockázatának mérlegelését. Miután a szabályozás az épület egészére és nem egyes helyiségeire vonatkozik, természetesen csak egyszerű közelítő becslésekre lehet szorítkozni.

E közelítő becslés lényege annak kiszámítása, hogy az épület napi átlagos belső hőmérséklete hány fokkal fogja meghaladni a külső hőmérséklet napi átlagértékét méretezési körülmények mellett. Ehhez a korábbiakban ismertetett összefüggés szerint a nyereségek és az épület veszteségeinek hányadosát kell számítani a

$$(\bar{t}_i - \bar{t}_e) = \frac{\sum A_u g I + Q_b}{(\sum AU + \sum lk\Psi + 0,35nV)} \quad (10.1)$$

összefüggéssel, amelyben

$I$  a sugárzás intenzitásának átlagos értéke, W

$g$  az üvegezés összesített sugárzásáteresztési tényezője, -

$A_U$  az üvegezett felület (nem a névleges ablakméret, csak az üvegezés!), m<sup>2</sup>

$Q_b$  a belső hőterhelés átlagos értéke, W

$A$  a külső határolás felülete, m<sup>2</sup>

$U$  a hőátbocsátási tényező, W/m<sup>2</sup>K

$l$  a csatlakozási élek hossza, m

$\Psi$  a vonalmenti hőátbocsátási tényező, W/mK

$n$  a légcserezszám, 1/h

$V$  a helyiség térfogata, m<sup>3</sup>

A nyári túlmelegedés kockázata elfogadható, ha a belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek a fentiek szerint számított különbsége nem haladja meg

- nehéz szerkezetű épületek esetében a 3 K,

- könnyűszerkezetes épületek esetében a 2 K

határt.

Az épület nehéz szerkezetűnek minősül, ha a szintterületre vetített fajlagos hőtároló tömege 400 kg/m<sup>2</sup> vagy annál több, ebből adódóan az épület könnyűszerkezetes, ha ez az érték kisebb, mint 400 kg/m<sup>2</sup>.

A könnyűszerkezetes épületekre a határ azért szigorúbb, mert azokban a belső hőmérséklet ingadozása a napi átlag körül nagyobb, így magasabb csúcsértékek alakulnak ki.

Az épület fajlagos hőtároló tömegének számítását az EN ISO 13790 szerint kell elvégezni. Az épület hőtároló tömege az épület belső levegőjével közvetlen kapcsolatban lévő (külső és belső) határolószerkezetek hőtároló tömegének összege:

$$M = \sum_j \sum_i \rho_{ij} d_{ij} A_j \quad (10.2.)$$

ahol

$\rho$  sűrűség, kg/m<sup>3</sup>

$d$  rétegvastagság, m

$A$  felület, m<sup>2</sup>

Az összegzést minden szerkezet minden rétegére el kell végezni a legnagyobb figyelembe vehető vastagságig, mely

- a belső felülettől mérve 10 cm, vagy

- a belső felület és az első hőszigetelő réteg közötti vastagság, vagy

- a belső felület és az épületszerkezet középvonalának távolsága, attól függően, hogy melyik a legkisebb érték.

Az így számított összes hőtároló tömeget a hasznos szintterülettel osztva adódik a fajlagos hőtároló tömeg, amelyet a 400 kg/m<sup>2</sup> határértékkel össze kell hasonlítani.

A becslés lépései a következők:

*A napsugárzásból származó hőterhelés.*

A napsugárzásból származó hőterhelést illetően először azt kell ellenőrizni, hogy az üvegezett felületeket a nyári hónapokban éri-e direkt sugárzás. Ehhez az előzőekben ismertetett nappálya diagram és az élleképző görbék használata szükséges.

A napsugárzásból származó hőterhelés becsléséhez a nyári félévre (május 1.- szeptember 30.) a következő átlagos intenzitás adatok használhatók:

ÉK-É-ÉNy tájolási szektorra 85,  
a többi szektorra 150 W/m<sup>2</sup>

Ha a bármilyen tájolású üvegezett felület árnyékban van, akkor arra az északi szektor intenzitás adatával kell a hőterhelést számolni.

A légcsereszám pontosabb adat hiányában az alábbiak szerint becsülhető:

Légcsereszám tervezési adatok a nyári túlmelegedés kockázatának megítéléséhez természetes szellőztetés esetén

| A légcsereszám tervezési értékei nyáron,<br>természetes szellőztetéssel |                | Nyitható nyílások |                  |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|------------------|
|                                                                         |                | egy homlokzaton   | több homlokzaton |
| Éjszakai<br>szellőztetés                                                | nem lehetséges | 3                 | 6                |
|                                                                         | lehetséges     | 5                 | 9                |

Megjegyzés: Éjszakai szellőztetés esetében a nagyobb érték az alacsonyabb hőmérsékletű külső levegő kedvező előhűtő hatását fejezi ki.

A belső hőterhelés egységnyi nettó padlófelületre vetített fajlagos értéke pontosabb adat hiányában az alábbi értékekkel becsülhető:

| Az épület rendeltetése | Belső hőnyereség átlagos értéke [W/m <sup>2</sup> ] |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| Lakóépületek           | 5                                                   |
| Irodaépületek          | 7                                                   |
| Oktatási épületek      | 9                                                   |
| Egészségügyi épületek  | 5                                                   |

Ha az üvegezett felületek benapozottak és vélelmezhető, hogy a napsugárzásból származó hőterhelés az összes hőterhelés jelentős részét teszi ki, akkor célszerű mérlegelni, hogy nem alakítható-e ki olyan árnyékvető, amely a benapozást nyáron megakadályozza, de télen lehetővé teszi.

Ha árnyékvető kialakítására nincs mód, akkor mobil árnyékoló, társított szerkezet alkalmazási lehetőségét kell mérlegelni.

Az üvegezés fajtájának megválasztása függ attól, hogy mód van-e árnyékoló vagy árnyékvető alkalmazására. Ha nem, akkor megfontolásra érdemes olyan felületképzés, fólia alkalmazása, amely visszaverő tulajdonságú.

Az üvegezésen bejutó hőterhelés a 4. fejezetben ismertetett összefüggéssel és tervezési adatokkal számítható a naptényező, az intenzitás és az üvegezett felület szorzataként. (figyelem: átlagos hőterhelésről van szó).

#### Példa

Adott egy földszintes, könnyűszerkezetes családi ház, talajon fekvő padlóval és fűtetlen padlóssal. Minden geometriai adatot (alapterület, beépített térfogat) belméretek szerint kell értelmezni.

|                                                                                                                                     |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Nettó alapterület:                                                                                                                  | 150 m <sup>2</sup>    |
| Belmagasság:                                                                                                                        | 3,0 m                 |
| Külső homlokzat területe:                                                                                                           | 192 m <sup>2</sup>    |
| Ebből tömör:                                                                                                                        | 136,27 m <sup>2</sup> |
| Ebből ajtó:                                                                                                                         | 2,4 m <sup>2</sup>    |
| Ebből ablak:                                                                                                                        | 53,33 m <sup>2</sup>  |
| Az üvegezés felülete:                                                                                                               | 40 m <sup>2</sup>     |
| Padlásfödém:                                                                                                                        | 150 m <sup>2</sup>    |
| Talajon fekvő padló:                                                                                                                | 150 m <sup>2</sup>    |
| Az épület külső határoló és nyílászáró szerkezeteire a felületek és a hőátbocsátási tényezők szorzatösszege $\sum AU = 225,66$ W/K. |                       |

Az üvegezett felületekből  $2 \text{ m}^2$  az északi,  $38 \text{ m}^2$  északitól különböző tájolású. Az üvegezés összesített sugárzásátbocsátó képessége  $g = 0,65$ . A nem északi tájolású ablakokon egyszerű belső árnyékolók vannak, amelyekre  $g = 0,75$ . Feltételezve ezek rendeltetésszerű használatát, a nem északi tájolású ablakokra nyáron nappal az üvegezés és a társított szerkezet együttesére a  $g_{nyár} = 0,65 \times 0,75$  tényező alkalmazható.

Ezzel az átlagos sugárzási hőterhelés:

$$Q_{snyár} = \sum A_U I g_{nyár} = 2 * 85 * 0,65 + 38 * 150 * 0,65 * 0,75 = 2889,25 \text{ W}$$

A belső hőterhelés a nettó padló terület és a fajlagos érték szorzatával számítható.

Az épület nyílászárói különböző homlokzatokon helyezkednek el, keresztzellőzés lehetséges, a légcsereszám tájékoztató értéke  $n = 6$ , az épület térfogata  $450 \text{ m}^3$ .

Ezekkel az adatokkal a belső és külső hőmérséklet napi átlagos különbsége:

$$\Delta t_{bnyár} = \frac{2889,25 + 150 \cdot 5}{252,78 + 0,35 \cdot 6 \cdot 450} = 3,04 \text{ K}$$

A túlmelegedés kockázata túl nagy, nem fogadható el. A követelmény az, hogy belső és külső hőmérséklet napi átlagértékeinek különbsége nyári feltételek között könnyűszerkezetes épület esetében  $2 \text{ K} - t$  ne haladja meg. Amennyiben a homlokzati üvegezési arányon nem kívánunk változtatni, úgy hatékony külső árnyékolást kell alkalmazni. A jobboldalra a határértéket (2) írva és a nevezővel átszorozva az eredmény  $2395,5$ -, ennyi lehet az összes hőterhelés. A belső hőterhelés  $150 \times 5 = 750$ . Ezt levonva a sugárzási hőterhelés értéke  $1645,56$ . Az északi tájolású üvegezéseken nem változtatunk, azokon át a hőterhelés  $2 \times 85 \times 0,65 = 110,5$ . Ezt az összes megengedhető sugárzási hőterhelésből levonva  $1535,06$  adódik.

A nem északi tájolás esetében az átlagos intenzitás  $150 \text{ W/m}^2$ , az üvegezés területe  $38 \text{ m}^2$ . Olyan társított szerkezetre van tehát szükség, amelyre teljesül a

$$150 \times 38 \times g_{nyár} = 1535,06$$

egyenlőség. Ebből  $g_{nyár} = 0,27$ . Ez az érték az üvegezés és a társított szerkezet együttesére vonatkozik. Az üvegezésre  $g = 0,65$  volt, tehát a társított szerkezet összesített sugárzásáteresztési tényezője a  $0,27/0,65 = 0,41$  értéket nem haladhatja meg. Ez az érték külső árnyékolóval nehézség nélkül biztosítható és ezzel a túlzott felmelegedés kockázata elfogadható mértékű.

Hangsúlyozandó, hogy ez az épület egészére vonatkozó becslés. Az épület egyes helyiségeiben azonban a tájolástól, a helyiség belső hőterhelésétől függően igen különböző állapotok alakulhatnak ki. Az eljárás helyiségenként megismételhető, de ezt egyszerűbb épületek esetében a szabályozás nem követeli meg.

Csak bonyolult szimulációs programokkal lehetne követni az éjszakai szellőztetés, a növényzet és a környező burkolatok hatását. Anélkül, hogy a mindennapi tervezésben ezek számszerűsítésére kísérletet tennénk, célszerű az ezekkel kapcsolatos ökol szabályokat követni: az eredmény értékes fokokban mérhető különbség lesz.

A fentiekben ismertetett tájékoztató adatok természetesen pontosíthatók a következő alfejezetekben közöltek alapján.

## 10.2. Belső hőterhelések

A belső hőterhelések nagyságának becsléséhez a következő táblázatok adatait használhatjuk (ISO 9164 és 13791).

Ebben az esetben is napi átlagértékeket kell meghatározni, azaz figyelembe kell venni, hogy melyik forrásból napi hány órán át származik hőterhelés. A hőleadást a használati idővel kell szorozni. Az így kapott értékeket összegezni kell és az összeget el kell osztani huszonnéggyel.

Háztartási berendezések átlagos hőleadása.

| Forrás           | W  |
|------------------|----|
| TV               | 25 |
| Hűtőszekrény     | 40 |
| Forraló          | 20 |
| Fagyasztó        | 70 |
| Mosogatógép      | 50 |
| Mosógép          | 35 |
| Dobos szárítógép | 20 |

Mesterséges világítás hőleadása

| Rendeltetés       | Fajlagos teljesítmény<br>$W / m^2$ | Sugárzásos hányad |
|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| Iroda             | 15                                 | 0,45              |
| Rajzterem         | 22                                 | 0,45              |
| High – Tech iroda | 9                                  | 0,45              |
| Ügyfél fogadó     | 12                                 | 0,45              |
| Számítógépterem   | 9                                  | 0,45              |
| Tárgyaló          | 9                                  | 0,45              |
| Közlekedők        | 5                                  | 0,45              |
| Mosdók            | 7                                  | 0,45              |

Irodai berendezések hőleadása

| Sugárzásos        | $m^2 / fő$ | W/fő | $W/m^2$ | Sugárzásos hányad |
|-------------------|------------|------|---------|-------------------|
| Iroda             | 6          | 96   | 16      | 0,25              |
| Rajzterem         | 6          | 44   | 7       | 0,30              |
| High – Tech iroda | 6          | 161  | 35      | 0,24              |
| Ügyfél fogadó     | 33         | 247  | 7       | 0,27              |
| Számítógépterem   | 20         | -    | 350     | 0,22              |
| Tárgyaló          | 2          | -    | 5       | 0,00              |
| Közlekedők        | 2          | -    | 5       | 0,00              |

Emberek hőleadása irodaépületekben.

| Rendeltetés     | Konvektív hőleadás W | Sugárzó hőleadás W |
|-----------------|----------------------|--------------------|
| Rajzterem       | 100                  | 55                 |
| Iroda           | 80                   | 50                 |
| Ügyfél fogadó   | 80                   | 50                 |
| Számítógépterem | 80                   | 50                 |
| Tárgyaló        | 80                   | 50                 |
| Közlekedők      | 93                   | 37                 |
| Mosdók          | 93                   | 37                 |
| Étkezők         | 107                  | 43                 |

### 10.3. A légcseré becslése

*Nyomásviszonyok az épület körül*

A levegő nyomása két részből: a statikus és a dinamikus nyomásból tevődik össze.

A dinamikus nyomás az áramló közeg sűrűségével és az áramlási sebesség négyzetével arányos a

$$p_d = \frac{\rho}{2} v^2 \quad (10.3.)$$

összefüggés szerint.

A nagyobb sebességgel áramló közegben a dinamikus nyomás nagyobb, a statikus nyomás kisebb.

Ha az áramló levegő akadályba ütközik, sebessége megváltozik. Ott, ahol „nekimegy” a homlokzatnak, lelassul, ott, ahol kikerüli az akadályt, felgyorsul (hiszen az akadály a rendelkezésre álló áramlási keresztmetszetet leszűkíti, az áramló levegő szűkebb helyen csak nagyobb sebességgel „fér át”).

Ahogy a sebesség, úgy a dinamikus nyomás is változik a fenti négyzetes összefüggés szerint. Ahol a sebesség (a dinamikus nyomás) csökken, ott a statikus nyomás nő és viszont: a sebességváltozás okán a dinamikus nyomás változása a statikus nyomás változásává alakul át.

Az épülettől távolabb, megadott referenciamagasságon áramló levegő sebességének és dinamikus nyomásának értéke a számítás bemenő adata.

Azt, hogy az akadálnak ütköző áramlás eredeti dinamikus nyomásának mekkora hányada alakul át statikus nyomássá, az akadály  $c$  aerodinamikai együtthatója fejezi ki. Ez természetesen nem egyetlen szám: értéke az akadály felületének különböző pontjain különböző.

Az aerodinamikai együtthatóval számítható az akadály felületének egyes pontjaiban kialakuló torlónyomás.

Az összefüggés:

$$p_t = c \frac{\rho}{2} v^2 \quad (10.4.)$$

A „torlónyomás” kifejezés némileg megtévesztő, mert  $c$  értéke egyaránt lehet pozitív és negatív: ahol az áramlás lassul, ott a dinamikus nyomás statikussá alakul át és  $c$  negatív ott, ahol az áramlás gyorsul.

Nyilvánvaló, hogy az áramlás a szél felőli felületeken lassul, itt  $c$  pozitív, tehát többletnyomás alakul ki. Felgyorsul az áramlás az épület oldalhomlokzatai mentén és a tető felett (a szél ezeken az útvonalakon kerüli meg az épületet) – itt  $c$  negatív értékű. Ugyancsak negatív értékek várhatók a szél alatti homlokzaton, ahol az épület éleiről leszakadó áramlásban nagy, gomolygó örvények alakulnak ki.

Az épület felületein kialakuló nyomást az erőtani méretezés során is figyelembe kell venni. Nem közömbös az épület körüli áramkép az utcán tartózkodók komfortja és biztonsága szempontjából sem. Ha az épület felületein nyílások vannak és ezek között a levegő az épületen keresztül áramolhat, akkor a túlnyomás alatti nyílásokon a levegő az épületbe, a szívás alatti nyílásokon az épületből a szabadba áramlik.

Az aerodinamikai együttható számértékére téglatest alakú épületek esetében első közelítésben a megfúvott oldalon + 0,6-0,8, a szívott oldalon – 0,2 értékű aerodinamikai tényezőt lehet feltételezni. Valamivel részletesebb adatokat a táblázat tartalmaz. A szakirodalomban további adatok is fellelhetők, de igazán pontos értékeket – különösen tagolt épületformák vagy komplex épületcsoportok esetére – csak modell kísérletekkel, szélcsatornában végzett mérésekkel lehet nyerni.

| Magasság/<br>szélesség arány | Alapélek<br>aránya | Megfúvás<br>szöge | Aerodinamikai együttható |      |      |      |
|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|------|------|------|
|                              |                    |                   | A                        | B    | C    | D    |
| (H/B)<1/2                    | (A/B)<3/2          | 0°                | 0,7                      | -0,2 | -0,5 | -0,5 |
|                              |                    | 90°               | -0,5                     | -0,5 | 0,7  | -0,2 |
|                              |                    |                   |                          |      |      |      |
|                              | 3/2<(A/B)          | 0°                | -0,7                     | -0,2 | -0,6 | -0,6 |
|                              |                    | 90°               | -0,5                     | 0,5  | 0,7  | -0,1 |
|                              |                    |                   |                          |      |      |      |
| 1/2<(H/B)<3/2                | (A/B)<3/2          | 0°                | 0,7                      | -0,2 | -0,6 | -0,6 |
|                              |                    | 90°               | -0,6                     | -0,6 | 0,7  | -0,2 |
|                              |                    |                   |                          |      |      |      |
|                              | 3/2(A/B)           | 0°                | 0,7                      | -0,3 | -0,7 | -0,7 |
|                              |                    | 90°               | -0,5                     | -0,5 | 0,7  | 0,1  |
|                              |                    |                   |                          |      |      |      |
|                              | (A/B)<3/2          | 0°                | 0,8                      | -0,2 | -0,8 | -0,8 |
|                              |                    |                   |                          |      |      |      |

Az épületen átáramló légáram szempontjából természetesen az a kérdés, hogy a szembenlévő homlokzatok aerodinamikai tényezői között mekkora a különbség, hiszen az átáramlás mind a megfúvott oldalon kialakuló pozitív, mind a szélárnyékos oldalon lévő negatív nyomás nagyobb értéke intenzívebbé teszi. Ennek a különbségnek a jele  $\Delta C$ .

A másik kérdés az épület magassága, hiszen a szélsősebesség a magasság függvényében parabolikus jelleggel változik: a magasabb épület nagyobb sebességű áramlásba „lóg bele”.

Az viszont, hogy a szélsősebesség változását jellemző parabola mennyire „kövér” az épület előterületének (az előterület érdességének) függvénye.

E feltételekhez a számítási adatok a következő táblázatban találhatók.

| Előterület        | $\Delta C$ | b    |
|-------------------|------------|------|
| Sík               | 0,68       | 0,17 |
| Elszórt akadályok | 0,52       | 0,20 |
| Beépített         | 0,35       | 0,25 |
| Városi            | 0,21       | 0,33 |

*Légtömegáram nagy nyílásokon át*

A nagy nyílásokon (szellőző, ablak) beáramló levegő tömegárama az

$$m = \rho M_d * A \left( \frac{2\Delta p}{\rho} \right)^{0,5} \quad (10.5.)$$

összefüggéssel számítható,

ahol a jelölések

$\rho$  - a levegő sűrűsége, kg/m<sup>3</sup>

$M_d$  - átömlési tényező, kg

$A$  - nyílás területe, m<sup>2</sup>

$\Delta p$  - a nyomáskülönbség, Pa

Az átömlési tényező jellemző értéke éles sarkú nyílás esetén ~0,61.

Az épületen átáramló levegő mennyisége függ mind a belépő, mind a kilépő nyílások méretétől. Ezek a nyílások sorbakapcsolt ellenállásokat képeznek, eredő átbocsátóképességüket az egyenértékű nyílásterület jellemzi.

A szél hatására kialakuló légáram:

$$m_w = M_d * A_w * v * (\Delta C)^{0,5} \quad (10.6.)$$

ahol  $A_w$  az egyenértékű nyílásterület

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2} \quad (10.7.)$$

a szélfelőli és a szélvédett oldal nyílásai alapján számítva.

Az összefüggésben  $\Delta C$  a nyomott és elszívott oldal aerodinamikai tényezői közötti különbség.

$$v = C * z^b * v_f \quad (10.8.)$$

ahol

$C$  és  $b$  az előterület és a szélvédettség függvényében a táblázatból vehető,

$z$  - az épület magassága,

$v_f$  - a szélesebbség zavartalan terület felett, észlelési magasságban.

Ha csak egy homlokzaton van nyílás, akkor a szél hatására kialakuló légtömegáram az

$$m = 0,025 * A * v_f \quad (10.9.)$$

összefüggéssel számítható.

Például legyenek a nyílások 5 és 2,5 m<sup>2</sup> területűek. Az egyenértékű nyílás:

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(5 + 2,5)^2} + \frac{1}{(5 + 2,5)^2} \quad \frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(5 + 2,5)^2} + \frac{1}{(5 + 2,5)^2}$$
$$A_w = 5,3 \text{ m}^2$$

## IRODALOMJEGYZÉK:

M. Docherty – S. V. Szokolay: Climate Analysis. PLEA Notes. University of Queensland Printery, 1999, ISBN 1 86499 228 X

P. La Roche – C. Quiros \_ G. Bravo –E. Gonzalez M. Machado: Keeping cool. PLEA Notes. University of Queensland Printery, 2001, ISBN 0 9578832 0 X

J. Gandemer: Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide. CSTB 1992. ISBN 2 86891 220 6

Ádám Z.: Szellőztetés napenergiával. Építész Spektrum 2005. IV. 1. p. 32-35.

Olgyay: Design with Climat. Princeton University Press, 1963  
L. C. Card: 61-7423

Szokolay, S.V: *Environmental Science Handbook* Construction Press, New York, 1980.

Holman, P: *Heat transfer* McGraw-Hill, New York, 1997.

Macskásy Árpád: Központi fűtés I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

H. Kalleja, D. Flämig: Plattenbausanierung – Instandsetzung, städtebauliche Entwicklung und Finanzierung, ISBN 3-540-64820-8, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999

Förderprogramme in Energiebereich für Wohngebäude in Baden-Württemberg (Bundes- und Landesprogramme, 2003. február – internetes elérhetőség:  
[http://www.impuls-programm-altbau.de/Sanierung/ie-foerderinfodienst\\_03\\_02.pdf](http://www.impuls-programm-altbau.de/Sanierung/ie-foerderinfodienst_03_02.pdf)

Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin  
<http://www.iemb.de/>

dr. Zöld András: Épületfizika. Egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kiadó 1996.

Zöld András: Épületenergetika. Egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kiadó 1996.

Hungary: Inventories, Stabilization and Scenarios of the Greenhouse Gas Emission and Removals, Second National Communication on the Implementation of Commitments under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Hungarian Commission on Sustainable Development, 1998

Urbán Katalin - Kovács Imola: Energetika és éghajlatváltozás, Magyar Energetika 1999/5 (15-17. o.)

R. G. Sandino – J. L. de Asiain: Analisis Bioclimatico de la Arquitectura ETSAS Sevilla

Major Gy.: A napenergia hasznosítás meteorológiai megalapozása Magyarországon. Az OMSz hivatalos kiadványa 10., Budapest, 1976.

S. V. Szokolay: Solar Geometry PLEA Notes, Queensland, ISBN 086776 634 4

O. H. Koenigsberger et al: Manual of tropical Housing and Building. Lőngman, London. 1973

J. L. Asiain: Espacios abiertos. ETSAS, Sevilla, 1997.

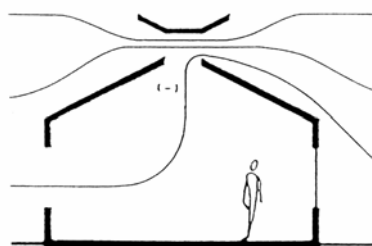
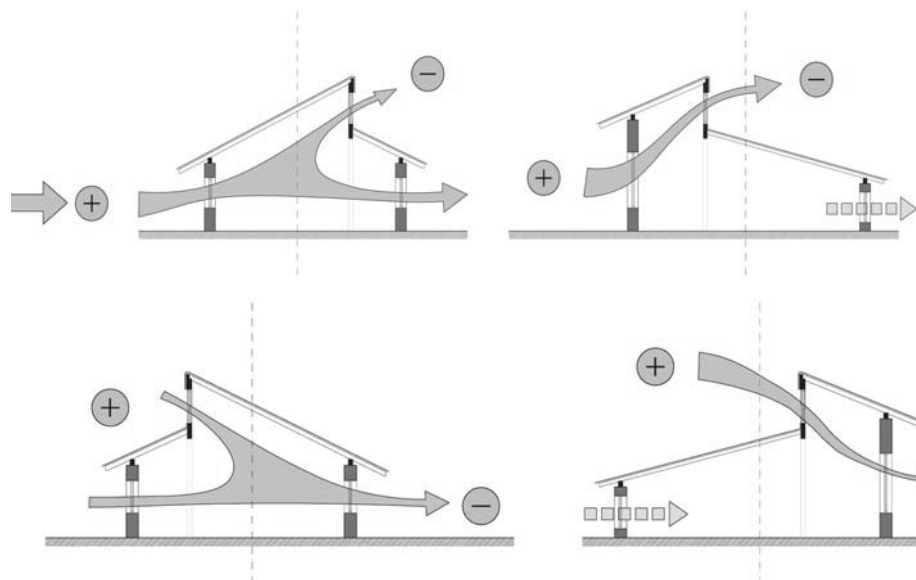
### Átvett ábrák forrásának megjelölése

| Ábra helye,<br>oldal száma | Forrás                                                                                                                              |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7                          | Macskásy Árpád: Központi fűtés I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.                                                                   |
| 10 felső                   | Szokolay, S.V: <i>Environmental Science Handbook</i> Construction Press, New York, 1980.                                            |
| 10 alsó                    | Szokolay, S.V: <i>Environmental Science Handbook</i> Construction Press, New York, 1980.                                            |
| 11 diagram                 | Olgyay: Design with Climat.<br>Princeton University Press, 1963<br>L. C. Card: 61-7423                                              |
| 12 felső                   | Arens et al: Thermal Comfort under an Extended Range of Environmental Conditions. ASHRAE Transactions Vol. 92, part 1, pp. 18 - 26: |
| 12 margón                  | Brager-de Dear-G.Schiller: A Standard for Natural Ventilation. ASHRAE Journal, October 2000 p. 21.                                  |
| 13                         | Brager-de Dear-G.Schiller: A Standard for Natural Ventilation. ASHRAE Journal, October 2000 p. 21.                                  |
| 27 alsó kettő              | Danfoss naptár, 2003                                                                                                                |
| 30                         | J. Gandemer: Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide. CSTB 1992. ISBN 2 86891 220 6             |
| 38                         | Szokolay, S.V: <i>Environmental Science Handbook</i> Construction Press, New York, 1980.                                            |
| 45 felső, jobb             | Marco Sala gyűjteményéből                                                                                                           |
| 46 két felső               | Marco Sala gyűjteményéből                                                                                                           |
| 54 felső négy              | J. Gandemer: Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide. CSTB 1992. ISBN 2 86891 220 6             |
| 55                         | Ádám Z.: Szellőztetés napenergiával. Építész Spektrum 2005. IV. 1. p. 32-35.                                                        |
| 56 felső                   | BBRI homepage                                                                                                                       |
| 56 margó                   | Kuba Gellért előadási anyagából                                                                                                     |
| 57 középen                 | Ádám Z.: Szellőztetés napenergiával. Építész Spektrum 2005. IV. 1. p. 32-35.                                                        |
| 62 alsó - 64               | R. G. Sandino – J. L. de Asiain: Analisis Bioclimatico de la Arquitectura ETSAS Sevilla 1988.                                       |

hogy az egyik homlokzattól a másikig jusson, előszoba ajtók ellenállását is le kell győznie.

Holt zónák alakulhatnak ki kétszintes épületben a szélesebbség magasság szerinti változása okán is, ha a nyílászárók aránya nem megfelelő.

A szélesebbség a magasság függvényében változik. Ezzel négyzetes arányban változik az épület felületén kialakuló torlónyomás, illetve szívóhatás. Ha a szélárnyékos oldalon az alsó nyílás nem elég nagy, a kisebb szélesebbség (kisebb szívóhatás) miatt a levegő zöme a felső nyíláson távozik, alul holt zóna alakul ki (felső ábrák). Hasonló a helyzet, ha a felső nyílás a szél felőli oldalon van, ebben az esetben is alul holt zóna alakul ki.

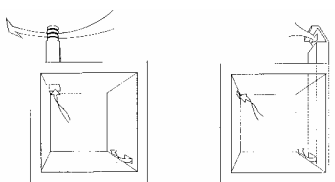


A szél hatásának fokozása lehetséges annak a törvényszerűségnek az alapján is, amely szerint az áramlási sebesség növelése a statikus nyomás csökkenésével, azaz szívóhatással (Venturi hatás) jár együtt. Ez a jelenség tetőszellőzők, felülvilágítók megfelelő kialakításával, a szellőzőkürtők kitorcolására szerelt deflektorokkal, különböző irányba néző csonkokkal használható ki.

A szél terelésére szolgálnak a hagyományos mediterrán és arab épületeken alkalmazott széltornyok (wind tower). Ezek olyan épített, kürtőszerű szerkezetek, amelyek nyílása az uralkodó szélirányba néz és a légáramlást az épületbe kényszeríti.

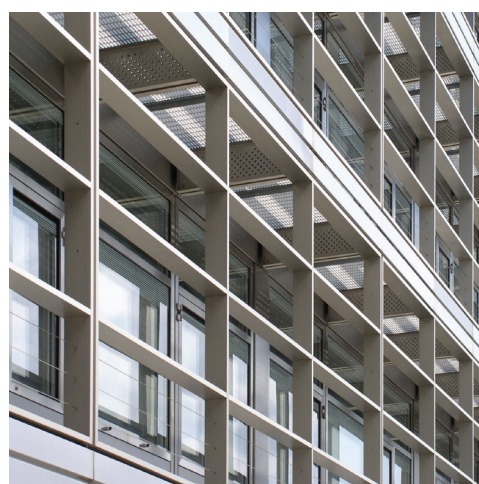
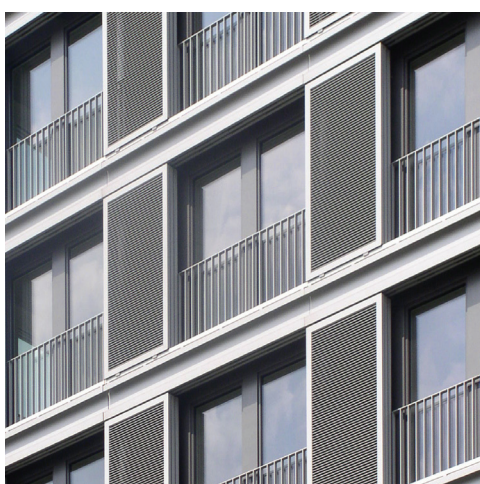
A hagyományos alapelvek ma is alkalmazhatók. Széltornyok alkalmazhatók a levegő bevezetésére, kürtők a levegő kivezetésére. Az utóbbiak kitorcolását huzatnövelő szívófejjel ellátva a Venturi hatás is kihasználható. A kürtők az épület karakterét meghatározó motívumokként is megjeleníthetők.

Természetesen mind a bevezető, mind a kivezető áramutak szabályozási-zárási lehetőségét biztosítani kell. A hűtőhatás szempontjából fontos a friss levegő vételezésének helye is. Tapasztalati tény, hogy az épület közvetlen környezetében a levegő hőmérséklete nem egyforma, az eltérések a benapozás, a burkolat, a növényzet következményei. A növényzet kisebb vízfelületekkel,



szőkőkutakkal kombinálva az adiabatikus hűtéshez hasonló folyamatot idéz elő. Nem véletlen, hogy a mediterrán övezet hagyományos épületeinek nyáron legkedveltebb tartózkodási helye - és egyszerűen az épület szellőztetésére szolgáló levegő "beszerzési helye" is - az átrium, ahol e két egyszerű eszközzel





ORSZÁGOS LAKÁS- ÉS  
ÉPÍTÉSÜGYI HIVATAL



VÁTI KHT.  
2 0 0 6